

## НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛАЗМ НА ОСНОВІ ДИКОРΟΣЛИХ ЯГІД

*У статті проаналізовано сучасний стан ринку сокової продукції. Визначено необхідність впровадження нових показників її якісного складу. Досліджено метод контролю якості плазм з дикорослих ягід за електрофізичними параметрами. Обґрунтовано доцільність застосування фізичних методів дослідження в товаровзнавстві.*

**Вступ.** Незважаючи на різницю в національних традиціях, у всьому світі сьогодні формуються нові вимоги споживачів до харчових продуктів: натуральний склад, свіжість та корисність. Як світовий ринок в цілому, так і показники споживання сокової продукції на душу населення в Україні, демонструють постійне зростання.

Загалом, український ринок сокової продукції за останні декілька років суттєво трансформувалася – розширився асортимент, покращилася упаковка, змінилася якість. Кількість торгових марок сокової продукції становить близько двох десятків. Разом із тим, в Україні дуже гостро стоїть питання щодо якості та безпечності цієї продукції [1]. На ринку з'являється чимало фальсифікованих, низькоякісних, а інколи й небезпечних для здоров'я людини соків і нектарів. За таких умов виникає потреба у повній та достовірній інформації про якість соків, чітких і грамотно викладених даних про відмінності та властивості різних видів сокової продукції.

З огляду на вищевикладене, питання розширення показників і параметрів якості сокової продукції є актуальним [2].

**Постановка задачі.** Об'єктом наукового дослідження були електрофізичні властивості плазми з дикорослих ягід, що підлягали багаторазовому низькотемпературному заморожуванню та центрифугуванню. Попередньою підготовкою до заморожування було центрифугування з наступними параметрами: тривалість ( $\tau$ ) – 15 хвилин, швидкість ( $v$ ) – 5000 об./хв. В результаті заморожування за температури  $-20^\circ\text{C}$  та центрифугування спостерігалася утворення двох фаз: рідкої (плазми) та твердої (жмиху). Предметом дослідження була плазма з ягід журавлини великоплідної та калини звичайної.

**Вирішення задачі.** Дослідження електрофізичних властивостей проводили за допомогою експериментальної установки у лабораторних умовах (рис. 1). На установці були встановлені електроди з металу (Me), що мають електронну провідність. Кювету з рідкою фазою поміщали між електродами, що мали іонну провідність:  $K_i^+$  – катіони;  $A_k^-$  – аніони. Утворення  $i$ -тих катіонів і  $k$ -тих аніонів пов'язано з дисоціацією простих електролітів (солей, лугів, кислот) і високомолекулярних полііонітів, тобто речовин органічного походження.

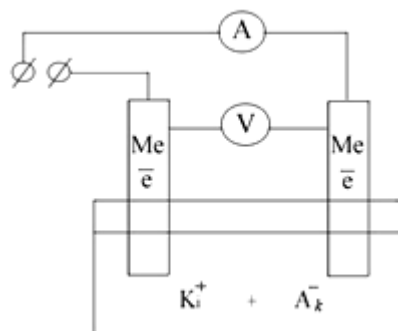


Рис. 1. Схема виміру електрофізичних властивостей харчової сировини

Електропровідність ягід та продуктів їх переробки зумовлена вмістом у них цукрів, органічних кислот, мінеральних речовин тощо. Методика проведення вимірювань електропровідності плазми полягала в наступному. Ягоди журавлини великоплідної та калини звичайної, що зібрані на стадії знімальної стиглості, мили, інспектували та подрібнювали механічним способом (з використанням ножової дробарки). Рідку фазу об'ємом 20 мл поміщали у вимірювальну кювету. Площа змочування

електродів складала  $4,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ . Напругу на електродах змінювали від 1 до 20 В, за допомогою джерела постійного струму (ДС). Силу струму фіксували міліамперметром (мА). Питомий опір обчислювали, ґрунтуючись на законі Ома. Експериментально встановлено, що залежності електрофізичних характеристик досліджуваних видів плазм характеризуються однаковою тенденцією: для встановлення постійної величини сили струму необхідний певний проміжок часу (рис. 2, 3).

