



Вміст каротиноїдів та аскорбінової кислоти у коренеплодах моркви у процесі зберігання за передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами

Валентина Гавій, Олена Кучменко, Віталій Шейко, Віктор Стригун

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Ніжин, Україна

Адреса для листування: kuchmeb@yahoo.com

Отримано: 03.11.22; прийнято до друку: 15.12.22; опубліковано: 30.12.22

Резюме. Матеріалом дослідження було насіння моркви сорту Нантська, метаболічно активні речовини: вітамін Е (10^{-8} М), параоксibenзойна кислота (ПОбК) (0,001%), метіонін (0,001%), убіхінон-10 (10^{-8} М) і $MgSO_4$ (0,001%), та їх комбінації: вітамін Е + ПОбК + метіонін, вітамін Е + ПОбК + метіонін + $MgSO_4$, вітамін Е + убіхінон-10. В коренеплодах моркви сорту Нантська вперше продемонстрована ефективність досліджуваних метаболічно активних речовин та їх комбінацій щодо збільшення вмісту аскорбінової кислоти та каротиноїдів, а також зниження втрат цих сполук в процесі зберігання коренеплодів. Найбільше зростання вмісту каротиноїдів спостерігалось за передпосівної обробки насіння вітаміном Е, убіхіноном-10 та комплексом вітамін Е + убіхінон-10, а найменша втрата каротиноїдів реєструвалася за застосування убіхінону-10. Найбільше зростання вмісту аскорбінової кислоти спостерігалось за передпосівної обробки насіння вітаміном Е, а найменші втрати аскорбінової кислоти реєструвалися за застосування $MgSO_4$ та комплексу вітаміну Е + убіхінону-10. У технології вирощування моркви доцільно застосовувати агроприйоми, що передбачають передпосівну обробку насіння метаболічно активними сполуками.

Ключові слова: морква, передпосівна обробка, вітамін Е, убіхінон-10, параоксibenзойна кислота, метіонін, $MgSO_4$, аскорбінова кислота, каротиноїди.

The content of carotenoids and ascorbic acid in carrot roots during the storage process in the process of presowing treatment of the seeds with metabolically active substances

Valentyna Havii, Olena Kuchmenko, Vitalii Sheiko, Victor Strygun

Mykola Gogol Nizhyn State University, Nizhyn, Ukraine

Correspondence: kuchmeb@yahoo.com

Abstract. The research material was carrot seeds of the Nantska variety, metabolically active substances: vitamin E (10^{-8} M), paraoxybenzoic acid (POBA) (0,001%), methionine (0,001%), ubiquinone-10 (10^{-8} M) and $MgSO_4$ (0,001 %), and their combinations: vitamin E + POBA + methionine, vitamin E + POBA + methionine + $MgSO_4$, vitamin E + ubiquinone-10. The effectiveness of the studied metabolically active substances and their combinations in increasing the content of ascorbic acid and carotenoids, as well as reducing the loss of these compounds during the storage of root, was demonstrated for the first time in the roots of Nantska carrots. The greatest increase in the content of carotenoids was observed during the presowing treatment of seeds with vitamin E, ubiquinone-10 and the complex vitamin E + ubiquinone-10, and the smallest loss of carotenoids was recorded with the use of ubiquinone-10. The greatest increase in the content of ascorbic acid was observed during the presowing treatment of seeds with vitamin E, and the smallest losses of ascorbic acid were recorded when using $MgSO_4$ and the complex of vitamin E + ubiquinone-10. In the technology of growing carrots, it is advisable to use agricultural methods that involve presowing treatment of seeds with metabolically active compounds.

Key words: carrots, presowing treatment, vitamin E, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid, methionine, $MgSO_4$, ascorbic acid, carotenoids.

ВСТУП

Провідне місце серед овочевих культур в Україні посідає морква посівна [1,3]. На сьогодні моркві приділяється велика увага, оскільки вона має високі агробіологічні показники та технологічні властивості, тривалий термін зберігання. Крім того, вона має відмінні смакові якості та особливий хімічний склад. Коренеплоди моркви мають комплекси каротиноїдів, що є високо стабільними, стійкими до впливів технологічного процесу та проявляють високу фізіологічну активність. Серед них важливе значення має β -каротин, який, окрім, провітамінних властивостей, є ще й антиоксидантом, що є важливим як у технологічних процесах, так і в підтриманні здоров'я людини. Завдяки продуктам переробки моркви відбувається збагачення продуктів харчування цінними компонентами, підвищується їх харчова цінність, покращується їх якість, вони набувають додаткових властивостей, продовжується терміни зберігання. Коренеплоди моркви мають значний вміст цукрів, каротину та аскорбінової кислоти [3].

