

საქართველოს სუბტროპიკული მეურნეობის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ქეთევან კინწურაშვილი

თამბაქოს ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაცია და სრულყოფა

სპეციალობა: 05.18.10 „ჩაის, თამბაქოსა და სუბტროპიკული კულტურების
ტექნოლოგია“

ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის
მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

სამეცნიერო კონსულტანტი – რევაზ მელქაძე,

ტექნიკის ეცნიერებათა დოქტორი

ქუთაისი – 2006

შინაარსი

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება	
1. ლიტერატურული მიმოხილვა	
1.1. ზოგადი ცნობები თამბაქოს შესახებ	
1.2. ნიკოტინის ფარმაკოდინამიკა და ფარმაკოკინეტიკა	
1.3. თამბაქოს ნედლეულის ალების შემდგომი დამუშავების ტექნოლოგია	
1.3.1. დაუფერმენტებელი თამბაქოს შენახვა	
1.3.2. ფერმენტაცია	
1.3.3. თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციის შემდგომი შენახვა	
1.4. ბიოქიმიური პროცესები ალების შემდგომი დამუშავების პერიოდში	
1.5. ხარისხის ფორმირება ალების შემდგომი დამუშავების პროცესებში	
1.5.1. თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები	
1.5.2. ხარისხის კონტროლის მეთოდები	
1.5.3. ხარისხის ცვლილების დინამიკა	
1.6. კვლევის მიმართულების დასაბუთება	
ექსპერიმენტული ნაწილი.	
2. კვლევის მასალები და მეთოდები	
2.1. თამბაქოს ნედლეული	
2.2. ლაბორატორიული დანადგარები	
2.3. ანალიზის მეთოდები	
2.4. ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკური დამუშავება	
3. ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები	
3.1. თამბაქოს ფერმენტაცია აერობულ პირობებში	
3.1.1. დაფერმენტირების სპექტროფოტომეტრული დახასიათება	
3.1.2. ფერმენტაციის პროცესები ფერმენტაციამდელი შენახვის პერიოდში	
3.1.3. დაუფერმენტებელი თამბაქოს ხარისხობრივი პოტენციალის შეფასება ულტრაიისფერი მეთოდით	
3.1.3.1. თამბაქოს ნედლეულის შემადგენლობის ურთიერთკავშირი ფერმენტაციამდე და ფერმენტაციის შემდეგ	

3.1.3.2. ფერმენტაციის პროცესის მე-2 ფაზის მართვის საფუძვლები გადასამუშავებელი ნედლეულის თვისებებისაგან დამოკიდებულებით	
3.1.3.3. ფერმენტაციის პროცესის მართვის საფუძვლები გადასამუშავებელი ნედლეულის თვისებებისაგან დამოკიდებულებით	
3.1.4. თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციისა და „დამველების“ პროცესების დაჩქარება	
3.1.4.1. ჟანგბადური მაჩვენებლების ცვლილების დინამიკა თამბაქოს ნედლეულის „დამველებისას“	
3.1.4.2. თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლების ცვლილება მისი „დამველების“ დროს	
3.1.5. საფერმენტაციო წარმოების ქიმიურ-ტექნოლოგიური კონტროლის სრულყოფა	
3.1.6. მიღებული შედეგების განხილვა	
4. თამბაქოს ფერმენტაცია ანაერობულ პირობებში	
4.2.1. თეორიული წანამძღვრები	
4.2.2. ფერმენტაცია ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში	
4.2.3. ფერმენტაცია ვაკუუმის პირობებში	
4.2.4. ფერმენტაცია ჰერმეტიკულ პოლიმერულ შეფუთვაში	
4.2.5. ანაერობული ფერმენტაციის გაუმჯობესების პერსპექტული ტექნოლოგიური სქემა	
4.2.6. თამბაქოს სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლების გაზომვის შედეგები	
5. ექსპერიმენტები თამბაქოს სუროგატირებაზე	
6. ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება	
ძირითადი დასკვნები	
რეკომენდაციები წარმოებას	
ლიტერატურა	

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

პრობლემის აქტუალობა. თამბაქოს ერთ–ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია საქართველოს სოფლის მეურნეობის ტექნიკურ კულტურათა შორის, ხოლო ყოფილ სსრკ რესპუბლიკათა შორის მისი ხვედრითი წილი შეადგენდა 8%-ზე მეტს (დაახლოებით 20 ათასი ტონა). მისი ძირითადი გავრცელების რაიონებია აფხაზეთი, კახეთი (ლაგოდეხის რ–ნი) და აჭარა.

სამწუხაროდ ცნობილი განვითარებული მოვლენების შემდეგ დარგმა განიცადა მძიმე დეგრადაცია და ფაქტიურად მოიშალა მისი სამრეწველო წარმოება. რესპუბლიკაში თამბაქოს წარმოება გახდა მთლიანად იმპორტზე ორიენტირებული, რაც თავისთავად დაკავშირებულია მნიშვნელოვანი ოდენობის სავალუტო გადინებასთან, რომ არაფერი ითქვას შემოტანილი თამბაქოს ნაწარმის არცთუ ისე მაღალ ხარისხზე.

უთუოდ ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ სამამულო თამბაქოს ნედლეული გამოირჩევა ჯიშობრივი და ხარისხობრივი მრავალფეროვნებით, რის გამოც იგი ყოველთვის წარმოადგენდა ექსპორტის საგანს.

ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე დღის წესრიგში დადგა აღნიშნული დარგის რეაბილიტაციისა და შემდგომი განვითარების აუცილებლობა.

ცნობილია, რომ მოსაწევი ნაწარმის თვითღირებულებაში 90%-ზე მეტი მოდის თამბაქოს ნედლეულზე. ეს უკანასკნელი ხასიათდება ხარისხის მაჩვენებლების რთული კომპლექსით, რომელთა შეთანაწყობაზეა დამოკიდებული სიგარეტებისა და პაპიროსის გამოშვება განსაზღვრული და დროში სტაბილური თვისებებით თამბაქოს ნედლეულის მინიმალური დანაკარგებით. ამიტომ ფაქტორი „თამბაქოს ნედლეული“ – ძალიან მნიშვნელოვანია თამბაქოს წარმოებაში და დიდად განაპირობებს მის ეკონომიკას.

სამამულო წარმოების თამბაქოს დარგში მრავალი წლის განმავლობაში სხვადასხვა მიზეზთა გამო თამბაქოს ნედლეულის ხარისხი არსებითად იდგა მეორე პლანზე. თამბაქოს დიდი დეფიციტი და საიმპორტო შესყიდვების აუცილებლობა არ იძლეოდა საშუალებას უფრო მკაცრად და მომთხოვნელობით დაგვეყენებინა საკითხი ხარისხის ძირეულ გაუმჯობესებაზე, თუმცა ამისი აშკარა აუცილებლობა ნათლად იგრძნობოდა. თუმცა ფორმაციის შეცვლამ და საბაზრო ეკონომიკურ ურთიერთობაზე გადასვლამ დღის წესრიგში დააყენა საკითხი სამამულო თამბაქოს ნედლეულის არსე-

ბითი გაუმჯობესების შესახებ. ჩვენი ქვეყნის პირობებში თამბაქოს მოყვანის რეგიონების (იმერეთი, აჭარა) გაფართოებამ და ნედლეულის წარმოების დონის ამაღლების შესაძლებლობამ მოითხოვა თამბაქოს ნაწარმის ძირეული გაუმჯობესების აუცილებლობა. ამ შუქზე განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის გაუმჯობესების პრობლემა, რომელიც იმავდროულად მჭიდროდაა დაკავშირებული მის ხარჯთან.

თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ფორმირება წარმოებს მოსავლის აღების შემდგომი დამუშავების ყველა ეტაპზე, მათ შორის საფერმენტაციო ქარხანაში, სადაც ნედლეული გაივლის სამ სტადიას: ფერმენტაციამდელ შენახვას, საკუთრივ ფერმენტაციის პროცესს და, ბოლოს, ფერმენტაციის შემდგომ დამკვლევას. მრავალწლიანმა პრაქტიკამ შესაძლებელი გახადა განსაზღვრული ხარისხით ჩამოყალიბებული კონდიციური ნედლეულის მიღების ოპტიმალური რეჟიმები. ამასთან არსებულ წარმოებას ჯერ კიდევ გააჩნია რიგი ნაკლოვანებებისა, რომლებიც არსებითად ეწინააღმდეგება ნორმატიულ-ტექნიკური რეგლამენტების მოთხოვნებს: თამბაქოს ნედლეულის თვისებებზე არასაკმარისი კონტროლი, პროცესების მაღალი ენერგოტევალობა და ხანგრძლივობა, მშრალი ნივთიერებების მნიშვნელოვანი დანაკარგები, ნედლეულზე ხარისხის ეტალონის არარსებობა და სხვა. დაფერმენტებულ თამბაქოზე ამჟამად არსებული სტანდარტი ითხოვს ძირეულ გაუმჯობესებას, რადგანაც სრულად ვერ ასახავს თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის მრავალ მაჩვენებელს.

საფერმენტაციო წარმოების შემდგომი განვითარება და მოდიფიკაცია უნდა დაეფუძნოს თამბაქოს დამუშავების მეთოდების გაუმჯობესებასა და პრინციპულად ახალი პროგრესიული ხერხების დანერგვას თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის კომპლექსური შეფასების მაღალეფექტური მეთოდების ერთდროული გამოყენებით. მხოლოდ ასეთი მიდგომითაა შესაძლებელი ნორმატიულ-ტექნიკური რეგლამენტების შესაბამისი შედეგების მიღება, ამრიგად, შერჩეული სადისერტაციო ნაშრომის აქტუალობა თვალნათელია. მრავალწლიანი და ფართო თეორიული გამოკვლევების შედეგები, აგრეთვე მდიდარი პრაქტიკული გამოცდილება ადასტურებს საფერმენტაციო ქარხნებში არსებული ტექნოლოგიური პროცესების ძირეული გაუმჯობესების შესაძლებლობას.

წარმოდგენილი ნაშრომი არის დასრულებული კვლევა, რომელშიც განზოგადოებულია ავტორის მიერ ჩატარებული მრავალწლიანი მუშაობის შედეგები.

ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს სუბტროპიკული მეურნეობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა პროგრამების შესაბამისად. იგი დაკავშირებულია საქართველოს აგროსამრეწველო კომპლექსის განვითარების მეცნიერული უზრუნველყოფის სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრამასთან „საქაგრომ-რეწვკომპლესი-95“.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. ჩატარებული კვლევის მიზანს წარმოადგენდა თამბაქოს პირველადი წარმოების კომპლექსური, რესურსდამზოგავი და მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიის შემუშავება. ამ მიზნის მისაღწევად დაისახა შემდეგი ძირითადი ამოცანები:

- ნედლეულის ხარისხის კომპლექსური შეფასების მაღალეფექტური მეთოდების გამოყენება თამბაქოს ჯიმ-ტიპების შემადგენლობის დახასიათებისათვის ფერმენტაციამდე და ფერმენტაციის შემდეგ;
- თამბაქოს დამუშავების მეთოდების გაუმჯობესება ფერმენტაციის პროცესების ინტენსიფიკაციის ხარჯზე;
- ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაცია აერობულ (ფუნქციონირებადი საწარმოს) პირობებში სამი ტექნოლოგიური სტადიის ურთიერთკავშირის გათვალისწინებით;
- თამბაქოს დაფერმენტირების ხარისხის დადგენა ობიექტური ინსტრუმენტალური მეთოდების გამოყენებით (ხარისხის კონტროლის უფრო სრულყოფილი მეთოდების გამოყენება);
- თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლების ცვლილებების თავისებურებების განსაზღვრა ფერმენტაციამდელი შენახვის დროს;
- დაფერმენტებული და დაუფერმენტებელი თამბაქოების ძირითადი განსხვავებების დადგენა სპექტროფოტომეტრული მეთოდით და ფერმენტაციის ოპტიმალური პარამეტრების შემუშავება;
- ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაცია და სრულყოფა ანაერობულ (პერსპექტივა) პირობებში;
- თამბაქოს დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაცია;
- ნიკოტინის დაბალი შემცველობის თამბაქოს ნაწარმის მიღება არატრადიციული ხალხური მცენარეული ნედლეულის გამოყენების საფუძველზე;

მეცნიერული სიახლე. შემოთავაზებულია თამბაქოს ფერმენტაციის მე-2 ფაზის განხორციელების ოპტიმალური ტექნოლოგიური რეგლამენტები, დადგენილია თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციის რეჟიმები საწყისი ნედლეულის ქიმიურ-ტექნოლოგიური თვისებების საფუძველზე. შემუშავებულია ნედლეულის შემადგენლობისა და თვისებების განსაზღვრის სპექტროფოტომეტრული მეთოდი და დადგენილია მათემატიკური დამოკიდებულება ტემპერატურულ-ტენიანობის უცვლელი რეჟიმებისას ფერმენტაციის 1-ლი, მე-2 და მე-3 ფაზებს, ჟანგბადური მაჩვენებლის სიდიდეს, მოფერმენტირე თამბაქოს სტაბილურობასა და ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ხანგრძლივობას შორის. დადგენილია ფერმენტაციის მე-3 ფაზისას ჟანგბადური დონის სიდიდე და შემოთავაზებულია ფერმენტაციის პროცესის ოპტიმალური მართვის მახასიათებლები ნედლეულის თვისებებისაგან დამოკიდებულებით; დადგენილია თამბაქოს ქარხნული ფერმენტაციის პროცესების ინტენსიფიკაციის გზები, დაძველების ხანგრძლივობის ზღვრული მნიშვნელობა.

შემოთავაზებულია თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის კომპლექსური მახასიათებლების კონტროლის სპექტროფოტომეტრული ულტრაიისფერი მეთოდი, შემოთავაზებულია თამბაქოს ანაერობული ფერმენტაციის ტექნოლოგია, რაც უზრუნველყოფს ნედლეულის მშრალი ნივთიერების დანაკარგების მკვეთრ შემცირებას და ტექნოლოგიური დანადგარების წარმადობის გაზრდას.

გამოვლენილია თამბაქოს სუროგატი მცენარეები და დადგენილია თამბაქოში მათი გამოყენების ოპტიმალური დოზები. შემუშავებულია მცენარეულ ნედლეულში ნიკოტინის იდენტიფიცირების მეთოდი და თამბაქოს სუროგატორების ხერხი.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება დადასტურებულია 2 განაცხადით პატენტის გაცემაზე.

პრაქტიკული ღირებულება და რეალიზაცია. თამბაქოს ნედლეულის ქიმიური და ტექნოლოგიური მახასიათებლების გამოკვლევის საფუძველზე შემუშავებულია ბუნებრივი ფერმენტაციის და შენახვის ტექნოლოგიური პარამეტრები, რომელიც შეადგენს 6 თვეს, რაც უზრუნველყოფს თამბაქოს ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ხანგრძლივობის დაახლოებით 25%-ით შემცირებას.

შემუშავებულია თამბაქოს ნედლეულის შემადგენლობისა და თვისებების განსაზღვრის სპექტროფოტომეტრული მეთოდი, რაც უზრუნველყოფს ნედლეულის ხარისხობრივი მაჩვენებლების კომპლექსურ შეფასებას.

შემუშავებულია დაუფერმენტებული თამბაქოს ფერმენტაციამდელი შენახვის ოპტიმალური პარამეტრების ხანგრძლივობა 6-15 თვის ზღვრებში ჟანგბადური მაჩვენებლის სიდიდისაგან დამოკიდებულებით. შემუშავებულია თამბაქოს დამველების ოპტიმალური ტექნოლოგიური რეგლამენტები ზღვრული მნიშვნელობით 1,5 წელი. შემუშავებულია თამბაქოს ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლების განსაზღვრის სპექტროფოტომეტრული მეთოდი და თამბაქოს ხარისხზე ზემოქმედებისა და მართვის საშუალებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ შრომის ნაყოფიერების 25-ჯერ გაზრდას.

შემუშავებულია თამბაქოს ანაერობული ფერმენტაციის ოპტიმალური პარამეტრები ნახშირორჟანგის, ვაკუუმის პირობებში და ჰერმეტიკულ შეფუთვაში. შეფუთული თამბაქოს გაცხელებით დაახლოებით $70^{\circ}C$ ტემპერატურაზე და მისი შემდგომი თვითგაცივებით.

შემუშავებულია მცენარეულ ნედლეულში ნიკოტინის ინდენტიფიცირების მეთოდი და დაბალნიკოტინიანი თამბაქოს პროდუქტის წარმოების ხერხი.

სამუშაოს აპრობაცია. ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული და განხილულია რესპუბლიკურ და დარგობრივ სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე (2004-2005 წწ), საქართველოს სუბტროპიკული მეურნეობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სუბტროპიკული კულტურების, ტექნოლოგიის, ბიოტექნოლოგიისა და სასურსათო პროდუქტთა კათედრების გაერთიანებულ სხდომებზე (2001-2006 წ.წ.) და რეკომენდებულია საჯარო დაცვისათვის.

პუბლიკაცია. კვლევის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია 20 სამეცნიერო ნაშრომში, მიღებულია 2 დადებითი გადაწყვეტილება გამოგონებაზე პატენტის გაცემაზე.

1. ლიტერატურული მიმოხილვა

1.1. ზოგადი ცნობები თამბაქოს შესახებ

თამბაქო მიეკუთვნება ძალღყურძნისებრთა ოჯახს (Solanaceae), სადაც მასთან ერთად შედის პომიდორი, კარტოფილი და პილპილი. იგი ერთლწლიანი მცენარეა, სიმაღლით 3 მ-დე. კომერციული მიზნით ძირითადად გამოჰყავთ თამბაქოს ერთი სახეობა – *Nicotiana tabacum*, თუმცა მისი მსგავსი სახეობა *Nicotiana rustica* (სიმაღლით

უფრო დაბალი და ნაკლები ფოთლებით) აგრეთვე გამოიყენება შემდგომი გადაამუშავებისათვის.

მსოფლიოში ცნობილია თამბაქოს 70-ზე მეტი სახესხვაობა (მათგან დაახლოებით 45 არის ამერიკის კონტინენტის წარმომადგენელი). თამბაქოს გააჩნია მყარი ღერო და რამდენიმე ტოტი. ჩვეულებრივ ერთი მცენარიდან შესაძლებელია მიღებული იქნას სამრეწველო ხარისხის 10-20-მდე ფართო ფოთოლი. ფოთლების ზომები დამოკიდებულია თამბაქოს სელექციის ხარისხზე. თამბაქოს ვიწრო, ზარისმსგავსი ყვავილედ გვხვდება სხვადასხვა ფერის – გაჯერებული ვარდისფერიდან თეთრამდე. ჩვეულებრივი თამბაქოსთან შედარებით ველური თამბაქოს ბუჩქი აღწევს 60 სმ-ს სიმაღლეში, ხოლო მისი ღერო უფრო წვრილი და ელასტიურია. ველური თამბაქოს ყვავილედ არის მკრთალი ყვითელი ფერის ხუთფურცლიანი. თამბაქოს მოყვანა მოითხოვს თბილ და ზომიერი ტენიანობას, მაგრამ არა ძალიან ცხელ კლიმატს, ნოყიერ და დაბალმჟავურ ნიადაგს. თამბაქოს ნორმალური განვითარების ოპტიმალური ტემპერატურაა $25-30^{\circ}C$ ($15^{\circ}C$ -ზე დაბალ ტემპერატურას თამბაქო იტანს ცუდად, ხოლო $3^{\circ}C$ -ზე ქვემოთ კვდება). ამდენად თამბაქოს მოვლა-მოყვანა ყველაზე კარგადაა შესაძლებელი ტროპიკული და სუბტროპიკული კლიმატის პირობებში.

მსოფლიოს ქვეყნებიდან ყველაზე მეტ თამბაქოს აწარმოებს ჩინეთი (ძირითადად საკუთარი მოხმარებისათვის), შემდეგ მოდის ამერიკის შეერთებული შტატები, ინდოეთი და ბრაზილია.

ცნობილია თამბაქოს „მთავარი“ ხარისხი, რომელთა საფუძველზე მზადდება სხვადასხვა უთვალავი ნარევები. ყველაზე გავრცელებულ ხარისხს წარმოადგენს „ვირჯინია“, რომელიც შეადგენს თამბაქოს მსოფლიო წარმოების 2/3-ს. ეს არის ე.წ. ორთქლით დამუშავებული „ნათელი“ თამბაქო. იგი წარმოადგენს უმეტესი სიგარეტული და ხვეული თამბაქოს ნაწარმის საფუძველს. „ნათელი“ თამბაქოს განეკუთვნება აგრეთვე ბუნებრივი შრობის თამბაქო „ბერლი“, რომელიც პირველად გამოიყვანეს აშშ-ში და ახლა ფართოდაა გავრცელებული მთელ მსოფლიოში. მას გააჩნია სხვადასხვა არომატიზატორების კარგი ადსორბირების უნარი, რის გამოც კარგად ფასობს ხვეული პროდუქციის მისაღები ნარევების მომზადებაში და არასდროს ავლენს სიმწარეს.

ამავე კატეგორიას განეკუთვნება თამბაქოს რბილი ხარისხი „მერილენდი“. აზიისა და ხმელთაშუაზღვისპირეთის ქვეყნებში გამოჰყავთ მზეზე შრობის ე.წ. „ორინტალური“ ანუ „აღმოსავლური“ თამბაქოები, რომელთაგან უმეტესობა გამოირჩევა განსაკუთრებული მოტკბო, სურნელოვანი ან ფისოვანი გემოთი და არომატით. ზოგიერთი სპეციალისტი „აღმოსავლურ“ თამბაქოს აკუთვნებს ცნობილ ხარისხს „ლატაკიას“, თუმცა იგი დამუშავების ხერხით ოდნავ განსხვავდება სხვებისაგან – მას მზეზე გაშრობის შემდეგ „ბოლავენ“ სპეციალური ხის ღია ალზე, რაც მას ანიჭებს კვამლის გემოვნებას.

ძირითად არაკატეგორიულ ფორმებს განეკუთვნება ე.წ. „მუქი“ თამბაქოები, აგრეთვე ცეცხლზე შრობის „კენტუკი“ (მუხის, გიკორის ან ნეკერჩხლის ხის ალზე) და უნიკალური ხარისხი „პერიკი“, რომელიც მოიყვანება დედამიწის მხოლოდ ერთ ადგილზე – სენტ-ჯეიმსის შესასვლელში (აშშ-ს ლუიზიანას შტატი). ამ თამბაქოს ამუშავებენ სპეციალური საიდუმლო რეცეპტის მიხედვით მისი კასრებში დაყოვნებით ქლიავის და სხვა ხილის რბილობთან ერთად. შედეგად მიიღება თამბაქო, რომელიც მცირე დოზების დამატებისას ნარევს აძლევს წმინდა გამოხატულ ხილის არომატს.

თამბაქოს თესლს (მიკროსკოპული–რამდენიმე ათასი 1 გ-ში) თესავენ გრძელ რიგებში, რომლებიც წინასწარ დამუშავებულია ქიმიურად. თესვის დრო განისაზღვრება ადგილის კლიმატის მიხედვით – კუბაში ეს პერიოდია ოქტომბერი, ევროპის სამხრეთში – მარტი–აპრილის თვეები. ფლორიდაში – იანვარი. კარგი მორწყვის პირობებში დაახლოებით თესლის ნახევარი აღმოცენდება (პლასტიკატით დაფარვისას) და 2-3 თვის შემდეგ აღმონაცენები, სიმაღლით დაახლოებით 10 სმ გადააქვთ წინასწარ მომზადებულ მინდორში (ნათესის სიმკვრივე შეადგენს რამდენიმე ათასიდან ასეულ ათასამდე აღმონაცენს ჰექტარზე – თამბაქოს ხარისხისაგან დამოკიდებულებით). ამ დროიდან მოსავლის აღებამდე თამბაქო იზრდება და მწიფდება 3-5 თვის განმავლობაში (ხარისხისა და ამინდის პირობებისაგან დამოკიდებულებით). მთელი ამ დროის განმავლობაში მცენარე მოითხოვს გულდასმით მოვლას – ნიადაგის განოყიერებას, მორწყვას, გაფხვიერებას, ქვედა ფოთლების გასხვლას, კვირტების ნაწილობრივ გამოხშირვას (შესაბამისი ფოთლების ზრდის სტიმულირებისათვის), დაავადების გამომწვევი ბაქტერიებისაგან, ვირუსებისაგან და მწერებისაგან დაცვას. მოსავლის აღებამდე 2-4 კვირით ადრე მცენარეს აჭრიან ზედა ნაწილს, რათა ისინი არ აყვავილდეს, ხოლო ფოთლები განვითარდნენ ნორმალურად.

მოსავალს იღებენ აგრეთვე სხვადასხვა დროს თამბაქოს ხარისხისაგან დამოკიდებულებით. დასაჭრელი თამბაქოს ფოთლები უნდა იყოს მთლიანად დამწიფებული, ხოლო სიგარისათვის განკუთვნილი ფოთლები შეიძლება აღებულ იქნას უფრო ადრე. „ნათელი“ ჯიშის თამბაქოს დამწიფების ნიშნად ითვლება ფოთლების მომწვანო-ყვითელი შეფერვა და მათი წვერების ქვემო ნაწილში დაგორგვლა, ხოლო „მუქი“ ჯიშებისათვის – მცენარის ზედა ფოთლებზე ყვითელი ძარღვების წარმოქმნა. მოსავლის აღებას აწარმოებენ ორი ხერხით – ან ღეროებს ჭრიან ფოთლებთან ერთად, ან ჭრიან მხოლოდ ფოთლებს და კრავენ კონებად, რომ დარჩენილი დაუმწიფებელი ფოთლები არ დაიკარგოს, შემდგომი პროცესებია – შრობა და ფერმენტაცია. შრობის შედეგად ფოთლები ჰკარგავს წონის 80-90%. შრობის პირობებზე დიდადაა დამოკიდებული საბოლოო პროდუქტის გემო. ჰაერზე შრობისას (კარგად გაქრევად შენობაში) 1-2 თვის განმავლობაში ჟანგვითი პროცესები მიმდინარეობს უფრო ღრმად და შაქრის შემცველობა თამბაქოს ფოთოლში უფრო ნაკლებია, ვიდრე უფრო სწრაფი (1 კვირიანი) ცხელი ჰაერით ხელოვნური შრობისას, რომელსაც ჩვეულებრივ მიმართავენ „ნათელი“ თამბაქოსათვის. ამიტომ „ნათელი“ თამბაქოები უფრო ტკბილია, ვიდრე „მუქი“ და მათი მოწვევისას იქმნება მჟავე არე („მუქი“ თამბაქოების შემთხვევაში – პირიქით).

შრობის სხვა მეთოდები – მზეზე ან შეშის ალზე – გამოიყენება უფრო ნაკლებად.

შრობის შემდეგ „ნათელი“ თამბაქოებს ასაწყობებენ დამწიფებისათვის დიდი ხნის განმავლობაში, ისევე აშრობენ, აცივებენ, ამუშავებენ ორთქლით, წნეხენ, აცილებენ ფოთლების ცენტრალურ ძარღვებს. „მუქი“ და „აღმოსავლური“ თამბაქოები შრობის შემდეგ ექვემდებარებიან ფერმენტაციას. არსებობს ფერმენტაციის სხვადასხვა მეთოდი, მაგრამ ყველა მათგანის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მასიურ შეკვრებში ხდება ტემპერატურის მომატება და მიმდინარეობს შემდგომი დაჟანგვა ქლოროფილის დაშლით, შაქრებისა და ნიკოტინის რაოდენობის შემცირებით. იმისათვის, რომ ფოთლები ძალიან არ გადახურდეს, მათ დროდადრო აბრუნებენ. ფერმენტაციის შედეგად უმჯობესდება თამბაქოს არომატული თვისებები და მისი კონსისტენცია – ერთგვაროვანი შემადგენლობა განაპირობებს წვის თანაბრობას.

თამბაქოს სამეურნეო მნიშვნელობა გამოიხატება მისგან მოსაწევი თამბაქოს მიღებაში. მცენარის ძირითად მოქმედ ნივთიერებას წარმოადგენს ალკალოიდი ნიკოტინი, რომლის მიმართაც ადამიანს უვითარდება მიდრეკილების უნარი.

ნიკოტინი (სახელწოდება დაკავშირებულია ფრანგი ჟან ნიკოტის Jan Nicot სახელთან, რომელმაც ეს მცენარე შემოიტანა საფრანგეთში 1560 წელს) – ალკალოიდა, რომელსაც შეიცავს მცენარე თამბაქოს ფოთოლი და თესლი. თამბაქოს მოწევისას ნიკოტინი სასუნთქი გზების საშუალებით შეიწოვება ლორწოვანი გარსებით, თავდაპირველად იწვევს აგზნებას, მოგვიანებით დიდი დოზით მიღებისას, ახდენს დამორგუნველ მოქმედებას.

მოწევა არ არის თამბაქოს მოხმარების ერთადერთი საშუალება. სხვადასხვა კულტურულ ფენებში და ეთნიკურ ჯგუფებში დღესაც გამოიყენება მისი ორგანიზმში მოხვედრის სხვადასხვა, ქვემოთ მოყვანილი ხერხები. შესაყნოსი თამბაქოს შესუნთქვა, რომელსაც იყენებენ ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში, მზადდება შოტლანდიაში და მისი რეცეპტი გასაიდუმლოებულია. სამხრეთ აფრიკაში მას გამოიყენებენ ტომი ბაგუს წარმომადგენლები, რომლებიც თვითონ ამზადებენ შესაყნოს თამბაქოს. ეს ნარევი შედგება თამბაქოს მშრალი დაფქვილი ფოთლებისაგან, მცენარე ალოეს დაწვით მიღებული ნაცრისაგან, რასაც უმატებენ ცხიმს, ლიმონის წვეს და სხვადასხვა არომატულ ბალახს.

თამბაქოს ლოყისქვეშ მოთავსება – ამ ხერხს გამოიყენებენ ამერიკის სამხრეთი შტატების მოსახლეები. ისინი ძლიერ გატუტიანებულ შესასუნთქ თამბაქოს დღეში რამდენიმეჯერ ათავსებენ ლოყასა და ღრძილებს შორის, პერიოდულად ღეჭავენ და წუწნიან მას, ნარჩენებს კი აფურთხებენ.

თამბაქოს ღეჭვა – ზოგიერთ ქვეყანაში და განსაკუთრებით აშშ-ის ზოგიერთ შტატში თამბაქოს ჩალიჩის ფორმით, დაწნეხილი ფილის ან დახვეული ფოთლების სახით ათავსებენ პირში და ღეჭავენ.

ნასი – სიტყვა „ნას“ აღნიშნავს როგორც თავდავიწყების განსაკუთრებულ მდგომარეობას, ასევე იმ საშუალებასაც, რომელიც ამგვარ მდგომარეობას იწვევს. ნასის გამოყენება ფართოდაა გავრცელებული შუა აზიის ქვეყნებში, ირანში, პაკისტანის და ავღანეთის ზოგიერთ რეგიონში. ნასის შემადგენლებია: თამბაქო 50%, ხის ნაცარი 20-30%, კირი 9-10%, მცენარეული ზეთი 10-15%. ზოგიერთ რეგიონში კირი არ შედის ნასის შემადგენლობაში, ავღანეთში კი მოიხმარენ ილის ან მენტოლის ზეთებს. ნასს ათავსებენ ენის ქვეშ ან ქვედა ტუჩსა და ღრძილებს შორის.

„ბეტელის საღეჭი“ – ბეტელის ღეჭვის ჩვევა გავრცელებულია ინდოეთის ნახევარკუნძულზე, სამხრეთ-აღმოსავლეთი აზიისა და ოკეანის ქვეყნებში. ამ ჩვევას მრავალი საუკუნის ისტორია გააჩნია. ბეტელზე თამბაქოს დამატება დაიწყო მხოლოდ XVI საუკუნეში. ნაერთის საფუძველს წარმოადგენს ლიანა ბეტელის (Piper

bette) წვრილად დაჭრილი ნაწილები და პალმა არეკას (Areka catechu) თესლების ნაფხევი, რომელსაც უმატებენ ჩამქრალი კირის ფხვნილს, ილს, ანისს და სხვა არომატულ ნივთიერებებს. ბეტელი შეიცავს ევგენოლს, ტერპენებს და კალიუმის ნიტრატს, ხოლო არეკა – ალკალოიდებს, რომელიც იწვევს განცხრომას და ასტიმულირებს ოფლისა და ნერწყვის დენას. თამბაქოს დამატება აძლიერებს მასტიმულირებელ ეფექტს.

„მიშირი“ – მიიღება მზეზე გამომშრალი, ინდური თამბაქოს ფოთლების გავარვარებულ ტაფაზე გაშავებამდე გაცხელებით. ასეთი სახით მიღებული ფხვნილი გამოიყენება კბილების სახეხად ქალების მიერ, რომლებიც ამას იმეორებენ დღეში რამდენიმეჯერ და ხშირად გარკვეული დროით ნივთიერებას აჩერებენ პირის ღრუში.

„ზაინი“ – მზეზე გამომშრალი ინდური თამბაქოს და კირის ფხვნილის ნარევი. მას ათავსებენ ლოყასა და ღრძილებს შორის, ღეჭავენ და წუწნიან.

„ზადრა“ – თამბაქოს ფოთლებს წვრილად ჭრიან და კირთან და სხვადასხვა არომატულ ნივთიერებებთან ერთად ხარშავენ. მიღებულ მასას აშრობენ და ღებავენ სხვადასხვა მცენარეული საღებავით. შემდეგ ამ მასიდან ამზადებენ ტაბლეტებს ან გრანულებს და ღეჭავენ.

„კივანი“ – მზადდება და მოიხმარება ისევე, როგორც ზადრა. განსხვავება ისაა, რომ კივანს ხარშავენ ვარდის წყალში.

„შამახ“ – თამბაქოს ფხვნილი, ნახშირმჟავა კირი და ნაცარი. გამოიყენება ძირითადად საუდის არაბეთში.

ქვემოთ მოგვყავს თამბაქოს გავრცელების ზოგიერთი ისტორიული თარიღი

1492 წ. 12 ოქტომბერი – კრისტოფერ კოლუმბი ჩავიდა სან-სალვადორის სანაპიროზე დასავლეთ ინდოეთში და ადგილობრივი მაცხოვრებლები მას გაუმასპინძლდნენ გამხმარი თამბაქოს ფოთლებით.

1492 წ. ნოემბერი – კოლუმბის ორი მეზღვაური როდრიგო დე ხერესი და ლუის დე ტორესი (Rodrigo de Jerez and Luis de Torres) არიან პირველი ევროპელები, რომლებიც გახდნენ თამბაქოს წვევის ჩვევის მოწმე. დე ხერესი გახდა თამბაქოს მწვეველი.

XVI საუკუნე–ქსოქიფილის (Xochipilli) ქანდაკება იქნა გამოქანდაკებული. აცტეკების ქანდაკება გამოხატავს „ყვავილების პრინცს“, რომელიც შემკულია 6 ფსიქოაქტიური მცენარით, მათ შორის თამბაქოთი.

1518 წ –ხუან დე გრიჟალვა (Juan de Grijalva) ჩავიდა იუკატანში შეისწავლა ადგილობრივი მოსახლეობის მიერ სიგარეტის წვევის ჩვევა.

1530 წ. – ბერნარდო დე საჰაგუნი (Bernardo de Sahagun), მისიონერი მექსიკაში, განასხვავებს სასაიამოვნო თამბაქოს (Nikotiana tabacum) და უხეშ თამბაქოს (Nikotiana rustica).

1535 წ. – ჩნდება პირველი ინფორმაციული ცნობები თამბაქოს წვევის გავრცელების შესახებ.

1556 წ. – ანდრე თევეტ (Andre Thevet) პირველი თამბაქო (Nikotiana tabacum) ბრაზილიიდან ჩამოიტანა საფრანგეთში.

1559 წ. – თამბაქოს ეწოდა ნიკოტინი ჟან ნიკოტის საპატივცემულოდ, რომელმაც აღწერა მისი სამედიცინო თვისებები და გაუგზავნა საფრანგეთის სასამართლოს როგორც წამალი.

1560 წ. – ინდიელები რიო-დე-ჟანეიროდან კოლუმბიამდე იღებენ იოპას (Yopa) თამბაქოსთან ერთად.

1561 წ. – თამბაქო იტალიაში პირველად ჩატანილი იქნა კარდინალ პროსპერო და სანტა კროსეს (Cardinal Prospero di Santa Croce) მიერ.

1565 წ. – თამბაქოს თესლი ჩატანილია ინგლისში, თუმცა თამბაქოს წვევა არ ვრცელდება, ვიდრე სერ უოლტერ რალიმ (Walter Raleigh) იგი არ აქცია მოდად, 1570-იანი წლების შუა პერიოდში.

1570 წ. – მცენარე თამბაქოს პირველი ცნობილი სურათი დაიბეჭდა ევროპაში. სურათს თან ერთვის ხის მასალისგან დამზადებული მოსაწევი ჩიბუხის შესაბამისი სქემა, ისეთივე, რომლითაც ეწეოდნენ ინდიელები და მეზღვაურები.

1571 წ. – მოწვევა სიამოვნების მიღების მიზნით ჯერ კიდევ დავის საგანია, ვინაიდან თამბაქო ჯერ კიდევ აღიქმება როგორც წამალი. ნიკოლას მონარდესი (Nikolas Monardes) მისი წიგნის „მსოფლიოს ახალი მცენარეების“ მეორე ნაწილს უთმობს თამბაქოს, რეკომენდაციას უწევს თამბაქოს როგორც 36 სხვადასხვა დაავადებისაგან განკურნების უებარ საშუალებას. მისი ნაშრომი (1571, 1574) გახდა ფუნდამენტური წყარო თამბაქოს შესახებ შექმნილი ლიტერატურისა.

1575–1600 წწ. – ჩინეთი/იაპონია. თამბაქოს ლიმიტირებული წვევა ჩინეთში, ჩვევა და ცოდნა შეტანილი პორტუგალიელი მეზღვაურებისა და ვაჭრების მიერ.

1575–1600 წწ. – ინგლისი. თამბაქოს წვევა ხდება ჩვეული მოვლენა საზოგადოების ცხოვრებაში; თამბაქო უტოლდება ვერცხლს, თავისი წონით და ფასით. მთელი რიგი პუბლიკაციები გამოიცა თამბაქოს სამედიცინო თვისებების შესახებ, რომელიც სათავეს იღებს მონარდესის "Joyful Newes Oute of the Newe Founde Worlde" (1577) ჯონ ფრამპტონისეული თარგმანიდან.

1575–1600 წწ. – იტალია. თამბაქო კულტივირებული როგორც სამედიცინო მცენარე ტუსკანასა და რომში, თუმცა არ არსებობს მონაცემები მისი მოსაწევად გამოყენების შესახებ.

1575-1600 წწ. – თურქეთი. სულთან მურად II იწყებს თამბაქოს როგორც სამკურნალო საშუალების კულტივირებას.

1585 წ. – იწყება თამბაქოს კულტივირება ჩრდილოეთ კაროლინაში ევროპელი გადასახლებულების მიერ.

1603 წ. – იაპონია. იწყება თამბაქოს კულტივირება და თამბაქოს წვევის გავრცელება მოსახლეობის ყველა ფენაში, რაც განაპირობებს იმპერატორის მიერ გამოცემულ აკრძალვებს (1603). მიუხედავად გაზრდილი ჯარიმებისა, რომელიც გულისხმობს საკუთრების კონფისკაციას, სიკვდილით დასჯას, დიდ ჯარიმებსა და პატიმრობას, ყველა აკრძალვამ განიცადა მარცხი. აკრძალვა თანდათან იხსნება მისი პრაქტიკულად შეუსრულებლობის გამო.

1628 წ. – ვირჯინიას ეძლევა მონოპოლია თამბაქოს ექსპორტზე ინგლისში. 500 000 ფუნტი თამბაქო ზღვით გაიგზავნა.

1638 წ. – 1 400 000 ფუნტი თამბაქო ზღვით გაიგზავნა ამერიკიდან ბრიტანეთში.

1638 წ. – ჩინეთი. იმპერატორმა მინგმა (Ming) გამოსცა დეკრეტი, რომლის თანახმად, თამბაქოთი მოვაჭრე ნებისმიერი ადამიანი დაკარგავდა თანამდებობას (1638). დეკრეტი აღმოჩნდა არაეფექტური, ვინაიდან თამბაქოს წვევა ფართოდ გავრცელდა სამართლო ორგანოებშიც. მეორე აკრძალვა გამოიცა 1641 წელს.

1639 წ. – გუბერნატორი კიეფტი (Kieft) კრძალავს თამბაქოს წვევას ახალ ამსტერდამში (ნიუ-იორკში). მოსახლეობა იგნორირებას უწევს მის დეკრეტს.

1642 წ. – რომის პაპი კრძალავს თამბაქოს წვევას სასულიერო პირების მიერ (1642, 1650).

1644 წ. – ჩინეთი. გაუქმებულია თამბაქოს წვევაზე ყველა ადრე არსებული აკრძალვა. ჩინეთი ხდება უდიდესი მწვეველი ქვეყანა აზიაში. თამბაქოს შეყნოსვის ჩვევა შემოტანილია იეზუიტების მიერ.

1650-1675 წწ. – იაპონია. თამბაქოს მოხმარებაზე არსებული ყველა აკრძალვა ანულირებულია.

1655 წ. – რომის პაპი ალექსანდრე VII იჯარით აძლევს თამბაქოს მონოპოლიას (1655, 1600).

1659 წ. – იტალია. ვენეციაში იქმნება პირველი სახელმწიფო მონოპოლია, რომელიც გასცემს სპეციალურ ნებართვას კერძო კომპანიებზე თამბაქოს იმპორტზე, წარმოებასა და ვაჭრობაზე.

1674 წ. – საფრანგეთი. ლუი XIV აარსებს თამბაქოს მონოპოლიას იტალიის მსგავსად.

1674 წ. – რუსეთი. აკრძალულია თამბაქოს წვევა სიკვდილით დასჯით (1674). თამბაქოს მოხმარება იზრდება და შეზღუდვები წესდება ორი წლის შემდეგ (1676). თამბაქოს წვევა ვრცელდება მოსახლეობაში.

1730 წ. – პირველი ამერიკული თამბაქოს ფაბრიკა დაარსდა ვირჯინიაში.

1780 წ. – „თამბაქოს ომი“ ლორდ კორნუოლისის (Lord Cornwallis) მიერ ვირჯინიაში საზღვარგარეთ არსებული ამერიკული კრედიტების ხელში ჩასაგდებად.

1832 წ. – პირველი მონაცემები ქალაქში გახვეული თამბაქოს მოხმარების შესახებ.

1843 წ. – პირველი ფრანგული კომერციული პროდუქცია სიგარეტის სახით.

1800–იანი წლების შუა პერიოდი – ქსოქიფილის (Xochipilli) ქანდაკება აღმოჩენილია ევროპელების მიერ ცენტრალურ მექსიკაში.

1856 წ. – პირველი სიგარეტის ფაბრიკა ბრიტანეთში.

1880 წ. – ოთხი წამყვანი სიგარეტის კომპანია აწარმოებს აშშ-ის სიგარეტის 80% და გაიყიდა 532 718 სიგარეტი და 2,4 მილიარდი სიგარა.

1880 წ. –ჯეიმს დიუმკა (James B.Dumke) მიიღო სიგარეტის დამამზადებელი მანქანის უფლება, რის შემდეგაც სიგარეტის წარმოება გაიზარდა.

1881 წ. – შეიქმნა სიგარეტის წარმოების მანქანა. მანამდე ყველა გაყიდული სიგარეტი იყო ხელით დახვეული.

1889 წ. – ყოველწლიური სიგარეტის წარმოება აშშ-ში შეადგენს 2,4 მილიარდს.

1890 წ. – აშშ-ში სიგარეტის გაყიდვა მკვეთრად შემცირდა, ვინაიდან გადასახადი გაიზარდა 0,50 დოლარიდან 1,50 დოლარამდე, ყოველ ათას სიგარეტზე. გადასახადიდან ამოღებული თანხა მიდიოდა ესპანეთ–ამერიკის ომის დაფინანსებაზე.

1885-1910 წწ. – სიგარეტის შეფუთვა დაიწყეს ბლოკებად.

1900 წ. – ორ წელიწადში სიგარეტის გაყიდვა შემცირდა 600 მილიონიდან 40 მილიონამდე.

1902 წ. – აშშ-ში გადასახადი შემცირდა 0,54 დოლარამდე, ყოველ ათას სიგარეტზე, რის შემდეგაც გაყიდვა გაიზარდა.

1904 წ. – აშშ-ში გაიყიდა 3 მილიარდი სიგარეტი.

1907 წ. – ამერიკის თამბაქოს კომპანია განადგურდა აშშ-ის მთავრობის ანტიმონოპოლიური კანონის მიღების შემდეგ.

1912 წ. – გაიყიდა 13 მილიარდი სიგარეტი.

1918 წ. – სიგარეტის კომპანია Camel აკონტროლებს აშშ-ის სიგარეტის ბაზრის 40%.

1960-იანი წლები – აშშ-ში და შემდეგ ევროპაში იწყება თამბაქოს წვევის საწინააღმდეგო კამპანია.

1980-1990-იანი წლები – მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაცია აწარმოებს თამბაქოს მოხმარების გავრცელების და მისი მავნებლობის შესწავლას.

1990-იანი წლების დასასრული – მსოფლიო თანამეგობრობა მუშაობს თამბაქოს მოხმარების შუზღუდვისა და აკრძალვის კონვენციების შემუშავებაზე [2].

ერთი სიტყვით, ყველა პირობა არსებობს იმისა, რომ ადამიანმა თამბაქო არ მოწიოს. და მაინც, ამ 350 განვლილ წელიწადში, ვიდრე ეს კულტურა შემოვიდოდა ევროპაში, იგი დღესაც მზარდი მასშტაბებით ვრცელდება. თამბაქოს შეფასებაში მეცნიერება იყო არათანმიმდევრული და ამჟღავნებდა ერთფეროვან მიდგომას: იგი ეძებდა მხოლოდ თამბაქოს საზიანო ზემოქმედების მტკიცებულებას. ექიმები ირწმუნებოდნენ, რომ თამბაქოს ერთადერთი მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური ნივთიერება ნიკოტინია და თამბაქოს თვისებები იგივედებოდა ნიკოტინის თვისებებთან. ამ პოსტულატის გავლენით მედიცინა არც ცდილობს ადამიანზე თამბაქოს მოქმედების უფრო ღრმა შესწავლას.

ისმის კითხვა: ხომ არაა თამბაქოში კიდევ რომელიმე სხვა ნივთიერება, რომლის შესახებაც მედიკოსები არც ეჭვობენ? და რომ გაიარა ძალიან დიდმა დრომ, სანამ ექიმები მიხვდნენ, რომ ინდოელი მკურნალების მიერ საუკუნეების მანძილზე გამოყენებული ბალახები არა მხოლოდ „ადგილობრივი ცრუმორწმუნობის“ საგანია. როცა ამ ბალახებით სერიოზულად დაინტერესდა მეცნიერება, აღმოჩენილი იქნა ნერვული დაძაბულობის მომხსნელი ნივთიერებები – ტრანკვილიზატორები. ამიტომ ისმის კითხვა – ხომ არ შეიცავს თამბაქო სახელდობრ მსგავს ნივთიერებებს? ინდიელები ხომ თამბაქოს „მშვიდობის ყალიონს“ უწოდებენ. ტრანკვილიზატორებს ნერვული დაძაბულობის მოხსნასთან ერთად შეუძლიათ ადამიანს წაართვან ბრძოლისუნარიანობა და მოქმედებისადმი სწრაფვა. თამბაქოს ბოლი მოქმედებს სულსხვანაირად: იგი ადამიანებს არ ართმევს პასუხისმგებლობის ან პატივმოყვარეობის გრძნობას, არ ათავისუფლებს უცხო განგაშისაგან, მიუღებელი ფიქრებისაგან, აძლევს აზროვნების ფარ-

თო ასპარეზს. თუმცა, რასაკვირველია, ეს საკითხები მოითხოვს დამატებით ღრმა და ყოველმხრივ შესწავლას.

ამასთან აუცილებელია თამბაქოს მოხმარების ძირითადი კომპონენტების – ფოთლებისა და ბოლის შედგენილობის ამომწურავი ცოდნა.

დღეისათვის ცნობილია თამბაქოს ფოთლების შემადგენლობა 2500 და მათი დაწვის შედეგად წარმოშობილი ბოლის შემადგენელი 4700–ზე მეტი ნივთიერება.

მათი ძირითადი კლასები და ცალკეულ შემადგენელთა რაოდენობა ნაჩვენებია ცხრ.1–ში.

ცხრილი 1.

თამბაქოს ბოლის შემადგენელი ნივთიერებათა კლასები

ნივთიერებათა ძირითადი კლასები	კლასში ინდივიდუალურ ნივთიერებათა რაოდენობა
ამიდები, იმიდები, ლაქტონები	240
კარბონული მჟავები, ანჰიდრიდები	240
ლაქტონები	150
რთული ეთერები	475
ალდეჰიდები	110
კეტონები	520
სპირტები	380
ფენოლები	285
ამინები	200
ნ–ნიტროზამინები	22
ნ–ჰეტეროციკლური ნაერთები	920
ნახშირწყალბადები	755
ნიტრილები	105
ნახშირწყლები	45
მარტივი ეთერები	310
ერთად	4757

არჩევნ ძირითად და არაძირითად ბოლს. ძირითადი ბოლი წარმოიშობა სიგარეტის ან სიგარის წვის შესუნთქვის დროს, გაივლის თამბაქოს დაუწვავ ნაწილს და ხვდება სასუნთქ სისტემაში. არაძირითადი ბოლი წარმოიშობა შესუნთქვებს შორის პერიოდში წვის ნაწილში და თავისთავად გამოიყოფა გარემოში.

ძირითადი ბოლის მხოლოდ 30% შედგება თამბაქოს შემცველი ნივთიერებები-საგან, დანარჩენი ორგანიზმში მოხვედრილი ნივთიერებები შეისუნთქება გარემო ჰაე-

რიდან. უფილტრო სიგარეტით შეწოვილი ძირითადი განუზავებელი ბოლის 1 მლ შეიცავს დაახლოებით 5×10^9 ნაწილაკებს, რომელთა საშუალო ზომაა 0,4 მკმ. ცხრ. 2-ში მოყვანილია თამბაქოს ძირითადი და არაძირითადი ბოლის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

ბოლის pH –5,4-ის შემთხვევაში თამბაქოს ბოლში შემავალი ნიკოტინი მონოპროტონირებულია და არსებობს ნაწილაკების სახით. ბუნებრივად გამშრალი თამბაქოს ძირითად ბოლში pH მატულობს ყოველ შესუნთქვასთან ერთად და შესაბამისად, მატულობს არსებული ნიკოტინის რაოდენობაც ორთქლის სახით. ხელოვნური ცხელი მეთოდით გამომშრალი თამბაქოს pH მისი წვის დროს პირიქით, კლებულობს ან რჩება მუდმივი.

ცხრილი 2.

ძირითადი და არაძირითადი თამბაქოს ბოლის ფიზიკურ-ქიმიური შემადგენლობა

პარამეტრები	ძირითადი ბოლი	არაძირითადი ბოლი
ბოლის პიკური ტემპერატურა	$\cong 900$	$\cong 600$
აეროზოლის pH	6-6,2	6,4-6,6
ნაწილაკების ზომა, მკმ	0,1-10	0,01-0,1
საშუალო დიამეტრი, მკმ	0,4	
ბოლის განზავება, %	3-5	$\cong 1$
ნახშირორჟანგი	8-11	$\cong 2$
ჟანგბადი	12-16	16-20
წყალბადი	1,5-3	$\cong 0,5$

ერთი სიგარეტის ძირითადი ბოლის მასა დაახლოებით შეადგენს 400-500 მგ. მისი 92% შედგება სხვადასხვა ნივთიერებების აირებისაგან – აზოტი დაახლოებით 58%, ჟანგბადი 12%, ნახშირორჟანგი 13% და ნახშირორჟანგი 3,5%. დანარჩენი სხვა ნივთიერებების აირებისაგან და მკვრივი ნაწილაკებისაგან.

ფიზიკურ-ქიმიური თვალსაზრისით, არჩევენ ძირითადი ბოლის მაგარ (ნაწილაკოვან) ფაზას და აიროვან (ორთქლოვან) ფაზას.

აიროვან ფაზას უწოდებენ თამბაქოს ბოლოს იმ შემადგენელს, რომელიც მიიღება მთლიანი ბოლისაგან მისი ე.წ. კემბრიჯის მეთოდით ფილტრაციისას. ამ მეთოდის დროს გამოიყენება მინისაგან დამზადებული ბოჭკოების შემცველი ფილტრები,

რომლებიც ფილტრავს ბოლს და აჩერებს ნაწილაკების 99,7%, რომელთა დიამეტრიც 1 მკმ–ია.

აზოტის, ჟანგბადის, ნახშირორჟანგისა და ნახშირჟანგის გარდა, ბოლი შეიცავს: წყალბადებს, აქროლად აღდეჰიდებს და კეტონებს, აზოტის ჟანგს, ციანწყალბადს, აქროლად ნიტრატებსა და დაახლოებით 400-500 სხვა ნივთიერებებს. ცხრ. 3–ში მოყვანილია უფილტრო სიგარეტის ძირითადი ბოლის შემადგენელი ტოქსიკური ნივთიერებების ჩამონათვალი.

ცხრილი 3.

ძირითადი ბოლის შემადგენელი ნივთიერებების რაოდენობა და თვისება

ნივთიერება	კონცენტრაცია ერთ სიგარეტში	ბიოლოგიური ეფექტები
ნივთიერება	10-23 მგ	ტ
ნახშირჟანგი	1,0-2,5 მგ	ტ
ნიკოტინი	0,5-1,2 მგ	ცტ
აცეტალდეჰიდი	50-600 მკგ	ტ
აზოტის ჟანგი	150-300 მკგ	ცტ, ტ
ციანწყალბადი	100-250 მკგ	ცტ
აცეტონი	50-170 მკგ	ტ
ამიაკი	50-100 მკგ	ცტ
აკროლენი	20-50 მკგ	ატ
ბენზოლი	5-100 მკგ	კ
ფორმალდეჰიდი	0,2-2,2 მკგ	კ
2-ნიტროპროპანი	24-43 ნგ	კ
ჰიდრაზინი	20-38 ნგ	კ
ერეთანი	1,3-1,6 ნგ	აკ
ვინილქლორი	120-3700 ნგ	კ
N-ნიტროზონორნიკოტინი	120-950 ნგ	კ
4-[მეთილნიტროზამინი] – 1-[3-პირიდილ]-1-ბუტანონი	120 ნგ	კ
N –ნიტროზოანაბაზინი	1-40 ნგ	კ
N –ნიტროზოეთილმეთილამინი	0-40 ნგ	კ
N –ნიტროზოდიეთანოლამინი	2-110 ნგ	კ
N – ნიტროზოპიროლიდინი	2-180 ნგ	კ
N ნიტროზოდიმეთილამინი	0,1-40 ნგ	კ
N –ნიტროზომეთილამინი	0,1-28 ნგ	კ
N –ნიტროზო–n–პროპილამინი	0-1 ნგ	კ
N –ნიტროზო–n ბუთილამინი	0-3 ნგ	კ
N –ნიტროზოპირიდიდინი	0-9 ნგ	კ
N –ნიტროზოპიროლოდინი	2-42 ნგ	კ

ტ-ტოქსიკური ნივთიერება, ცტ-ცილიატოქსიკური ნივთიერება, აკ-ადამიანი-სადმი კანცეროგენი, კ-ცხოველისადმი კანცეროგენი

თამბაქოს ბოლის ბიოლოგიურმა შესწავლამ აჩვენა, რომ გენოტოქსიკური და კანცეროგენური ნივთიერებების უმრავლესობას შეიცავს ბოლის მაგარი ფაზა. რაც შეეხება აიროვანი ფაზის შემცველ ნივთიერებებს, ისინი გარდა ზოგადი ტოქსიკური მოქმედებისა, ძირითადად იწვევს სასუნთქი ორგანოების გაღიზიანებას და ფილტვისა და ზემო სასუნთქი ორგანოების არასპეციფიკურ ანთებას. აიროვანი ფაზის ერთ-ერთი შემადგენელი ნახშირორჟანგი ინტენსიურად უკავშირდება ჰემოგლობინს, ამცირებს ჟანგბადის რაოდენობას სისხლში და ამით იწვევს ჰიპოქსიას.

როგორც აღინიშნა, თამბაქოს ბოლის მაგარი (ნაწილაკოვანი) ფაზა შეიცავს მრავალ სიმსივნის წარმოშობ და კანცეროგენურ ნივთიერებებს, მაგალითად, მასში შემავალი „ფისები“ იწვევს რეაქციას, რომელსაც მოჰყვება კეთილთვისებიანი და ავთვისებიანი სიმსივნეების წარმოშობა.

თამბაქოს ბოლის შემცველი „ფისების“ შესწავლამ გამოავლინა მაღალი კანცეროგენური თვისებების მატარებელი კონცენტრატი Blh (ფისების მთლიანი მასის 0.09%). იგი ძირითადად შედგება ცნობილი კარცენოგენური პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადებისგან, მათ შორის, ქლორირებული ნახშირწყალბადები (ინსექტიციდები), ბენზოფთორენები, დიბენზოფენანტრენები და ქრიზენები.

გამოკვლევებით დამტკიცებულია, რომ „ფისების“ ფენოლური ფრაქცია წარმოადგენს ძირითად კარცენოგენურ შემადგენელს, ხოლო ამ ფრაქციაში – კატექინები, რომლებიც თამბაქოს ბოლში 26-360 მკგ ოდენობითაა ერთ სიგარეტში.

ცხრ.3-ში მოყვანილია უფილტრო სიგარეტის ბოლის მაგარ ფაზაში არსებული ტოქსიკური და კანცეროგენური ნივთიერებები.

გარდა კონტაქტური კანცეროგენებისა და კოკანცეროგენებისა, თამბაქოს ბოლი შეიცავს სხვა ორგანოსპეციფიკურ კანცეროგენებს. ეპიდემიური გამოკვლევებით დამტკიცებულია, რომ თამბაქოს წევა მნიშვნელოვანი მიზეზია საყლაპავი მილის, კუჭ-ქვეშა ჯირკვლის, თირკმლის მენჯისა და შარდის ბუშტის სიმსივნეების განვითარებისა. ფილტვის სიმსივნეების განვითარებაში მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს პოლონიუმ-210 (ერთი სიგარეტი შეიცავს 0,03-1 პი-ს), ხოლო არომატული ამინები მნიშვნელოვნად ზრდის შარდის ბუშტის სიმსივნის განვითარების რისკს [3].

1.2. ნიკოტინის ფარმაკოდინამიკა და ფარმაკოკინეტიკა

ნიკოტინი წარმოადგენს მესამეულ ამინს, რომელიც შეიცავს პირიდინულ და პიროლიდინურ რგოლებს. იგი წყალში და ლიპიდებში ხსნადი, უსიამოვნო სუნის და მწარე გემოს სითხეა, pH – 8,0. ჯანმრთელ ორგანიზმში მოხვედრილი ნიკოტინის 31% იმყოფება არაიონიზებული ფორმით და მას თავისუფლად შეუძლია გაიაროს უჯრედოვანი მემბრანები. სიგარეტის უმრავლესობის ბოლს აქვს მსუბუქი მჟავე რეაქცია, ამიტომ მისი შემცველი ნიკოტინი ცუდად შეიწოვება პირის ღრუს ლორწოთი. თამბაქოს ტუტე რეაქცია და პირის ღრუს ლორწოვანით შეწოვა ხდება სიგარეტის, ჩიბუხის თამბაქოსა და საღეჭი თამბაქოს მოხმარებისას, რაც მის სისხლში კონცენტრაციის მუდმივობას უზრუნველყოფს.

ალვეოლებიდან შეწოვილი სისხლში აღწევს 8 წამში და 20-30 წუთის შემდეგ იწყებს შემცირებას. კუჭში ნერწყვთან ერთად და ნაწლავებიდან ღვიძლში, თირკმლებსა და ფილტვებში მეტაბოლიზდება შეწოვილი ნიკოტინის 80-90%. ნახევრად დაშლის პერიოდი ტოლია 2 საათისა. მისი ორივე ძირითადი მეტაბოლიტი კათინინი და ნიკოტინ-1-ოქსიდი არ არის აქტიური მათი მაღალი (20 სთ-მდე) ნახევრადდაშლის პერიოდის გამო. კათინინი გამოიყენება მარკერად ნიკოტინის მოხმარების ფაქტის დადგენისას (ცხრილი 4).

ცხრილი 4

ძირითადი ბოლის შემადგენელი ნივთიერებების რაოდენობა და თვისება

ნივთიერება	კონცენტრაცია ერთ სიგარეტში	ბიოლოგიური ეფექტები
ფენოლი	60-140 მკგ	სმნ
კარბაზოლი	1 მკგ	კ
ბენზო [b] ფთორანტენი	30 ნგ	კ
ბენზო [j] ფთორანტენი	60 ნგ	კ
დიბენზ [a,h] ანტრაცენი	40 ნგ	კ
2-ტოლუიდინი	30-160 ნგ	კ
5-მეთილქრიზენი	0,6 ნგ	კ
ბენზო[a]ანტრაცენი	40-60 ნგ	კ
ბენზო[a]პირენი	10-50 ნგ	კ
ბენზო[e]პირენი	5-40 ნგ	კ
დიბენზო[a,j]აკრიდინი	3-10 ნგ	კ

დიბენზო[a,h]აკრიდინი	0,1 ნგ	კ
დიბენზო[c,g]კარბაზოლი	0,7 ნგ	კ
დიბენზო[a,i]პირენი	მხირე რაოდენ.	კ
ინდენო [1,2,2-cd]პირენი	4 ნგ	კ
ნიკელი	20-3000 ნგ	კ
ქრიზენი	40-60 ნგ	კ
პოლონიუმ-210	0,03 კკი	კ
3-მეთილკატეჟინი	11-20 მკგ	კ
4-მეთილკატეჟინი	15-21 მკგ	კ
4-ეთილკატეჟინი	10-24 მკგ	კ
კატეჟინი	140-500 მკგ	კ
4,4-დიქლოროსტილბენი	1500 ნგ	კ
ფთორანთენი	100-260 ნგ	კ
პირენი	50-200 ნგ	კ
ბენზო[ghi]პერილენი	60 ნგ	კ
2-ნაფთილამინი	4,3-27 ნგ	კ
4-ამინობიფენილი	2,4-4,6 ნგ	კ
ჭიანჭველამჟავა	80-600 მკგ	ცტ

სმნ-სიმსივნის მაპროვოცირებელი ნივთიერება, ცტ-ცილიატოქსიკური ნივთიერება, აკ-ადამიანისადმი კანტეროგენი, კ-ცხოველისადმი კანცეროგენი

ნიკოტინის თვისება, შეუკავშირდეს ნიკოტინურ და ქოლინერგულ რეცეპტორებს, თირკმელზედა ჯირკვლების ტვინოვან ნივთიერებას, ნერვ-კუნთოვან სინაპსებსა და ვეგეტატიურ განგლიებს, განაპირობებს მის მიმართ მიჩვევას და გამოწვეული ინტოქსიკაციის მექანიზმს. ტვინში ნიკოტინი განსაკუთრებით ლაგდება ჰიპოთალამუსში, ჰიპოკამპში, თალამუსში, შუამდებარე ტვინში, ტვინის ღეროში, ქერქში, ზოლიან სხეულსა და მეზოლიმბურ დოფამინერგულ რეცეპტორებში. ამ უკანასკნელთა სტიმულაცია და ადაპტაცია განაპირობებს ნიკოტინისადმი მიჩვევის, მის მიმართ ტოლერანტობისა და აღკვეთის სინდრომის განვითარებას. ვეგეტატიურ განგლიებზე ნიკოტინი მოქმედებს ორგვარად. მცირე დოზები იწვევს მათ სტიმულირებას, დოზის მომატებას კი სტიმულაციის შემდეგ მოსდევს განგლიური ბლოკადა. ნერვ-კუნთოვან სინაპსებში სტიმულაციური კომპონენტი სუსტადაა გამოხატული.

გამოთვლილია შემდეგი – საშუალო მწველმა იმისათვის, რომ კომფორტულად იგრძნოს თავი, დღის განმავლობაში უნდა მოწიოს 10 (10-40 მგ ნიკოტინი) სიგარეტი [4,5].

პირველი მოწვევისას შესაბამისად, ნიკოტინის ორგანიზმში პირველად მოხვედრისას, შეიძლება ადგილი ჰქონდეს გულისრევას და ღებინებას. ეს მოვლენები მალე ადაპტირდება. შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს სუსტ აგზნებას, კუნთთა ტონუსის დაქვეითებასა და ხელების ტრემორს.

დამოკიდებულების განვითარებასთან ერთად ეფექტები იცვლება. ნიკოტინის მოქმედებით უმჯობესდება ხანმოკლე მეხსიერების უნარი, მცირდება გამღიზიანებელზე რეაქციის დრო, მახვილდება ყურადღების უნარი, ადვილდება სტრესული სიტუაციის გადატანა, თუმცა ეს უკანასკნელი საკამათოა, ნიკოტინის ხარჯზე ხდება, თუ თვით მოწვევის პროცესზე ყურადღების გადანაწილებით. ნიკოტინი იწვევს სიფხიზლეს და ამცირებს შიმშილის შეგრძნებას. გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე მოქმედებით ნიკოტინი იწვევს გულის კუნთის მუშაობის რიტმის ხანმოკლე აჩქარებას, არტერიული წნევის უმნიშვნელო მომატებას, გულის დარტყმითი, გულიდან გამოტყორცნილი და კორონარული სისხლის მოცულობის გაზრდას. შემდგომში ვითარდება წნევის დაქვეითება, მცირდება კორონარული სისხლის რაოდენობა, ქვეითდება სხეულის ტემპერატურა და ვითარდება ვაზოკონსტრიქცია. ნიკოტინი აუმჯობესებს კუნთების სისხლით კვებას, კუნთებში მაღლა სწევს ცხიმოვანი მჟავების, ლაქტატების და გლიცეროლის კონცენტრაციას. სისხლში მატულობს კატექოლამინების, აკტჰ-ის, ზრდის ჰორმონის, პროლაქტინის, ბეტა-ენდორფინის, კორტიზოლის და ვაზოპრესინის რაოდენობა.

არამწვეველები უფრო რეაგირებენ ნიკოტინზე, ვიდრე მწვეველები. ნიკოტინის მიმართ, სხვა ფსიქოაქტიურ ნივთიერებებთან შედარებით, სუსტად ვითარდება ტოლერანტობა. ჩვეულებრივ მწვეველებშიც კი, ინტენსიური წევის მეორე დღეს პირველ მოწვეულ სიგარეტს მოსდევს გამოხატული ზემოთ აღწერილი ეფექტების განვითარება.

ნიკოტინით მოწამვლა – ნიკოტინით მწვავე ინტოქსიკაცია ვითარდება ბავშვებში მოწვევის ან ზოგჯერ სიგარეტის გადაყლაპვის დროს. მოზრდილებში ძირითადად კანით აბსორბციისას ნიკოტინის პლასტირის გამოყენების და ამავე დროს მოწვევისას. ნიკოტინის ტოქსიკური კონცენტრაციაა 5 მგ/ლ, სასიკვდილო კონცენტრაცია – 10-22 მგ/ლ.

