

УДК 633.63:577.356:542.934

# СТАН ВОДИ ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ПАРЕНХІМНИХ ТКАНИН ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ДО ТА ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ

МИХАЙЛИК В.А. —

к.т. наук, с.н.с., зав. лабораторією  
теплофізичних та фізико-хімічних  
досліджень,

ДАВИДОВА О.О. —

к.т. наук, с.н.с.

Інститут технічної теплофізики  
Національної академії наук України, вул.  
Академіка Булаховського, 2, Київ, 00164,  
Україна, \*e-mail. mhlk45@gmail.com

**Вступ.** Вода відіграє найважливішу роль в процесах, що відбуваються в рослинах при вегетації і в сировині при зберіганні та переробці. Процеси, що відбуваються в цукрових буряках при зберіганні, надзвичайно складні, а чинники, від яких ці процеси залежать, численні. Протягом всього періоду зберігання корінь залишається живим організмом із властивим йому комплексом складних процесів перетворення речовин. Відомі три основні причини, в результаті впливу яких корінь позбавляється властивої йому стійкості й здатності тривалий час зберігатися. Це — підмерзання, підв'ялювання та механічні пошкодження [1], в яких вода відіграє важливу роль.

При підмерзанні кристали льоду руйнують стінки клітин, що призводить до втрат сахарози, як через витік соку, так і за рахунок мікробіологічних та ферментативних процесів розкладання [1–5].

Втрата води клітинами при підв'ялюванні викликає глибокі фізіологічні зміни в корені. Навіть незначна втрата води викликає помітну активацію інвертази. Подальша втрата води підсилює гідролітичну дію інвертази, в чому вбачається одна з найбільш важливих сторін згубної дії підв'ялювання на корінь [1].

Механічні пошкодження перидерми кореня активізують дихання, утворюють умови до інтенсивного зневоднення та розвитку згубної мікрофлори [4–6], що в підсумку призводить до втрат сахарози.

Втрата води пов'язана з подоланням міжмолекулярних сил та розривом водневих зв'язків, що викликає руйнування структури рослинних тканин. Водоутримуюча здатність клітин визначається інтегральною величиною міжмолекулярних сил і залежить від загального фізіологічного стану рослини.

Стан води в рослинних тканинах характеризується певною структурою як в самій клітині, так і поза нею. У біологічних об'єктів рослинного походження відзнача-

ють, принаймні, два стани води, один — схожий зі станом чистої води (вільна вода), інший виникає в результаті вигідних енергетичних взаємодій з макромолекулами біополімерів, молекулами і іонами клітинного соку (зв'язана вода) [7].

Метою даного дослідження було вивчення змін в стані води під час зневоднення паренхімних тканин зрілих свіжого та після довгострокового зберігання коренів цукрового буряку.

**Матеріали, метод та методика досліджень**

В дослідженні використані паренхімні тканини свіжого та після зберігання протягом 8 місяців при відносній вологості повітря 85–90% та температурі 280–282 К коренів цукрового буряку.

Сахаристість (Сх) та вміст сухих речовин (СР) визначали згідно загально прийнятих методик [8]. В свіжому корені Сх = 17,6; СР = 25,5 мас.%. У його соку Сх = 19,2; СР = 21,9 мас.%.

Для визначення стану води був застосований метод диференціальної скануючої калориметрії (ДСК) та методика, що базується на властивості зв'язаної води не зазнавати фазовий перехід першого роду при температурах нижче 273 К (незамерзаюча вода) [9, 10]. Завдяки цій властивості нагрівання в калориметрі попередньо охолоджених до температури 123 К зразків паренхімних тканин, що містять вільну і зв'язану воду, викликає плавлення вільної води (замерзаюча вода), кількість якої визначали за теплою плавлення. Вимірювання виконані в диференціальному скануючому мікрокалориметрі ДСМ-2М з використанням прикладної комп'ютерної програми «Water-5», написаної на мові програмування Delphi.

Плавлення є рівноважним фазовим переходом, тому площа, що знаходиться між піком плавлення кривої ДСК й інтерпольованою базовою лінією калориметра, пропорційна тепловому ефекту, визначення якого здійснювали за результатами градування [11]. Градування калориметра виконували з використанням еталонної речовини — дистильованої води подвійної перегонки з ентальпією плавлення 333,5 Дж г<sup>-1</sup> [12].

