

## FORMATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN PEPPER FRUITS UNDER THE INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS

O. Priss

*Tavria State Agrotechnological University*

---

**Key words:**

*Peppers*

*Ascorbic acid*

*Phenolic substances*

*Carotenoids*

*Abiotic factors*

---

**Article history:**

Received 12.12.2014

Received in revised form

08.01.2015

Accepted 13.02.2015

---

**Corresponding author:**

O. Priss

**E-mail:**

olesyapriiss@gmail.com

---

**ABSTRACT**

---

The influence of hydrothermal conditions on formation of ascorbic acid, phenolic substances and carotenoids in fruits of sweet bell pepper was investigated. Dependencies are set on the basis of relations between the twin correlation analysis of change of abiotic factors and concentrations of bioactive compounds. It was shown, that determining influence on bioactive compounds formation in pepper fruits has the sum of temperatures in the period of forming and ripening of fruits, whereas the coefficient of correlation makes up from  $-0.71$  to  $0.80$  depending on characteristics. There is a strong direct correlation ( $r = 0.64$ ) between the ascorbic acid pool and rainfall. Rainfall also has strong ( $r = -0.81$ ) influence on the formation of carotenoids in fruits of pepper, but does not affect the concentration of polyphenolic compounds. Formation complex of phenolic compounds is highly dependent on the number of days with temperatures above and below the biological optimum ( $r = 0.73$ ;  $-0.71$ ). The concentrations of each of the studied bioactive constituents are in close correlation with each other, indicating the similarity of favorable conditions for the formation of a maximum fund of bioactive compounds.

---

## ФОРМУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ПЛОДАХ ПЕРЦЮ ПІД ВПЛИВОМ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ

О.П. Прісс

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*У статті розглянуто вплив гідротермічних умов вирощування на формування пулу аскорбінової кислоти, фенольних речовин і каротиноїдів у плодах солодкого перцю. Залежності встановлені на основі зв'язків парного кореляційного аналізу між абіотичними факторами та концентраціями біологічно активних речовин. З'ясовано, що визначальний вплив на формування комплексу біологічно активних речовин перцю має сума температур періоду формування і дозрівання плодів, де коефіцієнт кореляції залежно від показника становить від  $-0,71$  до  $0,80$ . Між пулом аскорбінової кислоти й опадами існує сильна пряма кореляція ( $r = 0,64$ ). Оподи також суттєво ( $r = -0,81$ ) впливають на формування каро-*

тиноїдів у плодах перцю, але не впливають на концентрації поліфенольних сполук. Формування комплексу фенольних речовин суттєво залежить від кількості днів з температурами, вищими та нижчими за біологічний оптимум для плодів перцю ( $r = 0,73; -0,71$ ). Концентрації кожної з досліджених БАР знаходяться в тісній кореляції між собою, що вказує на подібність сприятливих умов для формування максимального фонду біологічно активних речовин.

**Ключові слова:** перець, аскорбінова кислота, фенольні речовини, каротиноїди, абіотичні фактори.

Овочі та плоди є незамінним компонентом харчування людини. Завдяки наявності біологічно активних речовин (БАР) їх вважають важливими продуктами харчування. Широкий спектр біологічно активних сполук містить солодкий перець. Його плоди вирізняються високим вмістом різних каротиноїдів, фенольних речовини, вітаміну С [1] і мають високу антиоксидантну активність [2]. Однак концентрація БАР у плодах залежить від низки біотичних і абіотичних факторів [3, 4]. На сучасному рівні розвитку рослинництва можливе успішне регулювання багатьох біотичних факторів. Керувати ж абіотичними факторами в умовах відкритого ґрунту неможливо, тому питання формування біологічно активних сполук у тканинах перцю під впливом абіотичних факторів залишається актуальним.

