

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნონა ჭალიძე

**ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების დროში
ცვლილებაზე მომქმედი ფაქტორების დადგენა მათი
განსაზღვრის სიზუსტის უზრუნველსაყოფად**

სადოქტორო პროგრამა – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია
შიფრი – 0410

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

ავტორეფერატი

თბილისი
2020

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ასოც. პროფ. ევგენია შენგელია

რეცენზენტები: _____

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის „ ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების, მეტალურგიის“ საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია ----- მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 69.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

ნაშრომის აქტუალობა. დღეისათვის მცენარეული პროდუქციის ნიტრატებით დაბინძურების თემა ისევ აქტუალურად რჩება. ნორმალური რაოდენობით მოხმარებისას ნიტრატებს არ გააჩნია ადამიანის ჯანმრთელობაზე დადასტურებული ტოქსიკური ზემოქმედება. თუმცა აგროტექნიკური ღონისძიებების არასწორი განხორციელება და ასევე სხვა ფაქტორების ზეგავლენა იწვევს მცენარეულ პროდუქციაში ნიტრატების მნიშვნელოვან დაგროვებას, რომლებიც იწვევენ ადამიანის ორგანიზმზე სერიოზულ ზემოქმედებას სხვადასხვა დაავადებების განვითარებით. აქედან გამომდინარე ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების შემცველობის ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) მკაცრად რეგლამენტირებულია და დადგენილია სტანდარტით ცალკეკული სახეობებისათვის მათი დაგროვებადობის დონიდან გამომდინარე.

21-ე საუკუნეში მსოფლიოში მკვეთრად გაიზარდა მოთხოვნა ბიოორგანულ საკვებ პროდუქტებზე. ამდენად სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მოყვანისას მეტი ყურადღება ენიჭება ბუნებრივ სწორად დამუშავებულ სასუქების გამოყენებას, რაც უზრუნველყოფს პროდუქციაში ნიტრატების კუმილაციის მინიმალურ დონეს.

ამასთან მეტად მნიშვნელოვანი ხდება პროდუქციაში ნიტრატების განსაზღვრისას ანალიზის ისეთი მეთოდების გამოყენება, რომლებიც უზრუნველყოფენ სარწმუნო შედეგებს.

არსებობს პროდუქციაში ნიტრატების განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდები. თითოეული მათგანი ითვალისწინებს ნიმუშის წინასწარ მომზადებას - ჰომოგენიზირებას ნიტრატების ექსტრაქციის მიზნით. ჩვენი კვლევებით დადგენილია, რომ სხვადასხვა სახეობის ხილ-ბოსტნეულის ჰომოგენიზირებულ ნიმუშებში დროში მიმდინარეობს ნიტრატების კონცენტრაციის განსხვავებული ცვლილება. ზოგიერთი სახეობის ჰომოგენიზირებულ ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების კონცენტრაცია დროში იზრდება, ხოლო ზოგში კი მცირდება. ზოგიერთი ნიმუშის ხუთი წუთით დაყოვნებაც კი

გვამღევს ნიტრატების საგრძნობლად გაზრდილ კონცენტრაციას, რაც აისახება მიღებული შედეგის ცდომილებაზე.

კვლევითი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ფართო სპექტრის ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების დროში ცვლილების შესწავლა, იმ სახეობების გამოვლენა სადაც მიმდინარეობს ნიტრატების დროში ზრდა და მათი განსაზღვრის მეთოდიკის კორექტირება მიღებული შედეგის მაღალსაიმედობის უზრუნველსაყოფად.

დასმული მიზნის გადასაწყვეტად განხორციელდა შემდეგი ამოცანები:

- შესწავლილია ნიტრატების კონცენტრაციის დროში ცვლილება სხვადასხვა პირობებში დაყოვნებული ფართო სპექტრის ჰომოგენიზირებული ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში;
- გამოკვლეულია ბოსტნეულში ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაზე შემადგენელი პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავების ზეგავლენა;
- შეფასებულია ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების კონცენტრაციის ცვლილებაზე შემადგენელი ქლოროფილის, ვიტამინების და ანტიოქსიდანტების ზეგავლენა;
- გამოკვლეულია ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების კონცენტრაციის ცვლილებაზე შემადგენელი მძიმე ლითონების ზეგავლენა;
- ჩატარებულია კვლევითი სამუშაოები ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში ნიტრატების კონცენტრაციის დროში ზრდის შესაჩერებლად და მათი განსაზღვრის მეთოდიკის შესამუშავებლად;

კვლევის ობიექტი: ხილ- ბოსტნეულის სხვადასხვა სახეობები:

კვლევის მეთოდი. სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოს შესასრულებლად გამოყენებული იქნა შემდეგი მეთოდები და ხელსაწყოები:

- იონომეტრული მეთოდი (გოსტ 29270-95 ; იონომეტრი-Consort 6030);
- ფოტომეტრული მეთოდი (გოსტ 29270-95 ; ფოტოკოლორიმეტრი - KΦK960);
- ატომურ-აბსორბციული მეთოდი (გოსტ 30178-96; ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრი -Skyray instrument AAS-9000);

- ქრომატოგრაფიული მეთოდი (გოსტ/ისო 17764:1-2015; ქრომატოგრაფი- GC-MS 6800 Gas Chromatograph);
- ტიტრიმეტრული მეთოდი (გოსტ 26570-95);

ნაშრომის ძირითადი შედეგები:

- ზოგიერთი სახეობის ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების სტანდარტული მეთოდიკებით განსაზღვრისას მიღებული შედეგი დამოკიდებულია იმაზე, თუ ნიმუშის მომზადებიდან (ჰომოგენიზაციიდან) დროს რა მონაკვეთში მოხდება მათი აპარატურული განსაზღვრა;
- სხვადასხვა სახეობის ხილ-ბოსტნეულის ჰომოგენიზირებულ ნიმუშებში ნიტრატების კონცენტრაცია დროს მიხედვით განსხვავებულად იცვლება. ზოგიერთში მიმდინარეობს მათი შემცირება ნიტრიტებში გადასვლის ხარჯზე, ზოგში კი ზრდა;
- ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების ზრდას განაპირობებს მათ შემადგენლობაში შემავალი პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავების ორმაგ ბმებთან ჟანგბადის აქტივიზირებული ფორმების და ზეჟანგებისა წარმოქმნა, რომლებიც თავის მხრივ ჟანგავენ ნიტრატების აღდგენით წარმოქმნილ აზოტის ოქსიდებს ნიტრატებამდე.
- ქლოროფილის შემცველი ჰომოგენიზირებულ მწვანე ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდა მიმდინარეობს მეტ ინტენსივობით ხოლო ბეტა-კაროტინის შემცველ ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების დროში ზრდა არ აღინიშნება;
- ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაზე ჰომოგენიზირებულ ხილ-ბოსტნეულში მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ მძიმე მეტალები. ნიტრატების ყველაზე ინტენსიური ზრდა აღინიშნება მანგანუმის მაღალი შემცველობისას;
- ხილ-ბოსტნეულის იმ ნიმუშებში, რომლებშიც მიმდინარეობს ნიტრატების ინტენსიური ზრდა აღინიშნება კალციუმის მაღალი შემცველობა;

- C ვიტამინი ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაზე სხვადასხვა სახეობის ჰომოგენიზირებულ ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში ახდენს განსხვავებულ ანტიოქსიდანტურ ზემოქმედებას. ბროკოლში ის აფერხებს ნიტრატების ზრდას, ხოლო ფორთოხალში ნიტრატების კონცენტრაცია იზრდება, რაც სავარაუდოთ გამოწვეულია მასში შემავალი კადმიუმის ზეგავლენით, რომელიც ინიცირებს წყალბადის ზეჟანგის პროდუცირებას;
- ფლავონოიდები და პექტინები ზოგიერთი სახეობის ხილში ავლენენ ანტიოქსიდანტურ თვისებებს, ზოგში კი პროოქსიდანტურს.
- ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდის შეჩერება ხილ-ბოსტნეულში შესაძლებელია პერმანგანატის დანამატით, რომელიც წყვეტს ორმაგ ბმებს და ამით აფერხებს აქტიური რადიკალების წარმოქმნას.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე

- გამოვლენილია ხილ-ბოსტნეულის ის სახეობები, რომლებშიც ნიტრატების განსაზღვრა სტანდარტული მეთოდიკებით ვერ უზრუნველყოფს სარწმუნო შედეგების მიღებას;
- შემუშავებულია ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების განსაზღვრისას სინჯის კონსერვაციის ისეთი მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს ნიტრატების კონცენტრაციის დროში ზრდის შეჩერებას;
- დადგენილია, რომ ჯვაროსანთა ბოსტნეულში ნიტრატების იონომეტრული მეთოდით განსაზღვრისას სინჯის მოსამზადებლად სტანდარტით დადგენილი 1გ კალიუმის პერმანგანატის დანამატი ზრდის ნიტრატების საწყის კონცენტრაციას რეალურთან შედარებით;
- გამოვლენილია კორელაციური კავშირი ხილ-ბოსტნეულის შემადგენელი კალციუმისა და მძიმე ლითონების - Cd, Mn, Zn შემცველობას შორის. ამის საფუძველზე აგებულია ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში კადმიუმის მიახლოებითი კონცენტრაციის განსაზღვრის მათემატიკური მოდელი რამოდენიმე ცვლადის წარმოდგენის მიახლოებითი ანალიტიკური მეთოდით. მიღებული განტოლებით შესაძლებელია ხილ-

ბოსტნეულში ტოქსიკური Cd მიახლოებითი კონცენტრაციის განსაზღვრა მარეგლამენტირებადი პარამეტრების მოცემულ ზღვრებში ვარიაციებისას;

შედეგების გამოყენების სფერო: ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში ნიტრატების განსაზღვრისას სინჯის დამუშავების შემუშავებული მეთოდი დანერგულია გ. ნათაძის სახელობის ჰიგიენის სანიტარიის და სამედიცინო-ეკოლოგიის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის ქიმიურ ლაბორატორიაში.

