

## **«Дослідження заморожування, зберігання і розморожування плодоовочевої продукції»**

Виконавці: к. т. н., доцент Постол Ю.О., к. т. н., доцент Стручаєв М.І.

### **Актуальність проблеми**

Робота присвячена аналізу процесів заморожування, зберігання та розморожування плодової та овочевої продукції, наведено результати та аналіз досліджень заморожування та розморожування кукурудзи, яблук, картоплі, груші. Наведено результати досліджень зміни фізико-хімічних і теплофізичних показників та мікроструктури зерен цукрової кукурудзи за різних стадій стиглості, а також після заморожування та тривалого зберігання. Розглядається можливість використання коефіцієнта теплопровідності як критерію якості та стиглості цукрової кукурудзи.

Проблема зберігання плодоовочевої продукції є актуальною в наш час, Одним з найбільш ефективних способів зберігання є заморожування, але продукти після розморожування втрачають свої властивості. Це відбувається в наслідок того, що дрібні кристали частково ушкоджують продукцію на клітинному рівні, тому постає завдання в правильному заморожуванні і розморожуванні.

На основі останніх експериментів [1], було виявлено, що заморожування триває приблизно 2 години у звичайному холодильнику, або 2...3 хвилини у рідкому або у газоподібному азоті. Кожен продукт харчування (груша, яблуко, картопля і таке інше) має свої особливості заморожування. Замерзлі харчові продукти можна розморожувати також по різному, наприклад під атмосферним тиском [2], або під надлишковим тиском [3] близько 2...5 атм. В останньому, випадку в камері для розморожування використовують рідинне або газоподібне навколишнє середовище, таким чином зберігаючи клітинну структуру, склад і зовнішність харчових продуктів після розморожування. У випадку використання води, харчові продукти, можна, розморожувати під тиском без застережень, тоді як у випадку газоподібного середовища треба використовувати гази, які не окислюють плодоовочеву продукцію, або гази, які

блокують атмосферний кисень, переважно це вуглекислий газ, азот, гелій або аргон. Бажано, щоб температура розморожування забезпечувалась внутрішнім нагріванням харчових продуктів, наприклад високим частотним діелектричним нагріванням, індуктивним нагріванням або нагріванням за рахунок електричного опору продуктів.

### Матеріали досліджень

Для дослідження процесів запропоновані технічні установки (рис. 1, рис. 2), які отримали практичне втілення і показали свою функціональність [4].

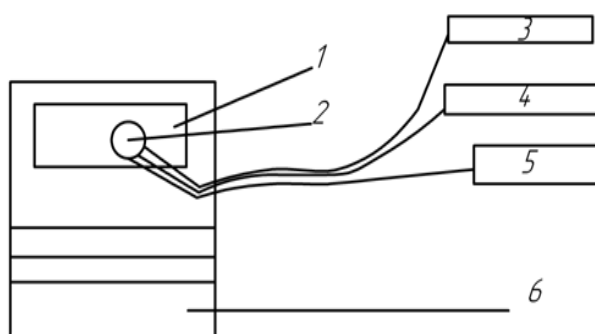


Рис. 1. Випробувальна установка: 1 - морозильна камера, 2 - дослідний продукт, 3 – мультиметр, 4 – амперметр, 5 – вольтметр

Щоб заморожування відбувалося швидше, потрібно наперед приготувати відділення для заморожування: звільнити зону найнижчих температур в камері, за 4-5 годин до закладки свіжих продуктів включити режим заморожування або перевести ручку регулятора температури на найбільш холодний режим. При цьому температура в морозильній камері знизиться до мінус 20 °С. Заморожування продуктів повинне відбуватися дуже швидко, тому що, при повільному заморожуванні утворюються крупні кристали льоду, які розривають тканини плодів або овочем. Після розморожування, у разі ушкодження з тканин витікають соки, погіршуються поживні і гастрономічні властивості, колір і смак. Швидкість заморожування залежить не тільки від температури, але і від розмірів продукту, який заморожують.

