

контрольним зразком. Зокрема, зменшився вміст насичених жирних кислот на 3,18%, тоді як частка поліненасичених жирних кислот збільшилася на 3,69%.

4. Висновки

Таким чином, включення олії з насіння винограду до складу нових пісочних тістечок дає можливість поліпшити жирнокислотний склад виробів, підвищити біологічну цінність за рахунок збагачення поліненасиченими жирними кислотами групи ω -3 та ω -6 та розширити асортимент борошняних кондитерських виробів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Поверин А. Д. Полиненасыщенные жиры – важнейший компонент продуктов функционального питания / А. Д. Поверин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 7. – С. 35-38.
2. Сирохман І. В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / І. В. Сирохман, В. М. Завгородня. – К.: ЦУЛ, 2009. – 544 с.
3. Бурмистров Г. П. Новые пищевые концентраты биозащитного действия / Г. П. Бурмистров, Г. Г. Козлова // Пищевая промышленность. – № 8. – 2008. – С. 16-17.

4. Байков В. Влияние растительных масел на качество зерновых крекеров / В. Байков, В. Бессонов, О. Бакуменко // Хлебопекарское производство. – 2008. – № 6. – С. 45.

5. Лозова Т. М. Наукові основи формування споживних властивостей і зберігання якості борошняних кондитерських виробів : монографія / Т. М. Лозова, І. В. Сирохман. – Львів: Вид-во. ЛКА, 2009. – 456 с.

6. Носенко Т. Асортимент рослинних олій можна розширити, використавши для їх виробництва нетрадиційну сировину / Т. Носенко, О. Громова, М. Лябах // Харчова і переробна промисловість. – 2008. – № 8-9. – С. 26-28.

7. Переработка семян винограда для получения сорбентов и виноградного масла / [А. Брыкалов, Е. Головкина, Н. Антонова, Ф. Бостанова] // Масложировая промышленность. – 2008. – № 1. – С. 27-28.

8. Арсеньєва Л. Ю. Наукове обґрунтування та розроблення технології функціональних хлібобулочних виробів з рослинними білками та мікроелементами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук / Л. Ю. Арсеньєва. – Київський нац. ун-т. харчових технологій, 2007. – 42 с.

УДК 544.352.2:635.64

Погожих М. І., Одарченко Д. М., Даниленко Л. В.,
Одарченко М. С., Сподар К. В., Діденко О. В.

КРІОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАЗМИ ПАРНИКОВИХ ТА ГРУНТОВИХ ТОМАТІВ

Анотація. Досліджено кріоскопічні властивості плазми томатів як об'єкту чутливому до дії низьких температур. Проведено пошук та наукове обґрунтування виявлених сигнатур для ґрунтових та парникових томатів.

Ключові слова: кріоскопічні дослідження, плазма томатів, центрифугування, заморожування, молярна маса розчинених речовин, парціальний молярний об'єм, кут розсіювання

Pogozhikh N., Odarchenko D., Danilenko L.,
Odarchenko N., Spodar K.

THE CRYOSCOPIC METHODS OF RESEARCHES IN PLASMA OF GREENHOUSE AND GROUND TOMATOES

Summary. The article is devoted to research of cryoscopic properties of tomatoes plasma, as the object sensible to the action of low temperatures. A search and scientific ground of found out signatures for the ground and hotbed tomatoes is conducted.

Keywords: cryoscopic researches, plasma of tomatoes, centrifugation, freezing, molar masses of solutes, partial molar volume, corner dissipation

1. Вступ

Проблемою сучасного світу є підвищення якості різноманітних груп товарів, тому вимоги до якості харчових продуктів стали жорсткішими. Важливо, щоб якість харчових продуктів була ідентич-

на тим показникам, які закладено в державних стандартах і технічних умовах на їх виробництво.

На сучасному ринку традиційно великим попитом серед населення користуються овочеві культури. Проте умови їх вирощування у різні пори

року суттєво відрізняються. Овочеві культури, що надходять до продажу у торговельну мережу в зимовий період, вирощуються в основному на закритому ґрунті (теплиці та парники). Проведені дослідження біохімічного складу томатів показали, що умови їх вирощування значно впливають на якість отриманої продукції [1].