სამუშაოს აპრობაცია: სადოქტორო ნაშრომის მნიშვნელოვანი ასპექტები წარმოდგენილი იყო სამ საერთაშორისო კონფერენციაზე.

1. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. სტუ, თბილისი, 07.06.2017
2. 1st South Caucasus Food Analytical Conference. Tbilisi, 29-30 March, 2018
Expo Georgia
3. Euroanalysis-2017 Europe analytical Chemistry meeting. Stockholm Sweden. 28 august, 1 september, 2017.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა:

დისერტაცია შედგება 104 ნაბეჭდი გვერდისაგან და მოიცავს სატიტულო და ხელმოწერების გვერდებს, რეზიუმეს ქართულ და ინგლისურ ენაზე, შინაარს, ცხრილების ნუსხას 21, ნახაზების ნუსხას 14, გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხის 105 ერთეულს და დანართს.

სამუშაოს ძირითადი შინაარსი

ლიტერატურულ მიმოხილვაში აღწერილია ადამიანის ორგანიზმზე ნიტრატ-ნიტრიტების ზეგავლენის შედეგები. განხილულია მცენარეში და ნიადაგში ნიტრატ-ნიტრიტების როგორც აზოტის გლობალური წრებრუნვის ერთ-ერთი რგოლის გარდაქმნის გზები. დახასიათებულია მცენარეულ პროდუქციაში ნიტრატების განსაზღვრის მეთოდები და ნიმუშის მოსამზადებლად აუცილებელი ჰომოგენიზაციის დროს უჯრედებში წარმოქმნილი ჟანგბადის აქტივიზირებული ფორმები. განხილულია მცენარეულ პროდუქციაში ჟანგვითი პროცესების განვითარებაზე მომქმედი სხვადასხვა ფაქტორების პროვოცირებადი და ანტიოქსიდანტური ზეგავლენა.

1. ნიტრატების დროში ცვლილება სხვადასხვა სახეობის ჰომოგენიზირებულ ბოსტნეულში

შესწავლილია ბოსტნეულის ფართო სპექტრის ნიმუშებში ნიტრატების დროში ცვლილება იონომეტრული და კოლორიმეტრული მეთოდებით. სხვადასხვა სახეობის ჰომოგენიზირებული ბოსტნეულის ნიმუშებში ნიტრატების საწყისი შემცველობა და მათი შემცველობა 30 წუთით განსხვავებულ პირობებში დაყოვნების შემდეგ მოყვანილია ცხრილში 1.

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს ჰომოგენიზირებულ და 30 წუთით ჰაერზე დაყოვნებული ბოლოკის, ლურჯი კომბოსტოს, ბადრიჯნის, ყაბაყის, მწვანე ხახვის და მარწყვის სინჯებში მიმდინარეობს ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდა. ხოლო ამავე ბოსტნეულის იმ სინჯებში, რომლებიც 30 წუთის განმავლობაში იყო დაყოვნებული თავდახურულ და სიბნელეში მოთავსებულ ჭურჭელში აღინიშნება ნიტრატების შემცირება. ე.ი სინჯებთან ჟანგბადის წდომის შეზღუდვით მიმდინარეობს დენიტრიფიკაციის პროცესი ლიტერატურაში აღწერილი მექანიზმით.

ცხრილი 1. ჰომოგენიზირებული ბოსტნეულის ნიმუშებში ნიტრატების საწყისი შემცველობა და მათი შემცველობა ამ ნიმუშების 30 წუთით სხვადასხვა პირობებში დაყოვნების შემდეგ

ბოსტნეულის სახეობა	ნიტრატების შემცველობა, მგ/კგ		
	საწყისი	სინჯის 30 წუთით დაყოვნებით თავდია ჭურჭელში, მგ/კგ	სინჯის 30 წუთით დაყოვნებით თავდახურულ, სიბნელეში მოთავსებულ ჭურჭელში, მგ/კგ
პომიდორი ჩერი	395,0	300,0	310,0
კიტრი პიკული	137,0	120,0	129,0
ბულგარული წიწაკა	2020,0	2500,0	2100,0
ბადრიჯანი	1500,0	1800,0	1400,0
ბროკოლი	134,0	100,0	100,0
ბოლოკი წითელი	6340,0	6500,0	6200,0
კომბოსტო(ლურჯი)*	10000,0	5500,0	5350,0
კომბოსტო(ლურჯი)	129,0	200,0	95,0
ყვავილოვანი კომბოსტო*	1140,0	2700,0	2600,0
ყვავილოვანი კომბოსტო	106,0	198,0	85,0
სტაფილო	1580,0	1350,0	1300,0
ყაბაყი	3050,0	3800,0	2900,0
მწვანე ხახვი	152,0	198,0	150,0
ობრახუმი	182,0	419,0	345,0
სტაფილო	475,0	459,0	441,0
ჭარხალი	3150,0	2220,0	1170,0

*განსაზღვრა მოხდა ჯვაროსანთა ბოსტნეულისათვის არსებული მეთოდით

ამავე ცხრილიდან ისიც ჩანს, რომ გამონაკლის წარმოადგენენ ბულგარული წიწაკის, ყვავილოვანი კომბოსტოს და ოხრახუმის სინჯები, სადაც 30 წუთში ნიტრატების კონცენტრაცია იზრდება როგორც თავდია, ისე თავდახურულ ჭურჭელში.

შესწავლილია ჰომოგენიზირებულ ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების დროში ზრდაზე ტენის ზეგავლენა. ნიტრატების დროში ცვლილება ნედლ და მუდმივ წონამდე გამომშრალ ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში მოყვანილია ცხრილში 2.

ცხრილი 2. ნიტრატების დროში ცვლილება ნედლ და მუდმივ წონამდე გამომშრალ ხილ-ბოსტნეულში

ნიმუშის სახეობა	ნიტრატების შემცველობა, მგ/კგ			
	გამომშრალი ნიმუში		ნედლი ნიმუში	
	საწყისი	30 წუთის შემდეგ	საწყისი	30 წუთის შემდეგ
ოხრახუმი	1350,0	1630,0	180,2	290,0
სტაფილო	470,5	440,1	45,0	42,0
ჭერამი	1200,0	4800,0	120,0	150,0
ჭერმის ჩირი	1596,0	7081,0	----	-----

ცხრილი 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების ზრდაზე არ მოქმედებს ტენის შემცველობა, რადგან ნიტრატების დროში ზრდა მიმდინარეობს ზოგიერთი სახეობის ხილ-ბოსტნეულის როგორც ნედლ, ისე გამომშრალ ნიმუშებში. ჩვენი კვლევებით მიღებული შედეგებით იკვეთება, რომ ნიტრატების შემცველობის დროში ზრდა მიმდინარეობს ყველა იმ სახეობის ბოსტნეულში, სადაც შემადგენლობაში აღინიშნება პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავების შედარებით მაღალი შემცველობა. სავარაუდოდ ნიტრატების ზრდას ჰომოგენიზირებული ბოსტნეულის ნიმუშებში განაპირობებს მათ შემადგენლობაში შემავალი პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავების დაჟანგვა ჟანგბადთან ურთიერთქმედების შედეგად. ამ დროს პოლიუჯერი მჟავების ორმაგი ბმების ადგილას წარმოქმნილი ზეჟანგები თავის მხრივ ჟანგავენ დენიტრიფიკაციით წარმოქმნილი ნი-

ტრიტების ნაწილს და გადაჰყავთ ისინი ნიტრატებში. ამ ვარაუდს ამაგრებს ლიტერატურული მასალა, სადაც აღნიშნულია, რომ ცოცხალ უჯრედებში არსებობს მოლეკულური ჟანგბადის ზოგიერთი აქტივიზირებული ფორმების წარმოქმნის შესაძლებლობა, რომლებიც წარმოადგენენ თავისუფალ რადიკალურ ნაწილაკებს (სუპეროქსიდული ანიონ-რადიკალი, ზეჟანგური რადიკალები, ჰიდროქსილური რადიკალი) ან ნეიტრალურ მოლეკულებს (წყალბადის ზეჟანგი და სინგლეტური ჟანგბადი). აქტიური ჟანგბადის ფორმების ორგანულ ნივთიერებებთან ურთიერთქმედებით წარმოიქმნება ცილებისა და ლიპიდების ჰიდროზეჟანგები. ლიპიდების ცხიმოვანი მჟავების ნაშთებში აქტიური ჟანგბადის ფორმები იწვევენ ჯაჭვურ რეაქციებს - ლიპიდების ზეჟანგურ ჟანგვას, ლიპიდური რადიკალის (L*), პეროქსიდების (LOO*), ჰიდროპეროქსიდების (LOOH) და ალკოსიდების (LO*) წარმოქმნით. აქედან გამომდინარე ბოსტნეულში ნიტრატების ზრდა შესაძლებელია მიმდინარეობდეს დენიტრიფიკაციით წარმოქმნილი $HNO_3 \rightarrow HNO_2 \rightarrow (HNO)_2 \rightarrow NH_2OH \rightarrow NH_3$ შუალედური აზოტის ოქსიდების ცხრილი 3. ბოსტნეულის ნიმუშებში ნიტრატების კონცენტრაციის დროში ზრდაზე უჯერი მჟავების ზეგავლენა

ბოსტნეულის დასახელება	ნიტრატების კონცენტრაცია, მგ/კგ		ცხიმის შემცველობა, გ	ნაჯერი მჟავები, გ	უჯერი მჟავები, გ
	საწყისი	30 წუთის შემდეგ			
ყვავილოვანი კომბოსტო	10,6	19,8	0,3	0,1	0,2
ბულგარული წიწაკა	202	250	0,3	0,1	0,2
კომბოსტო ლურჯი	12,9	20	0,3	0,1	0,2
ყაბაყი	305	380	0,3	0,1	0,2
მარწყვი	472	500	0,3	0,1	0,2
ობრაბუში	18,2	41,9	0,4	0,1	0,3
ქინძი	49,2	54,25	0,5	0,1	0,4
კამა	10,1	25,27	0,5	0,1	0,4
ნიახური	11,0	18,2	0,3-0,4	0,1	0,2-0,3

დაჯანგვით ნიტრატებამდე ჟანგბადის აქტივიზირებული ფორმებით. ბოსტნეულის ნიმუშებში პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავების შემცველობა და ნიტრატების დროში ზრდის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 3.