Масу замерзаючої води  $m_f$  визначали із співвідношення:

$$m_f = \frac{Q_{m_{st}} \Delta H_{st}}{Q_{st} \Delta H} \quad (1)$$

де:  $m_{st}$  — маса еталонної речовини, г;  $Q$  — теплота плавлення води в зразку, Дж;  $Q_{st}$  — теплота плавлення еталонної речовини, Дж;  $\Delta H$  — питома теплота плавлення води в зразку, Дж г<sup>-1</sup>;  $\Delta H_{st}$  — питома теплота плавлення еталонної речовини, Дж г<sup>-1</sup>.

Масу незамерзаючої води  $m_{nf}$  обчислювали як різницю між загальною кількістю води в зразку і замерзаючою її частиною:

$$m_{nf} = m_w - m_f \quad (2)$$

де:  $m_w$  — загальна маса води в зразку, г.

Вміст води в зразках визначали методом висушування до постійної маси в сушильній шафі при 378 К після завершення калориметричних вимірювань та розгерметизації контейнерів. Зважування здійснювали на мікроаналітичних вагах ВЛМ-1 з точністю  $\pm 0,01$  мг.

Зразки паренхімних тканин товщиною 1,5–2,0 мм, діаметром 5–6 мм та масою 2,86–16,22 мг вирізали з середньої частини кореня. Необхідний спектр вологості отримували шляхом їх підсушування в потоці повітря з температурою, що не перевищувала 343 К. Підготовлені зразки закривали в герметичні алюмінієві контейнери. Для усунення можливого градієнта вологовмісту по об'єму зразків контейнери витримували при 293–294 К протягом 2–3 годин.

Підготовлені контейнери зі зразками почергово розміщували в вимірювальний блок мікрокалориметра, де зі швидкістю 32 К / хв. охолоджували до 123 К. Після встановлення температурної рівноваги в калориметричних осередках і витримки протягом 5 хв. зразки нагрівали зі швидкістю 4 К / хв., реєструючи криві ДСК (рис. 1). Зазначена швидкість охолодження обумовлена необхідністю запобігання кристалізації цукрози, утворення дрібнокристалічної структури льоду та зменшення осмотичної міграції замерзаючої води. Темп нагрівання підібраний експериментально. Це дало можливість при заданих чутливості вимірювальної системи калориметра та масі зразків одержати ДСК-криві з достатньою роздільною здатністю й досягти похибки виміру теплоти плавлення не більше 0,5%. Були враховані рекомендації щодо збільшення точності вимірювання та усунення побічних теплових ефектів [13].

Для запобігання можливої конденсації вологи в калориметричних осередках вимірювальний блок заповнювали сухим газоподібним гелієм, потік якого контролювали в процесі вимірювань.

### Результати досліджень

На рис. 1 зображені характерні криві ДСК нагрівання зразків від 123 до 283 К. Плавлення вільної води реєструється в вигляді ендотермічного піка, максимум якого зі зменшенням вологості тканин зміщується в область більш низьких температур. Так при зміні вологості тканин свіжого кореня з 74,52 до 29,84 мас. % максимум піка переміщується з 269 до 248 К відповідно. Температура початку плавлення стане помітною в інтервалі 241–250 К і також залежить від вологості тканин.

Аналіз отриманих даних показує, що зі зменшенням вологості  $W$  тканин фракційний склад її перерозподіляється на користь зв'язаної води (рис. 2). Причому, за рівних вихідних значення вологості, в буряку після тривалого зберігання вміст зв'язаної води значно менший, ніж у свіжого. При зневодненні ця відмінність зберігається. Проте різниця в значеннях із зниженням вологості зменшується. У свіжому корені відношення маси зв'язаної до вільної води як  $\sim 1:3$ , після зберігання  $\sim 1:7$ . Тобто в процесі зберігання відбуваються зміни в стані води, вміст зв'язаної води зменшується, вільної — зростає.

При зневодненні вологовміст тканин проходить через точку так званого граничного вологовмісту, після досягнення якого в матеріалі залишається тільки зв'язана вода. Величина граничного вологовмісту може бути визначена графічною або аналітичною екстраполяцією до вісі абсцис прямої залежності відносної теплоти плавлення вільної води  $q$  від загального вологовмісту  $U$  тканин (рис. 3).

Величини граничного вологовмісту  $U_{gr}$  були розраховані при  $q = 0$  за допомогою рівнянь, апроксимуючих отримані залежності:

$$- \text{свіжий корінь } q = -0,097 + 0,2653U \quad (3)$$

$$- \text{корінь після зберігання } q = -0,114 + 0,3306U \quad (4)$$

де:  $q$  — відносна теплота плавлення води, Дж / мг СР;  $U$  — вологовміст паренхімних тканин, г / г СР.

Для паренхімних тканин свіжого коренеплоду  $U_{gr} = 0,37$ , після зберігання  $U_{gr} = 0,34$  г / г СР.