Перспективи розвитку експертизи якості овочевої сировини тісно пов'язані з розробкою нових та удосконаленням існуючих фізико-хімічних методів аналізу і самого процесу проведення експертизи якості заморожених харчових продуктів [2].

У цьому випадку кріоскопічні властивості томатів можуть бути сигнатурою, яка допоможе визначити умови вирощування, безпеку та якість овочевої сировини.

2. Постановка завдання

Метою роботи було визначення та обґрунтування відмінностей основних термодинамічних величин, які б виступали у ролі сигнатур умов вирощування товарознавчих показників якості і безпеки парникових та ґрунтових томатів.

3. Результати досліджень

Об'єктом дослідження були кріоскопічні властивості розчинів плазми ґрунтових та парникових томатів, які підлягали низькотемпературному заморожуванню. Попередньою підготовкою до заморожування було центрифугування з наступними параметрами: тривалість (τ) – 15 хвилин, швидкість (v) – 5000 об./хв. У результаті заморожування за температури -20°C та центрифугування спостерігалось утворення двох фаз: рідкої та твердої. Рідка фаза (плазма) – частина цілого помідора, яка виділяється шляхом центрифугування, а осад – тверда фаза. Рідка фаза використовувалася для приготування

таті попереднього центрифугування та розчини плазми томатів, яка була попередньо заморожена до -20°C та відцентрифугована.

Після операцій попередньої підготовки розчини плазми томатів заморожували до -70°C . Процес заморожування здійснювали за допомогою низькотемпературного калориметра. В якості холодоносія використовували пари рідкого азоту, які змішувалися в певній пропорції з повітрям для створення $t = -70^\circ\text{C}$.

Заморожуванню підлягали розчини плазми ґрунтових та парникових томатів масою 25 г, які поміщали в спеціальні пластмасові ємності циліндричної форми та занурювали в калориметр із заданою від'ємною температурою середовища. Процес заморожування вважався завершеним, коли температура в середині досліджуваного зразка дорівнювала температурі середовища. Після цього здійснювали процес розморожування продукту шляхом встановлення в камері калориметра температури оточуючого середовища. Експеримент вважався завершеним після досягнення температури у зразку $+20\pm 2^\circ\text{C}$.

Здійснювали контроль середньооб'ємної температури зразків розчинів, а також контролювали температуру вхідної та вихідної з камери калориметра суміші повітря і азоту. Реєстрацію здійснювали за допомогою хромелькопелевих термопар у поліетиленовій оболонці з діаметром спаювання 0,2 мм. Сигнал від термопар реєстрували цифровим потенціометром, з'єднаним з портом ПК. Статистичну обробку і апроксимацію бази даних проводили за допомогою програмного засобу Mathcad 14.

Загальний вигляд термограм при заморожуванні і нагріванні зразків представлено на рис. 1.

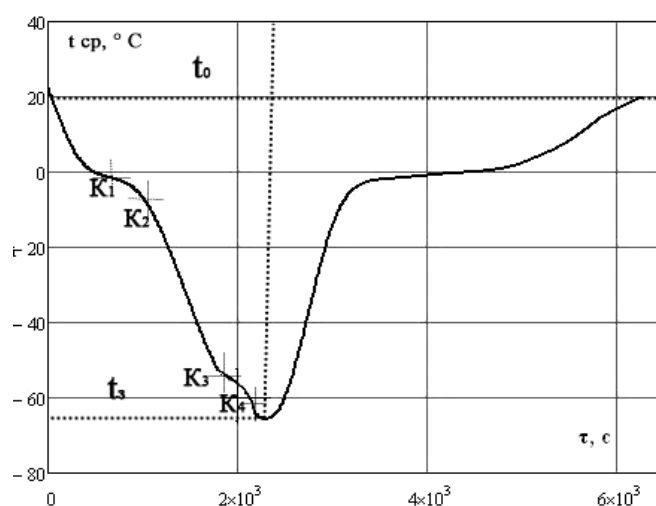


Рис. 1. Середня температура зразка при заморожуванні і нагріванні

досліджуваних розчинів. Предметом дослідження була плазма ґрунтових і парникових томатів.