მოწამვლის ნიშნები. ადრეული სიმპტომები – გულისრევა, ღებინება, ჰიპერსალივაცია, ტკივილი მუცლის არეში, ტაქიკარდია და ჰიპერტონია. გადავადებული

სიმპტომები – მიოზი, ცნობიერების აშლა და აგზნება. მოგვიანებითი სიმპტომები – ტაქიკარდია და ჰიპოტონია, სუნთქვის გამწვანება, მიდრიაზი, ლეთარგია, კრუნჩხვები და კომა.

1.3. თამბაქოს ნედლეულის ალების შემდგომი დამუშავების ტექნოლოგია

თამბაქოს ნედლეულის ალების შემდგომი დამუშავების პროცესის განსაკუთრებული მახასიათებელია წარმოადგენს მრავალსტადიურობა, ამასთან თითოეული ფაზა ხასიათდება სპეციფიური ტექნოლოგიური რეჟიმებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ბიოქიმიური რეაქციების განვითარების განსაზღვრულ დონეს და სხვა საწარმოო ასპექტებს. ჩვენს გამოკვლევებში თამბაქოს დამუშავებასთან დაკავშირებული პროცესების მრავალგვარობიდან შევჩვენებთ მხოლოდ სამ სტადიას: დაუფერმენტებელი თამბაქოს შენახვას, საკუთრივ ფერმენტაციას და დაძველებას. თითოეულ სტადიაზე დიდი ან ნაკლები ხარისხით მიმდინარეობს თამბაქოს ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილება, ხდება მისი, როგორც მოსაწევი პროდუქტის ფორმირება. ამასთან დაკავშირებით აუცილებელია თამბაქოს ნედლეულის ალების შემდგომი დამუშავების ტექნოლოგიური ასპექტების მოკლე განხილვა.

1.3.1. დაუფერმენტებელი თამბაქოს შენახვა

საერთოდ საჭიროა განვასხვავოთ ორი ეტაპი დაუფერმენტებელი თამბაქოს შენახვისას: თამბაქოს მწარმოებელ მეურნეობებში და მისი ჩაბარებისას საფერმენტაციო ქარხნებზე. ტექნოლოგიითა და ორგანიზაციით ეს ეტაპები შეიძლება არამარტო ძირულად განსხვავდებოდნენ, არამედ შეიძლება ერთმანეთს ემთხვეოდნენ კიდევ. ყველაფერი დამოკიდებულია თამბაქოს ნედლეულის შრობისა და შემდგომი დამუშავების თავისებურებებზე, რომლებიც თავის მხრივ განისაზღვრება მრავალი ფაქტორით: აგროეკოლოგიური პირობებით, მოყვანის კლიმატური ზონით, ტექნოლოგიის დონით, ჩამოყალიბებული ტრადიციებით და ა.შ. ყველა ეს საკითხი საკმაოდ კარგადაა გაშუქებული სამუშაოში [59].

ყოველ შემთხვევაში, შრობის შემდეგ დაუფერმენტებელი თამბაქოს შენახვა, თამბაქოს ჩაბარება და შემდგომი შენახვა საფერმენტაციო ქარხნებში წარმოებს ფუთებით ან შეკვრებით. შრობის დამთავრებისა და ფერმენტაციის დაწყების პერიოდს შორის დრო ვარირებს ფართე დიაპაზონში, ამასთან შენახვის ხანგრძლივობამ შეიძლება შეადგინოს 6-8 თვე. ფერმენტაციის პროცესის ოპტიმალურ რეჟიმში ორგანიზაციის თვლსაზრისით შრობის და ფერმენტაციის დროებს შორის წყვეტა წარმოადგენს აუცილებელს. საფერმენტაციო ქარხნის ნორმალური მუშაობა დაკავშირებულია სპეციალურად მომზადებული თამბაქოს ნედლეულის დიდი მასის გადამუშავებასთან.

გამშრალი თამბაქოს შენახვა წარმოადგენს არა მარტო ორგანიზაციულ რგოლს თამბაქოს წარმოების ტექნოლოგიურ ჯაჭვში. ამ პერიოდში თამბაქოს ნედლეული განიცდის რთულ ფიზიკურ-ბიოქიმიურ გარდაქმნებს, რომელთა სიღრმე და ინტენსივობა დამოკიდებულია მრავალრიცხოვან სხვადასხვა ფაქტორებზე. მათ შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია ჰაერის ფარდობით ტენიანობასა და მის ტემპერატურას. როგორც წესი, სათავსოები, რომლებშიც წარმოებს ფერმენტაციამდელი შენახვა, აღჭურვილი არ არიან კლიმატური დანადგარებით ჰაერის საჭირო პარამეტრების დაჭერისათვის. ამიტომ თამბაქოს ნედლეული განიცდის გარემომცველი არის ზემოქმედებას, რომელიც თავისი პარამეტრებით დიდად ვარირებადია. ეს ფაქტორი საჭიროა მუდმივად კონტროლირდებოდეს, რათა გამოირიცხოს თამბაქოს ნედლეულის გაფუჭება დაობებისაგან.

მოცემულ საკითხზე საკმაოდ ვრცელი ანალიზი ჩაატარა მ.ფ. მაშკოვცევმა [45]. სახელდობრ ის მიუთითებს, რომ „დაობების დაწყება დაკავშირებულია არა თამბაქოში აბსოლუტური წყლის შემცველობაზე ე.ი. მის ტენიანობაზე, არამედ წყლის ორთქლის წნევის სიდიდეზე უშუალოდ თამბაქოს ზედაპირზე. დაობება შეიძლება მოხდეს მხოლოდ ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის 83%-ზე მეტი მომატებისას“. ამრიგად, წარმოიშვება აუცილებლობა სასაწყობო სათავსოში რაღაც სახით არ დავუშვათ ფარდობითი ტენიანობის სახიფათო მომატება, რაც ყოველთვის არ ხდება. მეორეს მხრივ, დაუფერმენტებელ თამბაქოში მისი შენახვისას უწყვეტად მიმდინარეობს მასალის წონასწორული ტენიანობის შემცირებასთან დაკავშირებული შენელებული ფერმენტაციის პროცესი.

ამასთან დაკავშირებით წყლის ორთქლის წნევას თამბაქოს ფოთლის ზედაპირზე ყოველთვის ექნება მომატების ტენდენცია გარემომცველი ატმოსფეროს წყლის

ორთქლის წნევასთან შედარებით. ამით აიხსნება დაუფერმენტებელი თამბაქოს დაობების უნარი გარემომცველი ატმოსფეროს უფრო დაბალი ტენიანობისას დაუფერმენტებულ თამბაქოსთან შედარებით.

ამრიგად დაუფერმენტებელი თამბაქოს ნედლეულის შენახვის პროცესის შიგა გამოვლინებას წარმოადგენს მისი თვითდატენიანება. განსაკუთრებით ამ მოვლენას ადგილი აქვს სიგარის თამბაქოს დამუშავებისას [138, 140], სადაც შენახვის პროცესი თანხვედრა ფერმენტაციას. მ.გ. მაშკოვცევი [45] მიუთითებს ორ, პრინციპულად სხვადასხვა პროცესზე, რომელთაც შეუძლიათ გამოიწვიონ თვითდატენიანება: წყლის თამბაქოს ნივთიერებებთან (მის კოლოიდებთან) შემაკავშირებელი ძალის შესუსტება და ბიოქიმიურ პროცესებში წყლის წარმოქმნა. პირველ შემთხვევაში შეიძლება ჩაითვალოს, რომ თამბაქოში არსებული წყლის საერთო რაოდენობა მუდმივია, მაგრამ ამასთან მცირდება თამბაქოს ნედლეულის წონასწორული ტენიანობა, მეორე შემთხვევაში თამბაქოში წყლის რაოდენობა შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გაიზარდოს.

მრავალი მკვლევარი თვლის, რომ თამბაქოს თვითდატენიანების ძირითად მიზეზს მისი შენახვისას წარმოადგენს წონასწორული ტენიანობის შემცირება. ამასთან დაკავშირებით თამბაქოს ჰიგროსკოპული თვისებები საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი რიგ სამუშაოებში [18, 19]. დადგენილია, რომ წონასწორული ტენიანობა უმთავრესად განპირობებულია თამბაქოში წყალხსნადი ნივთიერებებისა (მაგალითად, ნახშირწყლების) და კოლოიდების (მაგალითად, პექტინოვანი ნივთიერებები) არსებობით. ამ საკითხებზე სამეცნიერო კვლევების შედეგების გათვალისწინებით გ.მ. სკიბას [91] მიერ შემოთავაზებულია ტენიანობის ნორმა დაუფერმენტებელ თამბაქოს ნედლეულზე, რომელიც ბაზირდება წონასწორული ტენიანობის მნიშვნელობებზე თამბაქოს ნედლეულის სხვადასხვა ჯგუფისათვის.

ამჟამად დაუფერმენტებელ თამბაქოს ნედლეულზე ტენიანობის ზღვრული ნორმები დადგენილია დიფერენციალურად თამბაქოს ტიპისა და რაიონირების მიხედვით: სამსუნის, დიუბეკის, ამერიკანისა და სხვა ტიპის თამბაქოებისათვის 19% და სხვა ტიპებისა და ქვეტიპებისათვის – 20%.

შენახვის დროს დაუფერმენტებელი თამბაქოს თვითდატენიანების პროცესთან ერთად მიმდინარეობს ამა თუ იმ ზომით მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები, რომლებიც, როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული, შეიძლება ნაწილობრივ დაკავშირებული იყოს წყლის წარმოქმნასთან, მაგრამ გამოიყოფა ნახშირორჟანგიც.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევის შედეგები გვაჩვენებს, რომ ფერმენტაციამდელი შენახვის მთელ პერიოდში ადგილი აქვს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებს, ამასთან ასეთი დანაკარგების აბსოლუტური მნიშვნელობები ვარიირებს ძალიან დიდ დიაპაზონში. მათი სიდიდე განისაზღვრება მრავალი ფაქტორით, რომელთა უმრავლესობა ძალიან სუსტად ან მთლიანად უმართავია.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ ფერმენტაციამდელი შენახვისას მშრალი ნივთიერების დანაკარგების საკითხებზე მუშაობდა საკმაოდ ბევრი მკვლევარი. ამ მიმართებით შეიძლება მივუთითოთ შემდეგი მკვლევარები: ლ.მ.აგაპოვი და სხვ. [12], დ.შ. გამყრელიძე და სხვ. [24], ე.ე. კოგანი [37], ნ.მ. ლეჟანინი [42], ე.ს. ცატრიკევა და სხვ. [21, 48, 79, 86], ა.გ. პეტრენკო [80], ვ.გ. ფრუიძე და სხვ. [84, 85], გ.მ. სკიბა [92], ტ.ნ. სობოლევა და სხვ. [96], ლ.ვ. შადროვა [102]. განზოგადოებული სახით მონაცემები მოცემულია ა.გ. მირგოროდსკის [50] ნაშრომში. ამასთან დაკავშირებით საჭიროა მათი უფრო დაწვრილებით განხილვა.

ამ დაკვირვებების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ შენახვისას მშრალი ნივთიერებების დაკარგვაზე არსებით გავლენას ახდენს ისეთი ტექნოლოგიური ფაქტორი, როგორცაა თამბაქოს ტენიანობა. გამოკვეთილად იქნა დადგენილი, რომ ტენიანობის ზრდასთან ერთად იზრდება დანაკარგებიც. მსგავსი სახით იზრდება მშრალი ნივთიერების დანაკარგები შენახვის ხანგრძლივობის გაზრდასთან ერთად. ამავე დროს ხარისხტიპი და სასაქონლო ხარისხის მშრალი ნივთიერებების დაკარგვის მაჩვენებლებზე არსებით გავლენას არ ახდენენ. მაგრამ დანაკარგები ცნობილი სახით დამოკიდებულია შეფუთვის სიმკვრივეზე: შეკვრებში ის იყო რამდენამდმე მცირე, ვიდრე ფუთებში. დადგენილ იქნა აგრეთვე მნიშვნელოვანი გარემოება – მშრალი ნივთიერებების ყველაზე მეტ დანაკარგებს ადგილი აქვს თებერვალ–აპრილის პერიოდში, რაც განპირობებულია ჰაერის ფარდობითი ტენიანობისა და ტემპერატურის მომატებით.

მრავალწლიანი დაკვირვების მონაცემთა დამუშავების საფუძველზე უკრაინის, მოლდავეთის და კავკასიის პირობებში, სადაც ძირითადად იწარმოება ტრაპეზონდისა და ოსტროლისტის ტიპის თამბაქოები, ავტორის [50] მიერ რეკომენდირებული იქნა პრაქტიკული გამოყენებისათვის მშრალი ნივთიერებების დანაკარგების ყოველთვიური ნორმები ფერმენტაციამდელი შენახვისას: სტანდარტული ფუთებისათვის – 0,13 და შეკვრებისათვის – 0,15%. ამ რეკომენდაციებს, უეჭველად აქვს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა და მათ უკვე ჰპოვეს გამოყენება წარმოებაში. ამასთან დაკავში-

რებით, ჩვენის აზრით, მიზანშეწონილია ამ გამოკვლევების გაფართოება საქართველოს თამბაქოს წარმოების რაიონებისათვის.

თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვის პროცესის შესწავლისას აუცილებელია ამ საკითხის განხილვა უფრო სხვა ასპექტში. ზემოთ უკვე მითითებული იყო, რომ დაუფერმენტებელი ნედლეულის შენახვისას მასში, შესაძლებელია არა ისე ინტენსიურად, მაგრამ მაინც მიდის ფერმენტაციის პროცესი. ამ პროცესების სიღრმე, ბუნებრივია, უპირველესად ყოვლისა დამოკიდებულია ფერმენტაციამდელი შენახვის ხანგრძლივობაზე, აგრეთვე სხვა ფაქტორებზე (განსაკუთრებით მასალის კლიმატურ პირობებზე და ტენიანობაზე). ამრიგად, ფერმენტაციაზე მიეწოდება თამბაქოს ნედლეული სხვადასხვა დონის დაფერმენტირების მაჩვენებლით. ლოგიკური და სწორი იქნებოდა ამ მდგომარეობის გათვალისწინება ფერმენტაციის რეჟიმების შესაბამისი რეგულირების გზით, მაგრამ არსად და არასდროს, სამწუხაროდ, დაფერმენტირების დონე არ გაითვალისწინება. საფერმენტაციო ქარხნებში გამოიყენება სტანდარტული რეჟიმები, რომლებითაც ხდება ნედლეულის დამუშავება როგორც სეზონის დასაწყისში, ისე ბოლოში. ეს მნიშვნელოვნად ადაბლებს წარმოების ეფექტურობას, ახანგრძლივებს ფერმენტაციის ვადებს და ადიდებს ენერგოდანახარჯებს. ამასთან დაკავშირებით მოცემული საკითხი უდაოდ წარმოადგენს აქტუალურს და იმსახურებს გადაწყვეტას თეორიული და პრაქტიკული თვალსაზრისით.

1.3.2. ფერმენტაცია

თამბაქოს ფერმენტაციის პროცესის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს მისთვის ისეთი თვისებების მინიჭება, რომლებმაც ხელი უნდა შეუწყოს მისი გაფუჭებისაგან დაცვას (დაობება) არასასურველ პირობებში. ამასთანავე ფერმენტაციისას ადგილი აქვს ნედლეულის მოსაწევი და ტექნოლოგიური თვისებების გაუმჯობესებას, რის გამოც ის იძენს მზა მოსაწევი პროდუქტის თვისებებს. პრინციპში, ფერმენტაციის დროს მიმდინარეობს იგივე პროცესები, რაც ფერმენტაციამდელი შენახვისას, მაგრამ ამ უკანასკნელისაგან განსხვავებით, მათი ინტენსივობა გამოხატულია უფრო დიდი ხარისხით. გარდა ამისა, ყველა პროცესი მიმდინარეობს განსაზღვრული და რეგლამენტირებული ტექნოლოგიური რეჟიმებით. ფერმენტაციის თანამედროვე ტექნოლოგია საკმაოდ დაწვრილებითაა აღწერილი ამ დარგში მომუშავე ბევრი მეცნიერის მიერ, მა-

გალითად [59], ამიტომ ამ საკითხზე ჩვენ არ შევჩერდებით, გავარჩევთ მხოლოდ უფრო ღრმად იმ პრობლემებს, რომლებიც განხილული იყო ქვეთავში 2.3.1 – ჰიგროსკოპული თვისებების ცვლილება და მშრალი ნივთიერების დანაკარგები.

მ.ფ.მაშკოვცევის ნაშრომში [45] მოყვანილია მონაცემები ტემპერატურის, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის და ფერმენტაციის პროცესის ხანგრძლივობის გავლენისა წონასწორული ტენიანობის სიდიდის ცვლილებაზე სხვადასხვა თამბაქოსათვის. ამ გამოკვლევების შედეგები თავისი რიგით აჩვენებს, რომ ფერმენტაციის ხანგრძლივობისაგან დამოკიდებულებით მიმდინარეობს წონასწორული ტენის განუხრელი შემცირება. ამასთან ის ძლიერდება ტემპერატურის მომატებისა და ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის მომატებასთან ერთად.

აღმოჩნდა, რომ სხვა თანაბარ პირობებში, თამბაქო, რომელსაც დაუფერმენტებელ მდგომარეობაში გააჩნდა მაღალი წონასწორული ტენიანობა, მნიშვნელოვნად უფრო დიდი ხარისხით ამცირებდა ამ მაჩვენებელს.

ფერმენტაციის დროს თამბაქოს თვითდატენიანების მოვლენის შესწავლისას ი.ი.კულიამ [31, 40] ნაწილობრივ დაუკავშირა ეს პროცესი წონასწორული ტენიანობის ცვლილებას, მაგრამ ამასთან არ მიუცია ამ მაჩვენებლის ზუსტი და კანონზომიერი შემცირება ფერმენტაციისას, თუმცა უმეტეს შემთხვევაში შესაძლებელი იყო ამ მაჩვენებლის შემცირების დაფიქსირება.

ამასთან დაკავშირებით საჭიროა მხედველობაში იქნას მიღებული, რომ ფერმენტაცია უპირობოდ მიმდინარეობს კოლოიდური კომპლექსების ტენშემაკავებელი ძალის სტაბილური შემცირებით. ბუნებრივია, რომ ამას მივეყვართ წონასწორული ტენიანობის შემცირებისაკენ. მაგრამ ამავე დროს გამორიცხული არაა მაღალმოლეკულური ნივთიერებების წარმოქმნა, რომლებიც ხელს უწყობენ წონასწორული ტენიანობის მომატებას. ამან შეძლებისამებრ შეიძლება ნიველირება გაუკეთოს პირველ პროცესს – საბოლოო ანგარიშით წარმოადგინოს წონასწორული ტენიანობის შემცირება არცთუ ისე გამოხატული სახით. ყოველივე ამაზე შეუძლია გავლენა იქონიოს აგრეთვე თამბაქოს შრობის ხერხმა, რომელიც ბევრად განსაზღვრავს საწყისი თამბაქოს ქიმიურ შემადგენლობას ფერმენტაციის წინ.

მაგრამ როგორადაც არ უნდა იყოს, დაფერმენტირებული თამბაქო ხასიათდება პრაქტიკულად მდგრადი ქიმიური შემადგენლობით, მათ შორის სტაბილური კოლოიდური სისტემით. ამიტომ დაფერმენტირებული თამბაქო უმნიშვნელოდ რეაგირებს

გარემომცველი არეს ცვლილებებზე და ამჟღავნებს მდგრადობას ხანგრძლივი შენახვისა და ტრანსპორტირებისას [28].

როგორც მითითებული იყო, ფერმენტაციის დროს თამბაქოს ნედლეულის ჰიგროსკოპული თვისებების ცვლილება მჭიდროდაა დაკავშირებული მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებთან, რომელიც ვარირებს დიდ დიაპაზონში და შეიძლება ზოგიერთ შემთხვევაში მიაღწიოს 3% და უფრო მეტს. დანაკარგების აბსოლუტური სიდიდე განისაზღვრება ბევრი ფაქტორით, რომლებიც დიდი ან მცირე ხარისხით შესწავლილი იქნა სხვადასხვა მკვლევარების მიერ. ასეთი სამუშაოები ჩატარდა ვ.ს. ისაევის და გ.პ. ვოლგუნოვის [34, 35], ა.გ. პეტრენკოს და სხვ. [82], გ.მ. რეკვავას და სხვ. [87] მიერ. ამ პრობლემის გადაწყვეტაში დიდი წვლილი შეიტანეს ბულგარელმა მეცნიერებმა: მ. ვესელინოვმა [119], ტ. დრაჩევმა და სხვ. [124-126], და სხვებმა [128]. ამ მიმართულების სამუშაოები მიმდინარეობდა აგრეთვე სხვა ქვეყნებში, მაგალითად: ჯოვანოცი [133], ბარტოლუჩო [129, 130], გ. რომანი და სხვ. [68], დ. ბოცევსკი და სხვ. [131], ლ.ტომიკი და სხვ. [144], ჟ. პროტა [88, 141].

ფერმენტაციის დროს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებთან დაკავშირებული საკითხები ყველაზე განზოგადოებული სახით წარმოდგენილია ა.გ. მირგოროდსკოის [50] ნაშრომში. მოდულური შეკვრების დახმარებით საკმაოდ დაწვრილებით იყო შესწავლილი სხვადასხვა ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენა მშრალი ნივთიერებების დანაკარგების სიდიდეზე ფერმენტაციის დროს. მიღებული შედეგები წარმოდგენილი იქნა ექსპერიმენტული მასალების საფუძველზე სხვადასხვა პირობებში ფერმენტაციაზე დაკვირვებისას. შედეგად გამოვლენილი იქნა შემდეგი:

– თამბაქოს ჯიშტიპი არსებით გავლენას არ ახდენს მშრალი ნივთიერების დანაკარგების სიდიდეზე;

– სასაქონლო ხარისხის გავლენა მშრალი ნივთიერებების დანაკარგების სიდიდეზე აღმოჩნდა არც ისე ერთმნიშვნელოვანი, ანუ ახდენს გავლენას მასთან ერთად მეთამბაქოების გეოგრაფიული ზონა;

– მშრალი ნივთიერების დანაკარგებზე ყველაზე ძლიერ გავლენას ახდენს თამბაქოს ნედლეულის ტენიანობა, ამასთან ტენიანობის გაზრდასთან ერთად კანონზომიერად იზრდება დანაკარგები;

– უმეტეს შემთხვევებში თამბაქოს შეფუთვის მოცულობითი მასის გაზრდას მივყევართ მშრალი ნივთიერებების დანაკარგების შემცირებასთან, ამიტომ შეკვრებში დანაკარგები უფრო ნაკლებია, ვიდრე ფუთებში;

– მშრალი ნივთიერების დანაკარგის სიდიდე დამოკიდებულია ფერმენტაციის პროცესის ხანგრძლივობაზე: ვადების გადიდების მიხედვით შესამჩნევად იზრდება დანაკარგებიც.

რამდენიმეწლიანი დიდი რაოდენობის დაკვირვების საფუძველზე ა.გ. მირგო-როდსკოის [50] მიერ პრაქტიკული გამოყენებისათვის რეკომენდებული იქნა მშრალი ნივთიერების დანაკარგის მაქსიმალური დასაშვები ნორმა თამბაქოთა ფერმენტაციისას: შეკვრებში შეფუთული 1 და 2 ხარისხის ნორმალური ტენიანობის თამბაქოს ნედლეულისათვის – 1,40%, ფუთებში (ბარდანებში) შეფუთულისათვის – 1,60%, 3 და 4 ხარისხის თამბაქოსათვის შეკვრებში – 1,70% და ფუთებში – 1,90%. მომატებული ტენიანობის ნედლეულისათვის ფუთებში – 2,60%.

მოცემული თავის დასკვნაში საჭიროა აღინიშნოს შემდეგი:

დღემდე მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები და თვითდატენიანება ფერმენტაციის დროს ითვლებოდა აუცილებელ, თამბაქოს ხარისხის ფორმირებასთან დაკავშირებულ, პროცესებად, მაგრამ ი.გ. მოხნაჩევისა და სხვ. [111] მიერ შესრულებული გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ თამბაქოს ფერმენტაცია ანაერობულ პირობებში (მაგალითად ნახშირორჟანგის არეში) ხელს უწყობს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგების მკვეთრ შემცირებას, ამასთან ამ შემთხვევაში თამბაქო ჰკარგავს თვითდატენიანებისადმი მიდრეკილებას. ეს, უაღრესად აქტუალური საკითხი მოითხოვს ამ მიმართულებით შესაბამისი გამოკვლევების ჩატარებას, რასაც საბოლოო ჯამში შეუძლია ხელი შეუწყოს თამბაქოს მასალის ეკონომიას.

1.3.3. თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციის შემდგომი შენახვა

მრავალწლიანი პრაქტიკული გამოცდილება აჩვენებს, რომ მოსაწევი ნაწარმის დამზადებისათვის სასურველი და გამართლებულია ფერმენტირებული თამბაქოს ნედლეულის გამოყენება, რომელმაც უკვე გაიარა რამდენიმე თვის მანძილზე ფერმენტაციის შემდგომი შენახვა თამბაქოს ფაბრიკის ან საფერმენტაციო ქარხნის სასაწყობო სათავსოში. თამბაქოს ნედლეულში ფერმენტაციის შემდგომი შენახვის პერიოდში გრძელდება ყველა ის პროცესი, რაც ადების შემდგომი დამუშავების სხვა ეტაპებზე:

ადგილი აქვს წონასწორული ტენის შემცირებას და მშრალი ნივთიერებების დანაკარგს. მაგრამ ამ პროცესების ინტენსივობა არცთუ ისე მნიშვნელოვანია და დიდადაა დამოკიდებული კლიმატურ პირობებზე, რადგანაც სასაწყობო სათავსოები აღჭურვილი არაა ჰაერის კონდიციონირების სისტემით. თამბაქოს ნედლეულზე დაკვირვება მოწმობს, რომ დაძველების დროს დროის განსაზღვრული ინტერვალის ფარგლებში (ზოგჯერ 1-2 წლის განმავლობაში) ხდება ხარისხის შესამჩნევი გაუმჯობესება, თუმცა ამ მიმართულებით სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები ძალიან მწირია.

ყველაზე დასაბუთებული გამოკვლევა შეასრულა ჯერ კიდევ მეორე მსოფლიო ომამდე ა.პ. ოვაკიმიანმა [77], რომელმაც შეისწავლა სხვადასხვა ჯიშტიპის დაფერმენტირებული თამბაქოების დაძველების პროცესი რამდენიმე წლის მანძილზე. მან გააკეთა კონსტატირება, რომ თამბაქოს დაძველებას თან ახლავს აირცვლა (ანუ მშრალი ნივთიერების დანაკარგები). ამასთან მისი ინტენსივობა დამოკიდებულია გარე პირობებზე და მიმდინარეობს ძალიან ნელა, ქრობადი მრუდით. მაგრამ პროცესები ძლიერდება ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის მომატებისას.

ა.გ. პეტრენკოს სამუშაოში [81] შემოთავაზებული ძირეული ფერმენტაციის პროცესის ტექნოლოგიის შეცვლა თამბაქოს ნედლეულის ხანმოკლე გაცხელების გზით მაღალ ტემპერატურაზე ($90^{\circ}C$) შემდგომ ხანგრძლივ შენახვასთან შეხამებით. ამრიგად, დაძველება წარმოადგენს მნიშვნელოვან ტექნოლოგიურ ოპერაციას. იგივე საკითხები ხაზგასმულია ე.ე. კოგანის [37], ვ.ვ. ჩანიკოვის და სხვ. [100] და სხვა [132] ნაშრომებში. და ბოლოს, საჭიროა მოვიყვანოთ ზოგიერთი ინფორმაცია მშრალი ნივთიერების დანაკარგებზე თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციის შემდგომი შენახვის დროს. მაგალითად, საქართველოს ნედლეულისათვის ის შეადგენს 0,11-0,17% [84]. რ. ტაშევა [128] მიუთითებს, რომ ფერმენტაციის შემდეგ ხანგრძლივი დაყოვნება (6 და 12 თვე) $15-20^{\circ}C$ ტემპერატურაზე და $\varphi = 70 - 75\%$ -ზე, მიუხედავად მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებისა, საშუალებას იძლევა მივიღოთ უკეთესი ფიზიკური მაჩვენებლებიანი თამბაქოს ნედლეული და ამით შევამციროთ მისი ხარჯვა სიგარეტის დამზადებაზე. ცნობილი ზომით საკითხები მშრალი ნივთიერების დანაკარგებზე განხილულია ნ.ა. ცაპკოვას [99] შრომაში.

მართალია თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციის შემდგომი შენახვის ტექნოლოგიას აქვს არსებითი მნიშვნელობა მისი ხარისხის ფორმირებისათვის, საჭიროა ვალიდაროთ, რომ ეს საკითხები შესწავლილია აშკარად არასაკმარისად.

არსებული ექსპერიმენტალური მასალა არ იძლევა მეცნიერულად დასაბუთებულ დასკვნების გაკეთების შესაძლებლობას ამ პროცესის არსზე და შესაძლებლობებზე. ამიტომ მომწიფდა საკითხის კომპლექსური შესწავლის აუცილებლობაზე თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ყველა მაჩვენებლის გათვალისწინებით დაძველების პროცესთან დინამიკაში. ამას აქვს არა მარტო თეორიული, აგრეთვე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა.

1.4. ბიოქიმიური პროცესები ალების შემდგომი დამუშავების პერიოდი

ალების შემდგომი დამუშავების ეტაპები – ფერმენტაციამდელი შენახვა, ფერმენტაცია და ფერმენტაციის შემდგომი შენახვა, რომლებსაც ჩვენ ვიხილავთ სადისერტაციო ნაშრომში, თავისი ბიოქიმიური ბუნებით (ხარისხობრივი შერჩევითა და რეაქციების მიზანმიმართულებით), ჩვენის აზრით, ერთმანეთისაგან პრინციპულად არ განსხვავდებიან. სხვა საქმეა, რომ სხვადასხვა რეაქციების ინტენსივობა ცალკეულ ეტაპზე ვლინდება სხვადასხვაგვარად, რადგანაც ბევრადაა დამოკიდებული გარემო პირობების ზემოქმედებაზე.

თეორიულად შეიძლება დავუშვათ, რომ ალების შემდგომი დამუშავების პერიოდში თამბაქოზე მოქმედებს ზემოქმედების სამი მექანიზმი: ფერმენტატული რეაქციები, სუფთა ქიმიური რეაქციები და თამბაქოს ნედლეულზე მიკრობიოლოგიური ზემოქმედება. ამ შემთხვევაში არაა აუცილებელი მიკრობიოლოგიურ ზემოქმედებასთან დაკავშირებული საკითხების განხილვა. ჩვეულებრივ არასასურველი პირობებისას მიკროორგანიზმების განვითარებას მივყევართ თამბაქოს გაფუჭებამდე, და ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ საწარმოო პირობებში გამოვრიცხოთ ეს პროცესი. ამავე დროს მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტებით დადგენილია [38, 94], რომ მიკრობიოლოგიური ფაქტორის როლი აღმოსავლური ყვითელი თამბაქოს ხარისხის ფორმირებაში არც ისე მნიშვნელოვანია. ყველაფერი ეს გვაძლევს უფლებას განვიხილოთ ალების შემდგომ დამუშავებისას ხარისხის ჩამოყალიბების საკითხები მათში მხოლოდ

ფერმენტატული და ქიმიური რეაქციების მონაწილეობის თვალსაზრისით. ამ და სხვა მექანიზმებს თავის დროზე მიძღვნილი აქვს მრავალი მეცნიერული ნაშრომი.

პირველად მეცნიერულად დასაბუთებული ჰიპოთეზა ფერმენტების გადამწყვეტ როლზე თამბაქოს ალების შემდგომი დამუშავების პროცესებში ფორმულირებული იქნა ა.ი. სმირნოვის მიერ და მთლიანადაა წარმოდგენილი მის მონოგრაფიაში [94]. იმაზე, რომ ჰაერმშრალ მასალაში, როგორსაც წარმოადგენს თამბაქოს ნედლეული, ადგილი აქვს სხვადასხვა ფერმენტების აქტივობის შენარჩუნებას, მოწმობს სხვა მკვლევარების ნაშრომებიც [23, 28, 75, 76, 80, 105, 106].

ფერმენტატული პროცესების როლის აღიარებაზე თამბაქოს ალების შემდგომი დამუშავების პერიოდში დამყარებულია ჟანგბადური მაჩვენებელი, რომელიც გამოიყენება თამბაქოს ნედლეულის დაფერმენტების განსაზღვრისათვის [13-17, 44, 94, 117-118, 120-121, 127]:

ფერმენტატული რეაქციების შესწავლასთან ერთად ბევრი მკვლევარის მიერ დიდი ყურადღება დაეთმო სუფთა ქიმიური რეაქციების შესწავლის საკითხებს [27, 46, 52, 53, 76, 90, 117, 132, 139].

შედეგად წარმოიქმნა ისეთი სიტუაცია, როცა მკვლევარები დებოდნენ დიამეტრალურად საწინააღმდეგო პოზიციებზე, ცნობდნენ რა ან ფერმენტატულ პროცესებს ან სუფთა ქიმიურს, ამ თვალსაზრისით ყველაზე უფრო მისაღებია დებულებები, რომლებმაც ცნობილი სახით განვითარება ჰპოვეს ი.გ. მოხნაჩევის და ა.გ. მირგოროდსკაიას შრომებში და რომლებიც ცდილობდნენ უკიდურესი თვალსაზრისების ერთმანეთთან შეჯერებას [49, 50, 64, 65]. სხვადასხვა ავტორების მრავალრიცხოვანი მეცნიერული ექსპერიმენტების შედეგების განზოგადოება გვაჩვენებს, რომ ფერმენტაციის პროცესის საფუძველს წარმოადგენს ყველა შესაძლებელი დაჟანგვითი ფერმენტატული და ქიმიური რეაქციები.

პირველად იქნა ნაჩვენები, რომ ფერმენტაციისას მიმდინარეობს არა მარტო პოლიფენოლური ნივთიერებების დაჟანგვა, რაზედაც აქცენტს აკეთებდნენ ფერმენტაციის თეორიაზე მომუშავე უმეტესი მკვლევარებისა. აღმოჩნდა, რომ მასცვლაში (O_2 – ის შთანთქმა, CO_2 – ის და H_2O – ის გამოყოფა) ძალიან მნიშვნელოვანი როლი ენიჭებათ ორგანულ მჟავებს, რომელთა შემცველობა თამბაქოს ნედლეულში შეიძლება იყოს 15% და უფრო მეტიც [59]. კრებსის ციკლის დახმარებით ანუ სხვაგვარად (მჟა-

უნმჟავა) ხდება მშრალი ნივთიერებების დანაკარგების დიდი ნაწილი CO_2 -ისა და H_2O -ის წარმოქმნისა და აქროლების შედეგად. კრების ციკლის კატალიზირების ფერმენტული კომპლექსის ინაქტივაციამ წყალბადციანმჟავის დახმარებით პრაქტიკულად მთლიანად გამორიცხა მშრალი ნივთიერებების დანაკარგი და სტაბილირება გაუკეთა თამბაქოს ნედლეულში ორგანული მჟავების საერთო რაოდენობას. ეს წარმოადგენს პრინციპულად მნიშვნელოვან მომენტს ფერმენტაციის თეორიის განვითარებაში. ყოველ შემთხვევაში, ამის საფუძველზე შეიძლება გამოვიყენოთ ისეთი ტექნოლოგიური გადაწყვეტა, რომელიც დაკავშირებულია მშრალი ნივთიერების დანაკარგების შემცირებასთან ფერმენტაციისას [111].

დაჟანგვითი რეაქციების მეორე ნაწილი მიმდინარეობს ფერმენტების მონაწილეობის გარეშე. პირველად იქნა დადგენილი, რომ ამ დროს მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ნიკოტინი, რომელიც განთავისუფლებულია მარილებისაგან და ადვილად იჟანგება ატმოსფერული ჟანგბადით ოთახის ტემპერატურაზეც კი. სავარაუდოა, რომ ქიმიურ დაჟანგვაში შეიძლება მონაწილეობდნენ აგრეთვე ფისოვანი ნივთიერებებიც, რომლებიც მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა თამბაქოს ნედლეულში.

ამ მტკიცებულობის სასარგებლოდ მოწმობს დ.გ. დევდარიანის ექსპერიმენტების შედეგები [122]. თამბაქოს ნედლეულში არაფერმენტული შესაძლო ჟანგვითი რეაქციებიდან მნიშვნელოვანი დასკვნაა ის, რომ ჟანგბადური მაჩვენებლის თეორიული საფუძვლები, რომლებიც თამბაქოს დაფერმენტების შეფასების მაჩვენებლებია, წარმოადგენს არამუდმივს. ზოგჯერ ჟანგბადის შთანთქმას მანომეტრულ ჭიქაში უკავშირებენ მხოლოდ პოლიფენოლოქსიდაზას, სინამდვილეში კი ეს პროცესი წარმოადგენს მნიშვნელოვნად უფრო რთულს, ამასთან დაკავშირებით ფერმენტაციის თეორიის პრინციპულად ახალი დებულებების გათვალისწინებით შემუშავებული იქნა თამბაქოს დაფერმენტების შეფასების უფრო სწრაფი და ზუსტი მეთოდი CO_2 -ის გამოყოფის ინტენსივობის მიხედვით წყლის მდგომარეობაში [112] და მაინც ჩვენ ვთვლით, რომ თამბაქოს ნედლეულის დაფერმენტების განსაზღვრასთან დაკავშირებული საკითხები ისევ აქტუალურია. ზემოთ უკვე აღინიშნა, რომ საჭიროა არა მარტო ვიცოდეთ დაფერმენტებულია თუ არა თამბაქო, არამედ ისიც – რა ხარისხითაა დაფერმენტებული, რათა შემდგომში უფრო ეკონომიურად ავაგოთ ტექნოლოგიური პროცესი.

თამბაქოს ფერმენტაციის თანამედროვე თეორია სრულად დაერთო იმ პროცესებს, რომლებსაც ადგილი აქვს თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი და ფერმენტაციის შემდგომი შენახვისას, ანუ მიმდინარეობს ფერმენტატული და ქიმიური ხასიათის რეაქციები.

სხვა საკითხია, რომ ამ რეაქციების ინტენსივობა და ურთიერთკავშირი შეიძლება იყოს სრულიად სხვა, ვიდრე ფერმენტაციის პერიოდში, სადაც იქმნება ჰაერის უფრო მაღალი ტემპერატურა და ფარდობითი ტენიანობა.

დაჯანგვითი პროცესების ერთნაირი ხასიათი, რომელთაც ადგილი აქვს თამბაქოს ნედლეულში ალების შემდგომი დამუშავების დროს, სულაც არ მიუთითებს იმაზე, რომ თამბაქოს ნედლეულის ხარისხი ფორმირდება ერთნაირი ხარისხით როგორც დაბალ, ისე მაღალ ტემპერატურებზე. პირიქით, ჯანგვითი პროცესების სხვადასხვა ინტენსივობამ და თანაფარდობამ ხელი უნდა შეუწყოს პროდუქტის ხარისხის ფორმირებას, რომელთა თვისებების ერთობლიობა შეიძლება არსებითად განსხვავდებოდეს სხვა ტექნოლოგიური რეჟიმებით მიღებული პროდუქტისაგან, თუმცა საწყისი ნედლეული ორივესათვის ერთიდაიგივეა. ჩვენი აზრით, ეს საკითხი მეტად მნიშვნელოვანია და იმსახურებს რამდენადმე უფრო დაწვრილებით განხილვას.

თამბაქოს ალების შემდგომი დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის განვითარების მთელი ისტორია უწყვეტადაა დაკავშირებული იმ მცდელობებთან, რომ რაღაც სახით მოეხდინათ ამ პროცესის ინტენსიფიკაცია ტექნოლოგიური რეჟიმების ცვლილებების გზით. განსაკუთრებით ეს ეხება თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციას. ამასთან ხშირად ავიწყდებათ საკითხი მისაღები პროდუქტის ხარისხის შეფასებაზე კომპლექსური მიდგომის შესახებ. ლაპარაკი უნდა იყოს არა მარტო დაფერმენტირებული ნედლეულის მიღებაზე (რაც პრაქტიკულად ყოველთვის მიიღწევა), არამედ იმაზეც – როგორია თამბაქოს დაფერმენტების ხარისხი. ამასთან საჭიროა მხედველობაში იქნეს მიღებული, რომ თამბაქოს ნედლეულის ხარისხი განისაზღვრება მრავალი მაჩვენებლით, სამწუხაროდ, პრაქტიკულად თითქმის არ გვხვდება სამუშაო, თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის შეფასებაზე კომპლექსური მიდგომის შესახებ.

1.5. ხარისხის ფორმირება ალების შემდგომი დამუშავების პროცესებში

ზემოთ აღნიშნა თამბაქოს ნედლეულიდან რთული და საკმაოდ ხანგრძლივი დამუშავების შედეგად წარმოიქმნება მოსაწევი პროდუქტი, ანუ ფერმენტაციამდელი შენახვის, საკუთრივ ფერმენტაციისა და, ბოლოს, თამბაქოს ნედლეულის შენახვის ეტაპებზე მასში ყალიბდება და უმჯობესდება მოსაწევი თვისებები. ამასთან დაკავშირებით საჭიროა ყურადღება გამახვილდეს ერთ გარემოებაზე: მართალია ალების შემდგომი დამუშავების პროცესები შეისწავლებოდა მრავალი წლის მანძილზე, ჩვენ სამწუხაროდ დღესაც ჯერ არ გვაქვს უტყუარი კომპლექსური მონაცემები თამბაქოს ნედლეულის ამა თუ იმ გადამუშავების ეტაპებზე ხარისხის უმნიშვნელოვანესი მაჩვენებლების ფორმირების შესახებ. ამიტომ საჭიროა ამ საკითხების უფრო დაწვრილებით განხილვა.

1.5.1. თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები

თამბაქოს ბოლის სახით მოხმარების სპეციფიკა, რომელიც წარმოადგენს პირობების პროდუქტს, ბუნებრივია, პირველ ადგილზე აყენებს ხარისხის მაჩვენებლების ჯგუფს, რომლებიც შეიძლება გაერთიანდეს ერთი საერთო სახელის ქვეშ – „მოსაწევი თვისებები“, რადგანაც ეს ორგანოლექტიკური მაჩვენებლებია. ამდენად მათი ნაკრები და ხარისხობრივი შედგენილობა ვარირებს საგრძნობლად დიდ დიაპაზონში, საკმარისია მივუთითოთ ა.ა. შმუკის მონოგრაფია [104], რომელშიც მოყვანილია ძალიან დაწვრილებითი აღწერა თამბაქოს ბოლის დეგუსტატიური შეფასების ნიშნების შესახებ. ამასთან, სხვადასხვა ქვეყანაში გამოიყენება მოსაწევი თვისებების საკუთარი სპეციფიკური შეფასებები, რომლებიც განსხვავებულია როგორც ნიშანთვისებების ჯამის, ისე ამ ნიშნების შეფასების რაოდენობებით. მაგრამ რა განსხვავებებიც კი არ უნდა არსებობდეს მოსაწევი თვისებების განსაზღვრის მეთოდებში, მაინც მათ შორის არსებობს ბევრი საერთო, რაც საშუალებას იძლევა ხარისხის მაჩვენებლების ამ ჯგუფიდან გამოვყოთ ყველაზე დამახასიათებელი და მნიშვნელოვანი ნიშნები.

ჩვენი აზრით, ისინი შემდეგია: არომატი, გემო, სიმაგრე და არომატის ტიპი, აგრეთვე თამბაქოს ნედლეულის წვადობა.

თამბაქოს წარმოების განვითარების კვალდაკვალ ნედლეულის მიმართ თანდათან დგებოდა ახალი მოთხოვნები, რომლებიც ასახავს თამბაქოს გადამუშავების ეკონომიურობას მოსაწევი ნაწარმის დამზადებისას. ეს, ე.წ. თამბაქოს ნედლეულის „ტექნოლოგიური თვისებებია“. ცნობილი სიდიდით ამ ჯგუფში შემავალი მაჩვენებლების ჩამონათვალი აღწერილია რიგ სამუშაოებში [11, 30, 61, 93, 101]. ზოგადად ტექნოლო-

გიური თვისებები ხასიათდებიან კომპლექსური ნიშნებით, მათ შორის: შევსების უნარიანობა, მოცულობით–დრეკადური თვისებები. თითოეული ეს ნიშანი დიდი ან მცირე ხარისხით გავლენას ახდენს პაპიროსებსა და სიგარეტებში თამბაქოს მასაზე, ნარჩენების რაოდენობასა და თამბაქოს წარმოების დანაკარგებზე, აგრეთვე მოსაწევი ნაწარმის წუნის წარმოქმნაზე.

პიროლიზური პროცესების შედეგად საკმაოდ მაღალ ტემპერატურებზე (დაახლოებით $1000^{\circ}C$) თამბაქოდან წარმოიქმნება ბოლი, რომლის შემადგენლობაში შედის რამდენიმე ათასი კომპონენტი. მათგან ნაწილს გაჩნია ადამიანის ორგანიზმზე ამკარად უარყოფითი მოქმედება და ხელს უწყობს მრავალი სახის დაავადების წარმოქმნას. თამბაქოს ბოლის ტოქსიკური თვისებები საკმაოდ კარგადაა წარმოდგენილი ნაშრომებში [54, 59, 143, 147]. დღეისათვის ტოქსიკურობის საყოველთაოდ მიღებული კრიტერიუმებია: ნიკოტინის შემცველობა თამბაქოსა და ბოლში, თამბაქოში მშრალი კონდენსატის გამოსავლიანობა და მასში ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია.

1.5.2. ხარისხის კონტროლის მეთოდები

უწინარესად განვიხილოთ საკითხი მოსაწევი თვისებების განსაზღვრაზე. როგორც ცნობილია ყველაზე გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს ნიმუშების დეგუსტაცია საექსპერტო კომისიის მიერ. ჩვეულებრივ შედეგები გამოისახება ბალებში მოსაწევი ღირსებების ძირითად თვისებებთან ჭრილში. ყოფილ სსრკ–სა და ამჟამად ჩვენს ქვეყანაში გამოიყენება შემდეგი ბალური სისტემა: 25 ბალი არომატისა და 25 ბალი გემოსათვის. არის იმის საშუალებაც, რომ თამბაქოს ბოლის სიმაგრე აგრეთვე შეფასდეს ბალებში.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ არაერთხელ იყო მცდელობა დეგუსტაციის სისტემის უფრო სრულყოფაზე [29, 103, 137, 142], მაგრამ ეს საკითხი. ჯერ კიდევ შორსაა გადაწყვეტისაგან.

იმის გათვალისწინება, რომ მოსაწევი ნაწარმის დეგუსტაცია დაკავშირებულია სპეციალურად მომზადებული ექსპერტების დიდ რიცხვთან, არაერთჯერ დადგა ამოცანა ამ მიზნით ინსტრუმენტალური მეთოდების გამოყენებაზე.

თამბაქოს მოსაწევი თვისებების შეფასების სამეცნიერო მიმართულების ფუძემდებელს წარმოადგენს ა.ა. შმუკი, რომელმაც ამ მიზნით პირველად შემოგვთავაზა ნახშირწყლების–ცილებთან შეფარდების მაჩვენებელი [104]. მაგრამ ამ მიმართულების პრინციპულად ახალი ეტაპი წარმოიშვა მას შემდეგ, როდესაც თამბაქოს ქიმიურ შემადგენლობასა და მოსაწევი თვისებების მაჩვენებლებს შორის ურთიერთკავშირის

დადგენისათვის გამოყენებული იქნა მათემატიკური სტატისტიკის თანამედროვე მეთოდები ეგმ-ზე [58, 95, 97].

თამბაქოს ნედლეულის მოსაწევი თვისებების განსაზღვრის ინსტრუმენტალური მეთოდების შემდგომმა განვითარებამ თავისი ადგილი ჰპოვა ი.ი. მოხნაჩევის და სხვათა შრომებში [70, 116]. სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენება (ინფორმაცია ულტრაიისფერ არეში წყლიანი ექსტრაქტის შთანთქმის სპექტრის ინფორმაციაზე) საშუალებას იძლევა ერთი ანალიზით განვსაზღვროთ მოსაწევი თვისებების ყველა მაჩვენებელი (გემო, არომატი, სიმაგრე, წვადობა). განსაზღვრისათვის იყენებენ რეგრესიის განტოლების შესაბამის მნიშვნელობებს ან სხვა მათემატიკურ გამოხატულებებს. მოსაწევი თვისებების უმნიშვნელოვანეს მაჩვენებლებზე მიღებული კომპლექსური ინფორმაციის სიმარტივე და სპექტროფოტომეტრული მეთოდის მაღალი აღმწარმოებლობა მეთოდს ქმნის შეუცვლელს თამბაქოს ნედლეულის აღებისშემდგომ ტექნოლოგიურ პროცესში კონტროლისათვის.

ახლა საჭიროა ყურადღება გამახვილდეს თამბაქოს ნედლეულის ტექნოლოგიური მაჩვენებლების განსაზღვრაზე. ისინი ძალიან მრავალფეროვანია და შეიცავენ ყველა შესაძლებელი მეთოდებისა და ხელსაწყოების ნაკრებს [10, 60, 61, 62].

დღეისათვის დამუშავებულია მეთოდების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომლებიც საშუალებას იძლევიან განვსაზღვროთ თამბაქოს მოცულობით-დრეკადული თვისებები [11, 30, 61, 63]. თამბაქოს ნედლეულის დაწვრილმანების ანალიზისათვის შემუშავებულია ახალი მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს ზუსტი ინფორმაციის მიღებას ხარისხის ამ მაჩვენებელზე [61]. თამბაქოს ნედლეულის ჰიგროსკოპულობა აგრეთვე დგინდება სხვადასხვა მეთოდებითაც [30, 93].

მართალია თამბაქოს ნედლეულის ტექნოლოგიური თვისებების განსაზღვრის ზემოთმოყვანილი მეთოდები გვაძლევენ საკმაოდ ზუსტ ინფორმაციას, მაინც, როგორც წესი, ყველა ეს მეთოდი ძალიან შრომატევადი და ხანგრძლივია. ამასთან დაკავშირებით უდაო უპირატესობა გააჩნია სპექტროფოტომეტრულ მეთოდს, რომელიც საშუალებას იძლევა ერთი ანალიზით განისაზღვროს თამბაქოს ნედლეულის ყველა ტექნოლოგიური მაჩვენებელი. ეს მეთოდი დაწვრილებითაა აღწერილი ი.ი. მოხნაჩევისა და ვ.ი. კირაკოსოვის შრომაში [74]. ამ მეთოდის გამოყენებისას შრომისნაყოფიერება იზრდება 20-30-ჯერ, მაგრამ ამასთან ერთად შესაძლებელი ხდება მიღებულ იქნას მონაცემები არა მარტო ტექნოლოგიურ, არამედ მოსაწევ თვისებებზეც.

და ბოლოს, განვიხილოთ მეთოდების ჯგუფი, რომლებიც ამჟამად გამოიყენება თამბაქოს ნედლეულის ტექნოლოგიური თვისებების შეფასებისათვის. თამბაქოში და თამბაქოს ბოლში ნიკოტინის ჯამური შემცველობის რაოდენობრივი განსაზღვრისათ-

ვის შემუშავებული იყო მრავალი ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდი, რომლებიც ყველაზე დაწვრილებითაა აღწერილი რიგ შრომებში [6, 7, 67].

მშრალი კონდენსატი, რომელიც წარმოადგენს თამბაქოს ბოლის ტოქსიკური თვისებების უმნიშვნელოვანეს მახასიათებელს, ასევე შესაძლებელია განისაზღვროს სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიურ პრინციპებზე დამყარებული სხვადასხვა მეთოდით [67, 134, 136, 145].

მშრალი კონდენსატის განსაზღვრისათვის სტარდარტული მეთოდის სახით *ICO* რეკომენდაციას იძლევა [8] მეთოდზე. თამბაქოს ბოლში ნახშირჟანგის განსაზღვრისათვის დღემდე გამოიყენება ძალიან რთული და ხანგრძლივი გაზომეტრული ანალიზი [66]. თუმცა ახლა *ICO* გვთავაზობს გაცილებით სწრაფ, ინფრაწითელ სპექტროსკოპიაზე დაფუძნებულ მეთოდს [9].

და მაინც მთლიანად, მიუხედავად თამბაქოს ბოლის ტოქსიკური თვისებების განსაზღვრისათვის წარმოდგენილი მაღალეფექტური ანალიტიკური მეთოდებისა, თავისი ხანგრძლივობითა და სირთულით ისინი გარკვეულწილად ვერ უზრუნველყოფენ მასიური ანალიზის ჩატარების შესაძლებლობას, ამასთან მოითხოვენ უნიკალურ და ძვირადღირებულ ლაბორატორიულ დანადგარებს. ამ შემთხვევაში ალტერნატიულ და ეფექტურ გადაწყვეტას წარმოადგენს სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენება. ამ მეთოდით მიღებული „ხარისხის განტოლება“ შესაძლებლობას იძლევა გამოითვალოს ტოქსიკურობის ნებისმიერი მაჩვენებელი.

ამრიგად, თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის კომპლექსური კონტროლისას ყველაზე პერსპექტულს წარმოადგენს სპექტროფოტომეტრული მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა მხოლოდ ერთი მარტივი ანალიზით მიღებული იქნას ინფორმაცია თამბაქოს ხარისხის ნებისმიერ მაჩვენებელზე.

1.5.3. ხარისხის ცვლილების დინამიკა

აშკარაა, რომ თამბაქოს ნედლეულში აღების შემდგომი დამუშავების ყველა ეტაპზე მიმდინარეობს საბოლოო პროდუქტის ხარისხის ფორმირება. ამ პროცესებისას შეწონილი ტენიანობის ცვლილებებზე ლაპარაკი გვექონდა ზემოთ, ამიტომ ყურადღება გავამახვილოთ ხარისხის სხვა მაჩვენებლებზე. როგორც აღვნიშნეთ, სამწუხაროდ ეს საკითხები კომპლექსურად ჯერ კიდევ გადაუწყვეტელია.

მრავალწლიანი პრაქტიკული გამოცდილება მოწმობს, რომ ფერმენტაციის დროს აშკარაა მოსაწევი თვისებების შესამჩნევი გაუმჯობესება [94], პროდუქტი ვარ-

გისი ხდება თამბაქოს ნაწარმის დამზადებისათვის. მოსაწევი თვისებების შესამჩნევ გაუმჯობესებაზე დაძველების დროს მიუთითებს ა.პ. ოვაკიანი [77].

იკვლევდა რა სხვადასხვა თამბაქოს ნედლეულის ნიმუშების წვადობას, რ.ი. პაპასკირმა და სხვ. [78] დაადგინეს, რომ ხარისხის ეს მაჩვენებელი რამდენადმე უმჯობესდება ფერმენტაციისას, ამასთან ფერმენტაციის რეჟიმი ახდენს დიდ გავლენას წვადობის მაჩვენებლის აბსოლუტურ მნიშვნელობაზე. ყოველ შემთხვევაში ფერმენტაციის პროცესის ტემპერატურული ფორსირება ხელს არ უწყობს თამბაქოს ნედლეულის წვადობის გაუმჯობესებას.

ფერმენტაციის დროს თამბაქოს შევსების უნარიანობის ცვლილებაზე ზოგი მონაცემი წარმოდგენილია ვ.ი. ზლობინის ნაშრომში [32]. მან აგრეთვე კონსტატირება მოგვცა იმაზე, რომ ფერმენტაციის პერიოდში მიმდინარეობს შევსების უნარიანობის გაუმჯობესება, რომელიც ცნობილი სიდიდით კომპენსირებს მშრალი ნივთიერების დანაკარგთან. რ.ტაბევა [128] აღნიშნავს, რომ მიუხედავად მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებისა ფერმენტაციის შემდგომ ხანგრძლივი დაყოვნებისას, შესაძლებელია თამბაქოს ნედლეულის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გაუმჯობესების ხარჯზე შემცირდეს მისი ხარჯი მოსაწევი ნაწარმის დამზადებაზე.

ამ მიმართულებით შეიძლება აგრეთვე მივუთითოთ სამუშაო [132], რომელშიც აღნიშნულია ჭიანჭველმჭავისა და ძმარმჭავის შემცველობის შემცირება თამბაქოს ნედლეულის ხანგრძლივი ფერმენტაციის შემდგომი შენახვისას, აგრეთვე სამუშაო [100] ეთერზეთის შემცირებაზე არომატული თამბაქოს დაძველების პროცესში.

რაც შეეხება ტოქსიკური თვისებების ცვლილებების დინამიკას, ხარისხის მაჩვენებლის ეს მნიშვნელოვანი ჯგუფი ფაქტიურად არ გამოკვლეულა. იგივე შეიძლება ითქვას სხვა მრავალ, თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის კომპლექსური მახასიათებლების განმსაზღვრელ ნიშანთვისებებზეც.

ამრიგად, თამბაქოს ნედლეულის აღების შემდგომი დამუშავების დროს მიმდინარე ხარისხის მაჩვენებლების ცვლილებების დინამიკის წარმოდგენილი მოკლე მიმოხილვა ერთმნიშვნელოვნად მიუთითებს იმაზე, რომ საკითხები ძალიან სუსტადაა შესწავლილი. ამავე დროს მათი აქტუალობა უდავოა, რადგანაც მასთანაა დაკავშირებული ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაცია.

1.6. კვლევის მიმართულების დასაბუთება

თამბაქოს ნედლეულში აღების შემდგომ პერიოდში (ფერმენტაციამდელი შენახვა, ფერმენტაცია და დაძველება) მიმდინარე პროცესების ინფორმაციული მიმოხილვა

მთელი სიცხადით გვიჩვენებს, რომ თამბაქო ყველა ეტაპზე განიცდის არსებით ცვლილებას შემადგენლობაში. ეს განაპირობებს ხარისხობრივი ნიშანთვისებების ცვლილებას.

მეორეს მხრივ, ალებისშემდგომი დამუშავების პროცესებს თან სდევს მშრალი ნივთიერების დანაკარგები, რაც აგრეთვე გასათვალისწინებელია ამა თუ იმ ტექნოლოგიის ეფექტურობის შეფასებისას.

ოპტიმალური ტექნოლოგიური რეჟიმის ორგანიზაცია ანუ პრინციპულად ახალი მიმართულების არჩევა შეუძლებელია თამბაქოს ნედლეულის ხარისხზე საკმაოდ სრული ინფორმაციისა და ალებისშემდგომი დამუშავების პროცესში ხარისხის ცვლილების დინამიკის გარეშე.

ამრიგად, ინფორმაცია ხარისხზე და ტექნოლოგიის განვითარებაზე წარმოადგენს მეცნიერ-ტექნიკური პროგრესის აუცილებელ ელემენტს. ხარისხზე ინფორმაციის მოცულობა საჭიროა იყოს სრული და თავის მხრივ ეფუძნებოდეს მონაცემების მიღების ახალ მეთოდებს, რომლებმაც უნდა უზრუნველყოს მაღალი მწარმოებლურობა და ანალიზის სიზუსტე.

ამ თვალსაზრისით, ასეთ მოთხოვნებს პასუხობს თამბაქოს ნედლეულის კომპლექსური ანალიზის სპექტროფოტომეტრული მეთოდი. მეორეს მხრივ, ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა გადავწყვიტოთ სხვა საკითხებიც, დაკავშირებული თამბაქოს წარმოების მართვასთან და ე.წ. „ნიმუშების ამოცნობასთან“.

თამბაქოს ნედლეულის თანამედროვე წარმოება, რომელიც კონცენტრირებულია საფერმენტაციო ქარხანაში, წარმოადგენს მრავალწლიანი განვითარების პროდუქტს. მან ცნობილი სახით თავისთავში სრულად ასახა თანამედროვე მეცნიერებისა და ტექნიკის მიღწევები. და მაინც, სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის მოთხოვნები გვკარნახობს ამ წარმოების შემდგომი განვითარების აუცილებლობას, მისი ენერგოტევადობის შემცირებას, გამომუშავებული პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესებას, თამბაქოს მასალის დანაკარგების ძირეულად შემცირებას. ეს ამოცანები მარტივი არაა, მაგრამ ჩვენის აზრით, სავსებით რეალურია. ისინი შეიძლება გადაწყდეს მეცნიერებისა და წარმოების პირაპირზე ღრმა და კომპლექსური გამოკვლევების საფუძველზე ახალი ტექნოლოგიების დანერგვის გზით.

წარმოდგენილი სამუშაოს შესრულებისას მიზნად დავისახეთ შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

– თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლების ცვლილების თავისებურების (მოსაწევი, ტექნოლოგიური და ტოქსიკოლოგიური თვისებები) განსაზღვრა ფერმენტაციამდელი შენახვის დროს;

- ინფორმაციის მიღება თამბაქოს ნედლეულის ძირითადი ხარისხობრივი მაჩვენებლების ფორმირებაზე ხანგრძლივი ფერმენტაციის შემდგომში შენახვის დროს;
- ძირითადი პრინციპიალური განსხვავებების დადგენა დაუფერმენტებელი და დაფერმენტებული ნედლეულის სპექტრებში და მის საფუძველზე სხვადასხვა ხარისხის დაფერმენტების ნედლეულის ფერმენტაციის ოპტიმალური პარამეტრების შემუშავება;
- თამბაქოს ნედლეულის დაფერმენტების ხარისხის შეფასება სპექტროფოტომეტრული მონაცემების საფუძველზე და მიღებული შედეგების თამბაქოს ნედლეულზე სტანდარტში გამოყენება;
- ფერმენტაციის პროცესების ინტენსიფიკაცია და მშრალი ნივთიერების დანაკარგების შემცირება ტექნოლოგიური პროცესის ანაერობულ პირობებში განხორციელების ბაზაზე;
- თამბაქოს ადების შემდგომი დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაცია;
- ნიკოტინის დაბალი შემცველობის თამბაქოს ნაწარმის მიღების შესაძლებლობის დადგენა არატრადიციული ხალხური მცენარეული ნედლეულის გამოყენების საფუძველზე.

ექსპერიმენტული ნაწილი

2. კვლევის მასალები და მეთოდები

2.1. თამბაქოს ნედლეული

ექსპერიმენტული გამოკვლევები ხორციელდებოდა იმერეთის კერძო სექტორში გავრცელებული ტრაპეზონდის ჯიშტიპის თამბაქოს ნედლეულზე, სამუშაოები სრულდებოდა გოსტ 8072-77 შესაბამისი 1, 2 და 3 სასაქონლო ხარისხის თამბაქოზე. თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელ შენახვასთან, ფერმენტაციასა და შემდგომ შენახვასთან დაკავშირებულ ყველა ექსპერიმენტს ვატარებდით საქართველოს მეცნი-

ერებათა აკადემიის ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის ლაბორატორიებში 2003-2005 წ.წ. სეზონზე.

2.2. ლაბორატორიული დანადგარები

ექსპერიმენტული გამოკვლევების პროცესში ძირითადად გამოიყენებოდა შემდეგი ლაბორატორიული დანადგარები და ხელსაწყოები:

- ლაბორატორიული დამჭრელი დაზგა;
- კლიმატური კარადა;
- ჟანგბადური მაჩვენებლის განსაზღვრის მოწყობილობა;
- წყლის აბაზანა ავტომატური რეგულირებით;
- სპექტროფოტომეტრი CΦ-26;
- საშრობი კარადა;
- ლაბორატორიული ამრევი;
- ელექტრონული ტენზომომი.

2.3. ანალიზის მეთოდები

ტექნოლოგიური და ლაბორატორიული ექსპერიმენტების კონტროლი წარმოებდა ანალიზის მიღებული მეთოდებით, რომლებიც წარმოდგენილია სტანდარტში თამბაქოს ნედლეულზე და შესაბამის ინსტრუქციებში (ტენიანობა, ფრაქციული შემადგენლობა, სასაქონლო შეფასება, ჟანგბადური მაჩვენებელი).

თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ძირითადი ტექნოლოგიური მაჩვენებლების: მოსაწევი თვისებების (გემო, არომატი, სიმაგრე, წვადობა), ტექნოლოგიური თვისებების (შევსებისუნარიანობა, მოცულობით-დრეკადული თვისებები, დაწვრილმანებადობა, ჰიგროსკოპული თვისებები) და ტოქსიკური თვისებების (ნიკოტინი ბოლში, მშრალი კონდენსატი და ნახშირჟანგი) კომპლექსური განსაზღვრისათვის ვსარგებლობდით კრასნოდარის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის თამბაქოს ტექნოლოგიის კათედრაზე შემუშავებული სპექტროფოტომეტრული მეთოდით.

ცალკეულ შემთხვევებში გამოიყენებოდა სპეციფიკური მეთოდები, რომელთა აღწერა წარმოდგენილია ექსპერიმენტული ნაწილის შესაბამის თავებში.

2.4. ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკური დამუშავება

სპექტროფოტომეტრული მონაცემების გამოსახვისათვის ხარისხის კონკრეტულ მაჩვენებლებში ვსარგებლობდით „ხარისხის განტოლების“ მეთოდით.

ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების მათემატიკური მეთოდები ემყარებოდა „ნიმუშების ამოცნობის“, აგრეთვე მათემატიკური დაგეგმვის ხერხებს.

დისერტაციაში გამოყენებულია მიღებული შედეგების მნიშვნელობისა და უტყუარობის შეფასების მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდები, კერძოდ ვითვლიდით:

– საშუალო სტატისტიკურ მნიშვნელობას $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$;

– სტანდარტულ გადახრას $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$;

– კორელაციის კოეფიციენტს $v = \frac{\sigma}{x} \cdot 100\%$;

– სტანდარტულ ცდომილებას $S = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$;

– გენერალური ერთობლიობის საშუალო მნიშვნელობას $\mu = \bar{x} \pm t \cdot s$ ($P = 95\%$ ალბათური დონისას).

3. ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები

ქვემოთ მოგვყავს იმ ექსპერიმენტების შედეგები, რომლებიც ჩატარდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის ლაბორატორიებში (უპირატესად ტექნოლოგიური მოდელური ცდები და თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის კონტროლი სპექტროფოტომეტრული გაზომვების საფუძველზე, აგრეთვე ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების შედეგები).

ექსპერიმენტები ტარდებოდა ორი ძირითადი მიმართულებით: ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციაზე (გაუმჯობესებაზე) აერობულ (ფუნქციონირებადი საწარმოს) და ანაერობულ (პერსპექტივა) პირობებში.

3.1. თამბაქოს ფერმენტაცია აერობულ პირობებში

ექსპერიმენტული ნაწილის ამ თავში შევეცადეთ შეგვესწავლა და მეცნიერულად დაგვესაბუთებინა ქარხნული ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციის გზები სამი ტექნოლოგიური ფაზის გათვალისწინებით: თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვა, საკუთრივ ფერმენტაცია და ფერმენტაციის შემდგომი შენახვა („დაძველება“), აგრეთვე ხარისხის კონტროლის უფრო სრულყოფილი მეთოდების გამოყენება.

3.1.1. დაფერმენტირების სპექტროფოტომეტრული დახასიათება

კარგადაა ცნობილი, რომ თამბაქოს ხარისხის ფორმირებასთან და მისთვის არასასურველ პირობებში დაობების მიმართ გამძლეობის უნარის გაძლიერებასთან დაკავშირებული ფერმენტაციის პროცესები წარიმართებიან მიზანმიმართულად და ექვემდებარებიან მუდმივ გაუმჯობესებას. მაგრამ ამასთან ერთად, როგორი პარადოქსულიც არ უნდა იყოს, ჯერ-ჯერობით არ გაგვაჩნია შესაძლებლობა, რათა ობიექტური ინსტრუმენტალური მეთოდების გამოყენებით და ქიმიურ შემადგენლობაზე დაყრდნობით აღვწეროთ პრინციპული განსხვავება დაუფერმენტებელ და დაფერმენტებულ თამბაქოს შორის.