Водоутримуюча здатність паренхімних тканин представлена залежностями питомого вмісту зв'язаної води  $N$  від вологості  $W$  (рис. 4).

Отримані залежності апроксимовані рівняннями:

$$N = 0,290 + 3,1 \cdot 10^{-4} W + 8,2 \cdot 10^{-5} W^2 \quad (5)$$

$$N = 0,33 + 4,6 \cdot 10^{-4} W \quad (6)$$

де:  $N$  — питомий вміст зв'язаної води, г / г СР;  $W$  — вологість паренхімних тканин, мас. %.

З кривих на рис. 2 та 4 видно, що у процесі зневоднення одночасно зі зменшенням вмісту вільної води в паренхімних тканинах зменшується кількість зв'язаної води в розрахунку на масу сухих речовин. Можна припустити, що спостережуване явище є наслідком зменшення кількості гідрофільних активних центрів, з якими молекули води можуть утворювати водневі зв'язки.

Враховуючи адитивні властивості не-

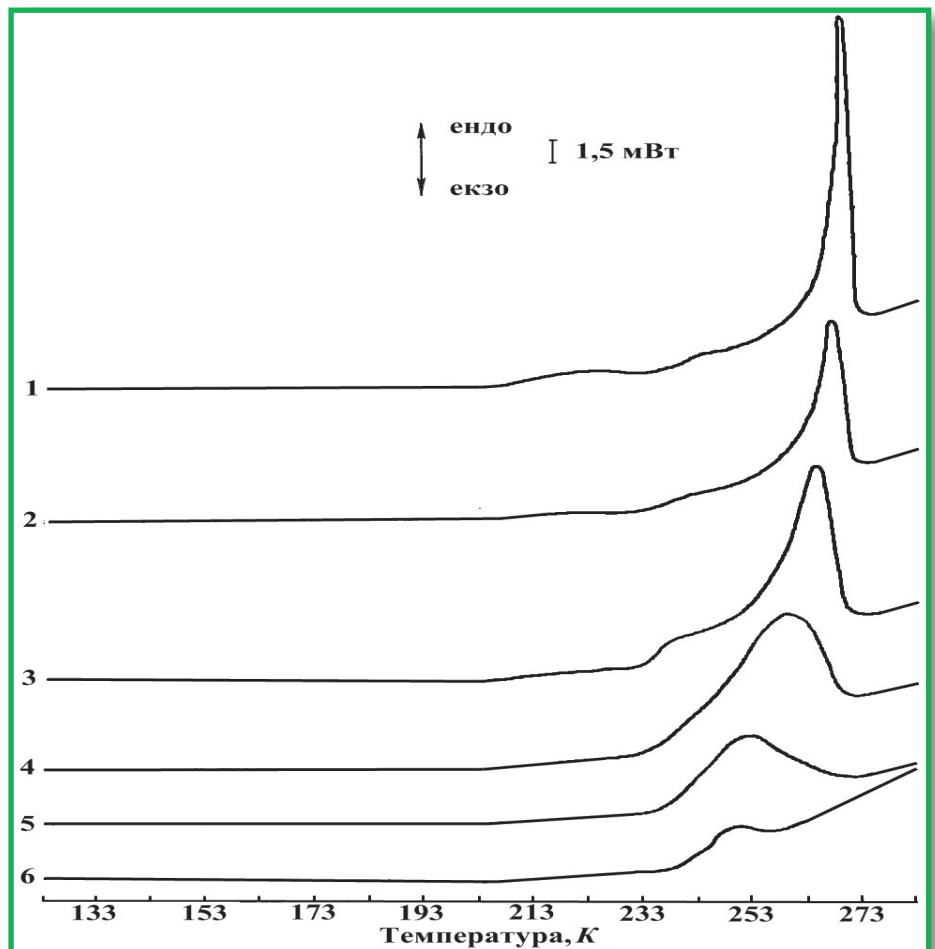


Рис. 1. ДСК-криві нагрівання паренхімних тканин свіжого кореня цукрового буряку з вологістю: 1–74,52; 2–63,00; 3–50,71; 4–43,16; 5–32,03; 6–29,84 мас. %.