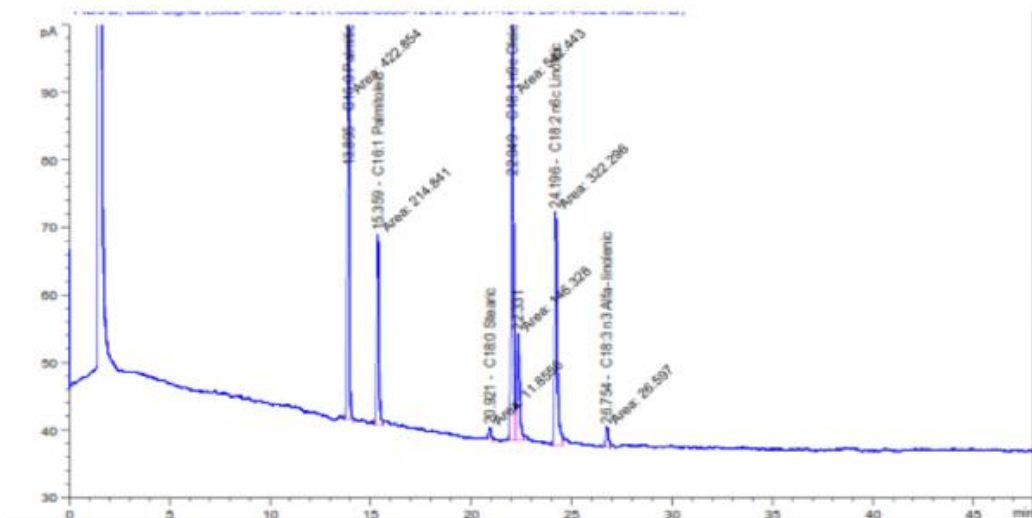
ლიტერატურული მონაცემების თანახმად ცოცხალ ორგანიზმებში ჟანგბადის აქტივიზირებული ფორმების წარმოქმნა საპასუხო რეაქციაა უჯრედში მიმდინარე იმ პროცესებისა, რომლებიც შეიძლება გამოწვეული იყოს სტრესული სიტუაციებით. სტრესული სიტუაციები მცენარეულ უჯრედებში განპირობებულია სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით, მათ შორის მექანიკური დაზიანებით. ამ დროს ჟანგბადის აქტივიზირებული ფორმების წარმოქმნის გენერატორია ფოტოსინთეზის უმნიშვნელოვანესი პიგმენტი ქლოროფილი. როგორც ცხრილებში 1,3 მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს ნიტრატების დროში ზრდა უფრო მეტად დამახასიათებელია ჰაერზე დაყოვნებული ჰომოგენიზირებული მწვანე ბოსტნეულისათვის. ამდენად კვლევის შემდგომი ეტაპი მოიცავდა ნიტრატების დროში ცვლილების და მასზე პოლიუჯერი მჟავების ზეგავლენის შესწავლას სხვადასხვა სახეობის მწვანე ბოსტნეულში.

ცხრილი 4. ნიტრატების დროში ცვლილება ჰომოგენიზირებულ მწვანე ბოსტნეულში

ბოსტნეულის დასახელება	ნიტრატების კონცენტრაცია იონომეტრული მეთოდით, მგ/კგ		ნიტრატების კონცენტრაცია კოლორიმეტრული მეთოდით, მგ/კგ		ცხიმის შემცველობა, გ/100 გ	ნაჯერი მჟავები, გ/100 გ	უჯერი მჟავები, გ/100 გ
	საწყისი	30 წუთის შემდეგ	საწყისი	30 წუთის შემდეგ			
ავოკადო	20,0	50,6	23,9	55,3	15,4	2,13	12,0
ბროკოლი	1,04	2,39	1,10	2,0	0,3	0,04	0,16
პიტნა	1,45	4,71	1,10	5,0	0,9	0,1	0,8
მჟაუნა	2,65	7,18	2,74	7,5	0,3	0,1	0,2
სალათის ფურცელი	6,68	11,4	6,47	12,0	0,15	0,02	0,09
ნიახური	11,0	18,2	12,0	20,0	0,11	0,02	0,09
ისპანახი	1,04	3,41	1,10	3,0	0,39	0,06	0,17

გამოკვლეულია სხვადასხვა სახეობის მწვანე ბოსტნეულის სინჯებში ნიტრატების შემცველობა ჰომოგენიზაციის თანავე და 30 წუთით ჰაერზე დაყოვნების შემდეგ. ნიტრატების შემცველობა ისაზღვრებოდა პარალელურად იონომეტრული და კოლორიმეტრული მეთოდებით გოსტ სტანდარტის მიხედვით. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში 4, საიდანაც ჩანს, რომ ნიტრატების მნიშვნელოვანი ზრდა აღინიშნება ავოკადოს ნიმუშში. ნიტრატების ზრდაზე ლიპიდების პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავების ზემოქმედების გასარკვევად ავოკადოს ნიმუშებიდან ექსტრარგირებულია ცხიმი და შესწავლილია მისი მჟავა-ცხიმოვანი შედგენილობა გაზური ქრომატოგრაფის „FID“ დეტექტორის საშუალებით.

ავოკადოს ნიმუშებიდან ექსტრარგირებული ცხიმის კომპონენტური შემადგენლობის ქრომატოგრამა მოცემულია ნახ.1, ხოლო ამ ცხიმის მჟავა-ცხიმოვანი შემადგენლობა ცხრილში 5. როგორც ცხრილში 5 მოყვანილი შედეგებიდან ჩანს ავოკადოს ნიმუშში მაღალია უჯერი (ოლეინის, ლინოლის, α -ლინოლეინის) მჟავების შემცველობა, რომლებიც სავარაუდოთ მონაწილეობენ ჟანგვით პროცესებში ჟანგბადის აქტივიზირებული ფორმების წარმოქმნით. ისინი კი თავის მხრივ ჟანგავენ ნიტრატების აღდგენით წარმოქმნილ აზოტის ოქსიდებს ნიტრატებამდე და ნიმუშებში ნიტრატების კონცენტრაცია იზრდება.



ნახ.1. ავოკადოდან ექსტრარგირებული ცხიმის კომპონენტური შემადგენლობის ქრომატოგრამა

ცხრილი 5. ავოკადოს ნიმუშის მჟავა-ცხიმოვანი შედგენილობა

ცხიმოვანი მჟავას დასახელება	რაოდენობრივი შემცველობა, %
სტეარინის მჟავა	0,77
პალმიტინის მჟავა	25,38
პალმიტოლენის მჟავა	11,80
ოლეინის მჟავა	41,25
ლინოლის მჟავა	19,20
α-ლინოლენის მჟავა	1,60

შესწავლილია ბოსტნეულის კალორიულობის მაჩვენებლების რაოდენობრივი შემცველობა, მიღებული შედეგები მოცემული ცხრილში 6.

ცხრილი 6. ხილ-ბოსტნეულის კალორიულობა, კალორიულობის მაჩვენებლების შემცველობა 100გ-პროდუქტში და ნიტრატების დროში ცვლილება

ნიმუშის სახეობა	ნიტრატების საწყისი კონც., მგ/კგ	ნიტრატების კონც. 30 წუთის შემდეგ, მგ/კგ	ცილა %	ცხიმი %	ტენი, %	ნახშირწყალი, %	კალორიულობა, კკალ/100გ
გოგრა	159,24	159,24	1,22	0,15	90,29	3,44	22
ჭერმის ჩირი	1596,0	7081,01	6,34	0,46	21,8	39,84	232
ფორთოხალი	151,94	404,69	1,1	0,31	85,39	6,33	43
ხურმა	203,05	208,99	0,61	0,62	80,19	11,95	67

როგორც ცხრილი 6-დან ჩანს ნიტრატების ზრდა არ დაფიქსირდა გოგრაში, სადაც ცხიმის ყველაზე მცირე რაოდენობაა, ხოლო ხურმაში, რომელიც გამოირჩევა ამ ხილ-ბოსტნეულს შორის ყველაზე მეტი ცხიმოვნებით, ნიტრატების შემცველობა მცირედ გაიზარდა. ნიტრატების კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი 62%-ით ზრდა დაფიქსირდა ფორთოხალში, სადაც ცხიმის შემცველობა 0,31% შეადგენს, ხოლო ცილის რაოდენობა -1,1%. ჭერმის ჩირში კი, სადაც ცხიმი 0,46% და ცილა 6,34% რაოდენობითაა ნიტრატების კონცენტრაცია 77%-ით გაიზარდა. ჩვენი აზრით ჭერმის ჩირში ნიტრატების ზრდის მსგავსი სურათი გამოწვეულია ცილის მაღალი შემცველობით რომელიც მონაწილეობს პეროქსიდაციის პროცესში.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში ლიპიდების პეროქსიდაციის მნიშვნელოვანი დაჩქარება მიმდინარეობს ცვლადი ვალენტობის მეტალების, განსაკუთრებით Fe და Cu უმნიშვნელო რაოდენობით შემცველობისას. მწვანე ბოსტნეულში ნიტრატების ზრდის პროცესზე პოლივალენტური მეტალების გავლენის შეფასების მიზნით განსაზღვრულია საკვლევი ბოსტნეულის სინჯებში მძიმე მეტალების შემცველობა ატომ-ადსორბციული მეთოდით. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში 7.