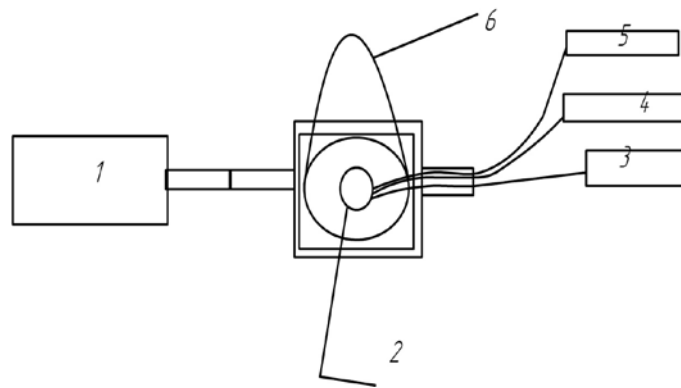


Рис. 2. Установка заморожування і розморожування під тиском: 1 – компресор, 2 – дослідний продукт, 3 – амперметр, 4 – вольтметр, 5 – мультиметр, 6 – резервуар

Найкращий для заморожування діаметр продукту – 30...50 мм. Час промерзання до центру плода при цьому складає відповідно: 2,0...2,5 години в морозильній камері при мінус 20 °С, 20...30 хвилин у парах азоту та 2...3 хвилини у рідкому азоті мінус 196 °С. У відділенні для заморожування, перевірені за допомогою розробленого нами пристрою експрес-оцінки придатності для заморожування плодоовочевої продукції [5]., плоди потрібно укладати з невеликим зазором для циркуляції повітря, щоб вони швидше проморозилися. Якщо плоди укласти один на іншій, то заморожування буде сповільненим, не швидше, ніж єдиного куска такої ж товщини. При заморожуванні рідких продуктів у пакеті слід залишати вільний простір 2...3 см для розширення. Овочі з великим вмістом вологи і салати краще не заморожувати. Фрукти і ягоди можна заморожувати різними способами. Нарізані і дрібні фрукти і овочі в натуральному вигляді можна заморожувати у пакетах завтовшки 2...3 см, або в цукровому сиропі у неглибокому піддоні. Плоди заморожені в цукровому сиропі (100-200 г цукру на 0,5 л води) придатні для вживання у замороженому вигляді, на кшталт морозива [6], або у розмороженому [7]. На кожен кілограм фруктів заливають 0,5 л сиропу. Щоб фрукти не спливали, зверху укладають скручений вощений папір. Фруктове пюре з великоплідних яблук і груш дозволяє максимально зберегти вітаміни і мікроелементи після тривалого зберігання. Для приготування пюре можна

використовувати підготовлені, крупні плоди, перевірені на наявність дефектів, запропонованим нами способом [8]. Існує декілька способів розморожування продуктів. Краще всього живильні і смакові якості зберігаються при швидкому розморожуванні в мікрохвильовій печі. Овочі, можна розморожувати при кімнатній температурі, в холодильній камері або мікрохвильовій печі. При кімнатній температурі 0,5...1 кг овочів розморожуються за 3-4 години, а в мікрохвильовій печі за 4-6 хвилин. Овочі, а також ягоди і фрукти, рекомендується розморожувати безпосередньо перед вживанням, тому що у розмороженому стані вони через декілька годин темніють, розм'якшуються, набувають сторонній запах і присмак.

В результаті виконаних дослідів та обробки інформації отримано графічне зображення (рис. 3) та емпірична залежність (1) процесів заморожування та розморожування яблук сорту Голден Делішес із достовірністю  $R^2 = 0,8567$ .