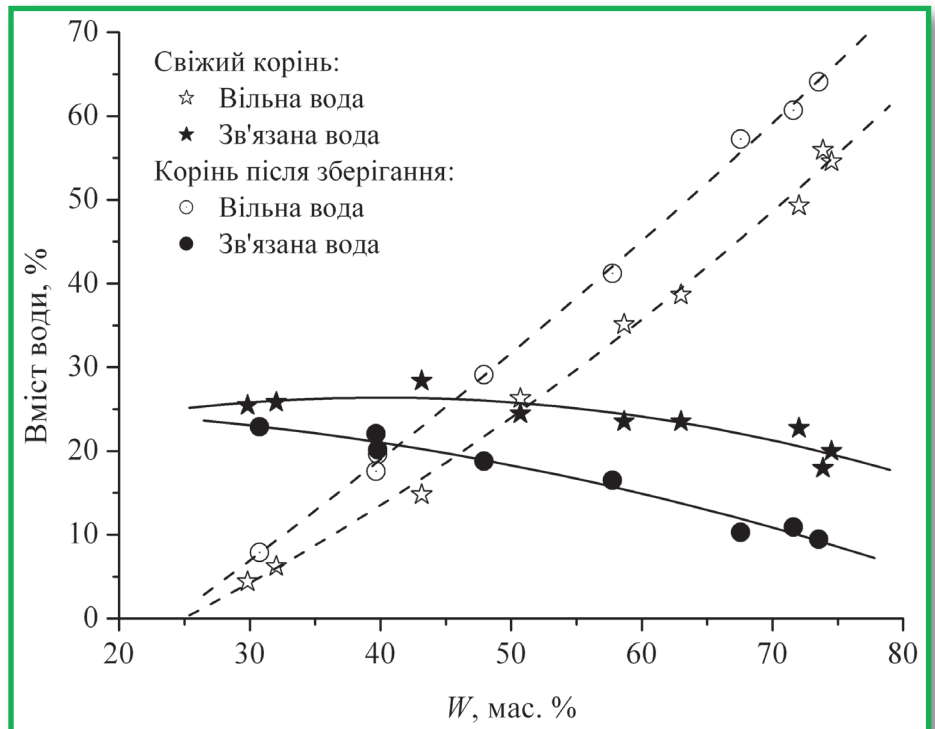


Рис. 2. Залежність вмісту вільної та зв'язаної води в паренхімних тканинах свіжого та після тривалого зберігання коренів цукрового буряку від їх вологості.

замерзаючої води [10], водоутримуюча спроможність паренхімної тканини може бути визначена як сума водоутримуючих здатностей компонентів сухих речовин.

Найвагомішим компонентом сухих речовин є сахароза. Гідратація сахарози залежить від кількості води в розчині, при цьому ступінь гідратації зменшується при зростанні концентрації розчину [14].

Скориставшись даними [14], отримана залежність водоутримуючої здатності сахарози від вмісту води в розчині (рис. 4) та її аналітичний вираз:

$$N = 0,298 + 0,00915e(W/34,22) + 0,00924e(W/34,24) + 5,5 \cdot 10^{-4}e(W/12,53) \quad (7)$$

де:  $N$  — питомий вміст гідратної (зв'язаної) води, г / г сахарози;  $W$  — вміст води в розчині, мас. %.

Використовуючи рівняння (5) та (7) можна кількісно оцінити внесок сахарози та інших сухих речовин у загальну величину водоутримання паренхімними тканинами. В тканинах свіжого кореня з вологістю 74,52 мас. % кількість зв'язаної води, розрахованої по (5), становить 0,75 г / г СР. Розраховане по (7) водоутримання сахарозою в соку буряка складає ~ 0,70 г / г сахарози. На інші сухі речовини припадає 0,05 г зв'язаної води / г СР, що становить ~ 6,7% загальної її кількості. З огляду на кіль-

кісний склад та співвідношення між компонентами можна розрахувати водоутримання сахарозою в паренхімних тканинах при будь-якій вологості. Так, у зразку з вологістю 29,84 мас. % питомий вміст зв'язаної води 0,35 г / г СР, 1 г сахарози утримує ~ 0,31 г води, інші сухі речовини — 0,04 г води / г СР.

Розрахунки показують, що при зневодненні паренхімних тканин, які одночасно містять вільну й зв'язану воду, кількість води, зв'язаної нецукрами, також зменшується. Причиною втрати водоутримуючої здатності може бути зміна структури біополімерів, зокрема пектинових речовин і протоплазми, в результаті зменшення об'єму (збігання) тканин при зневодненні [15, 16].

З вищевикладеного витікає, що визначальну роль у водоутриманні паренхімними тканинами кореня свіжого цукрового буряка належить сахарозі. У процесі зневоднення питомий вміст зв'язаної води в тканинах зменшується, й ця зміна відбувається симбатно зміні гідратаційної спроможності сахарози.