ყოველ შემთხვევაში თამბაქოს ქიმიური შედგენილობის გამოკვლევის საფუძველზე შეუძლებელია ითქვას დაფერმენტებულია თუ არა ნედლეული. ჩვენი აზრით, ეს საკითხი გამოირჩევა საკმაო აქტუალობით და წარმოადგენს არა მარტო მეცნიერულ, არამედ პრაქტიკულ ინტერესს ფერმენტაციის პროცესის შემდგომი სრულყოფის საქმეში. პრობლემის მნიშვნელობა ძლიერდება იმითაც, რომ თამბაქოს ფერმენტირების კონტროლისათვის გამოყენებულ ჟანგბადურ მაჩვენებელს არ გააჩნია საკმაო თეორიული დასაბუთება [15].

ამ მიმართულებით გამოკვლევების ჩატარებისას „ფარდობითი მაჩვენებლების“ პრინციპის გამოყენებით ავტორები [32, 70] შეეცადნენ დაეხასიათებიათ თამბაქოს შემადგენლობა ფერმენტაციამდე და ფერმენტაციის შემდეგ სპექტროფოტომეტრული მეთოდის დახმარებით, ხოლო შემდეგ მიღებული შედეგების საფუძველზე მიეღოთ მათემატიკური გამოსახულება, რომელიც შესაძლებელს გახდიდა განსაზღვრულიყო თამბაქოს ნედლეულის მიკუთვნება ფერმენტირებულ ან არაფერმენტირებულ თამბაქოთა ჯგუფზე.

ჩვენს სამუშაოებში გამოყენებული იქნა დაუფერმენტებელი თამბაქოს 84 შეკვრა (თამბაქოს ჯიშ-ტიპის „ტრაპეზონდი“ პირველი სამი სასაქონლო ხარისხი). თითოეული შეკვრის შუაგან ფერმენტაციის წინ ვიღებდით ნიმუშს მასით დაახლოებით 200 გ. ასეთივე წესით ვიღებდით ნიმუშებს ფერმენტაციის შემდეგ. ფერმენტაციას ვატარებდით საშრობ კარადაში $50^{\circ}C$ – ტემპერატურაზე. თითოეულ ნიმუშს ვაშრობდით, ვაწვრილმანებდით, ვაექსტრაგირებდით წყლით და ვიკვლევდით სპექტრებს ულტრაიისფერ არეში ტალღის სხვადასხვა სიგრძეზე სამუშაოში [70] აღწერილი მეთოდით.

საანალიზო თამბაქოს სრულად ვაშრობდით $40^{\circ}C$ ტემპერატურაზე, რომლის შემდეგ ვაწვრილმანებდით ნაწილაკების არანაკლებ 0,1 მმ ზომებამდე. დაწვრილმანებული თამბაქოს 1,0 გ ვათავსებდით 250 მლ ტევადობის კოლბაში, ვასხამდით დაახლოებით მოცულობის ნახევარ ადუღებულ დისტილირებულ წყალს და ვათავსებდით მდუღარე წყლის აბაზანაზე 30 წთ-ს, შემდეგ ვაცივებდით წყლის ონკანის ქვეშ, მოცულობას ვავსებდით ნიშნულამდე დისტილირებული წყლით, კარგად ვურევდით და ვფილტრავდით ქაღალდის ფილტრში (ფილტრატის პირველ ულუფებს გადავასხამდით). ამის შემდეგ პიპეტით ვიღებდით 15 მლ ფილტრატს, გადაგვქონდა 250 მლ საზომ კოლბაში, ვავსებდით ნიშანხაზამდე დისტილირებული წყლით და კარგად ავურევდით. ასეთი განზავებისას მიიღება შეფარდება: 60 მგ თამბაქო: 250 მლ წყალი. მიღებულ ხსნარს ვიყენებდით სპექტროფოტომეტრული გაზომვისათვის. კონტროლად აღებული გვქონდა წყალი. გამოყენებული გვქონდა 10 მმ სისქის კიუვეტა, რომელიც საშუალებას იძლევა ნებისმიერი თამბაქოსათვის 200–დან 350 ნმ ულტრაიისფერ არეში განისაზღვროს სინათლის გატარების T (პროცენტებში) სიდიდის მნიშვნელობა. მიღებული შედეგები დამუშავებულ იქნა მათემატიკურად „ნიმუშების ამოცნობის“ მეთოდის გამოყენებით [41].

ნიმუშების ამოცნობის მეთოდი მოითხოვს კლასიფიცირების წესის შემოღებას, რომლის მიხედვითაც ნიშანთა სისტემის გამოყენებით (ჩვენს შემთხვევაში, სინათლის გატარების ინტენსივობა ტალღის სხვადასხვა სიგრძეზე) შესაძლებელია განისაზღვროს ობიექტის მიკუთვნება ამა თუ იმ კლასზე (ხარისხის მაჩვენებლის სიდიდეზე).

კლასიფიცირების წესის სახით გამოიყენება წრფივი დისკრიმინანტული ფუნქცია. კლასიფიკაციის წესი ფორმულირდება შემდეგნაირად:

j -ური რეალიზაცია X_j^i -სა i -ური კლასიდან მიეკუთვნება იმ l კლასს, რომლის დისკრიმინანტი უმცირესია. l კლასის დისკრიმინანტი X_j^l რეალიზაციისათვის ტოლია:

$$g_e[X_j^{(i)}] = [X_j^{(i)} - \bar{x}^{(l)}]^T \cdot S^{-1} [X_j^{(i)} - \bar{x}^{(l)}], \quad l = 1, 2, \dots, K.$$

სადაც K -კლასთა რიცხვია.

$$[X^{(l)}]^T = \frac{1}{N \cdot l} \sum_{j=1}^{Nl} [X_j^{(l)}]^T = [X_1^{(l)}, X_2^{(l)}, \dots, X_m^{(l)}]^T$$

T – ვექტორ-სვეტი საშუალო მაჩვენებლებისა l კლასისათვის;

Nl – რეალიზაციის რიცხვი l კლასში;

m – ნიშანთა სივრცის განზომილება;

$$j = 1, 2, \dots, Nl$$

იმასთან დაკავშირებით, რომ ნიშანთა სივრცის განზომილება დიდია (ტალღის სიგრძის 31 მნიშვნელობა), წინასწარი ნიშნები ლაგდება ინფორმატიულობის მიხედვით, ამისათვის ყველა K კლასისათვის გამოითვლება ჯამური შიგაჯგუფური გაფანტულობა (დაკვირვების მნიშვნელობათა საშუალოდან გადახრის კვადრატების ჯამი ყველა კლასისათვის) და თითოეული ნიშნის წილი ამ ჯამურ შიგაჯგუფურ გაფანტვაში:

$$D_i = \sum_{l=1}^K \sum_{i=1}^{Nl} [X_{ij}^{(l)} - \bar{X}_i^{(l)}]^2,$$

სადაც:

D_i – საშუალოდან გადახრის კვადრატების ჯამი ყველა K კლასში i -ური ნიშნისათვის; $X_{ij}^{(l)}$ – j -ური რეალიზაციის მნიშვნელობა l -ურ კლასში i -ური ნიშნის მიხედვით;

$\bar{X}_i^{(l)}$ –ური ნიშნის საშუალო l -ურ კლასში.

D_i –ის საპირისპირო სიდიდეა ნიშნის ინფორმატიულობა.

ამის შემდეგ განიხილება ზოგიერთი ქვესიმრავლე 31 ნიშნიდან და ირჩევა მოცულობის მიხედვით ყველაზე მცირე სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ამოცნობის დამაკმაყოფილებელ ხარისხს. კლასიფიკაციის ხარისხი ფასდება შეცდომითი კლასიფიკაციის ალბათობით, რომელიც განისაზღვრება ორი მეთოდით: „გადაკლასიფიცირებით“ და „სრიალა გამოცდით“.

საშუალო ვექტორისა და დისპერსიული მატრიცის შეფასებისას „გადაკლასიფიცირებით“ განისაზღვრება ამორჩევის ყველა არსებული რეალიზაცია. კლასიფიკაციის ცდომილების ალბათობის შეფასებისათვის გამოიყენება იგივე ამორჩევა.

„სრიალა გამოცდისას“ დაიშვება ერთი რეალიზაცია არსებული ამორჩევიდან და გამოიყენება გამოცდისათვის.

კლასიფიკაციის ცდომილების ალბათობის შეფასებები „სრიალა გამოცდისას“ (P_u) და „გადაკლასიფიცირებისას“ (P_R) გამოითვლება შემდეგი გამოსახულებებით:

$$P_u = \frac{N_H}{\sum_{i=1}^K N_i} \quad \text{და} \quad P_R = \frac{N_R}{\sum_{i=1}^K N_i}, \quad \text{სადაც}$$

N_H – არასწორად შეცნობილი რეალიზაციის რიცხვია „სრიალა გამოცდისას“;

N_R – არასწორად შეცნობილი რეალიზაციის რიცხვია „გადაკლასიფიცირებისას“.

$\frac{N_R}{\sum_{i=1}^K N_i}$ – რეალიზაციის საერთო რიცხვია ყველა K კლასისათვის.

გამოითვლება კლასიფიკაციის ცდომილების ასიმპტოტური ალბათობის ემპირიული შეფასება, ასიმპტოტური ალბათობა ის ალბათობაა, რომელიც მიიღება, თუ ამორჩევის მოცულობა გაიზრდება უსაზღვროდ.

მაშინ P_u გამოისახება P_u -ის მიმართ ზემოდან, ხოლო P_R – ქვემოდან

$$P_\infty = \frac{P_u + P_R}{2}$$

ამის შემდგომ გამოითვლება გამოცდის ხარისხის შეფასება:

$$W = P_u - P_R$$

თუ $W \gg P_\infty$, მაშინ გამოცდის ხარისხი ითვლება არასაკმარისად: შესასწავლი ამორჩევის მოცულობის გაზრდით შეიძლება ველოდოთ კლასიფიკაციის ცდომილების ალბათობის შემცირებას. კლასიფიკაციის ცდომილების ალბათობის შემცირების მეორე ხერხი ითვალისწინებს მცირეინფორმაციული ნიშნების გამორიცხვას. გამოსაკვლევი მაჩვენებლის მთელი დიაპაზონი წინასწარ იყოფა ინტერვალებად (კლასებად). კლასების რიცხვი და ზღვრები აიღება იმგვარად, რომ ადგილი ჰქონდეს, ერთის მხრივ მაჩვენებლის დონის საკმაოდ ზუსტი ზღვრების აღებას იმგვარად, რომ მოხდეს, ერთის მხრივ მაჩვენებლის ზონის საკმაოდ ზუსტი გრადაცია, ხოლო მეორეს მხრივ – ამოცნობის დამაკმაყოფილებელი ხარისხი.

მეცნიერული პროგრამების პაკეტებიდან შესაბამის მოდულებზე მუშაობის შედეგად მიიღება:

- ინფორმაციული ნიშნების ვექტორი მოცემული დაყოფისათვის;
- არჩეული ინფორმაციული ქვეკომპლექსის ნიშნებისათვის: საშუალო მაჩვენებლების მატრიცა, კლასების მიხედვით; შებრუნებული დისპერსიების სიდიდის მატრიცა; ამოცნობის შეფასებები (P_u, P_R, P_∞, D).

ყველა ეს მონაცემი გამოიყენება კლასიფიცირების წესის შედგენისათვის, რომლის მიხედვით შეიძლება სისტემური ნიშნების გამოყენებით განვსაზღვროთ ობიექტის ამა თუ იმ კლასზე მიკუთვნება.

ნახ.1. წარმოდგენილია ამოხსნის წესის ალგორითმის აგების ბლოკ-სქემა ინფორმაციული ნიშნების მინიმუმისათვის (ნიმუშების ამოცნობის მეთოდით). აქ გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები:

R_{iy} – კორელაციის კერძო კოეფიციენტი დამოუკიდებელი i ცვლადისა დამოკიდებულზე;

R – კორელაციის მრავლობითი კოეფიციენტი;

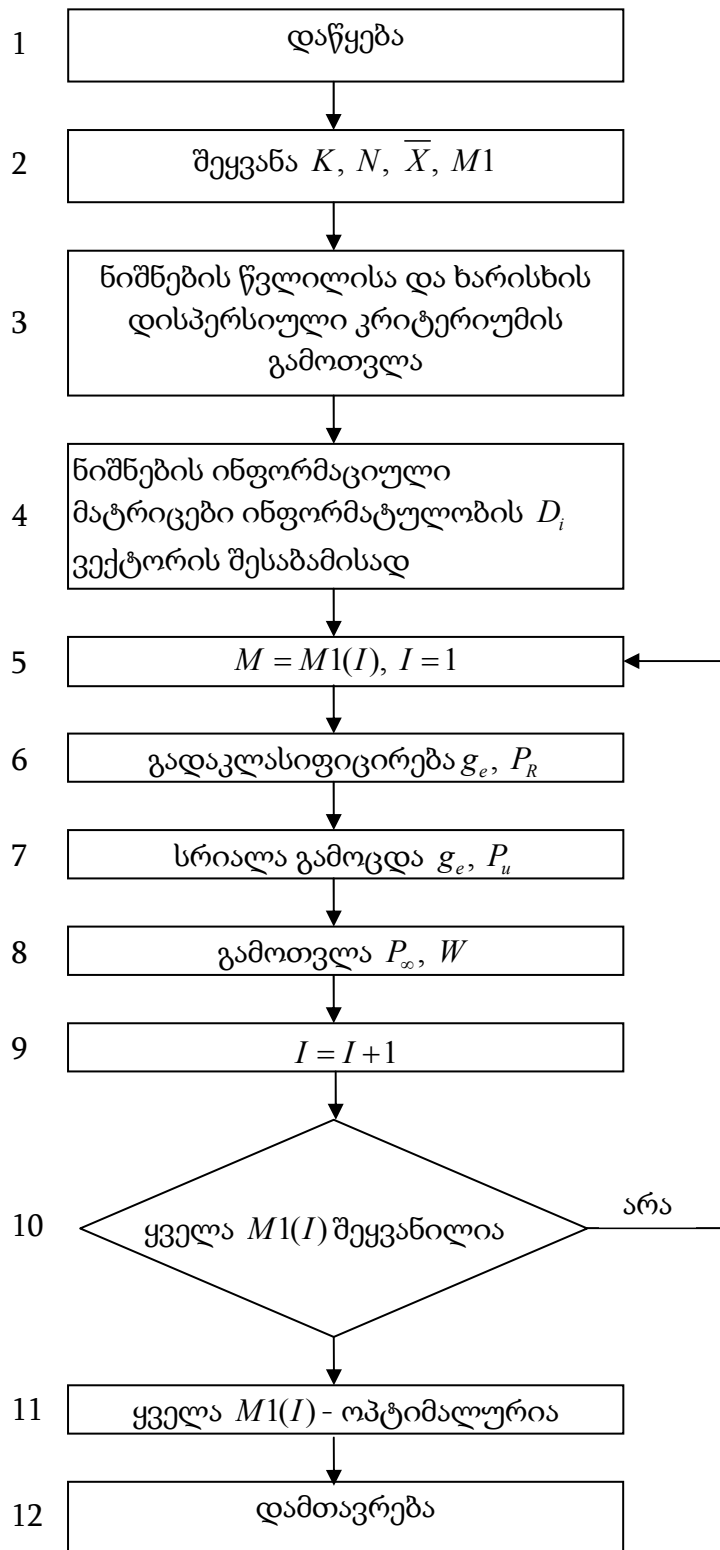
F – ფიშერის კრიტერიუმი;

t – სტიუდენტის კრიტერიუმი რეგრესიის i -ური კოეფიციენტისათვის.

სპექტროტომეტრული გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია სადისერტაციო ნაშრომის დანართ ნაწილში.

შესასწავლი ამორჩევის სახით გამოყენებული იყო თამბაქოს 168 ნიმუში (84 დაუფერმენტებელი და 84 დაფერმენტებული).

სპექტროტომეტრული მონაცემების „ნიმუშის ამოცნობის“ მეთოდით მათემატიკური დამუშავების შედეგად მიღებული იქნა შემდეგი სახის ორი განტოლება („გადამწყვეტი წესი“, რომელიც შეიცავს ტალღის სხვადასხვა სიგრძეზე სინათლის გატარების 18 მნიშვნელობას):



ნახ. 1. გადამწყვეტი წესის ალგორითმის აგების ბლოკ-სქემა ინფორმაციული ნიშნების მინიმუმებზე

3.1.2. ფერმენტაციის პროცესები ფერმენტაციამდელი შენახვის პერიოდში

ცნობილია, რომ ფერმენტაციის პროცესები ჩვეულებრივ წარმოებს ბუნებრივ პირობებში თამბაქოს საწყობში შენახვის დროს. საკმაოდ დროის მანძილზე (წელი და მეტი) ბიოქიმიური რეაქციების უფრო ან ნაკლებ ინტენსიურად მიმდინარეობის შედეგად თამბაქოს ნედლეული იძენს ფერმენტირებული მასალის კონდიციას. ბუნებრივი ფერმენტაციის პროცესს გააჩნია როგორც დადებითი ისე უარყოფითი მხარეები. ერთის მხრივ იგი მიმზიდველია სიმარტივის გამო, რაც გამორიცხავს ენერგოდანახარჯების აუცილებლობას, მაგრამ მეორეს მხრივ – ამ პროცესის რეალიზაცია მოითხოვს დიდი ფართის სასაწყობო სათავსებს, სადაც არაა გამორიცხული თამბაქოს მასალის მნიშვნელოვანი რაოდენობის გაფუჭება დაობების შედეგად. კლიმატური პირობების არამართვადობის გამო ასევე არამართვადი ხდება ბიოქიმიური რეაქციების ინტენსივობაც. ამან აუცილებელი გახადა ფერმენტაციის ქარხნული წესით ჩატარების შემუშავება და დანერგვა. და მაინც, ამ პროცესის ტექნოლოგიური და ტექნიკური თვალსაზრისით არსებითი განვითარების მიუხედავად, მასში მაინც რჩება ელემენტი „ბუნებრივი ფერმენტაცია“, რომელიც ვლინდება თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვისას. ამასთან ამ გარემოებას საფერმენტაციო ქარხნებში სათანადო ყურადღება არ ექცევა.

როგორც ცნობილია, თამბაქოს ნედლეული, რომელიც ბარდება დამამზადებელ პუნქტებს, მაშინვე არ მიდის ფერმენტაციაზე, ის შეიძლება დიდხანს ინახებოდეს საწყობში ისეთ პირობებში, რომლებსაც შეუძლია ხელი შეუწყოს ბიოქიმიური პროცესების მიმდინარეობას. სხვა სიტყვებით, რაღაც ხარისხით რეალიზდება „ბუნებრივი“ ფერმენტაცია. ამასთან დაკავშირებით ლოგიკური იქნება დავუშვათ, რომ ერთი და იმავე თამბაქოსათვის ფერმენტაციამდელი შენახვის დროისაგან დამოკიდებულებით უნდა იყოს ქარხნული ფერმენტაციის სხვადასხვა რეჟიმები (ამ ფაზის ხანგრძლივობის მიხედვით).

ფაქტიურად კი საფერმენტაციო ქარხნებში შემუშავებულია და პრაქტიკულად ხორციელდება ტიპური ხასიათის ფერმენტაციის რეჟიმები თამბაქოს ფერმენტაციამდელი შენახვის ხანგრძლივობისა და ნედლეულის ჟანგბადური მაჩვენებლის დონის გათვალისწინების გარეშე. პერსპექტივაში ამ მაჩვენებლების გათვალისწინებით

შესაძლებელია გადაიჭრას ენერგოდამზოგავი ტექნოლოგიის და მისი ინტენსიფიკაციის საკითხები.

ექსპერიმენტები ჟანგბადური მაჩვენებლის ცვლილების დინამიკის შესწავლაზე თამბაქოს ფერმენტაციამდელი შენახვის დროს ტარდებოდა სამი სეზონის მანძილზე. ექსპერიმენტების მიმდინარეობა იყო შემდეგი: თითოეულ სეზონზე (ჩვეულებრივ სექტემბერში) ვამზადდებით ტრაპეზონდის ჯიშფორმის 1, 2 და 3 ხარისხის დაუფერმენტებელ თამბაქოს ნედლეულს. თითოეულ ნიმუშში ტენიანობა დაგვყავდა 13%-მდე, კარგად ავურევდით და ვამზადდებით სხვადასხვა წონის (2, 2,5 და 3 კგ) შეკვრებს. ყველა ეს შეკვრა ინახებოდა საწყობის პირობებში (არაუმეტეს 6 თვის განმავლობაში), ამასთან ყოველი 2 თვის შემდეგ ვიღებდით ნიმუშებს ჟანგბადური მაჩვენებლის განსაზღვრისათვის. ჩატარებული გამოკვლევების შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.5 და ნახ.2.

მიღებული მასალების გაანალიზებისას უპირველეს ყოვლისა საჭიროა იმის კონსტანტირება, რომ ყველა შემთხვევაში ფერმენტაციამდელი შენახვის პერიოდში საკმაოდ კანონზომიერად ხდებოდა ჟანგბადური მაჩვენებლის შემცირება. რიგ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა არსებით შემცირებას: 2-3-ჯერ მეტად საწყის სიდიდესთან შედარებით. საჭიროა აღინიშნოს ისიც, რომ ჟანგბადური მაჩვენებლის საწყის სიდიდეზე განსაკუთრებულ გავლენას არ ახდენს თამბაქოს სასაქონლო ხარისხი, მაგრამ მთლიანობაში მე-3 სასაქონლო ხარისხისათვის ეს მაჩვენებელი იყო უფრო მაღალი, ვიდრე 1 და 2 სასაქონლო ხარისხებში.

საჭიროა აგრეთვე ყურადღების იმაზე გამახვილება, რომ შეკვრის სიმჭიდროვის (სიმკვრივის) გაზრდასთან ერთად ადგილი აქვს ჟანგბადური მაჩვენებლის სწრაფ და ძლიერ შემცირებას. ამასთან ეს კანონზომიერება გამოვლინდა ყველა ნიმუშში და ყველა სეზონისათვის. ჩვენ ვთვლით, რომ შეკვრის სიმკვრივის გაზრდასთან ერთად იქმნება უფრო სასურველი პირობები თამბაქოს ნედლეულის თვითჩახურებისათვის (თუნდაც უფრო გაძნელებულია ჟანგბადის შეღწევა). ტემპერატურის გაზრდის ხარჯზე მიმდინარეობს კრების ციკლის ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული პროცესების ინტენსიფიკაცია და ფერმენტული რეაქციების ინაქტივაცია. ამასთან დაკავშირებით, რა თქმა უნდა, თამბაქოს შეკვრის სიმჭიდროვის გაზრდამ შეიძლება ხელი შეუწყოს საფერმენტაციო დანადგარების წარმადობის გაზრდას. მაგრამ ამავე დროს არ უნდა დაგვავიწყდეს ის, რომ აერობული ფერმენტაციის პირობებში წყლის საკმაოდ

გამოყოფისას შეკვრის სიმჭიდროვის გაზრდას შეუძლია თამბაქოს ფოთლის ქსოვილის ფორების ჩაკეტვა (დაცობა).

ამრიგად, ჩვენს მიერ მიღებული ექსპერიმენტული მასალა მთელი სიცხადით აჩვენებს, რომ თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვის ფაქტორი არსებით გავლენას ახდენს ჟანგბადური მაჩვენებლის შემცირების სიდიდეზე, ამასთან დაკავშირებით განვიხილეთ ჟანგბადური მაჩვენებლის დინამიკა ერთი და იმავე თამბაქოს ფერმენტაციის დროს, მაგრამ ფერმენტაციამდელი შენახვის სხვადასხვა ხანგრძლივობისას.

ყველა შემთხვევაში 1-ლი ფაზის ხანგრძლივობა შეადგენდა 2 დღელამეს, 2-ე ფაზის – 4 დღელამეს და მე-3 ფაზის – 2 დღელამეს. თამბაქოს ნედლეულს 1 და 2 სასაქონლო ხარისხით ვაფერმენტებდით $50^{\circ}C$ -იან რეჟიმში, ხოლო მე-3 ხარისხისას – $60^{\circ}C$ -იან რეჟიმში.

რადგანაც ფერმენტაციამდელი შენახვისას წარმოიშვა ცდის ვარიანტების ძალიან დიდი რიცხვი, ჩვენი ექსპერიმენტები შემოვსაზღვრეთ ე.წ. „განაპირა წერტილებით“, რომლებსაც შეუძლიათ ფერმენტაციამდელი შენახვის დროის ფერმენტაციის პროცესზე გავლენის დადასტურება, ამრიგად ფერმენტაციას ექვემდებარებოდა შემდეგი ნიმუშები:

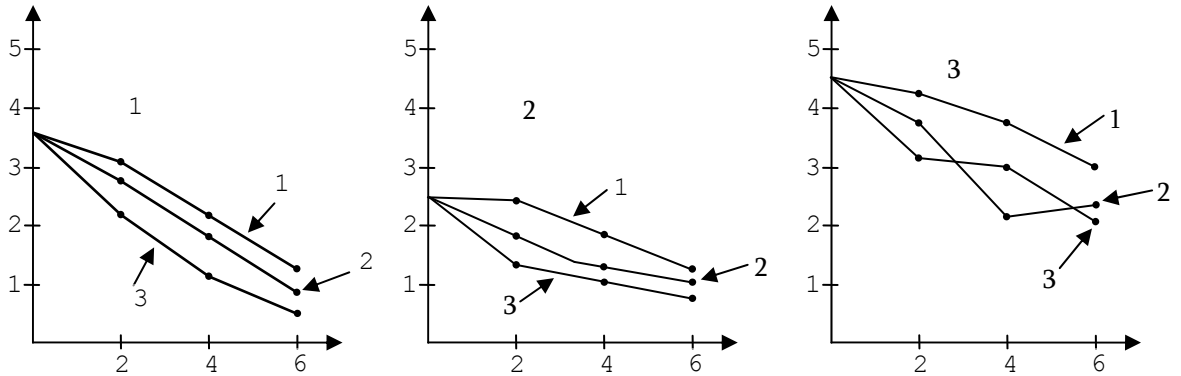
ცხრილი 5

თამბაქოს ნედლეულის ჟანგბადური მაჩვენებლის მნიშვნელობა ფერმენტაციამდელი შენახვის სხვადასხვა პერიოდში

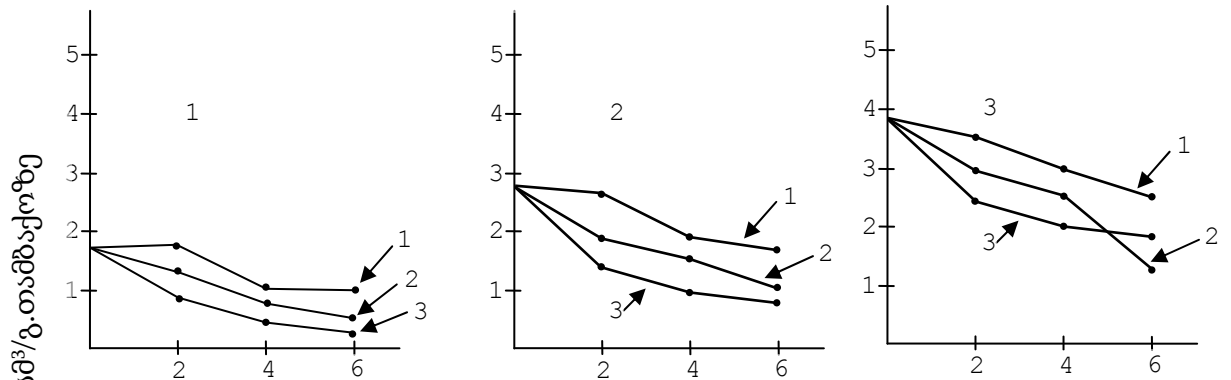
სეზონი	თამბაქოს მასა შეკვრაში, კგ	ფერმენტაციამდელი შენახვის ხანგრძლივობა, თვე											
		1 ხარისხი				2 ხარისხი				3 ხარისხი			
		0	2	4	6	0	2	4	6	0	2	4	6
2002-2003 წწ	2	3,42	3,21	2,52	2,24	2,49	2,41	2,0	1,91	4,18	4,0	4,0	3,52
	2,5		3,01	2,08	1,83		2,36	1,65	1,49		3,75	3,01	2,81
	3		2,64	1,81	1,50		2,34	1,38	1,32		3,49	3,31	2,49
2003-2004 წწ	2	1,79	1,74	1,29	1,0	2,79	2,62	2,01	1,75	3,68	3,51	3,40	2,99
	2,5		1,51	0,81	0,73		2,03	1,75	1,26		3,20	2,79	2,35
	3		1,35	0,62	0,48		1,80	1,29	0,80		2,99	2,55	2,0
2004-2005	2	1,36	1,30	1,0	0,88	3,36	3,02	2,8	2,5	3,80	3,8	3,59	3,5
	2,5		0,89	0,71	0,60		2,66	2,39	2,2		3,49	3,10	3,0

წწ	3		0,75	0,51	0,32		2,25	1,84	1,56		3,35	2,98	2,65
----	---	--	------	------	------	--	------	------	------	--	------	------	------

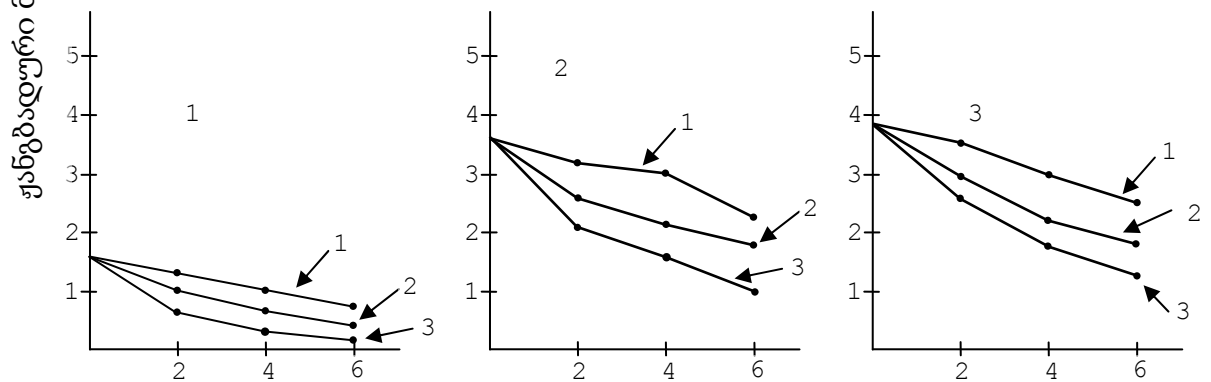
2002 – 2003 წწ. სეზონი.



2003 – 2004 წწ. სეზონი.



2004 – 2005 წწ. სეზონი.



ფერმენტაციამდელი შენახვის დრო, თვე
 1-შეკვრის მასა 2 კგ. 2- შეკვრის მასა 2,5 კგ. 3-შეკვრის მასა 3 კგ.

ნახ. 2 ჟანგბადური მაჩვენებლის ცვლილების დინამიკა თამბაქოს
ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვის პროცესში ცხრილი 6
თამბაქოს ფერმენტაციამდელი შენახვის პარამეტრები

სასაქონლო ხარისხი	მასა (კგ)	ფერმენტაციამდელი შენახვის დრო, თვე
1	3	0
1	3	6
2	2,5	0
2	2,5	6
3	2	0
3	2	6

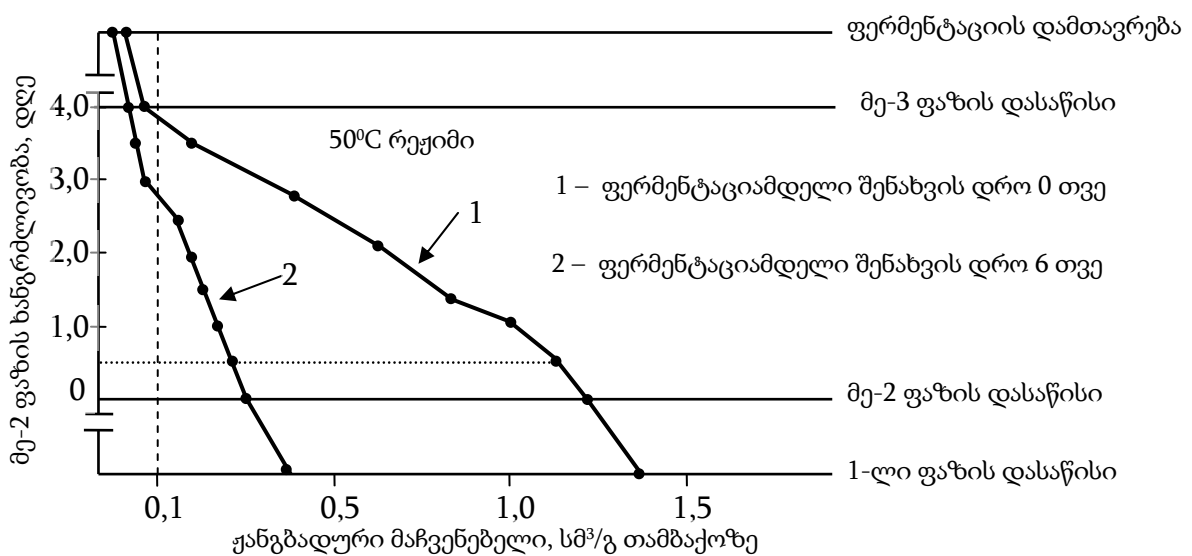
ფერმენტაციის მეორე ფაზაში ყოველი 24 სთ–ის შემდეგ ვიღებდით თამბაქოს მასალის ნიმუშებს ჟანგბადური მაჩვენებლის განსაზღვრისათვის. იმავდროულად ვაფასებდით დაფერმენტების ხარისხს სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენებით. იგივეს ვიმეორებდით ფერმენტაციის პროცესის ბოლოს, ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია ცხრ.7–ში და ნახ.3, 4 და 5.

მიღებული შედეგების ანალიზი საშუალებას იძლევა დადგინდეს სრულიად განსაზღვრული კანონზომიერება: ჟანგბადური მაჩვენებლის დინამიკები თამბაქოს საწყის ნედლეულსა და ხანგრძლივი შენახვის შემდეგ ძირეულად განსხვავდებიან ერთიმეორესაგან. როგორც მოსალოდნელია 6 თვიანი შენახვის შემდეგ თამბაქო გაცილებით ჩქარა აღწევს დაფერმენტირების დონეს (ჟანგბადური მაჩვენებელი $\varphi \leq 0,1$), საშუალოდ, თამბაქოს ნედლეულისათვის მე–2 ფაზის ხანგრძლივობა შესაძლებელია შემცირდეს 24 საათით. ამ შემთხვევაში ფერმენტაციის პროცესი აშკარად ინტენსიფიცირდება, მაღლდება საფერმენტაციო დანადგარების წარმადობა და ბუნებრივია, რომ მცირდება ენერგოდანახარჯები. ამას შესაძლებელია რეკომენდაცია გაეწიოს თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვის საწარმოო ციკლში დანერგვისათვის.

ჟანგბადური მაჩვენებლის ცვლილების დინამიკა თამბაქოს ფერმენტაციისას ჟანგბადური მაჩვენებლის დონისა და შეკვრის სიმკვრივისაგან დამოკიდებულებით

ფერმენტაციის ფაზები	1 ხარისხი (3 კგ)				2 ხარისხი (2,5 კგ)				3 ხარისხი (2 კგ)			
	ფერმენტაციამდელი ხანგრძლივობა, თვე		შენახვის		ფერმენტაციამდელი ხანგრძლივობა, თვე		შენახვის		ფერმენტაციამდელი ხანგრძლივობა, თვე		შენახვის	
	0		6		0		6		0		6	
	ჟმ	სვ	ჟმ	სვ	ჟმ	სვ	ჟმ	სვ	ჟმ	სვ	ჟმ	სვ
საწყისი მე-2 ფაზა, სთ:	1,36	-	0,32	-	3,36	-	2,20	-	3,80	-	3,50	-
0	1,14	-	0,25	-	2,78	-	2,04	-	2,90	-	2,42	-
12	1,08	-	0,23	-	2,40	-	1,51	-	2,54	-	1,96	-
24	1,01	-	0,22	-	2,18	-	1,38	-	2,34	-	1,70	-
36	0,84	-	0,19	-	1,84	-	1,00	-	1,82	-	1,28	-
48	0,73	-	0,17	-	1,10	-	0,58	-	1,40	-	0,78	-
60	0,65	-	0,13	+	0,72	-	0,36	-	1,20	-	0,54	-
72	0,48	-	0,06	+	0,46	-	0,09	+	0,76	-	0,32	-
84	0,25	-	0,05	+	0,20	+	0,09	+	0,40	-	0,09	+
96	0,07	+	0,04	+	0,09	+	0,08	+	0,31	-	0,08	+
დამთავრება	0,06	+	0,04	+	0,08	+	0,07	+	0,08	+	0,06	+

პირობითი აღნიშვნები: ჟმ – ჟანგბადური მაჩვენებელი; სვ – დაფერმენტების სპექტროფოტომეტრული მაჩვენებელი (+ დაფერმენტებული; - დაუფერმენტებული).



ნახ. 3. ჟანგბადური მაჩვენებლის ცვლილების დინამიკა თამბაქოს ფერმენტაციისას (1 ხარისხი, 3,0 კგ.)

ჟანგბადური მაჩვენებლისა და სპექტროფოტომეტრიის მონაცემთა საფუძველზე თამბაქოს დაფერმენტების შედარებითი ანალიზისას აუცილებელია აღვნიშნოთ, რომ ისინი ძირითადად ემთხვევიან ერთმანეთს, თუმცა ცალკეულ შემთხვევაში სპექტროფოტომეტრული მეთოდი უფრო ადრე მიანიშნებს პროცესის დამთავრებას.

და ბოლოს, ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციამ თამბაქოს შეკვრის სიმკვრივის გაზრდის გზით აჩვენა, რომ 1-ლი ხარისხის 3 კგ მასის შეკვრების მასაში ადგილი აქვს ჩაორთქვლას, რომელიც ალბათ გამოწვეული უნდა იყოს თამბაქოს არასაკმარისი აერაციით და ნამეტი წყლის დაგროვებით. უფრო ფართო მასშტაბით ჩაორთქვლა წარმოიქმნა იმ შეკვრებში, რომლებიც მაშინვე არ გადაცემულა ფერმენტაციაზე. ამიტომ ვთვლით, რომ ჩვეულებრივი ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიცირება შეკვრის სიმკვრივის გაზრდის გზით მიზანშეწონილად არ შეიძლება ჩაითვალოს, რადგანაც იქმნება თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის გაუარესების რეალური საშიშროება

3.1.3. დაუფერმენტებელი თამბაქოს ხარისხობრივი პოტენციალის

შეფასება ულტრაისფერი მეთოდით

კრასნოდარის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის თამბაქოს ტექნოლოგიის კათედრაზე განხორციელებული სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებში [55, 57, 61, 70, 74, 116] იყო ცდა თამბაქოს ხარისხობრივი მახასიათებლების კომპლექსზე მიღებული ყოფილიყო სწრაფი ინფორმაცია წყლიანი ექსტრაქტების სპექტროფოტომეტრიის დახმარებით („უი-მეთოდი“), ამასთან მთელი აქცენტი გადატანილი იყო ფერმენტირებულ ფოთოლზე. ეს საკვებით გასაგებია, რადგანაც მხოლოდ თამბაქოს ასეთი ნედლეულის სახე შეიძლება გამოყენებულ იქნას მოსაწევი ნაწარმის დასამზადებლად. მაგრამ ამასთან დაკავშირებით საკითხი შეიძლება დავაყენოთ სხვა სიბრტყეშიც; შეიძლება თუ არა დაუფერმენტებელ ნედლეულზე ჩატარებული სპექტროფოტომეტრული გაზომვების საფუძველზე მივიღოთ პროგნოზი ამ ნედლეულის თვისებებზე ფერმენტაციის შემდეგ, ანდა შესაძლებელია თუ არა გაუმჯობესდეს ფერმენტაციის ტექნოლოგია. ამ საკითხებზე პასუხის გაცემას შევეცადეთ წინამდებარე ნაშრომში.

3.1.3.1. თამბაქოს ნედლეულის შემადგენლობის ურთიერთკავშირი

ფერმენტაციამდე და ფერმენტაციის შემდეგ

ზემოთ (დისერტაციის 3.1.1. ქვეთავი) ჩვენ გამოვიყენეთ დიდი მოცულობის ექსპერიმენტული მასალა თამბაქოს ნედლეულის დაფერმენტების განსაზღვრისათვის შესაბამის სპექტრებზე. ამ მასალის საფუძველზე ჩვენ შევეცადეთ მოგვენახა ამ დამოკიდებულების აღწერის მათემატიკური გამოსახულება:

$$S_{\phi} = f(S_{r\phi})$$

სადაც: $S_{r\phi}$ – „უი-მეთოდით“ მიღებული დაუფერმენტებელი ნედლეულის სპექტრია;
 S_{ϕ} – იგივე დაფერმენტებული ნედლეულისათვის.

ლოგიკა საკითხის დაყენების კორექტულობაზე სავსებით ნათელია: ნედლეულის ფერმენტაციამდე (რომელიც ინტეგრალური სახით აღიწერება სპექტრით) და ფერმენტაციის შემდეგ ქიმიურ შემადგენლობებს შორის უნდა არსებობდეს ობიექტური კავშირი. ექსპერიმენტული მასალის მათემატიკური დამუშავებისათვის გამოვიყენეთ სპექტროფოტომეტრული მონაცემები (იხ.დანართი 1), რომელებიც მიღებული იყო თამბაქოს ნედლეულის სხვადასხვა ნიმუშებზე ფერმენტაციამდე და ფერმენტაციის შემდეგ.

სპექტროფოტომეტრული მრუდის S_{ϕ} პროგნოზი $S_{r\phi}$ მრუდის საფუძველზე მოვახდინეთ სპექტრის თითოეული წერტილის თანმიმდევრობითი პროგნოზი 200-დან 350 ნმ ინტერვალში ყოველი 5 ნმ-ის შემდეგ. ამისათვის სპექტრის ყოველი წერტილისათვის T გამოთვლილ იქნა $T_{i,\phi}$ ტიპის დამოკიდებულების ამსახველი რეგრესიის განტოლება. შედეგად მიღებული იქნა რეგრესიის განტოლებების მთელი ოჯახი (სულ 31), რომელებიც იძლევიან პროგნოზირების საშუალებას ნებისმიერი S_{ϕ} წერტილისა სპექტროფოტომეტრული მონაცემების $S_{r\phi}$ საფუძველზე. მაგალითისათვის ქვემოთ მოგვყავს ზოგიერთი რეგრესიის განტოლება სპექტრის ცალკეული წერტილისათვის და ამ განტოლებების შესაბამისი სტატისტიკური მახასიათებლები:

$$T_{235,\phi} = 7,025 + 0,7581 T_{235,r\phi} \quad (P = 0,7022; F = 8,9309; \bar{\varepsilon} = 10,16\%);$$

$$T_{265,\phi} = 6,4757 + 0,8267 T_{265,r\phi} \quad (P = 0,7209; F = 9,4200; \bar{\varepsilon} = 13,70\%);$$

$$T_{280,\phi} = 6,6638 + 0,8438 T_{280,r\phi} \quad (P = 0,7537; F = 10,3810; \bar{\varepsilon} = 11,26\%);$$

$$T_{305,\phi} = 11,8679 + 0,7711 T_{305,r\phi} \quad (P = 0,7711; F = 8,3121; \bar{\varepsilon} = 20,41\%);$$

$$T_{320,\Phi} = 15,1691 + 0,7233 T_{320,r\Phi} \left(P = 0,6300; F = 7,3196; \bar{\varepsilon} = 10,80\% \right);$$

$$T_{350,\Phi} = 14,6222 + 0,7799 T_{350,r\Phi} \left(P = 0,6826; F = 8,4574; \bar{\varepsilon} = 13,93\% \right);$$

საჭიროა აგრეთვე აღინიშნოს, რომ მიღებული რეგრესიის განტოლებების სიზუსტე შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდეს დიდი ექსპერიმენტალური მასალის გამოყენების გზით. ორ სპექტრს შორის დამოკიდებულების აღწერის მათემატიკური გამოსახულების პრაქტიკული მნიშვნელობა შეიძლება გამოიხატოს თამბაქოს ნედლეულზე ფასების დადგენისას, რომელიც ცნობილი სახით წარმოადგენს მზა პროდუქტს [55, 56]. ხარისხის მაჩვენებლების ეს კომპლექსი ადვილად განისაზღვრება S_{Φ} სპექტროფოტომეტრული ინფორმაციის დახმარებით. მაგრამ რა უნდა ვუყოთ თამბაქოს ნედლეულს, რომელიც მიეწოდება საფერმენტაციო ქარხნებს დაუფერმენტებელი სახით, როგორ უნდა მოხდეს მისი ანაზღაურება და ა.შ. ამ საკითხზე პასუხის გაცემა შესაძლებელია სწორედ $S_{\Phi} = f(S_r\Phi)$ დამოკიდებულების გამოყენებით.

ამრიგად, თამბაქოს დაფერმენტების თვისებების პროგნოზირებით შესაძლებელია ობიექტურად შეფასდეს დაუფერმენტებელი თამბაქოს ხარისხი და ამის საფუძველზე დადგინდეს მისთვის მეცნიერულად დასაბუთებული ფასი.

3.1.3.2. ფერმენტაციის პროცესის მე-2 ფაზის მართვის საფუძვლები გადასამუშავებელი ნედლეულის თვისებებისაგან დამოკიდებულებით

ფერმენტაციამდელი შენახვის პერიოდში თამბაქოს ნედლეულის თვისებების ცვლილებებზე დაკვირვებისას ნაჩვენებია იყო, რომ მასში თანმიმდევრულად მიმდინარეობს „ბუნებრივი“ ფერმენტაციის პროცესები, რაც გამოიხატება თუნდაც ჟანგბადური მაჩვენებლის სიდიდის შემცირებაში. ნაჩვენებია იყო აგრეთვე, რომ ერთი და იმავე თამბაქოსათვის, მაგრამ შენახვის სხვადასხვა პერიოდით, საჭიროა შეირჩეს ფერმენტაციის შესაბამისი ტექნოლოგია (უპირველესად პროცესის ხანგიძლივობის მიხედვით). ბუნებრივია, რომ საფერმენტაციო ქარხანაში მიეწოდება თავისი თვისებებით განსხავებული თამბაქოს ნედლეულის დიდი მასები. ეს თვისებები ობიექტურად გამოხატავს $S_r\Phi$ სპექტროფოტომეტრულ მონაცემებს, ამიტომ ლოგიკურია ასეთი საკითხის დასმა: როგორი სახით შეირჩეს ფერმენტაციის ტექნოლოგია მიწოდებული ნედლეულის $S_r\Phi$ ხასიათისაგან დამოკიდებულებით. ამასთან დაკავშირებით

აუცილებელია დამატებითი ექსპერიმენტების ჩატარება, რაც საშუალებას მოგვცემს დავამყაროთ შემდეგი მათემატიკური დამოკიდებულება:

$$\pi = f(S_{r\phi}, \tau_2)$$

სადაც π – ჟანგბადური მაჩვენებელია, მლ/გ თამბაქოზე;

$S_{r\phi}$ – თამბაქოს ნედლეულის სპექტრი დაფერმენტებამდე;

τ_2 ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ხანგრძლივობა, სთ.

ექსპერიმენტებისათვის შერჩეული იქნა თამბაქოს ნედლეულის 12 შეკვრა. შეკვრებიდან ფერმენტაციის წინ ვიღებდით ნიმუშებს და მათში ვსაზღვრავდით სპექტრებს $S_{r\phi}$. ამის შემდეგ საცდელ შეკვრებს ვაფერმენტებდით $50^{\circ}C$ რეჟიმში და ყოველი შეკვრიდან 24,48 და 72 სთ-ის შემდეგ ვიღებდით ნიმუშებს, რომლებშიც ვსაზღვრავდით ჟანგბადურ მაჩვენებელს. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია დანართში 2.

მიღებული შედეგების მათემატიკური დამუშავებისათვის გამოყენებული რეგრესიის ხაზოვანი განტოლებების მიღების ჩვეულებრივი მეთოდია.

ურთიერთკავშირი π -ს, დაუფერმენტებელი თამბაქოს სპექტრს $S_{r\phi}$ და მე-2 ფაზის ხანგრძლივობას τ_2 (სთ) შორის აღიწერება რეგრესიის შემდეგი განტოლებით.

$$\pi = 5,8648 - 0,0199 \tau_2 - 1,4252 T_{210} + 1,1514 T_{215} - 0,7489 T_{270} + 4,5867 T_{295} - 3,6576 T_{300} - 0,2942 T_{345}$$

აქ T_i – დაუფერმენტებელი თამბაქოს წყლიანი ექსტრაქტის სინათლის გატარების სიდიდის მნიშვნელობაა (%) ტალღის i სიგრძეზე. მიღებული რეგრესიის განტოლებას აქვს შემდეგი სტატისტიკური მახასიათებლები:

მრავლობითი კორელაციის კოეფიციენტი $R_f=0,832$, ფიშერის კოეფიციენტი $F_u=9,029$ და აპროქსიმაციის კოეფიციენტი $\bar{\varepsilon}=11,2\%$.

ამრიგად, შესაძლებელი ხდება საკმაოდ ზუსტად გაკეთდეს π მაჩვენებლის პროგნოზი თამბაქოს თვისებებისაგან დამოკიდებულებით. ზოგიერთი ნიმუშისათვის ჩვენს მიერ მიღებული იქნა შემდეგი მაჩვენებლები (ცხრ. 8).

ცხრილი 8

ქმ მნიშვნელობა

ფაქტორი	საანგარიშო
1,08	1,21
1,35	1,38
1,52	1,29
0,49	0,67

0,24	0,20
------	------

ამრიგად, ჩვენ შევძელით სარწმუნოდ გვეჩვენებინა ურთიერთკავშირი საწყის ნედლეულსა და მისი გადამუშავების ტექნოლოგიის ელემენტებს შორის. ამ მიმართულების განვითარება პერსპექტივაში ხელს შეუწყობს საფერმენტაციო წარმოების მათემატიკური მოდელის შექმნას, რომელიც მოგვცემს პროცესების ოპტიმიზირებასა და ავტომატიზირების შესაძლებლობას. მთლიანად ეს აგრეთვე უმნიშვნელოვანესია თამბაქოს წარმოების ინტენსიფიკაციისათვის.

3.1.3.3. ფერმენტაციის პროცესის მართვის საფუძვლები გადასამუშავებელი ნედლეულის თვისებებისათვის დამოკიდებულებით

წინა ქვეთავში ნაჩვენებია იყო, რომ ფერმენტაციაზე მიწოდებული თამბაქოს ნედლეულის თვისებებისაგან დამოკიდებულებით ($S_{r\phi}$) შესაძლებელია მე-2 ფაზის ხანგრძლივობის ვარირებით მიღწეულ იქნას ჟანგბადური მაჩვენებლის მოცემული დონე. მაგრამ იმისათვის, რომ დავიჭიროთ ოპტიმალური რეჟიმები და ბოლომდე ვაკონტროლოთ ფერმენტაციის პროცესი, საჭიროა დავადგინოთ რამდენად მცირდება ჟმ-ის სიდიდე ფერმენტაციის მე-3 ფაზის დროს. ამას აქვს დიდი მნიშვნელობა, რადგანაც თუ გვეცოდინება დაფერმენტებული თამბაქოს ნედლეულის ჟმ სიდიდე ($\phi < 0,1$) და მისი შემცირების დონე მესამე დასკვნითი ფაზის დროს, შესაძლებელია გამოვთვალოთ ჟმ-ის ზღვარი, სადამდეც აუცილებელია დავიყვანოთ თამბაქოს ნედლეული მე-2 ფაზის პერიოდში.

საკითხის შესწავლისათვის მოვახდინეთ დაკვირვება ჟმ-ის შემცირებაზე ფერმენტაციის მე-3 ფაზის დროს. ამისათვის თითოეულ შემთხვევაში ერთი და იმავე შეკვრიდან ვიღებდით ნიმუშებს მე-2 და მე-3 ფაზების ბოლოს და ვსაზღვრავდით ჟმ-ს, ხოლო მიღებული სხვაობით ვმსჯელობდით ჟმ-ის შემცირების დონეზე მე-3 ფაზის დროს. იმისათვის, რომ ნიმუშები ყოფილიყო ერთგვაროვანი, ვსარგებლობდით „ნახევრების“ მეთოდით. ამისათვის თამბაქოს ფოთლის ფერმენტაციის წინ ვჭრიდით მთავარი ძარღვის გასწვრივ ორ ნაწილად და ამ სახით ვათავსებდით შეკვრაში, მე-2 ფაზის დამთავრების შემდეგ ვიღებდით ერთ ნაწილს და ვიყენებდით ანალიზისათვის, ხოლო მე-3 ფაზის დამთავრების შემდეგ – ვიღებდით მეორე ნაწილს და მასაც ვიყენებდით ანალიზისათვის. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.9-ში

ცხრილი 9

ჟანგბადური მაჩვენებლის დონის შემცირება ფერმენტაციის მე-3 ფაზის დროს

ნი- მუ შის №	ჟმ-ის მაჩვენებელი			ნიმუშის №	ჟმ-ის მაჩვენებელი		
	მე-2 ფა- ზის და- სასრული	მე-3 ფაზის დასასრუ- ლი	სხვაობა Δ ჟმ		მე-2 ფაზის დასასრული	მე-3 ფაზის დასასრული	სხვაობა Δ ჟმ
1	0,11	0,05	0,06	11	0,16	0,10	0,06
2	0,14	0,10	0,04	12	0,11	0,05	0,06
3	0,09	0,03	0,06	13	0,11	0,06	0,05
4	0,21	0,14	0,07	14	0,08	0,05	0,03
5	0,12	0,07	0,05	15	0,13	0,08	0,05
6	0,09	0,04	0,05	16	0,11	0,04	0,07
7	0,09	0,06	0,03	17	0,13	0,05	0,08
8	0,14	0,09	0,05	18	0,09	0,05	0,04
9	0,15	0,11	0,04	19	0,12	0,08	0,04
10	0,13	0,09	0,04	20	0,12	0,10	0,02

ჟანგბადური მაჩვენებლის დონის შემცირება Δ ჟმ ჰიტოგრამის სახით წარმოდგენილია აგრეთვე ნახ.6-ზე. ამ დროს გამოთვლილი იქნა აგრეთვე ზოგიერთი სტატისტიკური მახასიათებელი:

საშუალო არითმეტიკული Δ ჟმ=0,05

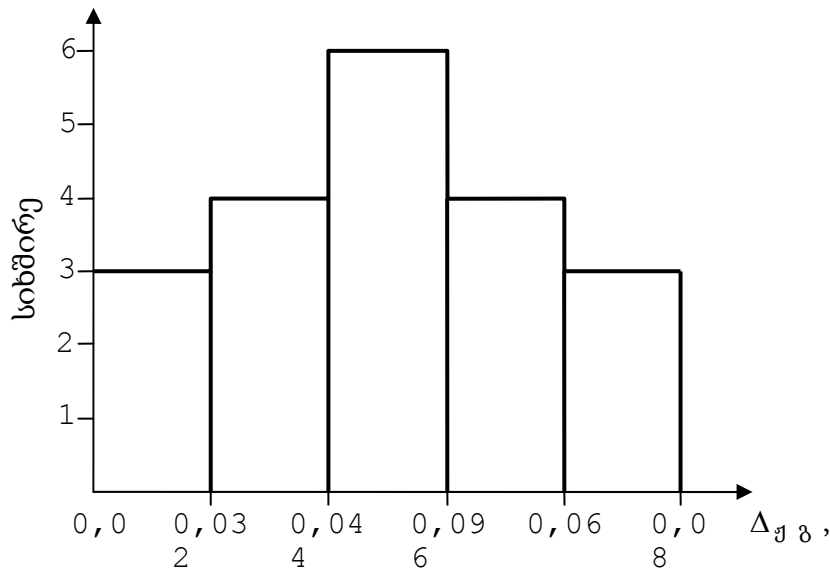
სტანდარტული გადახრა $\sigma = 0,0149$

ვარიაციის კოეფიციენტი $V = 29,74\%$.

ამ მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დაახლოებით 70% შემთხვევაში ჟმ-ის შემცირება ვარირებდა 0,0351-დან 0,0649-მდე ზღვრებში. თუ საფუძვლად ავიღებთ ჟმ შემცირების მინიმალურ მნიშვნელობას 0,0351, მაშინ შეიძლება დავამტკიცოთ, რომ უმრავლეს შემთხვევაში ჟმ-ის შემცირება მე-2 ფაზაში ($0,0351 \div 0,1$) სიდიდემდე იქნება თამბაქოს ნედლეულის დაფერმენტების გარანტი ჟანგბადური მაჩვენებლის მიხედვით ($\leq 0,1$) ფერმენტაციის მე-3 ფაზის შემდეგ.

ამრიგად, თუ განვიხილავთ ფერმენტაციის პროცესის მართვის საფუძვლებს მთლიანად, საჭიროა პროცესის მიმართ შევიტანოთ შემდეგი შეზღუდვები: ფერმენტაციის 1-ლი და მე-3 ფაზა ყველა თამბაქოსათვის მიმდინარეობს მკაცრად დადგენილი რეჟიმებით, რომლებიც ყოველთვის მეორდებიან შემდეგ შეისწავლება ფერმენტაციაზე მიწოდებული თამბაქოს შემადგენლობა, $S_{r\phi}$ და შემდგომ ანგარიშის გზით განისაზღვრება ფერმენტაციის მე-2 ფაზის დრო, რომელიც უზრუნველყოფს ჟანგბადური მაჩვენებლის ჟმ= $(0,0351 \div 0,1)$ სიდიდის მიღწევას მე-2 ფაზის დამთავრების შემ-

დეგ. მიღებული მონაცემები რათქმა უნდა ატარებს საძიებო ხასიათს. ექსპერიმენტუ-
ბის გაფართოებისას ბუნებრივია უნდა ველოდოთ გარკვეულ კორექტივს.



ნახ. 6. ჟანგბადური მაჩვენებლის $\Delta_{შ გ}$ განაწილების
ჰისტოგრამა თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციისას

მაგრამ ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდის ფერმენტაციის პროცესის მარ-
თვის საფუძვლების შემუშავებაზე, წარმოადგენს პრინციპულად ახალ მიდგომას და
იგი სავსებით შესაძლებელია გამოყენებული იქნას თამბაქოს წარმოების ყველა კონ-
კრეტულ შემთხვევაში.

3.1.4. თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციისა და „დაძველების“ პროცესების დაჩქარება

დისერტაციის ანალიზურ მიმოხილვაში ჩვენ შესაძლებლობის ფარგლებში შე-
ვეცადეთ წარმოგვედგინა ის მონაცემები, რომლებსაც ადგილი აქვს ისეთი საჭირო
ტექნოლოგიური პროცესისას, როგორცაა თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციის შემ-
დგომი შენახვა ანუ „დაძველება“. ამასთან აუცილებელია აღინიშნოს, რომ მოცემული
საკითხი ყოველთვის განიხილებოდა ერთ სიტრყეში: თუ როგორ იცვლება დაფერ-
მენტებული თამბაქოს ხარისხი ხანგრძლივი შენახვისას საწყობში. ამასთან დაკავში-
რებით, ჩვენ მიზანშეწონილად გვესახება არა მარტო ამ საკითხის უფრო ფართო
თვალსაზრისით განხილვის გაგრძელება, არამედ აგრეთვე „დაძველებისა“ და ფერ-
მენტაციის პროცესების ერთმანეთთან დაკავშირება ჟანგბადური მაჩვენებლის დინა-
მიკის შესწავლის საფუძველზე.

3.1.4.1. ჟანგბადური მაჩვენებლის ცვლილების დინამიკა თამბაქოს ნედლეულის „დაძველებისას“

საჭიროა აღინიშნოს, რომ ეს საკითხი აქამდე არავის გამოუკვლევია, რადგანაც უაზროდ მიიჩნეოდა ჟანგბადური მაჩვენებლის სიდიდის დინამიკაში შესწავლა დაფერმენტებული თამბაქოს „დაძველებისას“, თუკი ჟმ სიდიდე ზღვრულად დაბალია ($< 0,1$), ამასთან დაკავშირებით ჩვენ შევეცადეთ ამ საკითხის შესწავლას უფრო სხვა მიმართულებით, კერძოდ: როგორ შეიცვლება ჟმ სიდიდე, თუკი „დაძველებაზე“ დავდებთ თამბაქოს ნედლეულს, რომელიც ამ მაჩვენებლის მიხედვით დაფერმენტებულია არასრულად.

ექსპერიმენტების ჩატარებისას გამოყენებული იყო 1, 2-ე და მე-3 ხარისხის თამბაქო. ჩვეულებრივ საანალიზო ნიმუშს ვამზადებდით თამბაქოს ნედლეულის გულდასმითი არევის გზით. ტენიანობა შეადგენდა დაახლოებით 18%-ს. შემდეგ მზადდებოდა შეკვრები, რომლებიც ფერმენტირდებოდა ჩვეულებრივ პირობებში. მე-2 ფაზის დროს ყოველი 6 სთ-ის შემდეგ ვიღებდით ნიმუშებს ჟმ-ის განსაზღვრისათვის. ამრიგად, ყოველი სასაქონლო ხარისხისათვის გვექონდა სხვადასხვა ხარისხით დაფერმენტებული თამბაქოს ნედლეული. ხანგრძლივ შენახვაზე ვათავსებდით თითოეულ სასაქონლო ხარისხის თამბაქოს 4 შეკვრას, რომელთაგან ერთ შეკვრას ჰქონდა ჟმ $<0,1$, ხოლო დანარჩენებს ჟმ $>0,1$. ამ შეკვრების შენახვას ვახდენდით 18 თვის განმავლობაში, ამასთან დინამიკაში ყოველი 3 თვის შემდეგ დაუფერმენტებელ თამბაქოში ვსაზღვრავდით ჟმ სიდიდეს. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.10 და ნახ.7.

მიღებული მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ თამბაქოს ნედლეულის სხვადასხვა ნიმუშების ფერმენტაციამდელი შენახვის დროს ადგილი აქვს ჟმ სიდიდის კანონზომიერ შემცირებას. ამასთან ერთი სასაქონლო ხარისხის ზღვრებში (ერთიდაიგივე საწყისი ნედლეულისას დაფერმენტების ჟმ (ჟმ $<0,1$) დონეს ნიმუშები აღწევნით უფრო ჩქარა, რაც უფრო დაბალია ჟმ სიდიდე თამბაქოში შენახვაზე დადებისას. სხვადასხვა ხარისხების თამბაქოთა ერთმანეთთან შედარება რთულია, რადგანაც სასაქონლო ხარისხი არაა დაკავშირებული ჟმ-ის საწყის, არც დამტვერვის და არც სხვა ქიმიურ-ტექნოლოგიურ მაჩვენებლებთან, რომლებსაც შეუძლიათ გავლენა მოახდინონ

ნონ ჟმ-ის შემცირების დინამიკაზე. მაგრამ ამ მონაცემებიდან აშკარად ჩანს, რომ ხანგრძლივი შენახვის ხარჯზე შესაძლებელია დაუფერმენტებელი თამბაქო (ჟმ=0,7 სიდიდიდან) დაყვანილ იქნას დაფერმენტებულის კონდიციამდე.

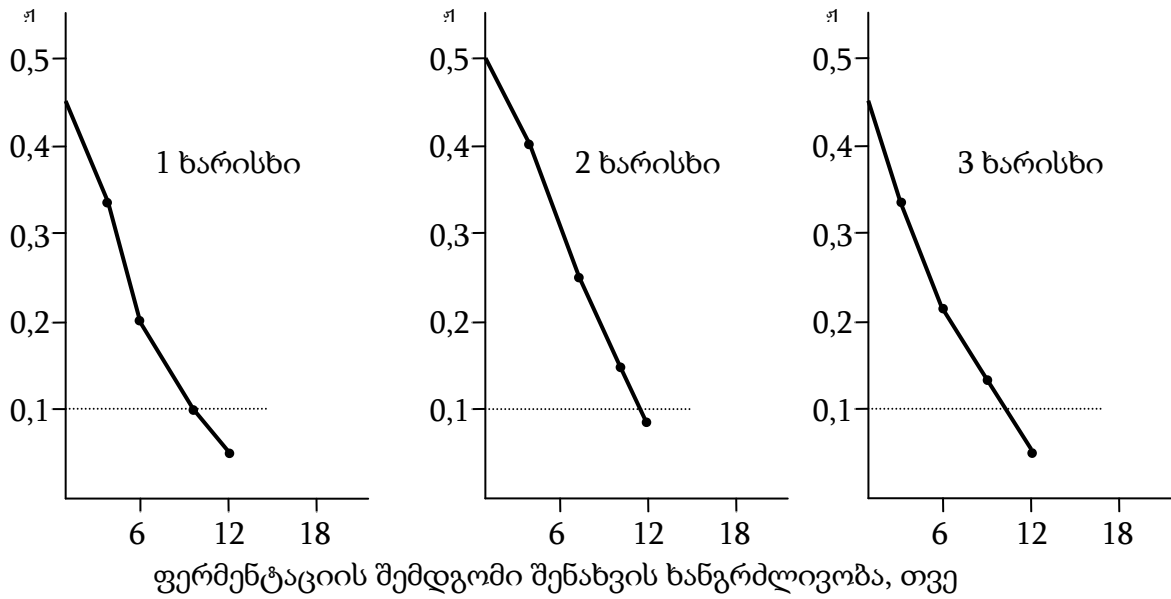
ცხრილი 10

ჟანგბადური მაჩვენებლის სიდიდის ცვლილება დაუფერმენტებული თამბაქოს ნედლეულის ხანგრძლივი შენახვისას

შენახვის ხანგრძლივობა, თვე	1 ხარისხი	2 ხარისხი	3 ხარისხი
0	0,44	0,50	0,45
3	0,37	0,42	0,34
6	0,21	0,27	0,23
9	0,10	0,16	0,16
12	0,03	0,07	0,07
15	-	-	-

ჟმ<0,1 მილწევის დრო დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე. ის ვარირებს 6-15 თვის ზღვრებში, უფრო ხანგრძლივი პერიოდი აუცილებელია მე-3 სასაქონლო ხარისხის თამბაქოს ნედლეულისათვის. საშუალოდ კი შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ერთწლიანი შენახვისას თამბაქოს ნედლეული გადის ფერმენტაციის მე-2 ფაზის შემოკლებულ ციკლს და იძენს დაუფერმენტებულ თამბაქოს თვისებებს.

ყველა ზემოთთქმულს ადასტურებს მონაცემები ხარისხის ძირითად მაჩვენებლებზე, რომლებიც ჩვენს მიერ მიღებული იქნა სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენების საფუძველზე (ცხრ.11).