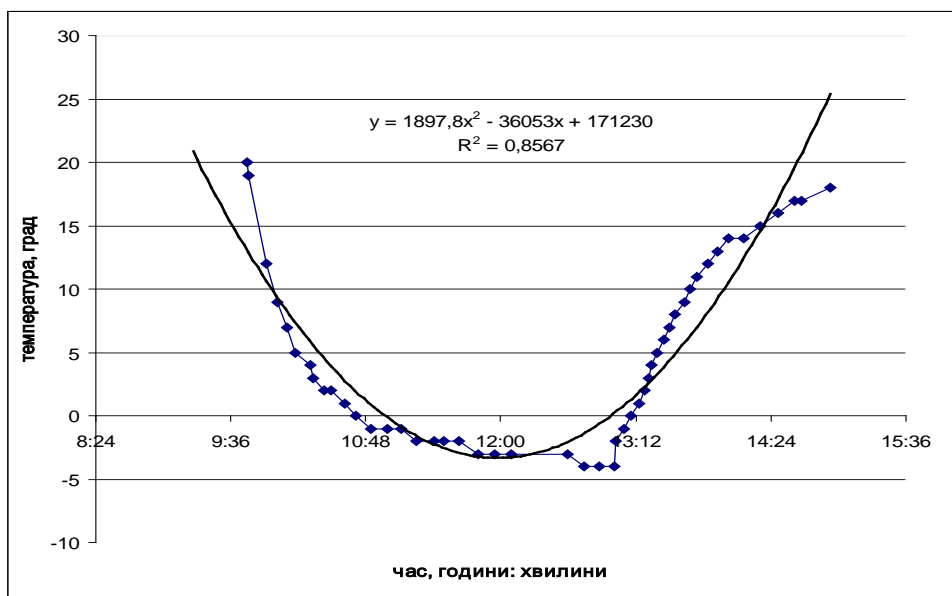


Рис. 3. Дослідження процесів заморожування і розморожування яблука

$$y = 1897,8x^2 - 36053x + 171230 \quad (1)$$

Графічне зображення (рис.4 ) та емпірична залежність (2) процесів заморожування та розморожування картоплі Рожева Мелітопольська із достовірністю  $R^2 = 0,9787$ .

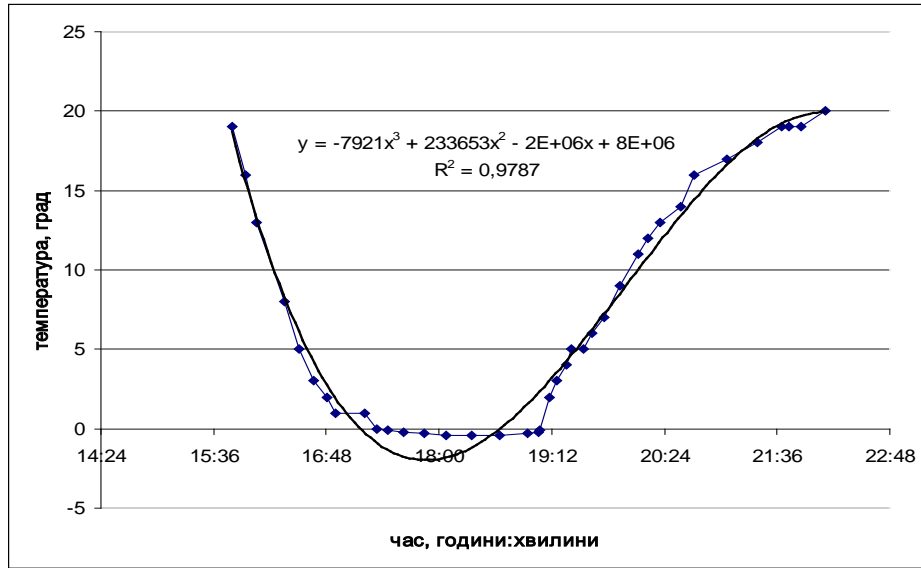


Рис. 4. Дослідження процесів заморожування і розморожування картоплі

$$y = -7921x^3 + 233653x^2 - 2E+06x + +8E+06 \quad (2)$$

Отримані експериментальні дані аналізувались за стандартними методиками обробки даних (таблиця 1, таблиця 2).