ცხრილი 7. მძიმე ლითონების შემცველობა საკვლევი მწვანე ბოსტნეულის ნიმუშებში

ნიმუშის დასახელება	სპილენძი, მგ/კგ	თუთია მგ/კგ	რკინა მგ/კგ	ნიკელი მგ/კგ	მანგანუმი, მგ/კგ	ქრომი, მგ/კგ	ტყვია მგ/კგ	კადმიუმი, მგ/კგ
ზ დ კ								
	5	10	50	0,5	2.0	0,2	0,5	0,03
ავოკადო	7,095	48,33	22,31	0,436	0,88	0,33	0,046	0,0676
ბროკოლი	0,214	8,66	4,393	0,107	0,744	0,057	0,01	0,0165
პიტნა	9,155	16,228	59,77	0,599	6,359	0,46	0,056	0,0689
მყაუნა	11,57	9,20	26,1	0,363	2,66	0,708	0,06	0,09
ისპანახი	3,52	3,36	17,96	0,1998	11,8	1,008	0,0288	0,037
სალათის ფურცელი	32,56	3,899	2,36	0,19	7,718	0,358	0,0197	0,365
ნიახური	0,048	8,337	174,9	0,262	9,618	0,45	0,0382	0,051

როგორც ცხრილი 7-დან ჩანს ნიტრატების ზრდაზე ყველაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რკინის შემცველობა. თუმცა, აქვე გასათვალისწინებელია სხვა მეტალების ზეგავლენაც. ჰომოგენიზირებული მწვანე ბოსტნეულის ნიმუშებში ნიტრატების პროცენტულ და ჯერადულ ზრდაზე მძიმე ლითონების ჯამური შემცველობის გავლენა მოყვანილია ცხრილში 8.

**ცხრილი 8. მძიმე ლითონების ჯამური შემცველობის გავლენა
ჰომოგენიზირებული მწვანე ბოსტნეულის ნიმუშებში
ნიტრატების პროცენტულ და ჯერადულ ზრდაზე**

	Fe მგ/კგ	Cu მგ/კგ	Mn მგ/კგ	NO ₃ მგ/კგ	NO ₃ მგ/კგ	ზრდა ჯერა- დობით	ზრდა პროცენ- ტულად
ავოკადო	22.3	7.09	0,88	200.0	506.0	2.53	150%
ბროკოლი	4.93	0.21	0,744	104.0	239.0	2.2	129%
პიტნა	59.77	9.15	6,359	145.0	471.0	3.24	224%
მჟაუნა	26.1	11.5	2,66	265.0	718.0	2.7	172%
ისპანახი	17.96	3.52	11,8	668.0	114.0	3.2	227%
სალათის ფურცელი	2.36	32.6	7,718	110.0	182.0	1.7	70%
ნიახური	174.9	0.048	9,618	104.0	341.0	1.65	65%

ცხრილში 8 მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ ავოკადოში სპილენძის შემცველობა შეადგენს 7.095მგ/კგ, რკინისა კი 22.31 მგ/კგ და ნიტრატების კონცენტრაცია საწყისთან შედარებით 2.53 ჯერ იზრდება. პიტნაში უფრო მაღალია ორივე ლითონის შემცველობა, სპილენძი 9.155მგ/კგ, რკინა 59.77 მგ/კგ და ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაც შესაბამისად უფრო მეტია, საწყისთან შედარებით ის 3,24 ჯერ იზრდება. ნიახურში მხოლოდ რკინის შემცველობაა მაღალი -174.9 მგ/კგ და ნიტრატები 1,65-ჯერ იზრდება. თუმცა გასათვალისწინებელია, რომ აქ მანგანუმის შემცველობა 9,61მგ/კგ შეადგენდა. რაც შეეხება ისპანახს, სადაც სპილენძის და რკინის შემცველობა სხვა ბოსტნეულთან შედარებით გაცილებით დაბალია, შესაბამისად 3.52 მგ/კგ და 17.96 მგ/კგ აღინიშნება ნიტრატების კონცენტრაციის ყველაზე მნიშვნელოვანი ზრდა. როგორც ცხრილი 6-დან ჩანს ისპანახში სხვა ბოსტნეულთან შედარებით ყველაზე მაღალია მანგანუმის შემცველობა -11,8 მგ/კგ, რაც სავარაოდოთ ახდენს გავლენას წარმოქმნილი აქტიური რადიკალების ზრდაზე და შესაბამისად ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაზეც.

გამოკვლეულია ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების ცვლილებაზე და შესაბამისად ჟანგბადის აქტიური ფორმების წარმოქმნაზე მცენარეულ პროდუქციაში არსებული ბუნებრივი ანტიოქსიდანტების (კაროტინი და ასკორბინმჟავა) ზეგავლენა. ამ მიზნით შესწავლილია ნიტრატების კონცენტრა-

ციის დროში ცვლილება სხვადასხვა ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში, მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში 9.

როგორც ცხრილი 9-დან ჩანს მწვანე ლობიოსა და მწვანე ვაშლის ნიმუშებში ნიტრატების ზრდა საკმაოდ ინტენსიურად მომდინარეობს, რასაც სავარაუდოდ ხელს უწყობს სინგლეტური ჟანგბადი, რომლის ეფექტური გენერატორია ფოტოსინთეზის უმნიშვნელოვანესი პიგმენტი-ქლოროფილი. ხოლო ვაშლატამასა და ატამში აღინიშნება არა ნიტრატების ზრდა არამედ შემცირება. ჩვენი აზრით ეს განპირობებულია კაროტინის შემცველობით, რომელიც გამოირჩევა ძლიერი ანტიოქსიდანტური თვისებებით და იწვევს ჟანგვითი პროცესის შეფერხებას.

ცხრილი 9. ნიტრატების დროში ცვლილება კაროტინის და ასკორბინმჟავას შემცველ ჰომოგენიზირებული ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში

ბოსტნეულის დასახელება	ნიტრატების კონცენტრაცია, მგ/კგ	
	საწყისი	30 წუთით დაყოვნებით თავდია ჭურჭელში
მწვანე ლობიო	2845,12	3934,77
მწვანე ვაშლი	1430,98	1768,97
ვაშლატამა	820,29	753,72
ატამი	990,27	656,49
გოგრა	159,24	159,24
ფორთოხალი	151,94	404,69
ხურმა	203,05	208, 99
ჭერმის ჩირი	1596,0	7081,01

ამასთან საყურადღებოა ჭერმის ჩირის კვლევით მიღებული შედეგები. ცნობილია, რომ ჭერმის ჩირი გამოირჩევა კაროტინის მაღალი შემცველობით, თუმცა ჭერმის ჩირის ნიმუშში 30 წუთში ნიტრატების კონცენტრაცია საწყისთან შედარებით 4,4 ჯერ გაიზარდა. ასევე საინტერესოა ნიტრატების დროში ზრდა ფორთოხლის ნიმუშებში. ცნობილია, რომ ფორთოხალი გამოირჩევა ძლიერი ანტიოქსიდანტის - C ვიტამინის მაღალი 66% შემცველობით, ამის მიუხედავად ფორთოხლის ნიმუშებში 30 წუთში ნიტრატების კონცენტრაცია 4-ჯერ გაიზარდა. შექმნილი ვითარების ასახსნელად ნიმუ-

შემში განსაზღვრულია პოლივალენტური მძიმე ლითონები და კალციუმი. კალციუმის შემცველობის განსაზღვრის აუცილებლობა განპირობებული იყო ლიტერატურაში აღწერილი სტრესული რეაქციის მექანიზმით. განსაზღვრის შედეგები განსხვავებული პიგმენტების შემცველ ბოსტნეულში მოცემულია ცხრილში 10.