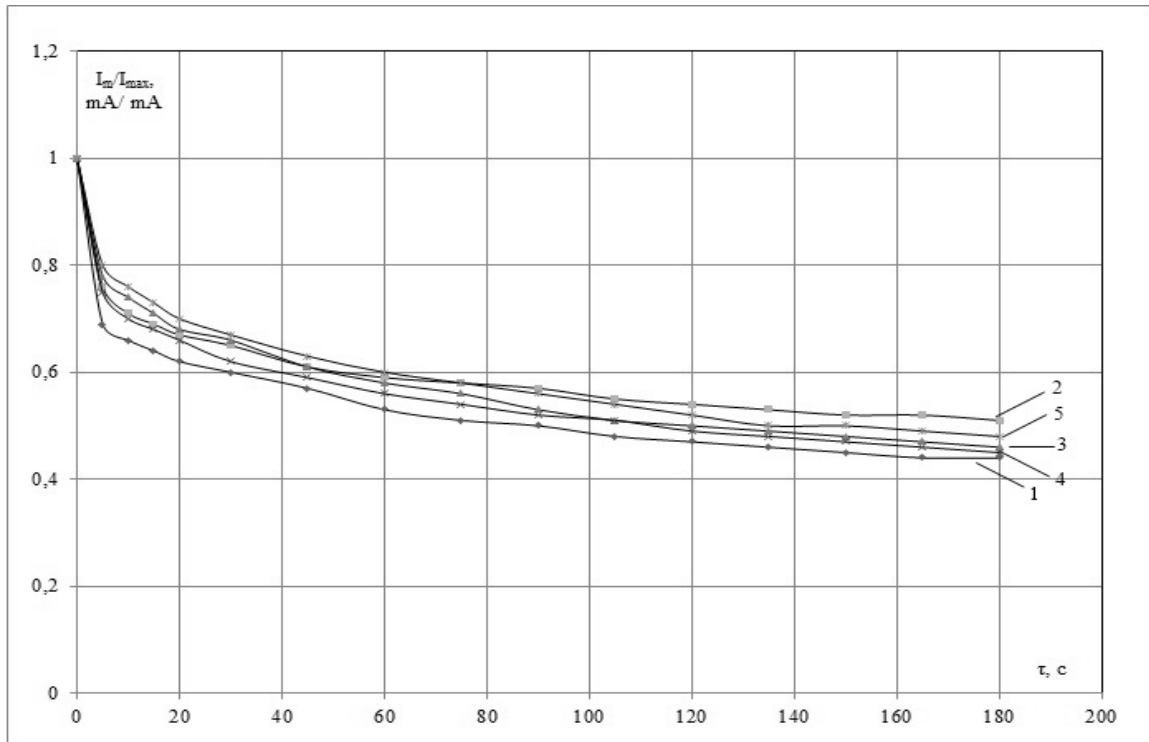


Рис. 2. Кінетика сили струму в досліджуваних зразках плазми з журавлини великоплідної при  $U = \text{const} = 1,0 \text{ В}$