Метою дослідження було вивчення впливу передпосівної обробки насіння моркви комбінаціями метаболічно активних речовин на динаміку вміст каротиноїдів та цукрів у коренеплодах моркви у процесі зберігання.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для дослідження використовували насіння моркви сорту Нантська. Зазначений сорт моркви широко культивуються на території України. За смаковими якостями – це один з кращих сортів. Коренеплід сорту "Нантська" тупокінцевий, циліндричний, серцевина оранжева малих розмірів, займає до 30% діаметра. Коренеплід зазначеного сорту містить багато вітамінів (К, РР, С, В₂, В₁), ефірних масел, фосфору, солей кальцію, заліза і йоду.

Польові дослідження проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя на дослідних ділянках. Відповідно ділянки готували до посіву: проводили культивування, обміряли, а також обробляли насіння досліджуваними речовинами. Нами було використано такі варіанти:

1. контроль (необроблене насіння + дистильована вода);
2. обробка насіння розчином вітаміну Е (10^{-8} М);
3. обробка насіння розчином убіхінону-10 (10^{-8} М);

4. обробка насіння розчином метіоніну (0,001%);
5. обробка насіння розчином параоксибензойної кислоти (ПОБК) (0,001%);
6. обробка насіння розчином $MgSO_4$ (0,001%);
7. обробка насіння комбінаціями речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + убіхінон-10 (10^{-8} М);
8. вітамін Е (10^{-8} М) + метіонін (0,001%) + ПОБК (0,001%);
9. вітамін Е (10^{-8} М) + метіонін (0,001%) + ПОБК (0,001%) + $MgSO_4$ (0,001%);
10. стимулятор росту Вимпел (10 мл на 0,5 л дистильованої води).

Ефективність дії цих речовин порівнювали з дією відомого стимулятора росту рослин Вимпел. Вимпел – універсальний комплексний препарат контактно-системної дії для обробки насіння і вегетуючих рослин. У своєму складі містить поліетиленоксид (ПЕО) - 770 г / л, відмиті солі гумінових кислот - до 30 г / л.

Дослідження вмісту каротиноїдів та аскорбінової кислоти у коренеплодах моркви сорту Нантська проводили у навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Визначення вмісту аскорбінової кислоти проводили спектрофотометрично за методом [7] при довжині хвилі 265 нм. Вміст аскорбінової кислоти розраховували з урахуванням коефіцієнта молярної екстинції $1,655 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Визначення вмісту каротиноїдів проводили в етанольних екстрактах спектрофотометрично при довжині хвилі 450 нм [8].

Статистичну обробку матеріалу проводили із застосуванням методів математичної статистики шляхом використання стандартних вбудованих редакцій пакета спеціалізованого програмного забезпечення MS Office Excel 2010. Для перевірки статистичних гіпотез використовували t-критерій Стьюдента. Числові дані представлені в формі середньої величини з стандартною помилкою ($M \pm m$). Достовірними вважали відмінності за рівня значущості $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ

Результати досліджень показали, що метаболічно-активні речовини впливають на вміст каротиноїдів у коренеплодах моркви. Так, передпосівна обробка насіння моркви вітаміном Е виявила високу ефективність і дозволила збільшити вміст каротиноїдів у коренеплодах моркви до 3,69 мг/г сирої маси, що перевищило показники контролю на 28 % (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно-активними речовинами на вміст каротиноїдів у коренеплодах моркви сорту Нантська у процесі зберігання

Варіант	Місяць зберігання				всього втрат, мг/г сирої маси	Всього втрат, %
	1 місяць зберігання		6 місяць зберігання			
	мг/г сирої маси	% до контролю	мг/г сирої маси	% до контролю		
1.Контроль	2,89±0,30	100	2,28±0,04	100	0,61	21,2
2.Вітамін Е	3,69±0,42*	127,68	3,09±0,14*	135,5	0,6	16,3
3.Убіхінон-10	4,02±0,68*	139,10	3,68±0,33*	161	0,34	8,5
4.Метіонін	2,25±0,33*	77,85	1,63±0,26*	71	0,62	27,6

