

меншим содержанием влаги прежде чем состоятся необратимые изменения органолептических показате-

телей, что, в свою очередь, делает такое сырье непригодным для дальнейшего использования.

Литература

1. Гуменюк, Г. Д. Регулювання і забезпечення якості й безпечності сільськогосподарської та харчової продукції [Текст] / Г. Д. Гуменюк // Стандартизація, якість, сертифікація. - 2009. - № 6. - с. 63-70.
2. Sides, A. Developments in extraction techniques and their application to analysis of volatiles in foods [Текст] / A. Sides, K. Robards, S. Helliwell // Trends in analytical chemistry. - 2000. - Т. 19(5). - с. 322-329.
3. Horvatovich, P. Supercritical fluid extraction for the detection of 2-dodecylcyclobutanone in low dose irradiated plant foods [Текст] / P. Horvatovich, M. Miesch, C. Hasselmann, E. Marchioni // Journal of chromatography A. - 2002. Т. 968(1-2). - с. 251-255.
4. Murphy, P.A. Solvent extraction selection in the determination of isoflavones in soy foods [Текст] / P.A. Murphy, K. Barua, C.C. Hauck // Journal of chromatography b: analytical technologies in the biomedical and life sciences. 2002. - Т. 777 (1-2). - с. 129-138.
5. Huddleston, J.G. Separation and recovery of food coloring dyes using aqueous biphasic extraction chromatographic resins [Текст] / J.G. Huddleston, H.D. Willauer, K.R. Boaz, R.D. Rogers // Journal of chromatography B: analytical technologies in the biomedical and life sciences. - 1998. Т. 711(1-2)/ - с. 237-244.
6. Henley, W.F. Effects of sedimentation and turbidity on lotic food webs: a concise review for natural resource managers [Текст] / W.F. Henley, M.A. Patterson, R.J. Neves, A. D.Lemly // Reviews in Fisheries Science. - 2000. Т. 8(2). - с. 125-139.
7. Montoya, J.M. Press perturbations and indirect effects in real food webs [Текст] / J.M. Montoya, G. Woodward, M.C. Emmerson, R.V. Solé // Ecology. - 2009. Т. 90(9). - с. 2426-2433.
8. Dietmar, L. Characterisation of food quality and structural stability by analytical centrifugation [Текст] / L. Dietmar, P. Liane, S. Bernhard // 3rd International Symposium on Food Rheology and Structure. 2003. - с. 149-153.
9. Gomes, R.C. Efficiency of the dispersion and differential centrifugation technique in the isolation of chitinous actinomycetes from soil [Текст] / R.C. Gomes, L.T.A.S. Semedo, A.A. Linhares, A.C.C. Guimaraes, C.S. Alviano, L.F. Linhares, R.R.R. Coelho // World journal of microbiology and biotechnology. 1999. - Т. 15(1). - с. 47-50.
10. Гендин, Д. В. Аппараты химической технологии : учеб. пособие / Д. В. Гендин, Е. В. Янчуковская. - Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2005. - 40 с.

Доведено актуальність впровадження криоскопічних методик оцінки якості рослинної сировини, заснованих на їх електрофізичних властивостях. Виявлено розбіжності за обраними властивостями, які свідчать про умови їх вирощування, наявність в сировині невластивих хімічних компонентів (антибіотиків, ГМО, прискорювачів росту тощо). Досліджено вплив умов вирощування та зберігання на зміни кінетики сили струму, вольт-амперних характеристик та електролітичного потенціалу

Ключові слова: криоскопічна методика, кінетика сили струму, вольт-амперна характеристика, електролітичний потенціал, томатні овочі, овочева плазма, заморожування

Обоснована актуальность внедрения криоскопических методик оценки качества растительного сырья, основанных на их электрофизических свойствах. Определены расхождения в выбранных свойствах, которые свидетельствуют об условиях их выращивания, наличия в сырье несвойственных химических компонентов (антибиотиков, ГМО, ускорителей роста). Исследовано влияние различных условий выращивания на изменения кинетики силы тока, вольт-амперных характеристик и электролитического потенциала