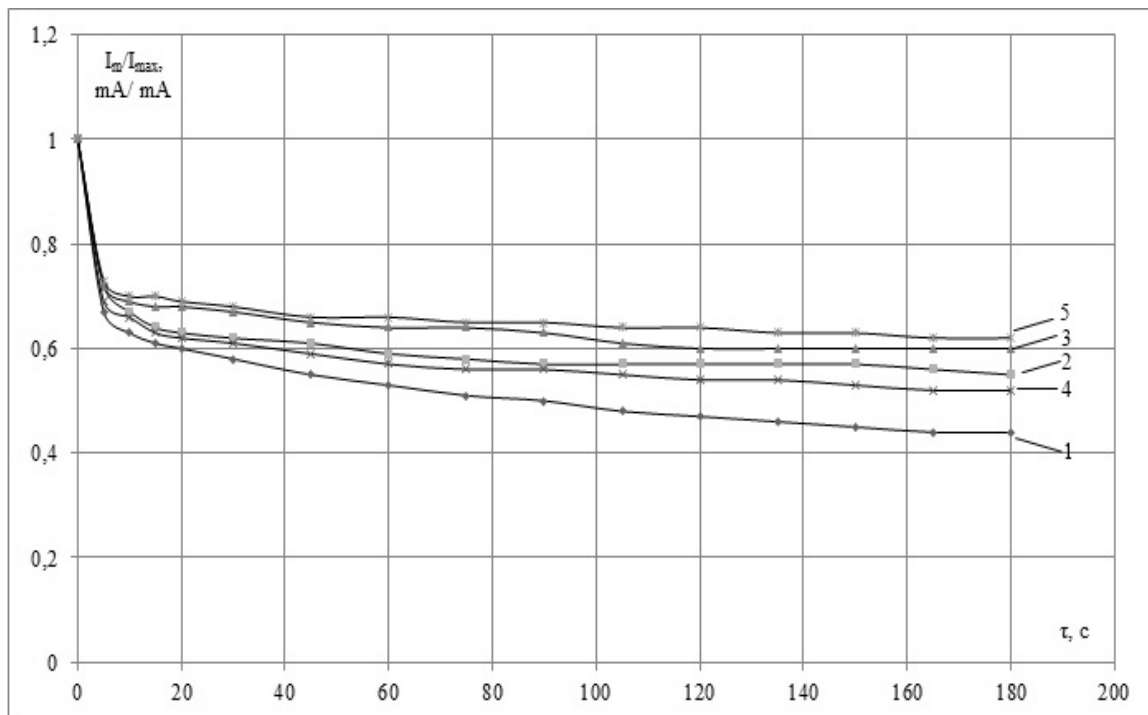


Рис. 3. Кінетика сили струму в досліджуваних зразках плазми з калини звичайної при  $U = \text{const} = 1,0 \text{ В}$

При цьому: 1 – кінетика сили струму досліджуваних зразків без заморожування; 2 – після першого заморожування; 3 – після другого заморожування; 4 – після третього заморожування; 5 – після четвертого заморожування. Очевидно це зумовлено тим, що рідка фаза журавлини великоплідної та калини звичайної містить іони різної природи: органічного та неорганічного походження [2]. Величина сили струму для всіх досліджуваних зразків зменшується зі збільшенням циклів заморожування, що, можливо, пов'язано зі зміною рухливості молекул у плазмі за рахунок підвищення концентрації речовин, що входять до його складу. Крім того, це можна пояснити тим, що високомолекулярні пектинові речовини утворюють у ягідній плазмі структуровані молекулярні колоїдні розчини. Для свіжої плазми ягід спостерігається найбільша швидкість падіння сили струму, а для чотириразового заморожування – найменша. При цьому, для досліджуваних зразків свіжої плазми та для плазми після чотириразового заморожування сила струму протягом 180 с знизилася приблизно в 1,6 рази, проте зниження цієї величини відбувається поступово, що свідчить про наявність не лише низькомолекулярних, але й високомолекулярних іонів. Отже, при циклічному процесі заморожування-центрифугування спостерігається зміщення поведінки електрофізичних властивостей рідкої фази дикорослих ягід у сторону, характерну для простих іонів.

Графічну залежність сили струму від напруги називають вольт-амперною характеристикою. У ході дослідження були визначені вольт-амперні характеристики (ВА) для зразків ягідної плазми (рис. 4, 5).