ცხრილი 10. სხვადასხვა პიგმენტების შემცველ ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში მძიმე ლითონების და კალციუმის შემცველობა

ნიმუშის დასახელება	სპი-ლენ-ძი, მგ/კგ	თუთია მგ/კგ	რკინა მგ/კგ	მანგანუმი, მგ/კგ	ტყვია მგ/კგ	კადმიუმი, მგ/კგ	კალციუმი*, მგ/გ
ზ დ კ							
	5,0	10,0	50	0,2	0,4	0,03	
გოგრა	0,387	1,41	0,99	0,558	0	0,048	3,0
ჭერმის ჩირი	2.777	3.23	4.72	2.1	0.137	0.139	160,0
ფორთოხალი	0,572	0,581	0,55	0,3673	0	0,051	3,4
ხურმა	0,498	0,63	0,92	0,677	0,023	0,022	12,7
მწვანე ლობიო	0,758	2,66	3,814	0,46	0,022	0,0169	10,99
მწვანე ვაშლი	0,376	1,587	2,05	0,327	0,007	0,0133	7,99
ვაშლატამა	0,593	0,976	1,098	0,263	0,007	0,0075	3,8
ატამი	0,007	0,74	2,973	0,204	0,007	0,0015	3,89

როგორც ცხრილი 10-დან ჩანს იმ პროდუქტებში (ჭერმის ჩირი, მწვანე ლობიო), სადაც შედარებით დიდი რაოდენობითაა რკინის და კალციუმის შემცველობა ნიტრატების ზრდის პროცესი საკმაოდ ინტენსიურად მიმდინარეობს. ასე, მწვანე ლობიოს ნიმუშში ნიტრატების კონცენტრაცია 30 წუთში გაიზარდა 1,3 ჯერ, ხოლო ჭერმის ჩირის ნიმუშში 4,4 ჯერ. ეს კი სავარაუდოდ განპირობებულია კალციუმის გაზრდილი შემცველობით, რადგან ლიტერატურის მიხედვით კალციუმის მასური წილის ზრდა იწვევს მემბრანის დეპოლარიზაციის და ოქსიდაზას აქტივაციას. შედეგად ხდება ჟანგბადის აქტიური ფორმების გაძლიერება და ჟანგვითი პროცესების ინტენსიფიკაცია. ისიც საყურადღებოა, რომ ჭერმის ჩირში ყველაზე დაბა-

ლია ტენის შემცველობა 21,8% (ცხრილი 6), რაც თავის მხრივ განაპირობებს ლითონების კონცენტრირებას და ასევე ნიტრატების ინტენსიურ ზრდას.

ცხრილი 10 -დან ჩანს, რომ ჭერმის ჩირში აღინიშნება მანგანუმის ყველაზე მაღალი შემცველობა, რომელიც ისევე როგორც ისპანახში(ცხრილი 8) გვევლინება ჟანგბადის აქტიური რადიკალების წარმოქმნის ინიციატორად. მძიმე ლითონების ასეთი მაღალი ჯამური შემცველობა ჭერმის ჩირში სავარაუდოდ განაპირობებს კაროტინის ინაქტივაციას და სტრესული სიტუაციით გამოწვეული ჟანგბადის აქტიური რადიკალების ინტენსიურ წარმოქმნას, რასაც თავის მხრივ ადასტურებს ამ ნიმუშში კალციუმის ყველაზე მაღალი შემცველობა.

ცხრილი 10-ის მონაცემებით ფორთოხალი გამოირჩევა კადმიუმის და სპილენძის მაღალი კონცენტრაციებით, სადაც ასევე ინტენსიურად მიმდინარეობდა ნიტრატების ზრდა C ვიტამინის ყველაზე მაღალი შემცველობის მიუხედავად. ცნობილია, რომ ასკორბატი, რომელიც ასრულებს ძირითად როლს წყალბადის ზეჟანგის ლიკვიდაციაში ყველაზე ძლიერი ანტიოქსიდანტია. ამასთან, ლიტერატურაში ნაჩვენებია, რომ Cd-ის ხანგრძლივი ზემოქმედებით უჯრედში მცირდება ასკორბატის აღდგენილი ფორმა და იზრდება H_2O_2 კონცენტრაცია. ჩვენი კვლევების დროს ფორთოხალში როგორც ჩანს მიმდინარეობდა H_2O_2 კონცენტრაციის ზრდა, რაც თავის მხრივ აისახებოდა ნიტრატების ზრდაზეც. რაც შეეხება გოგრასა და ხურმას, აქ მძიმე ლითონების დაბალი შემცველობის ფონზე ძლიერდება ანტიოქსიდანტების როლი და შესაბამისად ნიტრატების ზრდა ხურმაში დაბალი ინტენსივობით, ხოლო გოგრაში საერთოდ არ მიმდინარეობდა.

კვლევის შემდგომი ეტაპი ითვალისწინებდა ნიტრატების ცვლილებაზე მომქმედი ფაქტორების შესწავლას განსხვავებული შემადგენლობის ხილში. ყურადღება გამახვილებული იყო პექტინებზე და ფლავონიდებზე, რომლებიც ცნობილია თავისი ანტიოქსიდანტური თვისებებით. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 11, საიდანაც ჩანს, რომ ნიტრატების კონცენტრაციის ყველაზე ინტენსიური ზრდა მიმდინარეობს ალუჩას

ნიმუშებში, სადაც 30 წუთის განმავლობაში ნიტრატების კონცენტრაცია საწყისთან შედარებით 3,5 ჯერ არის გაზრდილი. ნიტრატების ასევე მნიშვნელოვანი ზრდა აღინიშნება ჭერმის და მარწყვის ნიმუშებში. ცნობილია ალუჩის ანტიოქსიდანტური თვისებები C ვიტამინის მაღალი შემცველობის გამო. გარდა ამისა ალუჩა ცნობილია პექტინების მაღალი შემცველობით, რომლებიც ასევე გამოირჩევა ანტიოქსიდანტური თვისებებით. ამდენად მოსალოდნელი იყო მათ მიერ თავისუფალ რადიკალური ჟანგვის ინჰიბირება, რაც შესაბამისად შეამცირებდა ნიტრატების დროში ზრდას. თუმცა ლიტერატურაში ნაჩვენებია, რომ ამ კლასის ანტიოქსიდანტებს შეუძლია როგორც ანტიოქსიდანტური, ისე პროოქსიდანტური თვისებების გამოვლინება და მათი პროოქსიდანტური თვისებები დამოკიდებულია არა მარტო ნივთიერების ქიმიურ ბუნებაზე, არამედ თავისუფალ რადიკალური ჟანგვით პროცესის ინიციატორის ბუნებაზე. ამდენად ალუჩაში და მსხალში, რომელიც ასევე შეიცავს პექტინებს, ნიტრატების ზრდა სავარაუდოდ განპირობებული იყო პექტინების პროოქსიდანტური თვისებების გამოვლინებით.

ამავე ცხრილის მონაცემებით ნიტრატების დროში მნიშვნელოვანი ზრდა აღინიშნებოდა მარწყვის ნიმუშებში. ამასთან ნიტრატების ზრდა განსხვავებულად მიმდინარეობს მარწყვის ნედლ და 105°C გამომშრალ ნიმუშებში. ასე, გამომშრალ ნიმუშში აღინიშნება ნიტრატების კონცენტრაციის შემცირება, ნედლში კი მათი ინტენსიური ზრდა. ამ ფაქტის ასახსნელად აუცილებელი იყო მარწყვის შემადგენელი კომპონენტების თვისებების გათვალისწინება. მარწყვის შემადგენელი კომპონენტებია: ცხიმი-0,3გ, ცილა-0,67გ, ნახშირწყლები-7,68გ, წყალი - 90,95გ და ნაცარი - 0,40გ. გარდა ამისა მას გააჩნია ფასეული ანტიოქსიდანტური თვისებები, რაც განპირობებულია ორგანული მჟავების, ფენოლური ნაერთების, C - ვიტამინის და ფლავონოიდების შემცველობით. ფლავონოიდების ერთერთ ტიპს წარმოადგენენ ანტოციანები - მცენარეული პიგმენტები რომლებიც დიდი რაოდენობით შედიან მარწყვში და ანიჭებენ მას წითელ

შეფერილობას. ლიტერატურის მონაცემებით დადგენილია ფლავონიდების სუპერ-ოქსიდ რადიკალთან ურთიერთქმედების მექანიზმი, მისი არსი მდგომარეობს სუპეროქსიდის ერთელექტრონულ აღდგენაში, რომლის შედეგად ხდება წყალბადის ზეჟანგის გენერირება. ლიტერატურიდან ასევე ცნობილია, რომ მექანიკური და თბური დამუშავებისას, ფერმენტების ზემოქმედებით და ჟანგბადის მონაწილეობით მიმდინარეობს ანტოციანების დაჟანგვა. ამასთან ხდება ამ ნივთიერებების სხვა ტიპის ფენოლურ ნაერთებში გადასვლა. სწორედ ამით აიხსნება ნიტრატების შემცირება მარწყვის გამომშრალ ნიმუშებში. ლიტერატურული წყაროებით ანტოციანების შეუცვლელი სახით შენარჩუნების მიზნით ამ ნაერთების შემცველ პროდუტებს 80° C აშრობენ.

ცხრილი 11. ნიტრატების დროში ცვლილება სხვადასხვა სახეობის ხილის ნიმუშებში

ნიმუშის დასახელება	საწყისი შემცვ., მგ/კგ	ნიტრატების შემცველობა ნიმუშის დაყოვნებით თავლია ჭურჭელში,მგ/კგ		
		10 წუთი	20 წუთი	30 წუთი
ალუჩა	127,0	233,0	321,0	450,0
ალუჩა	120,0	200,0	300,0	420,0
ალუჩა	130,	238,0	326,0	460
ჭერამი	120,0	148,0	160,0	209,0
ჭერამი	150,0	180,0	195,0	245,0
ჭერამი	130,0	160,0	208,0	227,0
მსხალი	122,0	133,0	138,0	150,0
მსხალი	132,0	139,0	149,0	166,0
მსხალი	132,0	134,0	141,0	158,0
მარწყვი	83,0	158,0	180,0	194,0
მარწყვი	81,0	168,0	197,0	200,0
მარწყვი	88,0	178,0	188,0	191,0
ნედლი მარწყვის ნიმუში	87,0	-	-	210,0
იგივე მარწყვის 105°C გამომშრალი ნიმუში	980,0	-	-	700,0

105° C მუდმივ წონამდე მარწყვის გახურების დროს კი ანტოციანები, რომლებიც განაპირობებენ წყალბადის ზეჟანგის გენერირებას სავარაუდოდ გადადიან სხვა ტიპის ნაერთებში, რომლებსაც მსგავსი თვისება არ გააჩნიათ. ამდენად, ნედლ მარწყვში ნიტრატების ზრდას სავარაუდოდ განაპირობებდა ნიტრიტების დაჟანგვა ანტოციანებით გენერირებული წყალბადის ზეჟანგით, ხოლო გამომშრალ სინჯებში ნიტრატების შემცირებას ანტოციანების ინაქტივირება.