ნახ. 7. ჟანგბადური მაჩვენებლის ცვლილების დინამიკა დაუფერმენტებელი თამბაქოს ნედლეულის ხანგრძლივი შენახვისას

ცხრილი 11

„დაძველების“ პროცესში დაფერმენტებული თამბაქოს
ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლები

ხარისხის მაჩვენებელი	ფერმენტირების ხარისხი „დაძველებაზე“ დადების წინ			
	ჟმ=0,09	ჟმ=0,24	ჟმ=0,41	ჟმ=0,73
მოსაწევი თვისებები (ბალი)				
არომატი	17,6	17,4	17,3	17,6
გემო	17,8	17,9	17,6	17,7
წვადობა (ნაფაზის რიცხვი/ სიგარეტი)	18,1	18,7	17,9	18,4
ნიკოტინის შემცველობა (მგ/გ მშრალ თამბაქოზე)	14,2	13,8	14,0	14,5
შეესებადობა (გ/სიგარეტი)	0,98	1,02	0,97	1,00
წონასწორული ტენი (%)	15,4	15,8	15,4	15,6

ეს მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ განსხვავება კონტროლსა (დაფერმენტებული თამბაქო) და საცდელ ნიმუშებს შორის ხარისხის მაჩვენებელთა საფუძველზე მდებარეობს ანალიზისათვის აღებული წინასწარი სინჯების სიზუსტის ზღვრებში, ამიტომ გვაქვს შესაძლებლობა დავამტკიცოთ, რომ „დაძველების“ დროს თვისება „დაფერმენტებლობა“ შენახვის ხანგრძლივი დროის განმავლობაში შესაძლებელია საკმაოდ მარტივად და ყოველგვარი დანახარჯების გარეშე გამოვრიცხოთ. სწორედ, სპექტროფოტომეტრული ანალიზის გარდა, ცხრ.11. წარმოდგენილი თამბაქოს ნედლეულის

ნიმუშები დეგუსტირებული იქნა დაფიქსირებული სახით. ამასთან აგრეთვე ვერ მოხერხდა არსობრივი განსხვავების აღმოჩენა მოსაწევ თვისებებზე ნიმუშებს შორის.

ამ თავში წარმოდგენილ ექსპერიმენტალურ მასალას აქვს გარკვეული პრაქტიკული მნიშვნელობა. თუ თამბაქოს მრეწველობას გააჩნია თამბაქოს ნედლეულის საკმაოდ დიდი მარაგი (წლიური და უფრო მეტი), მაშინ ეკონომიკურად მიზანშეწონილია ნედლეულის გარკვეული ნაწილი არ დავაფერმენტოთ მე-2 ფაზის შემცირების გზით, მართალია, რომ ეს უნდა გაკეთდეს მოფერმენტე თამბაქოს $S_{r\phi}$ თვისებების გათვალისწინებით და შესაბამისი მათემატიკური გამოსახულებების გამოყენებით, რაც განხილული გვექონდა ზემოთ, საბოლოო შედეგში ეს ხელს შეუწყობს საფერმენტაციო დანადგარების მწარმოებლობის გაზრდას და ენერგოდანახარჯების შემცირებას.

ამასთან ამ შემთხვევაში ბუნებრივად დგება საკითხი: სად განხორციელდეს „დაძველება“—საფერმენტაციო თუ თამბაქოს ქარხანაში. ჩვენ ვთვლით, რომ ეს საკითხი უნდა გადაწყდეს პრინციპულად სხვა გზით, ვიდრე დღეს, როცა ყველა თამბაქოს ქარხნები აგებენ საკუთარ სასაწყობო სათავსოებს დეფიციტური საქალაქო ფართების ხარჯზე. გაცილებით მარტივი იქნებოდა საფერმენტაციო ქარხნების სასაწყობო სათავსოების გაფართოება და თამბაქოს ნედლეულის თამბაქოს ფაბრიკებზე თანაბარი გადატვირთვა მთელი წლის განმავლობაში. ამ პირობებში საფერმენტაციო ქარხანას შეეძლება პროცესის აგება ეკონომიკური მიზანშეწონილობის გათვალისწინებით (მაგალითად, სრულად რატომ უნდა დაფერმენტდეს თამბაქო, თუკი იგი თამბაქოს ქარხანაში გადამამუშავდება ერთი წლის შემდეგ და ა.შ.).

3.1.4.2. თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლების ცვლილება მისი „დაძველების“ დროს

ანალიტიკურ მიმოხილვაში ჩვენ მივუთითებდით, რომ თამბაქოს ნედლეულის „დაძველების“ პროცესი საერთოდ წარმოადგენს დადებით ტექნოლოგიურ ოპერაციას, რადგანაც ამასთან ხდება მოსაწევი თვისებების გაუმჯობესება. მაგრამ ხარისხობრივი ცვლილებების შეფასების სირთულე ხანგრძლივი ფერმენტაციამდელი შენახვის განმავლობაში მდგომარეობს იმაში, რომ შეუძლებელი იყოს სხვადასხვა ხანგრძლივობით შენახვის ნიმუშების ერთდროული დეგუსტირება, ამიტომ ამ მიმართულებით სამუშაოს ჩატარებისას ჩვენ შევეცადეთ გამოგვეყენებინა სპექტროფოტომეტრული მეთოდი („უი-მეთოდი“) თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ზოგიერთი უმ-

ნიშვნელოვანესი მაჩვენებლის განსაზღვრისათვის დინამიკაში. ექსპერიმენტები დაყენებული იყო შემდეგი სახით:

თამბაქოს ნედლეულს ვდებდით ხანგრძლივ შენახვაზე. ვიყენებდით სამი სასაქონლო ხარისხის თამბაქოს (1, 2 და მე-3 ხარისხი). შენახვას ვახდენდით ჩვეულებრივ პირობებში შეკვრის სახით.

თითოელი ნიმუში დადებული იქნა 5 შეკვრის რაოდენობით. შეკვრის დამზადებას თითოეული ნიმუშისათვის ვახდენდით დაფერმენტებული თამბაქოს ნედლეულიდან (ქანგბადური მაჩვენებლის შემოწმებით), კარგად ვახარისხებდით და ვურევდით.

შენახვაზე დადებული თამბაქოს მასალის ტენიანობა შეადგენდა დაახლოებით 18%-ს. პერიოდულად, შენახვის წინ და შენახვის ყოველი 3 თვის შემდეგ თითოეული შეკვრის სხვადასხვა ადგილიდან სასინჯის დახმარებით ვიღებდით დაახლოებით 100 გ ნიმუშს. ერთიდაიმავე ხარისხის თამბაქოს ნიმუშებს კარგად ავურევდით, ვაშრობდით საშრობ კარადაში, ვაქუცმაცებდით და ვუტარებდით „უი-ანალიზს“. ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის ვსარგებლობდით რეგრესიის შესაბამისი განტოლებებით. ამასთან საჭიროა აღინიშნოს, რომ თამბაქოში ნიკოტინის შეამცველობის გაანგარიშებისათვის ვსარგებლობდით ჩვენს მიერ შემუშავებული რეგრესიის განტოლებით (რაზეც დაწვრილებით შევჩერდებით ქვემოთ).

ცხრილი 12

თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლების ცვლილება მისი „დამველებისას“

№ №	ხარისხის მაჩვენებელი	კონტროლი	თამბაქოს მახასიათებლები „დამველების“ შემდეგ, თვე							
			0	3	6	9	12	15	18	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I სასაქონლო ხარისხი										
1.	არომატი (ბალი)	18,7	18,6	18,8	18,8	19,1	18,7	18,6	18,4	18,0
	% კონტროლთან		99,5	100,5	100,5	102,1	100,0	99,5	98,4	96,3
2.	გემო (ბალი)	19,2	19,2	19,2	19,3	19,2	19,0	19,0	18,8	18,7
	% კონტროლთან		100,0	100,0	100,5	100,0	98,9	98,9	97,9	97,4
3.	წვადობა (ნაფაზი/ცალი)	17,3	17,2	17,0	16,8	16,6	16,6	16,2	15,9	15,8
	% კონტროლთან		99,5	98,4	97,1	95,9	95,9	93,6	91,9	91,3
4.	შევსებადობა (ცალი) სიგარეტი	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,93	0,92	0,92	0,92
	% კონტროლთან		100,0	99,0	98,9	98,9	96,9	95,8	95,8	95,8

			0							
5.	მოცულობით- დრეკადური თვი- სებები (მმ)	1,28	1,29	1,30	1,30	1,29	1,28	1,30	1,30	1,29
	% კონტროლთან		101,0	101,3	101,3	100,8	100,0	101,3	101,3	101,0
6.	დაწვრილმანობა- დობა (%)	13,20	13,18	13,31	13,40	13,28	13,90	14,20	14,00	14,10
	% კონტროლთან		99,7	101,0	101,7	100,6	105,3	107,6	106,1	106,8
7.	წონასწორული ტე- ნიანობა (%)	15,82	15,70	15,68	15,43	15,39	15,30	15,32	15,18	14,91
	% კონტროლთან		99,2	98,9	98,3	97,3	96,7	96,8	95,9	94,2
8.	ნიკოტინი თამბა- ქოში (მგ/სიგარე- ტი)	17,28	17,20	16,95	16,97	16,85	16,73	16,02	16,08	15,94
	% კონტროლთან		99,5	98,1	98,2	97,5	96,8	92,7	93,1	92,2
9.	ნიკოტინი ბოლში	3,89	3,91	3,78	3,70	3,75	3,69	3,58	3,60	3,45
	% კონტროლთან		100,5	95,7	95,1	96,4	94,9	92,0	92,5	88,7
10.	მშრალი კონდენსა- ტი (მგ/სიგარეტი)	28,55	28,48	29,02	29,08	28,84	28,45	27,94	27,88	27,70
	% კონტროლთან		99,8	101,9	101,9	101,0	99,6	97,9	97,7	97,0
11.	ნახშირყანგი (მგ/სიგარეტი)	21,62	21,70	21,90	21,85	21,92	21,97	20,98	20,75	20,72
	% კონტროლთან		100,2	101,0	100,4	101,4	101,6	97,0	95,9	95,8
II სასაქონლო ხარისხი										
1.	არომატი (ბალი)	17,9	17,8	17,8	18,0	18,1	18,3	18,2	17,9	17,8
	% კონტროლთან		99,4	99,4	100,6	101,1	102,2	101,1	100,0	99,4
2.	გემო (ბალი)	18,4	18,4	18,3	18,6	18,6	18,3	18,2	18,2	18,0
	% კონტროლთან		100,0	99,5	101,1	101,1	99,5	98,9	98,9	97,8
3.	წვადობა (ნაფა- ზი/ცალი)	19,2	19,0	19,1	18,8	18,5	18,2	17,9	17,6	17,6
	% კონტროლთან		98,9	99,5	97,9	96,4	94,8	93,2	91,7	91,7
4.	შევსებადობა (ცა- ლი) სიგარეტი	1,04	1,03	1,04	1,02	1,00	1,01	0,99	0,98	0,98
	% კონტროლთან		99,0	100,0	98,1	96,2	97,1	95,2	94,2	94,0
5.	მოცულობით- დრეკადური თვი- სებები (მმ)	1,17	1,16	1,18	1,18	1,17	1,21	1,20	1,22	1,24
	% კონტროლთან		99,1	100,9	100,9	100,0	103,4	102,6	104,3	105,9
6.	დაწვრილმანობა- დობა (%)	12,31	12,30	12,45	12,68	13,01	12,89	14,14	13,25	13,48

	% კონტროლთან		99,9	101,1	103,0	105,7	104,7	106,7	107,6	109,5
7.	წონასწორული ტენიანობა (%)	16,42	16,2 2	16,20	16,18	16,23	16,00	15,94	15,80	15,69
	% კონტროლთან		98,8	98,7	98,5	98,8	97,4	95,1	96,2	95,6
8.	ნიკოტინი თამბაქოში (მგ/სიგარეტი)	16,39	16,1 4	16,18	16,08	15,95	15,74	15,62	15,60	15,51
	% კონტროლთან		98,5	98,7	98,1	97,3	96,0	95,3	95,2	94,6
9.	ნიკოტინი ბოლოში	3,76	3,74	3,70	3,71	3,71	3,58	3,42	3,44	3,43
	% კონტროლთან		99,5	98,4	98,7	98,7	95,2	90,9	91,5	91,2
10.	შშრალი კონდენსატი (მგ/სიგარეტი)	29,11	29,4 2	29,36	29,18	28,95	28,74	28,76	28,59	28,31
	% კონტროლთან		101, 1	100,9	100,2	99,5	98,7	98,8	98,2	97,3
11.	ნახშირყანგი (მგ/სიგარეტი)	18,62	18,4 4	18,38	18,00	18,12	18,05	17,95	17,99	17,86
	% კონტროლთან		99,0	98,7	96,7	97,3	96,9	96,4	96,6	95,9
III სასაქონლო ხარისხი										
1.	არომატი (ბალი)	17,2	17,2	17,2	17,4	17,5	17,5	17,3	17,2	17,0
	% კონტროლთან		100, 0	100,0	101,2	101,7	101,7	100,6	100,0	98,8
2.	გემო (ბალი)	17,4	17,4	17,4	17,4	17,3	17,6	17,6	17,3	17,2
	% კონტროლთან		100, 0	100,0	100,0	99,4	101,1	101,1	99,4	98,9
3.	წვადობა (ნაფაზი/ცალი)	21,2	21,1	21,1	20,8	20,0	20,2	20,1	19,7	19,5
	% კონტროლთან		99,5	99,5	98,1	94,3	95,2	94,8	92,9	91,9
4.	შეესებადობა (ცალი) სიგარეტი	0,97	0,97	0,97	0,95	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93
	% კონტროლთან		100, 0	100,0	97,9	98,9	97,9	96,9	96,9	95,9
5.	მოცულობით-დრეკადური თვისებები (მმ)	1,38	1,37	1,39	1,39	1,42	1,41	1,41	1,39	1,42
	% კონტროლთან		99,3	100,7	100,7	102,9	102,2	102,2	100,7	102,9
6.	დაწვრილმანობა-დობა (%)	14,75	14,8 0	14,87	14,95	14,59	14,61	15,02	15,18	15,14
	% კონტროლთან		100, 3	100,8	101,4	98,9	99,1	101,8	102,9	102,6
7.	წონასწორული ტენიანობა (%)	16,59	16,4 8	16,40	16,42	16,18	16,20	16,01	15,89	15,82
	% კონტროლთან		99,3	98,9	98,9	97,5	97,6	96,5	95,8	95,4
8.	ნიკოტინი თამბაქოში (მგ/სიგარეტი)	19,24	19,1 2	18,92	18,64	18,59	18,60	18,41	18,25	18,14

	ტი)									
	% კონტროლთან		99,4	98,3	96,9	96,6	96,7	95,7	94,9	94,8
9.	ნიკოტინი ბოლში	4,25	4,20	4,21	4,19	4,06	4,02	3,89	3,85	3,83
	% კონტროლთან		98,8	99,1	98,6	95,5	94,6	91,5	90,6	90,1
10.	მშრალი კონდენსა-ტი (მგ/სიგარეტი)	31,62	31,62	31,31	31,12	31,05	30,94	30,85	30,91	30,48
	% კონტროლთან		99,1	99,0	98,4	98,2	97,8	97,6	97,8	96,4
11.	ნახშირჟანგი (მგ/სიგარეტი)	25,84	25,72	25,76	25,13	25,07	25,00	24,85	24,80	24,39
	% კონტროლთან		99,1	99,6	97,3	97,0	96,7	96,2	95,9	94,4

ჩვენი გამოკვლევის შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 12-ში. მიღებული შედეგების ანალიზისას უპირველეს ყოვლისა საჭიროა ყურადღების გამახვილება მოსაწევ თვისებებზე, რომლებიც ხასიათდება თამბაქოს ბოლის არომატითა და გემოთი. საერთოდ, დაახლოებით ერთ წლამდე ან უფრო მეტი დროისას „დაძველების“ პროცესს თან ახლავს მოსაწევი თვისებების რამდენადმე გაუმჯობესება, რომლის შემდეგ ყველა შემთხვევაში (განსაკუთრებით „დაძველების“ ბოლოს) ადგილი აქვს თამბაქოს ბოლის დეგუსტაციური თვისებების შესამჩნევ გაუარესებას. პრინციპულად ეს არ ეწინააღმდეგება თამბაქოს „დაძველებაზე“ ადრე ჩატარებული სამუშაოების შედეგებს.

პრაქტიკული მიზნით უაღრესად საინტერესო და მნიშვნელოვანი იქნა მიღებული თამბაქოს ნედლეულის წვადობაზე. აღმოჩნდა, რომ თამბაქოს ფერმენტაციის შემდგომ შენახვასთან ერთად სრულიად კანონზომიერად წარმოებს წვადობის ძირეული გაუმჯობესება („პირობითი“ სიგარეტის დაწვისათვის საჭირო ნაფაზის რიცხვის შემცირება). ამ თვალსაზრისით „დაძველების“ პროცესი უდაოდ წარმოადგენს კეთილსასურველს დაბალი წვადობის თამბაქოს ნედლეულისათვის.

ძალიან საინტერესოა ისიც, რომ შენახვისას დინამიკაში ადგილი აქვს თამბაქოს ნედლეულის შევსებადობის თვისებების გაუმჯობესებას (მაჩვენებლის „გ თამბაქო/პირობითი სიგარეტი“ შემცირება). ესეც აგრეთვე არანაკლებ მნიშვნელოვანია, თუკი გავითვალისწინებთ, რომ „დაძველებისას“ ხდება მშრალი ნივთიერების დაკარგვა (სამწუხაროდ ჩვენ არ გვეჩვენა საშუალება დაკვირვებოდით დანაკარგის დონეს). ამიტომ შევსებადობის თვისებების გაუმჯობესებას ცნობილი სიდიდით კომპენსირება უკეთესს დანაკარგებს.

თამბაქოს ნედლეულის მოცულობით–დრეკადურ თვისებებს, რომელიც ჩვენ შევაფასეთ „პირობითი“ სიგარეტის სიმტკიცით (მმ–ში) საერთოდ (თუნდაც არა ყველა შემთხვევაში) გააჩნია მცირე გაუარესების ტენდენცია „დაძველების“ ხანგრძლივობის გადიდებასთან ერთად, ეს თვალნათლივ ჩანს მე–2 და მე–3 ხარისხის თამბაქოთა ერთწლიანი შენახვის შემდეგ. ყოველ შემთხვევაში, ეს გარემოება აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას. „დაძველებასთან“ ერთად ხდება აგრეთვე სხვა ტექნოლოგიური მაჩვენებლის – თამბაქოს ნედლეულის დაწვრილმანების რამდენადმე გაუარესება. ეს განსაკუთრებით ძლიერად გამოიხატა ერთწლიანი შენახვის შემდეგ და ეს კანონზომიერებაც გასათვალისწინებელია.

„დაძველების“ დროს სრულიად კანონზომიერად ხდებოდა თამბაქოს ნედლეულის წონასწორული ტენიანობის სიდიდის შემცირება. ასეთ პროცესს ადგილი აქვს ფერმენტაციისას და გრძელდება ფერმენტაციის შემდგომი შენახვის დროს. აქედან გამომდინარე, ვთვლით, რომ „დაძველებაზე“ არ შეიძლება დაბალი წონასწორული ტენიანობის მქონე თამბაქოს ნედლეულის დადება (მაგალითად, 12%-ზე ნაკლების).

როგორც მოსალოდნელი იყო, შეინიშნებოდა თამბაქოში ნიკოტინის შემცველობის კანონზომიერი შემცირება (დაჟანგვის ხარჯზე). ამიტომ თამბაქოს შენახვისას ნიკოტინის მაღალი შემცველობით (2%-ზე მეტის) მოსალოდნელია მისი ხარისხის გაუმჯობესება (ფიზიოლოგიური სიმაგრის შემცირება). მაგრამ თუ შენახვაზე დაიდება დაბალნიკოტინიანი თამბაქო (დაახლოებით 1%), მაშინ უნდა ჩავთვალოთ, რომ ხანგრძლივი შენახვის შემდეგ ის გახდება „ცარიელი“, ე.ი. დაკარგავს თავის მოსაწევ ღირსებებს. ყველა ეს საკითხი მნიშვნელოვანია თამბაქოს წარმოების ტექნოლოგიაში.

თამბაქოში ნიკოტინის შემცველობის შემცირებას აგრეთვე თან სდევს მისი შემცველობის შემცირება ბოლში. ამასთან ბოლში ნიკოტინი მცირდება გაცილებით უფრო დიდი ხარისხით, ვიდრე თამბაქოს ნედლეულში: სავარაუდოა, რომ ამ პროცესზე ძლიერი ხარისხით, გავლენას ახდენს თამბაქოს წვადობა, რომელიც, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, „დაძველებისას“ უმჯობესდება. როგორც ჩანს, ეს ფაქტორი დადებით გავლენას ახდენს ბოლში ისეთი ტოქსიკური ელემენტების შემცირებაზე, როგორიცაა მშრალი კონდენსატი და ნახშირჟანგი. უმრავლეს შემთხვევაში 9–თვიანი შენახვის შემდეგ ხდება ბოლში ამ ნივთიერებების შესამჩნევი შემცირება.

„დაძველების“ დროს თამბაქოს ნედლეულში ხარისხობრივი მაჩვენებლების ცვლილებებზე საკითხის განხილვის ბოლოს, საჭიროა ყურადღების იმაზე გამახვი-

ლება, რომ სხვადასხვა ხარისხის თამბაქო დინამიკაში იქცევა ერთნაირად. და მაინც ვთვლით, რომ „დაძველებაზე“ უნდა იდებოდეს რამდენადმე უფრო უხეში თამბაქო, სახელდობრ მათთვის ხანგრძლივი ფერმენტაციის შემდგომი შენახვა უზრუნველყოფს ყველაზე მაღალი ეფექტის მიღებას.

და ბოლოს, მიღებული ექსპერიმენტული მასალის განხილვისას ჩვენ ამოცანად არ დაგვისახავს თამბაქოს ხარისხში მიმდინარე ამა თუ იმ ცვლილების მიზეზთა ანალიზი. არსებითად ჩვენ შემოვიფარგლეთ იმის დაფიქსირებით, რასაც ადგილი აქვს მოცემული ტექნოლოგიის რეალიზაციისას. ამაშია რა თქმა უნდა ჩვენი კვლევის პრაქტიკული მხარე, ხოლო „დაძველების“ შიგა მექანიზმების ახსნა, რომელიც უაღრესად რთული და პრაქტიკულად შეუსწავლელია, სცილდება სადისერტაციო ნაშრომის ჩარჩოებს.

3.1.5. საფერმენტაციო წარმოების ქიმიურ-ტექნოლოგიური კონტროლის სრულყოფა.

თამბაქოს ნედლეულის ქარხნული ფერმენტაციის ინტენსიფიკაციასა და სრულყოფასთან დაკავშირებული ტექნოლოგიური მხარის ზოგიერთი საკითხის განხილვისას ჩვენ ვალდებულად ვთვლით მიზანშეწონილად გამახვილებული იქნას ყურადღება შემდეგზე: ტექნოლოგიური პროცესების საკითხების პრაქტიკული რეალიზაცია, რაზეც ლაპარაკი იყო ზემოთ, შეუძლებელია თანამედროვე ქიმიურ-ტექნოლოგიური კონტროლის გარეშე. ეს არ არის მარტივი საკითხი და ჩვენის აზრით იგი უნდა გადაწყდეს ეტაპობრივად.

პირველ ეტაპზე, ე.ი. დღესდღეობით უპირველეს ყოვლისა საჭიროა ქარხნის ლაბორატორიის მომზადება მოთხოვნათა დონეზე. ლაპარაკია ჟანგბადური მაჩვენებლის განსაზღვრის ხერხის სრულყოფაზე. ცნობილია, რომ მეთოდი ძალიან შრომატევადი და ნაკლებოპერატიულია. თუმცა დღეისათვისაც არსებობს წინადადებები მის შეცვლაზე [მაგალითად, 65] და მაინც ის დაკანონებულია და წარმოადგენს არბიტრაჟულს თამბაქოს დაფერმენტირების ხარისხის განსაზღვრისათვის. მაგრამ ამ მეთოდის პრაქტიკული გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ საქარხნო ლაბორატორიების კონდიციონებისას და ტემპერატურის მკაცრად განსაზღვრულ დონეზე ($23-25^{\circ}C$) და-

ჭერისას. მხოლოდ ამ პირობების დროსაა შესაძლებელი სარწმუნო ინფორმაციის მიღება ჟანგბადური მაჩვენებლის განსაზღვრის ობიექტურობაზე.

საფერმენტაციო ქარხნის ლაბორატორიას შეუძლია ჩაატაროს ანალიზი არა მარტო თამბაქოს ნედლეულის დაბინძურებაზე, ტენიანობასა და ჟანგბადურ მაჩვენებელზე, არამედ რაც აგრეთვე არანაკლებ მნიშვნელოვანია, გააკონტროლოს თამბაქოს ნედლეულში ნიკოტინის შემცველობა. ეს უმნიშვნელოვანესი კომპონენტი, რომელიც განსაზღვრავს მოწვევის ფიზიოლოგიურ აუცილებლობას, თავის მხრივ წარმოადგენს თამბაქოს ხარისხის ინდიკატორს (მაჩვენებელს).

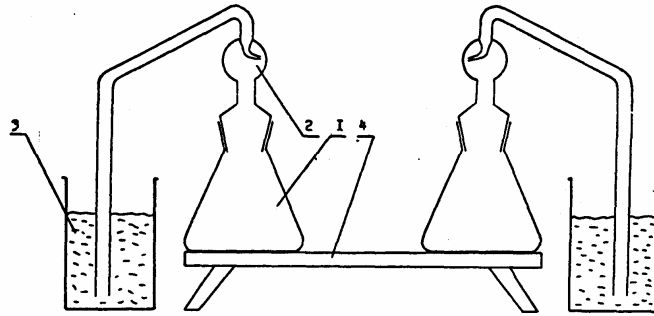
ნიკოტინის შემცველობის გაზრდა მიუთითებს თამბაქოს მოსაწევი თვისებების გაუარესებაზე, მისი ფიზიოლოგიური სიმაგრის მომატებაზე და ბოლში ტოქსიკური ნივთიერებების მაღალ დონეზე.

როგორც ამერიკელი მეცნიერების გამოკვლევებმა აჩვენეს [39], თამბაქოში ნიკოტინის შემცველობა ძლიერად და პირდაპირ კორელაციაშია ბოლში მშრალი კონდენსატის შემცველობასთან, რომელიც წარმოადგენს ტოქსიკურობის საყოველთაოდ მიღებულ მაჩვენებელს. თამბაქოს ნედლეულში ნიკოტინის კონცენტრაციის მომატება დამოკიდებულია უპირველეს ყოვლისა თამბაქოს მოყვანის აგროეკოლოგიური პირობების დარღვევებთან, აზოტშემცველი სასუქების მაღალ დოზებთან და აღებისშემდგომი დამუშავების ტექნოლოგიის არასწორად წარმართვასთან. ამასთან დაკავშირებით აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს ამ საკითხზე ელემენტარული წესრიგის დამყარება თამბაქოში ნიკოტინის შემცველობაზე მოქმედი კონტროლის საფუძველზე.

დღეისათვის არსებობს უამრავი რაოდენობა სხვადასხვა მეთოდებისა, რომლებიც საშუალებას იძლევა საკმაოდ ზუსტად განისაზღვროს ეს ალკალოიდი. სტანდარტულის სახით რეკომენდებულია სპექტროფოტომეტრული მეთოდი [7], რომელიც დამყარებულია თამბაქოს დისტილიატის განსაზღვრაზე ულტრაიისფერ არეში. უფრო მარტივ მოდიფიკაციას წარმოადგენს თამბაქოს დუღილი გააქტიურებულ ნახშირთან და შემდგომ სპექტროფოტომეტრული გაზომვების ჩატარება [47].

ყურადღებას იმსახურებს აგრეთვე თამბაქოში ნიკოტინის დონის განსაზღვრის მეთოდი, რომელიც შემოთავაზებული იქნა ი.გ. მოხნაჩევისა და სხვათა მიერ [107]. მაგრამ ყველა ეს მეთოდი საკმაოდ შრომატევადია და მოითხოვს არა ყოველთვის ხელმისაწვდომი ლაბორატორიული დანადგარების გამოყენებას. ამიტომ ჩვენს მიერ განხორციელდა გამოკვლევა, რომელიც საშუალებას იძლევა რეკომენდებული იქნას

ქარხნის ლაბორატორიაში ნიკოტინის განსაზღვრის მარტივი და სწრაფი მეთოდის პრაქტიკული გამოყენება. ამ მეთოდის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში (ნახ.8).



ნახ.8. ხელსაწყო ნიკოტინის გადადენისათვის

1. გადამდენი კოლბა; 2. გამომავალი მილი წვეთდამჭერით
3. მიმღები ჭიქა; 4. ელექტროლუმელი

200 მლ ტევადობის ერლენმეიერის კოლბაში (1) ათავსებენ 1გ თამბაქოს (თამბაქოს მტვერს), ამატებენ დაახლოებით იმდენივე $NaOH$ და $NaCl$, ასხამენ დაახლოებით 50 მლ წყალს და უერთებენ გამავალ მილს (2) იმავდროულად ჭიქაში (3) ასხამენ ფოსფორ-ვოლფრამის მჟავის მოცემული კონცენტრაციის ხსნარს, ნიკოტინის მოცემული დონისათვის ფოსფორ-ვოლფრამის მჟავის კონცენტრაცია მოცემულია შრომაში [107]. შემდეგ კოლბას (1) გამავალი მილით ათავსებენ ელექტროქურაზე (4) ისე, რომ გამავალი მილის (2) ბოლო ჩაყვინთული იყოს ჭიქაში

3). ამის შემდეგ გაცხელების გზით ახდენენ კოლბაში (1) მოთავსებული სითხის სწრაფ აორთქლებას. ამასთან წყლის ორთქლთან ერთად კოლბიდან (1) ხსნარის მოშორების შემდეგ გაცხელებას წყვეტენ, ჭიქას (3) გამოართებენ, მასში მოთავსებულ სითხეს კარგად აურევენ და ამატებენ დრაგენდორფის რეაქტივის რამდენიმე წვეთს. თუკი თამბაქოში ნიკოტინის შემცველობა აჭარბებს მოცემულ დონეს, ხსნარი შეიღებება წითლად, და პირიქით, შეღებვას ადგილი არა აქვს, თუ თამბაქოში ნიკოტინის დონე მოცემულზე ნაკლებია.

ნიკოტინის დონის განსაზღვრის ხანგრძლივობა შეადგენს დაახლოებით 20 წთ-ს, მაგრამ ერთდროულად შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას რამდენიმე ზემოთაღწერილი მარტივი მოწყობილობა, რაც საშუალებას მოგვცემს ერთმა ლაბორანტმა დღის განმავლობაში ჩაატაროს 25-მდე თამბაქოს ნედლეულის ნიმუშის ანალიზი.

ახლა შევჩერდეთ მეორე, საფერმენტაციო ქარხანაში თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის კონტროლის ორგანიზაციის რამდენადმე უფრო შორეულ ეტაპზე. თავის დროზე ი.გ. მოხნაჩევმა [55] შემოგვთავაზა საფერმენტაციო ქარხნის ლაბორატორიაში სპექტროფოტომეტრული „უი-მეთოდის“ გამოყენება თამბაქოს ხარისხის ყველა მაჩვენებლის კომპლექსური შეფასებისათვის. ეს საკმაოდ მარტივი და ჩქარი მეთოდი საშუალებას იძლევა შრომისნაყოფიერების 25-ჯერ მეტად ამაღლებისა, ამ მეთოდის დახმარებით შესაძლებელია სწრაფად იქნას მიღებული სრული ინფორმაცია თამბაქოს ხარისხზე და გაიცეს ხარისხის სერთიფიკატი, ამის საფუძველზე პრინციპში შესაძლებელია თამბაქოს ნედლეულზე მეცნიერულად დასაბუთებული ფასის ფორმირების განხორციელება [56]. „უი-მეთოდის“ გამოყენების შესაძლებლობა დადასტურებულია მრავალი სამეცნიერო გამოკვლევით [36, 57, 68, 70, 71, 73, 74, 114, 115, 116]. კერძოდ, ჩვენ ზემოთ ვაჩვენეთ ამ მეთოდის გამოყენება თამბაქოს ნედლეულის დაფერმენტების განსაზღვრისათვის. ამ მიმართულებით კვლევის გაგრძელებით ჩვენ შევეცადეთ გამოგვეყენებინა „უი-მეთოდი“ თამბაქოს ნედლეულში ნიკოტინის შემცველობის განსაზღვრისათვის (ალკალოიდების ჯამი A_T ნიკოტინზე გადაანგარიშებით).

საწყისი მასალა თამბაქოში ალკალოიდების A_T შემცველობასა და სპექტრალურ მახასიათებლებს შორის დამოკიდებულების დადგენისათვის მიღებული იქნა თამბაქოს ნედლეულის 81 ნიმუშის ანალიზის შედეგი. ექსპერიმენტული მასალა აღებული იქნა იმერეთის რეგიონის კერძო სექტორში კულტივირებული თამბაქოს ნედლეულის სახით, გარდა ამისა გამოყენებული იქნა საქართველოში მოწოდებული თურქული იმპორტული ნედლეული. ყველა ნიმუშში ალკალოიდების შემცველობის განსაზღვრის სტანდარტული სპექტროფოტომეტრული მეთოდის დახმარებით, აგრეთვე „უი-მეთოდის“ საშუალებით, მიღებული იქნა თამბაქოს წყლიანი ექსტრაქტის სინათლის გატარების A_i მნიშვნელობების სპექტროფოტომეტრული მონაცემები. ალკალოიდების შემცველობის A_T დონესა და სპექტროფოტომეტრულ მონაცემებს A_i შორის მათემატიკური დამოკიდებულება, დამყარებული იქნა წრფივი რეგრესიული ანალიზის ცნობილი მეთოდების გამოყენებით.

თამბაქოში ნიკოტინის შემცველობის სპექტროფოტომეტრულ გაზომვებთან დამაკავშირებელი რეგრესიის განტოლების მიღებისათვის გაანალიზებული იქნა (როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ) 81 თამბაქოს ნიმუში, რომლებშიც პროტოტიპად აღებუ-

ლი აღნიშნული მეთოდის დახმარებით წინასწარ იქნა განსაზღვრული თამბაქოში ნიკოტინის შემცველობა.

მოცემული ამოცანის გადაწყვეტისათვის საჭირო თამბაქოს ნიმუშების მინიმალური აუცილებელი რაოდენობა განსაზღვრული იქნა შემდეგი პირობების საფუძველზე:

თამბაქოს ნედლეულში ნიკოტინის შემცველობის მაჩვენებლის მიხედვით არჩევის საკმარისი მოცულობა რეგრესიის განტოლების პარამეტრების შეფასებისათვის შეფასებული იქნა ფიშერის კრიტერიუმით [22]

$$F_i = \frac{S_i^2}{S_{\text{BAMK},i}^2}$$

სადაც S_i^2 – მკვლევარის მიერ შეგროვილი i -ური მაჩვენებლის დისპერსიის შეფასებაა;

$S_{\text{BAMK},i}^2$ – i -ური მაჩვენებლის განსაზღვრის მეთოდის დისპერსიის შეფასებაა.

დისპერსიის შეფასება გამოითვლება ფორმულით:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (Y_j - \bar{Y})^2}{N-1}$$

სადაც Y_j და \bar{Y} – შესაბამისად j -ური და მაჩვენებლის ($i = 1 \dots N$) საშუალო მნიშვნელობაა;

N – არჩევის ზომაა.

ეგმ-ზე მიღებული საანგარიშო მონაცემები შემდეგია:

- საშუალო მაჩვენებელი $\bar{Y} = 18,528$;
- საშუალო კვადრატული გადახრა $S_i = 2,989$;
- დისპერსია $S_i^2 = 8,9341$;

მეთოდის განსაზღვრის მონაცემები შემდეგია:

- მეთოდის განსაზღვრის ცდომილება $\varepsilon = 3,0\%$.
- საშუალო კვადრატული გადახრა $S_{\text{BAMK},i}^2$.

$$S_{\text{BAMK},i} = \frac{\varepsilon_{\text{უძფარ.}} \cdot \sqrt{n}}{t} = \frac{\varepsilon_{\text{BAMK}} \cdot \bar{Y} \cdot \sqrt{n}}{t \cdot 100}$$

სადაც: $\varepsilon_{\text{უძფარ.}}$ – i -ური მაჩვენებლის განსაზღვრის მეთოდის ცდომილებაა;

$n - i$ – ური მაჩვენებლის ($n = 5$) პარალელური გაზომვის რიცხვია;

t – სტიუდენტის კრიტერიუმია.

$$t_{0,95}; n-1 = 2,776 \quad [22]$$

$$t_{0,95}; \frac{N-1}{n-1} = 5,68 \quad [22]$$

v – დისპერსია $S_{\text{BAMK.}}^2 = 0,1069$.

ამის შემდეგ; ვპოულობთ ფიშერის კრიტერიუმს.

$$F_i = \frac{8,9841}{0,1069} = 83,57.$$

F_i – ის კრიტერიუმის საანგარიშოს ვადარებთ ცხრილურ მონაცემებს:

$t_{0,95}; \frac{N-1}{n-1}$. რადგანაც $F_i > F_{0,95}; \frac{N-1}{n-1}$ თავისუფლების ხარისხის რიცხვისას $f_1 = N-1$

და $f_2 = n-1$, მაშინ თამბაქოში ნიკოტინის განსაზღვრისათვის აღებული განსაზღვრის მოცულობა აღმოჩნდა საკმარისი.

ამრიგად, თამბაქოს 81 ნიმუში აღმოჩნდა საკმაოდ საკმარისი შესაბამისი რეგრესიის განტოლების რეკომენდირებისათვის. თანამედროვე მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებისა და ეგმ-ის გამოყენების საფუძველზე.

თამბაქოში ნიკოტინის შემცველობის განსაზღვრისათვის შემოთავაზებულია რეგრესიის შემდეგ განტოლება:

$$A_T = 20,497 + 4,498T_{330} - 4,042T_{260} + 3,598T_{265} + 6,680T_{250} - 5,546T_{255} - 1,758T_{320} - 2,949T_{335} - 1,247T_{325} + 0,096T_{345} + 1,994T_{315} - 1,433T_{295} + 0,817T_{285} - 0,745T_{310} + 0,379T_{305} - 0,274T_{240} + 2,638T_{205} - 0,976T_{210}$$

აქ: A_T – ნიკოტინის შემცველობაა თამბაქოში, მგ/გ აბსოლუტურად მშრალ თამბაქოზე;

T_i – სინათლის გატარებაა ტალღის მოცემულ სიგრძეზე i , %.

მიღებული რეგრესიის განტოლება ხასიათდება შემდეგი სტატისტიკური მაჩვენებლებით:

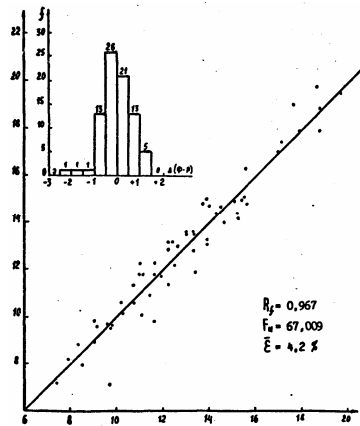
- კორელაციის მრავლობითი კოეფიციენტი $R_f = 0,967$;
- ფიშერის კრიტერიუმი $F_u = 67,009$;
- საშუალო ფარდობითი ცდომილება $\bar{\varepsilon} = 4,2\%$.

რეგრესიის განტოლების მნიშვნელობა შემოწმებული იქნა იმ პირობებით, რომ ფიშერის კრიტერიუმის საანგარიშო მეტი იყო ცხრილურზე 5% დონისა და თავისუფლების ხარისხის რიცხვისას $f_1 = N-1$ და $f_2 = N-K-1$ [22]. შედეგად აღმოჩნდა,

რომ განტოლება მნიშვნელოვანია 5% დონისას, რადგანაც $F_i > F_{0,95}; \frac{N-1}{n-1} = 1,50$ ($K = 18$ განტოლების კოეფიციენტების რიცხვია).

ამრიგად, შეიძლება ვთქვათ, რომ შესაძლებელია საანგარიშო გზით სპექტროფოტომეტრული გაზომვების საშუალებით განვსაზღვროთ თამბაქოში ალკალიოიდების შემცველობა A_T (მგ/გრ აბს.მშრ.ნივთიერებაზე).

დამოკიდებულება ფაქტიურ და საანგარიშო მონაცემებს შორის წარმოდგენილია ნახ.9. ამ ნახაზის ზედა ნაწილში ჰისტოგრამის სახით ნაჩვენებია უარყოფითი (განმასხვავებელი) და ფაქტიურ და საანგარიშო მონაცემებს შორის განსაზღვრის მონაცემები.



???? ალკალიოიდების ფაქტიური შემცველობა, მგ/გ.

ალკალიოიდების საანგარიშო შემცველობა,

ნახ.9. ურთიერთკავშირი თამბაქოს ნედლეულში ალკალიოიდების შემცველობის ფაქტიურ და საანგარიშო მონაცემებს შორის

საერთოდ ძირითადი მასის გადახრა ვარირებს ზღვრებში $\pm 1,0$ მგ/გ. აბს.მშრალ თამბაქოზე.

იმის გათვალისწინებით, რომ საწყის მასალას გააჩნდა ნორმალური განაწილებიდან გადახრა, მოვახდინეთ მისი მათემატიკური დამუშავება „ნიმუშის ამოცნობის“ მეთოდით, რომელიც აღწერილი იყო თავში 3.1.1.

თამბაქოში ალკალიოიდების შემცველობისათვის ინტერვალთა საზღვრები შემდეგია:

1 კლასი: 6,100-8,147;

- 2 კლასი: 8,148-10,195;
- 3 კლასი: 10,195-12-243;
- 4 კლასი: 12,244-14,291;
- 5 კლასი: 14,292-16,339;
- 6 კლასი: 16,340-18,387;
- 7 კლასი: 18,388-22,483.

ინფორმატიული ნიშნების ვექტორი შეიცავს 11 ნიშანს – სინათლის გატარების მნიშვნელობებს ტალღის სხვადასხვა სიგრძეზე, რომლებიც ინფორმატიულობის კლასთან ერთად განაწილდა შემდეგი სახით:

$$T_{230}, T_{220}, T_{215}, T_{240}, T_{210}, T_{275}, T_{295}, T_{325}, T_{230}, T_{345}, T_{260}.$$

დისკრიმინანტული ფუნქციების სისტემა, რომლებიც საშუალებას იძლევა განსაზღვროს თამბაქოს მიკუთვნება ამა თუ იმ კლასზე, წარმოადგენს შემდეგს:

$$g_1 = (T_{235} - 36,867) \times 20,549 + (T_{220} - 46,867) \times 0,525 + \dots (T_{260} - 51,920) \times 2,738 \times 10^{-2} \times (T_{235} - 36,867) + \dots (T_{235} - 36,867) \times 2,738 + (T_{220} - 46,867) \times (-1,677) + (T_{260} - 51,920) \times 26,545 \times 10^{-2} \times (T_{260} - 51,920);$$

?????

$$g_7 = (T_{235} - 48,200) \times 20,849 + (T_{220} - 48,200) \times 0,525 + (T_{260} - 58,200) \times 2,738 + 10^{-2} \times (T_{235} - 48,200) + \dots (T_{235} - 48,200) \times 2,738 + (T_{220} - 48,200) \times (-1,677) + \dots (T_{260} - 58,200) \times 26,545 \times 10^{-2} \times (T_{260} - 58,200).$$

ეს სისტემა დგება და ამოიხსნება ჩვენს მიერ სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლების გაზომვის შედეგების ცხრ.32-ში წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე.

ამოცნობის შედეგები ახასიათებს შემდეგ მნიშვნელობებს;

$$P_U = 0; P_R = 0; P_\infty = 0; D = 0$$

ნიმუშის ამა თუ იმ კლასზე მიკუთვნების მაღალი სიზუსტე საშუალებას იძლევა ამ ხერხს რეკომენდაცია გავუწიოთ პრაქტიკული გამოყენებისათვის. თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის კომპლექსური შეფასებისათვის „უი-მეთოდის“ ფართო გამოყენებაზე დიდი მნიშვნელობის მინიჭებისას ჩვენ შევეცადეთ შეგვეფასებინა მისი ინფორმატიულობა ბიტებში ცნობილ მეთოდებთან შედარებით. ასეთი მონაცემები საინტერესოს წარმოადგენენ აგრეთვე მთელი სისტემის შემდგომი ტექნო-ეკონომიკური შეფასებისათვის.

ინფორმატიულობის გაანგარიშებისათვის ვისარგებლეთ სამუშაოში [26] მოცემული მონაცემებით. ხარისხის ნებისმიერი მაჩვენებლის ანალიზისას შეიძლება თანაბარალბათურად ველოდოთ ამ მაჩვენებლის „ m “ მნიშვნელობას მისი ვარირების ინტერვალში. ამ შემთხვევაში ინფორმაციის მაქსიმალური მოცულობა H (ბიტი) შეიძლება გამოთვალოს ფორმ ულით:

$$H = ldm = 3,32 \lg m \text{ ბიტი}$$

ხარისხის ნებისმიერი მაჩვენებლის მდგომარეობის (მნიშვნელობის) m ანგარიშისათვის საჭიროა ვიცოდეთ განსაზღვროს მეთოდის სიზუსტე $\varepsilon(\%)$, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოთვლილ იქნას სანდოობის ინტერვალი.

$$\pm \Delta \bar{Y} = \frac{(A_{\max} - A_{\min}) \cdot \varepsilon}{2 \cdot 100}$$

სადაც A – შესასწავლი ხარისხის მაჩვენებლის შესაბამისად მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობაა, ხოლო საერთოდ $(A_{\max} - A_{\min})$ ამ მაჩვენებლის ვარირებაა;

და ბოლოს, თუ ვიცით $\pm \Delta \bar{Y}$, გამოვთვლით m –ს:

$$m = \frac{(A_{\max} - A_{\min}) \cdot \varepsilon}{2 \cdot \Delta \bar{Y}} = \frac{100}{\varepsilon}, \text{ აქედან:}$$

$$H = 3,32(2 - \lg \varepsilon) \text{ ბიტი}$$

მიღებული შედეგები მოწმობენ, რომ თუნდაც რეგრესიის განტოლების გამოყენებისას, რომელიც უზრუნველყოფს საერთო შედეგების უფრო დაბალ სიზუსტეს რუტინულ მეთოდებთან შედარებით, შესაძლებელი ხდება მიღებული იქნას ინფორმატიულობის მაღალი დონე (მთლიანად 8%-ით ნაკლები რუტინულ მეთოდებთან შედარებით) მაგრამ თუ გამოვიყენებთ „ნიმუშების ამოცნობის“ შედეგებს, მაშინ ამ შემთხვევაში ცდომილება პრაქტიკულად უტოლდება რუტინული მეთოდების ცდომილებას. ამიტომ ინფორმაციის დონეც იქნება იგივე, რაც რუტინული მეთოდებისას.

ხარისხის კომპლექსური შეფასების სისტემის პრაქტიკულ გამოყენებას სპექტროფოტომეტრული გაზომვების ბაზაზე, მივყევართ ანალიზის ორგანიზაციის ძირეულ ცვლილებებამდე, მათ გამარტივებამდე და გაიაფებამდე, კონკრეტულად ეს ვლინდება შემდეგში:

თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის კომპლექსური შეფასებისათვის (13 მაჩვენებლის მიხედვით) ჩვეულებრივი (რუტინული) მეთოდების გამოყენებისას აუცილებელია პროცედურების დიდი რიცხვის შესრულება, რაც უკავშირდება მნიშვნელოვან შრომით დანახარჯებს. ამ პროცედურების თანმიმდევრობა და მათი შრომატევადობა (კაც/დღე) სქემის სახით ნაჩვენებია ნახ.10–ზე. ამავე დროს ყველაზე მინიმალური

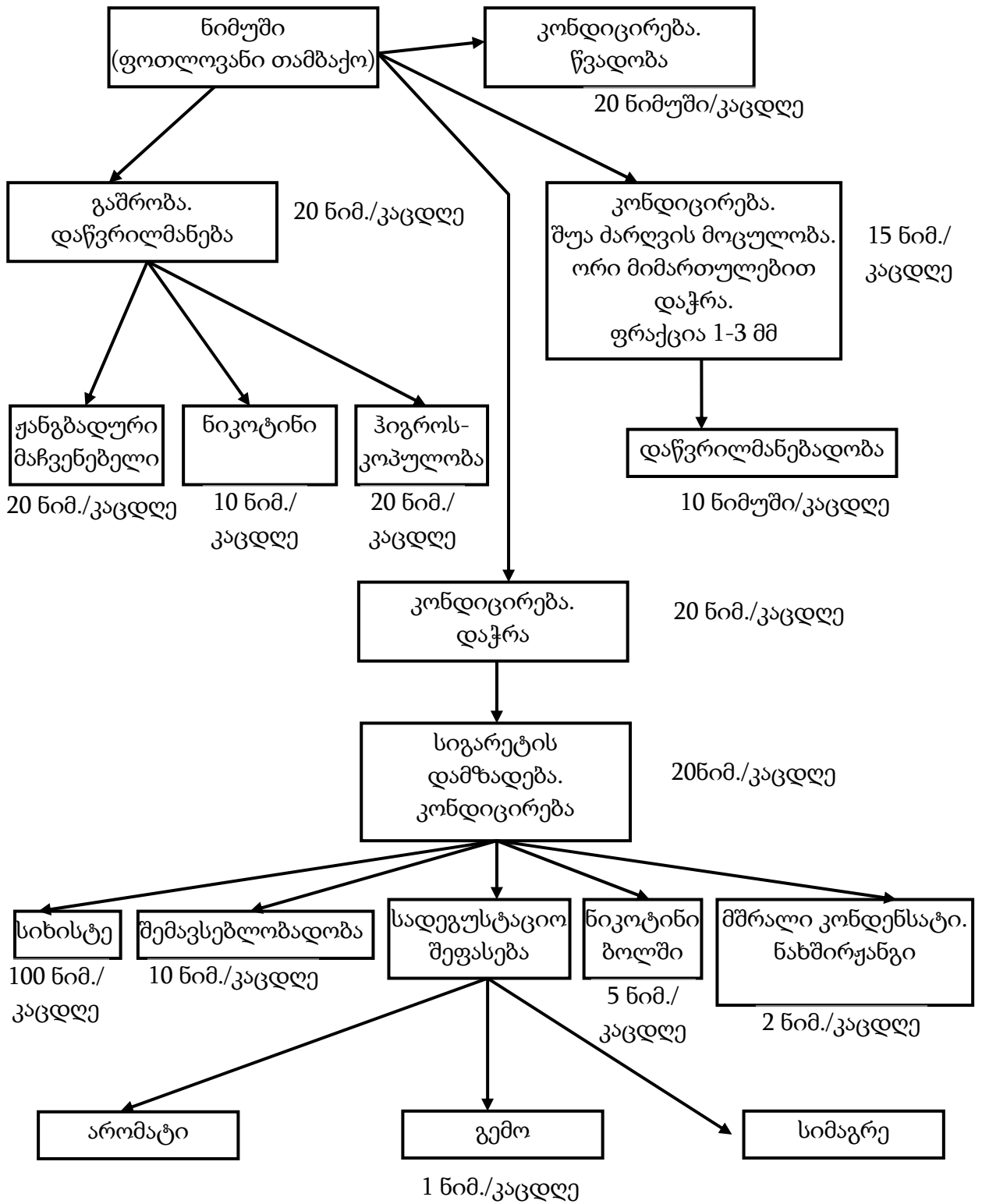
გათვლებით „უი-მეთოდის“ გამოყენებისას საჭიროა: გაშრობა და დაწვრილმანება – 20 ნიმუში/კაცდღე; სპექტროფოტომეტრული ანალიზი – 15 ნიმუში/კაცდღე.

ამ მონაცემთა საფუძველზე მოვახდინეთ შრომითი დანახარჯების ანგარიში თამბაქოს ნედლეულის 1000 ნიმუშის ანალიზზე ხარისხის 13 მაჩვენებლის მიხედვით. შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.13-ში.

მონაცემების ანალიზი აჩვენებს, რომ სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენებისას და შრომატევადობის მკვეთრი ცვლილებისას შრომისნაყოფიერება მალდება 20-ჯერ მეტად:

$$2476/116=21.$$

ახლა გავაკეთოთ ანალიზების საშუალო დღიური რაოდენობის და მათი შრომატევადობის ანგარიში მთელი თამბაქოს ნედლეულის მასიური ანალიზების ორგანიზაციის შემთხვევაში. ერთი პარტიის მოცულობა, რომელიც უნდა შეფასდეს კომპლექსურად, შეადგენს 1 ტონას (შემრევის მოცულობა).



ნახ.10. თამბაქოს ნედლეულის კომპლექსური ანალიზის ორგანიზაციისა და შრომატევადობის საერთო სქემა (13 მაჩვენებელი) საყოველთაოდ მიღებული მეთოდების დახმარებით

ცხრილი 13

შრომის დანაკარგების გაანგარიშება 1000 ნიმუშის ანალიზზე ხარისხის 13 მაჩვენებლის მიხედვით

ოპერაციები	საყოველთაოდ მიღებული მეთოდები		სპექტროფოტომეტრული ანალიზი	
	წარმადობა, ნიმუში/კაცდლე	შრომის დანაკარგები, კაცდლე/1000 ნიმუში	წარმადობა, ნიმუში/კაცდლე	შრომის დანაკარგები, კაცდლე/1000 ნიმუში
შრობა, დაწვრილმანება	20	50	20	50
ჟანგბადური მაჩვენებელი	10	100		
ნიკოტინი (თამბაქოში)	10	100		
ჰიგროსკოპულობა	20	50		
კონდიცირება, წვადობა	20	50		
კონდიცირება, ფრაქცია 1-3 მმ	15	66		
დაწვრილმანება	10	100		
კონდიცირება-დაჭრა	20	50		
სიგარეტების დამზადება	20	50		
შემავსებლობადობა	10	100		
სიხისტე	100	10		
ნიკოტინი (ბოლში)	5	200		
მშრალი კონდენსატი, ნახშირჟანგი	2	500		
სადეგუსტაციო შეფასება	1	1000		
სპექტროფოტომეტრული ანალიზი			15	66
სულ		2476		116

მამასადამე, პარტიის საერთო რიცხვი და ანალიზისათვის საჭირო ნიმუშები შეადგენს 400 ათასს. ფერმენტაციის სეანსის დრო, რომლის განმავლობაშიც აუცილებელია ანალიზის ჩატარება აღწევს 200 დღეს. მაშინ ყოველდღიურად საჭიროა მოხდეს $400\ 000/200=2000$ ნიმუშის ანალიზი. ამ ანალიზების ჩატარებისათვის საჭირო შრომითი დანახარჯები შეადგენს: საყოველთაოდ მიღებული მეთოდებით $2376\text{ქ}2=4752$ კაცდღეს; სპექტროფოტომეტრული მეთოდით $116\text{ქ}2=232$ კაცდღეს.

ძირეულ ეკონომიკურ ინტერესს წარმოადგენს მონაცემები მასიური ანალიზის უზრუნველყოფისათვის ლაბორატორიული დანადგარების შეძენის დანახარჯებზე. შესაბამისი გაანგარიშებები წარმოდგენილია ცხრ.14-ში. ამ მონაცემების ანალიზი გვაჩვენებს, რომ რუტინული ანალიზების განხორციელება მოითხოვს ლაბორატორიული დანადგარების შეძენისათვის დანახარჯების 100-ჯერ მეტად გაზრდას. ამასთან

საჭიროა მხედველობაში მიღებულ იქნას, რომ საჭირო დანადგარები იმპორტულია და მათი შეძენა დაკავშირებულია სავალუტო გადახდებთან. გარდა ამისა, დანადგარების განთავსებისა და ექსპლოატაციისათვის აუცილებელია ახალი ლაბორატორიული სათავსოების მშენებლობა. ყველა ეს შეზღუდვა იხსნება სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში.

ახლა გავაკეთოთ ხელფასის ფონდის ანგარიში. ჩვეულებრივი მეთოდებით მასიური ანალიზის შესრულებისათვის წლიურად საჭიროა:

$$2376 \text{ კ} \cdot 400 = 950400 \text{ კაცდღე}$$

ლაბორანტის საშუალო ხელფასისას 100 ლარი 25 სამუშაო დღის მანძილზე 1 კაცდღის ფასი შეადგენს $100/25 = 4$ ლარს.

მაშინ ხელფასის წლიური ფონდი ტოლი იქნება:

$$950400 \text{ კ} \cdot 4 = 46400 \text{ კაცდღე}$$

ამ შემთხვევაში ხელფასის ფონდი შეადგენს:

$$46400 \text{ კ} \cdot 4 = 175600 \text{ ლარს}$$

ამრიგად, სპექტროფოტომეტრული მეთოდის გამოყენება ამცირებს ხელფასის ფონდს 20-ჯერ უფრო მეტად.

ცხრილი 14

ლაბორატორიული დანადგარების ანგარიში თამბაქოს ნედლეულის 2000 ნი-
მუშის ყველდღიური ანალიზისას

ოპერაცია	ლაბორატორიული დანადგარის დასახელება	მწარმოებლობა, ნიმუში/დღე	საჭირო რაოდენობა, ცალი	დანადგარის ღირებულება, ათასი ლარი*	
				ერთეულის	სულ
1	2	3	4	5	6
სპექტროფოტომეტრული ანალიზი					
გაშრობა. დაწვრილმანება	საშრობი კარადა КРУТ ელექტროწისქილი, გამზნევი ЗЛТ	20	100	0,384	38,4
		20	100	0,025	2,5
		40	50	0,167	8,35
სპექტროფოტომეტრია	წყლის აბაზანა ЛБ-4, სპექტროფოტომეტრი, СФ-26, მიკროკალკულატორი	30	33	0,102	3,37
		30	66	5,310	350,46
		30	66	2,30	19,8
სულ					422,88
საყოველთაოდ მიღებული მეთოდები					
გაშრობა. დაწვრილმანება	საშრობი კარადა КРУТ ელექტროწისქილი, გამ-	20	100	0,384	38,4
		20	100	0,025	2,5

	ბნევი 3JT	40	50	0,167	8,35
ჟანგბადური მაჩვენებელი	შუტელ-აპარატი	20	100	0,246	24,6
ნიკოტინი (თამბაქოში)	ბორგვალდის გადამდე- ნი აპარატი (გერმანია)	10	200	0,291	58,2
	სპექტროფოტომეტრი CΦ26	30	66	5,310	350,46
კონდიციონირება წვადობა	ბორგვალდის კლიმა- ტური კარადა 04/16 (გერმანია), ხელსაწყო ანთებისათვის	10	200	23,351	4670,2
		20	100	0,020	2,0
კონდიციონირება ფრაქცია 1-3 მმ	ბორგვალდის კლიმა- ტური კარადა 04/16 (გერმანია) საჭრელი დაგზა APC გამზნევი 3JT	10	200	23,351	4670,2
		15	133	0,806	107,2
		40	50	0,167	8,35
დაწვრილმა- ნებადობა	ელექტროსასწორი (გერ- მანია), აპარატი დაწ- ვრილმანებისათვის	200	10	1,540	15,4
		10	200	0,380	76,0
კონდიციონირება	ბორგვალდის კლიმა- ტური კარადა 04/16 (გერმანია)	10	200	23,351	4670,2
დაჭრა	საჭრელი დაგზა JPC	15	133	0,806	107,2
სიგარეტის დამზადება	ლაბორატორიული სი- გარეტის მანქანა „ჰაუ- ნი-ბები“ (გერმანია)	20	100	23,569	2356,9
შეკრების უნა- რიანობა	ბორგვალდის სისტემის ხელსაწყო ნაფაზის გან- საზღვრისათვის (გერმა- ნია)	10	200	3,542	808,4
სიხისტე	ბორგვალდის დენსი- მეტრი (გერმანია)	100	20	6,123	122,46
ნიკოტინი (ბოლში)	მოსაწევი მანქანა (გერ- მანია PM 1/6 ბორგვალ- დის	10	200	44,653	8930,6
	ბორგვალდის გადამდე- ნი აპარატი (გერმანია)	10	200	0,291	58,2
	სპექტროფოტომეტრი CΦ-26	30	66	5,310	350,46
მშრალი კონ- დენსატი ნახ- შირჟანგი	მოსაწევი მანქანა (გერ- მანია PM 1/6 ბორგვალ- დის	10	200	44,653	8930,6
	ელექტროსასწორები	200	10	1,540	15,4

	(გერმანია)				
	CO-ს განსაზღვრის ხელსაწყო (გერანია)	10	200	7,753	1550,6
სულ					42518,48

*შენიშვნა: ფასები აღებულია ინტერნეტიდან [182-184].

ზემოთ ჩვენს მიერ განხორციელებული იქნა თამბაქოს კომპლექსური ანალიზის ინფორმატიულობა. მან შეადგინა 54,59 ბიტი ჩვეულებრივი მეთოდისათვის და 50,07 ბიტი სპექტროფოტომეტრული მეთოდის რეგრესიის განტოლებების გამოყენებით. ინფორმაციის მიღებაზე (ბიტებში) დანახარჯების გაანგარიშების შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.14-ში.

ცხრილი 14

ინფორმაციის დანახარჯები განსაზღვრის მეთოდებზე

დასახელება	ჩვეულებრივი მეთოდები	სპექტროფოტომეტრული მეთოდი
ინფორმაციის მოცულობა, ბიტი/ლაბორანტი	22,98	431,64
ხელფასის ფონდის დანახარჯები, ლარი/ბიტი	0,174	0,009
დანახარჯები დანადგარებზე, ლარი/ ბიტი	778869	8445

ამ მონაცემების ანალიზი აჩვენებს, რომ ერთეულ ინფორმაციაზე „ბიტი“ დანახარჯებით სპექტროფოტომეტრულ მეთოდს გააჩნია აუცილებელი უპირატესობა ჩვეულებრივ მეთოდებთან შედარებით. საჭიროა აგრეთვე იმის გავთვალისწინება, რომ შრომის ნაყოფიერება „უი-მეთოდის“ გამოყენებისას შეიძლება ძირეულად ამაღლდეს, თუკი სპექტრომეტრს (მაგალითად CΦ-26) შევავრთებთ პერსონალურ კომპიუტერთან; ამ შემთხვევაში დამატებითი დანახარჯები მცირეა, ხოლო ლაბორანტის მუშაობა მნიშვნელოვნად მსუბუქდება, რადგანაც გამოირიცხება სპექტროფოტომეტრული მონაცემების ჟურნალში დაფიქსირების აუცილებლობა და დიდი მოცულობის ანგარიშის განხორციელება რეგრესიის განტოლებებით. ამის გამო ორ ლაბორანტს შეუძლია დღეში განახორციელოს თამბაქოს ნედლეულის არანაკლებ 50 ნიმუშის ანალიზი.

3.1.5. მიღებული შედეგების განხილვა

ექსპერიმენტული ნაწილის წინა თავებში ჩვენ საკმაოდ დაწვრილებით განვიხილეთ და დავასაბუთეთ ტექნოლოგიური შესაძლებლობები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას თამბაქოს ქარხნული ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის (აერობული ფერმენტაცია) და ამასთან ენერგოდანაკარგების შემცირებისათვის. ზემოთწარმოდგენილის რეზიუმირებით მიზანშეწონილად ითვლება პრაქტიკულად გამოყენებულ იქნას სამი ტექნოლოგიური ოპერაცია:

– მე-2 ფაზის დროის შემცირება თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციისას საწყობში ხანგრძლივი დროით შენახვის დროს;

– ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ოპტიმალური ხანგრძლივობის არჩევა ფერმენტაციაზე მიწოდებული თამბაქოს ნედლეულის შემადგენლობის სპექტროფოტომეტრული კონტროლის საფუძველზე;

– ფერმენტაციული პროცესის ციკლის შემცირება და ნაწილობრივ დაუფერმენტებელი ნედლეულის წარმოება მისი შემდგომი ხანგრძლივი „დაძველების“ განხორციელებით.

ესენია ფერმენტაციული პროცესების ინტენსიფიკაციის რეალური შესაძლებლობები. როგორც ვხედავთ, ყველა შემთხვევაში არსებითად საკითხი ეხება ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ხანგრძლივობის რეგულირებას. ამიტომ იზადება კითხვა: არის თუ არა პერსპექტივები 1-ლი და მე-3 ფაზის დროის შემცირებისა? ე.გ. ტრუბნიკოვის და სხვათა [98] შრომაში მითითებულია საკითხები ფერმენტაციის პროცესების ავტომატური მართვის სისტემის შემუშავებისა და დანერგვის აუცილებლობაზე. შემდგომში ი.ს. კოგანმა და სხვ. [108] შემოგვთავაზეს ფერმენტაციის პროცესის დაჩქარების ხერხი გაცხელების (1-ლი ფაზა) და გაცივების (მე-3 ფაზა) სტადიების დროის შემცირების ხარჯზე. საფერმენტაციო დანადგარის პირველ ნაკვეთურში წარმოებს თამბაქოს ტემპერატურის გაზომვა საკონტროლო შეკვრის ცენტრში, ჰაერის ტემპერატურის გაზომვა საკონტროლო შეკვრის განაპირა შრის ორ წერტილში, აგრეთვე ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის გაზომვა.

1-ლი ფაზის გაცხელების რეგულირებას ახორციელებენ $i - d$ დიაგრამის დახმარებით გამოთვლილი ცვარის წერტილის მიხედვით. ტემპერატურა განაპირა შრის

თბურ წერტილში უნდა შეესაბამებოდეს ცვარის წერტილს და ავტომატურად კორექტირდება. მე-3 ფაზაში კი (საფერმენტაციო მანქანის გაცივების ნაკვეთური) აწარმოებენ იგივე გაზომვებს. მაგრამ შეკვრის განაპირა შრის თბური გარე თავისუფალ ზედაპირზე მდებარე წერტილისათვის ადგენენ არა ცვარის წერტილის, არამედ თამბაქოს დადგენილი წონასწორული ტენის შესაბამის ტემპერატურას (მაგალითად, წონასწორული ტენი 16% და მისი შესაბამისი $\varphi = 65\%$).

ფერმენტაციის პროცესების მართვის ასეთი ხერხის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ იგი ძალიან რთული და არასრულყოფილია. განსაკუთრებით უცნაურ შთაბეჭდილებას ახდენს გაცივების მექანიზმი, რისთვისაც საჭიროა თამბაქოს წონასწორული ტენიანობის ცოდნა. მაგრამ რა სახით უნდა მოხდეს მისი გაზომვა, თუკი ფერმენტაციის დროს ეს მაჩვენებელი ძირეულად იცვლება? ამ საკითხზე პასუხი არ არის და არც შეიძლება იყოს.

ფერმენტაციის 1-ლი ფაზის მკვეთრი დაჩქარებისათვის, ჩვენი აზრით, გაცივებით უფრო დიდ ინტერესს იმსახურებს თამბაქოს შეკვრის დიელექტრიკული გაცხელება. ლ. გუზელოვისა და სხვათა მიერ [25] ჩატარებული ცდებით სერიულ მაღალი სიხშირის გენერატორზე (6 KW , სიხშირე 27, 12 მჰც) ნაჩვენები იქნა, რომ თამბაქოს შეკვრის გაცხელება შესაძლებელია 80°C -მდე 8-12 წთ-ში. ყველა ეს, რა თქმა უნდა, დამოკიდებულია გენერატორის სიმძლავრეზე. ამიტომ გაცხელების დრო შესაძლებელია კიდევ უფრო შემცირდეს. თამბაქოს ნედლეულის გაცხელების ასეთი ხერხი ძალიან კარგად ჯდება თამბაქოს ფერმენტაციის უწყვეტ პროცესში.

რაც შეეხება მე-3 ფაზის ხანგრძლივობის შემცირებას, ამ საკითხზე დღეისათვის მეცნიერულად დასაბუთებული გადაწყვეტები არ არსებობს.