Загальне зменшення водоутримання паренхімними тканинами після зберігання є наслідком біохімічних процесів, що відбулися в корені [17]. Насамперед зміна характеру водоутримання пояснюється зменшенням вмісту сахарози в процесі зберігання, оскільки саме її ступінь гідратації обумовлює водоутримуючу здатність паренхімних тканин. Крім того, деструкція біополімерів супроводжується послабленням їх водоутримуючих можливостей.

Отже, отримана в результаті калориметричних досліджень інформація про водоутримання паренхімними тканинами свіжого кореня та кореня після тривалого зберігання, підтверджує, що за зміною водоутримуючої здатності можна судити про ступінь порушення стійкості клітин цукрових буряків [15, 18].

**Висновки.** Виконані методом ДСК дослідження стану води в паренхімних тканинах коренів цукрового буряка показали, що їх водоутримуючі властивості в основному визначаються гідратаційною спроможністю сахарози.

В процесі тривалого зберігання водоутримання знижується за рахунок зменшення вмісту сахарози та деструктивних змін в біополімерах (пектинових речовинах, протоплазмі та ін.).

Зневоднення тканин призводить в першу чергу до втрати вільної води, наслідком чого є збільшення концентрації сахарози, ступінь гідратації якої при цьому зменшується. Дефіцит вільної води викликає структурні зміни в біополімерах, які призводять до зменшення гідрофільних активних центрів. В результаті комплексної дії всіх факторів водоутримання паренхімними тканинами знижується.

Ґрунтуючись на отриманих результатах метод ДСК можна рекомендувати для оцінки фізіологічного стану коренів цукрових буряків. Отримана в такий спосіб оцінка первісного фізіологічного стану коренів та ступень його зміни в процесі зберігання може допомогти в виборі найбільш ефективного способу зберігання.

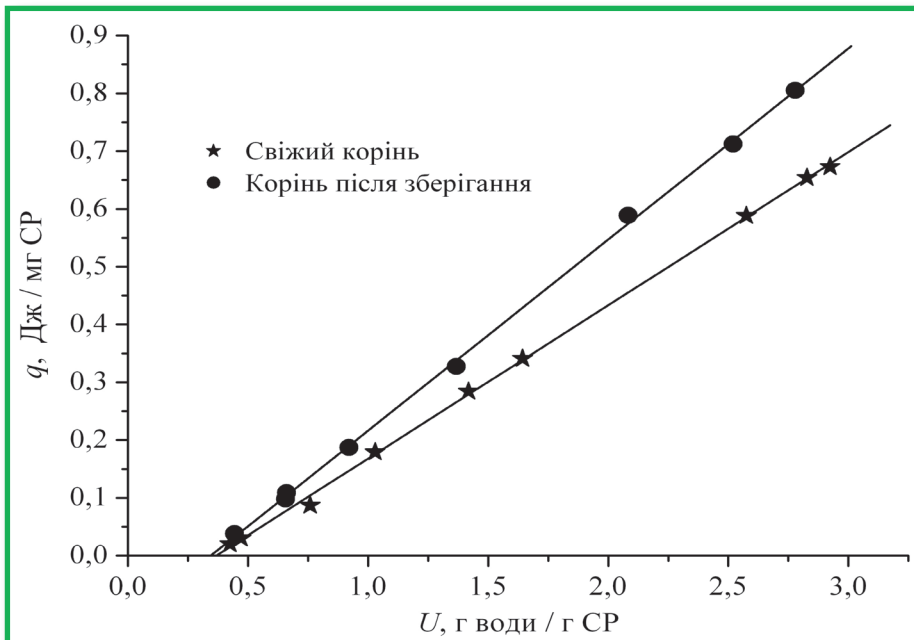


Рис. 3. Залежність теплоти плавлення вільної води в паренхімних тканинах свіжого та після тривалого зберігання коренів цукрового буряка від вологовмісту.