Таблиця 1. Заморожування і розморожування груші

час	T, °C	R, кОм	U = , мВ	U ~ , В
0:00	17	8,8	-14,3	0,008
0:22	13	11	-5,9	0,008
0:40	8	14,2	-1,6	0,008
0:47	7	15	-2,8	0,008
1:02	5	18,4	-6,7	0,008
1:16	3	24,5	-7,1	0,008
1:32	2	32,5	-12,6	0,008
1:47	1	38	-17,6	0,008
2:02	0	45	-21,1	0,008
2:13	0	47	-44,3	0,008
2:37	-1	115	14,1	0,008

3:42	-1	30	-2,6	0,008
5:37	-1	610	-4,1	0,008
7:42	-1	900	-4,4	0,008
8:17	0	1000	-4	0,008
8:22	0	1040	-3,4	0,008
9:42	8	730	9,22	0,008

Таблиця 2 Заморожування і розморозки картоплі

час	T, °C	R, МОм	U=, В	U~, В	I=,А	I~,А
0:00	25	0,68	21,3	0,01	0,002	0,03
0:08	24	1	35	0,01	0,002	0,03
0:17	20	0,8	17,8	0,01	0,002	0,03
0:29	18	1,32	39	0,01	0,002	0,03
0:42	13	0,64	22,2	0,01	0,002	0,03
0:51	11	0,6	44	0,01	0,002	0,03
0:59	10	0,77	22,8	0,01	0,002	0,03
1:07	9	0,77	11,8	0,01	0,002	0,03
1:19	7	0,77	13	0,01	0,002	0,03
1:30	6	0,64	7,9	0,01	0,002	0,03
1:39	6	0,6	14	0,01	0,002	0,03
1:54	5	0,4	15,3	0,01	0,002	0,03
2:04	5	0,65	22,2	0,01	0,002	0,03
3:34	4	0,84	3,4	0,01	0,002	0,03
7:17	3	0,85	-37,6	0,01	0,002	0,03

Електричний струм, опір і напруга продукту при заморожуванні і розморозуванні змінюються. Виявлено, що при цьому у продуктах протікають мікроструми. При заморожуванні струм зростає, а при розморозуванні він падає. З цього слідує що будь-який продукт можна

На півдні України вирощується біля 50 сортів та гібридів цукрової кукурудзи [9]. При відповідному підборі сортів та гібридів з різними термінами досягання, а також при ступеневому графіку посіву тривалість періоду її дозрівання можна збільшити до 40 діб [10].

Цукрову кукурудзу збирають у фазі молочної стиглості з переходом на молочно-воскову стиглість, коли зерна добре визріли, набули характерного для цієї фази сортового кольору. Фаза молочної стиглості у цукрової кукурудзи в південних районах України триває усього біля 2 днів, в північних – 5-6 днів [10, 11, 12, 13].

Серед способів та методів зберігання і консервування цукрової кукурудзи найчастіше використовують метод стерилізації в банках, зберігання в регульованому газовому середовищі і заморожування [11,12].

Однак, не дивлячись на те, що відсоток споживання консервованої кукурудзи декілька вище, ніж замороженої, консервування у порівнянні із заморожуванням має два суттєвих недоліки. Заморожування характеризується меншим споживанням енергії, ніж інші способи консервування: на всьому шляху продукту від поля до споживача необхідно 9000-10440 МДж енергії на тонну [14].

При виробництві консервів витрачається 176400 МДж енергії на тонну, якщо використовувати жерстяні банки, а у випадку використання скляних банок споживання енергії зростає до 24840 МДж на тонну. Крім того, при консервуванні від зернівки кукурудзи молочно-воскової стиглості відрізається зародок, в якому міститься основна маса вітамінів та біологічно-активних речовин, чого не відбувається при заморожуванні у качанах [12, 14].