ცნობილია, რომ იყო და განიხილებოდა საკითხი ფერმენტაციის ამ ფაზის ტექნოლოგიური ციკლიდან საერთოდ ამოღებაზე. საფერმენტაციო კამერიდან თამბაქოს ცხელ მდგომარეობაში გადმოტვირთვის გზით. შემდეგ საწყობში თვითგაცივების შედეგად ტემპერატურა მცირდება სათავსოს ტემპერატურამდე და ამით ფერმენტაცია მთავრდება. მაგრამ ასეთი წარმოდგენა იწვევს დიდ წინააღმდეგობას. ცხელი შეკვრის გადატანას შედარებით ცივ სათავსოში თან სდევს თამბაქოს ნედლეულიდან მომატებულ ტენგაცემა და, როგორც შედეგი, შეკვრის პერიფერიული ნაწილების გამოშრობა და მომატებული დაწვრილმანება შენახვისა და ტრანსპორტირებისას. მე-3 ფა-

ზის განხორციელება მეცნიერულად დასაბუთებულია, რადგან ამ დროს შეკვრა ნელი გაცივებისა და φ -ს მოცემული დონის შენარჩუნების ხარჯზე გამოშრობის გარეშე აღწევს ტექნოლოგიურად აუცილებელ ტენიანობას და სათავსოს ტემპერატურას.

თუკი განვიხილავთ თამბაქოს აერობული ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციის პრობლემას მთლიანობაში, მაშინ საჭიროა კიდევ რამდენიმე შესაძლებელი მიმართულების განსჯა. მათ შორის ერთი დაკავშირებულია ფერმენტაციის ტემპერატურული რეჟიმის მატებასთან.

კარგადაა ცნობილი, რომ ა.ი. სმირნოვი ქარხნული ფერმენტაციის თავდაპირველ საფუძველად რეკომენდაციას აძლევდა დაბალტემპერატურულ რეჟიმებს, რომელთა გამოყენება განაპირობებდა ფერმენტაციის პროცესის დიდ ხანგრძლივობას. შემდეგ გ.პ.ვოლგუნოვმა შემოგვთავაზა ფერმენტაციის ფორმირებული რეჟიმები $50-60^{\circ}C$ ტემპერატურების გამოყენების საფუძველზე. ამან არსებითად შეამოკლა ფერმენტაციის ხანგრძლივობა. და ბოლოს, ა.გ. პეტრენკოს რეკომენდაციით შემოთავაზებული იქნა ფერმენტაციის ჩატარება $70^{\circ}C$ და უფრო მაღალ ტემპერატურაზე, რამაც უპირობოდ ხელი შეუწყო ამ პროცესის შემდგომ დაჩქარებას.

ნიშანდობლივია, რომ ფერმენტაციის დამთავრების კონტროლს ყველა შემთხვევაში ახორციელებდნენ ჟანგბადური მაჩვენებლის მიხედვით. ამასთან დაკავშირებით აუცილებელია მიეთითოს შემდეგი.

ბუნებრივია ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად ფერმენტული კომპლექსის ინაქტივაცია წარიმართება გაცილებით ჩქარა, ისეთნაირად, როგორც ახდენენ ქიმიური რეაქციების დაჩქარებას. მაგრამ როგორ აისახება ეს საბოლოო პროდუქტის ხარისხზე, ჯერჯერობით უცნობია და არსებითად არც შესწავლილა. ხოლო დასკვნების გამოტანა ჟანგბადური მაჩვენებლის დონის საფუძველზე, არ შეიძლება, რადგანაც ეს მაჩვენებელი მიუღებელია თამბაქოს ნედლეულის ასეთი სახეობისათვის. ამასთან დაკავშირებით, ფერმენტაციის რეჟიმების ნებისმიერ შეცვლას პროცესის ინტენსიფიკაციის მიმართულებით თან სდევს აუცილებელი წესით მისაღები თამბაქოს ნედლეულის კომპლექსური ანალიზი ხარისხის ყველა მაჩვენებლის მიხედვით. ყოველივე ამის გათვალისწინებით შესაძლებელია გაკეთდეს საბოლოო დასკვნები.

ორიგინალურს წარმოადგენს აგრეთვე დ.გ. დევდარიანის და სხვ [110] მიერ შემოთავაზებული წინადადება ფერმენტაციის პროცესის დაჩქარებაზე დაუფერმენ-

ტებელი თამბაქოს წინასწარი დაჭრის გზით, მაგრამ ასეთი ხერხის პრაქტიკული რეალიზაცია დღესდღეობით გართულებულია მოსაწვევი ნაწარმის ტექნოლოგიური წარმოების თავისებურებების გამო. რაღაც ზომით ეს პრობლემა შესაძლებელია გადაწყდეს ე.ფ. ტრუბნიკოვისა და ვ.პ. ბოროდიანსკის მიერ შემოთავაზებული თამბაქოს ნედლეულის ე.წ. ფხვიერ მასაში ფერმენტაციის ანალოგიურად. ამ წინადადების ობიექტური შეფასებისათვის ჯერჯერობით არაა საკმარისი ექსპერიმენტული მასალა და პრაქტიკული გამოცდილება. მაგრამ ნათელია ერთი, რომ ზემოთაღნიშნული წინადადების რეალიზაციის შემთხვევაში აუცილებელი გახდება საფერმენტაციო ქარხნების კაპიტალური რეკონსტრუქცია. და პასუხი კითხვაზე – რამდენადაა ეს მიზანშეწონილი და ეკონომიურად გამართლებული – არ წარმოადგენს ერთმნიშვნელოვანს და ნათელს.

ზემოთ ჩვენ აღვნიშნეთ, რომ საფერმენტაციო დანადგარების მწარმოებლობის გადიდება შესაძლებელია თამბაქოს შეკვრის სიმკვრივის გაზრდის გზით. მაგრამ ამ შემთხვევაში წარმოიშობა თამბაქოს ქსოვილის გაფუჭების საშიშროება ჩაორთქვლის გამო მასალის სუსტი აერაციისა და წყლის მომატებული რაოდენობის დაგროვების შედეგად. ამასთან დაკავშირებით პროცესის ინტენსიფიკაციის ასეთ მიმართულებას საეჭვოა ჰქონდეს დამაიმედებელი პერსპექტივა.

აერობული ფერმენტაციის პროცესის განვითარებისადმი არსებული ექსპერიმენტული მასალის განხილვის საფუძველზე, ჩვენ ვთვლით, რომ ეს პროცესი, რა თქმა უნდა, გაივლის თავის სრულყოფილების გზას. ამისთვის რამდენიმე გზა ჩვენ უკვე დავსახეთ და მაინც აერობული ფერმენტაციის ტექნოლოგიის ძირეული ცვლილება და გაუმჯობესება ჯერჯერობით მაინც შეუძლებელია. ცნობილი ზომით ამ პროცესს მრავალწლიანი განვითარების პერიოდის განმავლობაში თავისი თავი ჯერ კიდევ არ ამოუწურია. ამიტომ საჭირო ხდება საფერმენტაციო წარმოებისადმი პრინციპულად ახალი მიდგომის აუცილებლობა. ამას ეძღვნება სადისერტაციო ნაშრომის შემდეგი ნაწილი.

4. თამბაქოს ფერმენტაცია ანაერობულ პირობებში

ქარხნული ფერმენტაციის პროცესის განხორციელების შესაძლებლობა უქანგბადო პირობებში გამოჩნდა ახლახან. ამიტომ ამ საკითხზე მეცნიერული ნაშრომები

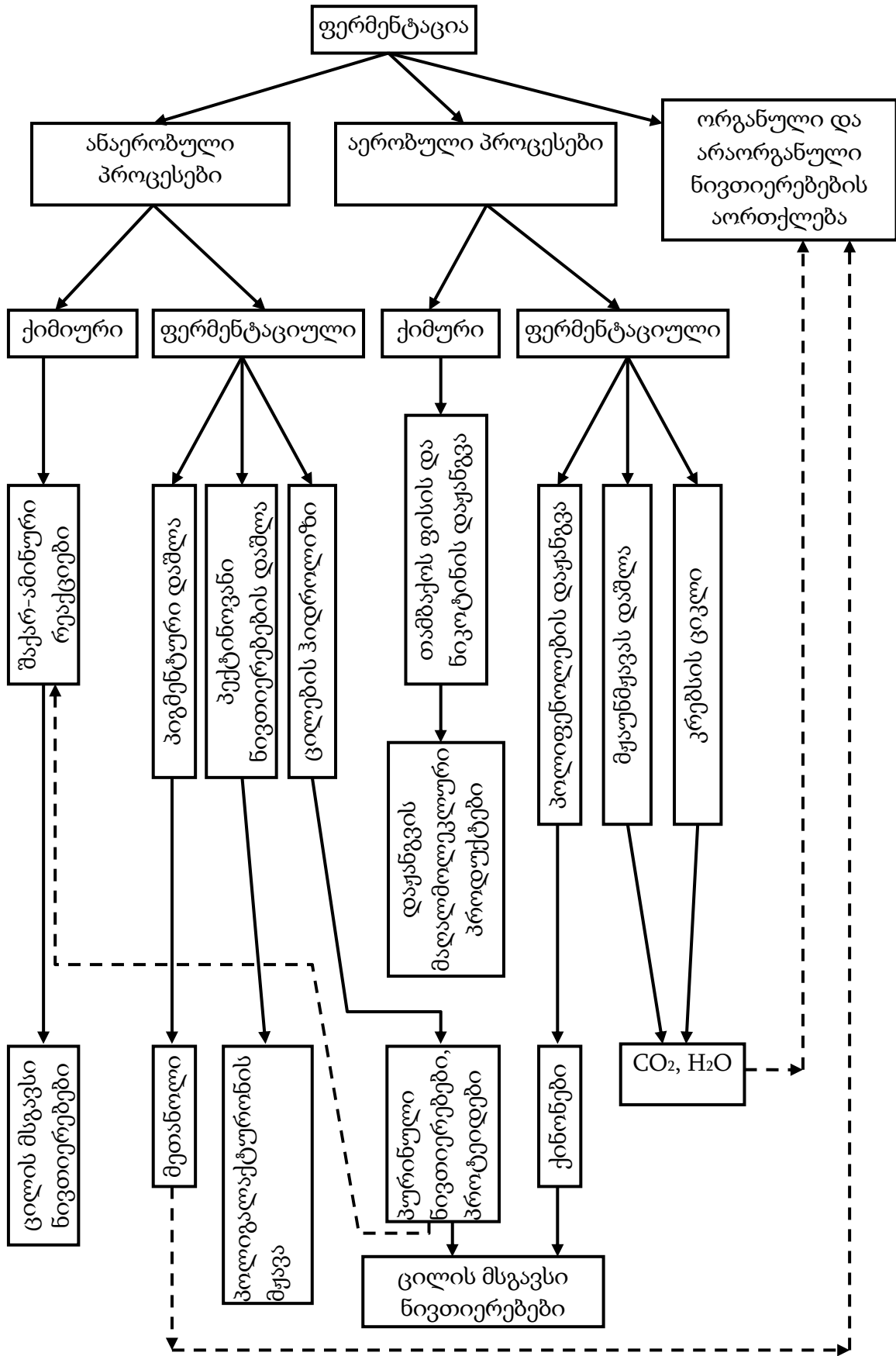
მცირერიცხოვანია. ამავე დროს, ჩვენი აზრით, ანაერობული პროცესის პერსპექტივები უზარმაზარია.

4.1. თეორიული წანამდგვრები

ანაერობული ფერმენტაციის შესაძლებლობის განხილვისას, ანუ ფერმენტაციისა ჟანგბადის გარეშე (ან შეზღუდულობისას), საჭიროა მხედველობაში იქნას მიღებული, რომ ადგილი ჰქონდა ურთიერთსაწინააღმდეგო წინადადებებსაც, ანუ ჰაერის გარემოს ჟანგბადით გამდიდრებას. მაგალითად, ე.ვენცელი და სხვ [146] მნიშვნელოვნად აჩქარებს ფერმენტაციის პროცესს საფერმენტაციო კამერაში ატმოსფეროს ჟანგბადით გამდიდრების გზით. დ.გ. დევდარიანმა და სხვ. [109, 113] ფერმენტაციისა და „დაძველების“ პროცესების დაჩქარების მიზნით შემოგვთავაზეს ოზონით დამუშავების გამოყენება. ამასთან დაკავშირებით ჩვენ გვეჩვენება, რომ ფერმენტაციის პროცესის შემდგომი სრულყოფა უნდა განხორციელდეს პროცესის თეორიაზე ზუსტი წარმოდგენისა და თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ფორმირების საფუძველზე. ამიტომ საჭიროა განვიხილოთ და უფრო ზუსტი ფორმულირება გავუკეთოთ პროცესის ინტენსიფიკაციაზე მიმართულ ძირითად დებულებებს.

ტექნოლოგიური პროცესი, რომელსაც ჩვენ ვუწოდებთ „ფერმენტაციას“, წყვეტს ორ ამოცანას: თამბაქოსათვის სტაბილურობის მინიჭება საკმაოდ ხანგრძლივი შენახვის პირობებში არასასურველი ტემპერატურულ-ტენიანობისას (თვითდატენიანებისადმი უნარის შემცირება) და მოსაწევი თვისებების გაუმჯობესება. თამბაქოში ფერმენტაციის დროს მიმდინარე ცვლილებების თავისებურებების შესწავლასთან დაკავშირებული გამოკვლევების უმეტესი რაოდენობა აჩვენებს, რომ ამ პროცესს საფუძველად უდევს როგორც ფერმენტატული, ისე სუფთა ქიმიური რეაქციები. ამასთან უმეტესწილად ძალიან რთულია ამ რეაქციების ურთიერთისაგან გამოყოფა, რადგანაც ისინი ერთმანეთთან ძალიან მჭიდროდაა დაკავშირებული და ავსებს ერთიმეორეს.

ფერმენტაციის დროს მიმდინარე რეაქციები პირობითად შეიძლება გაიყოს ორ დიდ ჯგუფად: ჟანგბადის მონაწილეობით (ჟანგვითი) და ჟანგბადის მონაწილეობის გარეშე (ჰიდროლიზური). ორივე შემთხვევაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს როგორც ფერმენტატულ, ისე სუფთა ქიმიურ პროცესებს. ი.გ. მოხნაჩევის ხელმძღვანელობით განხორციელებული სამეცნიერო დამუშავებათა შედეგად ფორმულირებული და სქემატური სახით წარმოდგენილი იქნა ფერმენტაციის პროცესის არსი (ნახ.11).



ნახ. 3.11. ფერმენტაციული და ქიმიური პროცესების საერთო სქემა თამბაქოს ფერმენტაციის დროს.

თუკი ლაპარაკია რეაქციებზე ჰაერის ჟანგბადის მონაწილეობით, აგრეთვე თამბაქოში არსებული ზეჟანგებისა, ეს უპირველესად ყოვლისა დაჟანგვაა პოლიფენოლური ნივთიერებების, ფისების, თავისუფალი ნიკოტინის და ორგანული მჟავებისა. უკანასკნელი პროცესი წარმოადგენს მშრალი ნივთიერების დანაკარგების ძირითად წყაროს ფერმენტაციისას. ამავე დროს ორგანული მჟავები წარმოადგენენ თამბაქოს თვითდატენიანების უმთავრეს ნივთიერებებს. ამრიგად, იმისათვის რომ მოვახდინოთ ამ სისტემის ინაქტივაცია, ანუ თამბაქომ დაკარგოს თვითდატენიანების უნარი, საჭირო ხდება ძვირფასი მშრალი ნივთიერებების მნიშვნელოვანი დანაკარგები. ფერმენტაციის დროს თამბაქოს ხარისხის ფორმირების თვალსაზრისით ორგანული მჟავების დანაკარგებს მათი CO_2 -ად და H_2O -ად გარდაქმნის შემდეგ არავითარი სარგებელი არ მოაქვს.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, აერობულ პროცესებს შეიძლება ჰქონდეს სუფთა ქიმიური ბუნებაც. მაგალითად, ფერმენტაციის დროს მიმდინარეობს თავისუფალი ნიკოტინის დაჟანგვა, რომელიც გამოთავისუფლდება მარილებიდან უკანასკნელთა ჰიდროლიზის შედეგად საკმაოდ მაღალი ტენიანობისა და ტემპერატურისას. ნიკოტინის დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება მუქად-შეღებილი ფისისებრი პროდუქტები, რომელთაც გააჩნიათ სასიამოვნო სუნი. ალბათ, ეს პროცესი წარმოადგენს დადებითს თამბაქოს სურნელების გაუმჯობესების მხრივ. ამავე დროს, თამბაქოში დიდი რაოდენობით ფისების ნაწილი შედარებით ადვილად იჟანგება. ამის შედეგად წარმოიქმნება მაღალმოლეკულური დაჟანგული პროდუქტები, რომ ლებიც არ იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში და არსებითად აუარესებენ თამბაქოს მოსაწევ თვისებებს.

საერთოდ შეიძლება დავასკვნათ, რომ აერობული პროცესები უარყოფითად მოქმედებენ თამბაქოს ხარისხზე და ამასთან ერთად ადიდებენ მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებს.

თამბაქოს ხარისხის ფორმირებისათვის მნიშვნელოვან როლს თამაშობს რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს თამბაქოს ნედლეულში ჟანგბადის მონაწილეობის გარეშე. ეს უპირველეს ყოვლისა ცილების გახლეჩასთან დაკავშირებული ფერმენტული რეაქციებია. საერთოდ კი ეს ხელს უწყობს მოსაწევი თვისებების გაუმჯობესებას. თამბაქოში აგრეთვე ენერგიულად მიმდინარეობს პიგმენტების გახლეჩის რეაქციები (მაგალითად, ქლოროფილი და მისი წარმოებულები). ეს ხელს უწყობს თამბაქოს შეღებვის გაუმჯობესებას. მიმდინარეობს აგრეთვე პექტინური ნივთიერებების

მოლეკულების გახლეჩაც მეთილის სპირტის გამოყოფით და პოლიგალაქტურონის მჟავის მოლეკულების წარმოქმნით.

ამის შედეგად მცირდება თამბაქოს ტოქსიკური თვისებები. სუფთა ქიმიურ ანაერობულ რეაქციებს შეიძლება მივაკუთვნოთ კარბონული ნაერთების ამინომჟავებთან (პეპტიდებთან) ურთიერთქმედება. მიმდინარეობს ე.წ. შაქარამინური რეაქცია. რეაქციების ასეთი სახე ორმაგ როლს თამაშობს თამბაქოს ხარისხის ფორმირებაში. ერთის მხრივ, წარმოიქმნება ნივთიერებები, რომლებიც დადებით გავლენას ახდენენ თამბაქოს ბოლის არომატსა და გემოზე, ამ რეაქციების ჩაღრმავებასთან ერთად, როცა ადგილი აქვს მაღალმოლეკულური მელანოიდინების ტიპის ცილისმსგავსი ნივთიერებების წარმოქმნას – ხდება მოსაწევი თვისებების გაუარესება.

საერთოდ ჩვენ თვლით, რომ რეაქციის მიმართვა ჟანგბადის მონაწილეობის გარეშე დაკავშირებულია დაფერმენტირებული თამბაქოს ნედლეულის გაუმჯობესებული ხარისხის ფორმირებასთან.

და ბოლოს, როგორც ნაჩვენებია ნახ.11-ზე, ადგილი აქვს საშუალო რიგის დამკავებელ რეაქციებს, რომლებიც საერთოდ აუარესებენ მოსაწევ თვისებებს, რადგანაც ხელს უწყობენ თამბაქოში ცილისმსგავსი ნივთიერებების შემცველობის გაზრდას (ცილების დაშლის პროდუქტების ურთიერთქმედება და პოლიფენოლების დაჟანგვა), ამასთან კავშირში ვთვლით, რომ ქინონების წარმოქმნასთან დაკავშირებული პოლიფენოლების დაჟანგვა ხელს არ უწყობს თამბაქოს ხარისხის გაუმჯობესებას. გარდა ამისა, ჭარბი ტენიანობისა და საკმაოდ მაღალი ტემპერატურისას ამ პროცესს მივყევართ ფოთლის ქსოვილის ჩაორთქვლის წარმოქმნამდე, რაც არსებითად აუარესებს სასაქონლო სახესა და მოსაწევ თვისებებს. თამბაქოს ფერმენტაციისას მიმდინარე უმთავრესი რეაქციების სქემის ანალიზისას (ნახ.11) შეიძლება იდეალში წარმოვიდგინოთ ფერმენტაციის პროცესის შემდეგი სახე:

თამბაქომ, რომელმაც გაიარა ფერმენტაცია, ნებისმიერი ტემპერატურულ-ტენიანურ პირობებში, არ უნდა გამოყოს წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობა და გამოავლინოს ამით მედეგობა დაობებისა და გაფუჭების მიმართ. ეს პირველი პირობა, რომელზეც აუცილებელია ყველაზე სერიოზული ყურადღების გამახვილება, წყვეტს დავალებას-დააფერმენტოს თამბაქო. სხვა სიტყვებით აუცილებელია ორგანული მჟავების დაშლის კატალიზური ფერმენტების ინაქტივირება. ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს მეორე პირობა: ფერმენტული სისტემების ინჰიბირება სასურველია განხორ-

ციელდეს ისეთნაირად, რომ მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი მშრალი ნივთიერებების დანაკარგი CO_2 და H_2O გამოყოფის ხარჯზე (ორგანული მჟავების დაშლა). ვთვლით, რომ ფერმენტაციის დროს ორგანული მჟავების დანაკარგი სულაც არ უწყობს ხელს თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის გაუმჯობესებას.

მესამე პირობას წარმოადგენს შემდეგი დებულება: როგორც არ უნდა იყოს ფერმენტაციის პერიოდი და რა პირობებშიც არ უნდა განხორციელდეს იგი, აუცილებელია ვუზრუნველყოთ ფერმენტული კომპლექსის აქტივობა, რომელიც დაკავშირებული არაა ჟანგვით რეაქციებთან: მწვანე პიგმენტების, ცილების, პექტინოვანი ნივთიერებების და ა.შ. დაშლასთან.

ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაცია შეიძლება განხორციელდეს ისეთი პირობებისას, რომ უზრუნველყოფილი იყოს ხარისხის გაუმჯობესება უმრავლესი პარამეტრებით. სხვა სიტყვებით, ფერმენტაციის ამა თუ იმ რეჟიმის ვარგისიანობა უნდა შეფასდეს ხარისხის კომპლექსური შეფასების საფუძველზე და არა მარტო ჟანგბადური მაჩვენებლის მიხედვით – მეოთხე პირობა.

ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციის არსებით ხელშემშლელს წარმოადგენს საფერმენტაციო კამერაში ჰაერის მოცემული ტენიანობის პარამეტრების შენარჩუნების აუცილებლობა. ეს ართულებს პროცესს, ხდის მას უფრო არასაიმედოს ხარისხის ფორმირების თვალსაზრისით (მაგალითად, ჩაორთქვლის წარმოქმნა). ამიტომ მეხუთე პირობას – ფერმენტაციის ოპტიმალური წარმართვისა, წარმოადგენს ჰაერის ტენიანობის კონდიციონირების გამორიცხვა.

და ბოლოს ფერმენტაციის ინტენსიფიკაციის წარმატებით გადაწყვეტის მექანიზმს პირობას წარმოადგენს თამბაქოში სითბოს მიწოდების უფრო ეკონომიური ხერხის არჩევა კონვენტურთან შედარებით, რომელიც გამოიყენება დღეისათვის (გაცხელებული ჰაერი).

რეალური ქარხნული ფერმენტაციის ყველა ზემოთაღნიშნული პროცესები არსებითად განსხვავდება იდეალურისაგან. ჰაერის ჟანგბადის სიჭარბე უზრუნველყოფს აერობული რეაქციების ენერგიულ მიმდინარეობას, რომლებიც საბოლოო ჯამში გვაძლევს პროდუქტს არასასურველი თვისებებით. იქმნება ხელსაღყრელი პირობები კრების ციკლის ფუნქციონირებისათვის, რასაც თან სდევს მშრალი ნივთიერების „გარანტირებული“ დანაკარგი.

ამრიგად, ექვსი პირობიდან, რომლებიც ახასიათებენ იდეალურ პროცესს, სრულდება მხოლოდ ორი: კრების ციკლის ფერმენტების ინჰიბირება და ჰიდროლიტური ფერმენტების მოქმედებისათვის ოპტიმალური პირობების უზრუნველყოფა. ამიტომ ვთვლით, რომ დადგენილი პირობები შეიძლება გაუმჯობესდეს მხოლოდ ნაწილობრივ, მაგრამ მათი ძირფესვიანად გამოსწორება შეუძლებელია, თუკი შევინარჩუნებთ ქარხნული ფერმენტაციის არსებულ საფუძვლებს. ამ საკითხის მისაღებ ალტერნატივას წარმოადგენს ფერმენტაცია ანაერობულ პირობებში. განვიხილოთ უფრო დაწვრილებით ამ პროცესის ტექნოლოგიური ასპექტები.

4.2.2. ფერმენტაცია ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში

ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში თამბაქოს ფერმენტაციის შესაძლებლობასა და უპირატესობაზე პირველად მიუთითეს ი.რ. მოხნაჩევამ და ა.გ. მირგოროდსკაიამ. ფერმენტაციის ამ მეთოდზე ავტორებმა მიიღეს გამოგონების მოწმობა [111]. ამ პროცესის რეალიზაციისათვის შეკვრებს საფერმენტაციო კამერაში ჩატვირთვის შემდეგ ჰერმეტიკულად ხურავენ და ტემპერატურის აწევასთან ერთად კამერას ავსებენ ნახშირორჟანგით ჰაერის სრულ გამოდევნამდე. პროცესის შემდეგი წარმართვა წარმოებს ჩვეულებრივი სქემით. თამბაქოს $t = 50 - 60^{\circ} C$ მიღწევის შემდეგ მას აჩერებენ ამ ტემპერატურაზე მანამ, სანამ ჟანგბადური მაჩვენებელი არ მიაღწევს 0,1 მლ/გ სიდიდეს, რომლის შემდგომ თამბაქოს აცივებენ. გაცივებასთან ერთად საფერმენტაციო კამერიდან გამოიდევნება CO_2 გამწოვი ტუმბოს მეშვეობით. მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები ამ დროს შეადგენს 1,03–1,40% კონტროლში 2,00–2,50%–თან შედარებით. ფერმენტაციის ხანგრძლივობა შეადგენს 5,5 დღედამეს, მაშინ როცა იგი საკონტროლოში აღწევს 8–10 დღედამეს, ამრიგად, აშკარად იქნა მიღწეული დადებითი ტექნიკო-ეკონომიკური ეფექტი.

ამავე დროს საჭიროა რამდენადმე კრიტიკული შენიშვნა ავტორების მიერ თამბაქოს CO_2 ატმოსფეროში ფერმენტაციის ხერხის მიმართ. უპირველეს ყოვლისა, როგორც ხერხის აღწერიდან გამომდინარეობს, იგი ვარგისია მხოლოდ კამერული ფერმენტაციის შემთხვევაში და არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას უწყვეტი ფერმენტაციის პროცესში. ეს უკანასკნელი უდაოდ მოიცავს უფრო პროგრესულ ტექნოლოგიას. და

შემდგომ, საფერმენტაციო კამერებში, სადაც თამბაქოთი შევსების კოეფიციენტი დიდი არაა, საჭირო ხდება CO_2 -ის დიდი რაოდენობა. გარდა ამისა, შეიძლება მნიშვნელოვანი აღმოჩნდეს მისი დანაკარგებიც. კამერაში ჰაერის ნახშირორჟანგით შეცვლა პრინციპში არ ცვლის ტრადიციულ სამფაზიან ფერმენტაციას, თუმცა ეს აფერხებს თამბაქოს ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციას.

ყველა ზემოთთქმულის გათვალისწინებით შევეცადეთ რამდენადმე მოდერნიზაცია გაგვეკეთებინა თამბაქოს ფერმენტაციისათვის ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში, გადაგვექცია ეს ტექნოლოგია უფრო თანამედროვე. ამისათვის ჩატარებულ იქნა ცდები ლაბორატორიულ პირობებში, სადაც თამბაქოს ნიმუშებს ვათავსებდით პოლიეთილენის შალითაში, ჰაერს ვდევნიდით ნახშირორჟანგით, შალითას ჰერმეტიკულად შევადულებდით, რომლის შემდეგ შეკვრებს ვაფერმენტირებდით სხვადასხვა რეჟიმებში.

ლაბორატორიული ცდების დაყენებისა და ჩატარების მიზანშეწონილობა დაკავშირებული იყო თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსის ფორმირებაზე დამატებითი ინფორმაციის მიღების აუცილებლობით ფერმენტაციის ჩვეულებრივ პირობებში და CO_2 ატმოსფეროში შედარებისათვის.

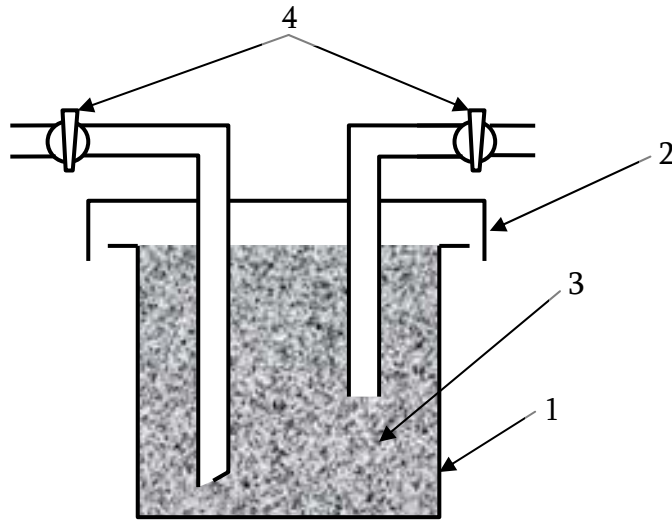
ექსპერიმენტებისათვის გამოვიყენეთ 1 ხარისხის დაუფერმენტებელი თამბაქო. ნედლეულს წინასწარ ვატენიანებდით დაახლოებით 18,0% ტენიანობამდე. თამბაქოს ფოთლებს ვაცლიდით შუა ცენტრალურ ძარღვს. შემდეგ თამბაქოს ფოთლების ნახევრებს ვჭრიდით ლაბორატორიულ დაზგაზე, ხოლო მიღებულ ქსოვილებს განმეორებით ვაჭრიდით პერპენდიკულარული მიმართულებით. შედეგად ვღებულობდით თამბაქოს წვრილ ნაწილაკებს, რომელთაგან საცერზე გამოვყოფდით ნაწილაკებს ზომით 0,5-3,0 მმ. ასეთ პირობებში საანალიზო თამბაქო წარმოადგენს კარგად არეულ ერთგვაროვან მასას, რომელიც ადვილად დაიყოფა ნაწილებად შესაბამისი ექსპერიმენტების ჩატარებისა და შედარებითი მონაცემების მიღებისათვის.

ყველა, ფერმენტაციის პროცესის მოდელირებასთან დაკავშირებული ცდები ტარდებოდა სპეციალური სახურავებით აღჭურვილ ჭიქებში (ნახ.12). ჭიქის მოცულობა იყო ისეთი, რომ მასში დაახლოებით 10 გ გამოსაცდელი თამბაქოს შეტანისას მოცულობა ივსებოდა დაახლოებით ნახევრად.

მოდელური ცდების დაყენებისას ჩვენ მიზნად ვისახავდით ამოცანას: დაგვემტკიცებინა არა მარტო ფერმენტირებული თამბაქოს მიღების შესაძლებლობა ანაერო-

ბულ პირობებში თერმოდამუშავებით, არამედ გაგვესაზღვრა ასეთი დამუშავების შემდეგ ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსის ცვლილების მიმართულება (კონტროლთან შედარებით).

ცდები ტარდებოდა ნახ.13 სქემის მიხედვით.



ნახ. 5. 12. თამბაქოს ფერმენტაციაზე ლაბორატორიული ცდების ჩატარებისათვის საჭირო ჭიქის სქემა
1 – ჭიქა; 2 – სახურავი; 3 – თამბაქო; 4 – ონკანები

თამბაქოს აერობულ პირობებში (კონტროლი) ფერმენტაციისათვის საანალიზო მასალა დაგვყავდა დაახლოებით 18% ტენიანობამდე (ექსიკატორში წყლის ზემოთ). შემდეგ ჭიქებში შეგვქონდა 10 გ წონაკი, ჭიქებს (სახურავის გარეშე) ვათავსებდით ექსიკატორში, რომლებშიც ვქმნიდით ნარჩენ ტენიანობას $\varphi = 75\%$ ($NaCl$ გაჯერებული ხსნარით). ექსიკატორს მჭიდროდ ვახურავდით და ვათავსებდით საშრობ კამერაში, სადაც ვამყარებდით $45^{\circ}C$ ტემპერატურას. საკონტროლო თამბაქოს ფერმენტაციას ვატარებდით 7 დღის განმავლობაში. ცდები ტარდებოდა სამჯერადი განმეორებით. ფერმენტაციის დამთავრების შემდეგ ჭიქებს ნიმუშებით ვათავსებდით საშრობ კარადაში $t = 95^{\circ}C$ ტემპერატურაზე 3 სთ-ის განმავლობაში. შემდეგ ნიმუშებს ვაყოვნებდით ექსიკატორში $CaCl_2$ -ის ზემოთ და თამბაქოს ვწონიდით P_2 (გ). გამშრალ თამბაქოს ვაქუცმაცებდით და მიღებულ მტვერს ვიყენებდით ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსის განსაზღვრისათვის სპექტროფოტომეტრული ანალიზის დახმარებით, აგრეთვე ჟანგბადური მაჩვენებლის დადგენისათვის.

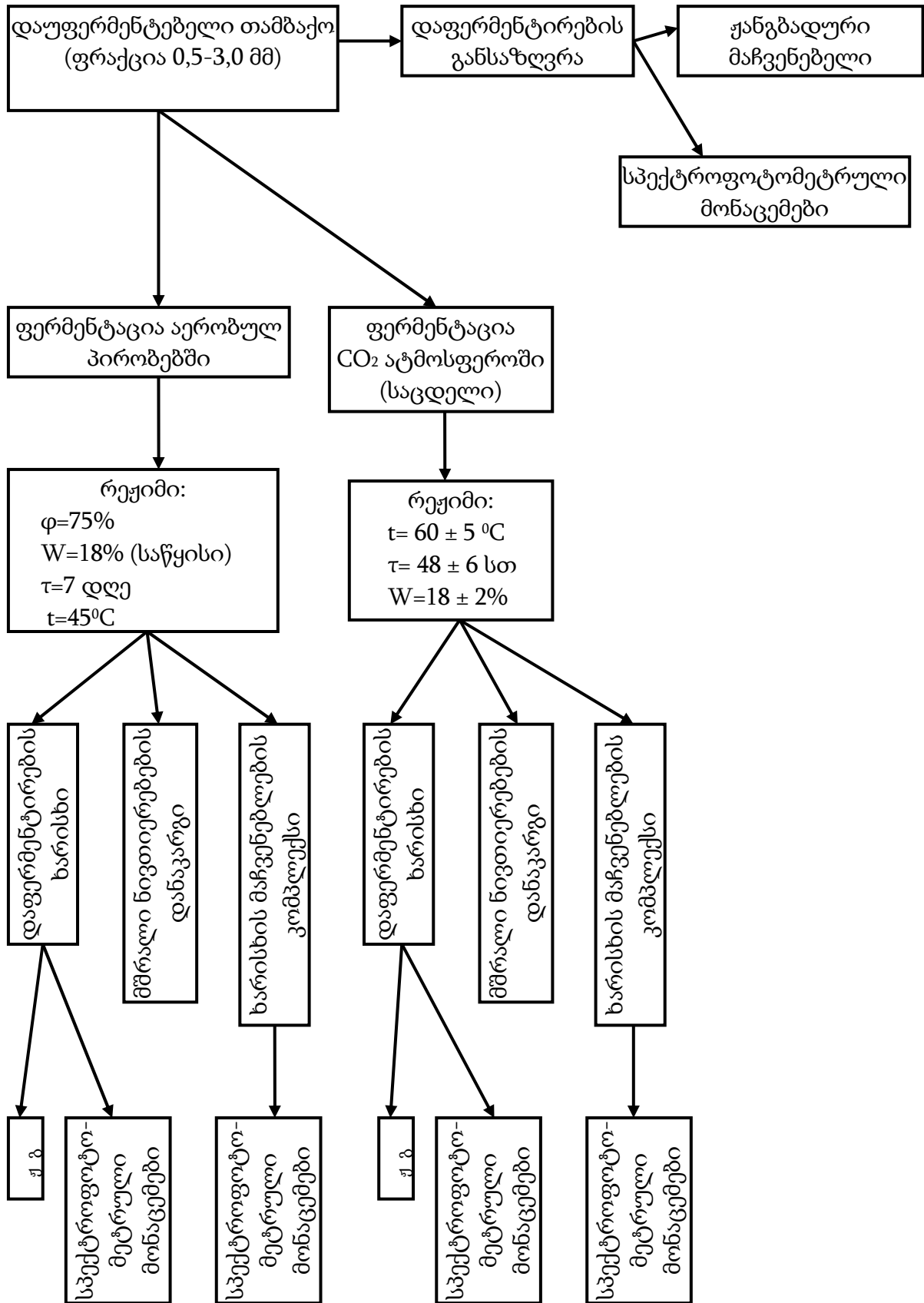
ფერმენტაციის დროს მშრალი ნივთიერების დანაკარგის $\Pi(\%)$ განსაზღვრისათვის, ცდის წინ საშრობ კარადაში ვაშრობდით დაუფერმენტებელ თამბაქოს (სამჯერადი განმეორება, წონაკის მასა 10 გ ჭიქაში), გაშრობის შემდეგ ვსაზღვრავდით მშრალი თამბაქოს მასას P_1 (გ). მაშინ:

$$\Pi = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100(\%)$$

თამბაქოს ფერმენტაციაზე ცდების ჩატარების შემთხვევაში CO_2 ატმოსფეროში, საანალიზო ნიმუშს 10 გ ოდენობით ვათავსებდით ჭიქებში, შემდეგ მჭიდროდ ვახურავდით თავსახურს, ვაღებდით ონკანებს და სრულად გამოვამევენდით ჰაერს ნახშირორჟანგის შებერვის გზით. ამის შემდეგ ონკანებს გადავკეტავდით და ნიმუშებს ვაფერმენტირებდით საშრობ კარადაში დადგენილი ტემპერატურული რეჟიმების $t = 60 \pm 5^\circ C$ და არჩეული დროის განმავლობაში $\tau = 48 \pm 6$ სთ, რაც შეეხება თამბაქოს საწყის ტენიანობას, იგი შეადგენდა $W = 18 \pm 2\%$.

ანაერობული ფერმენტაციის დროს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგების განსაზღვრისათვის ვსარგებლობდით ისე, როგორც აერობული ფერმენტაციის შემთხვევაში.

მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებსა და ხარისხის მაჩვენებლების ფორმირების კომპლექსს შორის კავშირის დამყარებისათვის სამი ფაქტორის t, τ და W ზემოქმედებისაგან დამოკიდებულებით, გამოვიყენეთ სრული სამფაქტორიანი ექსპერიმენტი [89]. საწყისი მონაცემები წარმოდგენილია ცხრ.15-ში.



ნახ. 13. თამბაქოს აერობულ და ანაერობულ პირობებში ფერმენტაციის
ლაბორატორიული ცდების ორგანიზაციის სქემა

CO₂ ატმოსფეროში ფერმენტაციის სრული სამფაქტორიანი ექსპერიმენტი

№	ფაქტორები			გამომავლის ფუნქციები												
	t, °C	τ, სთ	W, %	Π	ხარისხის მაჩვენებლები											
					A	B	K	Γ	3	И	P	HT	HD	CK	CO	
1	55	42	16	Π ₁	A ₁	B ₁	K ₁	Γ ₁	3 ₁	И ₁	P ₁	HT ₁	HD ₁	CK ₁	CO ₁	
2	65	42	16	Π ₂	A ₂	B ₂	K ₂	Γ ₂	3 ₂	И ₂	P ₂	HT ₂	HD ₂	CK ₂	CO ₂	
3	55	54	16	Π ₃	A ₃	B ₃	K ₃	Γ ₃	3 ₃	И ₃	P ₃	HT ₃	HD ₃	CK ₃	CO ₃	
4	65	54	16	Π ₄	A ₄	B ₄	K ₄	Γ ₄	3 ₄	И ₄	P ₄	HT ₄	HD ₄	CK ₄	CO ₄	
5	55	42	20	Π ₅	A ₅	B ₅	K ₅	Γ ₅	3 ₅	И ₅	P ₅	HT ₅	HD ₅	CK ₅	CO ₅	
6	65	42	20	Π ₆	A ₆	B ₆	K ₆	Γ ₆	3 ₆	И ₆	P ₆	HT ₆	HD ₆	CK ₆	CO ₆	
7	55	54	20	Π ₇	A ₇	B ₇	K ₇	Γ ₇	3 ₇	И ₇	P ₇	HT ₇	HD ₇	CK ₇	CO ₇	
8	65	54	20	Π ₈	A ₈	B ₈	K ₈	Γ ₈	3 ₈	И ₈	P ₈	HT ₈	HD ₈	CK ₈	CO ₈	

აქ A – არომატია, B – გემო, K – სიმაგრე, Γ – წვადობა, 3 – შევსების უნარი, И – დაწვრილმანებადობა, P – შეწონილი ტენიანობა, HT – ნიკოტინი თამბაქოში, HD – ნიკოტინი ბოლში, CK – მშრალი კონდენსატი და CO – ნახშირორჟანგი.

სანამ განვიხილავდეთ და დავამუშავებდეთ მშრალი ნივთიერების დანაკარგებსა და ხარისხის მაჩვენებლებზე ჩატარებული გაზომვების შედეგებს, საჭიროა ყურადღება გავამახვილოთ ცდის ყველა ვარიანტში დაფერმენტირების დონეზე (ცხრ.16)

ცხრილი 16

თამბაქოს დაფერმენტირების ხარისხი ფერმენტაციის აერობულ და ანაერობულ პირობებში

ფერმენტაციის სახე	ნიმუში	ჟანგბადური მაჩვენებელი		სპექტროფოტომეტრული მეთოდი
		მლ/გ	დასკვნა დაფერმენტირებაზე	
აერობული	დაუფერმენტირებელი	2,35	დაუფერმენტირებელი	დაუფერმენტირებელი
	დაფერმენტირებული	0,09	დაფერმენტირებული	დაფერმენტირებული
	1	0,12	— „ —	— „ —
	2	0,10	— „ —	— „ —
CO ₂ ატმოსფეროში	3	0,11	— „ —	— „ —
	4	0,08	— „ —	— „ —
	5	0,08	— „ —	— „ —
	6	0,09	— „ —	— „ —
	7	0,11	— „ —	— „ —

	8	0,06	—, —	—, —
--	---	------	------	------

ცხრ.16 წარმოდგენილი მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველა ნიმუშმა მიაღწია დაფერმენტირების ხარისხს. ამ შემთხვევაში უფრო საფუძვლიანია სპექტრო-ფოტომეტრული მეთოდი ჟანგბადური მაჩვენებლის მიხედვით განსაზღვრის მეთოდთან შედარებით. ამ უკანასკნელის შემთხვევაში ჟანგბადური მაჩვენებლის 0,1-ზე მეტი მნიშვნელობა სამ ნიმუშში უმნიშვნელოდ მცირეა და დევს ცდის ცდომილების ზღვრებში.

ახლა განვიხილოთ ექსპერიმენტების შედეგები მშრალი ნივთიერების დანაკარგებსა და ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსზე როგორც ჰაერის, ისე CO₂ –ის ატმოსფეროს პირობებში ფერმენტაციისას, ეს შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.17-ში (სამი განსაზღვრის საშუალო).

ცხრილი 3.12

მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები და ხარისხის ფორმირება თამბაქოს ფერმენტაციისას სხვადასხვა პირობებში

ფერმენტაციის სახე	ნიმუში	Π, %	ხარისხის მაჩვენებლები										
			A, ბა-ლი	B, ბა-ლი	K, ბა-ლი	F, ნა-ფა-ზი	3, გ/სიგ.	U, %	P, %	HT, მგ/გ	HD, მგ/გ	CK, მგ/სიგ.	CO, მგ/სიგ.
აერობული	-	2,74	18,9	18,3	1,5	14,7	0,828	7,6	16,8	24,44	5,52	28,65	21,18
	1	0,86	19,1	18,1	1,4	15,4	0,882	6,9	18,3	24,81	6,28	33,12	18,97
	2	1,03	19,0	18,4	1,5	13,1	0,841	7,0	16,9	23,16	4,98	25,84	19,80
ანაერობული (CO ₂ ატმოსფერო)	3	0,92	19,1	18,5	1,3	13,0	0,802	7,0	15,7	24,40	4,90	25,90	23,05
	4	1,04	18,8	18,0	1,3	17,1	0,863	6,8	15,9	21,83	5,85	30,03	24,06
	5	0,90	18,9	17,8	1,6	16,2	0,891	8,1	16,4	24,32	6,11	32,16	22,19
	6	1,00	18,7	18,1	1,7	12,8	0,811	8,3	17,3	20,18	4,52	26,18	18,17
	7	0,94	19,0	18,6	1,5	12,0	0,876	7,8	17,3	24,60	5,47	28,17	19,05
8	1,26	18,7	17,9	1,8	13,6	0,901	7,1	14,8	19,76	4,12	24,25	18,42	

ამ მონაცემების ანალიზის პირველი მიახლოება გვაჩვენებს, რომ CO_2 -ის ატმოსფეროში ფერმენტაციისას მნიშვნელოვნად, 2-ჯერ უფრო მეტად მცირდება მშრალი ნივთიერებების დანაკარგი. ეს სრულად ამტკიცებს ნახშირორჟანგით ფერმენტაციის უპირატესობას იმ ნაწილში, რაზეც ლაპარაკია სამუშაოში [111]. რაც შეეხება თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლებს ანაერობული ფერმენტაციის შემდეგ კონტროლთან შედარებით (ფერმენტაცია ჩვეულებრივ პირობებში), ისინი დაფორმირდნენ სხვადასხვა ხარისხით სამი ტექნოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებით: ტემპერატურა, პროცესის ხანგრძლივობა და თამბაქოს ნედლეულის საწყისი ტენიანობა. როგორც მოსალოდნელი იყო, ხარისხის ყოველმა მაჩვენებელმა სხვადასხვა დონით განიცადა ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენა. ამიტომ ერთ რეჟიმში მივიღეთ ხარისხის მაჩვენებლების უკეთესი მნიშვნელობები კონტროლთან შედარებით, ხოლო სხვა შემთხვევებში – უარესი. მაგრამ მთავარია ერთი – CO_2 -ის ატმოსფეროში ფერმენტაცია გვიჩვენებს არა მარტო თამბაქოს ნედლეულის დანაკარგების შემცირებას, არამედ საბოლოო ჯამში თამბაქოს მიღების შესაძლებლობას, რომელიც არ ჩამოუვარდება, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში ხარისხის მიხედვით აღემატება კიდევ ჩვეულებრივი წესით ფერმენტირებულ ნედლეულს.

ტექნოლოგიური ფაქტორების, მშრალი ნივთიერების დანაკარგებსა და ხარისხის ინდივიდუალურ მაჩვენებლებზე ზემოქმედების მათემატიკური დამოკიდებულება CO_2 -ის ატმოსფეროში ფერმენტაციისას აისახება რეგრესიის განტოლებებით, რომლებიც მიღებული იქნა სამფაქტორიანი ექსპერიმენტის მონაცემების დამუშავების შემდეგ, ხარისხის ნებისმიერი მაჩვენებლისათვის K^* რეგრესიის განტოლების ზოგადი სახე წარმოადგენს შემდეგს:

$$K^* = A + B \cdot t + c \cdot \tau + D \cdot w$$

რეგრესიის განტოლებების კოეფიციენტების კონკრეტული მნიშვნელობები ხარისხის ცალკეული მაჩვენებლისათვის მოყვანილია ცხრ.18-ში.

გავანალიზოთ ეს განტოლებები ცალკეული ტექნოლოგიური ფაქტორის ჩვენს მიერ განსაზღვრულ მაჩვენებლებზე ხვედრითი გავლენის თვალსაზრისით. ზემოქმედების ხარისხი შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი სახით: (+)- სუსტი, (++) – საშუალო და

(+++)- ძლიერი. მაშინ ანალიზის შედეგები გამოიყურება ცხრ.19-ში წარმოდგენილი სახით.

ცხრილი 18

თამბაქოს CO₂-ის ატმოსფეროში ფერმენტაციისას მოქმედი ტექნოლოგიური ფაქტორების ამსახველი რეგრესიის განტოლებების კოეფიციენტები

ხარისხის მაჩვენებელი	კოეფიციენტების მნიშვნელობები				კორელაციის მრავლობითი კოეფიციენტი R _f	ფარდობითი ცდომილება, ε, %
	A (თავისუფალი წევრი)	B ₁ (t ⁰)	C(τ)	D ₁ (W)		
Π, %	-0,7225	0,01775	0,0077083	0,015625	0,90	4,00
A, ბალი	21,15	-0,0225	-0,0020833	-0,04375	0,93	0,23
B, ბალი	19,15	-0,015	0,0125	-0,0375	0,48	1,24
K, ბალი	-0,175	0,0125	-0,00625	0,6875	0,92	3,70
Γ, ნაფაზის რაოდენობა	20,45	0	-0,0375	-0,250	0,32	9,93
З, გ/სიგ	0,7915	-0,000875	0,0003542	0,0056875	0,36	3,10
U, %	5,825	-0,015	-0,03333	0,225	0,90	2,70
P, %	27,10	-0,07	-0,108333	-0,0625	0,72	3,77
HT, მგ/გ	15,57	0,17	-0,455833	0,91625	0,54	4,72
HD, მგ/გ	13,6275	-0,07975	-0,0302083	-0,118125	0,70	8,38
CK, მგ/სიგ.	61,3775	-0,32625	-0,1864583	-0,258125	0,67	6,58
CO, მგ/სიგ.	28,035	-0,06525	0,1177083	-0,515625	0,59	7,18

ცხრ.19-ის მონაცემები წარმოადგენს არამართო თეორიულ, არამედ გარკვეულ პრაქტიკულ ინტერესს, ისინი გვიჩვენებენ ტექნოლოგიური ფაქტორებიდან თითოეულის როლს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებისა და ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსის ფორმირებაში, რაც შეიძლება გამოყენებულ იქნას საწარმოო პირობებში, როცა დგება მიზანმიმართული ამოცანა ოპტიმალური ეფექტის მიღწევისათვის, ეს უკანასკნელი შეიძლება შეფასდეს ჯამური ეკონომიკური ეფექტით.

ცდების შემდგომ ეტაპზე ჩვენ მიზნად დავისახეთ შეგვესწავლა შერევის ხარისხი ანუ თამბაქოს ფოთლების გასაშუალება. ცდებისათვის გამოვიყენეთ ი.ი.მოხნაჩვისა და სხვ. [69,72] მეთოდიკა. ამ მიზნით თითოეული შეკვრიდან თამბაქოს ნიმუშებს ტენიანობის გაზომვისა და საშრობ კარადაში გაშრობის შემდეგ ვაწვრილმანებ-

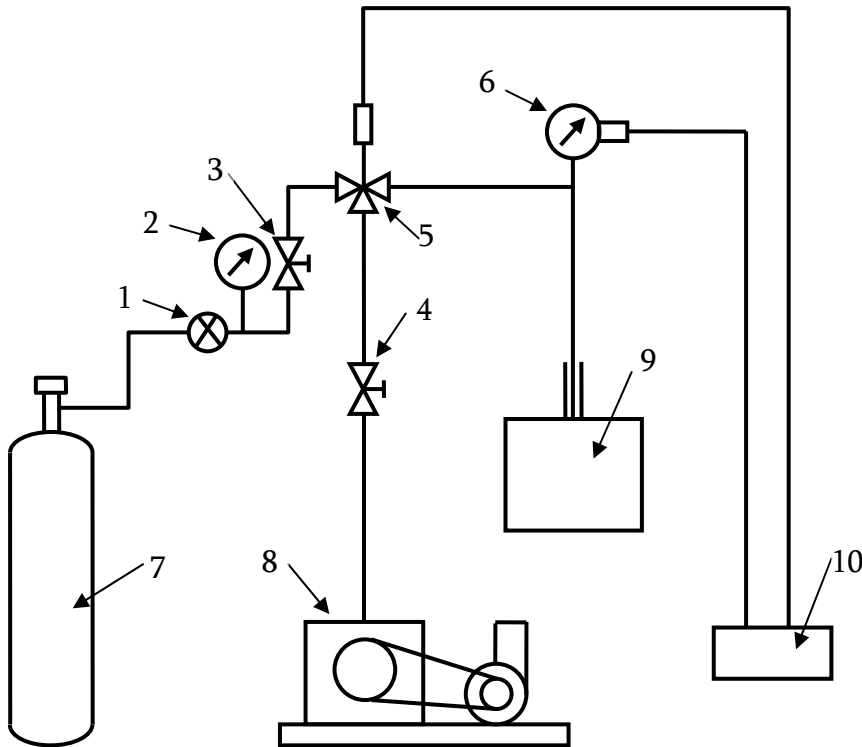
დით, ვაქესტრაგირებდით წყლით და ვსაზღვრავდით ექსტინციას სპექტროფოტომეტრზე $C\Phi - 26$ 340 ნმ ტალღის სიგრძეზე.

ცხრილი 19

ტექნოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედების დონე ხარისხის სხვადასხვა მაჩვენებელზე თამბაქოს ანაერობული ფერმენტაციისას

ტექნოლოგიური ფაქტორები	II, %	ხარისხის მაჩვენებლები											
		A	B	K	Г	З	И	P	HT	HD	CK	CO	
1. ფერმენტაცია CO_2 -ის ატმოსფეროში													
ტემპერატურა, $^{\circ}C$	+++	+++	+++	++	+	++	+	++	+	+++	+++	+	
ხანგრძლივობა, სთ	++	+	+	+	++	+	++	+++	+++	+	++	++	
ტენიანობა, %	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+	++	++	+	+++	
2. ფერმენტაცია ვაკუუმში													
ტემპერატურა, $^{\circ}C$	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	
ხანგრძლივობა, სთ	+	+	++	+++	+	++	+	+	+++	+	+	+	
ტენიანობა, %	++	++	+	+	++	++	++	+++	+	++	++	++	
3. ფერმენტაცია ჰერმეტიკულ შეფუთვაში													
ტემპერატურა, $^{\circ}C$	+++	++	+	++	+++	+++	+++	++	+++	+++	++	+++	
ხანგრძლივობა, სთ	+	+	+	+	+	++	++	+	++	+	+++	+	
ტენიანობა, %	++	+++	+++	+++	++	++	+	+++	+++	++	+++	++	

ექსპერიმენტული მონაცემების შემდგომმა მათემატიკურმა დამუშავებამ საშუალება მოგვცა დაგვედგინა, რომ საცდელი ნიმუშების შერევის ხარისხმა, რომელიც ხასიათდება ექსტინციის მნიშვნელობების ვარიაციის კოეფიციენტით, შეადგინა $V_{340} = 4,8\%$ (შედარებისათვის საჭიროა მიეთითოს, რომ თამბაქოთა შერევის ხარისხი მოსაწევ ნაწარმში ჩვეულებრივ უარესია 2-ჯერ და უფრო მეტად). ამრიგად, ცდებისათვის მომზადდა კარგად შერეული და თანაბარტენიანობის თამბაქოს ნარევი. ნარევის შეფუთვისათვის პოლიეთილენის ფირში (გამოყენებული იყო აირ-და ორთქლგაუმტარი ფირი მარკით „თერმოპლენ-2,“) და შემდგომ მასში CO_2 -ის ატმოსფეროს შექმნისათვის გამოვიყენეთ ნახ.13-ზე გამოსახული დანადგარი.



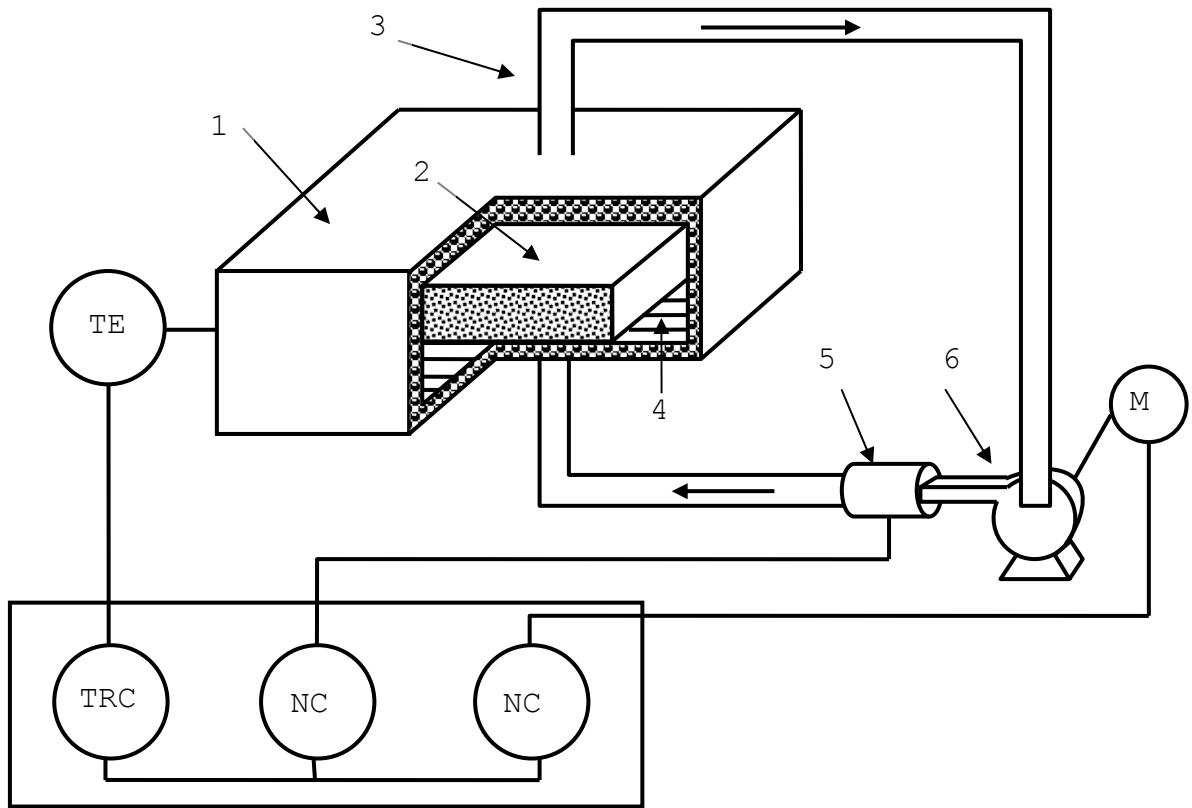
ნახ. 13. დანადგარის სქემა თამბაქოს შეფუთვისათვის პოლიეთილენის ფირში CO₂-ის ატმოსფეროში ან ვაკუუმში

- 1 – რედუქტორი; 2 – მანომეტრი; 3 – 4 – ჩამკეტი ონკანები; 5 – სამსვლიანი ელექტრომაგნიტური სარქველი; 6 – ელექტროკონტაქტური მანოვაკუუმმეტრი; 7 – ბალონი ნახშირორჟანგით; 8 – ვაკუუმ-ტუმბო; 9 – თამბაქოს ნედლეული; 10 – სამართავი ავტომატური მოწყობილობა

ამ დანადგარზე მუშაობის არსი გამოიხატება შემდეგში: ჯერ თამბაქოს ნარევში იქმნება გაუხშობება 0,5 კპა სიდიდის ელექტრომაგნიტური სარქველის (5) გამოთიშვით ნახშირორჟანგის ბალონის (7) სისტემიდან. ვაკუუმის მიღწევისას ვაკუუმ-ტუმბო (8) სამართავი ავტომატური მოწყობილობის (10) დახმარებით გამოირთვება, რომლის შემდეგ სამსვლიანი ელექტრომაგნიტური სარქველის (5) დახმარებით თამბაქოს ნარევი (9) მიუერთდება ბალონს (7). თამბაქოს ნარევში წარმოიქმნება ატმოსფერულის ტოლი წნევა და სარქველი (5) ისევ გამორთავს თამბაქოს ნარევს (9) ბალონისაგან (7). ასეთი სახით თამბაქოში ჰაერის ატმოსფერო იცვლება CO₂–ის ატმოსფეროთი, გათიშვის წინ თამბაქოს ნარევი CO₂–ის შეყვანის მაგივრად ჰერმეტიზირდება.

თამბაქოს საცდელი ფერმენტაცია მოვახდინეთ ჩვეულებრივ 50⁰ C ტემპერატურის რეჟიმში. ამ მიზნით გამოვიყენეთ სპეციალური კამერა, რომელიც საშუალებას

გვაძლევდა მოგვებდინა ფერმენტაციის რეჟიმის ვარირება ფართე დიაპაზონში. ასეთი კამერის მოწყობილობა გამოსახულია ნახ.14–ზე.



ნახ. 14. დანადგარის სქემა თამბაქოს ფერმენტაციისათვის ლაბორატორიულ პირობებში.

1 – საფერმენტაციო კამერა; 2 – თამბაქო; 3 – ჰაერის რეცირკულაციის მილი; 4 – ბადიანი სადგარი; 5 – ჰაერგამაცხელებელი; 6 – ვენტილატორი

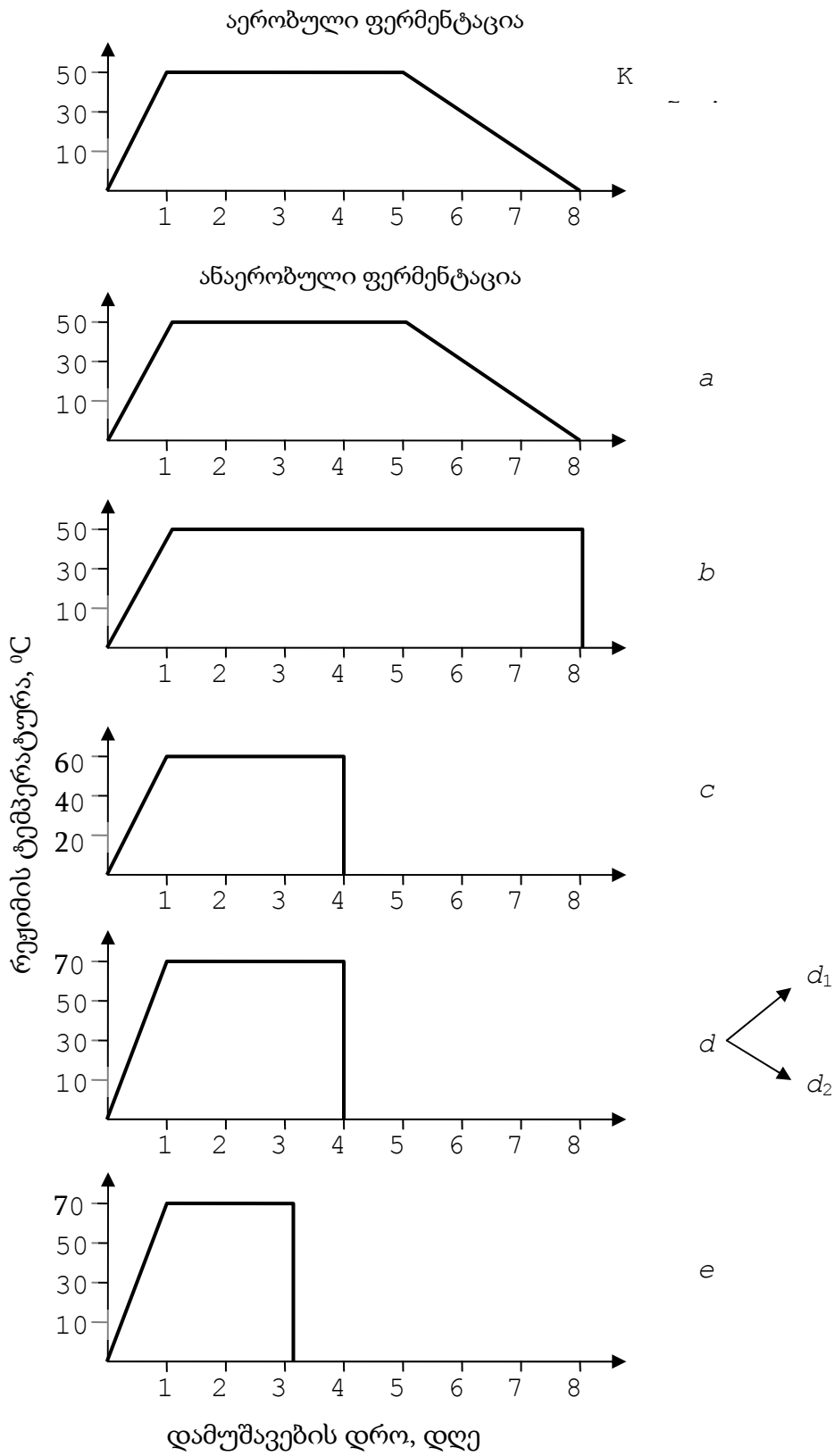
დანადგარი მუშაობს შემდეგნაირად: თამბაქოს ნარევის ვათავსებთ საფერმენტაციო კამერაში (1), მჭიდროდ ვაჰერმეტიზირებდით და ვაწარმოებდით თამბაქოს გაცხელებას ჰაერის რეცირკულაციის (3) გზით ჰაერგამაცხელებლის (5) დახმარებით, ტემპერატურულ რეჟიმს ვიჭერდით განსაზღვრულ დონეზე ავტომატიკის სისტემით. საკონტროლოდ ვიყენებდით $50^{\circ}C$ ჩვეულებრივი ფერმენტაციის საცდელი ნიმუშების პოლიეთილენის ფირში შეუფუთავ თამბაქოს.

ფერმენტაციის აღნიშნულ რეჟიმს გადიოდა აგრეთვე პოლიეთილენის ფირში შეფუთული და CO_2 –ის ატმოსფეროში დამუშავებული საცდელი თამბაქოს ერთი ნიმუში. შემდეგ ცდები ტარდებოდა დანადგარში ტემპერატურული რეჟიმის ავტომა-

ტური რეგულირებით. ამ დროს შექმნილი რეჟიმები ნაჩვენებია ნახ.15–ზე – b, c, d, e ცალკეულ შემთხვევაში თამბაქოდან ვილებდით ნიმუშებს ანალიზისათვის 10 დღის შემდეგ ფერმენტაციის პროცესების დამთავრებიდან და მხოლოდ ნიმუშისათვის d ფერმენტაციას ვახორციელებდით თამბაქოს ორი ნარევიდან. ერთი ნარევიდან ნიმუშებს ანალიზისათვის ვილებდით 10 დღის შემდეგ (როგორც ჩვეულებრივ) – ნიმუში d_1 , ხოლო სხვა ნარევიდან – 4 თვის შემდეგ, ანუ ეს უკანასკნელი ხანგრძლივად ინახებოდა ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში (ნიმუში d_2).

ფერმენტაციის წინ ყველა ნარევი ვსაზღვრავდით მასას და ტენიანობას. იმასვე ვაკეთებდით ფერმენტაციის შემდეგ. ამ მონაცემთა საფუძველზე ვანგარიშობდით მშრალი ნივთიერების დანაკარგს. გამშრალ თამბაქოს ნიმუშებს, რომლებიც მიიღებოდა ტენიანობის განსაზღვრის შემდეგ, ვაწვრილმანებდით და ვიყენებდით სპექტროფოტომეტრული ანალიზისა და ჟანგბადური მაჩვენებლის განსაზღვრისათვის. თითოეულ ანალიზს ვატარებდით სამჯერადი განმეორებით. შესრულებული ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.20–ში.