კვლევებით მიღებული მონაცემების მათემატიკური ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილია კორელაციური კავშირი ($z=0.6$) ხილ- ბოსტნეულის შემადგენელი კალციუმსა და კადმიუმის კონცენტრაციებს შორის. როგორც ექსპერიმენტებმა გვაჩვენა მწვანე ბოსტნეულში კადმიუმის შემცველობა გარკვეულ წილად ასევე დამოკიდებულია კალციუმის, თუთიის, მანგანუმის შემცველობაზე და ბოსტნეულის მჟავიანობაზე (pH).

მიღებული კორელაციური კავშირის და დაგროვილი სტატისტიკური მასალის საფუძველზე შევეცადეთ შეგვექმნა მათემატიკური მოდელი, რომელიც მოგვცემს საშუალებას განვსაზღვროთ მწვანე ბოსტნეულში ტოქსიკური Cd-ის მიახლოებითი კონცენტრაცია, ამავე ბოსტნეულში Ca, Zn; Mn და pH-ის ცნობილი მნიშვნელობებით.

მწვანე ბოსტნეულში კადმიუმის შემცველობის მათემატიკური მოდელის ასაგებად ვისარგებლეთ რამოდენიმე ცვლადის წარმოდგენის მიახლოებითი ანალიტიკური მეთოდით. განსახილავი ფუნქციის $y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$ მიახლოებითი წარმოდგენის ასაგებად გამოვიყენეთ ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მონაცემები. მოქმედი ძირითადი მარეგლამენტირებადი ფაქტორების სხვადასხვა მნიშვნელობებისას წარმოდგენილი ფუნქციის არგუმენტებად განვიხილეთ ძირითადი მარეგლამენტირებელი ფაქტორები: ბოსტნეულში კალციუმის, მანგანუმის თუთიის შემცველობა და ბოსტნეულის მჟავიანობა. ექსპერიმენტით დაგროვილი მასალების საფუძველზე შევადგინეთ ცხრილი 12.

ცხრილი 12. მათემატიკური მოდელის ექსპერიმენტული მონაცემები

ცდის N	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y _{ექსპ}	Y _{გათვ.}
1	2,1	0,09	0,11	5,2	0,065	0,061
2	2,4	1,3	0,13	5,5	0,074	0,070
3	2,5	1,5	0,17	5,9	0,079	0,076
4	12	3,5	0,66	7,9	0,15	0,142

სადაც X₁, X₂, X₃, შესაბამისად მწვანე ბოსტნეულში კალციუმის, თუთიის, მანგანუმის შემცველობაა; X₄- ბოსტნეულის მჟავიანობა (pH); Y_{ექსპ} - მწვანე ბოსტნეულში ექსპერიმენტით მიღებული კადმიუმის შემცველობა; Y_{გათვ.} - მწვანე ბოსტნეულში კადმიუმის შემცველობის გათვლითი მნიშვნელობები. განტოლებას ექნება სახე:

$$Y = \bar{Y} + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4$$

სადიებელი კოეფიციენტების b₁; b₂; b₃; b₄; საანგარიშოთ ცხრილის მონაცემების საფუძველზე შევადგინეთ წრფივ განტოლებათა სისტემა:

$$2,1X_1 + 0,09X_2 + 0,11X_3 + 5,2X_4 = 0,065$$

$$2,4X_1 + 1,3X_2 + 0,13X_3 + 5,5X_4 = 0,074$$

$$2,5X_1 + 1,5X_2 + 0,17X_3 + 5,9X_4 = 0,079$$

$$1,2X_1 + 3,5X_2 + 0,66X_3 + 7,9X_4 = 0,15$$

განტოლებათა სისტემის ამოხსნით განვსაზღვრეთ ცვლადების მნიშვნელობები X₁=0,0029; X₂=0,0036; X₃=0,0260; X₄=0,0106, რაც შეესაბამება b₁; b₂; b₃; b₄ კოეფიციენტების მნიშვნელობებს.

სადიებელ განტოლებას ექნება შემდეგი სახე:

$$Y = 0,0029 X_1 + 0,0036 X_2 + 0,0260 X_3 + 0,0106 X_4$$

წარმოდგენილი განტოლებით გათვლილი მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 12-ის ბოლო სვეტში. ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ გათვლილი შედეგები და ექსპერიმენტული მონაცემები კარგ თანხვედრაშია. მიღებული განტოლების ანალიზი გვაჩვენებს, რომ კადმიუმის კონცენტრაციის ზრდაზე ყველაზე მეტ ზემოქმედებას ახდენს მანგანუმის კონცენტრაცია და ბოსტნეულის მჟავიანობა.

ჩვენს მიერ მიღებული განტოლებების საფუძველზე მარეგლამენტირებული ფაქტორების მოცემულ ზღვრებში ვარიაციისას შესაძლებელია მწვანე ბოსტნეულში კადმიუმის მიახლოებითი შემცველობის განსაზღვრა.

2. სინჯის სპეციფიკური დამუშავება ხილ-ბოსნრეულში ნიტრატების განსაზღვრის სიზუსტის უზრუნველსაყოფად.

კვლევის შემდგომი ეტაპი მიზნად ისახავდა იმ სახეობის ბოსტნეულში, სადაც მიმდინარეობს ნიტრატების დროში ზრდა სინჯის მომზადების ისეთი მეთოდის შემუშავებას, რომელიც უზრუნველყოფს ნიტრატების დროში ზრდის შეჩერებას. რადგან კვლევებით დადგენილია, რომ ნიტრატების ზრდას განაპირობებს ხილ-ბოსტნეულში შემავალი უჯერი კარბონმჟავების ორმაგ ბმებთან წარმოქმნილი ზეჟანგები, გადავწყვიტეთ ნუმუშების დამუშავება ორმაგი ბმების მოქმედების ბლოკირების მიზნით, ეს კი მათი გაწყვეტით მიიღწევა.

ცნობილია, რომ უჯერი ცხიმოვანი მჟავების ორმაგი ბმების გაწყვეტა შესაძლებელია კალიუმის პერმანგანატის (KMnO₄) გამოყენებით, რომელიც სხვადასხვა გარემოში განსხვავებულ დამჟანგველ თვისებებს ავლენს.

ცხრილი13. ნიტრატების დროში ცვლილება პერმანგანატით დამუშავებულ და დაუმუშავებელ ბოსტნეულის ნიმუშებში

ნიმუშის სახეობა	ნიტრატების კონცენტრაცია, მგ/კგ			
	საწყისი	10 წუთში	20წუთში	30 წუთში
	პერმანგანატით დაუმუშავებელი სინჯები			
ავიკადო	30,0	45,9	60,0მ	68,5
პიტნა	2000	3000	3900	4500
ქინძი	1800	2500	2800	3000
მჟაუნა	3800	5000	7500	8000
ყვავილოვანი კომბოსტო	30,0	48,5	65,0	70,0
პერმანგანატით დამუშავებული სინჯები				
ავიკადო	150,6	148,9	145,3	144,9
პიტნა	5000	4830	4810	4810
ქინძი	6000	5780	5778	4000
მჟაუნა	6000	5980	4000	2000
ყვავილოვანი კომბოსტო	860,0	800,0	678,0	600,0

ნიტრატების ცვლილება სხვადასხვა სახეობის ბოსტნეულში ნიმუშების მჟავა გარემოში პერმანგანატით დამუშავებით და მის გარეშე მოცემულია ცხრილში 13.

როგორც ცხრილი 13-დან ჩანს ბოსტნეულის პერმანგანატით დაუმუშავებელ ნიმუშებში ნიტრატების კონცენტრაცია დროში იზრდება, ხოლო პერმანგანატით დამუშავებისას მათი კონცენტრაცია მცირდება. ამასთან, ნიტრატების საწყისი კონცენტრაცია პერმანგანატით დამუშავებულ ყველა ნიმუშებში დაუმუშავებელთან შედარებით მკვეთრად მომატებულია. ყველაზე ინტენსიურად ნიტრატების საწყისი კონცენტრაცია მომატებულია ყვავილოვანი კომბოსტოს პერმანგანატით დამუშავებულ ნიმუშში, სადაც ის პერმანგანატით დაუმუშავებელთან შედარებით 29 ჯერ არის გაზრდილი. ჩვენი აზრით ნიტრატების ზრდას პერმანგანატით დამუშავებულ ნიმუშებში იწვევს მანგანუმით ინიცირებული ჟანგბადის აქტიური რადიკალები, რომლებიც წარმოიქმნება ორმაგი ბმების გაწყვეტამდე. ამდენად საჭირო გახდა ნიმუშების დამუშავების ისეთი მეთოდის შემუშავება რომელიც გამორიცხავდა: 1. ნიტრატების საწყისი კონცენტრაციის ზრდას; 2. ნიტრატების განსაზღვრისას ხელშემშლელი თანაური პროცესების განვითარებას.