В молочній стадії стиглості качан цукрової кукурудзи має 30-40 % листків та волоті, 30-40 % стрижня и 25-35 % зерен. При роздавлюванні зерен з них витікає молочно-білий сік. При заморожуванні кукурудзи в фазі передмолочної стиглості продукт буде водянистим, а при використанні перезрілої кукурудзи (молочно-воскової стиглості) – продукт матиме великий вміст крохмалю і не дуже гармонійний смак [9, 11, 12,].

Найкращі смакові властивості (цукристість, духмяність, соковитість) кукурудза цукрова має за умови збирання при температурі повітря нижче 20-22°C. Добрі результати дає нічне збирання, яке забезпечує отримання рівномірно охолодженої високоякісної продукції. При підвищених температурах цукри перетворюються в крохмаль і кукурудза втрачає свої особливі смакові властивості [9, 10].

Кукурудза, яка потрапляє на заморожування, повинна бути солодкою, соковитою, з ніжною консистенцією та приємним смаком. Кукурудзу, зібрану качанами, необхідно доставляти в цехи заморожування не пізніше, ніж за 6 годин після збирання, потім її необхідно ретельно відсортувати, швидко підготувати до заморожування і негайно заморозити, так як протягом 24 годин вміст цукру в ній зменшується на 50 % [5-12].

При проведенні досліджень використовувалася матеріально-технічна база Таврійського державного агротехнологічного університету м. Мелітополя. Відбір зразків цукрової кукурудзи гібриду Челленджер F1 проводився в період масового збору врожаю. Урожай збирали вручну, виламуючи качани з усієї облікової ділянки, із одночасним сортуванням за ступенем стиглості. Для одержання зіставних і відтворних результатів відбиралася середня проба, в кількості, достатньої для п'ятикратного проведення оцінки якості за всіма показниками за стандартними методиками [12, 13, 14].

Підготовка продукції до заморожування складалася із сортування; інспекції; миття проточною водою і видалення води. Заморожування качанів здійснювали за температури мінус 24°C у морозильній камері до температури мінус 20±2°C. Зберігали зразки за температури мінус 20±2°C протягом 6 місяців.

Челленджер F1 – середньоранній гібрид для споживання в свіжому вигляді і переробки. Відрізняється чудовим смаком, чудовою схожістю і енергією проростання, відносна стійкість до комплексу хвороб, у тому числі, головні. Дозріває в середньому через 77-80 днів після посіву. Висота рослин в



середньому – 200-205 см. Качани знаходяться на висоті близько 68 см. Довжина качанів 20-22 см, діаметр 5,2 см, з 16-18 прямими рядами жовтих зерен [9].

Результати досліджень зміни фізико-хімічних показників кукурудзи цукрової гібриду Челленджер F1 свідчать, що при переході до фази молочно-воскової стиглості вміст цукрів у зерні цукрової кукурудзи значно зменшується порівняно з вмістом у фазі молочної стиглості (табл. 3).

Таблиця 3 – Показники якості зерна гібриду кукурудзи цукрової Челленджер F1

Показники	Фаза стиглості зерна			
	передмолочна	молочна	МОЛОЧНО- ВОСКОВА	МОЛОЧНА*
Вміст вологи, %	77,12±0,04	74,35±0,07	64,64±0,02	70,51±0,04
Вміст цукрів на сиру масу, %	2,83±0,02	3,30±0,04	2,41±0,01	2,91±0,02
Вміст цукрів на суху масу, %	10,92±0,05	12,64±0,05	7,52±0,03	11,23±0,06
Дегустаційна оцінка, бали	4,2	4,5	3,7	4,3

Примітка.\* – після 6 місяців зберігання у замороженому вигляді.

Качани цукрової кукурудзи гібриду Челленджер F1 при переході до фази молочно-воскової стиглості в зерні втрачали вологи від 12,5 % до 3,8 %; цукрів – 3,4 та 1,4 % на суху масу відповідно.

Результати дегустаційної оцінки показують, що найкращими смаковими якостями і ніжнішою консистенцією відрізнялися свіжовідварені качани цукрової кукурудзи гібриду Челленджер F1 молочної стадії стиглості (загальна оцінка 4,5 балів).