Для дослідження термодинамічних величин обрали розчини однакової концентрації (10%): свіжі розчини плазми томатів, яку отримали в резуль-

Термограма розбита на два відрізки, відокремлених вертикальною лінією: ліва частина – ділянка заморожування до постійної температури (для -70°C), права частина – нагрівання (дефростація) за постійної температури, що дорівнює температурі

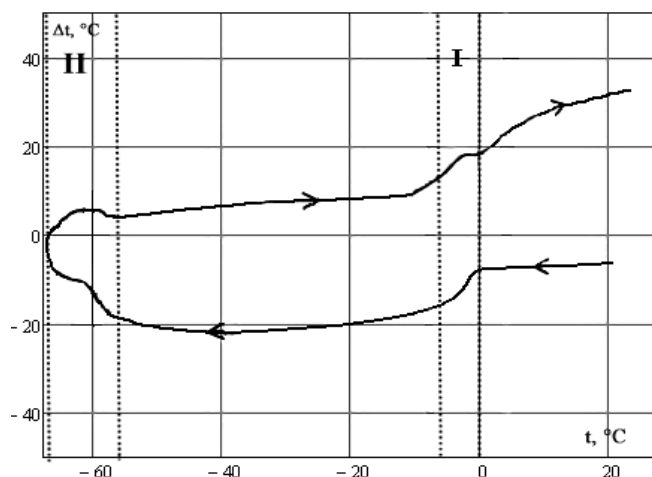


Рис. 2. Різниця температур вихід-вхід від температури зразка

оточуючого середовища. Проміжки K_1K_2 та K_3K_4 діапазони кристалізації вимороженої води.

Використовуючи рівняння теплового балансу, визначалася кількість вимороженої води на різних ділянках за відносними величинами площ, що обмежені кривими $\Delta t-t$.

На рис. 2 представлено типову криву в координатах $\Delta t-t$ зразка для випадку заморожування свіжого розчину плазми томатів при -70°C .

Верхня частина рисунка відносно $\Delta t=0^\circ\text{C}$ відповідає нагріванню, а нижня частина – охолодженню та заморожуванню. Як бачимо, в цій системі координат криві $\Delta t=f(t)$ доволі чутливі до процесів кристалізації і рекристалізації води у зразках (ділянка I).

частку вимороженої води мають ґрунтові томати, а в розчинах плазми томатів, що була попередньо заморожена до -20°C та відцентрифугована – мають парникові.

Проведені криоскопічні дослідження надали можливість визначити за другим законом Рауля середню молярну масу розчинених речовин, які спричиняють зміщення температури кристалізації води в область низьких температур. Цей закон надає можливість легко здійснювати експериментальне визначення молярних мас молекул деяких сполук, нездатних до дисоціації в даному розчиннику. Відповідно до цього закону:

Таблиця 1

Результати аналізу кривих заморожування розчинів плазми томатів

Вид томатів	$t_{\text{зам.}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{\text{крис.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{крис.}}, \text{K}$	Масова частка вимороженої води, %
Свіжі розчини плазми томатів				
Парникові	-70	-3,6...-14,8	269	89±4
Ґрунтові	-70	-0,2...-2,6	273	92±4
Розчини плазми томатів після першого заморожування і другого центрифугування				
Парникові	-70	-2,4...-10,6	270	88±4
Ґрунтові	-70	-0,3...-1,4	272	82±4

На рисунку 2 криві заморожування і розморожування розчинів плазми томатів не співпадають, тобто характер теплообміну при заморожуванні і розморожуванні різних.

В таблиці 1 представлені результати аналізу термограм процесу заморожування досліджуваних розчинів плазми ґрунтових та парникових томатів.