5.ПОБК	1,93±0,35*	67,78	1,38±0,12*	60,5	0,55	28,5
6.MgSO ₄	2,09±0,38	72,31	1,52±0,22*	67	0,57	27,3
7.Убіхінон-10+ Вітамін Е	4,18±0,51*	144,63	2,23±0,15	97,8	1,95	46,7
8.Вітамін Е+ПОБК+Метіонін	2,74±0,14	94,80	2,38±0,22	104	0,36	13,2
9.Вітамін Е+ПОБК+Метіонін+ MgSO ₄	2,74±0,20	94,80	2,02±0,25	88,5	0,72	26,3
10.Вимпел	1,94±0,55*	67,12	1,49±0,23*	65	0,45	23,2

*Різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05)

У результаті проведених досліджень було продемонстровано зростання вмісту каротиноїдів у коренеплодах моркви на 39% за передпосівної обробки насіння убіхіноном-10. Максимальний вміст каротиноїдів у коренеплодах моркви сорту Нантська було отримано за передпосівної обробки насіння комбінацією метаболічно-активних сполук убіхінон-10 + вітамін Е, що перевищили показники контролю на 44 % (табл. 1).

За час зберігання коренеплодів моркви сорту Нантська протягом 7 місяців, вміст каротиноїдів зменшився в усіх варіантах.

Найменше втрат (0,34 ммоль/г сирової маси) спостерігаємо при обробці насіння убіхіноном-10. Це пов'язано з тим, що убіхінон-10 захищає від пошкоджуючої дії активних форм кисню та продуктів окислення, виступає в якості ефективних імуностимуляторів [2].

Вміст каротиноїдів у коренеплодах моркви за впливу передпосівної обробки метаболічно-активними сполуками залишається високим і на при кінці терміну зберігання, перевищуючи показники

контролю. Винятком є варіант з обробкою насіння Убіхінон-10+ Вітамін Е, де спостерігаємо біля 48% втрат каротиноїдів в коренеплодах в процесі зберігання.

Результати досліджень показали, що метаболічно активні речовини впливають на вміст аскорбінової кислоти у коренеплодах моркви. Максимальний вміст аскорбінової кислоти у коренеплодах моркви сорту Нантська було отримано за передпосівної обробки насіння вітаміном Е, що перевищив показники контролю на 40 % (табл. 2).

Високий вміст аскорбінової кислоти також виявлено при обробці насіння моркви убіхінон-10 та комбінаціями метаболічно-активних сполук, як убіхінон-10 + вітамін Е, вітамін Е + ПОБК + метіонін, вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄.

За час зберігання коренеплодів моркви сорту Нантська, вміст аскорбінової кислоти зменшився в усіх варіантах. Тривалий вплив повітря і нагрівання в присутності кисню руйнує аскорбінову кислоту [9]. Найменше втрат (0,0019 ммоль/г сирової маси) спостерігаємо при обробці насіння MgSO₄.

Таблиця 2

Вплив метаболічно-активних речовин на вміст аскорбінової кислоти у коренеплодах моркви сорту Нантська

Варіант	Місяць зберігання						всього втрат, ммоль/г сирової маси	Всього втрат, %
	1 місяць зберігання		4 місяць зберігання		7 місяць зберігання			
	ммоль/г сирової маси	% до контролю	ммоль/г сирової маси	% до контролю	ммоль/г сирової маси	% до контролю		
1.Контроль	0,010±0,002	100	0,008±0,0001	100	0,0072±0,0001	100	0,0028	28
2.Вітамін Е	0,014±0,002*	140	0,010±0,0003*	125	0,0091±0,0001*	126	0,0049	35
3.Убіхінон-10	0,013±0,003*	130	0,008±0,0001	100	0,0065±0,0001	90	0,0065	50
4.Метіонін	0,012±0,002*	120	0,0095±0,0001*	119	0,0085±0,0001*	118	0,0035	30,2
5.ПОБК	0,013±0,003*	130	0,009±0,0001*	112,5	0,0084±0,0001*	116,6	0,0046	35,4
6.MgSO ₄	0,011±0,002	110	0,0096±0,0001*	120	0,0091±0,0001*	126	0,0019	17,3
7.Убіхінон-10+ Вітамін Е	0,013±0,003*	130	0,011±0,0002*	137,5	0,010±0,002*	138,8	0,0048	23,1