Ключевые слова: криоскопическая методика, кинетика силы тока, вольт-амперная характеристика, электролитический потенциал, томатные овощи, овощная плазма, замораживание

УДК 635.64.004.12

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОМАТНИХ ОВОЧІВ РІЗНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

Д. М. Одарченко

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: laboratory119@mail.ru

О. І. Горенюк

Підприємець

м. Київ

E-mail: laboratory119@mail.ru

К. В. Сподар

Аспірант

E-mail: laboratory119@mail.ru

*Кафедра товарознавства, управління якістю

та екологічної безпеки

Харківський державний університет

харчування та торгівлі

вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна,

61051

1. Вступ

На сьогоднішній день одним із провідних питань у товарознавстві є проблема підвищення якості експертизи харчових продуктів, адже при сучасному розмаїтті продуктів харчування на перший план виходить необхідність швидкого та об'єктивного контролю їх якості [1].

Якість готової замороженої овочевої продукції, головним чином, залежить від якості сировини, а саме від сорту та умов вирощування [2]. Проте вихідна сировина одного сорту, яка вирощена за різних умов (у теплицях, на відкритому ґрунті) [3], буде мати різний біологічний та хімічний склад, вміст та форми зв'язку вологи. Саме тому розробка нових методів та методик для ідентифікації сировини є особливо актуальною [4].

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Велике значення у визначенні складу та якості продукції мають електричні методи. Під час їх застосування суттєвими перевагами є швидкодія, можливість використання в дистанційних методах аналізу, висока чутливість, надійність, безпека, точність і простота в експлуатації [5].

Електрофізичні властивості харчової сировини характеризують її здатність проводити електричний струм і визначаються діелектричної проникністю, опором, електропровідністю та іншими показниками. Практичне застосування в даній час отримало лише вимірювання електропровідності [6].

3. Мета та завдання досліджень

Метою даної роботи є виявлення розбіжностей за електрофізичними властивостями парникових та ґрунтових томатних овочів та ідентифікація сировини на предмет вмісту невластивих їй хімічних компонентів.

4. Вклад основного матеріалу

Предметом дослідження були електрофізичні властивості ґрунтових та парникових томатів. Попередньо рослину сировини приймали, інспектували, мили, очищували, видаляли шкірочки та насіння у розмірі 99% від їх кількості, м'якоть плодів овочів перетирали через сито в діаметром отвору 0,4...0,8 см. Далі отриману пюреподібну масу центрифугували за допомогою лабораторної центрифуги типу ОПн-8 з потужністю 320 Вт. Час центрифугування складав 15 хв., а швидкість обертання – 5000 об/хв. Після цього отримані дві фракції окремо заморожували до температури -18°C впродовж 3 годин. Наступним етапом було розморожування фракцій при кімнатній температурі +18±2° С до повного розтавання кристалів льоду. Розморожені фракції знову підлягали центрифугуванню з наведеними вище параметрами, причому рідина, яка виділяється під час центрифугування твердої фази додається до загального об'єму плазми, а тверда фаза, яка утворилася під час фільтрації рідкої фази, до загальної кількості осаду. Отримані фракції

знову окремо заморожували. Такий цикл операцій повторювали 4 рази.

Об'єктом дослідження була рідка фаза овочів, що представляє собою колоїдний розчин, який містить настільки малі часточки, що рідина може здаватися прозорою, проте вони є не окремими молекулами, а їх скупченням. Колоїдні часточки знаходяться в постійному русі внаслідок безперервних ударів з молекулами розчинника, а їх злипанню перешкоджає наявність у них електричних зарядів.

Вимірювання електрофізичних властивостей здійснювали на експериментальній установці з електродами, виконаних з металу, що мали, відповідно, електронну провідність. Площа змочування електродів складала 4·10⁻⁴ м². Напругу на електродах змінювали від 0,1 до 20 В за допомогою джерела постійного струму. Силу струму фіксували міліамперметром.