ცხრ.20–ში მოყვანილი მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ანაერობულ პირობებში CO_2 –ის ატმოსფეროში პრაქტიკულად ყველა ნიმუში აღმოჩნდა დაფერმენტირებული. გამონაკლისი აღმოჩნდა მხოლოდ ნიმუში „ e “ (ნახ.15), რომ ლისტვისაც, მართალია გამოყენებული იყო ფერმენტაციის საკმაოდ მაღალი ტემპერატურა $70^{\circ}C$, მაგრამ პროცესის ხანგრძლივობა შეადგენდა აშკარად არასაკმარისს (4 დღე). როგორც მოსალოდნელი იყო ანაერობულ პირობებში ფერმენტაციისას მკვეთრად მცირდება მშრალი ნივთიერების დანაკარგები – 2-3-ჯერ და უფრო მეტად.



ნახ.15. თამბაქოს ფერმენტაციის რეჟიმების ვარიანტები

თამბაქოს შემადგენლობისა და თვისებების ცვლილება
ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში ფერმენტაციისას

ანალიზირებადი მაჩვენებლები	დაუფერ მენტბელი თამბაქო	K	ფერმენტაცია CO_2 -ის ატმოსფეროში					
			a	b	c	d_1	d_2	e
დაფერმენტირებულობა								
ჟმ	2,01	0,13	0,09	0,11	0,16	0,12	0,07	0,25
სპექტროფოტომეტრით	არა	კი	კი	კი	კი	კი	კი	კი
ტენიანობა, %	17,8±0,6	16,1	18,2	18,5	17,9	17,4	18,3	17,3
Π , %	-	2,61	1,08	1,21	0,82	0,75	0,80	0,69
A , ბალი		19,3	18,8	18,7	19,4	19,0	19,6	18,1
B , ბალი		18,3	18,1	17,9	18,3	18,2	18,5	18,0
K , ბალი		1,5	1,4	1,3	1,6	1,4	1,4	1,6
Γ , ნაფაზის რაოდენობა		14,6	15,2	13,8	14,3	15,1	13,4	15,9
3 , გ/სიგ		0,949	0,956	0,918	0,923	0,972	0,935	1,001
U , %		8,9	9,3	9,3	8,5	9,1	9,3	8,4
P , %		16,2	16,8	16,1	16,8	15,9	15,4	17,8
HT , მგ/გ		19,99	21,06	21,25	20,16	19,02	18,8	22,04
HD , მგ/გ		7,71	7,95	6,98	7,11	7,25	6,75	8,12
CK , მგ/სიგ.		31,03	29,36	25,16	28,52	30,83	24,69	32,05
CO , მგ/სიგ.		17,32	16,18	16,09	17,51	17,29	15,92	18,13

ეს მოვლენა, რათქმა უნდა, წარმოადგენს მნიშვნელოვან პრაქტიკულ ინტერესს. დამახასიათებელი და მნიშვნელოვანია, რომ ჩვეულებრივი ფერმენტაციის თამბაქომ საბოლოო შედეგად შეამცირა მისი ტენშემცველობა, მაშინ, როცა ანაერობული ფერმენტაციის თამბაქოებმა ტენშემცველობის დონე პრაქტიკულად არ შეიცვალეს. ამას აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა თამბაქოს ფაბრიკული წარმოებისას უფრო ოპტიმალური პირობების შექმნის თვალსაზრისით.

რაც შეეხება ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსს, თითოეული კონკრეტული მაჩვენებლის ფორმირება წარმოებდა ფერმენტაციის რეჟიმებისაგან დამოკიდებულებით, გამოხატავდა რა ინდივიდუალურ განსხვავებულობას ამა თუ იმ ტექნოლოგიურ ფაქტორზე, მის დონეზე. ამასთან დაკავშირებით საყურადღებოა ერთი: CO_2 -ში დაფერმენტირებული თამბაქოს ნედლეულის ყველა ხარისხის მაჩვენებელი ერთობ-

ლიობაში შეესაბამება დაახლოებით კონტროლის ხარისხის დონეს. მაგრამ თუკი და-
ვაცენებთ უფრო კონკრეტულ ამოცანას, მაშინ მრავალი, თუმცა არა ყველა მაჩვენებ-
ლის კონტროლი შეიძლება ამაღლდეს. ამასთან დაკავშირებით წარმოიდგინება, რომ
ენერგორესურსების მნიშვნელოვანი ეკონომია და სამუშაოს მწარმოებლობის ძირეუ-
ლი ამაღლება შეიძლება მოგვცეს რეჟიმმა „d“. სახელდობრ პოლიმერული შეფუთვის
და ინერტული ატმოსფეროს გამოყენება საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ფერმენ-
ტაციის არსებითად უფრო მაღალი ტემპერატურული რეჟიმები შედარებით 1 სასა-
ქონლო ხარისხისათვის საყოველთაოდ მიღებული $50^{\circ}C$ –სა და გავაუმჯობესოთ ხა-
რისხი შემდგომში თამბაქოს ანაერობულ პირობებში ხანგრძლივი შენახვის ხარჯზე.

ფერმენტაციის ინდივიდუალურ ინერტულ ატმოსფეროში ჩატარების პრაქტი-
კული უპირატესობა ჩვენის აზრით მდგომარეობს შემდეგში:

- არსებითად მცირდება ნახშირორჟანგის ხარჯი;
- პროცესი შეიძლება განხორციელდეს უწყვეტი ფერმენტაციის ტექნოლოგიის მიხედვით;
- მკვეთრად მარტივდება ფერმენტაციის რეჟიმის რეგულირება, რადგანაც ეს ამოცანა დაიყვანება ტემპერატურული რეჟიმის მოცემული დონის შენარჩუნებაზე.;
- ფერმენტაციისას მასს–ცვლის გამორიცხვა ასტაბილირებს თამბაქოს ნედლეუ-
ლის ტენიანობას, რაც აუმჯობესებს მისი შემდგომი ფაბრიკული გადამუშავების პი-
რობებს;
- პოლიეთილენის პარკებში და ანაერობულ პირობებში შეფუთვა მკვეთრად ამ-
ცირებს თამბაქოს დანაკარგებს დაწვრილმანების, კლიმატური პირობების ზემოქმე-
დების და დაავადებების და მავნებლების გამორიცხვის ხარჯზე;
- ანაერობულ პირობებში ფერმენტაციისას ტენშემცველობის მკვეთრი შემცირე-
ბის ხარჯზე პრინციში შესაძლებლად გვეჩვენება მკვეთრად გავზარდოთ შეკვრის
სიმკვრივე (2–ჯერ და უფრო მეტადაც), რამაც შეიძლება მოგვცეს დიდი ეკონომიკური
ეფექტი.

ყველა ზემოთმოყვანილი უპირატესობა, რომლებიც გამომდინარეობს თამბაქოს
 CO_2 –ის ატმოსფეროში ფერმენტაციის პროცესის მოდიფიკაციაში, ბევრად აკომპენ-
სირებს იმ დამატებით დანახარჯებს, რომლებიც დაკავშირებულია თამბაქოს შეკვრე-
ბის შეფუთვისათან.

ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციის მიმართულებით გამოკვლევების გაგრძელებისას ჩვენ შევეცადეთ ნახშირორჟანგის გამოყენების გამორიცხვას და ამისათვის ვაკუუმის დახმარებით ანაერობული პირობების შექმნას.

4.2.3. ფერმენტაცია ვაკუუმის პირობებში

ვაკუუმის პირობებში ფერმენტაციის თავისებურებათა უფრო სრული შესწავლისათვის ჩატარებული იქნა ფერმენტაციის პროცესის მოდელირების ექსპერიმენტები. ექსპერიმენტების ორგანიზაცია იყო ისეთივე, როგორც ჭიქებში CO_2 -ის ატმოსფეროში ფერმენტაციისას. განსხვავება გამოიხატებოდა მხოლოდ იმაში, რომ ჭიქების სახურავით დახურვის შემდეგ ონკანებიდან ერთ-ერთს ვალებდით, მილს ვაერთებდით ვაკუუმ-ტუმბოსთან და ვქმნიდით გაუხშობას დაახლოებით 0,5 კპა, რომლის შემდეგ ონკანს ვკეტავდით. ვაკუუმში ფერმენტაციისათვის ვიყენებდით იმავე თამბაქოს (ფრაქცია 0,5-3,0 მმ), რასაც CO_2 -ის ატმოსფეროში ფერმენტაციის მოდელურ ცდებში. ისევე, როგორც წინა შემთხვევაში, დავაყენეთ სრული სამფაქტორიანი ექსპერიმენტი (იხ. ცხრ.18).

ამ შემთხვევაშიც სანამ განვიხილავდით და დავამუშავებდით ჩატარებული გაზომვების შედეგებს მშრალი ნივთიერების დანაკარგებსა და ხარისხის მაჩვენებლებზე, გავამახვილეთ ყურადღება დაფერმენტირების ხარისხზე ცდების ყველა ვარიანტში (ცხრ.21).

ცხრილი 21

თამბაქოს დაფერმენტირებულობა ვაკუუმში ფერმენტაციის შემდეგ (მოდელური ცდები)

ფერმენტაციის სახე	ნიმუშები	ჟანგბადური მაჩვენებელი		სპექტროოფოტომეტრული მეთოდი
		მლ/გ	დასკვნა დაფერმენტირებაზე	
აერობული	დაუფერმენტებული	2,35	დაუფერმენტირებელი	დაუფერმენტირებელი
	დაფერმენტირებული	0,09	დაფერმენტირებული	დაფერმენტირებული
	1	0,14	დაუფერმენტირებელი	დაუფერმენტირებელი
	2	0,11	დაფერმენტირებული	დაფერმენტირებული
ვაკუუმში	3	0,12	—, —	—, —

	4	0,08	—„—	—„—
	5	0,10	—„—	—„—
	6	0,09	—„—	—„—
	7	0,13	—„—	—„—
	8	0,08	—„—	—„—

მიღებული შედეგების ანალიზი ურთიერთშედარების გზით ჟანგბადურ მაჩვენებელთან და სპექტროფოტომეტრულ გაზომვებთან მოწმობს იმას, რომ ვაკუუმში ფერმენტაციისას პრაქტიკულად ყველა ნიმუშმა (გარდა 1-სა) მიაღწია დაფერმენტირების დონეს. ამრიგად, ნაჩვენები იქნა ფერმენტაციის პროცესის ვაკუუმის პირობებში წარმოების პრინციპული შესაძლებლობა.

კითხვას, თუ როგორია ამ დროს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგი და ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსი, პასუხობს ცხრ.22-ში წარმოდგენილი მონაცემები.

როგორც ამ ცხრილში მოყვანილი შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, ფერმენტაციის პროცესის ჩატარებას ვაკუუმში მივყევართ მშრალი ნივთიერების დანაკარგების მკვეთრი შემცირებისაკენ – 2-ჯერ უფრო მეტად. საერთოდ ეს მთლიანად ეთანხმება თეორიულ წანამდგრებს ფერმენტაციის პროცესის თავისებურებებზე ანაერობულ პირობებში.

არსებით მეცნიერულ ინტერესს წარმოადგენს მონაცემები თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლების მახასიათებლებზე, რომლებიც მიღებულია ვაკუუმური ფერმენტაციის შედეგად. როგორც ვხედავთ, კონტროლთან შედარებით

ცხრილი 22

ფერმენტაციის პროცესების მოდელირება აერობულ და ვაკუუმის პირობებში

ფერმენტაციის სახე	ნიმუში	Π, %	ხარისხის მაჩვენებლები										
			A, ბა-ლი	B, ბა-ლი	K, ბა-ლი	Γ, ნა-ფა-ზი-ს-რა-ო-დე-ნო-ბა	3, გ/სიგ.	U, %	P, %	HT, მგ/გ	HD, მგ/გ	CK, მგ/სიგ.	CO, მგ/სიგ.
აერობული	-	2,74	18,9	18,3	1,5	14,7	0,828	7,6	16,8	24,44	5,52	28,65	21,18
	1	0,62	18,7	18,2	1,6	16,4	0,895	6,4	18,3	23,60	6,01	30,52	22,00
	2	0,94	19,1	18,5	1,3	14,4	0,834	8,4	17,4	22,50	5,68	29,17	19,01

ლი													
ანაე-	3	0,87	18,9	18,5	1,3	15,1	0,841	7,0	17,1	23,12	5,93	29,63	20,56
რო-	4	1,09	19,0	18,2	1,5	13,9	0,812	7,9	17,4	21,80	5,50	28,27	20,83
ბუ-	5	1,06	19,0	18,6	1,3	14,6	0,851	6,9	17,0	22,92	5,69	29,19	22,11
ლი	6	1,06	19,4	18,0	1,4	14,0	0,807	8,1	16,9	21,75	5,12	27,21	19,07
(ვა-	7	0,90	19,1	18,4	1,6	15,1	0,829	7,4	17,1	22,48	5,48	27,80	19,18
კუ-	8	1,35	18,9	18,4	1,5	12,8	0,805	8,5	16,4	20,68	5,11	26,59	19,14
უმბი)													

საერთოდ ხარისხის ცალკეული მაჩვენებლები შეესაბამება საკონტროლო თათმბაქოს ხარისხის დონეს: ზოგიერთ შემთხვევაში აჭარბებს მას, ხოლო ზოგიერთი – ტექნოლოგიური ფაქტორებისაგან დამოკიდებულებით (ტემპერატურა, პროცესის ხანგრძლივობა და თამბაქოს ტენიანობა), ჩამორჩება. ისევე როგორც თამბაქოს CO₂-ის ატმოსფეროში ფერმენტაციისას, ვაკუუმური ფერმენტაციის შედეგები მნიშვნელოვანი ხარისხით დამოკიდებულია ფერმენტაციის ტექნოლოგიურ რეჟიმებზე. ამ დამოკიდებულებებს ასახავს სამფაქტორიანი ექსპერიმენტის მათემატიკური დამუშავების შემდეგ მიღებული რეგრესიის განტოლებები (ცხრ.23).

ისევე, როგორც თამბაქოს ფერმენტაციისას ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში, ამ რეგრესიის განტოლებების ანალიზის შემდეგ შევეცადეთ შეგვეფასებინა ცალკეული ტექნოლოგიური ფაქტორის ხვედრითი გავლენა მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებზე და ხარისხის მაჩვენებლების ფორმირებაზე. ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.23. ეს მონაცემები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ვაკუუმის პირობებში თამბაქოს ფერმენტაციის ნახევრადსაწარმო და საწარმო ექსპერიმენტებისათვის.

ცხრილი 23

ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენის ამსახველი რეგრესიის განტოლებების კოეფიციენტები თამბაქოს ფერმენტაციისას ანაერობულ პირობებში ვაკუუმში

ხარისხის მაჩვენებელი	კოეფიციენტების მნიშვნელობები				მრავლობითი კორელაციის კოეფიციენტი R _f	ფარდობითი ცდომილება, ε, %
	A (თავისუფალი წევრი)	B(t ⁰)	C(τ)	D (W)		
Π, %	-1,985	0,02475	0,01104	0,053125	0,89	7,77
A, ბალი	17,475	0,0175	-0,00625	0,04375	0,68	0,62
B, ბალი	19,05	-0,015	0,0041667	0	0,42	0,82

K , ბალი	1,175	-0,0025	0,00625	0,00625	0,34	6,57
F , ნაფაზის რაოდენობა	29,90	-0,1525	-0,05208	-0,20625	0,93	2,13
Z , გ/სიგ	1,2725	-0,00395	-0,00208	-0,00563	0,94	0,94
U , %	-2,575	0,13	0,02083	0,07	0,95	2,47
P , %	24,05	-0,085	-0,03333	-0,175	0,86	1,29
HT , მგ/გ	36,88	-0,12675	-0,62708	-0,2194	0,99	0,39
HD , მგ/გ	10,485	-0,04175	-0,010625	-0,105625	0,99	0,61
CK , მგ/სიგ.	47,7975	-0,13	-0,09375	-0,38125	0,99	0,40
CO , მგ/სიგ.	34,68	-0,145	-0,351667	-0,18125	0,70	3,87

საჭიროა აღინიშნოს, რომ თამბაქოს მასალის შეფუთვა პოლიმერის ტარაში ვაკუუმის ქვეშ წარმოადგენს პირველხარისხოვან მიმართულებას თამბაქოს ტექნოლოგიის განვითარებაში. ამაზეა ლაპარაკი ნაშრომებში [20,51,135].

ჩატარებულმა ცდებმა გვაჩვენა, რომ თამბაქოს შეფუთვის ახალი ხერხი საშუალებას იძლევა შენახულ იქნას მისი ხარისხი შენახვის რამდენიმე თვის განმავლობაში, მოისპოს მავნებლები, საკმაო ხარისხით შემცირდეს შეკვრების მოცულობა ვაკუუმირებისას სიმკვრივის გაზრდის ხარჯზე და მიღწეულ იქნას სხვა ტექნოლოგიური უპირატესობები. მაგრამ ამ შემთხვევაში ლაპარაკია დაფერმენტებული თამბაქოს ვაკუუმურ შეფუთვაზე (ფოთლოვანის ან დაჭრილის). ჩვენ მიზნად არ დავვისახია გამოგვეყენებია ვაკუუმური შეფუთვის უპირატესობა ფერმენტაციის პროცესში, რადგანაც ვაკუუმური შეფუთვისას პოლიმერულ ლენტაში გამოყენებული გვექონდა დაუფერმენტებული თამბაქოს ნედლეული. ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.24-ში.

ცხრილი 24

თამბაქოს შემადგენლობისა და თვისებების ცვლილება

ვაკუუმში ფერმენტაციისას

საანალიზო მაჩვენებლები	დაუფერმენტებელი თამბაქო	K	ფერმენტაცია ვაკუუმში					
			a	b	c	d_1	d_2	e
დაფერმენტირებულობა								
ქმ	2,01	0,13	0,07	0,12	0,10	0,09	0,07	0,31

სპექტროფოტომეტრია	არა	პო	პო	პო	პო	პო	პო	პო
ტენიანობა, %	17,8±0,6	16,1	18,4	18,5	17,04	18,6	18,4	18,0
Π, %	-	2,61	1,62	1,28	0,95	1,02	1,12	0,75
A, ბალი		19,3	19,2	19,0	19,4	19,0	19,2	18,9
B, ბალი		18,3	18,7	18,3	18,0	18,7	19,0	17,6
K, ბალი		1,5	1,4	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5
Γ, ნაფაზის რაოდენობა		14,6	15,2	15,0	13,6	13,7	13,0	16,3
З, გ/სიგ		0,949	0,956	0,939	0,948	0,956	0,932	0,932
И, %		8,9	9,1	8,6	8,9	9,2	9,2	7,8
P, %		16,2	16,5	16,5	17,0	16,3	16,0	18,4
HT, მგ/გ		19,19	21,30	20,15	20,65	21,17	20,86	23,45
HD, მგ/გ		7,71	7,15	7,85	7,11	7,98	7,84	8,22
CK, მგ/სიგ.		31,08	31,00	30,29	30,94	32,11	31,85	34,16
CO, მგ/სიგ.		17,32	18,12	18,01	17,29	17,14	17,52	16,94

მოცემული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციისას ვაკუუმის პირობებში პრაქტიკულად ყველა ნიმუში აღმოჩნდა დაფერმენტირებული. გამონაკლისი შეადგინა მხოლოდ ნიმუშმა „e“, რომლისთვისაც ისევე როგორც ნახშირორჟანგით ფერმენტაციის დროს გამოიყენებოდა ფერმენტაციის უფრო მაღალი ტემპერატურა ($70^{\circ}C$), მაგრამ ხანგრძლივობა იყო მცირე (4 დღე).

მოდელური ცდების შედეგები კიდევ ერთხელ ადასტურებს, რომ მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები ვაკუუმური ფერმენტაციისას მინიმალურია და პრაქტიკულად კონტროლთან შედარებით 2-ჯერ უფრო მცირეა.

ისევე როგორც CO_2 -ის დროს ფერმენტაციისას ვაკუუმის გამოყენება შესაძლებლობას იძლევა შენარჩუნებულ იქნას ტენშემცველობის საწყისი დონე. ამან პერსპექტივაში შეიძლება შეამციროს თამბაქოს დანაკარგები დაწვრილმანების გამორიხვის ხარჯზე და შეამსუბუქოს თამბაქოს გადამუშავების პირობები თამბაქოს ფაბრიკებში.

თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსის მიმართ მისი ვაკუუმში ფერმენტაციისას, შეიძლება სრული კონსტატირება იმისა, რაზეც ლაპარაკი იყო ზემოთ (CO_2 ფერმენტაცია): ვაკუუმში ფერმენტაცია პრინციპში საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას თამბაქო, რომელიც ხარისხით არ ჩამოუვარდება ჩვეულებრივს. ტექნოლოგიური ფაქტორების (ტემპერატურა და დრო) რეგულირების ხარჯზე შესაძ-

ლებელია მივაღწიოთ ხარისხის რიგი ნიშნების ძირეულ გაუმჯობესებას. განსაკუთრებულ ყურადღებას გამოკვლევული რეჟიმებიდან იმსახურებს რეჟიმი „d“, რომელმაც უზრუნველყო დაფერმენტირებული თამბაქოს მიღება ძალიან მოკლე დროში. სავარაუდოა, რომ ფერმენტაციის ინტენსიფიკაციის პროცენტი შესაძლებელია კიდევ უფრო დიდი ხარისხით გაიზარდოს, თუკი ამისათვის გავზრდით ტემპერატურას კამერაში.

თამბაქოს ნედლეულის ვაკუუმურ ფერმენტაციას გააჩნია იგივე უპირატესობები, რაც CO_2 -ის ატმოსფეროში ფერმენტაციას. მაგრამ ამ შემთხვევაში გამორიცხულია ნახშირორჟანგის გამოყენება, რაც წარმოადგენს არა ნაკლებ მნიშვნელოვანს ეკონომიკურობიდან და პროცესის სიმარტივიდან გამომდინარე. ამავე დროს მცირდება შეკვრების მოცულობები ვაკუუმის მოქმედებით შეფუთვის სიმკვრივის გაზრდის შედეგად (ჩვენს ცდებში სიმკვრივე გაიზარდა 2-ჯერ და უფრო მეტად). ეს უკანასკნელი ხელს უწყობს საფერმენტაციო ქარხნის მწარმოებლობის გაზრდას და უფრო ეკონომიურს ხდის სატრანსპორტო გადაზიდვებს, მაგრამ ამასთან ერთად წარმოიშვება აუცილებლობა თამბაქოს ფაბრიკების დამატებითი ტექნოლოგიური დანადგარებით აღჭურვაზე (მაგალითად ინფრაწითელი ან ზემადალი სიხშირის გაცხელება და სხვ), რომლებიც საშუალებას იძლევიან დანაკარგების გარეშე და სწრაფად გააფხვიეროს მჭიდროდ დაწნეხილი შეკვრები. ამის გათვალისწინებით შევეცადეთ მოგვეძებნა თამბაქოს ანაერობულ პირობებში ფერმენტირების ალტერნატიული გადაწყვეტა.

4.2.4. ფერმენტაცია ჰერმეტიკულ პოლიმერიულ შეფუთვაში

იმისათვის რომ გამოვრიცხოთ CO_2 -ის გამოყენება და თავიდან ავიცილოთ შეკვრის მაღალი სიმკვრივე ვაკუუმირებისას, მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ თამბაქოს შეფუთვა პლასტმასის ფირში მისი შემდგომი მჭიდრო დარჩილვით. ამასთან ჰაერის გარკვეული რაოდენობა რჩება შეფუთვაში. ჩვენი გაანგარიშებით 1 კგ თამბაქოზე მოდის დაახლოებით 1გ O_2 . იმის გამო, რომ შეფუთვის ჰერმეტიკულობა გამორიცხავს ჟანგბადის შევსებას, შეკვრაში არსებული ჟანგბადის მცირე რაოდენობა ჩქარა გაიხარჯება და არ შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ჟანგვითი პროცესების მიმ-

დინარეობაზე. ამრიგად, ასეთ პირობებში ფერმენტაცია არსებითად უნდა წარიმართოს ანაერობულის მსგავსი პირობებით.

ისევე, როგორც წინა ცდებში (CO_2 -ის ატმოსფერო და ვაკუუმი), უპირველეს ყოვლისა ჩავატარეთ ფერმენტაციის პროცესის მოდელირება ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში. გამოვიყენეთ იგივე თამბაქოს ნიმუში (ფრაქცია 0,5-3,0 მმ). ექსპერიმენტების ჩატარებისას ჭიქაში რჩებოდა ჰაერის ნაწილი თამბაქოს ზემოთ, მაგრამ კავშირი ატმოსფერულთან გამოირიცხებოდა, რისთვისაც ფერმენტაციის მთელი პროცესის განმავლობაში ონკანები მჭიდროდ იკეტებოდა, პროცესის დამთავრების შემდეგ წარმოებდა იგივე განსაზღვრები, რაც ადრე.

ცხრ.25-ში მოყვანილია მონაცემები თამბაქოს დაფერმენტირების ხარისხზე. მიღებული შედეგების ანალიზი ჟანგბადური მაჩვენებლისა და სპექტროფოტომეტრული გაზომვების მონაცემებთან შეპირაპირების გზით მოწმობს იმას, რომ ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში ფერმენტაციისას ყველა ნიმუში აღმოჩნდა დაფერმენტირებული. გამონაკლისი აღმოჩნდა ნიმუში 1, ხოლო ნიმუში 7-ის შედეგები – სადაო (ჟანგბადური მაჩვენებელი რამდენადმე აჭარბებს 0,1 მნიშვნელობას). ამრიგად, ნაჩვენები იქნა ფერმენტაციის პროცესის ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში წარმართვის პრინციპული შესაძლებლობა.

ცხრილი 25

თამბაქოს დაფერმენტირების დონე ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში ფერმენტაციის შემდეგ

ფერმენტაციის სახე	ნიმუშები	ჟანგბადური მაჩვენებელი		სპექტროფოტომეტრული მე- თოდი
		მლ/გ	დაფერმენტირებაზე დასკვნა	
აერობული	დაუფერმენტებული	2,35	დაუფერმენტირებელი	დაუფერმენტირებელი
	დაფერმენტირებული	0,09	დაფერმენტირებული	დაფერმენტირებული
	1	0,15	დაუფერმენტირებელი	დაუფერმენტირებელი
	2	0,12	დაფერმენტირებული	დაფერმენტირებული
ჟანგბადის ნაკლებობა	3	0,11	—„—	—„—
	4	0,10	—„—	—„—
	5	0,09	—„—	—„—
	6	0,11	—„—	—„—

	7	0,14	დაუფერმენტირებელი	—, —
	8	0,09	დაუფერმენტირებელი	—, —

ცხრ.25 მოყვანილია მონაცემები მშრალი ნივთიერების დანაკარგებსა და ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსზე.

ფერმენტაციის პროცესების მოდელირება აერობულ პირობებში და ჟანგბადის ნაკლებობისას

ფერმენტაციის სახე	ნიმუში	Π, %	ხარისხის მაჩვენებლები										
			A, ბა-ლი	B, ბა-ლი	K, ბა-ლი	F, ნაფა-ზის რაოდენობა	3, გ/სიგ.	U, %	P, %	HT, მგ/გ	HD, მგ/გ	CK, მგ/სიგ.	CO, მგ/სიგ.
აერობული	-	2,74	18,9	18,3	1,5	14,7	0,828	7,6	16,8	24,44	5,52	28,65	21,18
	1	0,71	18,5	18,3	1,6	17,1	0,845	7,0	17,5	24,20	5,98	29,74	22,61
	2	0,97	19,0	18,4	1,5	14,8	0,837	8,2	17,1	23,96	5,45	29,11	20,17
ჟანგბადის ნაკლებობა	3	0,91	19,0	18,3	1,5	15,4	0,856	7,5	16,8	24,10	5,49	29,24	20,95
	4	0,99	48,8	18,1	1,4	14,2	0,824	8,0	17,3	22,18	5,37	28,71	20,74
	5	1,03	18,9	18,2	1,3	14,9	0,868	7,4	16,7	23,01	5,84	29,10	21,69
	6	1,04	19,2	18,5	1,5	13,9	0,812	7,9	16,8	21,80	5,00	29,12	19,82
	7	0,91	19,2	18,6	1,5	15,3	0,824	7,5	17,2	22,37	5,50	27,94	19,07
8	1,43	19,0	18,4	1,4	13,8	0,810	8,1	16,5	20,89	5,26	27,06	19,53	

როგორც ამ ცხრილის მონაცემების ანალიზიდან გამომდინარეობს, ფერმენტაციის პროცესის ჩატარებას ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში, როგორც მოსალოდნელი იყო, მივეყვართ მშრალი ნივთიერების დანაკარგების მკვეთრი შემცირებისაკენ ორჯერ უფრო მეტად. ეს შედეგები ურთიერშეწონადია. იმათთან, რაც მიღებული იყო ადრე. ისინი მთლიანად ეთანადება თეორიულ წანამძღვრებს ანაერობული ფერმენტაციის მექანიზმის მიმართ.

გარკვეულ მნიშვნელობას წარმოადგენს მონაცემები, რომლებიც ახასიათებენ თამბაქოს ნედლეულის ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში ფერმენტაციისას ხარისხის მაჩვენებლებს. მთლიანად ხარისხის ცალკეული მაჩვენებელი შეესაბამება საკონტროლო თამბაქოს დონეს. მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში ისინი მას აჭარბებს, ზოგიერთში –

ჩამორჩება. ამას ადგილი ჰქონდა ტექნოლოგიური ფაქტორების შეხამებასთან დამოკიდებულებაში: ტემპერატურა, პროცესის ხანგრძლივობა და თამბაქოს ტენიანობა. ისევე როგორც ფერმენტაციის სხვა მეთოდებში, ანაერობული ფერმენტაცია ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში გარკვეული ხარისხით დამოკიდებულება პროცესის ტექნოლოგიურ რეჟიმებზე. ეს დამოკიდებულებები გამოსახულია რეგრესიის განტოლებებით, რომლებიც მივიღეთ სამფაქტორიანი ექსპერიმენტის მათემატიკური დამუშავების შემდეგ (ცხრ.27).

ამ განტოლებების გაანალიზებით შევეცადეთ (ისე როგორც ადრე) შეგვეფასებინა ცალკეული ტექნოლოგიური ფაქტორის ხვედრითი გავლენა მშრალი ნივთიერების და ნაკარგებსა და ხარისხის მაჩვენებლების ფორმირებაზე, რომელიც აღმოჩნდა ცხრ.17-ის მონაცემების ანალოგიური.

გამოკვლევულ იქნა აგრეთვე თამბაქოს ხარისხობრივი მაჩვენებლები ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში ფერმენტაციისას (ცხრ.28).

ცხრილი 27

ტექნოლოგიური ფაქტორების მოქმედების აღმწერი რეგრესიის განტოლებების კოეფიციენტები თამბაქოს ანაერობული ფერმენტაციისას ჰერმეტიკულ შეფუთვაში

მაჩვენებლის ხარისხის ნებლები	კოეფიციენტების მნიშვნელობა განტოლებაში				მრავლობითი კორელაციის კოეფიციენტი, R_f	ფარდობითი ცდომილება, $\varepsilon, \%$
	A (თავისუფალი წევრი)	$B(t^0)$	$C(\tau)$	$D(W)$		
$\Pi, \%$	-1,78	0,2175	0,01021	0,05188	0,85	8,30
A , ბალი	16,825	0,01	0,00833	0,0625	0,68	0,80
B , ბალი	17,675	0	0	0,0375	0,50	0,60
K , ბალი	2,05	-0,0025	-0,00208	-0,01875	0,48	4,00
Γ , ნაფაზის რაოდენობა	29,975	-0,15	-0,04167	-0,225	0,91	2,20
3 , გ/სიგ	1,1015	-0,00275	-0,001	-0,003	0,83	1,07
$U, \%$	2,675	0,07	0,0125	0,0125	0,93	1,60
$P, \%$	19,725	-0,0125	-0,00625	-0,09375	0,63	1,30
HT , მგ/გ	40,685	-0,12125	-0,07145	-0,39813	0,96	1,09
HD , მგ/გ	9,5075	-0,04325	-0,01354	-0,043125	0,85	2,40

CK ,მგ/სიგ.	39,93	-00505	-0,08583	-0,22375	0,91	1,00
CO ,მგ/სიგ.	35,5675	-0,1015	-0,08333	-0,2725	0,82	2,80

ამ ცხრილში მოყვანილი მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციისას ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში პრაქტიკულად ყველა ნიმუში დაფერმენტდა. ისევე როგორც ანაერობული ფერმენტაციის სხვა მეთოდებში, გამონაკლისი შეადგინა ნიმუში „e“ (იხ.ნახ.15), რომლისთვისაც, როგორც ჩანს, პროცესის ხანგრძლივობა აღმოჩნდა არასაკმარისი.

თავისი მიმართულებით მოდელური ცდების მონაცემები ნათლად გამოხატავს ტენდენციას ანაერობულ პირობებში ფერმენტაციისას მშრალი ნივთიერების დანაკარგების შემცირებაზე თითქმის ორჯერ უფრო მეტად.

ამასთან აპკში ჰერმეტიკული შეფუთვის ხარჯზე ტენშემცველობის დონე არ იცვლება. ბუნებრივია, რომ ეს საშუალებას იძლევა შემცირდეს თამბაქოს დანაკარგები დაწვრილმანების შედეგად შემდგომი შენახვისა და ტრანსპორტირებისას.

ხარისხის მაჩვენებლების კომპლექსის მიმართ შეიძლება პრინციპში ითქვას იგივე, რაც ნაჩვენებია იყო ადრე ნახშირორჟანგული და ვაკუუმური ფერმენტაციისას. საერთოდ ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში ფერმენტაცია საშუალებას იძლევა მივიღოთ თამბაქოს ნედლეული ხარისხით ჩვეულებრივთან შესაბამისი (საშუალოდ) მაგრამ, ტექნოლოგიური ფაქტორების – ტემპერატურა და დრო, რეგულირებით (ანაერობული ფერმენტაციის პირობებში ჩნდება გაცილებით მეტი შესაძლებლობები) შესაძლებელია მიღწეულ იქნას ხარისხის არსებითი გაუმჯობესება რიგი მაჩვენებლების მიხედვით. ისევე, როგორც სხვა ცდებში, განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს რეჟიმი „d“, რომელმაც უზრუნველყო თამბაქოს ძალიან სწრაფი დაფერმენტირება. ამ შემთხვევაში ისახება ფერმენტაციის პროცესის შემდგომი ინტენსიფიკაციის აშკარა გზა.

თამბაქოს ნედლეული ფერმენტაციის მეთოდს პოლიმერულ ჰერმეტიკულ შეფუთვაში თავისი ტექნოლოგიური სიმარტივის გამო გააჩნია აშკარა უპირატესობები და პრაქტიკული დანერგვის დიდი პერსპექტივა.

ცხრილი 28

თამბაქოს შემადგენლობისა და თვისებების ცვლილება ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში ფერმენტაციისას

საანალიზო მაჩვენებლები	დაუფერ მენტბელი თამბაქო	K	ფერმენტაცია ჟანგბადის ნაკლებობისას					
			a	b	c	d_1	d_2	e
დაფერმენტირების მაჩვენებელი								
ჟმ	2,01	0,13	0,09	0,07	0,11	0,12	0,08	0,27
სპექტროფოტომეტრია	არა	კი	კი	კი	კი	კი	კი	არა
ტენიანობა, %	17,8±0,6	16,1	18,1	18,3	17,9	18,3	18,3	18,0
Π , %	-	2,61	1,74	1,32	1,03	1,11	1,05	0,85
A , ბალი		19,3	19,4	19,2	19,0	19,3	19,2	19,1
B , ბალი		18,3	18,2	18,5	18,4	18,4	18,6	17,9
K , ბალი		1,5	1,6	1,4	1,4	1,3	1,5	1,7
Γ , ნაფაზის რაოდენობა		14,6	15,1	14,2	14,8	14,5	15,8	15,7
3 , გ/სიგ		0,949	0,956	0,938	0,947	0,962	0,912	0,985
H , %		8,9	8,9	8,7	8,9	9,1	8,5	8,4
P , %		16,2	16,8	16,1	16,1	16,9	16,4	17,6
HT , მგ/გ		19,99	20,12	19,86	21,35	20,06	19,82	21,17
HD , მგ/გ		7,71	7,54	7,39	7,85	7,18	7,07	7,82
CK , მგ/სიგ.		31,08	31,10	31,03	30,65	30,74	31,18	31,95
CO , მგ/სიგ.		17,32	17,64	17,48	18,01	18,18	17,16	18,12

ამის გათვალისწინებით შევეცადეთ გავვესაზღვრა თამბაქოს შეკვრაში ტემპერატურული გრადიენტის ფორმირება ჩვეულებრივი და ანაერობული ფერმენტაციას.

ჩვეულებრივი ფერმენტაციის წინ თამბაქოს ნედლეულს აკონდიციონირებენ განსაზღვრულ ტენიანობამდე, ამასთან სამართლიანად ვარაუდობენ, რომ შეკვრებში ტენის გადანაწილება ხდება თანაბრად. მაგრამ ფერმენტაციის დროს წარმოებს შეკვრის შიგ ტენის შემცველობისა და განაწილების ძირეული ცვლილება. ეს დაკავშირებულია თბომასცვლის მრავალ პროცესთან, აგრეთვე წყლის ახალწარმოქმნაზე თამბაქოს ორგანული ნივთიერებების რღვევის ხარჯზე. შეკვრის შიგ ტენის თანაბარ გადანაწილებას, ისევე როგორც მის აბსოლუტურ შემცველობას, აქვს დიდი მნიშვნელობა თამბაქოს ნედლეულის შენახვისა და გადამუშავების ტექნოლოგიის თვალსაზრისით. ამაზე დადამოკიდებული ნელეულის დამატებითი დანაკარგების სიდიდე შეკვრის პერიოდებში დაწვრილმანების გამო.

ამასთან დაკავშირებით შევეცადეთ გამოგვეკვლია ტენის გადანაწილება თამბაქოს შეკვრების ცალკეულ მონაკვეთებში ფერმენტაციის შემდეგ. ეს ამოცანა წყდებოდა ფერმენტაციაზე გადაცემული თამბაქოს ნედლეულის საწყისი ტენიანობისაგან, აგრეთვე ფერმენტაციის მეთოდებისაგან (აერობული-ჩვეულებრივი და ანაერობული-ჰერმეტიკული პოლიმერული შეფუთვა) დამოკიდებულებით.

ექსპერიმენტებს ვაყენებდით შემდეგნაირად:

დაუფერმენტებელ თამბაქოს დაახლოებით 1,5 კგ, რომელსაც ჰქონდა 16% ტენიანობა, კარგად ავურევდით, რომლის შემდეგ ვყოფდით სამ ნაწილად. ერთ ნაწილს ვიყენებდით მაშინვე ორი შეკვრის დასამზადებლად. ამასთან პირველი შეკვრა ექვემდებარებოდა ჩვეულებრივ ფერმენტაციას აერობულ პირობებში, ხოლო მეორეს ჰერმეტიკულად ვფუთავდით პოლიმერულ ფირში და მასაც ვაფერმენტებდით, მაგრამ უკვე ანაერობულ პირობებში.

თამბაქოს მასის მეორე ნაწილს ვასხურებდით წყალს 18% ტენიანობის მიღწევამდე, კარგად ავურევდით და ვაყოვნებდით პოლიმერულ ტომარაში არანაკლებ 2 დღეს ტენის გათანაბრებისათვის, ამის შემდეგ აგრეთვე ვამზადებდით ორ შეკვრას აერობული და ანაერობული ფერმენტაციისათვის. ანალოგიურად ვამუშავებდით თამბაქოს მესამე ნაწილსაც მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ მისი ტენიანობა აგვყავდა დაახლოებით 20%-მდე.

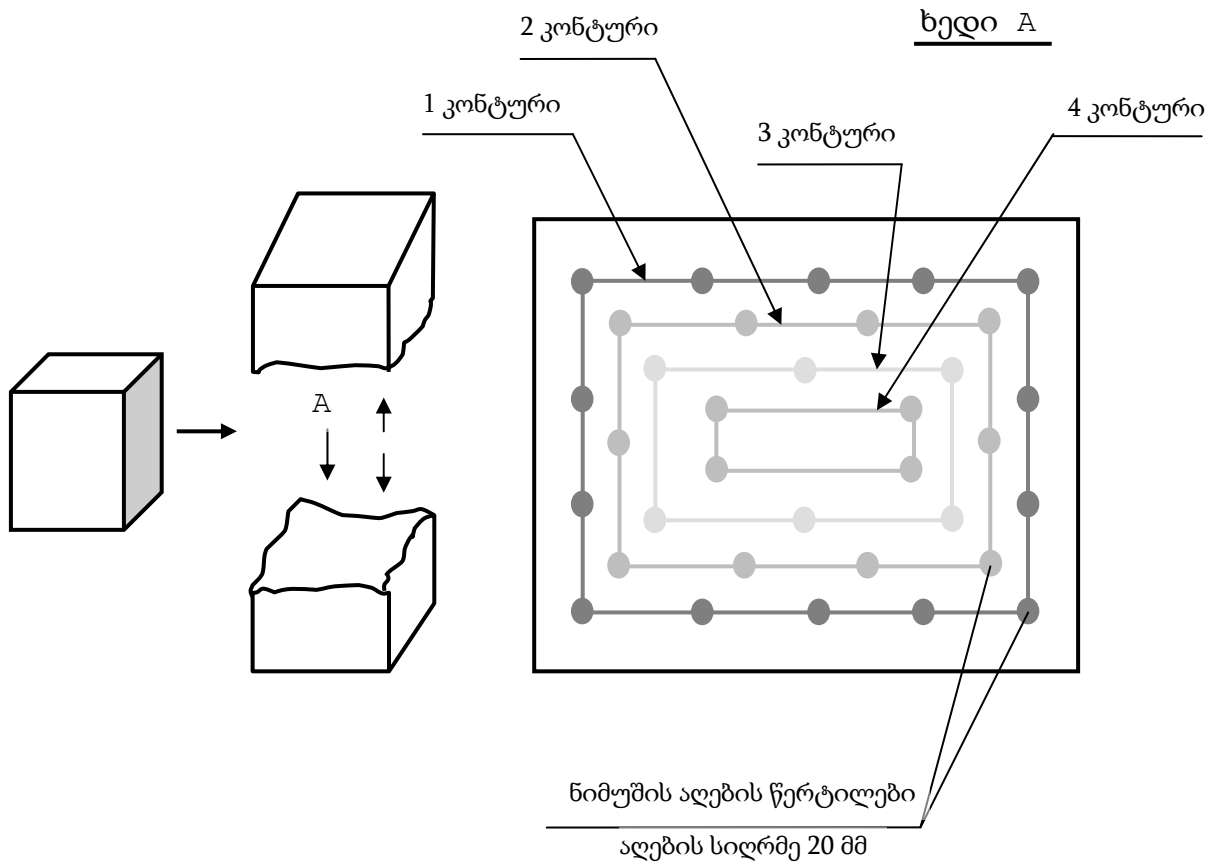
ფერმენტაციის შემდეგ თითოეულ შეკვრას შრეების მიხედვით ვყოფდით დაახლოებით ორ თანაბარ ნაწილად, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ.16-ზე, ხოლო შემდეგ კონტურების მიხედვით ვიღებდით ნიმუშებს ტენიანობაზე შემდეგნაირად: 1-ლი კონტური - 13-15 ნიმუში; 2-ე კონტური - 10-11 ნიმუში; 3-ე კონტური - 6-8 ნიმუში და მე-4 კონტური - 4-5 ნიმუში. განსაზღვრის შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.29-ში. ამ მონაცემების გაანალიზებისას საჭიროა ყურადღება გამახვილდეს შემდეგზე:

ყველა შემთხვევაში სრულიად კანონზომიერად შეკვრის პერიფერიულ ნაწილს (პირველი ორი კონტური) გააჩნია ნაკლები ტენიანობა, ვიდრე მის შიგა ნაწილს. ჩვენი ხედვით, ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ფერმენტაციის პროცესის პირველ ფაზაში, როდესაც წარმოებს შეკვრის გაცხელება, სითბოს ნაკადი მიმართულია შეკვრის შიგა მხარისაკენ. ამავე მიმართულებით გადაადგილდება ტენიც. შედეგად შეკვრის შიგა ნაწილი შესამჩნევად გატენიანდება, ხოლო ზედა - შემრება. და შემდგომაც, ფერმენტაცი-

ის პროცესის დამთავრებამდე, ასეთი სიტუაცია ნარჩუნდება. ტექნოლოგიური თვალსაზრისით – ეს საკმაოდ მნიშვნელოვანი მოვლენაა. ერთის მხრივ შეკვრის სხვადასხვა ნაწილების ფერმენტაცია არსებითად წარმოებს თამბაქოს ნედლეულის ტენიანობის სხვადასხვა მნიშვნელობებზე, ანუ არა მთელი თამბაქოსათვის ოპტიმალურ პირობებში.

მეორეს მხრივ თამბაქოს შეკვრის პერიფერიული ნაწილის დაბალი ტენიანობა შეიძლება წარმოჩნდეს ნედლეულის მნიშვნელოვანი დანაკარგების წყაროდ ფარმატურაწარმოქმნის შედეგად. განსაკუთრებული სიძლიერით ეს ვლინდება 14%-ზე ნაკლები ტენიანობისას.

ყველა ზემოთმოყვანილი მსჯელობა მიგვითითებს იმაზე, რომ თამბაქოს შეკვრის გაცხელებისათვის ამჟამად გამოყენებული კონვექტურული მეთოდი საშუალებას არ იძლევა ოპტიმალური ტექნოლოგიური პირობების შექმნისათვის თამბაქოს თითოეული შეკვრის შიგ ტენის თანაბარ გადანაწილებაზე. ამ თვალსაზრისით, ჩვენი აზრით, უდაო უპირატესობა გააჩნია თამბაქოს შეკვრის ინფრაწითელ ან ზემადალი სიხშირის ველში გაცხელების მეთოდებს. ამ დროს ხდება შეკვრის მთელი მასის თანაბარი გაცხელება, რის შედეგად შეიძლება გამორიცხულ იქნას შეკვრის შიგ ტენის თერმოდოფუზია.



ნახ. 16. ნიმუშების ალების სქემა თამბაქოს შეკვრიდან ტენიანობის განსაზღვრისათვის

ცხრილი 29

თამბაქოს შეკვრაში ფერმენტაციის შემდეგ ტენის დიფერენციალური განაწილება

№	ფერმენტაციის მეთოდი	თამბაქოს ტენიანობა ფერმენტაციამდე, %	თამბაქოს ტენიანობა ფერმენტაციის შემდეგ, %	თამბაქოს საშუალო ტენიანობა კონტურში, %			
				1	2	3	4
1	აერობული	16	13,4	13,2±0,22	13,4±0,28	13,7±0,24	14,5±0,34
2	—, —	18	15,5	14,1±0,26	14,6±0,31	15,1±0,38	15,8±0,31
3	—, —	20	17,5	17,0±0,23	17,8±0,24	17,9±0,32	18,2±0,35
4	ანაერობული	16	15,3	14,1±0,17	14,9±0,17	15,5±0,44	16,4±0,61
5	—, —	18	17,6	16,9±0,35	17,5±0,46	18,5±0,55	18,6±0,81
6	—, —	20	19,5	18,7±0,25	19,5±0,39	20,4±0,36	21,5±0,40

როგორც მოსალოდნელი იყო ანაერობულ პირობებში თამბაქოს ფერმენტაციისას შეკვრაში თამბაქოს საშუალო ტენიანობა პრაქტიკულად არ შეცვლილა და შეესაბამებოდა საწყისი დაუფერმენტებელი თამბაქოს ტენიანობას. მაგრამ აერობული (ჩვეულებრივი) ფერმენტაციისას ტენიანობამ საგრძნობლად (2%-ზე მეტად) დაიკლო. ეს სიდიდე დამოკიდებულია თამბაქოს თვისებებზე, მის საწყის ტენიანობაზე და ფერმენტაციის რეჟიმების დაცვაზე ტემპერატურისა და ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის მიხედვით. ამასთან დაკავშირებით, დაუფერმენტირებული თამბაქოს ტენიანობა აერობულ პირობებში რიგ შეამთხვევაში არის გაუთვალისწინებელი და ცუდად სარეგულირებელი. ტექნოლოგიური თვალსაზრისით ეს უარყოფითი გარემოებაა, რომელიც დამახასიათებელია ჩვეულებრივი ფერმენტაციის პირობებისათვის. ამიტომ უეჭველი უპირატესობა გააჩნია ფერმენტაციის ანაერობულ მეთოდს, რომლის დროსაც ავტომატურად ნარჩუნდება ტენიანობის იგივე დონე, რომელიც მიიცემა თამბაქოს ფერმენტაციის წინ.

ახლა განვიხილოთ საკითხი შეკვრის შიგ ტენის გადანაწილებაში განსხვავებაზე ფერმენტაციის პირობებისაგან დამოკიდებულებით. ყველა შემთხვევაში ფერმენტაციის მე-3 ფაზაში წარმოებს შეკვრის გაცივება და თერმოდინამიკის კანონების თანახმად ტენი უნდა გადაადგილდეს შეკვრის შიგნიდან ზედაპირისაკენ. მაგრამ სავარაუდოა, რომ ეს პროცესი შენელებულია და ფერმენტაციის ბოლოს ტენის დონე შეკვრის შიგ არ იცვლება. მაგრამ ამ შემთხვევაში შეკვრას პოლიმერის შეფუთვაში გააჩნია უპირატესობა ჩვეულებრივ შეფუთვაში შეკვრასთან შედარებით.

ჩვენმა შემდგომმა დაკვირვებამ ჩვეულებრივი შეფუთვის თამბაქოს შეკვრის ზედაპირული შრის ტენიანობაზე გვაჩვენა, რომ მიუხედავად შეკვრის შიგნიდან ტენის მიღებისა, მისი ზედაპირული შრე მაინც განიცდის გადახმობას. ამიტომ ტრანსპორტირებისა ან შეკვრების გადაწყობისას მის ზედაპირზე თამბაქო ადვილად იმტვრევა და წვრილმანდება. და სრულიად სხვა ეფექტს ამჟღავნებს შეკვრები ჰერმეტიკულ პოლიმერულ დაფასობაში. ტენის თერმოდინამიკის გამო ფერმენტაციის შემდეგ პირველ დღეებში ფენის შიგა ზედაპირზე ადგილი აქვს წყლის ნამის წარმოქმნას, რომელიც ხელს უწყობს თამბაქოს ძალიან თხელი (2-3 მმ) ზედაპირული შრის ტენიანობის გაზრდას. ეს მკვეთრად ამცირებს თამბაქოს დაწვრილმანების შეასაძლებლობას მისი შენახვისა და შემდგომი სატრანსპორტო ოპერაციებისას. შემდგომში (20-30 დღის შემდეგ) ტენიანობა შეკვრაში მთლიანად თანაბრდება, რაც არასდროს შეინიშნება ჩვეულებრივი შეფუთვის შეკვრებში.

ზემოთქმულს ამტკიცებს ჩვენს მიერ ჩატარებული დამატებითი ცდა, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: 1 კგ თამბაქოს ნედლეული გავყავით 2 ნაწილად და ტენიანობის და ჟანგბადური მაჩვენებლის განსაზღვრის შემდეგ ერთ-ერთი მათგანი ჰერმეტიკულად შევფუთეთ პოლიეთილენის აპკში, მეორე კი – ჩვეულებრივი წესით. ფერმენტაციის დამთავრების შემდეგ ორთავე შეკვრაში განვსაზღვრეთ ტენიანობა და ჟანგბადური მაჩვენებელი. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.30-ში:

ცხრილი 30

ტენიანობის და ჟანგბადური მაჩვენებლის ცვლილება თამბაქოს ფერმენტაციისას აერობულ და ანაერობულ პირობებში

ფერმენტაციის პირობები	თამბაქოს ტენიანობა %		ჟმ	
	ფერმენტაციამდე	ფერმენტაციის შემდეგ	ფერმენტაციამდე	ფერმენტაციის შემდეგ
აერობული	16,9	7,8	0,51	0,18
ანაერობული	17,8	17,8	0,50	0,02

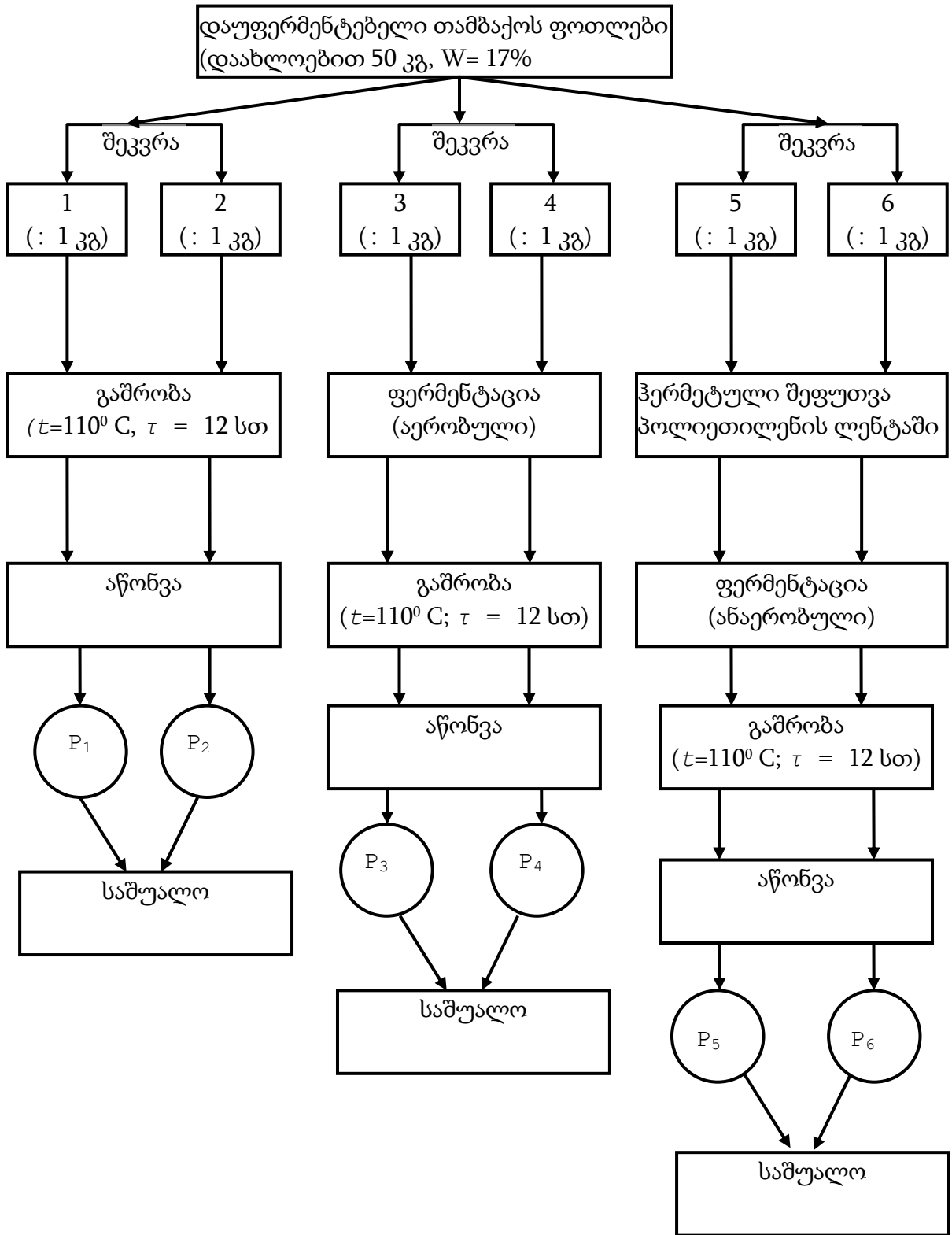
ეს მონაცემები გვიჩვენებს, რომ ჰერმეტიკულ შეფუთვაში თამბაქოს ნედლეულის ტენიანობა საწყისთან შედარებით არ იცვლება. როგორც ვხედავთ, ჩვეულებრივი შეკვრა საფუძვლიანად გამოშრა და შეიძინა კრიტიკული ტენიანობა, რომელზეც შესაძლებელია მოხდეს ძალიან ძლიერი დაწვრილმანება. სავარაუდოა, რომ ამ შემთხვევაში მიიღება დაუფერმენტებელი თამბაქო. სხვა მდგომარეობაა პოლიმერულ ტარაში შეფუთვის შემთხვევაში, სადაც მოხდა ნედლეულის დაფერმენტირების კონდიციამდე დაყვანა.

ზემოთმოყვანილი სარწმუნოდ ადასტურებს ანაერობული ფერმენტაციის დიდ უპირატესობას. ამასთან დაკავშირებით შევეცადეთ, კიდევ ერთხელ, უფრო ზუსტად დაგვედგინა მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები თამბაქოს ანაერობულ და აერობულ პირობებში ფერმენტაციისას. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ასეთი დანაკარგების განსაზღვრის საყოველთაოდ მიღებული მეთოდიკა ძალიან შორსაა სრულყოფილებისაგან და არ იძლევა ზუსტი შედეგების მიღების საშუალებას.

ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ძალიან ძნელია შეკვრიდან თამბაქოს წარმომადგენლობითი ნიმუშის აღება, რომელსაც შეეძლება ძალიან მაღალი სიზუსტით დაახასიათოს მასალის ტენიანობა. მაგრამ ეს წარმოადგენს აუცილებელ პირობას, რადგანაც მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები დიდი არაა და შემდგომი გაანგარიშებები შეიძლება იყოს სარწმუნო მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუკი ძალიან ზუსტად განისაზღვრა

ტენიანობა. ამ სირთულეების გვერდის ავლის მიზნით ჩავატარეთ ექსპერიმენტი, რომლის სქემა წარმოდგენილია ნახ. 17-ზე, ხოლო დეტალები მდგომარეობს შემდეგში: დაუფერმენტებელი თამბაქოს ფოთლების სპეციალურად შერჩეული და კარგად არეული ნიმუშიდან მასით დაახლოებით 50 კგ და ტენიანობით 17% აიღება ფოთლების 6 ულუფა რაოდენობით დაახლოებით 100 გ თითოეული. ამ ულუფებიდან ამზადებენ მცირე შეკვრებს. პირველ ორ შეკვრას (ნიმუშები 1 და 2) მაშინვე აშრობენ საშრობ კარადაში $110^{\circ}C$ ტემპერატურაზე 12 სთ-ის განმავლობაში. შემდეგ შეკვრებს ათავსებენ ჰერმეტიკულ პოლიმერულ პაკეტებში, აცივებენ ოთახის ტემპერატურამდე და აწონიან. ასეთნაირად საზღვრავენ ცალკეული შეკვრის მშრალ მასას.

ორ სხვა შეკვრას (ნიმუშები 3 და 4) ფუთავენ რიგობრივად და აფერმენტირებენ საყოველთაოდ მიღებული რეჟიმებით, პროცესის დამთავრების შემდეგ საზღვრავენ მშრალ მასას თითოეულ შეკვრაში გამოშრობის გზით, როგორც ეს ნაჩვენებია ზემოთ. დარჩენილ ორ შეკვრას (ნიმუშები 5 და 6) ათავსებენ პოლიეთილენის პაკეტებში, კარგად აჰერმეტიზირებენ და აფერმენტირებენ ნიმუშებთან 3 და 4 ერთად, შემდეგ ანალოგიური გზით საზღვრავენ მშრალი ნივთიერებების მასას. მიღებული მონაცემები წარმოდგენილია ცხრ.31-ში.



ნახ. 17. თამბაქოს ფერმენტაციისას მშრალი ნივთიერებების დანაკარგის განსაზღვრის ექსპერიმენტის სქემა

№	ტენიანი თამბაქოს მასა შეკვრაში, კგ	მშრალი თამბაქოს მასა შეკვრაში, კგ	მასა მშრ.თამბ./ მასა ტენ.თამბ.	საშუალო	მშრალი ნივთიერების დანაკარგი, %
1	1,220	1,100	0,900		
2	1,250	1,120	0,896	0,898	-
3	1,100	0,960	0,874		
4	1,100	0,948	0,862	0,868	3,3
5	1,160	1,020	0,879		
6	1,000	0,895	0,895	0,887	1,2

რადგანაც ცალკეული შეკვრა მასით განსხვავდებოდა საწყისი ტენიანი თამბაქოსაგან, გავაკეთეთ გადაანგარიშება 100 გ ტენიან საწყის თამბაქოზე. მაშინ მშრალი თამბაქოს მასის მნიშვნელობა შესაძლებელია ყველა ნიმუშისათვის შედარებული იქნას ერთმანეთთან და ადვილად გამოითვალოს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები.

მიღებული შედეგები მოწმობენ, რომ თამბაქოს ანაერობულ პირობებში ფერმენტაციისას, როგორც მოსალოდნელი იყო, არსებითად (2,5-ჯერ უფრო მეტად) მცრდება მშრალი ნივთიერების დანაკარგები, ეს უაღრესად დადებითად წარმოაჩენს აღნიშნული მეთოდის მახასიათებლებს.

და ბოლოს, საჭიროა განვიხილოთ კიდევ ერთი საკითხი: რის ხარჯზე ხდება, თუმცა ძალიან მცირე სიდიდით, თამბაქოს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგები ჰერმეტიკულ შეფუთვაში? ჩვენი წარმოდგენით ეს აიხსნება შემდეგნაირად: შეკვრების შეფუთვისას პაკეტის შიგნით მაინც რჩება ჰაერის ჟანგბადის მცირე რაოდენობა (ჩვენი განგარიშებით დაახლოებით 1 გ/კგ თამბაქოზე), რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს ანაერობულისათვის დამახასიათებელი რეაქციები. გარდა ამისა, თვით თამბაქოს მასალაში არის სხვადასხვა, ჭარბი ჟანგბადის შემცველი ნივთიერების ჟანგეულები, რომლებსაც აგრეთვე შეუძლიათ მონაწილეობა ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში. სავარაუდოთ, ამითაა განპირობებულია მშრალი ნივთიერების მოცემული დანაკარგები.

შემდეგ ჩვენ მიზნად დავისახეთ შემდეგი ამოცანა: შეგვესწავლა ექსტრემალურ პირობებში ჰერმეტიკულ პოლიმერულ პარკებში დაფასოებული ფერმენტირებული თამბაქოს ნედლეულის ქცევის ხასიათი. ექსპერიმენტებს ვაყენებდით ორ ვარიანტად: შეკვრაში თამბაქოში ობის წარმოქმნასა და გადაშრობაზე.

პირველ შემთხვევაში საკონტროლო (ჩვეულებრივი) და ექსპერიმენტულ (პოლიმერული აპკი) შეკვრებს ვინახავდით 4 თვის განმავლობაში კლიმატურ კამერაში, სადაც ხელოვნურად შენარჩუნებული იყო $40^{\circ}C$ ტემპერატურა და ჰაერის 100% ფარდობითი ტენიანობა. როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში თამბაქოს საწყისი ტენიანობა შეკვრებში შეადგენდა 18%-ს.

საკონტროლო შეკვრაში ასეთ პირობებში უკვე სამი კვირის შემდეგ პერიფერიებში გამოჩნდა თამბაქოს ნედლეულის დაობების აშკარა ნიშნები, რის გამოც ცდა საკონტროლო შეკვრაში შეწყვეტილ იქნა. ამ დროს თამბაქოს ტენიანობა შეკვრაში აღწევდა 21%-მდე.

რაც შეეხება ექსპერიმენტალურ შეკვრას, აქ შენახვის მთელი დროის განმავლობაში თამბაქოს თვისებების ცვლილება არ აღნიშნულა. მაგრამ როცა პაკეტი ოთხი თვის შემდეგ მოცილებული იქნა, თამბაქოზე ვიზუალური დაკვირვებით ობის რაიმე ნიშნები არ შეგვიმჩნევია. იგივე დაადასტურა დეგუსტაციურმა ანალიზმაც. შენახვის საკმაოდ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში შეკვრაში თამბაქოს ტენიანობა ფაქტიურად არ შეცვლილა.

ახლა განვიხილოთ მეორე ექსპერიმენტის შედეგები, ამ შემთხვევაში საკონტროლო და ექსპერიმენტულ შეკვრებს ვინახავდით კლიმატურ კამერაში 4 თვის განმავლობაში დაახლოებით $50^{\circ}C$ ტემპერატურაზე და ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის 20-30% პირობებში.

ბუნებრივია, ცდის ბოლოს შეკვრაში ობის წარმოქმნა არ აღნიშნულა, მაგრამ საკონტროლო შეკვრაში ტენიანობა შემცირდა 2-ჯერ მეტად, ხოლო ექსპერიმენტულში – პრაქტიკულად დარჩა საწყისის დონეზე. ამ ექსპერიმენტების მონაცემები წარმოდგენილია ცხრ.32-ში.

ცხრილი 32

თამბაქოს ნედლეულის შენახვა ექსპერიმენტულ ტემპერატურულ-ტენიანობით პირობებში

№	პირობები	ნიმუში	საწყისი ტენიანობა, %	შენახვის ხანგრძლივობა, დღე	ობის არსებობა	საბოლოო ტენიანობა, %
1	$t = 40^{\circ}C$	კონტროლი	18,2	21	+	21,3

	$\varphi = 100\%$	საცდელი	18,2	120	-	18,4
2	$t = 50^{\circ} C$	კონტროლი	18,2	120	-	6,6
	$\varphi = 20 - 30\%$	საცდელი	18,2	120	-	17,8

ეს ექსპერიმენტები კიდევ ერთხელ ადასტურებენ თამბაქოს ანაერობულ პირობებში ფერმენტაციის მეთოდების უპირატესობას. სავარაუდოა, რომ ხარისხის დაუზიანებლად შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გავზარდოთ შეკვრის შევსების სიმ კვრივე და დავაფერმენტოთ თამბაქო ანაერობულ პირობებში. ამ მიზნით განვახორციელეთ შემდეგი ექსპერიმენტი: კარგად არეული დაუფერმენტებელი თამბაქოს ნედლეულიდან 18% საწყისი ტენიანობით დავამზადეთ შეკვრები შემდეგი მასებით:

საკონტროლო – მასა 2 კგ, შეფუთვა ჩვეულებრივი;

საცდელი – მასა 3 კგ, შეფუთვა ჰერმეტიკულ პოლიეთილენის პარკში.

ორივე შეკვრას ვაფერმენტებდით ჩვეულებრივი რეჟიმებით. ფერმენტაციის დამთავრებიდან დაახლოებით 10 დღის შემდეგ შევასრულეთ თამბაქოს ნედლეულის შედარებითი საქონელმცოდნეობის ანალიზი. მიღებული იქნა შემდეგი შედეგები: როგორც ერთ, ისე მეორე შემთხვევაში თამბაქოს ნედლეული აღმოჩნდა დაფერმენტებული ($\varphi < 0,1$). სურნელების და ფერის მიხედვით ნიმუშები ასევე არ განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან. არსებითი განსხვავებები არ აღნიშნულა დეგუსტაციური ანალიზითაც.

4.2.5. ანაერობული ფერმენტაციის გაუმჯობესების პერსპექტიული

ტექნოლოგიური სქემა

ზემოთ საკმაოდ დაწვრილებით იყო განხილული ანაერობული ფერმენტაციის რეალიზაციის სამი ვარიანტი. საბოლოო ვარიანტის შერჩევას ვხელმძღვანელობდით შემდეგით: მართალია ნახშირორჟანგის გამოყენებამ პერსპექტივაში შეიძლება მოგვცეს არსებითი ეფექტი ფერმენტაციის პროცესის ინტენსიფიკაციის და მშრალი ნივთიერების დანაკარგების შემცირების თვალსაზრისით, მისი გამოყენება არამიზანშეწონილია უწყვეტი ფერმენტაციისათვის საჭირო დანადგარებში მისი დიდი შესაძლო დანაკარგების გამო. გარდა ამისა თვით ნახშირორჟანგი განსაზღვრული ხარისხით წარმოადგენს დეფიციტურ მასალას.