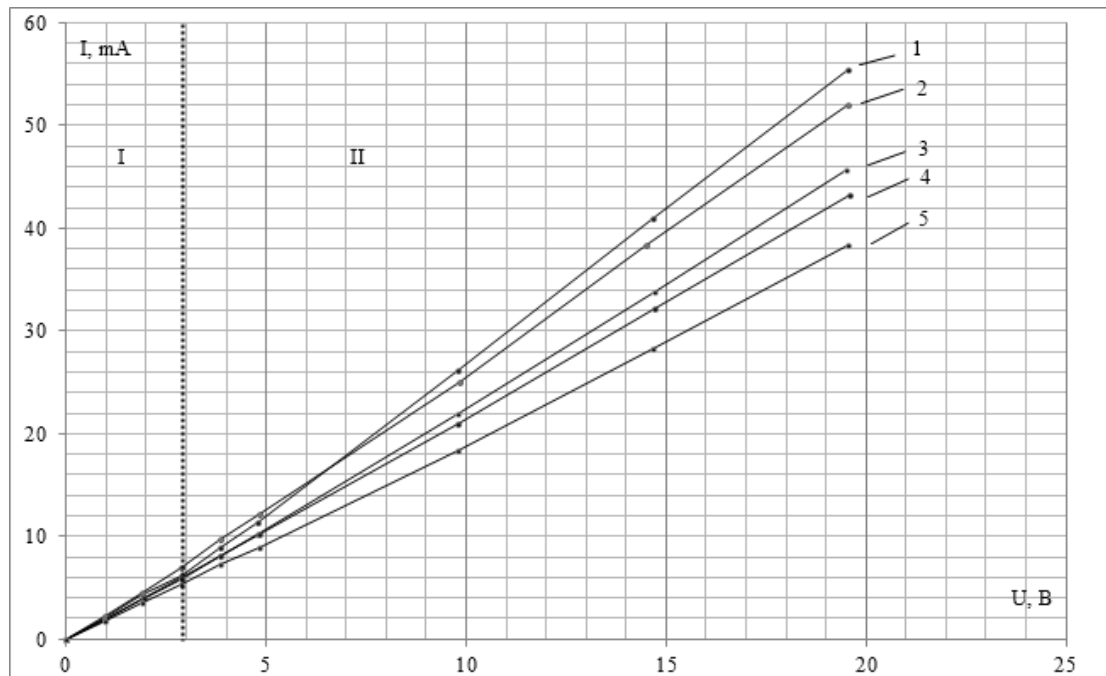


Рис. 4. Залежність сили струму у плазмі з журавлини великоплідної від напруги на електродах

Аналіз отриманих результатів показав, що спостерігається явно виражена нелінійність цих характеристик для свіжих зразків, крім того, відмічено дві характерні ділянки V-A-характеристик. Такі вольт-амперні характеристики властиві для нелінійних електричних ланцюгів. У таких ланцюгах нелінійність обумовлена електрохімічною взаємодією електролітів. Згідно хімічної теорії концентрованих розчинів електролітів, розвинутою А.Н. Сахановим і В.А. Плотніковим, речовини в розчиннику можуть утворювати комплекси, що складаються з молекул розчиненої речовини та розчинника. Такі комплекси можуть дисоціювати як на складні іони, так і на звичайні молекули та іони. Під дією низьких температур частина комплексних іонів видаляється з осадом, внаслідок чого електропровідність зменшується, а розведення розчину водою призведе до збільшення вмісту простих іонів, а електропровідність знову зросте.

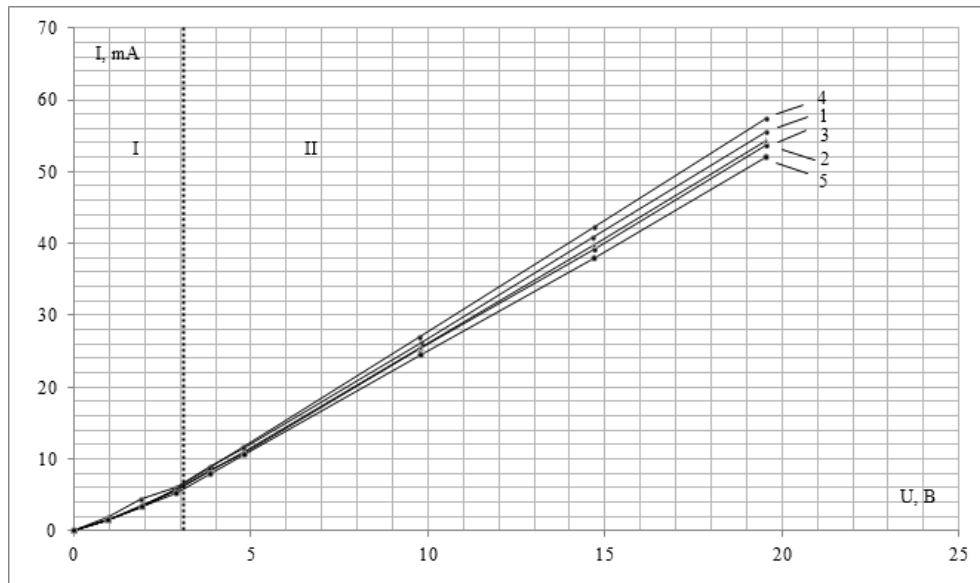


Рис. 5. Залежність сили струму в плазмі з калини звичайної від напруги на електродах