Під час визначення кінетики сили струму робили 2 заміри (одразу та через 10 хвилини) у відносних одиницях при постійній напрузі для різних циклів заморожування (рис. 1, 2).

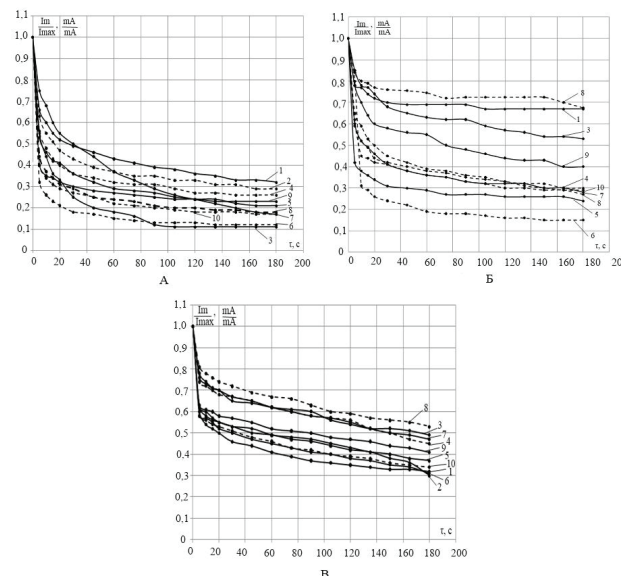


Рис. 1. Залежність сили струму від часу в плазмах парникового жовтого (А), парникового червоного (Б) та ґрунтового (В) перців у відносних одиницях за U=const=1,0 В

Помічено, що для встановлення постійної сили струму необхідний визначений проміжок часу. Очевидно, це обумовлено тим, що рідка фаза томатних овочів містить іони різної природи: органічного та неорганічного походження. Така система характеризується тим, що при відносному русі іонів з малою масою (низькомолекулярні сполуки) і з більшою масою (високомолекулярні сполуки), перші пов'язуються кулонівськими силами, що призводить до обмеження рухомості низькомолекулярних іонів і сила струму зменшується. Відмічено вплив циклів заморожування на швидкість зменшення сили струму.

На рис. 1 та рис. 2 відображено зміни сили струму томатних та перцевих плазм впродовж 180 с, де 1 – без заморожування 1 замір; 2 – без заморожування 2 замір; 3 – після першого заморожування 1 замір; 4 – після першого заморожування 2 замір; 5 – після другого за-

морожування 1 замір; 6 – після другого заморожування 2 замір; 7 – після третього заморожування 1 замір; 8 – після третього заморожування 2 замір; 9 – після четвертого заморожування 1 замір; 10 – після четвертого заморожування 2 замір.

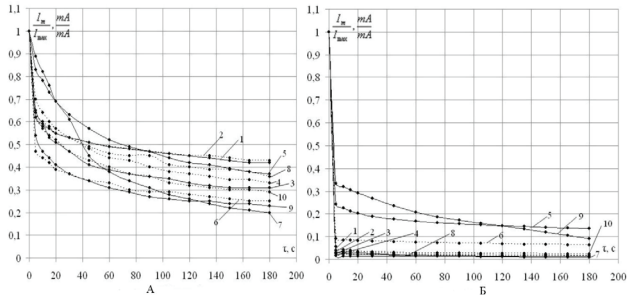


Рис. 2. Залежність сили струму від часу в плазмах парникових (А) та ґрунтових (Б) томатах у відносних одиницях за $U=const=1,0\text{ В}$

Видно, що кінетика сили струму При постійній напрузі для парникових та ґрунтових томатів різна. Для ґрунтових томатів характерне більш різке зниження сили струму, а також відзначено незначний вплив циклів заморожування. На відміну від ґрунтових томатів у парникових відзначено вплив циклів на поведінку кривої. Так у парникових спостерігається найбільша швидкість падіння сили струму для свіжого соку, а найменша – для чотирьохкратного заморожування. У ґрунтових томатів найбільша швидкість падіння сили струму для томатів трикратного заморожування, а найменша для томатів двократного заморожування. Також відмічено, що для парникових томатів характерні різні значення сили струму під час 2 заміру, а у ґрунтових ці значення майже не відрізняються.