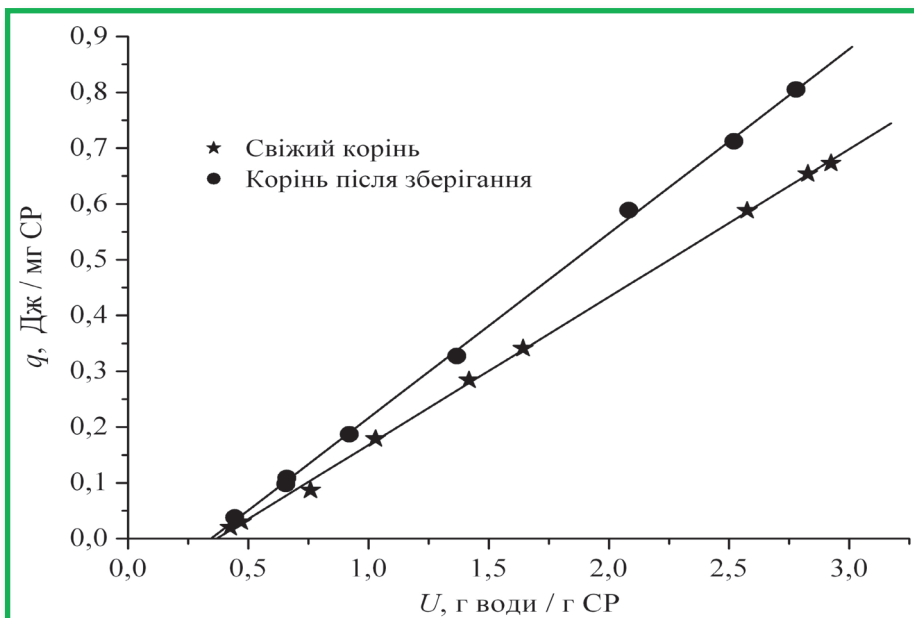


Рис. 4. Залежності питомого вмісту зв'язаної води в паренхімних тканинах свіжого та після зберігання коренів цукрового буряка від їх відносної вологості та питомого вмісту гідратної води в розчинах сахарози від вмісту води.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Рубин Б. А. Хранение сахарной свеклы. Москва: Пищепромиздат, 1946. 267 с.
2. Князев В. А. Исследование процесса консервирования свеклы естественным холодом: дисс. ... канд. тех. наук: спец. 05.18.05 «Технология сахара и сахаристых веществ» / ВНИИСП. Киев, 1973. 234 с.
3. Хелемский М. З., Князев В. А., Варшавский Б. Я. Беречь свеклу от замораживания. Сахарная свекла. 1974. № 9. С. 30–31.
4. Хелемский М. З., Пельц М. Л., Сапожникова И. Р. Биохимия в свекло-сахарном производстве. Москва: Пищевая промышленность, 1977. 223 с.
5. Хелемский М. З. Хранение сахарной свеклы. Москва: Пищевая промышленность, 1964. 471 с.
6. Добротворцева А. В. Агротехника сахарной свеклы на семена. 2-е изд., перераб. и дополненное. Москва: Агропромиздат, 1986. 192 с.
7. Франкс Ф. Свойства водных растворов при температурах ниже 0 °C. Вода и водные растворы при температурах ниже 0 °C / под ред. Ф. Франкса. Киев: Наукова думка, 1985. С. 176–276.
8. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. Киев: ЭППП УкрНИИТИ, 1983. 476 с.
9. Деодар С., Луер Ф. Измерение содержания связанной (незаморазающей) воды методом дифференциальной сканирующей калориметрии. Вода в полимерах / под ред. С. Роуланда. Москва: Мир, 1984. С. 273–287.
10. Симатос Д., Фуор М., Бонжур И. Применение дифференциального термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии при изучении воды в пищевых продуктах. Вода в пищевых продуктах / под ред. Р. Б. Дюкурта. Москва: Пищевая промышленность, 1980. С. 156–170.
11. Шестак Я. Теория термического анализа: физико-химические свойства твердых неорганических веществ / перевод с английского. Москва: Мир, 1987. 456 с.
12. Рабинович В. А., Хавин З. Я. Краткий химический справочник. Издание 2-е, исправленное и дополненное. Издательство «Химия». Ленинградское отделение, 1978. 392 с.
13. Михайлик В. А., Давыдова Е. О., Манк В. В. О ложных тепловых эффектах в сканирующей калориметрии влажностермических объектов. Криобиология. 1990. № 1. С. 17–20.
14. Михайлик В. А. Экспериментальное исследование гидратации сахарозы. Одесская национальная академия харчових технологій. Наукові праці. 2006. Випуск 28. Т. 2. С. 370–373.
15. Опарин А. И. Обмен веществ в сахарной свекле при низких температурах и хранении ее в замороженном виде. ДАН СССР. Новая серия. 1934. № 2. С. 116–121.
16. Хелемский М. З. Технологические качества сахарной свеклы: Часть II. Москва: Пищевая промышленность, 1973. 253 с.
17. Опарин А. И., Дьячков Н. И., Глазунов И. В., Иванов Т. М. Биохимические процессы, совершающиеся в свекловичном корне при его хранении. Журнал сахарной промышленности. 1931. № 7–8. С. 393–401.
18. Aksyonov S. I. On the state of water in biological systems. Proc. 2 Int. Conf. «Evaluation of methods of its investigations. Water and long Biol. Syst.», Bucharest, Sept. 6–11, 1982. New York, London. 1985. P. 687–696.

