

УДК 633.3:658.562

**БІОХІМІЧНА МОДЕЛЬ
ЗБЕРІГАННЯ
ЯКОСТІ ЛИСТКІВ СТЕВІЇ**

М.В РОЇК, доктор с.-г. наук,
професор, академік НААН України,
Директор Інституту
біоенергетичних культур і цукрових
буряків НААН України
І.В. КУЗНЄЦОВА, канд. техн. наук,
п.н.с. НААН України

Представлено концепцію наукового забезпечення зберігання листків стевії, в основі якої покладені теоретичні положення та результати лабораторно-польових досліджень з впливу елементів технології післязбиральної обробки на якість листків та їх здатність до зберігання. Визначено, що від агрокліматичних умов та технології вирощування залежить компонентний склад основних сполук біосинтезу у клітинах листків та визначає особливості їх якості, властивих для певних агрокліматичних зон вирощування. Подальше формування якості листків залежить від сушіння та умов зберігання. Відомо, що під час зберігання продовжується процес дихання листків, проте змінюється його функціональна властивість. Показано нашими дослідженнями, що за оптимальних умов (тривалість, температура та забезпечення вентильовання приміщення) витрачається близько 4% сполук клітин листків, направлених на підтримання тургору листкового апарату. Зазвичай, при зберіганні під дією ферментів у вакуолі клітини відбувається розкладання глікозидних залишків стевіол-глікозиду з виділенням енергії. При недостатньому вентильованні приміщення, енергія накопичується у насипній масі листків та спричинює так зване «згорання» листків – повне руйнування листкового апарату. Крім того, активується у хлоропластах та мітохондріях клітин листків дія інших ферментів, що спричинює окиснення таких сполук як флавоноїди, амінокислоти та жирні кислоти. У сукупності це впливає на зміну якісних показників листків. Проведений аналіз та експериментальні дані стали основою створення біохімічної моделі зберігання листків, яка показує зміну компонентного складу сполук у клітинах листків під дією ферментів клітин та впливає перед усім на органолептичні показники листків. Подальше погіршення умов зберігання сприяє зміні фізико-хімічних показників, призводить до повного руйнування листкового апарату та унеможливорює перероблення листків стевії.

Ключові слова: концепція, якість, листки стевії, технологія, зберігання.

Рис.1. Літ.8.

Постановка проблеми. Однією із складових післязбиральної обробки є забезпечення оптимальних умов збереження основних показників якості продукції. Формування показників якості листків стевії залежить від сорту,

агрокліматичних умов та технології вирощування, що впливає на ефективність їх зберігання [1], та відповідно, конкурентоспроможність листків. Для рослинної сировини, такої як стевія, тривалість зберігання становить два роки. Від зберігання залежить якість листків та ефективність переробки, тому вивчення перебігу процесів, що відбуваються під час зберігання листків стевії, є однією із важливих завдань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Під час зберігання продовжується процес дихання листків, яке супроводжується виділенням енергії необхідної для підтримання життєвих реакцій організму та у незначній кількості витрачається для підтримання тургору листового апарату. Близько 90-95 % енергії виділяється у вигляді теплоти, і при недостатньому доступу повітря зумовлює підвищення температури насипної маси листків та спричинює погіршення їх якості при зберіганні. Згідно теорії Баха-Палладіна сутність процесу дихання полягає в окисненні електрону водню дегідрогеназою [2], відірваного від певної сполуки (субстрату) та активованого за допомогою електрону кисню. Таким чином, дихання листків супроводжується проходженням реакцій окиснення сполук (дитерпенові глікозиди, аміно- та жирні кислоти, флавоноїди тощо) та порушення умов зберігання, що призводить до втрати технологічної якості листків. Крім того, масова частка вологості листків, при цьому не може перевищувати 10%, оскільки її надмірна кількість сприяє їх самоспаленню, злипанню та загниванню.

Вивченню технологічної якості рослинної сировини при її зберіганні присвячені наукові роботи Колтунова В.А., Турбіна В.О., Пузік Л.М., Іванченко В.Й. та інших вчених. Зважаючи, що напрям виробництва натуральних цукрозамінників цукру сьогодні в Україні малорозвинутий, то відповідно і ефективності зберігання листків стевії не було досі приділено значної уваги в працях вчених.

Формулювання цілей статті є визначення концептуальних підходів щодо перебігу процесів під час зберігання листків, що впливає на їх показники якості.