З рис. 2 видно, що кінетика сили струму в перцевих плазмах за постійної напруги також відрізняється для парникових перців різного забарвлення та для ґрунтових. Для останніх характерне більш різке зниження сили струму, ніж для парникових. Це зумовлено тим, що ґрунтовий перець за рахунок того, що вирощувався на відкритому ґрунті без використання прискорювачів росту та хімічних добрив, містить у переважній більшості високомолекулярні речовини, які під дією струму розпадаються до простих електролітів, у результаті чого встановлюється рівномірна сила струму [7].

Також відмічено вплив циклів заморожування на швидкість зменшення цієї сили. За рахунок того, що у разі кожного наступного центрифугування-заморожування кількість високомолекулярних речовин зменшується (деяка їх частина переходить в осад), а низькомолекулярні сполуки такої системи є переважною більшістю та пов'язані кулонівськими силами, відбувається зниження сили струму.

Вольт-амперна характеристика (ВАХ) являє собою залежність струму від величини та полярності прикладеної напруги. ВАХ для досліджуваних зразків (рис. 3, 4) має нелінійний характер, що зумовлено електрохімічною взаємодією електролітів. Для ґрунтових томатів ця нелінійність виражена для свіжої плазми та після першого заморожування, а також для плазми замороженої два рази. Крім того,

спостерігається (особливо для парникових томатів) три характерних ділянки вольт-амперних характеристик.

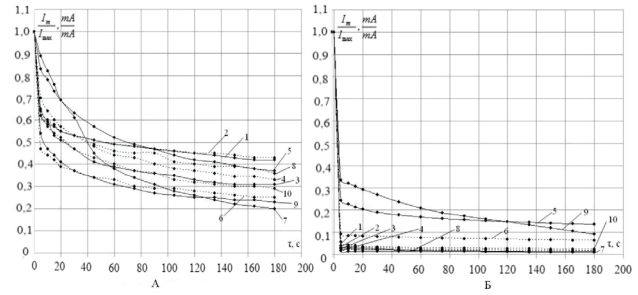


Рис. 3. Дослідження залежності струму від напруги на електродах в парникових (А) та ґрунтових томатах (Б)

Для ґрунтового перцю ця нелінійність виражена не лише для свіжої плазми, але й для плазми першого-третього циклу заморожування-центрифугування. Спостерігаються дві характерні ділянки вольт-амперних характеристик, які згідно з теорією концентрованих розчинів електролітів з'являються внаслідок утворення комплексів, що складаються з молекул розчиненої речовини та розчинника [8].

Під дією низьких температур частина комплексних іонів видаляється разом із осадом та електропровідність зменшується, а наступне розведення розчинів призводить до збільшення вмісту простих іонів та електропровідність знову зростає, а ділянка II зникає.