Качани, зібрані у фазі молочно-воскової стиглості, значно знизили смакові якості і відрізнялися більш жорсткою консистенцією; загальна оцінка знизилася до 3,7 балів. Качани кукурудзи цукрової гібрида Челленджер F1, зібрані в молочній стадії зрілості, майже не втратили смакових якостей при заморожуванні і тривалому зберіганні у замороженому вигляді протягом 6 місяців, і одержали порівняно високі оцінки дегустаторів – 4,3 бали.

Якість качанів цукрової кукурудзи можна визначити за коефіцієнтом теплопровідності (рис.5). З рисунка видно, що коефіцієнт теплопровідності має найвище значення для стадії передмолочної стиглості, коли продукт має найвищий вміст води, а найнижче – у перезрілої кукурудзи (молочно-воскової стадії стиглості), коли вміст води та цукрів значно знижується. Кукурудза молочної стадії стиглості має середні значення коефіцієнта теплопровідності (0,4297-0,4749 Вт/(м\*К)) при температурі збирання 20-25 °С. Отже, цей показник можна використовувати для визначення оптимального ступеня стиглості та якості цукрової кукурудзи.

Іншим методом оцінки якості цукрової кукурудзи може бути дослідження зміни мікроструктури за гістологічними зрізами (рис. 6). З рис. 6 видно, що передмолочна стадія дає незаповнений глобулами поживних речовин зріз. Найбільш рівномірне заповнення у зерен кукурудзи молочної стиглості, зерна молочно-воскової стиглості мають великі гранули крохмалю.

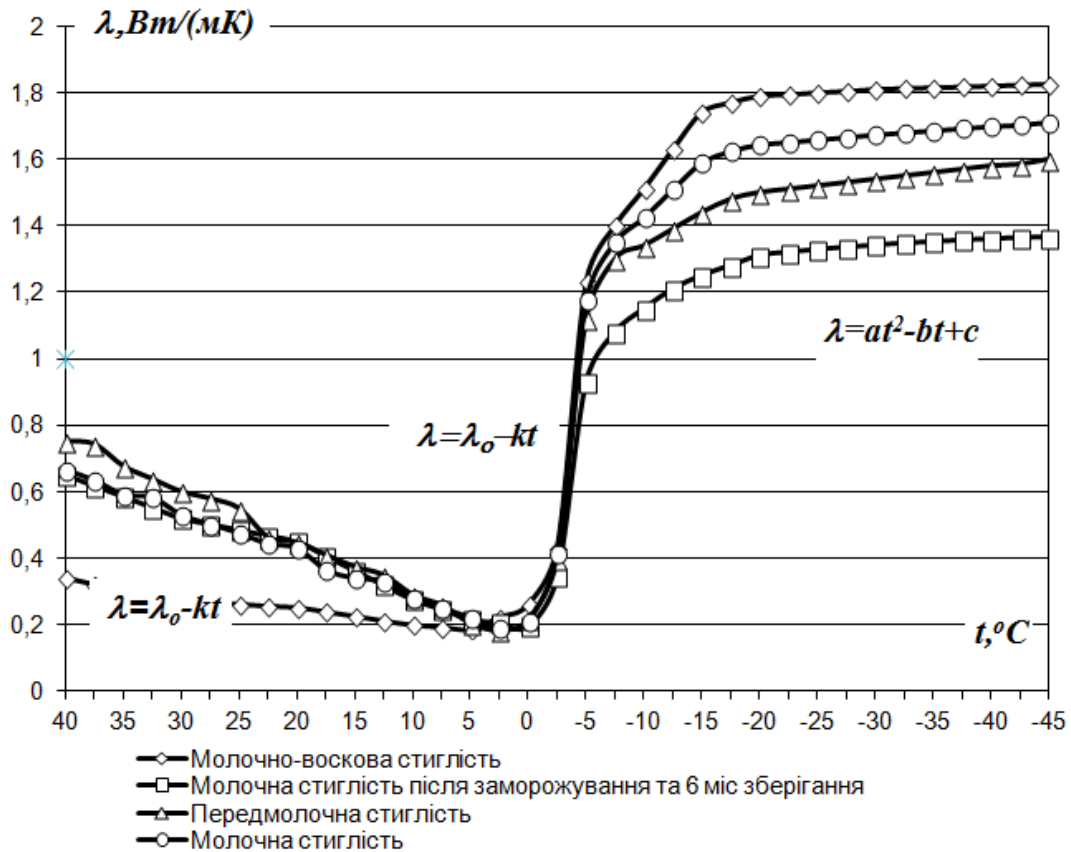
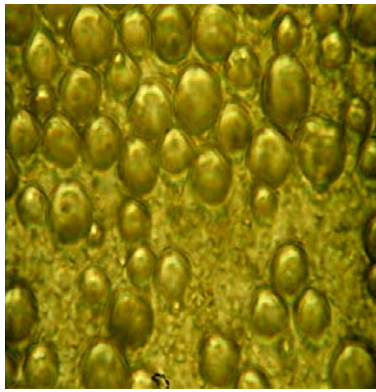
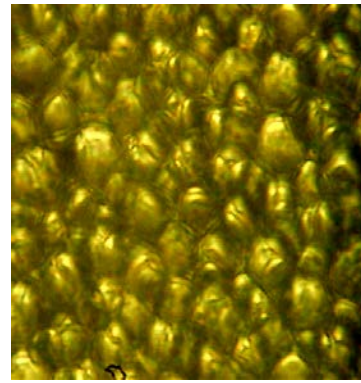