Виклад основного матеріалу. Основою моделі є Концепція утворення елементів структури рослинного організму (Сабінін Д.О., 1981), яка враховує морозостійкість, порушення транспорту асиміляторів у кореневу систему, співвідношення зростання, гормонів, жаро- та посухостійкість рослин тощо [3]. Агрокліматичні умови України сприяють отриманню листків з підвищеним вмістом аміно- [4] та жирних [5] кислот, що свідчить про достатньо високий резерв (близько 30%) для подальшого синтезу дитерпенових глікозидів у результаті вдосконалення технології вирощування стевії на органічній основі. Розраховані нами значення десатуразних LCD (0,794) і ODR (0,324) співвідношень свідчать про адаптування рослин стевії до дії більш низьких температур в агрокліматичних умовах України. Різкі перепади температур призводять до посилення стресового фактору і зміни компонентного складу, що сприяє посиленню синтезу амінокислот, які приймають участь у синтезі дитерпенових глікозидів, флавоноїдів, жирних кислот тощо. Дослідження щодо

зміни біометричних показників стевії в агрокліматичних умовах України показали, що рослини за вмістом основної біологічно цінної не досягають фізіологічної стиглості. Резерв синтезу дитерпенових глікозидів використаний на 19%.

Існуюча відкоригована технологія вирощування стевії в лісостепу України дозволяє отримати рослини з достатньо високими біометричними показниками, проте за нашими розрахунками є потенціал до зростання на 28,6%. Вирощена в Україні стевія має належну якість і відповідає вимогам іноземної та вітчизняної нормативно-технічної документації [6]. Листки мають міцний тургор і за відкоригованого режиму сушіння, як показали експериментальні дослідження зберігають належні показники якості витрачаючи близько 4% речовин на підтримання тургору листового апарату в процесі «дихання» [7]. Враховуючи теоретичні та експериментальні дослідження, запропоновано біохімічну модель зберігання листків (рис.1).



Рис. 1. Біохімічна модель зберігання листків стевії

Джерело: Сформовано на основі результатів досліджень

Ферментні механізми клітин листового апарату функціонують впродовж його дихання рівномірно за сприятливих умов зберігання листків, які забезпечуються сезонним доступом повітря та прийнятним пакуванням. Зміна оптимальних умов зберігання призводить до стрес-факторів, що активують більшість ферментних механізмів, які збільшують ступінь окисно-відновне окиснення сполук листків стевії. Окиснення сполук клітини листка під час дихання аналогічно процесу згорання [2]. Зокрема, окиснення одного грам-молекули глюкозного залишку стевіол-глікозиду під час дихання призводить до утворення вуглекислого газу та води з виділенням 674 ккал. Не забезпечення вентиляції приміщення при зберіганні листків призводить до

утворення значної кількості вуглекислого газу у насипній масі листків та поступового згорання (рис. 1.1). Таким чином, забезпечення вентилявання приміщення гальмує «згорання» стевіол-глікозидів у вакуолях клітин листків (рис. 1.2-2а) та забезпечує збереження їх технологічної якості протягом певного проміжку часу.

При диханні листковий апарат, що знаходиться у задовільному фізіологічному стані, як правило не використовує всі ферментні механізми одночасно і не може лишатись тривалий час абсолютним. Потрапляння листків у стресові умови під час дихання сприяє активуванню ферментних механізмів і змінює технологічну якість листків (рис. 1.2б). Зокрема, у рослинних клітинах флавоноїди переважно знаходяться у глікозованій формі, що ускладнює їх окиснення певними ферментами [8]. Наприклад, кверцетин, у якого гідроксильні групи при С3 і С4 зв'язані з залишками глюкози, не окислюється пероксидазою. Флавоноїд глікозований за одним з цих вуглецевих атомів підлягає окисненню при С4 – в 20 раз менше і С3 – 100 раз менше порівняно з швидкістю окиснення аглікону. Активування флавінових дегідрогеназ у певних умовах призводить до окиснення певних флавоноїдів. У результаті на поверхні листкового апарату утворюються побурілі плями, які зростають із збільшенням активності даного ферментного механізму. Це також призводить до послаблення тургору листкового апарату, який протягом місяця швидко руйнується. Під дією ферментів флавопротейнів (з іоном міді у структурі) та кротонази у мітохондріях клітин листкового апарату відбувається β-окиснення насичених жирних кислот. Залежно від ступеня проходження окисно-відновних реакцій відбувається зміна якісних показників листків стевії, що впливає на:

- органолептичні показники – змінюється колір листка, з'являються побурілі плями, послаблюється тургор, відбувається скручування та «руйнування» листкового апарату тощо;