8.Вітамін Е+ПОБК+Мет іонін	0,013±0,002*	130	0,009±0,001*	112,5	0,0082±0,0002*	113,8	0,0048	37
9.Вітамін Е+ПОБК+Мет іонін+ MgSO ₄	0,013±0,003*	130	0,009±0,0001*	112,5	0,009±0,0001*	125	0,004	30,8
10.Вимпел	0,012±0,003*	120	0,009±0,0001*	112,5	0,008±0,0002*	111	0,004	33,4

*Різниця достовірна порівняно з контролем (p<0,05)

Вміст аскорбінової кислоти у коренеплодах моркви за впливу передпосівної обробки метаболічно активними сполуками залишається високим і наприкінці терміну зберігання, перевищуючи показники контролю та Вимпелу. Винятком є варіант з обробкою насіння убіхіноном-10, де спостерігаємо біля 50% втрат аскорбінової кислоти в коренеплодах в процесі зберігання.

ОБГОВОРЕННЯ

Важливою проблемою охорони здоров'я в Україні є дефіцит вітаміну А. Для вирішення зазначеної проблеми лікарі рекомендують споживати овочі та фрукти, що багаті каротиноїдами провітаміну А. Біохімічний склад каротиноїдів моркви переважно представлений бета-каротином та містять в меншій кількості альфа-каротин, лютеїн та зеаксантин. Саме β-каротин має найбільше значення для людини, оскільки він активно включається в біохімічні процеси організму. Він є попередником вітаміну А та антиоксидантом. Споживання достатньої кількості каротину людиною забезпечує нормальне функціонування біохімічних процесів в клітині, оскільки частина його утворює необхідну кількість вітаміну А, а частина, що залишається, діє у клітинах як антиоксидант, що на рівні клітинних мембран нейтралізує дію вільних радикалів, які утворюються у організмі та можуть призвести до виникнення злоякісних пухлин. Вітамін А покращує фізіологічний стан шкіри, призводить до підвищення утворення слизу епітеліальними клітинами [2, 4].

Продемонстровану високу ефективність передпосівної обробки насіння моркви вітаміном Е можна пояснити тим, що вітамін Е є сильним антиоксидантом, який рослини використовують як складову захисних систем проти окиснювального стресу. Також з'ясовано, що високий вміст токоферолів зумовлює стійкість до засолень, посухи, дії важких металів, озону, УФ-променів тощо [4]. Зростання вмісту каротиноїдів за передпосівної обробки насіння моркви убіхіноном-10 можна пояснити тим, що він синтезується у живих клітинах, призводить до нейтралізації дії вільних радикалів і саме таким способом оберігає клітини від ушкодження і руйнування, а також, забезпечує синтез енергії, що важлива для роботи генеративних та вегетативних органів рослини [2].

Максимальне зростання вмісту каротиноїдів спостерігалось за передпосівної обробки насіння комбінацією вітаміну Е + убіхінон-10. Таку дію речовин можна пояснити тим, що вітамін Е та

убіхінон-10 відіграють важливу роль у функціонуванні рослинного організму. Саме ці речовини включені у біоенергетичні процеси, захищають клітини рослин від шкідливої дії активних форм кисню та продуктів окислення, виступають в якості ефективних імуностимуляторів, впливають на формування генеративних органів тощо [2].

Механізм дії найбільш поширених антиоксидантів полягає в обриві реакційних ланцюгів: молекули антиоксиданту взаємодіють з активними радикалами з утворенням малоактивних радикалів. Навіть в невеликій кількості (0,001%...0,01%) антиоксиданти зменшують швидкість окиснення, тому протягом деякого періоду часу продукти окиснення не виявляються [4, 5].

Важливим показником якості коренеплодів моркви є вміст аскорбінової кислоти. Саме аскорбінова кислота забезпечує окисно-відновні реакції, відповідає за метаболізм вуглеводів, тироксину, заліза, перетворення фолієвої кислоти на фолієву, бере участь у процесах згортання крові, в утворенні стероїдних гормонів, колагену та проколагену. Вона, також, підвищує регенерацію тканин, регулює проникнення капілярів, синтез ліпідів та білків, процеси клітинного дихання [4]. Аскорбінова кислота виступає переносником, оскільки має здатність віддавати або приєднувати атоми водню, що є важливим для процесів синтезу АТФ. Аскорбінова кислота є проміжною ланкою між різними речовинами і реакціями рослинного організму [4]. У фотосинтетичних реакціях вона може бути донором електронів. Також бере участь в перенесенні електронів від пластохінона до цитохрому при фотофосфорильованні. Окрім участі в процесах фотосинтезу, вона може позитивно впливати на асиміляцію вуглекислоти шляхом оберігання хлорофілу від окислення [4].