## REFERENCES

1. Rubin B. A. (1946). Hranenie saharnoj svekly [Storage of sugar beet]. Moscow: Pishhepromizdat. [in Russian]
2. Knjazev V. A. (1973). Issledovanie processa konservirovanija svekly estestvennym holodom [Investigation of the process of conservation of beets by natural cold] (Cand. Techn. Sci. Diss.). VNIISP. Kyev, Ukraine. [in Russian]
3. Helemskij M. Z., Knjazev V. A., Varshavskij B. Ja. (1974). Keep beets from freezing Saharnaja svekla [Sugar beet], 9, 30–31. [in Russian]
4. Helemskij M. Z., Pel'c M. L., Sapozhnikova I. R. (1977). Biohimija v sveklosaharnom proizvodstve [Biochemistry in sugar beet production]. Moscow: Pishhevaja promyshlennost'. [in Russian]
5. Helemskij M. Z. (1964). Hranenie saharnoj svekly [Storage of sugar beet]. Moscow: Pishhevaja promyshlennost'. [in Russian]
6. Dobrotvorceva A. V. (1986). Agrotehnika saharnoj svekly na semena. [Agrotechnics of sugar beet on seeds] (2nd ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
7. Franks F. (1985). Properties of aqueous solutions at temperatures below 0 °C. In F. Franks (Eds.) Voda i vodnye rastvory pri temperaturah nizhe 0 °C [Water and aqueous solutions at temperatures below 0 °C] (pp. 176–276). Kiev: Naukova dumka. [in Russian]
8. Instrukcija po himiko-tehnicheskomu kontrolju i uchetu saharnogo proizvodstva [Instructions for chemical and technical control and accounting of sugar production]. (1983) Kiev: JePPP UkrNIINTI. [in Russian]
9. Deodar S., Luner F. (1984). Measurement of the content of bound (non-freezing) water by differential scanning calorimetry method. In S. Rowland (Eds.) Voda v polimerah [Water in polymers] (pp. 273–287). Moscow: Mir. [in Russian]
10. Simatos D., Four M., Bonzhur I. (1980) Application of differential thermal analysis and differential scanning calorimetry in the study of water in food. In R. B. Dokuorta (Eds.) Voda v pishhevyyh produktah [Water in food] (pp. 156–170). Moscow: Pishhevaja promyshlennost'. [in Russian]
11. Shestak Ja. (1987). Teoriya termicheskogo analiza: fiziko-himicheskie svojstva tverdyh neorganicheskikh veshhestv [Theory of thermal analysis: physical and chemical properties of solid inorganic substances] (Trans.). Moscow: Mir. [in Russian]
12. Rabinovich V. A., Havin Z. Ja. (1978). Kраткий химический справочник [Brief Chemical Handbook]. (2nd ed., rev.). Izdatel'stvo «Himija». Leningradskoe otdelenie. [in Russian]
13. Mykhailik V. A., Davydova E. O., Mank V. V. (1990). On false thermal effects in the scanning calorimetry of moisture-containing objects. Kriobiologija [Cryobiology], 1, 17–20. [in Russian]

14. Mykhailik V. A. (2006) Experimental study of the hydration of sucrose. Odeska nacionalna akademija harchovih tehnologij. Naukovi pracj [Odessa National Academy of Food Technologies. Scientific works.], 28(2), 370–373. [in Russian]
15. Oparin A. I. (1934) Exchange of substances in sugar beet at low temperatures and storing it in frozen form. DAN SSSR. Novaja serija [DAN USSR. New series], 2, 116–121. [in Russian]
16. Helemskij M. Z. (1973) Tehnologicheskie kachestva saharnoj svekly [Technological qualities of sugar beet] (Part II). Moscow: Pishhevaja promyshlennost'. [in Russian]
17. Oparin A. I., D'jachkov N. I., Glazunov I. V., Ivanov T. M. (1931) Biochemical processes occurring in the beetroot root during its storage. Zhurnal saharnoj promyshlennosti [Journal of the Sugar Industry], 7–8, 393–401. [in Russian]
18. Aksyonov S. I. On the state of water in biological systems. Proc. 2 Int. Conf. «Evaluation of methods of its investigations. Water and long Biol. Syst.», Bucharest, Sept. 6–11, 1982. New York, London. 1985. P. 687–696.