- фізико-хімічні показники – зменшення вмісту сполук листка (дитерпенових глікозидів, флавоноїдів, аміно- та жирних кислот тощо) залежить від умов зберігання і впливає на органолептичні показники.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Розроблено концептуальні підходи щодо формування показників якості листків стевії. Створено модель біохімічного перебігу процесів під час зберігання листків, яка показує вплив умов зберігання протягом двох років на технологічну якість листків. Показано, що ферментні механізми клітин листкового апарату функціонують за сприятливих умов зберігання рівномірно. Зміна умов зберігання призводить до стес-факторів, що активують більшість ферментних механізмів, які збільшують ступінь окисно-відновного окиснення дитерпенових глікозидів, флавоноїдів, аміно- і жирних кислот. У результаті відбувається інтенсивне погіршення технологічної якості листків з повним руйнуванням листкового апарату у кінцевому вигляді.

Список використаних джерел

1. Роик Н.В. Модель формирования показателей качества листьев стевии / Н.В. Роик, И.В. Кузнецова // *Lucrari stiintifice volumul 42 (1)*. – Chisinau, 2015. P. 243-246.
2. Физиология сельскохозяйственных растений: физиология растительной клетки, фотосинтез, дыхание / под ред. А.И. Опарина // из-во Московского ун-та. – 1967. Т.1. – 495.
3. Рост и устойчивость растений – Новосибирск: Наука, 1988. – 210с.
4. Кузнецова I.B. Содержание свободных аминокислот в листьях стевии (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушеной и установления их роли / I.B. Кузнецова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, 2014, №1. – с. 106-110.
5. Кузнецова I.B. Встановлення жирнокислотного складу сушених листків стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) / I.B. Кузнецова // Вісник Уманського національного університету садівництва, - 2014. №2. С. 45-48.
6. Summary of the Application and Specifications of the EUSTAS Quality Label / Jan M.C. Geuns // EUSTAS European Stevia association, Maladeta, BARBASTRO, Huesca, SPAIN. -2007, - 7 p.
7. Кузнецова I.B. Зміна якісних показників листя стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) впродовж зберігання / I.B. Кузнецова // Цукрові буряки. – К, - 2014. №1 – с. 19-21.
8. Pedrielli, P. Antioxidant mechanism of flavonoids. Solvent effect on rate constant for chainbreaking reaction of quercetin and epicatechin in autoxidation of methyl linoleate // P. Pedrielli, G.F. Pedulli, L.H. Skibsted // *J. Agric. FoodChem.* – 2001. - №49. – p. 3034-3040.

Список джерел у транслітерації / References

1. Royk N.V. Model formyrovannya pokazately kachestva lystev stevyuy / N.V. Royk, Y.V. Kuznetsova // *Lucrari stiintifice volumul 42 (1)*. – Chisinau, 2015. - S. 243-246.
2. Fyzyolohyya sel'skokhozyaystvennykh rastenyy: fyzyolohyya rastytelnoy kletky, fotosyntezy, dykhanne / pod red. A.Y. Oparyna // yz-vo Moskovskoho un-ta. – 1967. - T.1. – 495 s.
3. Rost y ustoychyvost rastenyy – Novosybyrsk: Nauka, 1988. – 210 s.
4. Kuznetsova I.V. Soderzhanye svobodnykh amynokyslot v lystyakh stevyuy (*Stevia rebaudiana Bertoni*) sushennoy y ustanovlenyya ykh roly / I.V. Kuznetsova // Vestnyk Belorusskoy hosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademyy, 2014. - № 1. – S. 106-110.
5. Kuznyetsova I.V. Vstanovlennyya zhyrnokyslotnoho skladu sushenykh lystkiv steviyi (*Stevia rebaudiana Bertoni*) / I.V. Kuznyetsova // Visnyk Umanskoho natsional'noho universytetu sadivnytstva, - 2014. - № 2. - S. 45-48.
6. Summary of the Application and Specifications of the EUSTAS Quality Label / Jan M.C. Geuns // EUSTAS European Stevia association, Maladeta, BARBASTRO, Huesca, SPAIN. -2007, - 7 p.

7. Kuznyetsova I.V. Zmina yakisnykh pokaznykiv lystya steviyi (*Stevia rebaudiana* Bertoni) vprodovzh zberihannya / I.V. Kuznyetsova // Tsukrovi buryaky. – K, - 2014. № 1 – S. 19-21.