Встановлено, що масова частка вимороженої води залежить від виду попередньої обробки. Так у свіжих розчинах плазми томатів найбільшу масову

$$\Delta T = k \cdot B = k \frac{g}{\mu}, \quad (1)$$

де ΔT – зниження температури замерзання розчину, B – молярність розчину, моль/кг; k – криоскопічна стала, кг/К; g – число грам розчиненої речовини в G грамах розчинника, μ – молярна маса розчиненої речовини.

Величину криоскопічної сталої можна визначити за емпіричною формулою [3]:

$$k = \frac{2 \cdot T_0^2}{G \cdot r}, \quad (2)$$

де T_0 – температура затвердіння розчину, r – теплота кристалізації, $r = 33,3 \cdot 10^4$ Дж / кг.

З формули (1) визначається молярна маса речовин:

$$\mu = \frac{k \cdot g}{\Delta T}. \quad (3)$$

Середню молярну масу можна визначити так:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{\sum_{i=1}^n \nu_i}, \quad (4)$$

де m_i – маса i -го компонента, ν_i – число молей i -го компонента.

Звідси видно, що μ буде залежати від мольної частки компонента в суміші. В загальному випадку слід враховувати, що досліджувані об'єкти містять дисоціюючі молекули. Тому в закон Рауля слід ввести уточнення на, так званий, ізотонічний коефіцієнт i (фактор Вант-Гоффа). Це деякий безрозмірний параметр, який пов'язаний зі ступенем дисоціації молекул в розчині, тобто який враховує відносну зміну кількості часточок за рахунок дисоціації. Тому, визначена за цим законом, величина μ у приведених дослідженнях містить більше якісну інформацію (сигнатуру), ніж інформацію про абсолютну величину μ .

Кріоскопічна стала та молярна маса розчинених речовин у розчинах плазми ґрунтових та парникових томатів була визначена з похибкою 25...30% (табл.2).

відбувається і для ґрунтових томатів, але вихідна величина μ для цих томатів майже у 7 разів вища, тому при заморожуванні вона буде зменшуватись.

Визначення парціального молярного об'єму води в плазмі ґрунтових та парникових томатів здійснювали за допомогою U- подібного манометру (рис.4).

Парціальний мольний об'єм кожного компонента в розчині являється термодинамічною характеристикою багатокомпонентних систем, в тому числі і розчинів. При цьому загальний об'єм розчина V_0 буде визначатися, як:

$$V_0 = \sum_{i=1}^n \nu_i \cdot V_i, \quad (5)$$

де ν_i – число молей i -ого компонента, моль; V_i – молярний парціальний об'єм, м³/моль.

U-подібний манометр – це рідинний манометр, що складається зі сполучених скляних посудин, в яких вимірювальний тиск визначають за одним або декількома рівнями рідини [4, 5].

Скляний манометр заповнюється плазмою томатів ($V_{\text{плазми}} = 109,8$ мл) та визначається рівень рідини у ньому. Через певний проміжок часу додається 1,098 мл води ($V_{\text{води}} = V_{\text{плазми}}/100$) та вимірюється рівень отриманого розчину ($V_{\text{кінц.}}$). Різницю між рівнями (ΔV) можна визначити, як:

$$\Delta V = V_{\text{кінц.}} - (V_{\text{плазми}} - V_{\text{води}}) \quad (6)$$

Візуальна оцінка рівня рідини у манометрі може впливати на похибку визначення, яка складала 10...15%.

З формули (6) визначаємо парціальний молярний об'єм води в плазмі томатів:

Таблиця 2

Кріоскопічна стала та молярна маса розчинених речовин у розчинах плазми томатів

Вид томатів	Кріоскопічна стала (k)	Молярна маса розчиненої речовини (μ), г/моль
Свіжі розчини плазми томатів		
Парникові	25±5	60±15
Ґрунтові	20±5	415±105
Розчини плазми томатів після першого заморожування і другого центрифугування		
Парникові	25±5	90±25
Ґрунтові	20±5	150±40