## АНОТАЦІЯ

UDC 633.63:577.356:542.934

## СТАН ВОДИ ПРІ ЗНЕВОДНЕННІ ПАРЕНХІМНИХ ТКАНИН ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ДО ТА ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ

Михайлик В. А. — к. т. наук, с. н. с., зав. лабораторією теплофізичних та фізико-хімічних досліджень,  
Давыдова О. О. — к. т. наук, с. н. с.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, вул. Академіка Булаховського, 2, Київ, 00164, Україна, \*e-mail. mhlk45@gmail.com

**Мета.** Дослідити зміни в стані води під час зневоднення паренхімних тканин свіжих та після довгострокового зберігання коренів цукрового буряка. **Методи.** Дослідження виконано методом диференціальної скануючої калориметрії (ДСК). **Результати.** Отримано залежності вмісту вільної та зв'язаної води від відносної вологості при зневодненні паренхімних тканин свіжого та після зберігання коренів цукрового буряка. У результаті зберігання протягом 8 місяців при відносній вологості повітря 85–90% та температури 280–282 К склад води зазнав суттєвих змін. Так, за однакової вологості, в тканинах після зберігання відношення вмісту зв'язаної до вільної води ~ 1: 7, тоді як у свіжих ~ 1: 3. При зневодненні склад води змінюється в сторону збільшення кількості зв'язаної води. Проте різниця у величинах вмісту зв'язаної води до та після зберігання із зниженням вологості зменшується. Як і при зберіганні, зневоднення протікає на фоні зменшення питомого вмісту зв'язаної води (водуотримання), але його залежність від вологості тканин свіжого кореня має більш крутий характер. Для оцінки водуотримуючої здатності застосований показник граничного вологовмісту Ugr, після досягнення якого при зневодненні в тканинах залишається тільки зв'язана вода. В свіжому корені Ugr = 0,37, після тривалого зберігання Ugr = 0,34 г / г сухих речовин. Розкрита роль гідратації сахарози в водуотриманні тканинами кореня цукрового буряка. **Висновки.** Виконані методом ДСК дослідження стану води в паренхімних тканинах коренів цукрового буряка показали, що їх водуотримання в основному визначається гідратаційною спроможністю сахарози. В процесі тривалого зберігання питомий вміст зв'язаної води в тканинах знижується за рахунок зменшення вмісту сахарози та змін в біополімерах. Втрата вільної води при зневодненні викликає зростання концентрації сахарози в клітинному соку, ступінь гідратації якої при цьому зменшується. Дефіцит вільної води призводить до змін в водуотриманні біополімерів. В результаті водуотримання паренхімними тканинами знижується при зростанні вмісту зв'язаної води.

**Ключові слова:** диференціальна скануюча калориметрія, вільна та зв'язана вода, гідратація, сахароза

## ABSTRACT

UDC633.63:577.356:542.934

## The state of water during dehydration of parenchyma tissues of sugar beet before and after long-term storage.

Mykhailik V., Davydova O.

**Purpose.** This work is devoted to the investigation of changes in the state of water during dehydration of sugar beet parenchyma tissues before and after long-term storage. **Methods.** The differential scanning calorimetry (DSC) was used for this study. **Results.** Dependences of the free and bound water content on relative humidity during dehydration of fresh and stored sugar beet parenchyma tissues were obtained. After the relatively long storage for 8 months at a relative humidity of 85–90% and a temperature of 280–282 K, the water composition in the samples was drastically changed. Thus, at the equal moisture content, the ratio of the bound to free water was ~ 1:3 and ~ 1:7 in fresh and stored tissues, respectively. During dehydration process of parenchyma tissues, the increase of bound water has been observed. However, the difference in the values of the bound water content before and after storage was decreasing with humidity decrease. Similar to storage process, dehydration proceeds with a decrease in the specific content of bound water (water retention). However, its dependence on the moisture content of fresh tissues is steeper. In order to assess the water-holding capacity, the value of U<sub>gr</sub> was used. If this value was reached during dehydration, only bound water remains in the tissues. The limiting moisture content U<sub>gr</sub> was equal to 0.37 and 0.34 g/g DM for fresh and stored tuber, respectively. Additionally, the role of sucrose hydration in water retention of sugar beet tissues was disclosed. **Conclusions.** The DSC analyses of the state of water in the parenchyma tissues of sugar beet root were performed. It has been showed that water retention of these tissues is mainly determined by the hydration ability of sucrose. In the course of long-term storage, the specific content of bound water in tissues is reduced due to reducing of the sucrose content and changes in biopolymers. Loss of free water during dehydration causes an increase in the sucrose concentration of in the cell juice; simultaneously this decreases its degree of hydration. Free water deficiency leads to changes in the water retention capacity of biopolymers. As a result, water retention by parenchyma tissues decreases with an increase in bound water content.

**Keywords:** differential scanning calorimetry, free and bound water, hydration, sucrose