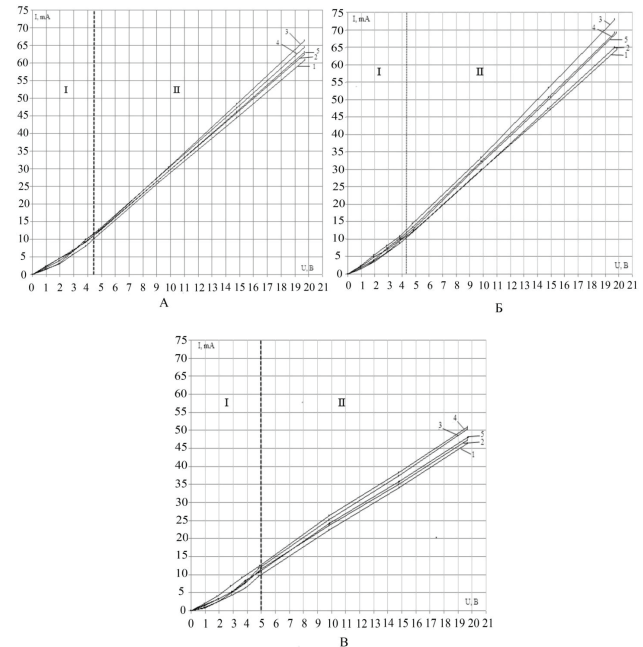


Рис. 4. Залежність сили струму від напруги на електродах в плазмах парникового жовтого (А), парникового червоного (Б) та ґрунтового (В) перців

На рис. 3 та рис. 4 зображено криві залежності струму від напруги на електродах в томатних та перцевих плазмах, де 1 – без заморожування; 2 – після першого заморожування; 3 – після другого заморожування;

4 – після третього заморожування; 5 – після четвертого заморожування.

Для кожного провідника існує залежність між силою струму в провіднику та напругою, прикладеною

до його кінців [9]. У відповідності до закону Ома були кількісно розраховані такі величини, як опір, питомий опір та густина сили струму в перцевих та томатних плазмах (табл. 1).

Таблиця 1

Питомий опір та густина сили струму в овочевих плазмах

Цикл заморожування		R, Ом		ρ, Ом·м		j, А/м ²	
		I ділянка	II ділянка	I ділянка	II ділянка	I ділянка	II ділянка
Плазма перцю грунтового	Без заморожування	424±21	345±17	3,56±0,18	2,89±0,14	16,28±0,81	68,09±3,40
	Після 1-го заморожування	582±29	335±16	4,88±0,24	2,81±0,14	11,85±0,59	70,0±3,50
	Після 2-го заморожування	549±27	320±16	4,61±0,23	2,68±0,13	12,62±0,63	73,33±3,66
	Після 3-го заморожування	434±21	309±15	3,64±0,18	2,59±0,13	15,9±0,79	75,95±3,80
	Після 4-го заморожування	449±22	319±16	3,77±0,19	2,67±0,13	15,35±0,77	73,57±3,68
Плазма перцю парникового жовтого	Без заморожування	464±23	331±16	3,89±0,19	2,78±0,14	15,38±0,77	71,19±3,56
	Після 1-го заморожування	464±23	331±16	3,89±0,19	2,78±0,14	14,85±0,74	70,95±3,55
	Після 2-го заморожування	354±18	295±15	2,97±0,15	2,47±0,12	19,5±0,97	79,52±3,98
	Після 3-го заморожування	390±19	305±15	3,27±0,16	2,56±0,13	17,66±0,88	76,9±3,84
	Після 4-го заморожування	414±21	309±15	3,47±0,17	2,59±0,13	17,23±0,86	76,42±3,82
Плазма перцю парникового червоного	Без заморожування	524±26	350±17	4,40±0,22	2,94±0,15	13,21±0,66	62,38±3,11
	Після 1-го заморожування	417±21	336±17	3,50±0,17	2,82±0,14	16,54±0,83	69,76±3,49
	Після 2-го заморожування	445±22	323±16	3,73±0,18	2,71±0,13	15,57±0,78	72,61±3,63
	Після 3-го заморожування	443±22	325±16	3,54±0,18	2,73±0,14	15,78±0,79	72,14±3,60
	Після 4-го заморожування	443±22	336±17	3,72±0,18	2,82±0,14	15,61±0,78	69,76±3,49
Плазма томатів грунтових	Без заморожування	424±21	345±17	3,56±0,18	2,89±0,14	16,28±0,81	68,09±3,40
	Після 1-го заморожування	582±29	335±16	4,88±0,24	2,81±0,14	11,85±0,59	70,0±3,50
	Після 2-го заморожування	549±27	320±16	4,61±0,23	2,68±0,13	12,62±0,63	73,33±3,66
	Після 3-го заморожування	434±21	309±15	3,64±0,18	2,59±0,13	15,9±0,79	75,95±3,80
	Після 4-го заморожування	449±22	319±16	3,77±0,19	2,67±0,13	15,35±0,77	73,57±3,68
Плазма томатів парни- кових	Без заморожування	464±23	331±16	3,89±0,19	2,78±0,14	15,38±0,77	71,19±3,56
	Після 1-го заморожування	464±23	331±16	3,89±0,19	2,78±0,14	14,85±0,74	70,95±3,55
	Після 2-го заморожування	354±18	295±15	2,97±0,15	2,47±0,12	19,5±0,97	79,52±3,98
	Після 3-го заморожування	390±19	305±15	3,27±0,16	2,56±0,13	17,66±0,88	76,9±3,84
	Після 4-го заморожування	414±21	309±15	3,47±0,17	2,59±0,13	17,23±0,86	76,42±3,82