Кріоскопічні дослідження показали, що циклічність заморожування впливає на значення μ : для парникових томатів μ зростає, а для ґрунтових – зменшується (рис. 3). Це можна пояснити тим, що парникові томати містять більшу кількість низькомолекулярних речовин ніж ґрунтові. Крім того, при заморожуванні парникових томатів частина речовин, що не дисоціюють, видаляється, а залишаються речовини, що добре дисоціюють, і з огляду на підвищення ролі фактору Вант-Гоффа, середня молярна маса зростає. Аналогічний механізм, мабуть,

$$\nu \mu = \frac{V_{\text{води}} - \Delta V}{m_{\text{води}}} \cdot \mu_{\text{води}}, \quad (7)$$

де $m_{\text{води}}$ – маса доданої води, кг; $\mu_{\text{води}}$ – молярна маса води, кг/моль.

Розрахований парціальний молярний об'єм води в плазмі ґрунтових та парникових томатів наведений у таблиці 3,4.

З таблиці 4 видно, що у парникових томатів $\nu \mu$ більше, ніж у ґрунтових, це свідчить про наявність речовин, які не зв'язують воду. Багаторазове замо-

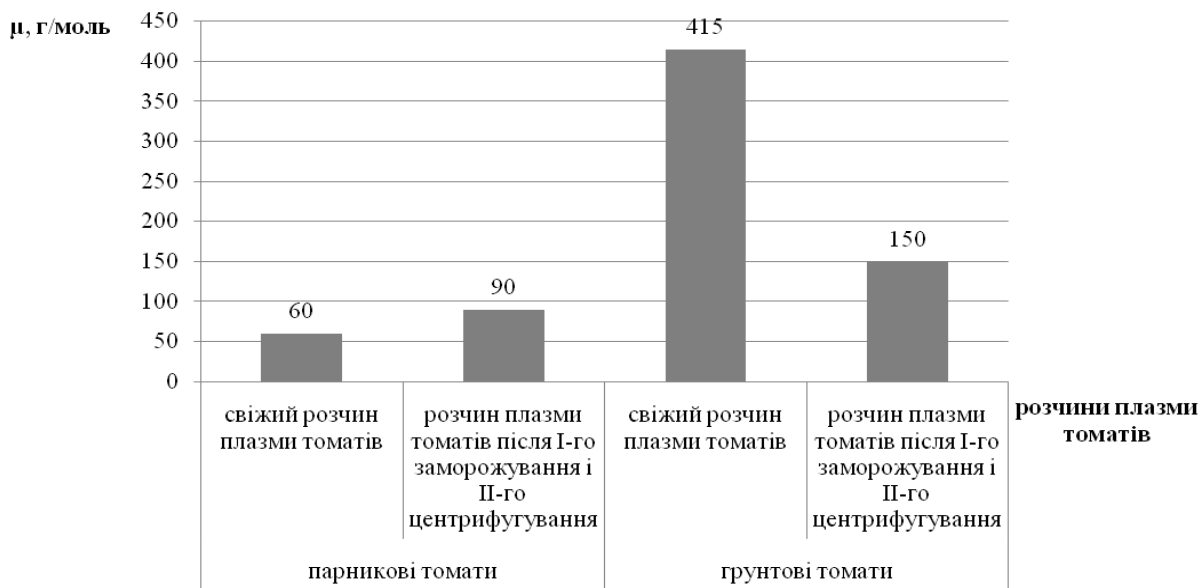


Рис. 3. Молярна маса розчинених речовин у розчинах плазми томатів

рожування призводить до збільшення v_{μ} для ґрунтових томатів і зменшення цього показника для парникових. Очевидно, це обумовлено тим, що рідка фаза томатів містить іони різної природи: органічного та неорганічного походження, які вступають чи не вступають у взаємодію з розчинником (водою). Речовини органічного походження (високомолекулярні сполуки), вступаючи у взаємодію з водою, розчиняються.