Рис. 5 – Зміна коефіцієнта теплопровідності качанів цукрової кукурудзи гібриду Челленджер F1 залежно від стадії стиглості та після заморожування і тривалого зберігання.

На рис.6 г представлено зріз кукурудзи молочної стиглості після 6 місяців зберігання у замороженому вигляді. Як бачимо, мікроструктура зерен зберігається майже незмінною, що дозволяє рекомендувати даний спосіб для подовження терміну споживання смачних та корисних качанів цукрової кукурудзи в осінньо-зимовий період.



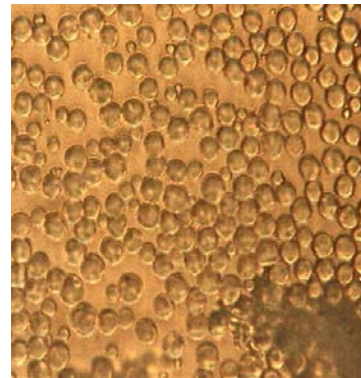
а



б



в



г

Рис. 6 – Гістологічні зрізи зерен цукрової кукурудзи гібриду Челленджер F1: а – передмолочна стиглість; б – молочна стиглість; в – молочно-воскова стиглість; г – молочна стиглість, після 6 місяців зберігання у замороженому вигляді.

### Висновки

1. Результати визначення фізико-хімічних показників зерен кукурудзи цукрової гібриду Челленджер F1 свідчать про те, що при переході від передмолочної до молочно-воскової фази стиглості вміст вологи в них знижується у 1,2 рази. Вміст цукрів на суху масу найвищий у молочній стадії – 12,64 %, у молочно-восковій – зменшується у 1,7 рази.

2. В результаті досліджень встановлено чітку залежність коефіцієнта теплопровідності від стадії стиглості, що дозволяє використовувати його як критерій якості та стиглості цукрової кукурудзи. При температурі збирання 20-25 °С коефіцієнт теплопровідності для молочної стадії знаходиться в межах 0,4297-0,4749 Вт/(м\*К).

3. Органолептичні, фізико-хімічні показники та мікроструктура зерен цукрової кукурудзи молочної стадії стиглості після заморожування та 6 місяців зберігання змінюються незначно і залишаються на достатньо високому рівні.