თამბაქოს ნედლეულის ვაკუუმში ფერმენტაციის პროცესს მიუხედავად ბევრი ნაკლოვანებებისა გააჩნია კიდევ განსაზღვრული ნაკლოვანებები, რომლებსაც შეუძლიათ შეზღუდონ მისი ფართო გამოყენება. საქმე ეხება იმას, რომ განსაზღვრული ტექნიკური სირთულეები იქმნება თვით აპკში შეფუთვის ტექნოლოგიის რეალიზაციისას, რაც დაკავშირებულია ერთდროულად ვაკუუმის შექმნითა და შემდგომი გაწოვის ჰერმეტიზაციით, გარდა ამისა, თამბაქო შეკვრაში იჭერს იმდენად მჭიდრო მასას, რომ შემდგომი მისი გადამუშავება თამბაქოს ფაბრიკაში მოითხოვს თამბაქოს შეკერის გაფხვიერების სპეციალურ დანადგარებს ნედლეულის დაწვრილმანების გარეშე. ჯერჯერობით ასეთი დანადგარები თამბაქოს ფაბრიკებს არ გააჩნიათ, რაც ართულებს ან კიდევ გამოირიცხავს მჭიდროდ დაწნეხილი შეკერის გადამუშავების შესაძლებლობას (თითქმის ორჯერ უფრო სიმკვრივისას: ჩვეულებრივი შეკვრას აქვს 300-340 კგ/მ³ სიმჭიდროვე, ხოლო ვაკუუმში დამზადებულს – 630-650 კგ/მ³). ვაკუუმის შექმნის შემდეგ შეკვრა არათუ მჭიდროვდება, არამედ ჰკარგავს თავის გამოხატულ სწორკუთხოვან ფორმას, რაც, რასაკვირველია ხელს არ უწყობს შეკერის მჭიდრო და გამძლე განთავსებას შენახვისა და ტრანსპორტირებისას.

ამიტომ პერსპექტივის სახით ფერმენტაციის პროცესის რეალიზაციისათვის ანაერობულ პირობებში უპირატესობას ვანიჭებთ მესამე ვარიანტს, საბოლოო ვარიანტით და ახლო მომავლისათვის შემოთავაზებულია აერობული ფერმენტაციის შემდეგი ტექნოლოგია: დაუფერმენტებელი თამბაქოდან, რომელიც წინასწარ კონდიცირებულია ტენიანობის მიხედვით (16-18%) ფორმირდება შეკვრა, რომელსაც ათავსებენ აირ-დაორთქლგაუმტარ პოლიეთილენის ტომარაში და ტომარას ჰერმეტიკულად შეადუღებენ. ტომარაში და თამბაქოში დარჩენილ ჰაერის ჟანგბადს მასით დაახლოებით 20 გ არ შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენა იქონიოს ჟანგვითი რეაქციების მიმდინარეობაზე, რადგანაც ფერმენტაციის პირობები არსობრივად იქნება ანაერობული. შემდგომში უწყვეტი ფერმენტაციის დანადგარებში ტომარაში შეფუთულ შეკვრას სწრაფად აცხელებენ მშრალი ჰაერით (კონდიციონერებს გამორთავენ) ტექნოლოგიურად აუცილებელ ტემპერატურამდე (მაგალითად, 60⁰ C), აყოვნებენ ამ პირობებში გარკვეული დროით, შემდეგ გაცხელებას წყვეტენ.

შედეგად შეკვრა დაიწყებს ნელ გაცივებას, უწყვეტი ფერმენტაციისათვის დანადგარების კარგი თბოიზოლაციის და თვითგაცივებული თამბაქოს მასის გათვალისწინე-

ბით, დანადგარიდან გამოსული შეკვრა მნიშვნელოვანი დონით ინარჩუნებს მომატებულ ტემპერატურას, შეკვრაში საბოლოო ტემპერატურის დაწევა ოთახისამდე მოხდება რამდენიმე დღის შემდეგ თამბაქოს ნედლეულის შტაბელებად შენახვისას. ამრიგად, ფერმენტაციის პროცესი ხორციელდება არა მარტო უწყვეტი ფერმენტაციის დანადგარებში, არამედ აგრეთვე სასაწყობო სათავსოში შტაბელებად გაცივების დროსაც.

ფერმენტაციის ასეთი მეთოდის პრაქტიკული რეალიზაციისათვის საჭირო გახდება საფერმენტაციო ქარხნის აღჭურვა ისეთი დანადგარებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ თამბაქოს ნედლეულის შეკვრის ჰერმეტიკულ სპეციალურ ლენტაში შეფუთვის პროცესის მექანიზირებასა და ავტომატიზირებას. ვთვლით, რომ ეს ადვილად გადასაწყვეტი ამოცანაა, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ჩვენთან და საზღვარგარეთის ქვეყნებში სხვადასხვა პროდუქტების პოლიმერის ტარაში შეფუთვისათვის.

გარდა ამისა, ფერმენტაციულ ქარხანას დასჭირდება დამატებითი დანახარჯები პოლიმერის ფირის შეძენაზე, ამისათვის რეკომენდებულია სპეციალური პოლიმერის ფირი „თერმოპლენ-2“, რომელსაც აქვს არამარტო აირ-და ორთქლგაუმტარებლობა, არამედ მაღალი მექანიკური სიმტკიცეც. ეს უკანასკნელი მინიმუმამდე ამცირებს შეკვრის ჰერმეტიზაციის დარღვევის შემთხვევებს ტრანსპორტირებისა და შენახვისას. 1 ტ თამბაქოს შეფუთვისათვის (დაახლოებით 50 შეკვრა) საჭიროა დაახლოებით 15 კგ პოლიმერის ფირი. მისი საბაზრო ღირებულება დაახლოებით არის 1 ლარი/კგ. ამრიგად, ერთი შეკვრის შეფუთვის ღირებულება შეადგენს არაუმეტეს 0,3 ლარს. მაგრამ ამასთან საჭიროა გათვალისწინებულ იქნას, რომ ამ დროს გამოირიცხება შესახვევი ქალაღი, ხეზი და ა.შ.

ყველა ზემოთჩამოთვლილი წარმოადგენს წარმოებაში ახალი ტექნოლოგიის დაწერვისათვის. ტექნოლოგიური და სხვა უპირატესობების ერთობლიობა ჩვენი აზრით შემდეგია:

– თამბაქოს ანაერობულ პირობებში ფერმენტაციის ახალი ტექნოლოგიის რეალიზაციისათვის საჭიროა არსებული დანადგარების რეკონსტრუქციაზე მინიმალური კაპიტალური დანახარჯები. აქ წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას უწყვეტი ფერმენტაციის არსებული ხაზები კონდიციონერის გამორთვით. თამბაქოს შეკვრის აუცილებელ ტექნოლოგიურ ტემპერატურამდე გაცხელებისათვის საჭირო გახდება მხოლოდ მშრალი ცხელი ჰაერი;

– მკვეთრად მარტივდება ფერმენტაციის ავტომატური მართვა. უმთავრესად ის დაიყვანება მუდმივი ტემპერატურული პარამეტრების შენარჩუნებაზე თამბაქოს შეკვრის გაცხელების პროცესის პირველ სტადიაზე;

– მკვეთრად მცირდება ენერგო–დანახარჯები ფერმენტაციის პროცესის განხორციელებაზე, რადგანაც ძირითადი ფერმენტაციული და ქიმიური რეაქციების წარმართვა თამბაქოს ნედლეულში იწარმოებს შენელებული თვითგაცივების პერიოდში;

– როგორც ფერმენტაციის სეზონის, ისე სარემონტო სამუშაოების პერიოდში ფერმენტაციის ახალი ტექნოლოგია საშუალებას მოგვცემს არსებითად შევამციროთ მუშახელის რაოდენობა და დანადგარების რემონტზე დანახარჯები, დავაჩქაროთ და გავამარტივოთ მისი ჩატარების პროცედურები;

– შესაძლებელი გახდება უწყვეტი ფერმენტაციის დანადგარების მწარმოებლობის გაზრდა როგორც მინიმუმ ორჯერ სასაწყობო სათავსოებში თვითგაცივების ეფექტის გამოყენების (ლიკვიდირდება ფერმენტაციის მე-3 ფაზა), ფერმენტაციის პროცესის ტემპერატურული ინტენსიფიკაციის (მაგალითად, ტემპერატურული რეჟიმის გამოყენება $70-80^{\circ}C$) და შეკვრის ფერმენტაციისას სიმკვრივის 20-30%-ით გაზრდის ხარჯზე;

– ფერმენტაციული ქარხნის ტექნოლოგიური დანადგარების წარმადობის მკვეთრი გაზრდის შედეგად პრინციპში ჩნდება რეალური შესაძლებლობა გვექონდეს თუნდაც ერთი უწყვეტი ხაზი სარეზერვოს სახით და გამოვიყენოთ ის თამბაქოს ნედლეულის კონდიციონებისათვის პოლიეთილენში შეფუთვის წინ (შემრობის ან დატენიანებისათვის);

– ახალი აერობული ფერმენტაცია არა მარტო არსებითად ამცირებს მშრალი ნივთიერებების დანაკარგებს (მარტო ეს რამდენიმეჯერ აკომპენსირებს პოლიეთილენზე დამატებით ხარჯებს), არამედ მთლიანად გამორიცხავს ფერმენტაციას სასაწყობო სათავსოში ფერმენტაციის შემდგომი შენახვის წინ. ეს აგრეთვე გამორიცხავს თამბაქოს შეკვრის პერიოდებში გადაშრობის შესაძლებლობას, უზრუნველყოფს მასში ტენის თანაბარ გადანაწილებას და ბოლოს, უზრუნველყოფს დაწვრილმანებისაგან მექანიკურ დაცვას, რა ფუნქციასაც შეასრულებს თვით პოლიმერი;

– აერობული ფერმენტაცია საშუალებას მოგვცემს გავაუმჯობესოთ თამბაქოს ნედლეულის ხარისხი ჟანგვითი პროცესების დათრგუნვის ხარჯზე, აგრეთვე არ დაუშვებს

მის გაფუჭებას ჩაორთქვლის გამო (ამას ხელს უშლის თამბაქოს ნედლეულის სტაბილური ტენიანობა და ჟანგბადის დეფიციტი);

– ფერმენტაციის ანაერობული პირობები მაღალ ტემპერატურებზე და შემდგომი შენახვა ამცირებს თამბაქოს ნედლეულის მავნებლებით დაზიანების რისკს. უჟანგბადობა დაამუხრუჭებს ობის წარმოქმნას. გარდა ამისა, რეალური ხდება მიკრობიოლოგიური პროცესების იმიტირების ტექნოლოგიური შესაძლებლობა თამბაქოს ფოთლებზე ძალიან მცირე რაოდენობის ზოგიერთი რეაგენტის დატანის გზით (მაგალითად, პროპინის მჟავა, რომელსაც არ გააჩნია ტოქსიკური თვისებები, ადვილი აქროლადობა და ძლიერი დათრგუნვა ობის წარმოქმნის მიმართ). იგი შეიძლება განვახორციელოთ ნახშირორჟანგის შეტანის დროს;

– პოლიმერში შეფუთული თამბაქოს შეკვრა თამბაქოს ფაბრიკაში გადატანისას პრაქტიკულად არ წარმოქმნის ფარმატურას. თამბაქოს ასეთ შეკვრაში შენახვა ყველაზე არასასურველ პირობებშიც კი უარყოფითად არ აისახება არც დანაკარგებზე და არც თამბაქოს ხარისხზე. შეკვრაში თამბაქოს თანაბარი და სტაბილური ტენიანობა საშუალებას იძლევა გამოვრიცხოთ თამბაქოს დატენიანება ფაბრიკაში და მკვეთრად შევამციროთ მტვერწარმოქმნა მოსაწევი ნაწარმის დამზადების ტექნოლოგიის ყველა უბანზე.

ყველა ზემოთთქმული ბაზირდება თეორიულ მსჯელობაზე და ლაბორატორიული ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგებზე. ეს უფლებას გვაძლევს დარწმუნებით და დასაბუთებულად ვილაპარაკოთ იმაზე, რომ ანაერობული ფერმენტაცია არის უახლოესი მომავლის ტექნოლოგია. მისი გამოყენება მოგვცემს უდიდეს ეკონომიკურ ეფექტს. მაგრამ ამ ეფექტის შეფასება დღესდღეობით ძალიან ძნელია. ამისათვის საჭიროა დამატებითი ცნობების მიღება, მსხვილმასშტაბიანი საწარმოო ექსპერიმენტების ჩატარება, შესაფუთი დანადგარების არსებობა და ექსპერიმენტებისათვის სპეციალურად გამოყოფილი უწყვეტი საფერმენტაციო ხაზი. ბუნებრივია ასეთი ექსპერიმენტების ჩატარება ჩვენ ჯერჯერობით ვერ შევძელით.

და ბოლოს, ანაერობული ფერმენტაციის ტექნოლოგიის თავისებურებებზე განხილვის დამთავრებისას, საჭიროა განსაკუთრებით აღინიშნოს თამბაქოს შეკვრის მეთოდის შეცვლის აუცილებლობა. ვთვლით, რომ შორეულ პერსპექტივაში ამ მიზნით გამოყენებული იქნება ზემოაღნიშნული და ინფრაწითელი გაცხელების უწყვეტი

მოქმედების მოწყობილობები. ეს საშუალებას მოგვცემს კიდევ უფრო შევამციროთ ენერგოდანახარჯები და საფერმენტაციო დანადგარების გაბარიტები.

4.2.6. თამბაქოს სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლების გაზომვის შედეგები

ცხრილი 32

დაუფერმენტებელი და და დაფერმენტებული თამბაქოს წყლიანი ექსტრაქტის შთან-
თქმის სპექტრები (სინათლის გატარების მაჩვენებლები, %) ულტრაიისფერ არეში (200-
350 ნმ) ყოველი 5 ნმ-ის შემდეგ

1.	დაუფერმენტებული თამბაქო										
	1,5	3,6	7,1	12,5	19,0	24,9	31,8	34,8	37,1	38,3	88,4
	37,8	38,9	41,8	44,6	48,4	49,0	49,5	48,8	52,8	52,2	52,5
	53,0	54,1	54,3	53,8	55,2	58,1	60,4	64,2	68,5		
2.	5,9	10,0	15,8	23,1	31,5	38,8	46,3	50,6	52,2	53,1	53,4
	52,8	53,8	56,2	58,1	61,0	61,5	62,1	62,3	64,4	64,1	65,0
	65,7	66,0	66,5	67,2	68,5	70,8	72,9	76,0	78,9		
3.	1,3	2,8	5,5	10,4	14,2	19,9	24,2	28,8	30,8	31,7	31,5
	31,5	32,1	33,5	36,1	39,2	41,2	42,0	43,1	44,7	45,8	46,9
	47,1	46,5	47,0	47,9	49,2	51,2	54,7	58,2	61,0		
4	1,6	2,5	5,6	11,2	15,6	19,8	24,0	27,8	29,0	30,4	30,8
	32,0	31,6	33,8	36,8	39,6	41,1	40,4	42,1	43,2	44,2	44,6
	44,8	44,5	44,3	45,0	45,5	48,5	51,5	55,3	58,5		
5	0,6	0,4	1,4	5,0	10,1	16,9	25,1	31,3	32,9	33,4	33,5
	33,2	32,1	34,9	39,5	43,6	44,3	43,1	44,9	46,1	47,0	46,9
	47,4	47,0	46,6	47,6	48,8	51,2	54,4	57,9	60,8		
6	1,6	2,5	5,5	9,0	13,2	7,4	21,5	24,9	27,5	28,7	29,1
	29,2	29,4	30,7	32,5	35,7	37,6	39,5	41,5	42,9	44,6	45,3
	48,3	48,3	49,8	51,8	53,1	54,8	57,7	59,4	69,5		
7	1,4	1,8	4,6	8,3	13,3	17,7	20,6	24,3	26,4	27,0	26,3
	26,1	26,1	28,0	30,7	34,5	36,7	38,3	40,1	41,8	43,2	44,0
	46,2	47,2	47,5	48,7	50,2	52,0	54,5	56,5	59,5		
8	0,9	0,8	2,6	5,5	11,5	18,8	24,1	29,0	31,5	32,2	32,0
	32,0	32,4	34,5	36,6	39,6	39,2	38,5	38,0	38,3	38,3	38,6
	39,4	38,8	38,1	38,6	40,0	42,4	45,9	50,2	55,1		18,6
9	0,5	1,0	1,6	3,7	5,5	8,6	11,5	13,2	16,4	17,5	27,1

	19,5	19,4	21,2	22,4	22,5	23,0	23,1	24,2	25,6	25,9	
	26,8	27,5	28,3	29,5	31,5	34,5	37,0	40,8	45,1		24,1
10	0,5	0,9	2,9	5,6	9,1	13,1	17,5	20,4	23,0	23,8	40,9
	23,2	23,8	25,1	27,2	29,8	31,9	33,8	35,2	37,3	39,5	
	42,0	42,7	44,8	46,3	47,6	50,6	53,1	55,1	57,1		25,5
11	0,5	0,3	1,5	3,9	7,8	12,8	18,3	21,9	25,2	25,8	41,8
	24,8	24,5	26,3	29,5	32,6	34,3	35,5	36,5	38,2	40,4	
	42,8	43,6	45,7	47,1	47,1	47,9	50,7	53,1	54,8	56,6	
11.	0,5	0,3	1,5	3,9	7,8	12,8	18,3	21,9	25,2	25,8	25,5
	24,8	24,5	26,3	29,5	32,6	34,3	35,5	36,5	38,2	40,4	41,8
	42,8	48,6	45,7	47,1	47,9	50,7	53,1	54,8	56,6		
12.	0,1	0,5	1,7	3,4	5,6	7,8	10,2	12,4	14,4	15,5	16,0
	16,0	16,6	17,1	19,2	21,8	22,8	23,8	25,1	26,3	28,2	29,7
	80,5	32,1	33,5	35,4	37,4	39,4	41,5	43,8	45,7		
13	0,1	0,3	2,2	3,8	6,6	9,7	13,1	16,6	18,5	19,6	20,3
	20,6	21,6	23,4	25,5	26,6	27,1	26,2	26,3	28,0	28,2	28,5
	28,4	28,2	27,8	28,1	29,6	32,4	35,7	40,5	45,5		
14	0,1	0,1	1,1	1,8	4,9	9,0	15,2	20,5	22,8	23,3	22,5
	21,0	21,2	23,1	27,0	29,5	32,2	33,3	35,0	37,5	38,2	39,7
	40,7	42,4	43,4	44,6	46,5	48,2	49,5	51,7	53,1		
15	1,0	1,1	3,2	5,6	8,2	11,4	14,8	17,5	19,8	21,2	22,2
	23,2	23,6	24,2	24,8	25,5	25,2	24,9	25,3	26,4	27,6	28,5
	29,3	29,6	30,2	31,6	33,5	36,2	39,7	43,8	47,7		
16	0,1	0,7	0,9	3,2	6,1	10,5	16,2	20,3	22,6	23,1	22,2
	22,4	21,9	24,0	27,2	30,8	32,3	34,1	35,7	37,8	39,6	41,2
	42,5	43,4	45,2	46,9	48,8	51,2	53,4	55,5	57,7		
17	0,1	0,7	0,9	2,8	5,4	9,0	13,1	16,0	18,0	18,7	18,2
	19,0	19,2	20,6	22,5	24,6	25,0	25,4	25,8	27,2	28,4	29,1
	29,5	30,0	30,4	31,2	32,5	34,7	37,2	40,0	42,9		
18	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	3,2	7,6	12,3	15,9	18,1	18,4
	18,1	17,6	19,0	20,6	22,7	23,9	25,1	26,3	28,3	30,2	31,3
	33,4	34,9	37,5	40,3	42,6	45,2	47,3	49,4	52,8		
19	0,1	0,1	0,8	2,5	4,5	7,0	9,8	11,6	14,2	15,5	16,1
	16,2	16,4	17,5	19,4	21,6	23,0	24,8	26,5	28,6	30,7	32,2
	33,5	34,9	36,7	38,6	41,2	43,0	45,5	47,6	49,8		
20	0,1	0,5	1,5	3,4	5,0	7,4	9,6	12,0	13,5	14,7	15,5
	16,0	16,2	17,1	17,9	19,2	19,8	20,7	22,0	23,5	25,0	25,9
	26,9	27,5	28,5	29,5	31,4	32,9	35,2	37,6	39,9		

21	0,5	1,0	2,0	3,6	5,4	7,6	10,2	12,5	14,5	16,0	16,6
	17,4	17,8	18,3	19,2	20,5	21,0	21,4	22,6	24,2	25,5	26,8
	27,8	28,5	29,5	30,5	32,3	34,5	37,2	40,0	43,2		
22	0,1	0,8	1,8	4,0	6,4	9,1	12,1	15,0	16,7	17,2	16,9
	16,4	16,3	17,5	20,3	23,6	25,4	26,6	28,2	30,8	32,1	33,4
	35,2	36,5	37,9	39,2	41,0	42,5	45,1	47,0	49,3		
23	0,1	0,1	0,1	0,3	1,4	3,7	7,3	10,4	12,5	13,2	13,1
	12,5	12,3	13,6	16,1	18,6	20,1	21,0	22,4	24,1	25,4	26,5
	28,6	30,2	32,2	33,8	35,6	37,5	38,9	40,4	42,2		
24	0,1	0,1	0,5	1,5	2,7	4,2	6,0	8,0	9,2	9,6	9,3
	9,0	8,8	10,1	12,5	15,1	16,3	17,0	18,5	20,2	21,3	22,5
	24,3	25,5	27,0	28,6	30,8	32,7	35,0	37,2	39,7		
25	1,2	3,0	5,7	10,8	17,9	26,1	34,1	39,8	40,9	41,3	40,0
	39,0	38,5	40,5	44,3	48,1	50,6	51,8	53,1	54,8	55,9	57,9
	57,7	57,9	58,6	59,8	61,2	63,4	66,2	68,6	71,1		
26	1,7	4,1	8,0	13,7	19,0	25,7	30,8	33,7	34,6	35,8	36,2
	37,8	38,8	41,1	44,0	45,5	43,9	41,6	40,3	40,3	40,5	41,0
	40,0	38,2	37,0	36,8	37,9	41,1	46,0	52,3	59,2		
27	3,9	6,9	11,6	19,1	26,5	34,7	43,1	47,5	48,7	48,5	47,7
	46,5	46,3	48,2	51,2	55,0	57,2	59,2	60,6	62,5	64,3	64,5
	65,3	65,4	66,0	66,5	67,9	69,4	72,3	74,7	77,5		
28	4,5	7,0	10,9	15,7	19,7	26,4	31,5	34,5	35,7	35,8	36,8
	38,8	40,7	42,1	43,6	43,2	41,1	38,6	37,4	37,3	37,2	37,3
	36,3	35,1	33,8	33,5	34,5	37,5	41,8	48,5	53,9		
29	2,1	3,5	6,8	12,2	16,5	20,8	24,5	27,5	29,0	29,3	29,2
	28,7	29,0	31,5	35,6	39,2	40,5	41,5	42,7	44,6	45,7	47,1
	47,5	47,9	48,2	48,8	50,2	52,5	55,4	58,4	62,0		
30	3,5	5,5	9,5	16,1	22,2	29,5	35,7	39,7	41,7	41,9	41,3
	40,6	40,3	42,0	45,1	48,3	49,5	51,0	52,2	54,0	55,0	56,0
	56,5	57,2	57,8	58,6	60,2	62,2	64,9	67,8	71,2		
31	2,4	3,6	7,2	13,0	18,2	22,8	27,5	30,3	31,8	31,5	31,0
	30,6	30,6	32,3	35,6	39,2	41,3	42,4	43,8	45,6	47,2	47,7
	48,5	49,0	48,8	49,8	51,2	53,1	56,5	59,0	62,1		
32	2,1	3,2	6,4	11,8	16,2	21,0	26,3	29,6	31,2	31,1	30,5
	29,8	29,5	31,6	35,5	39,3	41,1	42,0	43,2	45,2	47,3	47,8
	48,2	48,6	48,5	49,3	50,9	52,8	56,0	58,9	62,3		
33	3,4	5,2	9,0	15,6	20,3	25,6	30,5	33,2	34,8	34,5	33,7
	32,8	32,4	34,2	37,8	41,7	43,3	44,7	46,4	48,0	49,5	50,9

	51,8	52,5	53,5	54,6	56,4	58,2	60,4	62,5	65,0		
34	2,1	4,2	7,4	12,2	16,3	20,5	25,0	28,0	29,0	29,8	29,2
	28,8	28,9	30,2	33,0	35,8	38,4	40,2	42,0	43,6	45,5	46,5
	47,5	48,5	48,8	50,2	51,9	54,2	56,7	59,3	62,3		
35	1,8	3,5	6,2	10,8	14,3	18,1	23,0	26,0	27,5	28,2	27,0
	25,8	25,5	27,3	31,0	34,5	36,9	39,6	42,2	44,0	46,4	48,2
	49,5	50,7	51,3	53,3	54,7	57,0	59,2	61,1	63,3		
36	1,3	2,5	5,0	9,3	14,3	20,3	26,9	31,2	33,3	33,4	32,7
	31,8	31,3	33,2	36,7	40,1	40,5	40,8	41,5	43,1	44,8	45,4
	46,2	46,7	48,0	49,0	50,7	53,3	56,5	60,0	63,8		
37	1,0	1,1	2,8	6,3	11,1	17,7	24,2	28,6	30,7	30,0	28,2
	26,2	25,3	27,5	32,0	37,0	39,5	41,3	43,8	45,8	47,5	48,7
	49,9	51,1	52,5	53,7	55,3	57,2	59,2	61,0	63,0		
38	2,9	3,8	6,8	10,6	14,7	19,2	23,0	26,6	28,6	29,3	29,0
	28,5	28,5	30,2	33,0	36,0	37,1	38,8	41,1	43,0	45,0	46,1
	47,5	48,4	49,9	51,1	53,1	55,2	57,6	59,9	62,0		
39	3,2	4,8	8,1	13,7	18,6	24,0	29,3	33,4	35,5	35,9	35,0
	33,7	32,8	34,3	37,5	40,4	41,7	42,8	44,4	46,3	47,4	48,8
	50,5	52,2	54,9	57,0	59,2	61,5	64,1	66,1	68,3		
40	0,1	6,3	10,0	15,05	20,3	26,1	31,6	34,6	36,1	35,8	84,3
	33,5	33,9	35,0	38,2	41,5	44,0	46,1	48,0	50,8	52,0	53,9
	55,0	56,0	58,2	58,5	59,9	62,1	63,9	66,2	67,9		
41	0,1	3,7	5,5	8,4	12,1	16,5	21,2	24,4	26,2	26,5	25,9
	25,1	25,1	26,0	28,3	30,5	33,0	34,7	36,5	39,4	40,8	42,8
	43,8	45,0	47,1	47,8	49,2	51,6	53,2	55,6	57,5		
42	0,1	4,3	6,3	10,7	13,5	17,3	20,8	23,7	25,4	26,3	26,0
	25,6	25,7	27,0	28,4	31,0	31,6	32,2	33,0	35,1	36,5	38,0
	39,1	39,7	41,2	42,4	44,3	46,4	49,8	53,0	56,5		
43	0,1	5,4	9,1	14,5	19,2	25,2	31,3	35,5	36,8	36,1	35,0
	34,0	34,0	35,8	39,1	42,0	43,3	44,0	45,0	46,5	48,0	48,8
	49,1	49,3	49,5	50,3	52,0	53,9	56,5	60,0	63,2		
44	0,1	2,8	4,8	7,5	10,3	14,0	18,0	20,9	22,8	23,2	28,0
	22,5	22,3	23,3	25,4	27,5	29,5	31,1	33,7	36,0	33,6	39,9
	41,0	41,6	43,0	43,9	45,5	47,3	49,4	51,7	54,1		
45	0,1	2,9	5,9	8,1	10,8	14,8	18,3	21,0	22,3	22,5	22,5
	22,4	23,0	24,3	26,5	28,7	27,7	28,1	29,0	30,8	32,2	33,7
	34,3	35,0	36,0	37,1	39,2	41,8	45,2	49,0	53,2		
46	0,1	1,5	2,9	5,6	9,9	16,0	23,5	28,2	29,4	29,3	27,8

	26,8	25,9	28,0	31,8	36,0	38,3	40,0	42,8	45,7	44,0	46,0
	48,0	49,8	51,1	53,6	55,9	58,2	60,2	62,3	64,3		
47	0,1	1,8	2,4	4,8	6,5	9,0	12,2	14,9	16,1	16,5	16,1
	15,7	15,2	16,8	19,3	22,5	24,0	25,0	27,5	29,8	29,2	30,9
	32,4	33,7	34,9	36,8	33,6	40,4	42,8	45,2	47,5		
48	0,1	0,9	2,0	4,1	6,4	9,7	13,2	16,5	18,1	18,2	17,2
	16,5	16,2	17,9	20,8	23,8	25,7	27,5	29,2	32,0	33,6	35,3
	37,1	38,6	40,2	42,0	44,1	46,6	48,8	51,3	53,2		
49	0,1	1,5	2,7	5,0	7,8	11,0	14,4	17,0	19,2	18,8	18,8
	18,0	17,9	19,2	21,5	25,8	27,0	29,0	31,0	32,9	34,8	36,7
	38,0	39,3	40,6	42,1	44,1	46,5	49,1	52,1	54,6		
50	0,1	1,3	2,0	2,7	4,6	7,1	9,8	11,9	13,7	14,0	14,3
	14,8	15,1	16,1	17,2	19,2	19,7	20,1	21,4	22,6	24,0	25,2
	25,5	25,8	26,0	26,7	27,9	30,2	33,2	37,0	41,1		
51	0,1	1,7	3,1	5,2	7,5	10,9	14,1	16,9	18,6	19,0	19,2
	18,8	18,8	19,7	21,1	22,8	23,1	23,8	24,5	26,5	28,1	29,5
	10,4	21,0	31,2	32,2	33,8	36,3	39,8	43,8	48,0		
52	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	4,7	11,0	17,5	20,8	21,2	20,2
	19,0	18,3	20,7	24,8	29,1	31,1	33,0	35,5	38,1	40,7	41,9
	43,5	44,8	46,1	47,8	49,2	51,4	53,7	56,1	58,1		
53	0,1	0,2	0,6	1,5	2,7	5,0	7,6	10,2	12,0	12,8	12,5
	12,1	12,1	12,8	14,4	16,4	18,0	19,5	21,6	24,3	26,9	28,2
	29,8	31,1	32,1	33,7	35,1	37,1	39,3	41,6	43,7		
54	0,1	0,5	1,0	1,8	3,3	5,7	8,2	10,9	13,1	13,6	14,0
	13,2	13,1	14,2	15,8	17,6	18,7	19,8	21,5	24,0	26,2	27,7
	29,2	30,4	31,5	32,2	34,1	35,8	38,0	40,3	42,8		
55	0,1	1,8	3,5	6,0	8,5	11,8	12,2	14,9	16,9	17,8	18,0
	18,1	18,6	19,8	21,2	23,1	24,0	24,7	25,9	27,0	29,8	31,2
	32,2	32,7	33,0	33,9	35,3	37,8	40,6	44,0	47,8		
56	0,1	0,1	0,3	0,8	1,7	2,7	3,0	3,7	5,2	6,0	6,2
	6,7	7,1	7,4	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	12,2	13,6	14,7
	15,5	16,1	16,5	17,2	18,1	20,0	22,2	24,8	28,1		
57	0,1	0,7	1,9	2,7	3,9	5,9	8,1	9,8	11,5	12,0	12,2
	12,4	13,0	14,0	15,2	17,5	17,3	18,0	19,1	20,8	22,1	23,3
	24,2	24,1	24,5	24,8	26,1	28,1	30,8	34,0	37,7		
58	0,1	1,6	2,0	3,4	5,1	7,3	9,5	11,7	13,2	14,1	14,6
	14,2	15,0	15,3	16,8	18,5	19,9	21,3	23,1	25,2	28,0	29,0
	3,04	31,2	32,1	33,1	34,2	36,0	38,0	40,4	42,2		

59	0,1	0,5	0,2	0,9	2,0	3,2	5,0	6,8	8,0	8,6	8,5
	8,5	8,5	9,1	10,7	12,3	13,7	15,1	16,9	18,8	21,1	23,1
	24,7	25,7	26,9	28,0	29,5	31,3	33,4	35,5	37,9		
60	0,1	0,2	0,7	1,2	2,2	3,8	5,5	7,5	8,8	9,2	9,2
	9,0	9,2	10,0	11,3	13,2	13,7	15,0	16,6	18,4	20,2	21,5
	22,8	23,6	24,7	25,9	27,7	29,4	31,9	34,5	37,3		
61	2,1	3,8	6,2	11,5	16,1	21,0	24,8	28,0	30,0	30,7	30,9
	30,9	31,2	33,2	36,2	39,7	41,9	42,7	44,0	45,5	47,0	47,8
	48,6	49,0	49,7	50,5	52,0	54,0	56,8	59,5	62,7		
62	1,7	2,9	5,0	10,0	15,0	20,5	25,4	29,1	21,1	31,3	31,2
	30,3	30,4	33,0	36,8	41,2	43,8	45,1	46,9	48,5	50,1	50,9
	52,0	52,7	53,5	55,0	51,9	59,0	62,0	64,5	67,0		
63	1,8	2,8	6,1	11,4	16,9	23,0	28,3	31,2	32,8	32,8	32,8
	33,0	34,0	36,2	39,7	43,2	43,3	42,1	41,7	43,0	43,0	42,9
	42,7	42,5	41,0	41,1	42,2	44,6	48,3	52,6	58,0		
64	1,8	2,9	6,2	12,0	17,1	22,0	27,2	30,7	33,1	33,3	34,1
	33,2	33,5	35,7	39,2	43,4	45,0	46,2	47,5	48,9	50,2	51,2
	52,1	52,6	53,0	53,8	55,2	57,4	60,1	63,3	67,0		
65	0,8	1,2	3,3	7,4	12,6	19,0	25,8	30,3	33,3	34,0	35,2
	35,3	35,7	37,7	39,7	42,1	42,3	42,3	43,1	44,3	45,4	46,0
	46,3	46,4	46,3	47,0	48,7	51,0	54,5	58,3	62,7		
66	4,3	6,2	10,7	17,8	24,1	30,0	34,2	37,0	38,6	39,2	39,0
	38,4	39,0	40,9	43,9	47,8	49,9	52,0	53,8	55,2	58,0	58,0
	58,8	60,0	60,8	62,0	63,8	65,8	67,8	70,0	72,2		
67	3,3	4,1	7,7	13,4	18,0	23,1	27,6	30,6	32,5	33,9	35,3
	37,1	39,3	41,5	42,1	43,8	42,2	40,0	38,4	39,4	39,8	39,6
	39,0	38,0	37,1	36,4	38,1	40,6	44,1	49,8	56,1		
68	1,1	0,7	1,8	6,1	12,3	21,3	30,2	35,9	38,1	38,5	38,1
	38,0	38,2	42,0	46,0	50,7	51,0	50,1	49,5	50,5	51,1	51,2
	51,0	50,4	49,9	49,5	51,3	53,7	56,6	61,3	66,2		
69	1,6	2,5	5,1	8,9	12,6	17,4	21,2	24,1	25,9	27,3	29,2
	31,8	34,0	35,2	35,5	36,2	33,9	31,3	30,0	30,1	30,2	30,0
	29,1	28,2	26,8	26,9	28,0	30,3	34,1	40,2	47,2		
70	1,0	1,7	3,9	8,9	17,1	28,1	39,1	45,1	48,5	48,5	48,9
	48,0	48,0	50,2	53,7	58,0	59,3	61,0	61,7	63,5	64,2	65,0
	65,5	65,9	66,0	66,2	67,6	69,1	71,3	74,0	76,4		
71	1,2	2,1	4,9	10,2	16,9	25,0	34,2	39,0	41,7	41,3	41,3
	40,7	40,5	42,8	46,6	50,6	51,1	52,1	52,7	54,5	55,0	55,8

	56,2	56,2	56,0	56,3	57,8	59,6	62,6	66,0	69,3		
72	1,7	2,9	5,8	10,6	15,5	21,2	27,0	30,8	33,2	32,5	32,1
	31,6	31,8	33,8	36,5	40,2	41,7	42,5	44,1	45,7	47,1	48,0
	48,8	49,0	49,7	50,4	51,9	54,0	58,1	59,0	63,0		
73	3,2	4,8	9,2	16,5	23,2	31,1	38,0	41,7	43,2	43,7	42,5
	41,3	40,6	43,7	47,8	52,5	54,7	56,9	59,0	61,0	62,2	64,0
	65,0	66,0	67,0	67,8	69,3	70,7	72,7	74,8	76,7		
74	2,7	3,7	7,5	13,4	18,7	24,1	28,7	31,1	32,7	33,3	33,0
	32,8	32,7	35,0	38,0	42,0	44,1	46,3	48,3	50,5	51,5	53,2
	54,1	55,0	56,0	56,7	58,2	60,0	62,0	64,8	67,1		
75	6,0	9,2	15,1	23,2	29,8	36,6	42,2	45,3	47,0	47,3	46,3
	45,5	45,8	47,3	50,5	53,8	55,7	57,3	58,3	60,0	61,7	62,2
	62,2	62,7	63,0	63,7	65,0	67,0	69,0	71,7	74,0		
76	1,3	1,8	4,2	10,0	16,5	24,0	31,0	35,5	37,6	37,2	36,0
	34,6	34,0	37,1	42,0	48,2	50,1	51,6	52,7	55,2	56,7	57,2
	58,5	59,0	60,1	60,9	63,0	64,1	66,1	68,1	70,7		
77	0,5	0,8	1,3	5,2	10,2	17,7	25,0	30,0	32,1	31,3	29,9
	28,0	27,2	30,7	36,3	43,5	45,2	46,4	47,0	49,0	50,2	51,1
	51,5	51,5	52,1	52,5	54,3	56,0	58,2	60,7	63,9		
78	1,5	2,4	5,1	9,1	12,7	16,9	20,7	23,0	24,4	24,9	25,6
	26,0	27,2	28,8	30,8	33,2	34,0	34,0	35,0	35,7	36,6	36,7
	37,0	36,9	36,5	37,0	38,2	40,7	43,6	47,8	53,1		
79	1,0	2,2	4,8	7,1	15,3	21,1	27,3	31,7	33,9	33,5	34,2
	33,0	32,9	35,0	38,3	42,0	43,7	45,7	47,1	49,8	51,1	52,7
	53,7	54,2	55,0	55,2	57,7	59,5	62,0	64,3	67,0		
80	2,2	3,9	7,3	10,7	18,5	24,5	30,0	33,5	35,2	34,6	35,7
	35,3	35,8	38,0	41,2	44,0	44,3	44,6	44,3	45,9	46,3	47,2
	47,4	47,1	47,0	46,9	48,9	51,1	54,5	58,2	62,7		
81	0,7	1,2	3,7	7,0	11,8	16,7	22,1	25,6	27,2	28,1	27,8
	28,8	29,6	31,3	34,0	36,2	36,2	35,2	35,1	36,0	36,5	37,2
	37,2	36,3	36,0	36,3	37,3	39,5	43,7	47,7	52,4		
82	1,2	2,8	4,9	9,7	14,0	18,6	23,4	27,8	27,7	28,1	28,8
	27,0	26,2	29,6	32,0	36,3	38,0	40,0	41,9	43,5	45,5	46,8
	47,4	48,3	49,6	50,2	52,0	54,0	56,2	58,8	61,5		
83	1,2	2,7	4,9	9,2	13,8	19,2	26,0	30,9	31,7	32,1	33,0
	31,5	30,8	33,3	34,8	38,4	40,2	42,0	44,2	46,2	48,1	49,0
	49,7	51,0	52,1	53,0	55,0	57,0	59,2	61,5	64,0		

84	0,6	0,9	2,3	5,8	11,0	18,8	27,7	32,5	35,0	35,2	35,0
	84,7	34,4	36,2	39,2	42,8	44,8	46,7	48,7	50,5	51,7	53,0
	54,1	55,2	56,2	57,4	59,0	60,7	62,8	65,1	67,2		
დაფერმენტებული თამბაქო											
85	3,9	6,9	12,0	18,6	26,1	32,2	37,8	41,7	43,5	44,7	45,1
	44,5	45,6	48,1	50,6	53,9	54,2	55,2	55,8	58,1	58,0	59,2
	60,0	60,5	60,8	61,2	62,9	64,9	67,2	70,5	73,6		
86	3,0	5,4	9,5	16,5	23,2	30,4	37,5	41,5	42,1	43,6	43,3
	42,6	39,9	43,8	48,0	50,1	54,0	55,1	56,7	59,9	62,4	64,1
	63,5	64,1	65,5	66,0	67,4	70,5	71,5	74,2	75,5		
87	2,3	4,4	8,1	14,9	20,9	28,5	33,6	38,5	40,5	40,9	40,3
	89,6	39,8	41,8	45,0	48,6	51,7	53,4	54,8	56,9	58,1	59,5
	60,4	60,0	61,4	62,3	63,9	66,0	68,6	70,8	73,1		
88	2,3	3,0	5,5	10,5	14,9	18,8	22,6	26,6	28,3	30,5	31,2
	32,4	31,3	33,8	36,4	38,9	40,8	42,2	44,8	46,9	48,6	50,2
	51,1	52,1	53,0	54,8	56,3	58,4	60,4	62,4	64,1		
89	1,0	1,3	3,9	7,9	13,8	21,1	28,1	32,6	35,1	35,8	35,8
	35,4	35,8	37,4	40,6	43,5	44,2	44,5	44,6	45,9	47,2	46,8
	48,8	48,3	48,4	49,2	50,5	53,1	56,9	60,1	64,5		
90	2,0	2,9	6,2	10,2	14,8	19,3	23,4	26,4	27,7	28,5	28,4
	28,1	27,9	29,2	32,0	35,0	36,8	38,9	40,4	42,1	44,2	44,6
	47,6	48,5	49,6	51,1	52,6	54,5	56,5	58,4	61,0		
91	1,0	1,0	3,2	6,5	11,0	14,8	17,1	20,5	23,2	23,9	24,2
	23,8	23,6	25,6	28,8	32,2	33,6	34,6	36,1	37,2	38,3	39,5
	41,7	42,5	43,0	44,4	46,5	48,5	51,6	53,7	57,2		
92	0,1	0,1	0,1	0,2	1,8	8,1	18,3	26,5	32,8	33,9	33,5
	32,5	32,0	35,0	39,1	41,8	43,2	44,2	46,1	48,6	49,1	50,6
	50,2	50,7	51,5	52,3	53,5	56,3	58,1	61,1	63,8		
93	0,6	1,0	2,0	5,2	7,7	10,7	13,4	14,9	18,3	19,2	18,9
	17,9	16,6	19,1	22,5	25,2	26,3	26,9	28,2	29,9	30,6	32,6
	33,2	35,2	37,2	39,1	40,9	43,5	44,8	47,2	49,5		
94	1,2	1,6	4,0	7,4	11,6	16,3	20,2	23,3	26,4	28,2	29,0
	28,9	29,2	31,0	32,6	35,2	37,3	39,8	41,1	43,4	45,6	47,4
	48,6	49,6	51,5	53,1	54,2	56,7	58,8	60,6	62,4		
95	0,1	0,1	0,2	0,2	1,4	6,9	20,2	34,4	43,2	46,9	47,7
	47,0	46,2	47,2	49,2	51,4	52,5	53,8	54,9	56,6	58,4	60,2
	61,1	62,6	63,4	65,2	66,9	68,5	70,4	71,8	73,4		
96	0,5	1,5	3,3	5,5	8,0	10,5	13,5	16,3	18,2	19,4	20,1

	20,5	21,1	21,5	22,2	23,4	23,5	3,5	24,2	25,7	27,1	28,1
	23,4	29,2	29,5	30,6	32,2	34,5	36,7	39,8	42,9		
97	0,1	0,1	0,4	0,1	1,5	4,5	10,1	16,3	19,5	20,8	20,3
	19,2	19,8	21,6	25,8	28,9	31,9	32,6	34,8	37,5	38,8	40,5
	41,5	43,5	44,8	46,5	47,7	49,6	51,6	53,8	55,7		
98	0,1	0,1	0,1	0,2	1,4	6,4	15,8	25,3	31,3	33,2	32,8
	32,1	31,1	33,1	36,5	40,2	41,9	43,5	45,4	47,0	49,0	50,6
	52,6	53,4	55,1	56,9	58,7	60,6	62,6	64,3	65,5		
99	1,3	1,6	4,0	7,0	10,4	14,5	18,4	21,1	23,6	25,3	25,9
	26,5	26,5	27,0	27,5	28,1	28,1	28,3	29,5	30,5	31,7	32,8
	34,0	34,5	35,5	35,6	38,5	40,8	43,4	45,9	49,1		
100	0,1	0,7	0,8	2,6	5,2	8,6	12,5	16,0	18,5	19,4	19,1
	19,8	19,7	21,5	23,4	25,7	27,5	29,3	31,6	33,3	35,5	37,5
	38,8	40,8	42,6	44,6	46,1	48,0	49,7	51,6	53,3		
101	0,1	0,4	1,1	3,2	6,0	9,8	14,0	17,6	20,2	21,5	21,5
	21,2	20,8	22,3	24,6	27,3	28,3	28,8	30,1	31,8	33,5	34,8
	85,8	37,0	38,8	40,3	40,5	44,9	47,8	50,5	53,8		
102	0,1	0,3	0,8	2,1	3,6	5,6	7,9	10,0	11,5	12,8	13,2
	13,1	13,2	13,6	14,6	16,1	17,5	18,2	19,3	20,8	22,2	23,4
	24,6	25,5	26,9	28,2	29,6	31,2	33,0	34,7	37,1		
103	0,1	0,2	1,0	3,0	5,3	8,3	11,8	14,8	16,8	18,7	19,2
	19,0	19,4	20,6	22,5	24,6	26,0	27,5	29,5	31,5	33,6	34,6
	36,4	38,4	40,2	42,1	44,6	46,0	48,2	50,2	52,2		
104	0,5	1,0	2,0	3,6	5,4	8,0	10,6	12,9	15,2	16,4	17,5
	18,7	19,7	20,1	20,5	21,2	21,1	20,8	21,2	22,2	23,2	24,1
	24,3	24,3	24,4	24,9	26,4	28,7	32,3	36,1	40,8		
105	0,3	0,8	1,6	3,2	4,8	7,0	9,4	11,7	13,4	14,7	14,9
	15,5	15,8	16,2	17,1	18,5	18,8	19,0	20,1	21,2	22,3	23,4
	24,1	24,8	25,5	26,5	28,2	30,0	32,5	35,0	37,9		
106	0,1	0,4	0,9	2,3	4,8	7,5	11,0	14,2	16,7	17,9	17,8
	17,5	17,6	19,0	21,1	23,7	25,4	26,3	28,4	30,5	32,6	34,5
	36,6	38,1	39,6	41,3	43,5	45,6	47,5	49,1	51,2		
107	0,3	0,3	1,2	2,5	4,0	6,0	8,0	10,2	11,8	12,9	13,3
	13,7	14,3	15,3	16,5	17,8	18,8	20,0	21,0	22,7	24,2	25,3
	26,5	26,7	27,2	28,0	29,5	31,3	34,0	37,1	40,2		
108	0,3	0,3	1,2	2,3	3,9	5,7	8,0	10,2	11,6	12,3	12,3
	12,3	12,5	13,3	14,6	16,2	17,4	18,8	19,8	21,4	23,0	23,9
	25,3	26,1	26,8	28,4	29,6	31,2	33,1	35,3	36,8		

109	1,4	3,6	7,3	12,5	17,8	24,1	28,9	32,6	34,2	35,6	36,5
	37,9	39,1	40,2	41,3	41,5	40,6	39,3	38,5	39,3	39,9	40,6
	40,0	38,8	38,2	38,2	39,4	42,3	46,8	52,3	58,4		
110	1,7	2,5	5,1	11,0	18,1	26,7	35,0	40,0	41,7	41,6	40,8
	39,5	39,2	42,0	46,2	50,7	52,3	53,2	53,8	55,4	56,9	57,3
	57,8	57,8	57,9	58,7	60,3	62,3	65,5	68,8	72,5		
111	4,7	7,0	11,5	20,1	28,1	36,2	43,2	46,7	48,3	47,8	47,2
	45,5	45,2	47,9	52,2	56,8	58,9	61,0	62,7	64,3	66,3	67,0
	68,0	68,5	69,6	70,4	72,2	73,3	76,3	78,1	80,5		
112	3,6	6,0	10,0	15,5	20,2	27,1	32,3	35,6	36,9	37,2	38,0
	39,3	40,5	42,1	43,8	44,1	42,2	40,3	39,4	39,8	39,9	39,9
	39,2	38,1	36,8	36,6	37,6	40,5	44,6	50,0	55,8		
113	6,0	8,8	14,0	21,3	27,3	33,5	38,8	42,2	43,8	43,9	43,0
	42,0	41,3	42,8	45,5	48,2	49,5	51,5	53,2	55,5	56,9	58,0
	58,7	59,9	61,0	62,4	63,7	66,1	68,2	70,4	72,5		
114	1,9	2,7	5,4	10,2	15,0	20,7	26,2	29,8	31,7	32,8	32,3
	31,5	31,2	32,8	35,3	38,2	39,2	40,2	41,1	42,8	44,2	45,5
	46,2	47,2	48,5	49,7	51,3	53,8	56,6	59,7	62,9		
115	2,6	4,2	7,7	12,2	16,7	21,9	26,9	30,0	31,8	32,5	33,0
	33,9	35,0	36,2	37,8	39,2	39,7	39,2	39,5	40,5	41,9	42,0
	42,0	41,6	48,5	49,3	50,9	52,8	56,0	58,9	62,3		
116	5,6	8,6	14,0	21,1	26,7	33,1	38,2	41,5	44,0	44,4	44,2
	43,6	43,5	45,0	47,6	49,8	51,1	51,8	53,2	54,6	56,0	57,4
	58,2	59,0	59,8	60,7	62,5	64,3	66,6	69,2	71,8		
117	1,6	2,5	4,6	8,0	10,7	14,4	17,5	20,3	22,3	23,4	23,6
	23,6	23,7	24,8	26,1	28,5	30,2	31,3	33,3	34,8	36,7	38,6
	40,1	41,3	42,6	44,2	46,2	48,1	50,3	52,7	55,2		
118	2,0	4,0	7,2	13,0	18,2	23,5	28,3	32,1	33,6	34,2	33,1
	32,0	31,6	33,5	37,1	40,6	43,3	45,5	47,6	49,6	51,8	53,4
	54,6	55,8	56,7	58,3	59,8	61,9	64,0	66,2	68,5		
119	3,6	6,0	9,4	14,7	20,6	26,7	32,8	37,1	39,3	39,6	39,1
	37,9	37,2	38,6	41,5	45,0	47,0	49,0	51,0	52,8	54,5	56,2
	58,0	59,3	61,3	62,8	64,7	66,6	68,5	70,4	72,1		
120	1,2	2,3	4,5	6,8	9,3	12,3	15,1	17,6	20,2	21,7	22,8
	23,8	24,7	25,5	26,5	27,4	27,0	26,9	27,5	28,5	29,6	30,6
	31,3	31,6	32,3	33,0	34,3	36,8	40,2	44,3	49,0		
121	1,1	1,5	3,5	7,5	13,0	19,8	26,4	32,0	34,2	33,8	32,2
	30,0	29,5	32,0	36,5	41,5	43,8	45,7	48,2	50,5	52,2	53,8

	55,0	56,2	57,8	59,1	60,7	62,8	65,0	66,9	68,7		
122	5,4	7,7	10,7	16,0	22,5	29,7	35,8	40,4	42,6	43,5	43,2
	42,5	42,4	43,2	45,2	46,7	48,5	50,2	52,0	54,4	55,8	57,3
	58,8	60,3	62,2	63,9	65,8	67,6	69,6	71,1	72,9		
123	2,1	3,2	5,5	9,0	12,0	15,3	18,2	20,6	23,0	24,0	24,1
	23,4	23,5	24,3	26,4	28,3	30,0	31,7	33,5	36,0	37,0	38,8
	40,7	42,3	44,9	46,4	48,6	50,9	53,0	55,2	57,1		
124	0,1	4,1	6,9	11,0	15,2	19,4	23,7	26,2	28,8	29,0	28,4
	28,1	28,5	29,5	31,8	34,7	36,9	38,5	40,2	42,8	44,2	46,0
	46,8	48,0	50,2	50,6	52,0	54,1	56,1	58,3	60,2		
125	0,1	14,8	19,8	26,7	33,0	39,8	45,9	49,8	50,9	50,8	49,7
	48,8	47,7	49,4	52,2	55,4	56,7	58,4	59,7	62,0	64,0	65,7
	67,2	68,5	70,6	71,4	73,0	74,2	76,0	77,8	79,6		
126	0,1	1,8	3,0	5,5	7,6	10,0	12,5	15,2	16,8	17,7	17,5
	17,5	17,2	18,7	20,3	22,8	23,8	24,9	26,0	28,2	29,8	31,5
	32,7	33,5	35,1	36,2	38,2	39,9	42,8	45,8	49,1		
127	0,1	1,4	3,4	7,0	10,3	14,1	18,1	20,8	22,6	22,7	22,3
	21,6	21,6	23,1	26,2	28,5	30,0	30,9	32,6	34,3	36,2	37,5
	38,6	39,2	40,1	41,5	43,5	46,0	48,8	52,0	55,2		
128	0,1	3,7	6,5	11,2	15,8	22,0	27,5	30,8	33,0	32,9	32,5
	32,1	31,9	34,0	36,0	38,8	37,7	38,6	40,9	43,2	45,0	46,3
	47,5	48,4	49,2	50,8	52,4	55,2	57,5	60,8	64,7		
129	0,1	3,7	5,4	8,1	12,5	18,5	23,6	28,0	31,0	32,0	32,7
	31,8	31,5	32,2	33,7	35,5	35,8	37,9	40,6	43,8	46,7	48,4
	49,8	51,2	52,9	53,9	55,4	57,2	59,1	60,7	62,5		
130	0,1	1,8	3,2	5,7	9,0	13,2	18,3	22,0	23,2	23,5	22,6
	22,1	21,7	23,6	26,5	30,0	32,4	34,2	37,1	39,8	39,3	41,6
	43,2	44,8	46,1	48,0	49,7	51,7	53,8	55,8	57,8		
131	0,1	1,9	4,0	7,2	10,5	14,4	18,0	21,3	23,2	23,7	23,1
	22,8	22,7	24,3	27,2	30,6	32,5	34,3	36,2	39,0	40,7	42,2
	43,6	45,0	46,0	47,1	48,8	51,2	53,4	56,2	58,7		
132	0,1	0,7	1,5	2,8	4,5	6,6	8,7	11,2	12,8	13,1	12,2
	11,8	11,6	12,9	15,0	17,6	19,5	21,6	23,8	26,9	28,8	30,0
	31,8	33,3	34,8	36,2	38,0	40,0	41,6	44,1	45,7		
133	0,1	1,1	1,4	2,8	6,7	12,1	18,0	23,0	25,5	25,8	25,5
	24,8	24,5	26,3	28,9	32,4	34,2	36,5	39,2	41,5	44,0	46,2
	47,8	49,5	50,8	52,3	54,0	56,0	58,0	60,1	61,9		
134	0,1	1,8	3,2	5,9	8,4	11,6	15,0	18,1	19,9	20,1	20,2

	18,7	18,7	19,8	21,8	24,5	26,1	28,1	30,1	32,5	35,0	36,9
	38,5	40,2	41,2	42,8	44,6	46,8	48,8	51,1	53,4		
135	0,1	0,9	1,5	2,8	4,2	6,3	8,2	10,5	11,8	12,2	12,5
	11,2	11,2	12,2	13,6	15,2	15,9	17,0	18,2	20,2	21,8	23,2
	24,4	25,2	25,8	27,0	28,5	30,7	33,3	36,5	40,0		
136	0,1	0,2	0,8	2,2	3,5	6,0	8,2	10,6	12,1	12,8	12,5
	12,3	12,3	13,2	15,2	17,4	18,5	19,8	21,7	23,5	25,7	27,0
	28,0	29,0	29,7	30,8	32,0	34,0	36,4	39,2	42,0		
137	0,1	0,7	1,3	2,5	4,7	7,9	11,2	14,8	16,9	17,8	18,2
	17,5	17,2	18,6	20,8	23,2	25,0	27,0	29,5	32,2	34,7	37,0
	38,8	40,5	42,2	43,8	45,9	47,5	49,5	51,2	53,0		
138	0,1	0,4	0,9	1,2	2,1	3,3	5,0	6,6	8,0	8,8	9,2
	9,0	9,8	10,0	10,9	12,0	12,5	13,2	14,3	16,2	17,8	18,8
	19,6	10,0	20,5	20,9	22,4	24,3	27,0	30,1	33,7		
139	0,1	0,6	1,6	3,0	4,8	6,9	7,1	8,6	10,6	11,6	11,8
	12,0	12,3	12,8	13,8	15,0	16,3	17,4	18,9	21,0	23,2	25,0
	26,3	27,5	28,6	29,7	31,2	33,3	35,7	38,2	41,0		
140	0,1	0,7	2,0	3,1	5,0	5,7	10,6	13,1	15,0	15,3	15,0
	14,7	14,3	16,0	18,5	22,2	23,3	25,0	27,1	29,8	31,9	34,0
	35,2	36,4	37,4	38,5	40,0	41,6	43,9	45,9	48,1		
141	0,1	0,6	1,6	2,1	3,2	5,0	6,8	8,3	10,1	10,7	10,8
	11,0	11,3	12,1	13,0	15,3	15,6	16,5	18,0	20,1	21,4	23,0
	24,0	24,6	25,2	26,0	27,2	29,1	31,7	34,2	37,1		
142	0,1	0,8	0,6	1,4	2,4	3,7	5,2	6,4	8,2	8,8	9,0
	9,1	9,5	10,1	11,1	12,2	13,0	13,9	15,2	16,7	18,5	20,0
	21,0	21,7	22,3	23,0	24,3	26,4	28,8	32,0	35,1		
143	0,1	0,9	2,0	3,6	5,6	8,0	10,5	13,4	14,4	14,9	14,3
	14,1	14,1	15,4	18,0	20,1	21,7	23,2	25,3	27,7	29,4	31,1
	32,8	34,0	35,1	36,5	38,1	39,8	42,0	44,1	46,6		
144	0,1	0,1	0,2	0,8	1,5	2,7	4,2	6,0	7,4	8,0	7,9
	7,3	7,4	8,2	9,7	11,1	12,3	14,0	16,0	18,3	20,6	21,8
	23,5	24,5	25,9	27,2	28,8	30,4	32,1	34,2	36,1		
145	1,9	3,2	5,7	10,5	15,1	20,2	24,2	27,4	29,6	30,4	30,9
	31,0	31,5	33,4	35,9	38,8	40,2	40,7	41,7	42,9	44,2	45,0
	45,6	46,0	46,5	47,3	49,0	51,3	54,6	58,0	61,6		
146	0,2	0,1	0,8	2,2	7,0	15,9	27,5	36,3	40,4	41,1	40,1
	38,3	38,1	41,2	46,0	51,3	54,1	55,6	57,2	60,3	61,5	62,1
	63,0	64,1	64,0	65,1	66,9	68,5	70,8	72,9	75,2		

147	1,0	1,7	4,2	8,9	13,6	19,2	24,0	27,0	28,7	28,8	28,6
	28,2	28,9	31,2	34,3	38,5	39,2	28,5	38,6	40,2	40,8	41,0
	41,0	41,1	40,0	40,3	41,2	43,5	47,0	50,9	55,5		
148	2,1	3,3	7,0	13,1	19,2	25,1	30,6	34,3	37,0	37,3	38,0
	37,2	37,0	39,3	42,7	47,0	49,2	50,7	52,5	54,0	55,6	56,8
	57,8	58,7	59,4	60,5	62,1	64,2	66,3	69,0	71,6		
149	1,7	2,8	5,9	11,2	16,5	22,0	27,4	31,5	33,2	34,2	33,6
	32,4	32,9	34,9	38,1	42,4	44,1	46,2	47,9	49,2	51,7	52,0
	53,0	54,1	54,6	55,7	56,9	58,8	61,0	63,9	66,3		
150	4,5	6,2	11,0	18,2	25,1	31,1	35,5	38,5	40,0	40,7	40,2
	39,7	40,0	42,0	45,2	49,2	51,3	53,5	55,4	57,0	59,5	59,8
	60,7	61,9	62,8	64,1	66,0	68,0	70,0	72,2	74,2		
151	5,4	6,9	11,1	19,0	27,6	36,7	44,1	49,0	51,7	53,2	54,1
	54,8	55,3	57,2	58,0	59,7	59,8	59,5	59,4	60,9	61,8	62,1
	62,5	62,5	62,7	62,9	65,0	67,0	69,5	73,0	76,6		
152	1,9	3,2	6,5	12,0	17,2	22,5	27,1	31,0	32,6	33,5	34,0
	34,6	35,1	37,3	39,9	43,1	43,2	42,6	42,7	43,8	44,3	44,7
	44,1	44,1	43,5	44,0	45,2	47,7	50,7	55,7	60,5		
153	1,1	2,0	4,3	8,7	13,1	17,3	21,1	24,4	26,4	27,8	28,2
	28,3	28,7	30,1	32,0	35,0	36,3	37,3	39,0	41,0	42,2	43,2
	43,7	44,5	45,0	46,1	47,8	50,0	52,2	56,1	59,5		
154	0,9	1,6	4,0	8,1	12,1	16,5	18,5	23,5	25,9	26,2	26,9
	26,7	27,0	28,3	30,8	34,2	36,0	37,8	39,1	41,2	42,5	43,7
	44,5	45,1	45,9	46,6	48,2	50,0	52,5	55,0	57,8		
155	0,6	1,0	2,8	7,0	12,2	19,0	26,5	31,9	35,0	34,7	34,2
	33,8	33,9	36,6	40,2	44,7	45,2	45,2	46,3	47,7	49,0	49,4
	50,1	49,8	49,8	50,2	51,3	53,7	57,0	60,2	64,0		
156	0,1	0,2	0,3	2,1	6,1	13,2	22,3	29,3	32,7	31,7	30,4
	28,6	27,8	31,3	36,4	42,9	45,7	47,2	49,8	52,0	53,8	55,2
	56,3	57,2	58,3	59,3	60,8	62,5	65,2	67,0	69,2		
157	1,6	2,0	5,0	10,0	14,7	20,0	24,8	27,5	29,0	29,7	28,8
	27,9	27,5	29,8	33,3	37,7	40,0	42,0	44,1	46,2	47,7	49,5
	50,5	51,5	52,5	53,2	54,9	56,2	58,5	61,0	63,5		
158	2,7	3,2	6,9	12,8	18,5	24,1	28,8	31,9	34,0	35,0	35,0
	34,5	34,8	36,4	39,9	43,3	45,7	48,0	49,5	51,8	53,2	54,8
	56,0	57,2	58,1	59,2	60,8	62,5	64,7	67,0	69,2		
159	0,8	1,3	3,5	8,3	15,2	24,2	33,0	38,3	41,2	41,4	40,7
	39,2	39,0	41,2	45,3	50,1	52,0	54,3	55,5	58,0	59,0	60,1

	61,1	62,2	62,8	64,0	65,4	67,2	69,9	72,0	74,0		
160	2,0	2,5	5,7	11,8	17,0	22,3	26,6	29,5	31,6	32,0	31,5
	30,8	30,4	32,9	36,3	41,1	42,8	44,1	45,2	47,7	49,1	50,4
	51,2	52,0	53,1	54,0	56,2	57,6	59,8	62,0	64,8		
161	0,1	0,1	0,1	1,5	5,7	14,2	26,3	35,1	38,8	39,0	37,7
	35,6	34,7	38,0	43,4	49,9	52,5	54,5	57,2	59,4	61,4	61,9
	62,9	64,0	64,3	65,8	67,0	69,2	70,6	72,6	75,4		
162	2,0	3,0	6,1	10,7	15,0	19,2	23,5	26,2	28,1	29,2	30,1
	30,2	30,5	32,0	34,1	36,9	38,4	39,8	42,2	44,1	45,9	46,5
	47,5	48,3	48,8	50,2	51,7	54,1	56,3	59,1	62,8		
163	2,2	3,9	7,3	10,2	18,0	24,1	29,6	32,9	35,2	35,1	36,5
	36,8	37,3	39,4	40,9	42,0	40,8	40,1	39,2	40,2	40,6	41,1
	41,2	40,6	40,0	39,2	41,3	43,5	47,2	51,8	57,1		
164	0,1	0,1	0,2	1,0	7,6	21,8	42,7	59,0	66,5	69,4	68,0
	67,8	67,0	68,2	70,2	72,0	73,3	73,8	75,1	76,7	77,5	79,2
	80,0	80,3	81,5	82,7	83,0	83,9	85,8	86,3	87,2		
165	0,5	0,8	2,7	6,0	11,5	17,0	22,7	26,9	28,9	30,0	29,2
	28,7	28,2	30,7	34,6	39,0	41,3	42,9	44,6	47,0	48,3	50,2
	51,5	52,3	34,0	35,5	56,8	58,2	61,0	62,7	64,6		
166	2,8	5,0	9,1	16,7	23,0	29,1	35,0	40,0	49,9	42,0	43,3
	41,8	41,2	45,0	47,2	51,0	51,8	52,9	55,0	57,1	59,2	60,0
	60,3	61,2	61,6	62,0	63,7	65,7	68,2	70,9	73,3		
167	2,0	3,0	5,8	10,2	14,3	19,2	23,3	26,7	28,7	29,2	29,5
	29,5	29,6	31,0	33,2	36,0	38,0	40,0	42,0	44,0	45,2	46,6
	47,8	44,5	50,3	51,5	53,2	55,1	57,1	59,7	61,8		
168	0,9	1,2	3,0	7,5	14,4	23,7	32,8	38,8	41,2	41,3	40,9
	40,0	39,4	41,8	45,2	49,5	51,1	53,3	55,3	57,3	58,6	59,9
	61,0	62,2	63,2	64,5	66,1	67,9	69,7	72,0	73,8		

ცხრილი 33

სინათლის გატარების სიდიდის მაჩვენებელი ($T\%$) 200-350 ნმ დიაპაზონში

ტალღის სიგრძე, ნმ	თამბაქოს ნიმუშის №											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200	0,8	0,6	0,9	1,2	0,5	1,2	0,8	0,8	0,8	2,3	1,4	0,9
205	1,3	0,9	1,4	2,0	0,8	2,1	1,2	1,5	1,4	3,5	2,2	1,3
210	2,7	2,1	3,0	4,6	2,2	4,7	2,4	2,9	2,6	6,5	4,2	2,8

215	5,7	4,8	6,5	8,6	4,9	8,8	5,2	5,9	5,4	11,0	8,0	5,6
220	10,2	9,1	11,7	14,0	9,2	13,0	10,1	10,7	10,2	16,3	14,2	9,9
225	16,5	15,7	18,6	20,0	14,9	19,5	17,2	17,2	16,8	21,4	21,2	14,0
230	22,8	22,5	25,6	25,5	20,6	24,6	25,0	24,2	24,2	26,8	28,8	18,4
235	27,4	27,5	30,4	29,9	24,9	28,7	30,5	29,2	29,7	30,7	34,5	21,9
240	29,8	29,4	32,4	31,9	26,6	30,4	32,7	31,6	32,4	32,6	37,2	23,7
245	30,2	28,8	32,0	32,4	26,4	30,6	32,6	32,3	33,2	32,9	37,6	23,9
250	29,6	27,2	30,8	31,5	24,5	29,2	31,4	31,9	32,8	32,7	37,2	23,4
255	28,8	25,7	29,4	31,9	23,6	29,0	30,5	31,6	32,4	32,4	36,4	22,7
260	28,9	25,5	29,3	32,5	23,6	29,4	30,9	31,0	32,7	33,4	36,9	23,2
265	31,9	28,8	32,4	35,1	26,3	31,7	33,8	34,2	35,3	35,6	39,3	25,9
270	38,0	35,9	38,7	40,2	32,5	36,7	40,0	38,6	40,2	40,1	44,5	31,8
275	43,7	42,4	45,0	45,2	39,0	41,9	45,5	43,1	45,3	43,7	48,8	37,1
280	46,6	44,9	48,1	46,5	41,8	43,7	47,2	45,4	47,8	44,8	51,1	39,5
285	48,1	45,7	49,6	46,7	43,7	44,9	48,0	47,3	49,7	45,6	53,2	41,3
290	50,6	47,5	51,9	47,7	46,0	46,3	49,2	48,9	51,4	46,3	54,9	43,0
295	52,7	49,5	53,8	48,8	48,1	48,2	50,6	51,0	53,4	47,6	56,7	44,8
300	54,8	51,4	56,0	50,0	50,2	49,5	51,9	52,5	55,0	48,6	58,2	46,5
305	55,4	51,6	56,5	50,6	51,7	50,7	52,5	53,8	56,0	49,3	59,4	47,7
310	56,7	52,3	58,0	50,5	52,8	51,2	52,7	54,5	56,9	49,6	60,4	48,8
315	57,2	52,3	58,7	50,4	54,0	51,4	52,6	55,2	57,9	49,6	61,3	49,6
320	58,6	53,0	60,2	50,7	55,4	52,3	52,9	56,3	58,7	49,8	62,2	50,5
325	59,5	53,6	61,2	51,5	57,1	53,4	53,8	57,6	60,0	50,8	63,7	51,9
330	62,2	56,2	63,7	53,9	59,4	55,4	56,6	60,3	62,6	53,2	65,9	54,2
335	64,5	58,9	66,0	56,6	61,8	58,0	58,8	62,3	64,3	56,0	68,3	56,9
340	66,2	61,0	67,8	59,0	63,5	60,3	61,7	64,7	66,5	58,7	70,1	59,0
345	68,8	64,1	70,1	62,6	65,8	63,1	64,9	66,8	68,5	62,0	72,0	61,7
350	71,2	67,4	72,5	66,8	68,1	66,4	68,3	69,0	50,5	65,6	74,0	64,1

№2

ფერმენტაციის მე-2 ხანგრძლივობა, სთ.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	24	1,01	1,08	0,53	1,48	0,82	4,51	0,65	1,35	1,03	0,72	1,52	1,72
	48	0,29	0,62	0,32	0,84	0,57	1,41	0,49	0,99	0,90	0,36	0,65	0,61
72	0,04	0,38	0,00	0,24	0,34	1,10	0,36	0,83	0,68	0,28	0,34	0,36	

5. ექსპერიმენტები თამბაქოს სუროგატირებაზე

როგორც ცნობილია, თამბაქოს ძირითად დამახასიათებელ შემადგენელ ნაწილს უდაოდ წარმოადგენს ალკალოიდი ნიკოტინი, რომელიც გვხვდება მცენარეების *Nikotiana* გვარში და თითქმის არ აღმოჩენილა სხვა მცენარეების შემადგენლობაში. თუმცა რიგი ლიტერატურული წყაროები მიუთითებს, რომ თამბაქოს გარდა სხვა მცენარეებშიც გვხვდება ალკალოიდი ნიკოტინის ან მისი მსგავსი ნაერთები, ამდენად აღნიშნული მცენარეების უფრო დაწვრილებით შესწავლასა და მათი თამბაქოს სუროგატად გამოყენებას გააჩნია დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა, რაც ძირითადად დაკავშირებულია, ყოველ შემთხვევაში, ორი დიდი ამოცანის გადაწყვეტასთან:

- თამბაქოს სანედლეულო ბაზის გაფართოებასთან და
- თამბაქოს მოსაწევი ნაწარმის მავნებლობის შემცირებასთან მასში ძლიერტოქსიკური ნიკოტინის სხვა უფრო ნაკლებტოქსიკური ქიმიური ნაერთებით სრულფასოვანი შეცვლის გზით.