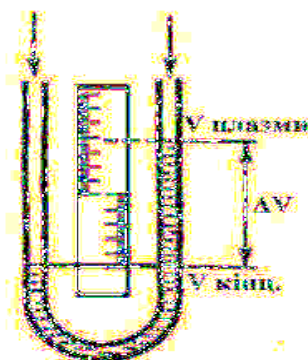


Рис.4. Схема U - подібного манометру

Першою стадією розчинення є набухання. Це явище характерне для всіх високомолекулярних сполук та ніколи не спостерігається у низькомолекулярних. Набухання – це процес поглинання полімером низькомолекулярної рідини (наприклад, води), що супроводжується збільшенням маси, об'єму полімеру і зміною конформації його макромолекул. При набуханні молекули розчинника проникають між макромолекулами високомолекулярних сполук. Сильна взаємодія компонентів призводить до поступового зміщення та нечіткості меж розподілу фаз. Швидкість цього процесу визначається рухливістю молекул. Тому перехід макромолекул у фазу розчинника відбувається повільно,

в той час як молекула розчинника швидко проникає у сітку полімеру, розсуваючи його ланцюги і тим самим збільшуючи об'єм, при цьому об'єм всієї системи зменшується. Так у ґрунтових томатів зі збільшенням циклів заморожування парціальний молярний об'єм зростає приблизно на 10...15%, це свідчить про високу розчинність сполук, що залишилися в плазмі томатів, які будуть поводити себе обернено відносно заморожування.

Плазма томатів являє собою колоїдний розчин, що містить часточки невеликих розмірів, у результаті чого рідина може здаватися прозорою, проте ці часточки є не окремими молекулами, а їх скупченням. Колоїдні часточки знаходяться в постійному русі внаслідок безперервних ударів з молекулами розчинника.

Колоїдні розчини можна розпізнати, якщо пропустити крізь них промінь світла: вони здаються мутними. Дрібні частинки, що входять до складу колоїдного розчину, стають видимими, так як розсіюють світло. Розміри і форму кожної частинки визначити не можна, але всі вони в цілому дадуть можливість простежити шлях світла.

Пройдення світла через колоїдну систему створює три оптичні ефекти: поглинання, відображення і розсіювання променів. Поглинання властиво всім системам, тоді як відображення більш характерно для грубодисперсних систем (емульсій і суспензій), де розмір частинок більше, ніж довжина хвилі опромінення. Світлові промені, що проходять через грубодисперсну систему, не можуть обійти часточки суспензій або емульсій. Вони безладно відбиваються і заломлюються на межі розділу часток з середовищем, обумовлюючи мутність суспензій та емульсій, видиму неозброєним оком. Тож, на відміну від молекулярних і іонних розчинів, які не мають поверхні розділу фаз і оптично однорідні, колоїдні розчини розсіюють світло.

Парціальний молярний об'єм води в плазмі ґрунтових томатів

Плазма томатів	V _ц , мл/моль			
	τ = 0	... хв	τ = 60 хв	τ = 90 хв
.....	(18,0±0,2)·10 ⁻³	(18,3±0,2)·10 ⁻³	(18,6±0,2)·10 ⁻³	(18,6±0,2)·10 ⁻³
Після першого заморожування	(18,6±0,2)·10 ⁻³	(19,0±0,2)·10 ⁻³	(19,0±0,2)·10 ⁻³	(19,0±0,2)·10 ⁻³
Після другого заморожування	(18,8±0,2)·10 ⁻³	(19,2±0,2)·10 ⁻³	(19,2±0,2)·10 ⁻³	(19,2±0,2)·10 ⁻³
Після третього заморожування	(19,2±0,2)·10 ⁻³	(19,5±0,2)·10 ⁻³	(19,5±0,2)·10 ⁻³	(19,5±0,2)·10 ⁻³
Після четвертого заморожування	(19,8±0,2)·10 ⁻³	(19,8±0,2)·10 ⁻³	(19,8±0,2)·10 ⁻³	(19,8±0,2)·10 ⁻³