Таблиця 2

Електрорушійні сили овочевих плазм для різних пар металів

Гальванічний елемент	E, В				
	Без заморожування	Після 1-го замо- рожування	Після 2-го замо- рожування	Після 3-го замо- рожування	Після 4-го заморожу- вання
Плазма перцю грунтового					
$\bar{e} Zn^{+2} Pb^{+2} \bar{e}$	0,36±0,04	0,36±0,04	0,31±0,03	0,38±0,04	0,37±0,04
$\bar{e} Zn^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,45±0,04	0,47±0,05	0,55±0,05	0,58±0,06	0,60±0,06
$\bar{e} Pb^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,36±0,04	0,31±0,03	0,38±0,04	0,40±0,04	0,37±0,04
Плазма перцю парникового жовтого					
$\bar{e} Zn^{+2} Pb^{+2} \bar{e}$	0,41±0,04	0,38±0,04	0,34±0,03	0,35±0,04	0,42±0,04
$\bar{e} Zn^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,48±0,05	0,51±0,05	0,54±0,05	0,56±0,06	0,57±0,06
$\bar{e} Pb^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,34±0,03	0,33±0,03	0,34±0,03	0,33±0,03	0,31±0,03
Плазма перцю парникового червоного					
$\bar{e} Zn^{+2} Pb^{+2} \bar{e}$	0,39±0,04	0,34±0,03	0,40±0,04	0,41±0,04	0,40±0,04
$\bar{e} Zn^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,48±0,05	0,49±0,05	0,53±0,05	0,55±0,05	0,58±0,06
$\bar{e} Pb^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,30±0,03	0,32±0,03	0,32±0,03	0,30±0,03	0,36±0,04
Плазма томату грунтового					
$\bar{e} Zn^{+2} Pb^{+2} \bar{e}$	0,42 ± 0,04	0,35 ± 0,04	0,38 ± 0,04	0,38 ± 0,04	0,36 ± 0,04
$\bar{e} Zn^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,79 ± 0,05	0,72 ± 0,05	0,55 ± 0,04	0,52 ± 0,03	0,45 ± 0,03
$\bar{e} Pb^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,493 ± 0,05	0,45 ± 0,05	0,39 ± 0,03	0,40 ± 0,03	0,37 ± 0,03
Плазма томату парникового					
$\bar{e} Zn^{+2} Pb^{+2} \bar{e}$	0,33 ± 0,04	0,35 ± 0,04	0,41 ± 0,04	0,44 ± 0,04	0,38 ± 0,04
$\bar{e} Zn^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,55 ± 0,05	0,63 ± 0,05	0,63 ± 0,04	0,75 ± 0,03	0,68 ± 0,03
$\bar{e} Pb^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	0,56 ± 0,05	0,56 ± 0,05	0,35 ± 0,03	0,39 ± 0,03	0,41 ± 0,03

Різні величини напруг, за яких характеристики мають відхилення від лінійності, очевидно, зумовлені взаємодією різних за молекулярною масою та зарядом речовин.