8. Pedrielli, P. Antioxidant mechanism of flavonoids. Solvent effect on rate constant for chainbreaking reaction of quercetion and epicatechin in autoxidation of mathyl linoleate // P. Pedrielli, G.F. Pedulli, L.H. Skibsted // J. Agric. FoodChem. – 2001. - № 49. – P. 3034-3040.

АННОТАЦИЯ

БИОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ЛИСТЬЕВ СТЕВИИ / РОИК Н.В., КУЗНЕЦОВА И.В.

Представлена концепция научного обеспечения хранения листьев стевии, в основе которой положены теоретические положения и результаты лабораторно-полевых исследований по влиянию элементов технологии послеуборочной обработки на качество листьев и их способность к хранению. Определено, что от агроклиматических условий и технологии выращивания зависит компонентный состав основных соединений биосинтеза в клетках листьев и определяются особенности их качества, свойственных для определенных агроклиматических зон выращивания. Дальнейшее формирование качества листьев зависит от сушки и условий хранения. Известно, что во время хранения продолжается процесс дыхания листьев, однако изменяется его функциональные свойства. Показано нашими исследованиями, что при оптимальных условиях (продолжительность, температура и обеспечения вентилирования помещения) расходуется около 4% соединений клеток листьев, направленных на поддержание тургора листового аппарата. Обычно, при хранении под действием ферментов у вакуолях клеток происходит разложение гликозидных остатков стевіол-гликозида с выделением энергии. При недостаточном вентилировании помещения, накапливается энергия в насыпной массе листьев и вызывает так называемое «сгорание» листьев – полное разрушение листового аппарата. Кроме того, активируется в хлоропластах и митохондриях клеток листов действие других ферментов, что способствует окислению таких соединений, как флавоноиды, аминокислоты и жирные кислоты. В совокупности это влияет на изменение качественных показателей листьев. Проведенный анализ и экспериментальные данные стали основой создания биохимической модели хранения листьев, которая показывает изменение компонентного состава соединений в клетках листьев под действием ферментов клеток и влияет прежде всего на органолептические показатели листьев. Дальнейшее ухудшение условий хранения способствует изменению физико-химических показателей, приводит к полному разрушению листового аппарата и исключает возможность переработки листьев стевии.

Ключевые слова: концепция, качество, листья стевии, технология, хранение.

ANNOTATION
THE MODEL BIOCHEMICAL OF STORAGE
QUALITIES OF SHEETS STEVIA / ROIK M.V., KUZNETCOVA I.V.

Conception of the scientific providing of storage sheets stevia is presented, in basis of which theoretical positions and results of the laboratory field researches are fixed from influence of elements technology of after collective treatment on quality of sheets and their capacity for storage. Certainly, that on agroclimatic terms and technology of growing component composition of basic connections of biosynthesis depends in the cages of sheets and determines the features of their quality, peculiar for the certain agroclimatic areas of growing. The subsequent forming of quality of sheets depends on drying and terms of storage. It is known that the process of breathing of sheets proceeds during storage, however changes him functional property. It is rotined our researches, that at optimum terms (duration, temperature and providing aeration of apartment) about 4% connections cages of sheets, directed on maintenance the turgor of puff vehicle are outlaid. Usually, at storage under an enzymosis in the vacuole of cage there is decomposition of glucose tailings of steviol-glucoseds with a selection energy. At insufficient aeration of apartment, energy accumulates in to pour mass of sheets and causes the so-called «combustion» of sheets – complete destruction of sheets vehicle. In addition, the action of other enzymes is activated in chloroplasts and mitochondrys of cages of sheets, that oxidants such connections as flavonoids, amino acid and fat acids. In an aggregate it influences on changing of high-quality indexes of sheets. An analysis and experimental information is conducted became basis of creation of biochemical model of storage of sheets, which shows the change of component composition of connections in the cages of sheets under an enzymosis cages and influences before everything on the organ indexes organoleptic sheets. The subsequent worsening of terms of storage is instrumental in the change of physical and chemical indexes, results in complete destruction of puff vehicle and does impossible redoing of sheets stevia.

Key words: *conception, quality, sheets stevia, technology, storage.*

Авторські дані

Роїк Микола Володимирович - доктор с.-г. наук, професор, академік НААН України, Директор інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (03141, м. Київ, вул. Клінічна, 25. e-mail: sugarbeet@ukr.net)

Кузнєцова Інга Вадимирівна - канд. техн. наук., провідний науковий співробітник відділу аграрної економіки і продовольства НААН України (03022, м. Київ, вул. Васильківська, 37. e-mail: ingaV@ukr.net).