Для кожного провідника існує залежність між силою струму у провіднику та напругою, прикладеною до його кінців. У відповідності із законом Ома, струм ( $I$ ) через провідник обернено пропорційний опору ( $R$ ) провідника та прямо пропорційний напрузі ( $U$ ) вздовж провідника (за сталої температури) [3]:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

Звідси:

$$R = \frac{U}{I}. \quad (2)$$

Питомий опір ( $\rho$ ) визначають за наступною формулою:

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}, \quad (3)$$

де:  $\rho$  – питомий опір, Ом·м;

$l$  – довжина провідника, м;

$S$  – площа поперечного перерізу провідника, м<sup>2</sup>;

$R$  – опір, Ом.

Кількісною характеристикою струму є його густина  $j$ , що являє собою векторну фізичну величину.

Її модуль дорівнює відношенню сили струму ( $I$ ) до площі поперечного перерізу провідника ( $S$ ):

$$j = \frac{I}{S}. \quad (4)$$

Розраховані величини для досліджуваних зразків ягідної плазми наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Питомий опір та густина сили струму в ягідній плазмі**

Цикл заморожування	R, Ом		$\rho$ , Ом·м		j, A/m <sup>2</sup>	
	I ділянка	II ділянка	I ділянка	II ділянка	I ділянка	II ділянка
Плазма з журавлини великоплідної						
Без заморожування	533	358	4,48	3,0	12,86	97,38
Після 1-го заморожування	483	378	4,06	3,17	14,19	91,2

Після 2-го заморожування	415	435	3,48	3,65	15,9	80,48
Після 3-го заморожування	533	457	4,48	3,84	17,19	76,4
Після 4-го заморожування	475	509	3,99	4,27	24,17	69,14
Плазма з калини звичайної						
Без заморожування	540	348	4,54	2,92	12,74	129,5
Після 1-го заморожування	482	359	4,05	3,02	14,24	115,0
Після 2-го заморожування	482	368	4,05	3,09	18,95	100,7
Після 3-го заморожування	433	347	3,64	2,91	18,95	100,7
Після 4-го заморожування	482	386	4,05	3,24	21,0	90,48

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

**Висновок.** При визначенні якості ягідної плазми найбільш важливим є визначення фізико-хімічних показників. Проте на сучасному етапі розвитку науки фізичним показникам також відводиться значне місце. Розроблено спосіб визначення фізичних показників плазми з дикорослих ягід, який передбачає пропускання електромагнітного сигналу через досліджуваний зразок, вимірювання електромагнітних параметрів, встановлення залежності між ними, відрізняючись тим, що в якості електромагнітного параметру вимірюють електропровідність, тим самим визначаючи розведення виробленого соку водою.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Мотузка Ю.М. Аналіз законодавчо-нормативного забезпечення безпечності та якості соків і нектарів / Ю.М. Мотузка, А.А. Самойленко, М.М. Шаповалова // Вісник ДонНУЕТ. – № 1(53). – 2012. – С. 245-250.
2. Романовський І. Я. Зв'язок між фізичними параметрами березового соку / І. Я. Романовський, Т.І. Романовська, І.І. Побережець // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2006. – № 20. – С. 58-59.
3. Левин А. И. Теоретические основы электрохимии / А. И. Левин. – М. : ГНТИ, 1963. – 432 с.

ОДАРЧЕНКО Дмитро Миколайович – к.т.н., доцент кафедри товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки Харківського державного університету харчування та торгівлі.

Наукові інтереси:

- товарознавство, управління якістю та екологічна безпека;
- харчові технології.