### Список літератури

1. Определение времени замораживания ягод винограда / А. И. Стручаев, Н. И. Стручаев // Прикладные задачи математики и механики ("ПЗММ" - 2012): матер. XX междунар. науч.-техн. конф. (Севастополь, 10-14 сентября 2012 г.) / СевНТУ. - Севастополь, 2012. - С. 122-126.
2. Забезпечення якості та енергетичний аналіз процесів заморожування і дефростації плодоовочевої продукції / В. Ф. Ялпачик, М. І. Стручаєв, Ф. Ю. Ялпачик // Проблеми якості, стандартизації, сертифікації та метрологічного забезпечення: матер. Міжнар. наук.-практ конф. (18-20 вересня 2013 р., м. Херсон) / ХНТУ. - Херсон, 2013. - С. 69-70.
3. Пат. 8078, Україна, МПК: H05B6/80 (2006.01), A23B7/04(2006.01). Спосіб дефростації плодової, овочевої або ягідної продукції/ Стручаєв М.І., Ялпачик В. Ф., Стручаєв К.М.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № u200500298; заявл. 13.01.2005; опубл. 15.07.2005. Бюл. № 7.
4. Експериментальне визначення коефіцієнта теплопровідності при заморожуванні / В. Ф. Ялпачик, М. І. Стручаєв, В. Г. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання / ТДАТУ. - Мелітополь, 2017. - Вип. 17, т. 1 : Технічні науки. - С. 113-118.
5. Пат.67033А, Україна, МПК: G01N33/02(2006.01). Пристрій експрес-оцінки придатності для заморожування плодоовочевої продукції/ Стручаєв М.І., Стручаєв К.М., Сабо О.Б., Лобода О.І.; заявник і патентовласник Таврійська державна агротехнічна академія. – № 2003054776; заявл. 27.05.2003; опубл. 15.06.2004. Бюл. № 6.
6. Формування заморожених соків / М. І. Стручаєв, Н. П. Загорко, В. Г. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету :

наукове фахове видання / ТДАТУ. – Мелітополь, 2018. – Вип. 18, т. 1 : Технічні науки. – С. 246-252.

7. Пат. 90567, Україна, МПК: H05B 6/80(2006.01). Спосіб дефростації плодової, овочевої або ягідної продукції в цукровому сиропі / Стручаєв М.І., Григоренко О.В., Загорко Н.П.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № а201309582; заявл. 31.07.2013; опубл. 10.06.2014. Бюл. № 11.

8. Пат.68041А, Україна, МПК: G01N33/02(2006.01). Скануючий пристрій для контролю якості плодової та овочевої продукції/ Стручаєв М.І., Сабо О.Б., Сабо А.Г., Стручаєв К.М.; заявник і патентовласник Таврійська державна агротехнічна академія. – № 2003098145; заявл. 01.09.2003; опубл. 15.07.2004. Бюл. № 7.

9.Циков В.С. Кукуруза: технологія, гібридн, семена / В.С. Циков. — Днепропетровск: Зоря, 2003. – 296 с.

10.Дубровін В.В. Конвеєрне вирощування кукурудзи: автореф. дис..к.с.-г.н.: спец. 06.01.06 «Овочівництво» / В.В. Дубровін. – Київ, 2006. – 17 с.

11.Семеняка І. Харчова кукурудза / І. Семеняка // The Ukrainian Farmer. – 2012. – Режим доступу: <http://www.agrotimes.net/harchova-kukurudza.html>.

12. Скалецька Л.Ф. Основи наукових досліджень зі зберігання та переробки продукції рослинництва / Л.Ф. Скалецька, Г.І. Подпрятков, О.В. Завадська. – К.: НАУ. – 2006. – 204 с.

13.Плеханова Т.П. Цукрова кукурудза / Т. П. Плеханова. – Харків, 2011. – Режим доступу: <http://divo-gorod.narod.ru>.

14.Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов/ А.С. Гинзбург, М.А. Громов.– М.: Агропромиздат, 1987.– 272 с.