ზემოთ დასმული ამოცანების განსახორციელებლად ჩვენს მიერ გამოყენებულია ჯვაროსანთა ოჯახის წარმომადგენლებში (კომბოსტო და სხვა) ნიტრატების იონომეტრული მეთოდით განსაზღვრის მეთოდიკა, სადაც ხელისშემშლელი მინარევების დასაშლელად საჭიროა ნიმუშის წინასწარი პერმანგანატით დამუშავება, ჭარბი პერმანგანატის დასაშლელედ კი წყალბადის ზეჟანგის დამატება.

ნიტრატების დროში ცვლილება საკვლევი ნიმუშების ამგვარი დამუშავებით მოცემულია ცხრილში 14,15 და ნახ.2.

**ცხრილი 14. ნიტრატების დროში ცვლილება ყვავილოვან კომბოსტოში
ნიმუშების პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით
დამუშავებისას**

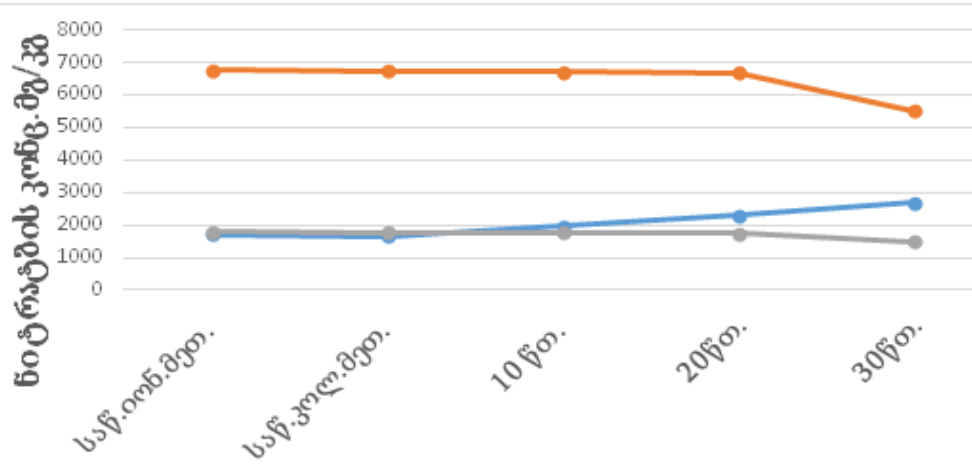
ნიტრატების კონცენტრაცია იონომეტრული მეთოდით, მგ/კგ				ნიტრატების კონცენტრაცია კოლორიმეტრული მეთოდით, მგ/კგ			
საწყისი	10 წთ	20წთ	30წთ	საწყისი	10წთ	20წთ	30წთ
პერმანგანატით დაუმუშავებელი				პერმანგანატით დაუმუშავებელი			
48,9	68,4	84,9	99,4	52,8	60,9	79,8	98,8
მჟავა გარემოში პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებული				მჟავა გარემოში პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებული			
205,0	145,0	67,0	60,0	215,3	146,2	64,9	61,5

**ცხრილი 15. ნიტრატების დროში ცვლილება ქინძში ნიმუშების პერმანგანატით
წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებისას.**

NO ₃ საწ.იონ.მეთ., მგ/კგ	NO ₃ საწ.კოლორ. მეთ.,მგ/კგ	NO ₃ იონომეტრ. მეთოდით,მგ/კგ		
		10 წთ	20 წთ	30 წთ
პერმანგანატით დაუმუშავებელი				
1700	1670	1970	2300	2700
1გრ პერმანგანატით დამუშავებული				
6780	6750	6710	6670	5500
პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებული				
1800	1770	1780,0	1740,0	1500,0

როგორც ცხრილი 14,15-დან ჩანს ყვავილოვანი კომბოსტოს და ქინძის ნიმუშის კალიუმის პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებისას ნიტრატების კონცენტრაცია საწყის ნიმუშში მაინც გაზრდილია. თუმცა თუ წყალბადის ზეჟანგით დაუმუშაველი ყვავილოვანი კომბოსტოს ნიმუშში ნიტრატების კონცენტრაცია 28,6 ჯერ, ხოლო ქინძში 3-ჯერ გაიზარდა წყალბადის ზეჟანგით დამუშავების შემდეგ ნიტრატების კონცენტრაციები შემცირებულია და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებული ყვავილოვანი კომბოსტოს ნიმუშში ნიტრატების კონცენტრაცია 4,1 ჯერ არის გაზრდილი.

მიღებული შედეგები გვაჩვენებს, რომ ჭარბი პერმანგანატის წყალბადის ზეჟანგით დაშლა ამცირებს ნიტრატების საწყისი კონცენტრაციის ზრდას და არ იწვევს ნიტრატების დროში ზრდას. აქედან გამომდინარე შემდგომი კვლევა ითვალისწინებდა პერმანგანატის ნაკლები დოზებით გამოყენებას და ნაცვლად 1გ პერმანგანატისა ვიყენებდით 0,1გ და 0,01გ პერმანგანატს. კვლევით მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში 16.



ნახ.2 . ნიტრატების დროში ცვლილება ყვავილოვან კომბოსტოში ნიმუშების პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებისას.

ცხრილში 16 მოყვანილი შედეგებით ყვავილოვანი კომბოსტოს ნიმუშების მჟავა გარემოში 0,01გ პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებით არ იზრდება ნიტრატების საწყისი კონცენტრაცია და არ მიმდინარეობს მათი დროში შემდგომი ზრდა. შესწავლილია ნიტრატების დროში ცვლილება სხვადასხვა სახეობის ბოსტნეულის ნიმუშების მჟავა გარემოში 0,01გ. პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებისას. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში 17.

ცხრილში 17 წარმოდგენილი მონაცემებიდან გამომდინარე ნიტრატების განსაზღვრისას იმ ბოსტნეულში, სადაც სინჯის მომზადების დროს მიმდინარეობს დროში ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდა, ნიმუშების მჟავა გარემოში 0,01გ პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავება ზღუდავს როგორც მანგანუმით, ისე ორმაგი ბმებით ინიცირებუ-

**ცხრილი 16. ყვავილოვან კომბოსტოში ნიტრატების დროში ცვლილება
ნიმუშების 0,1 და 0,01გ პერმანგანატით და წყალბადის
ზეჟანგით დამუშავებისას**

NO ₃ საწ., მგ/კგ	NO ₃ 10 წთ. შემდეგ, მგ/კგ	NO ₃ 20 წთ. შემდეგ, მგ/კგ	NO ₃ 30 წთმდეგ, მგ/კგ
მჟავა გარემოში 0,1გ პერმანგანატით დამუშავებული			
49,3	145,0	63,8	42,0
მჟავა გარემოში 0,1გ პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებული			
	105,0	28,9	10,0
მჟავა გარემოში 0,01გ პერმანგანატით დამუშავებული			
	98,3	55,9	35,3
მჟავა გარემოში 0,01გ პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებული			
	47,7მგ/კგ	30,0 მგ/კგ	11,0
ნეიტრალურ გარემოში 1გრ. პერმანგანატით დამუშავებული			
	100,9 მგ/კგ	80,0მგ/კგ	57 ,0 მგ/კგ

**ცხრილი 17. ნიტრატების დროში ცვლილება სხვადასხვა სახეობის ბოსტნეულის
ნიმუშების 0,01გ პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით
დამუშავებისას**

ბოსტნ. სახეობა	ნიტრატების კომცენტრაცია, მგ/კგ				
	საწყისი იონომეტრული მეთოდით	საწყისი კოლორიმე- ტრული მეთოდით	10 წთ	20 წთ	30 წთ
ავოკადო	45,0	42,0	38,0	34,6,0	30,0
პიტნა	2020	2000	1930	1900	1870
ქინძი	1800	1770	1780,0	1740,0	1500,0
მჟაუნა	3770	3800	3600	3380	1400
ყვავილოვა ნი კომბო- სტო	49,3	50,9	47,7	30,0	11,0

ლი ჟანგბადის აქტიური რადიკალების წარმოქმნას. შედეგად არ იზრდება ნიტრატების საწყისი კონცენტრაცია და არ მიმდინარეობს მათი დროში ზრდა, რაც უზრუნველყოფს სარწმუნო შედეგების მიღებას ნიტრატების ამას თუ იმ მეთოდით განსაზღვრისას.