Процеси дихання рослин також неможливі без аскорбінової кислоти. Її присутність в дихальній системі підвищує опір рослин до стресових факторів, оскільки вона може функціонувати в різному діапазоні температур і на різних етапах онтогенезу рослин. Аскорбінова кислота відіграє роль кофермента у функціонуванні ряду ферментних систем завдяки здатності до окиснення та відновлення. Також, аскорбінова кислота бере участь у процесах транспірації у рослин, прискорює швидкість руху води по рослині, нормалізує метаболічні процеси [4].

Максимальний вміст аскорбінової кислоти у коренеплодах моркви сорту Нантська спостерігався в групі за передпосівної обробки насіння вітаміном Е. Таку дію препарату можна пояснити тим, що

вітамін Е є сильним антиоксидантом, що бере участь у захисті рослинного організму від пошкоджуючих ефектів оксидативного стресу, що має місце за несприятливих умов навколишнього середовища [4].

Крім того, зростання вмісту в коренеплодах моркви аскорбінової кислоти спостерігалось також за передпосівної обробки насіння всіма досліджуваними комбінаціями метаболічно активних речовин, що можна пояснити тим, що свідчить про їх важливу роль у метаболічних процесах рослинного організму. Оскільки, вони залучені до процесів синтезу АТФ, є складовими антиоксидантних систем організму рослин та виступають як імуностимулятори [4, 5].

При зберіганні коренеплодів найменше втрат аскорбінової кислоти спостерігалось в групі за передпосівної обробки насіння моркви $MgSO_4$. Цей ефект можна пояснити тим, що магній пов'язаний з процесами транспорту асимілятів і стабілізації клітинних стінок рослин. Йони магнію утворюють комплекси з нестійкими дієнольними групами аскорбінової кислоти, попереджаючи її окислення та запобігають її руйнуванню [4].

ВИСНОВКИ

Таким чином, у технології вирощування моркви доцільно застосовувати агроприйоми, що передбачають передпосівну обробку насіння метаболічно активними сполуками. Цей агроприйом призводить до збільшення вмісту каротину та

аскорбінової кислоти у коренеплодах моркви та незначної їх втрати в процесі зберігання, що є вагомим показником її харчової цінності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кабанеш, В. М.; Собко, М. Г. Методика визначення господарської урожайності сільськогосподарських культур. *Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН*, 2017, 12 с.
2. Донченко, Г. В.; Кучменко, О. Б.; Петухов, Д. М. Біохімічні властивості і функціональна роль убіхінону (CoQ). Практичні аспекти застосування. *Український біохімічний журнал*, 2005, 77, 5, с 24–36.
3. Завадська, О. В.; Дяденко, О. В. Оцінка якості коренеплодів моркви різних сортів, вирощених в умовах Лісостепу України: [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis.
4. Кучеренко, М. Є.; Виноградова, Р. П.; Бабенюк, Ю. Д. *Біохімія*; Либідь: Київ, 1995; 464 с.
5. Макрушин, М. М.; Макрушина, Є. М.; Петерсон, Н. В.; Мельников, М. М. *Фізіологія рослин*; Нова книга: Вінниця, 2006; 416 с.
6. Овчарук, В. І. Вплив регуляторів росту на біометричні показники коренеплодів моркви. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету* 2011, 19, с 10–14.
7. Hewitt, E. J.; Dickes, G. J. Spectrophotometric measurements on ascorbic acid and their use for the estimation of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in plant tissue. *The Biochemical J.* 1961, 78, 2, p 384–391.
8. Sumanta, N.; Haque, C. I.; Nishika, J.; Suprakash, R. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Res. J. Chem. Sci.* 2014, 4, p 63–69.
9. Рябенко, А. П. Зміна хімічного складу коренеплодів моркви в процесі зберігання: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.pdaa.edu.ua/np/pdf/84.pdf>.