Таблиця 4

Парціальний молярний об'єм води в плазмі парникових томатів

Плазма томатів	V _ц , мл/моль			
	τ = 0	... хв	τ = 60 хв	τ = 90 хв
.....	(21,3±0,2)·10 ⁻³	(20,8±0,2)·10 ⁻³	(20,8±0,2)·10 ⁻³	(20,8±0,2)·10 ⁻³
Після першого заморожування	(19,6±0,2)·10 ⁻³	(19,2±0,2)·10 ⁻³	(19,2±0,2)·10 ⁻³	(19,2±0,2)·10 ⁻³
Після другого заморожування	(19,2±0,2)·10 ⁻³	(19,0±0,2)·10 ⁻³	(19,0±0,2)·10 ⁻³	(19,0±0,2)·10 ⁻³
Після третього заморожування	(18,9±0,2)·10 ⁻³	(18,8±0,2)·10 ⁻³	(18,8±0,2)·10 ⁻³	(18,8±0,2)·10 ⁻³
Після четвертого заморожування	(18,8±0,2)·10 ⁻³	(18,8±0,2)·10 ⁻³	(18,8±0,2)·10 ⁻³	(18,8±0,2)·10 ⁻³

При пропусканні паралельного пучка світла через колоїдний розчин спостерігається конус розсіяного світла – ефект Тиндаля. За здатністю розсіювати світло можна визначати концентрацію колоїдних частинок у розчині [6].

Визначення кута розсіювання світла (“ефект Тиндаля”) проводили в плазмі ґрунтових і парникових томатів, що підлягала центрифугуванню та багаторазовому заморожуванню. Через прозору посудину (мірний циліндр) з досліджуваним зразком пропускають промінь світла та спостерігають розсіювання світла. Промінь повинен мати вигляд конуса чи трикутника, який видно на темному фоні. Потім вимірюють його довжину (b) від вершини до будь-якої обраної точки та основу (a) (рис. 5).

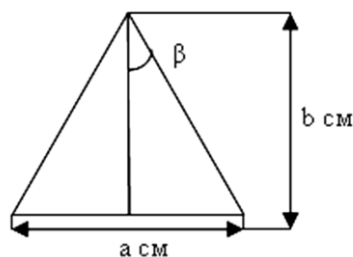


Рис. 5. Схема визначення кута розсіювання світла

Тангенс кута розсіювання світла розраховуємо за формулою:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{a}{2b} \quad (8)$$

Отримані результати зображено на рис. 6.

З рис. 6 видно, що циклічність заморожування однаково впливає на значення кута розсіювання світла в плазмі ґрунтових та парникових томатів: β зменшується зі збільшенням циклів заморожування. Це зумовлено тим, що після кожного наступного центрифугування та заморожування до -20° С часточки, що здатні розсіювати світло, видаляються разом з утвореним осадом.

4. Висновки

Таким чином, проведені кріоскопічні дослідження плазми ґрунтових і парникових томатів показали, що:

1. Середня молярна маса речовин, які обумовлюють кріоскопічні температури в парникових і ґрунтових томатів, істотно відрізняється, що може використовуватися як сигнатура умов вирощування томатів. Крім того, той факт, що середня молярна маса для парникових томатів дуже мала (область неорганічних сполук), вказує на те, що в процесі зростання томати „харчувалися” на штучному ґрунті (гідропоніка, мінеральна вата, торф, цеоліт або суміш торфу з цеолітом в різних співвідношеннях). Для ґрунтових томатів кількість речовин органічного походження суттєво більша. Отже, середню молярну масу розчинених речовин, що була визна-