ამ მიმართებით ძალიან დიდი რეზერვები დევს მცენარეული წარმოშობის ბუნებრივ კომპლექსებში.

ცნობილია, რომ ადამიანის ორგანიზმზე ნიკოტინის ფიზიოლოგიური მოქმედება ისეთია, რის გამოც არსებობს მოწევაზე და საერთოდ თამბაქოს მოხმარებაზე მიდრეკილება. ეს მოქმედება ნიკოტინის განსაზღვრულ დოზებში გამოიხატება ნერვული სისტემის აღზნებადობაში და იძლევა ეფექტს, რომელიც დამოკიდებულია თამბაქოს ფიზიოლოგიურ სიმაგრეზე. ამრიგად, ნიკოტინი წარმოადგენს თამბაქოს შემადგენელ სპეციფიკურ და ყველაზე უმნიშვნელოვანეს ელემენტს და მისი ფიზიოლოგიური მოქმედების შეცვლა ძალიან რთულია სხვა რომელიმე მცენარეების ჩანაცვლებით. მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ თამბაქოს მოხმარების ეფექტი არ გამოისახება მხოლოდ ნიკოტინის მოქმედებით და მნიშვნელოვნად უფრო ფართოდ უკავშირდება თამბაქოს სპეციფიკურ ფიზიოლოგიურ სიმაგრეს და სუფთა გემურ შეგრძნებებს: არომატი, სურნელება, საერთო გემო და სხვა. ამიტომ მიუხედავად იმისა, რომ ნიკოტინი წარმოადგენს თამბაქოს ძირითად ნაერთს, სხვა ელემენტებსაც გააჩნიათ აგრეთვე თავისთავადი დამოუკიდებელი მნიშვნელობა.

ამ ელემენტებიდან ყველაზე უფრო არსებით სპეციფიკურ როლს ასრულებენ თამბაქოს დამახასიათებელი არომატული ჯგუფის ნივთიერებები, რომლებიც სხვა მცენარეებში არ გვხვდებიან. მათ განეკუთვნებიან თამბაქოს ეთერზეთები და ფისები. ნივთიერებათა სხვა ჯგუფები – ნახშირწყლები, ცილები, ფენოლებისა და პოლიფენოლების რიგი ნივთიერებები, უჯრედანა, ნაცარი, ორგანული მჟავები – არ წარმოადგენენ თამბაქოს სპეციფიკურ ნივთიერებებს, რადგანაც ფართოდ გვხვდებიან სხვა მრავალ მცენარეში. ეს რასაკვირველია ქმნის თამბაქოს მცენარის დამახასიათებელ ხარისხობრივ თავისებურებას და განასხვავებს მას სხვა მცენარეებისაგან.

რათქმუნდა, თამბაქოს მასთან შემადგენლობით ახლო სხვა მცენარეებით შესაძლებელი შეცვლის მიმართ ზემოთქმული არ შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც აბსოლუტური შეცვლა, მას შეიძლება ჰქონდეს ძალიან პირობითი და მიახლოებითი ხასიათი. სრული იგივეობის მიღწევა მითითებული ჯგუფის ნაერთების მიმართაც კი შეუძლებელია, რომ არაფერი ვთქვათ ნიკოტინისა და არომატული კომპლექსის შეცვლის შეუძლებლობაზე, რადგანაც ერთის მხრივ თამბაქო და მეორეს მხრივ მასთან ახლო მდგომი ზოგიერთი მცენარე, ყოველთვის განსხვავდებიან კიდევ სხვა მრავალი ელემენტებისა და ჯგუფების შემცველობით.

ყველაფერი ეს ქმნის ძალიან დიდ სირთულეს თამბაქოს გემურ თვისებებთან ახლო მდგომი მცენარეების შერჩევის საკითხში. და თუკი მაინც რამდენადმე შესაძლებელია თამბაქოს ქიმიურ შემადგენლობასთან მიახლოებული მცენარეების მოკვლევა, იგი ძალიან შორს დგას სუროგატების საერთო პრობლემის გადაწყვეტისაგან. აქ მკაფიოდ იკვეთება სამი მომენტი:

– პირველი, თამბაქოს შემადგენლობასთან ახლო მდგარი სუროგატიც კი ვერ უზრუნველყოფს თამბაქოს ბოლის ანალოგიურ შემადგენლობასა და თვისებებს, ამიტომ თამბაქოს სუროგატების შერჩევისას არ შეიძლება ვისარგებლოთ მხოლოდ საერთო ქიმიური შემადგენლობისა და თვისებების მიხედვით;

– მეორე, თამბაქოს წევისაგან მიყენებული ზიანის ხარისხი შესწავლილია ძალიან დაწვრილებით;

– მესამე, თამბაქოს სუროგატების გამოყენებისას აუცილებელი გახდება მათი, როგორც მოსაწევი ნაწარმის, ფართო ფიზიოლოგიური გამოკვლევა და ადამიანის ორ-

განიზმზე მავნე ზეგავლენის დადგენა, რაც დაკავშირებულია დიდ დროსთან და დიდ კაპიტალურ დანახარჯებთან.

მხოლოდ მარტო ეს გარემოება ყველაზე გადამწყვეტი წესით მიაწინებს თამბაქოს სუროგატების გამოყენების საწინააღმდეგოზე მათი ხანგრძლივი და სერიოზული კლინიკურ-ფიზიოლოგიური შესწავლის გარეშე.

და ბოლოს, ამ უკიდურესად მნიშვნელოვანი გარემოებებისა, თამბაქოს ნებისმიერ სუროგატს კიდევ წაეყენება შემდეგი მოთხოვნები: ნედლეული ქიმიური შემადგენლობით ძალიან ახლო უნდა იდგეს თამბაქოსთან; უნდა იყოს ხელმისაწვდომი და იაფი; ჰქონდეს მოსაწევ საშუალებად ხალხური გამოყენების ტრადიციები; კარგად ექვემდებარებოდეს ფაბრიკულ გადამუშავებას.

ზემოთთქმული კიდევ ერთხელ მიუთითებს თამბაქოს წარმოებაში სუროგატების გამოყენების უდიდეს სირთულეზე.

მაგრამ სამუშაოები ამ მიმართულებით ყოველთვის სრულდებოდა და მიმდინარეობს დღესაც, რაც, ჩვენი აზრით, დაკავშირებულია თამბაქოს მოსაწევ ნაწარმზე სულ უფრო მზარდი მოთხოვნილებასთან, რასაც ვეღარ აუდის დღევანდელი სანედლეულო ბაზა. ეს პრობლემები დგას სამამულო თამბაქოს წარმოების წინაშეც.

უკანასკნელ წლებში ქვეყანაში მომხდარმა პოლიტიკურმა და სოციალურმა მოვლენებმა უარყოფითი ასახვა ჰპოვა ქართული თამბაქოს წარმოებაზეც: კატასტროფულად შემცირდა როგორც თამბაქოს სანედლეულო, ისე მისი გადამუშავების ბაზაც და წარმოება მთლიანად დაეფუძნა იმპორტულ ნედლეულს.

გამომდინარე აქედან, ჩვენ საჭიროდ ჩავთვალეთ ამ საკითხის უფრო დაწვრილებით შესწავლა თამბაქოს ნედლეულის ახალი მცენარეული შემცვლელების გამოვლენის მიზნით.

ცნობილია თამბაქოს მრავალი სუროგატი. მათზე მოთხოვნა განსაკუთრებით იზრდებოდა I და II მსოფლიო ომების დროს, როცა იქმნებოდა თამბაქოს დეფიციტი.

დღესდღეობით თამბაქოს წარმოებაში ფართოდ იყენებენ შემდეგ სუროგატებს: ჩვეულებრივი ალუბლის ფოთლებს, ქლიავის ფოთლებს, იონჯას ყვავილებსა და ფოთლებს, იის ფესვების ფხვნილს, ვარდის ფოთლებს, მრავალძარღვას ფოთლებს, სალათას ფოთლებს, ბალბას ფოთლებს, ლავანდს, ჭინჭარს, კატაპიტნას ფესვებს, ბეგქონდარას და სხვა.

როგორც ვხედავთ, ნებადართული მცენარეების უმეტესობა წარმოადგენს არომატმატარებელს და გამიზნულია თამბაქოს ნაწარმის არომატიზაციისათვის, ანუ ისინი არ შეიძლება განვიხილოთ როგორც თამბაქოს მასის ჩვეულებრივი სუროგატები, მხოლოდ ალუბლის, ვარდის და ბალბას ფოთლები შეიძლება ემსახუროს თამბაქოს მასის შევსების ამოცანას. ამრიგად, თამბაქოს სუროგატირებისათვის ნებადართული მცენარეების სია საკმაოდ შეზღუდულია, ამასთან განხილული ალუბლის, ვარდის და ბალბას ფოთლების მასიური დამზადება გამორიცხულია, რაც ართულებს მათ ფართო სამრეწველო დანიშნულებით გამოყენების შესაძლებლობას.

საკითხზე მუშაობის დროს ჩვენ უპირველესობა მივანიჭეთ ფართოდ გავრცელებულ ველურ მცენარეებს, რომელთა მასობრივი დამზადება სირთულეს არ წარმოადგენს.

კვლევის ობიექტად აღებული გვქონდა შემდეგი ველური მცენარეები: კელაპტარი (*Orobancha L.*), კლდის დუმა (*Sedum caucasicum L.*) და მწვავე ფუნთუშა (*Sedum acre L.*).

წარმოდგენილი მცენარეების არჩევა განაპირობა მონაცემებმა ტიბეტურ მედიცინაში მათ მოსაწევ საშუალებად ფართო გამოყენებაზე [148]. ამასთან ეს მცენარეები ფართოდაა გავრცელებული საქართველოში და მათი სამრეწველო მასშტაბით დამზადება სავსებით განხორციელებადია. კელაპტარი (*Orobancha aegyptiaca Pers.*) 15-50 სმ სიმაღლის სარეველა მცენარეა, გავრცელებულია მინდვრებში, ბაღებში, გზისპირებში. წარმოადგენს კულტურული მცენარეების პარაზიტს, მავნეა სასოფლო-სამეურნეო მცენარეების, განსაკუთრებით ბალჩეული კულტურებისათვის.

ლიტერატურული მონაცემებით კელაპტარი შეიცავს-სიტოსტერინს, ალკალოიდებს, მთრიმლავ ნივთიერებებს [149,150]. ბალახს ახასიათებს ტკივილგამაყუჩებელი მოქმედება, გამოიყენება მოსაწევ საშუალებად [151,152].

კლდის დუმა (*Sedum caucasicum Boriss.*) 30-70 სმ სიმაღლის მრავალწლიანი მცენარეა, გავრცელებულია კავკასიის ყველა რეგიონში, მშრალ, ქვიან ფერდობებზე, კლდის ნაპრალებში, კირიან ადგილებში, ბუჩქებს შორის.

ცნობილია, რომ იგი შეიცავს 11,84% ორგანულ მჟავებს [153], ალკალოიდებს [154], ფლავონოიდებს [155], კუმარინებს: ესკულეტინს [156], მთრიმლავ ნივთიერებებს

[154], ფლავონოიდებს: კემპფეროლს, იზორამნეტინს [156]. ფართოდ გამოიყენება ხალხურ მედიცინაში: გააჩნია ჭრილობის მოშუმების [157], სურავანდის საწინააღმდეგო, ანტიიმპოტენტური [154] თვისებები. გამოიყენება როგორც სალათი, მარინადი [157], თაფლოვანი მცენარეა [159].

მწვავე ფუნთუშა (*Sedum acre* L.) მრავალწლიანი, 4-15 სმ სიმაღლის ბალახია. გავრცელებულია ძალიან ფართოდ, მათ შორის კავკასიის ყველა რეგიონში. იზრდება მშრალ სილიან, ქვიან, კირიან ნიადაგებზე, მშრალ მდელოებზე, ნათელ ტყეებში, ზოგჯერ როგორც ნათესების სარეველა.

მისი ქიმიური შემადგენლობა ძალიან მდიდარი და მრავალფეროვანია: შეიცავს ალკალოიდ სედერინს [159], ნახშირწყლებს და მის მსგავს ნაერთებს: ფრუქტოზას, საქაროზას, სედოჰექტულოზას [160], გალოოქტულოზას [161], ორგანულ მჟავებს: ვაშლის, ლიმონის, ღვინის, ქარვის, მჟაუნის, იზოლიმონის 3,8% [153,162-163], ალკალოიდებს 0,2-0,27% [147], ვიტამინ C – ს [156], ფენოლებს და მათ წარმოებულებს [166], მთრიმლავ ნივთიერებებს [167], ფლავონოიდებს [164,168-170].

მწვავე ფუნთუშას ძალიან ფართო გამოყენება აქვს ხალხურ მედიცინაში. გააჩნია სურავანდის, ასთენიის, ცისტიტის, ციებ-ცხელების, მალარიის, გულ-სისხლძარღვთა დაავადების საწინააღმდეგო მოქმედება, გამოიყენება როგორც ძლიერი აღმგზები საშუალება [171-172]. ბურიატიაში იყენებენ როგორც თამბაქოს შემცვლელ მოსაწევ საშუალებას [173].

ექსპერიმენტების ჩატარებისათვის ვსწავლობდით შემოთავაზებულ მცენარეებს ალკალოიდ ნიკოტინის შემცველობაზე, რისთვისაც გამოვიყენეთ ნიკოტინის იდენტიფიცირების ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდი [174]. ჯერ ვამზადებდით საანალიზო ნედლეულს, მისი საშრობ კარადაში 50-60⁰ C ტემპერატურაზე შემრობით დაახლოებით 18±0,5% ნარჩენ ტენიანობამდე. ასეთნაირად დამუშავებული ნედლეულიდან ვიღებდით 1 გ საანალიზო წონაკს, რომელსაც ვათავსებდით 200 მლ ტევადობის ერლენმეიერის კოლბაში, ვამატებდით 0,5 მლ NaOH და 0,5 მლ NaCl, 50 მლ წყალს და 0,5 მლ ფოსფორ-ვოლფრამის 5%-იან მჟავას. კოლბას ვათავსებდით წყლის აბაზანაზე და ვაცხელებდით 5 წთ-ის განმავლობაში, ავურევდით, ვამატებდით 100 მლ წყალში წინასწარ გახსნილ 1,4 გ AgCl და 5 გ KI და მიღებული ხსნარის შეფერვის მიხედვით ვადგენ-

დით ნედლეულში ნიკოტინის არსებობას. ინდენტიფიცირების შედეგები წარმოდგენილია ცხრ.36-ში

ცხრილი 36

ნიკოტინის იდენტიფიცირების შედეგები თამბაქოს სუროგატ მცენარეულ ნედლეულში

ნედლეულის დასახელება	ხსნარის შეღებვის ფერი	შეღებვის ფერის სტაბილურობა, წთ	დასკვნა ნიკოტინის არსებობაზე +,-,0
კელაპტარი, ბალახი	წითელი	24±2,1	+
კლდის დუმა, ფოთლები	მოწითალო	8,9±1,8	0
მწვავე ფუნთუშა, ფოთლები	წითელი	27±2,0	+

შენიშვნა: + პასუხი იდენტიფიცირებაზე დადებითა;

- პასუხი იდენტიფიცირებაზე უარყოფითია;

0 გაურკვეველია

ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ იდენტიფიცირების რეაქციები ნიკოტინზე კელაპტარსა და მწვავე ფუნთუშაში მიუთითებს ამ ალკალოიდის არსებობაზე, ხოლო კლდის დუმაში რაიმე გამოკვეთილი დასკვნის გაკეთება ამ ეტაპზე შეუძლებელია.

ექსპერიმენტების შემდეგ ეტაპზე ჩატარებული იქნა ცდების სერია თამბაქოს დანამატი სუროგატი კომპონენტების გავლენაზე ნარევის ხარისხსა და მათი ოპტიმალური დოზების დადგენაზე. ცდები ტარდებოდა შემდეგი თანმიმდევრობით:

დაფერმენტებულ თამბაქოს ფოთლებს ვყოფდით ნიმუშებად წონით 0,5 კგ თითოეული. პარალელურად ვიღებდით სუროგატ მცენარეებს, რომლებსაც ვაშრობდით საშრობ კარადაში 60⁰ C ტემპერატურაზე 18% ნარჩენ ტენიანობამდე. გამშრალ ნედლეულს ვაქუცმაცებდით კუტერის ტიპის ხორცსაკეპ მანქანაში არაუმეტეს 3 მმ ზომის ნაწილაკებამდე. ასეთნაირად მომზადებულ სუროგატ მცენარეულ ნედლეულს ვამატებდით თამბაქოს სხვადასხვა დოზებით და ვიკვლევდით მიღებული ნარევების ორგანო-ლეპტიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებს. კონტროლად გამოყენებული გვექონდა თამბაქოს ნიმუში დანამატის გარეშე [175].

ჩატარებული ცდების შედეგები მოცემულია ცხრ. 37-ში

ცხრილი 37

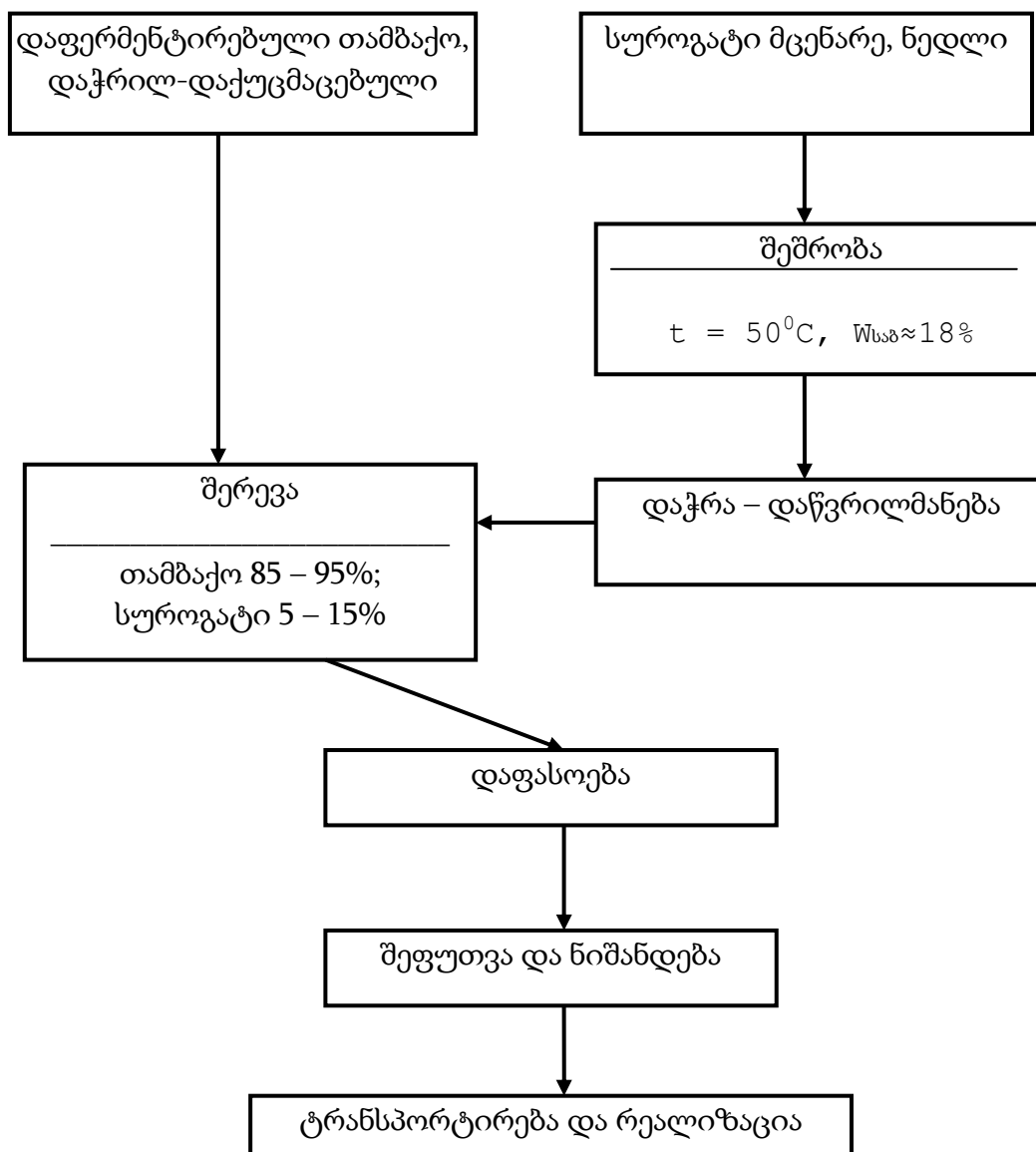
სუროგატი ნედლეულის სახისა და დოზების გავლენა თამბაქოს
ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე

ცდის ნომერი	დანამატის დასახე- ლება და დოზა	თამბაქოს ხარისხობრივ მაჩვენებლები			
		ჟანგბადური მაჩ- ვენებელი, სმ ³ O_2 /გ	ნარევის ტენია- ნობა, %	ნიკოტინის შემ- ცველობა	არომატი და გემო, ბალი
1	2	3	4	5	6
საკონტროლო	–	0,12	17,9	1,86	17,45
1	კელაპტარი 5%	0,11	17,7	1,82	1,60
2	–,– 10%	0,10	17,9	1,68	17,70
3	–,– 15%	0,09	18,0	1,58	17,85
4	–,– 20%	0,09	17,7	1,52	17,40
5	კლდის დუმა 5%	0,10	18,1	1,80	17,35
6	–,– 10%	0,09	17,9	1,64	17,60
7	–,– 15%	0,10	17,9	1,52	17,65
8	–,– 20%	0,07	17,5	1,48	17,25
9	მწვანე ფუნთუშა 5%	0,09	17,8	1,82	17,45
10	–,– 10%	0,07	17,8	1,65	17,65
11	–,– 15%	0,09	17,7	1,56	17,90
12	–,– 20%	0,07	17,7	1,52	17,40

ჩატარებული ცდების შედეგები გვიჩვენებს, რომ გამოყენებული სუროგატი მცენარეები გარკვეულ დოზებში არ აუარესებს თამბაქოს ხარისხობრივ მაჩვენებლებს: ადგილი აქვს კონტროლთან შედარებით ნიკოტინის შემცველობის შემცირებას დაახლოებით დანამატის დოზის ფარგლებში. გარდა ამისა შეინიშნება ჟანგბადური მაჩვენებლის დაკლება ტექნოლოგიური დონის ფარგლებში თამბაქოს ნარევის არომატისა და გემოს შესამჩნევი გაუმჯობესებით. მიუხედავად მიღებული დადებითი შედეგებისა ჩვენ ჯერ კიდევ არ შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ამ დონისძიების დადებით მხარეზე, რადგანაც ასეთი განცხადების გაკეთება შესაძლებელი გახდება მხოლოდ და მხოლოდ ფართო და ღრმა ბიოფარმაკოლოგიური და ფიზიოლოგიური დასკვნების შემდეგ.

თუმცა ვფიქრობთ, რომ საკითხი უდაოდ საყურადღებოა და იმსახურებს არსებობის უფლებას.

მიღებული შედეგების საფუძველზე შემუშავებული იქნა თამბაქოს პროდუქტის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა სუროგატი მცენარეული დანამატების გამოყენებით (ნახ.18)



ნახ.18. თამბაქოს პროდუქტის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა სუროგატი მცენარეების დამატებით

6. ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება

ჩატარებული სამუშაოები და მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ შემოთავაზებული ტექნოლოგიური პარამეტრები ხელს უწყობენ თამბაქოს ნედლეულის დაფერმენტირების ხარისხს: ხანგრძლივი შენახვისას მნიშვნელოვნად მცირდება ჟანგბადური მაჩვენებლის დონე, დაახლოებით 25%-ით მოკლდება ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ხანგრძლივობა, რაც განაპირობებს გარკვეული ეკონომიკური ეფექტის მიღებას.

ლაბორატორიულმა ცდებმა გამოავლინა, რომ გადაანგარიშებით 1 ტონა თამბაქოს მე-2 ფაზის ფერმენტაციაზე იხარჯება 0,87 ტონა ორთქლი და 32 კვტ/სთ ელექტროენერგია. მაშინ ენერგორესურსების ეკონომია ფერმენტაციის მე-2 ფაზის შემცირების ხარჯზე შეადგენს

ორთქლი $0,87 \times 0,25 = 0,2175$ ტონა

ელექტროენერგია $32 \times 0,25 = 8,0$ კვტ/სთ

ფულადგამოსახულებაში ეკონომია იქნება

$0,2175 \times 25,00 = 5,44$ ლარი

$8,0 \times 0,0125 = 0,10$ ლარი

სულ: 5,54 ლარი/ტონა

ამრიგად, თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციის დროის შემცირების ხარჯზე შესაძლებელი ხდება ენერგორესურსების ეკონომია 5,54 ლარი/ტონა ეკონომიის მიღება, რაც საქართველოში არსებული თამბაქოს საფერმენტაციო ქარხნების 50% სიმძლავრეზე გაანგარიშებით დაახლოებით შეადგენს $5,54 \times 4000 = 22460$ ლარს წელიწადში.

ეკონომიკური ეფექტის მიღება შესაძლებელი გახდება აგრეთვე თამბაქოს გამოკვლევის სპექტროფოტომეტრული და თამბაქოს ნედლეულში ნიკოტინის შემცველობის შემოთავაზებული მეთოდების ღონისძიებათა დანერგვის შედეგადაც. თამბაქოს გამოკვლევის ჩვეულებრივი მეთოდის გამოყენებისას ერთი ლაბორანტის მწარმოებლობა შეადგენს 10 ნიმუშს ცვლაში ჟანგბადურ მაჩვენებელზე, ანუ 5 ნიმუშს/ცვლაში ალკალოიდების განსაზღვრისათვის. 1000 ნიმუშისათვის საჭირო გახდება

ჟანგბადური მაჩვენებელი 100 კაც/დღე;

ალკალოიდები 200 კაც/დღე

სულ 300 კაც/დღე.

„უი-მეთოდის“ გამოყენებისას ერთ ლაბორანტს შეუძლია გაანალიზოს 25 ნიმუში ცვლაში, ანუ 1000 ნიმუშის ანალიზისათვის საჭირო გახდება 40 კაც/დღე.

თუ ჩავთვლით, რომ ლაბორანტის საშუალო ხელფასი 25 კაც/დღეში შეადგენს 100 ლარს, მაშინ ხელფასის ფონდი 1000 ნიმუშის ანალიზისათვის იქნება

$(300 \times 100) : 25 = 1200$ ლარი (ჩვეულებრივი მეთოდით)

$(40 \times 100) : 25 = 160$ ლარი („უი-მეთოდით“)

ანუ ეკონომია შეადგენს 1040 ლარს/1000 ნიმუშზე.

4000 ტონა თამბაქოს ნედლეულის ანალიზისათვის კი:

1040 x 4=4160 ლარი

სულ საერთო ეკონომიკური ეფექტი იქნება 22160 + 4160 = 26320 ლარი წელიწადში.

ძირითადი დასკვნები

1. ნაჩვენებია, რომ თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვისას მასში მიმდინარეობს „ბუნებრივი“ ფერმენტაციის პროცესები, რომლებსაც თან ახლავს ჟანგბადური მაჩვენებლის დონის მნიშვნელოვანი შემცირება (ზოგჯერ 2-3-ჯერ) საწყისთან შედარებით. ამის ბაზაზე შემოთავაზებულია თამბაქოს ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ხანგრძლივობის, 25%-ით შემცირება.

2. დადგენილია თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციის რეჟიმები და თამბაქოს ნედლეულის შემადგენლობისა და თვისებების სპექტროფოტომეტრული მახასიათებლები ულტრაიისფერ არეში. დადგენილია დამოკიდებულება ტემპერატურულ-ტენიანობის უცვლელი რეჟიმებისას ფერმენტაციის 1-ლი, მე-2 და მე-3 ფაზებს, ჟანგბადური მაჩვენებლის სიდიდეს (ჟმ), მოფერმენტირე თამბაქოს სტაბილურობასა $S_{r\phi}$ და ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ხანგრძლივობას τ_2 შორის:

$$\begin{aligned} \Pi\Pi = & 5,8648 - 0,0199\tau_2 - 1,42523T_{210} + 1,15145T_{215} - 0,74894T_{280} + \\ & + 4,58667T_{295} - 3,65764T_{300} - 0,29422T_{345} \end{aligned}$$

3. ნაჩვენებია მე-3 ფაზის დროს ადგილი აქვს ჟანგბადური მაჩვენებლის დონის შემცირება 0,0351-დან 0,0649-მდე ზღვრებში, რაც საშუალებას იძლევა განხორციელდეს ფერმენტაციის პროცესის ოპტიმალური მართვა.

4. დადგენილია, რომ დაუფერმენტებელი თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვის დროს ადგილი აქვს ჟანგბადური მაჩვენებლის კანონზომიერ შემცირებას. ნაჩვენებია, რომ $\varphi \leq 0,1$ მიღწევის დრო ვარირებს 6-15 თვის ზღვრებში, რაც შეიძლება გამოყენებული იქნას ქარხნული ფერმენტაციის ტრადიციული პროცესების ინტენსიფიკაციისათვის.

5. ნაჩვენებია, რომ თამბაქოს ნედლეული „დამველების“ პროცესის ხანგრძლივი დროის შემდეგ იცვლის ხარისხის ძირითად მაჩვენებლებს: ადგილი აქვს მოსაწევი თვისებებისა და თამბაქოს წვადობის გაუმჯობესებას და ბოლის ტოქსიკური ნივთიერებების შემცირებას. ამავე დროს რამდენადმე უარესდება მოცულობით-დრეკადური თვისებები, ძირეულად მცირდება შეწონილი ტენიანობის მნიშვნელობა. ნაჩვენებია,

რომ „დაძველების“ ხანგრძლივობის ზღვრული მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს 1,5 წელს.

6. ნაჩვენებია, რომ საფერმენტაციო ქარხნებში ამჟამად გამოყენებული ქიმიურ-ტექნოლოგიური კონტროლის სისტემა არასრულყოფილი და სუბიექტურია, რაც არ იძლევა თამბაქოს ნედლეულის ხარისხის ყველა ძირითადი მაჩვენებლის განსაზღვრის საშუალებას. შემოთავაზებულია ანალიზის სპექტროფოტომეტრული „უი-მეთოდი“, რაც უზრუნველყოფს შრომისნაყოფიერების 25-ჯერ გაზრდას, ანალიზის მაღალ სიზუსტეს და თამბაქოს ნედლეულის ხარისხზე ზემოქმედებისა და მართვის შესაძლებლობას.

7. ნაჩვენებია, რომ აერობულ პირობებში განხორციელებული ჩვეულებრივი ქარხნული ფერმენტაციის პროცესი შესაძლო ინტენსიფიცირებისა და ხარისხის გაუმჯობესების თვალსაზრისით მიუღებელია: მას თან ახლავს მშრალი ნივთიერების მნიშვნელოვანი დანაკარგები, მოსაწევ თვისებებზე და ბოლში ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვებაზე უარყოფითად მოქმედი ჟანგვითი რეაქციები, სხვადასხვა ტექნიკური სირთულეები და ა.შ.

8. განხილულია თამბაქოს ფერმენტაციის ანაერობული პირობების უდაო უპირატესობა. შესწავლილია ანაერობულ პირობებში თამბაქოში მიმდინარე ცვლილებები და ნაჩვენებია ჟანგვითი პროცესების დონის მნიშვნელოვანი დამუხრუჭება და, როგორც შედეგი, მშრალი ნივთიერების დანაკარგების მკვეთრი შემცირება. ანაერობულ პირობებში შესაძლებელი ხდება პროცესზე როგორც ტემპერატურული ზემოქმედების რეგულირება, ასევე ენერგოდანაკარგების შემცირება და სხვა დადებითი ტექნოლოგიური ფაქტორების განხორციელება.

9. ნაჩვენებია, რომ ანაერობული ფერმენტაციის სხვადასხვა მეთოდებს შორის უპირატესობა გააჩნია თამბაქოს ფერმენტაციას ჰერმეტიკულ პოლიმერულ შეფუთვაში: ფერმენტაციის პროცესი დაიყვანება მხოლოდ შეფუთული თამბაქოს შეკვრის გაცხელებაზე (დაახლოებით $70^{\circ}C$), რომლის შემდეგ ხდება შეკვრის თვითგაცივება. პროცესი ხასიათდება სიმარტივით და ეკონომიურობით.

10. ჩატარებულია ცდები და ნაჩვენებია, რომ ჟანგბადის უკმარობის პირობებში თამბაქოს ფერმენტაცია საშუალებას იძლევა შემცირდეს მშრალი ნივთიერების დანაკარგები 2-ჯერ და მეტად, ამასთან ანაერობული ფერმენტაციით მიღებული თამბაქოს

ხარისხის მაჩვენებლები არ ჩამორჩება აერობული ფერმენტაციით მიღებულს, ხოლო რიგი მაჩვენებლებით აჭარბებს კიდევ მას.

11. ჩატარებულია კვლევა თამბაქოს სუროგატის მისაღებად და გამოვლენილია პერსპექტიული მცენარეები: კელაპტარი (*Orobancha L.*), კლდის დუმა (*Sedumcaucasicum L.*) და მწვავე ფუნთუშა (*Sedum acre L.*).

12. შემუშავებულია არატრადიციულ მცენარეულ ნედლეულში ნიკოტინის იდენტიფიცირების ახალი მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს საანალიზო ნედლეულის დამუშავებას ნატრიუმის ტუტითა და ნატრიუმის ქლორის ნარევით, ფოსფორვოლფრამის მჟავით, გაცხელებას აბაზანაზე, ვერცხლის ქლორისა და კალიუმის იოდიდის ხსნარის მიმატებას სტაბილური წითელი შეფერვის მიღებისათვის. აღნიშნული მეთოდის გამოცდით კელაპტარსა და მწვავე ფუნთუშაში იდენტიფიცირებულია ნიკოტინის არსებობა.

13. შემუშავებულია თამბაქოს პროდუქტის წარმოების ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს დანამატი სუროგატის სახით კელაპტარის, კლდის დუმასა და მწვავე ფუნთუშას შემრობას დაახლოებით 18% ტენიანობამდე, დაწვრილმანებას და შერევას დაფერმენტირებულ თამბაქოს ფოთოლთან 5-15% რაოდენობით.

14. შემუშავებული საკითხების დანერგვის შედეგად მოსალოდნელი ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 26,23 ათას ლარს წელიწადში.

რეკომენდციები წარმოებას

1. თამბაქოს წარმოების ინტენსიფიკაცია საფერმენტაციო დანადგარში ფერმენტაციის მე-2 ფაზის ხანგრძლივობის 25% შემცირებით;
2. თამბაქოს ნედლეულის შემადგენლობისა და თვისებების გამოკვლევის სპექტროფოტომეტრული მეთოდი;
3. დაუფერმენტებელი თამბაქოს ნედლეულის ფერმენტაციამდელი შენახვისა და დაფერმენტირებული თამბაქოს „დაძველების“ ოპტიმალური პარამეტრები;
4. თამბაქოს ფერმენტაციის ჩატარება ანაერობულ პირობებში;
5. თამბაქოს სუროგატირება ადგილობრივი არატრადიციული მცენარეული ნედლეულის გამოყენებით;

6. არატრადიციულ მცენარეულ ნედლეულში ნიკოტინის იდენტიფიცირების მეთოდი;
7. დაბალნიკოტინიანი თამბაქოს პროდუქტის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა

ლიტერატურა

1. Международный стандарт ИСО 3400-1976. Табак и табачные изделия. Определение содержания алкалоидов в конденсатах табачного дыма. Спектрофотометрический метод.
2. Международный стандарт ИСО 2881-1977. Табак и табачные изделия. Спектрофотометрический метод определения содержания алкалоидов в табаке.
3. Международный стандарт ИСО/ТК 126 (проект). Процедура курения. Определение сырого и сухого конденсата в сигаретном дыме.
4. Международный стандарт ИСО/ТК 126 (проект). Сигареты. Способ определения содержания окиси углерода (СО) в дыме.
5. Международный стандарт ИСО ТК 126/ПК 2№11 (проект. Табак и табачные изделия. Определение заполняющей способности.
6. Авакян Э.Р., Черняк А.С. Объемно-упругие свойства табака, методы и приборы для их измерения. – Обзор ЦНИИТЭИ Пищепром, 1974, 1-28.
7. Агапова Л.М., Сороченко В.С. Методика определения потерь табака в табфермзаводах. – Табак, 1966, №8, 30-31.
8. Асмаев П.Г., Загоруйко М.Г. Изменение активности полифенолоксидазы табака в зависимости от способов сушки. Труды КИПП, 1956, вып. 8, 81-86.
9. Асмаев П.Г., Махначев И.Г. Фосфорилирование при автолитических процессах сушки и ферментации. Изв. ВУЗов, Пищевая технология, 1958, №3, 14-16.
10. Асмаев П.Г., Махначев И.Г. К вопросу об изменениях состава и свойств табака, обработанного при разных температурах. – Табак, 1959, №3, 55-59.
11. Асмаев П.Г., Махначев И.Г. Фосфорилирование в процессе автолиза табака при разных температурах. – Изв. ВУЗов, Пищевая технология, 1959, №3, 95-98.

12. Асмаев П.Г., Махначев И.Г. Изменение связанных водорастворимых углеводов табака при его обработке. Изв. ВУЗов, Пищевая технология, 1961, №2, 58-64.
13. Асмаев П.Г., Чеников В.В. Зависимость влагоемкости табака от содержания в нем углеводов. – Табак, 1951, №3, 39-41
14. Бороздина А.С. Зависимость гигроскопических свойств табака от его химического состава. Табак, 1951, №8, 42-45.
15. Вартанян Р.М., Морозова А.А. «Использование полимерных тароупаковочных материалов в зарубежной и отечественной табачной промышленности», брош. ЦНИИТЭИП Пищпром, 1970, 1-32.
16. Патрикеева Е.С., Антоненко И.Г. и др. Влияние влажности табачного сырья на потери сухого вещества при ферментации. ЦНИИТЭИП Пищпром, 1981, вып. 4.
17. Вознесенский Г.В. Статистические решения в технологических задачах. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1968. с. 232.
18. Волгунов Г.П. Заводская ферментация табака. – Труды ВИТП, 1933, вып. 18, с. 20-25.
19. Гамкрелидзе Д.Ш., Шарашидзе М.М. Научно-обоснованные нормы потерь табака Трапезоид при тонговой обработке, ферментации и послеферментационной отлежке. – М.: ЦНИИ ТЭИПищепром, 1978, №12, 21-23.
20. Гюзелев Л. Диэлектрическое нагревание табака в целях ускоренной ферментации. Сборник научных трудов ВИХВП (НРБ), 1983 г.
21. Данцев К. Аналитика. Систематический обзор (перевод с немецкого). – М.: Химия, 1981, с. 44-52.
22. Девдариани Д.Г. О газообмене табака во время ферментации. – Табак, 1968, №3, 29-30.
23. Девдариани Д.Г. Основы ферментации табака (курс лекций). – ГИСК, 1984, 40.
24. Диккер Г.Л. Построение балльных оценок качества табака и табачных изделий. – Табак, 1964, №1, 31-33.
25. Диккер Г.Л., Дорохов П.К. Техно-химический контроль табачного производства. М.: Пищепром, 1973.

26. Загоруйко М.Г., Кулиш Ю.И. О самоувлажнении табака в процессе заводской ферментации. Труды КИПП, 1967, т.4, с. 249-254.
27. Злобин В.И. Факторы, определяющие расход табака в производстве курительных изделий. Автореферат, 1985, КПИ.
28. Злобин В.И., Киракосов Ю.М., Папаскири Р.И. ГОСТ и технологические свойства табачного сырья. – Табак, 1985, №1, с. 34-35.
29. Исаев В.С., Волгунов Г.П. Результаты сравнительного испытания качества табака, прошедших 50⁰ и 40⁰ температурные режимы ферментации. Труды ВИТП, 1938, вып. 134, с. 119-126.
30. Исаев В.С., Волгунов Г.П. Влияние различных режимов ферментации (50⁰, 85⁰ и сезонной) на качество табака. Труды ВИТИМа, 1940, вып. 142, 285-291.
31. Киракосов Ю.М., Махначева И.И. Цвет и качество табака. Табак, 1984, №4, с. 38-40.
32. Коган Е.Е. Изменение сырья и табачных изделий при хранении. Табак, 1940, №10-11, с. 50-51.
33. Коленов А.М. Материалы по исследованию процесса ферментации табака. Труды ГИТ, 1927, вып. 17, с. 212-223.
34. «Контроль качества в сигаретной промышленности», доклад американской фирмы Филипп Моррис 24 апреля 1985 г., г. Москва.
35. Кулиш Ю.И. К вопросу самоувлажнения табака в порцессе ферментации. Табак, 1966, №1, 31-34.
36. Лбов Г.С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1931, с. 71-74.
37. Лежанин Н.И. По поводу нормирования и учета потерь на табачноферментационных заводах и заготпунктах. – Табак, 1965, №3, 48.
38. Львовский Е.И. Статистические методы построения ампирических формул. – М.: Высшая школа, 1982, с. 185-186, 198-199.
39. Машковцев М.Ф. Один из объективных показателей сферментированности табака. Табачная промышленность, 1933, №34, 27-29.
40. Машковцев М.Ф. Самоувлажнение табака и контроль за влажностным состоянием его во время хранения и ферментации. – Табак, 1951, №2, 42-44; №3, 36-38.

41. Машковцев М.Ф., Обабо В.В. Влияние влажности окружающего воздуха на процесс ферментации табака при постоянной температуре (85⁰). Труды ВИТИМа, 1938, вып. 134, 102-112.
42. Методы анализа табака и табачного дыма // Махначев И.Г. и др. 1976, Деп. №3378-76.
43. Миргородская А.Г., Патрикеева Е.С. Потери сухой массы табака при ферментации. – Табак, 1981, №3, 11-13.
44. Миргородская А.Г. Еще раз о причинах газообмена при ферментации табака. Табак, 1982, №1, 41-42.
45. Миргородская А.Г. Факторы, определяющие потери табачного сырья во время хранения и ферментации. Автореферат, 1983, КПИ.
46. Марозова А.А. Применение упаковки из полимерных материалов в технологии табачного производства. – Автореферат, Краснодар, 1985.
47. Мохначев И.Г. Динамика изменения продуктов сахаро-амианой реакции при автолизе табака. Изв. ВУЗов Пищевая технология, 1959, №4, 45-48.
48. Махначев И.Г. Табачный дым (курительные и токсические свойства). Часть 6. ВИНТИ, 1981, деп. №412, с. 87.
49. Мохначев И.Г. Качество табачного сырья, стандарт и развитие производства, «Табак», 1984, №3, с. 28-32.
50. Мохначев И.Г. Качество табачного сырья и вопросы ценообразования, «Табак», 1985, №4, с. 6-11.
51. Мохначев И.Г., Бабенко С.К. Интенсифицировать контроль качества пищевых продуктов, «Пищевая и перерабатывающая промышленность», 1986, №4, 44-48.
52. Мохначев И.Г., Боровский А.Б., Козлова В.Ф. ГОСТ 8072-77: связь с курительными свойствами и химическим составом. – Табак, 1984, №2: 31-38.
53. Мохначев И.Г., Загоруйко М.Г. Химия и ферментация табака. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983, 153-165.
54. Мохначев И.Г., Злобин В.И. Свойства курительных изделий и расход табака. – Табак, 1982, №1, с. 18-20.
55. Мохначев И.Г., Злобин В.И., Каракосов Ю.М. Методы определения технологических свойств табака. ЦНИИТЭИПищепром, 1984, вып. 8, с. 1-24.
56. Мохначев И.Г., Злобин В.И. Проблемные вопросы нормирования табачного сырья. – Табак, 1984, №4, 12-16.

57. Мохначев И.Г., Злобин В.И. Влияние объемно-упругих свойств табака на технологические показатели сигареты. – Деп. в ЦНИИТЭПищпроме, 1984, №930.
58. Мохначев И.Г., Миргородская А.Г. Особенности контроля ферментации табака.. – Табак, 1983, №3, с. 54-55.
59. Мохначев И.Г., Миргородская А.Г. Ферментация табака и способы ее контроля. – ЦНИИТЭПищпром, 1984, вып. 10, с. 1-23.
60. Мохначев И.Г., Писклов В.И. Исследование газовой фазы табачного дыма. – Табак, 1966, №4, с. 31-34.
61. Мохначев И.Г., Писклов В.И. Методы анализа табака и табачного дыма. Деп. ВИНТИ, 1976, №3378.
62. Мохначева И.И. Интенсификация процесса получения информации о качестве табака. – Деп. в ЦНИИТЭПищпроме 10.06.83, №717. Реф. Оpubл. В ВИНТИ «Деп. научные работы», М., 1983, №10, с. 100.
63. Мохначева И.И. ценка качества смешивания табаков в курительных изделиях. Деп. в ЦНИИТЭПищпроме 23.02.83; №643.
64. Мохначева И.И. «Относительные» показатели и качество табака. – Табак, 1985, №2, с. 47-50.
65. Мохначева И.И., Боровский А.Б. Спектрофотометрическая информация о составе и свойствах пищевкусных продуктов. – Деп. в ЦНИИТЭПищпроме 18.05.84, №899. Реф. опубл. в ВИНТИ «Деп. научные работы», М., 1984, №9, с. 82.
66. Мохначева И.И., Газелев Л.Г. Спектрофотометрический индекс качества смешивания табаков. М., ЦНИИТЭПищпром, 1983, вып. 2, с. 8-12.
67. Мохначева И.И., Киракосов Ю.М. Объективные методы определения цвета табачного сырья. Деп. в ЦНИИТЭПищпроме 07.05.84, №871. Реф. сб. «Таб. пром-ть», М., ЦНИИТЭПищпром, 1985, вып. 9, с. 1-20.
68. Обобко В.А. Характер окислительных процессов в табаке при ферментации (автолизе). – Труды ВИТИМа, 1940, вып. 142, с. 105-117.
69. Обобко В.А. Влияние температуры на интенсивность окислительных процессов в табаке во время ферментации. Труды ВИТИМа, 1949, вып. 146, с. 179-203.
70. Овакимян А.П. Изучение процесса старения ферментированных папиросных табаков. Труды ВИТИМа, 1949, вып. 146, с. 75-127.

71. Папаскири Р.И. Факторы определяющие горючесть табака и способы ее улучшения. Автореферат, 1985. Краснодар. КПИ.
72. Патрикеева Е.С., Лещенко Т.Ф. Оптимальные сроки диферментационного хранения табачного сырья. Табак, 1984, №4, с. 40-41.
73. Петренко А.Г. О возможности применения высоких температур при ферментации табака. Изв. ВУЗов. Пищевая технология, 19*53, №6, с. 78-82.
74. Петренко А.Г., Дячкин И.И. Усушку табака при хранении и ферментации учитывать по потере сухого вещества. – Табак, 1965, №1, 84-85.
75. Протэ Х.Т. Изменение физических свойств черных табаков. – Табак, 1973, №4, с. 30-37.
76. Пруидзе В.Г., Никобадзе Л.И. потери при заготовке и ферментации грузинского табачного сырья. – Табак, 1969, №3, 31-32.
77. Пруидзе В.Г., Никобадзе Л.И. Установление норм потерь и фаматурообразования при заготовке и ферментационной переработке табачного сырья. ГрузНИИПП инф. карта, 19-6-159-70.
78. Патрикеева Е.С., Антоненко И.Г. и др. Пути снижения потерь табачного сырья при заготовке и ферментации. ЦИНИТЭИПищепром, 1978.
79. Реквава Г.М., георгиевская Г.И. По поводу приемки табака по расчетной массе. Табак, 1968, №1, с. 23-24.
80. Роман Т. Козынька С. Влияние температуры и влажности воздуха на потери сухого вещества табачного сырья во время хранения. – Центральная лаборатория таб. пр-сти, гор. Краков, 1975, №1-2, с. 14-16.
81. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. Л., изд. Химия, 175, с. 1-45.
82. Свириин И.Е. Влияние температуры и аэробности процесса ферментации табака на величину его разогрева. – Труды ВИТИМа, 1949, вып. 146, с. 3-76.
83. Скиба Г.М. К вопросу о нормах влажности на неферментированное табачное сырье. Табак, 1951, №1, с. 30-34.
84. Скиба Г.М. Упорядочить нормирование и учет потерь на табачно-ферментационных заводах и заготпунктах. Табак, 1965, №1, с. 32-34.
85. Смирнов А.П. Основы технологии фабричной переработки табака. – М., Гизлегпищепром, 1953, с. 171.
86. Смирнов А.И. Физиолого-биологические основы обработки табачного сырья. – М.: Пищепромиздат, 1965, с. 460.

- 87.Смирнов А.М., Мохначев И.Г. Курительные свойства и химический состав табака. – Табак, 1973, №2, с. 42-43.
- 88.Соболева Т.Н., Аветисова Н.И. Потери сырья на линиях подготовки табака и ферментации. Табак, 1975, №3, 33-34.
- 89.Каменщикова С.В., Смирнов А.М. и др. Спектрофотометрические методы определения качества табачного сырья. – Табак, 1975, №3, с. 36-39.
- 90.Трубников В.Ф. Экономия теплоэнергоресурсов в табачно-ферментационной промышленности. ЦИНИТЭИПищепром, 1983, с.13, вып. 2.
- 91.Цапкова Н.А. Устойчивость водно-физических свойств табака. – один из объективных показателей его сферментированности. – Табак, 1940, №10-11, с. 11-13.
- 92.Чеников В.В., Вейцлер В.Г. Изменение эфирных масел ароматических табаков в процессе старения. Табак, 1968, №1, с. 38-40.
- 93.Черняк А.С., Панин В.А. Методы и приборы для определения плотности, осыпки в горючести папирос и сигарет. ЦИНИТЭИПищепром, 1973, с. 3-16.
- 94.Шедрова Л.В. Факторы, влияющие на потери табака в линиях подготовки и ферментации. Табак, 1969, №3, с. 32-33.
- 95.Шахновский Л.Н. Дегустационная оценка качества табачных изделий. Табак, 1971, №2, С. 23-26.
- 96.Шмук А.А. Химия табака и махорки. М.: Пищепромиздат, 1948.
- 97.Юношев В.К. Количественные изменения оеисленных полифенолов при ферментации табака. Изв. ВУЗов Пищевая технология, 1960, №2, с. 79-80.
- 98.Юношев В.К. Развитие оптимальных процессов во время ферментации табака. Изв. ВУЗов Пищевая технология, 1960, №5, с. 91-92.
99. Мохначев И.Г., Меротянин Н.А. А.с. №728831 (СССР) Способ определения содержания никотина в табаке и устройство для его осуществления. Б.и. 30, 1983.
100. Дадиани А.Г., Девдариани Д.Г., и др. А.с. № 1005764 (СССР) Способ ферментированного табака. 1983.
101. Девдариани Д.Г., А.с. № 1005765 (СССР) Способ ферментированного табака и рыхлой массе. Б.и. 1. 1983.
102. Махначев М.Г., Миргородская А.Г. А.с. №1179968 (СССР) Способ ферментации табака. Б.и. 35, 1985.

103. Мохначев И.Г., Киргородская А.Г. А.С. №1116392 (СССР) Способ определения сферментированности табака. Б.и. 36, 1984.
104. Девдариани Д.Г., Лабарткава Н.Т. А.с. № 1120961 (СССР) Способ подготовки табака и ферментации. Б.и. 40, 1984.
105. Папаскири Р.И., Мохначева И.И. Пол. реш.по заявке № 3735867/13(058805) от 27.11.84. Способ определения горючести табака. Б.и. 32, 1986.
106. Мохначев И.Г., Смирнов А.И., Каменщикова С.В. А.с. 447147 (СССР) Способ определения курительных свойств табака.
107. Арсенян Е., Паскалева-Томова К. Основа за обективността на кислородния показател. – Болгарский тютюн, 1970, №11, с. 25-30.
108. Арсенян Е., Паскалева-Томова К. Съяности и обективност КП. – Болгарский тютюн, 1966, №4, с. 56-58.
109. Веселинов М. За ферментацията на болгарските тютюни. Болгарский тютюн, 1959, №3, с. 22-23.
110. Веселинов М. Установяване на обективна показател за степен на ферментацията на тютюна. – Изв. БИИ растениеводства Болг. АН, 1962, к15, 135-146.
111. Гюзелев Л. Нгуен Ц.Л. По вопроса за определяне степента на ферментацията на тютюна. Болгарски тютюн, 1973, №1, 31-36.
112. Девдариани Д.Г., Мохначев И.Г. Изменение на химическия състав на смолите в тютюна под влияние на различни температури. – Болгарски тютюн, 1969, №4, 55-58.
113. Дедова Е. Ферментационите режим – стобразени съе състояние то и характере на тютюне. – Болгарски тютюн, 1982, №1, 24-27.
114. Драчев Т. Самозагряване на тютюна при температури на заводската ферментация. – Болгарски тютюн, 1964, №2, 23-28.
115. Драчев Т. Изследоване самоувлажняването на тютюне при температури на заводската ферментация. научни трудови ВИХВП, Пловдив, Т XII, св. 1, 1965, 95-99.
116. Драчев Т., Паскалева-Томова К. Размери на фирите и подобряване ферментацията на болгарските тютюн. – Болгарски тютюн, 1966, №4, 35-41.
117. Нестеров А. Исчисляване на резултатите при определяне ферментацията на тютюна по кислороден показател. Болгарски тютюн, 1963, №7, 47-50.

118. Томова Р. Отлежеваанета на ферментирани тютюни, фактор за наваляване разхода на суровина в цигаретното производство. Болгарски тютюн, 1979, №9, с. 18-23.
119. Bartolucci A., Dott L. Importance de certains facteurs gut deterrnente la fermentation force des tabacs d'orient. I Congr. cent. Sei. Tabacs, Paris 1955, tome 2, 403-311.
120. Bartolucci A. Influenza dell'umidita assoluta e della denasita d'imballamenro sui tabaceni aorientali sottopasti a fermrntazione extra stragionale – 11 Tabacco, 1957, 64,684,321-335/
121. Bocevali D. Influyente de la densite des ball d'orient au cours d de la fermentation – 4tl. Intern tob. Sci Condar. Athens Sopt. 1966, Thema 2 Sect 2, 2, 325-340.
122. Chouteau S. Albo S.h. Inoidens des conditions de fermentation et de stoskage sur les teneurs en acides formigue et acetigue des tabacs noir. Relailon aves le pa des tobacs. – Ann. D.E.E. Seita, 1965, Ser.2, 2, 141-153/
123. Giovannozzi M. Variations chemigues des tabace d'orient par Suite de la fermentation force et Saisonnere. – I congnt. cent. Sci. Tabacc, Paris 1955, t. 2, 436-442.
124. Jarell J.E. Wickham V.E. The determination of moisture in the total particulate matter of cigarette smoke. – Tobacco (USA), 1962, 155, 11, 30-33.
125. Kaphine E. New method of packing in vacuum, "Tobacco" (USA), 1969, 23, 54-56.
126. Kuhn H., Marek I. Betrag zur Bestimmung des Pauchkondensates von Piltercigarette – Fachl. Nitt. Ost. Tabacregie, 962,1-6.
127. Lang R.E., Rapp E.E. Moshy R.J. An apparatus for use in the flavor evaluation of tobaccos – Tobacco (USA), 1963, 156, 25, 30-32/
128. Lopez J.J., Perez R.E. Evaluacion organoleptica de la fermentacion natural en pilones, cosecha 1980-81. Cubatabaco, 1984, 50, p. 54-60.
129. Ollero A., Cortes V. Perto de matiere ceche dans la fermentation. I Congr. Sei. Intern tabac, Paris 1955, t.2, 481-484/
130. Perez R.E. , Moran C. Comportamiento higrocopico del tabacco negro y riblo atrabes del fenomeno de la histeresis Cubatabaco, 1983, 44, p. 37-45, 46, p. 68.
131. Proten L. Gratrment des tabaco noirs non mongues preaiablement a leur mise en ceuvre-comparaison de la fermentation naturelle etol de la fermentation artificielle du point de vue des caracteristigues physigues et de fabrication – COPESTA, 1971, 9, 11-44.

132. Salzman E.J., Hause W., Streer V., Rules of usage of standart terminology and evaluation of various characteristics of tobacco smoke – 3 Tob. Sci. Congress, Salisbury, 1963.
133. Schievelibein H. Nilotin Rauchen und Organismus – Beits zur Tabakiorsch, 1962, B. I, H. 6, 199-274
134. Waltz P. Häusermann M. Bestimmung des im Rauchkondesat enthaltenen wassers durch Spekrophotometric im nahem Infrared. – Beitr. zur. Tabakforch, 1963, B. 2, H. I, 39-50
135. Wenzel B., Henz H. Verfahren zum endithetmen Fermentieren von Tabak. – Заявка ФРГ, ключю A24B 15/00, № 2927188, 15.01.81.
136. Wynder E.L., Hoffman D. Tobacco and tobacco Smoke – New York, 1967, 370.
137. კინწურაშვილი ქ.მ. სამამულო თამბაქოს ხარისხის გაუმჯობესების საკითხისათვის // საქ. მეცნ. აკად. ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის შრომები. ტ.XII – თბილისი: 2005-გვ. 36-38.
138. კინწურაშვილი ქ.მ. თამბაქო, მისი მოხმარების ფორმები და მისი გავრცელების ზოგიერთი ისტორიული თარიღი // საქ. მეცნ. აკად. ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის შრომები. ტ.XV – თბილისი: 2005 - გვ. 215-220.
139. კინწურაშვილი ქ.მ. თამბაქოს ბოლის შემადგენელი ნივთიერებები //საქ. მეცნ. აკად. ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის შრომები. ტ.XV – თბილისი: 2005 - გვ. 221-225.
140. კინწურაშვილი ქ.მ. ნიკოტინის ფარმაკოდინამიკა და ფარმაკოკინეტიკა // საქ. მეცნ. აკად. ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის შრომები. ტ.XV – თბილისი: 2005 - გვ. 226-229.
141. Белякова З.П., Бурлакина А.В., Самойленко Н.П. изд. Влияние различных факторов на содержание никотина в табачном сырье (Докл. РАСХН. – 1997. №6, с. 39-40).
142. Гемерман А.Ф., Семичов Б.В. Словарь тибетско-латино-русских названий лекарственного растительного сырья, применяемого в тибетской медицине Улан-Удэ: 1963ю С. 250.
143. Khan M.I., Zirvi K.A. Chemical constituents of Orobanche aegyptia. //Pakistan J. Sci. abd Ind Res. 1971. Vjl. 14. № 4-5. p. 345.

144. Aynitian G.H., Abou-Chaar C.I., Edgecombe W. Screening of herbarium specimens of native plants from the families Amaranthaceae, Dipsacacial and Orobanchaceae for alkaloids, saponins and tannins // *Planta med.* 1971. Bd. 19. H.4. – S. 306-310.
145. Додабаева Ою Словарь научных и местных названий лекарственных растений северного Таджикистанаю Душамбе: 1972. Сю 131.
146. Сахобуддинов С.С. Дикорастущие лекарственные растения Средней Азии. Ташкент. 1948, с. 216.
147. Гредков П.А. Шретер А.И. Сравнительное химическое изучение некоторых видов сем. толстянковых. (Растительные ресурсы. 1977б Т. 13, вып. 3, с. 554-559).
148. Золотницкая С.Я. Лекарственные ресурсы флоры Армении: В 2 т. Ереван. 1958. Т. 1 – с. 327; 1965. Т. 2, с. 669.
149. Зайцев В.Г., Фурса Н.С., Беляева ЛюЕ. Оксикумерины и флювоноловые 7-монорамнозиды *Sedum caucasicum*.//Химия природ. Соединен. 1983. №4ю с. 527-528.
150. Середин Р.М., Кадаев Г.Н. Лекарственные растения применяемые в народной медицине Карачаево-Черкесской автономной области. // Вопросы фармакогнозин. Л. 1961. Вып. 1, с. 367-982.
151. Кос Ю. Очитки – ценнейшие медоносы. // Пчеловдство. 1948. №10, с. 42-43.
152. Глухов М.М. Медоносные растения. 7-е изд. М.: 1974, с. 304.
153. Hootele C., Etienne J.P., Colan B. Sederine a new alkaloid from *Sedum acre* // *Bull. Soc. Chim. Belg.* 1978. Vol. 88, №1-2. P. 111-112.
154. Yegnauer R. *Chemotaxonomie der Pflanzen*^ Bd. 1-6, Basel: Stuttgart. 1964. Bd. 3. – 743S; 1966. Bd. 4. -551 S.
155. Charlson A.J., Richtmyer N.K. Isolation of D-glycero –D-mannoctulasa and D-eritro-D-galactooctile from the avocado and *Sedum*// *J. Amer. Chem. Soc.* 1960. Vol. 82, №13 – P. 3428.
156. Karrer W. *Konstitution und Workommen der otganischen Pflanzenstoffe.* Basel; Stuttgart. 1958. – 1207 S.
157. Soderstrom Th.R. The isocitric acid content of crassulacean plant and a few succulent species frpm other families // *Amer. J/ Bot.* 1962. Vol. 49, №8 – P. 850-855.

158. Шварцман А.Г. К химическому изучению травы очита острого (*Sedum acre* L.) // Фармация. 1942, №5. С. 18-22.
159. Муравьева В.И., Баньковский А.И. Исследование растений, применяемых в народной медицине на содержание аскорбиновой кислоты // Тр. Всесоюз. Н.-и. ин-та лекарственных и ароматических растений. 1947ю Вып. 9. С. 39-118.
160. Wal Van der R., Kooy J.H., van Eljk J.L. Phytochemical investigation of *Sedum acre* L. // *Planta med.*, 1981. Vol. 43, №1. P. 97-99.
161. Губергриц А.Я., Соломченко Н.И. Лекарственные растения Донбасса. 3-е изд. Донецк: 1971, с. 296.
162. Krolikowska M. The investigation of the flavonoid constituents of the herb *Sedum acre* L. (*Crassulaceae*) // *Rocz. Chem.*. 1966. Vol. 40. №4. P. 717-719.
163. Nieman G.J., Visser-Simons J.M. J. Hart H. Flavonoids of some species of *Sedum* // *Planta med.* 1976. Vol. 30. №4. P. 384-387.
164. Gessner O. Die Gift – und Arzneipflanzen von Mitteleuropa. Heidelberg. 1953. 804 S.
165. Землинский С.Ею Лекарственные растения СССР. 3-е изд. Мю: 1958, с. 609.
166. Краснов Е.А., Саратиков А.С., Суков Ю.П. Растения семейства толстянковых. Томск: 1979, с. 208.
167. Алексеева А.А. и др. Лекарственные растения Бурятии. // А.А. Алексеева, К.Ф. Блинова, М.Н. Комарова, Н.А. Копхельм, Б.И. Михеев, Г.П. Яковлев. Улан-Удэ. 1974, с. 207.
168. კინწურაშვილი ქ., მელქაძე რ. მცენარეულ ნედლეულში ნიკოტინის იდენტიფიცირების ხერხი. განაცხადი საქპატენტში №8828/02-05, კლ. G 01№33/02.
169. კინწურაშვილი ქ., მელქაძე რ. თამბაქოს პროდუქციის წარმოების ხერხი. განაცხადი საქპატენტში №8827/02-05, კლ. A24B 13/00, 15/00.