დასკვნა

1. გამოვლენილია, რომ სხვადასხვა სახეობის ხილ-ბოსტნეულის ჰომოგენიზირებულ ნიმუშებში ნიტრატების კონცენტრაცია დროის მიხედვით განსხვავებულად იცვლება. ზოგიერთში მიმდინარეობს მათი შემცირება ნიტრიტებში გადასვლის შედეგად, ხოლო ზოგიერთში კი ზრდა.
2. დადგენილია, რომ ზოგიერთი სახეობის ხილ-ბოსტნეულში ნიტრატების სტანდარტული მეთოდიკებით განსაზღვრისას მიღებული შედეგი დამოკიდებულია იმაზე, თუ ნიმუშის მომზადებიდან (ჰომოგენიზაციიდან) დროის რა მონაკვეთში მოხდება მათი აპარატურული განსაზღვრა.
3. დადასტურებულია, რომ მწვანილეულის, ყაბაყის, ბულგარული წიწაკის, ავოკადოს, ბადრიჯნის, მწვანე ლობიოს და სხვადასხვა ჯიშის კომბოსტოს ჰომოგენიზირებული ნიმუშების ჰაერზე ხუთი წუთითაც დაყოვნებისას მიმდინარეობს ნიტრატების კონცენტრაციის არაკონტროლირებადი ზრდა.
4. დადგენილია, რომ ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაზე არ მოქმედებს ხილ-ბოსტნეულის ტენიანობა, რადგან ნიტრატების კონცენტრაცია დროში იზრდება ზოგიერთი სახეობის ჰომოგენიზირებული ხილ-ბოსტნეულის როგორც ნედლ, ისე გამომშრალ ნიმუშებში.
5. გამოვლენილია, რომ ნიტრატების კონცენტრაციის დროში ზრდა მიმდინარეობს ყველა იმ სახეობის ბოსტნეულში, სადაც შედარებით მაღალია პოლიუჯერი ცხიმოვანი მჟავების შემცველობა.
6. დადგენილია, რომ ნიტრატების კონცენტრაციის დროში ზრდის ინტენსივობა უფრო მეტად დამახასიათებელია ჰომოგენიზირებული ქლოროფილის შემცველი მწვანე ბოსტნეულისათვის.
7. გამოვლენილია, რომ ჰომოგენიზირებული ცხიმშემცველ მწვანე ბოსტნეულში ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაზე მნიშვნელოვან

გავლენას ახდენენ მძიმე მეტალები, ნიტრატების ყველაზე ინტენსიური ზრდა აღინიშნება მანგანუმის მაღალი შემცველობისას.

8. ნიტრატების ზრდა არ აღინიშნება ბეტა-კაროტინის შემცველ ხილ-ბოსტნეულში, რაც აიხსნება კაროტინის უნარით დაიცვას უჯრედები ქლოროფილისა და სინგლეტური ჟანგბადით გამოწვეული დაზიანებებისაგან.
9. დადასტურებულია, რომ ხილ-ბოსტნეულის იმ ნიმუშებში, სადაც მიმდინარეობს ნიტრატების ინტენსიური ზრდა აღინიშნება კალციუმის მაღალი შემცველობა.
10. გამოვლენილია, რომ C ვიტამინის შემცველობა სხვადასხვა ჰომოგენიზირებულ ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაზე ახდენს განსხვავებულ ანტიოქსიდანტურ ზემოქმედებას. ბროკოლის ნიმუშებში C ვიტამინის მაღალი შემცველობა აფერხებს ნიტრატების ზრდას, ხოლო ფორთოხალში, სადაც ყველაზე მაღალია C ვიტამინის შემცველობა მაინც მიმდინარეობს ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდა.
11. გამოვლენილია, რომ ზოგიერთი სახეობის ხილ-ბოსტნეულში არ ვლინდება ფლავონოიდების და პექტინების ანტიოქსიდანტური თვისება. აქ ისინი ავლენენ პროოქსიდანტურ თვისებებს, რაც აისახება ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდაზე.
12. აგებულია ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში კადმიუმის მიახლოებითი კონცენტრაციის განსაზღვრის მათემატიკური მოდელი რამოდენიმე ცვლადის წარმოდგენის მიახლოებითი ანალიტიკური მეთოდით. მიღებული განტოლებით შესაძლებელია ხილ-ბოსტნეულში ტოქსიკური Cd მიახლოებითი კონცენტრაციის განსაზღვრა მარეგლამენტირებადი პარამეტრების მოცემულ ზღვრებში ვარირებისას;
13. დადასტურებულია, რომ ნიტრატების კონცენტრაციის ზრდის შეჩერება ზოგიერთი ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშებში შესაძლებელია პერმან-

განატის დანამატით, რომელიც წყვეტს ორმაგ ბმებს და ამით აფერხებს აქტიური რადიკალების წარმოქმნას.

14. დადგენილია, რომ ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშების პერმანგანატით მჟავა გარემოში დამუშავებისას არ მიმდინარეობს ნიტრატების კონცენტრაციის დროში ზრდა, თუმცა იზრდება ნიტრატების საწყისი კონცენტრაცია, რაც სავარაუდოდ გამოწვეულია მანგანუმით ინიცირებული ჟანგბადის აქტიური რადიკალების წარმოქმნით.
15. კვლევებმა გვაჩვენა, რომ ჯვაროსანთა ბოსტნეულის ნიმუშებში ნიტრატების იონომეტრული მეთოდით განსაზღვრისას, სტანდარტში მითითებული 1გ პერმანგანატის გამოყენება ზრდის ნიტრატების კონცენტრაციას. მანგანუმის ეს დოზა როგორც ჩანს ხელს უწყობს აქტიური რადიკალების წარმოქმნას, რომლებიც ურთიერთქმედებენ სარეაქციო არეში არსებულ აზოტის ოქსიდებთან და ჟანგავენ მათ ნიტრატებამდე.
16. დადგენილია, რომ ნიტრატების საწყისი კონცენტრაციის მატება და ნიტრატების დროში ზრდა არ მიმდინარეობს ხილ-ბოსტნეულის ნიმუშების მჟავა გარემოში 0,01გ პერმანგანატით და წყალბადის ზეჟანგით დამუშავებისას, რაც უზრუნველყოფს ნიტრატების განსაზღვრისას მაღალი სარწმუნო შედეგის მიღებას.
17. შექმნილია და დანერგილია სინჯის დამუშავების მეთოდიკა, რომელიც უზრუნველყოფს ნიტრატების განსაზღვრის მაღალ სიზუსტეს მწვანე ხილ-ბოსტნეულში და სხვადასხვა სახეობის კომბოსტოში.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შრომებში:

1. ჭალიძე ნ.დ., შენგელია ე.გ. „ზოგიერთ ბოსტნეულში ნიტრატების განსაზღვრის სირთულეები სპეციფიკური პროცესების მიმდინარეობის გამო“. ჟურნალი „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“ No.1 (vol.85),2018 91-94გვ.
 2. ჭალიძე ნ.დ., შენგელია ე.გ. „მძიმე ლითონები მწვანე ბოსტნეულში და მათი გავლენა ნიტრატების განსაზღვრის პროცესსზე“. ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები2(728)-2018 ,74-78გვ.
 3. ჭალიძე ნ.დ., შენგელია ე.გ. „ჰომოგენიზირებული ხილ-ბოსტნეულის პროდუქციაში ნიტრატების დროში ცვლილება ქლოროფილისა და კაროტინის ზეგავლენით“.
- საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები“ Vol.21.1(41). 2019, 81-85გვ.

Abstract

Studies have established that concentration of nitrites in different varieties of homogenized vegetables according to the time change differently. In some cases concentration of nitrates decreases as a result transfer to nitrites, but in some cases is going increase of nitrates. The result is depend on time which needed after homogenization before testing with some equipment. Its conformed that delay after homogenization vegetables even for five minutes causes an uncontrolled increase in nitrate concentration.

The aim of this research was to study the mechanism of variation of nitrate time in a wide variety of fruit and vegetable varieties, to identify species where nitrates are increasing over time and to adjust the method of their determination to ensure the high reliability of the results.

Studies have shown that nitrate concentrations increase over time in all vegetables with relatively high polyunsaturated fatty acids content. The species of fruit and vegetables in the nitrate concentration seems to be caused by oxidation of nitrite peroxide and oxygen activated oxygen forms, which in turn result in the oxidation of vegetable polyunsaturated fatty acids. It is estimated that the nitrate concentration increases the intensity of the time is more typical of homogenizing containing chlorophyll green vegetables.

The effects of increasing concentrations of nitrates on homogenized fruit and vegetables have been studied in relation to moisture, heavy metals and various antioxidants (ascorbic acid, carotenoids, flavonoids, pectins). It has been found that the nitrate content of fruits and vegetables did not affect the growth of nitrates. Nitrates increase in both raw and dried samples. Nitrates increase intensively is depend on growing up concentration of heavy metals. Ascorbic acid, flavonoids and pectins exhibit different properties. In some cases they are antioxidants, and in some, they are pro-oxidants. There is no increase in nitrates in fruits and vegetables containing beta-carotene, which is explained by the ability of carotene to protect cells from oxidation caused by chlorophyll and singlet oxygen. High concentrations of calcium have been reported in fruit and vegetable samples where intense nitrates increase.

There is a correlation between calcium and heavy metals (Cd, Mn, Zn) content in the study tomato samples. On this basis, a mathematical model for determining the approximate concentration of cadmium in fruit and vegetable samples is constructed using an approximate analytical method to represent several variables. From the equation obtained, it is possible to determine the concentration of toxic Cd in fruits and vegetables by varying the limits of the regulated parameters.

It has been found that the increase in nitrate concentration in fruit and vegetable samples can be achieved by the addition of potassium permanganate, which prevents the formation of active radicals by breaking the double bonds of unsaturated compounds. It was conformed that with using potassium permanganate there is no increase of nitrate concentration.

However, the high manganese content in the solution initiates the activation of oxidative processes until the unsaturated bonds break down, which is reflected in the increase in the initial nitrate concentration. Neutralizations of excess manganese with hydrogen peroxide which reduces the increase in the initialization of concentration nitrates.

The effect of different doses of potassium permanganate on the nitrate change in fruit and vegetables has been studied and the optimal dose of potassium permanganate has been established, which in homogenized samples no longer increases in nitrate time and does not increase the initial nitrate concentration. It has been found that treatment of nitrates in the Cruciferous family vegetables with the use of 1 g of potassium permanganate as specified in the sample standard increases the initial nitrate content.

The developed method has been tested and introduced in the laboratory of the Chemical Division of the Scientific-Research Institute of Sanitary, Hygiene and Medical Ecology as a method of determination of nitrates in fruits and vegetables.