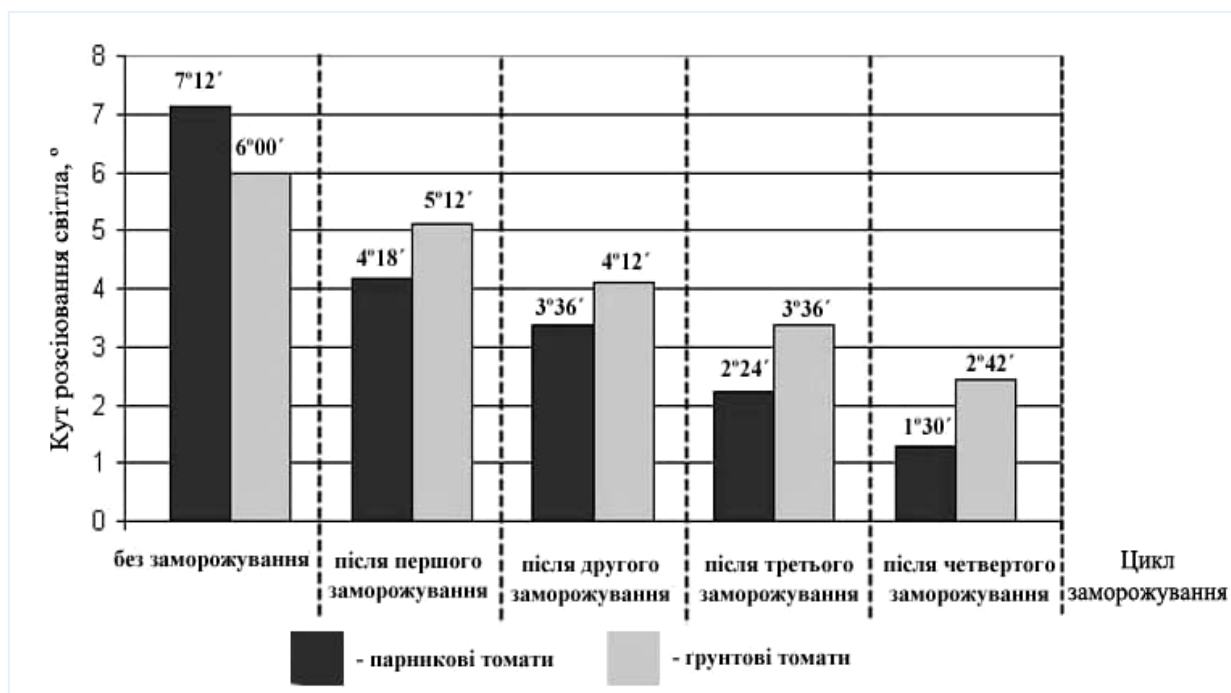


Рис. 6. Кут розсіювання світла в плазмі томатів

чена кріоскопічним шляхом, необхідно вважати важливим товарознавчим показником якості і безпеки томатів.

2. Заморожування як технологічний прийом впливає на зміну парціального молярного об'єму води в плазмі томатів. Так, збільшення цього показника для ґрунтових томатів свідчить про наявність у них високомолекулярних сполук, а зменшення v_{μ} – низькомолекулярних сполук у парникових томатах. Виходячи з цього, парціальний молярний об'єм води в плазмі томатів також можна вважати сигнатурою умов їх вирощування.

3. Кут розсіювання світла в свіжій плазмі парникових томатів на 10...15% більший, ніж у ґрунтових. Також зазначено, що після четвертого заморожування та центрифугування кількість часточок, які знаходяться в плазмі ґрунтових томатів у 2 рази більша, ніж у парникових. Очевидно, це обумовлено тим, що молекули речовин, які входять до складу парникових томатів, слабо зв'язані між собою і тому легше видаляються шляхом заморожування та центрифугування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Улянич Е. Потребительская ценность и особенности технологии выращивания помидоров / Е. Улянич // АПК – Информ: Овощи и фрукты. – 2006. – № 3. – С. 11-14.
2. Смоляр В. І. Сучасні проблеми ідентифікації та фальсифікації харчових продуктів / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2007. – № 2. – С. 15-21.
3. Телеснин Р. В. Молекулярная физика. / Р. В. Телеснин – М.: Высшая школа, 1965. – 297 с.
4. Харнед Г. Физическая химия растворов электролитов / Г. Харнед, Б. Оун. – М., 1952. – 629 с.
5. Ефимов П. В. Предельный парциальный мольный объем одноатомных ионов в растворах / П. В. Ефимов // Вестник ХНУ. – 2008. – Вип. 16 (39). – № 820. – С. 303–306.
6. Кругляков П. М. Физическая и коллоидная химия: учеб. пособ. / П. М. Кругляков, Т. Н. Хаскова – М.: Высшая школа, 2005. – 319 с.