У табл. 2 наведені електрорушійні сили досліджуваних зразків, що виникають на електродах, виготовлених із різних пар металів. Електрорушійна сила дорівнює різниці потенціалів, що виникає на переході від іонної до електронної провідності [10].

Для проведення дослідження використовували наступні гальванічні елементи: цинк-свинець (Zn-Pb), цинк-мідь (Zn-Cu), свинець-мідь (Pb-Cu). Як для парникових так і для ґрунтових томатних овочів найбільше значення E спостерігається для пари цинк-мідь. Встановлено, що для цієї пари циклічність заморожування перцю солодкого відображається в деякому збільшенні електричного потенціалу, а для томатів характерна наступна закономірність: для парникових томатів значення електрорушійної сили зростає, а для

ґрунтових – зменшується. Для інших пар металів значення електрорушійного потенціалу нестабільні.

5. Висновки

Таким чином, порівняльний аналіз електрофізичних властивостей парникових та ґрунтових томатних овочів показав, що умови їх вирощування значно впливають на характер кінетики сили струму та вольт-амперну характеристику, що визначається кількісним та якісним іонним складом, а показники електрорушійної сили для пари металів цинк-мідь надали змогу визначити кількість циклів заморожування вихідної перцевої або томатної сировини. Отже, всі досліджені властивості можуть бути основою під час ідентифікації та визначення якості не тільки томатів свіжих або перцю солодкого свіжого, але й їх продуктів переробки.

Література

1. Kolesnov, A. Yu. Enzymatic analysis as an advanced method for quality control of food products and raw food materials [Текст] / A. Yu. Kolesnov // *Industrial Laboratory*. – 1999. – Т. 65, № 2. – С. 135-139.
2. Bocchino, L. Frozen potato products [Текст] / L. Bocchino // *Id: the voice of foodservice distribution*. – 1995. – Т. 31, № 1. – С. 67-69.
3. Demrozu-Erdnc, B. Variation of heavy metal contents in frozen vegetable products [Текст] / B. Demrozu-Erdnc, I. Saldamli // *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. – 2001. – Т. 67, № 3. – С. 0416-0422.
4. Raisanen, M. An evaluation of the procedure and results of laboratory crushing in quality assessment of rock aggregate raw materials [Текст] / M. Raisanen, M. Mertamo // *Bulletin of engineering geology and the environment*. – 2004. – Т. 63, № 1. – С. 33-39.
5. Барковский, В. Ф. Основы физико-химических методов анализа: учебное пособие [Текст] / В. Ф. Барковский, Т. Б. Городенцева, Н. Б. Топорова. – М.: Высш. шк., 1983. – 248 с.
6. Digar, M. Role of pvme on the ionic conductivity and morphology of a TPU based electrolyte [Текст] / M. Digar, T.-C. Wen // *POLYMER*. – 2001. – Т. 42, № 1. – С. 71-81.
7. Фізико-технологічні та електрофізичні властивості сільськогосподарських продуктів і матеріалів [Текст]: довідник / Г. Б. Іноземцев, Л. С. Червінський, О. М. Берека, О. В. Окушко. – К.: Аграр. Медіа Груп, 2010. – 180 с.
8. Бакалов, В. П. Теория электрических цепей [Текст] / В. П. Бакалов, П. П. Воробийенко, Б. И. Крук. – М.: Радио и связь, 1998. – 444 с.
9. Sherlock, M. Generalized ohm's law for a background plasma in the presence of relativistic charged particles [Текст] / M. Sherlock // *Physical review letters*. – 2010. – Т. 104, № 20. – С. 205004.
10. Knott, S. Electromotive force measurements in the ternary system BI-IN-ZN [Текст] / S. Knott, A. Mikula, Z. Li, C. H. Wang // *Metallurgical and materials transactions a: physical metallurgy and materials science*. – 2010. – Т. 41, № 12. – С. 3130-3135.