**Мета дослідження.** Виявити вплив гідротермічних умов на формування біологічно активних речовин у плодах перцю.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводилися у 2005—2012 рр. на базі лабораторій НДІ агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь). Перець гібриду Геркулес вирощували в умовах відкритого ґрунту в Мелітопольському районі Запорізької області на краплинному зрошенні. Щоденні метеорологічні дані за період досліджень зібрані на Мелітопольській метеостанції. Визначення біологічно активних речовин проводили за такими методиками: вміст аскорбінової кислоти (АК) — за відновленням реактиву Тільманса [5]; вміст фенольних речовин (ФР) — за допомогою реактиву Фоліна-Деніса [6]; загальний вміст каротиноїдів шляхом екстрагування пігментів ацетоном з подальшим визначенням їх оптичної густини [7]. Математичну обробку результатів досліджень виконували за Б.А. Доспеховим та ін. [8].

**Результати і обговорення.** Сума активних температур (САТ) за період вегетації перцю коливалась від 1870,5 °С (2009) до 2501,1 °С (2005) залежно від року досліджень (табл. 1).

При формуванні і дозріванні плодів перцю особливо високими температурами відзначився 2007 р. (802,2 °С). Цього ж року зафіксували найбільшу кількість спекотних днів — 62. Для перцю біологічний максимум складає 30 °С, мінімум — 13 °С. Кількість днів з мінімальною температурою нижче 13 °С варіює від 2 у 2007 р. до 17 у 2006 році. Чотири з восьми років досліджень (2007—2009 рр., 2012р.) характеризуються як дуже посушливі, при цьому гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) становить менше 0,5. У період

формування і дозрівання плодів (за 30 днів до збору врожаю) опадів або не спостерігали зовсім, або їх випало в дуже обмеженій кількості.

*Таблиця 1. Гідротермічні умови впродовж періоду вирощування перцю*

Рік досліджень	Показники							
	САТ періоду вегетації, °С	САТ за 30 днів до збору врожаю, °С	Опади періоду вегетації, мм	Опади за 30 днів до збору врожаю, мм	ГТК періоду вегетації	ГТК періоду формування плодів	Кількість днів з температурою нижче 13 °С	Кількість днів з температурою вище 30 °С
2005	2501,1	663,3	210,8	0,8	0,84	0,01	14	40
2006	2322,5	654,6	203,0	52,3	0,87	0,80	15	43
2007	2176,1	802,2	47,0	9,3	0,22	0,12	2	62
2008	2056,9	772,3	68,6	8,9	0,33	0,12	13	38
2009	1870,5	624,9	77,3	21,0	0,41	0,34	11	40
2010	2169,2	700,8	141,2	14,8	0,65	0,21	10	55
2011	2419,4	662,4	136,3	30,6	0,56	0,46	12	49
2012	2319,2	636,4	37,4	7,2	0,16	0,11	9	58

Вітамін С є однією з найбільш важливих якісних характеристик плодів та овочів, оскільки організмом людини він не синтезується і надходить з продуктами харчування. Біологічна роль аскорбінової кислоти пов'язана з участю у формуванні колагену, поглинанням неорганічного заліза, зменшенням рівня холестерину в плазмі крові та посиленням імунітету, а реакція з синглетним киснем та іншими вільними радикалами характеризує його як антиоксидант [9]. Вміст АК в плодах та овочах суттєво варіює від виду і сорту продукції. Рівень її накопичення також коливається в широких межах залежно від кліматичних чинників періоду вегетації [10].

Плоди перцю є потужним джерелом вітаміну С [1]. За результатами наших досліджень, плоди перцю гібриду Геркулес аскорбінової кислоти накопичують в середньому 132,98 мг/100 г сирової маси (табл. 2).

*Таблиця 2. Біологічно активні речовини перцю,  $\bar{x} \pm s\bar{x}$ , n = 5*

Рік	Аскорбінова кислота, мг/100 г	Фенольні речовини, мг/100 г	Каротиноїди, мг/100г
2005	143,68±5,75	142,99±5,28	7,46±0,10
2006	163,45±5,42	134,48±4,49	5,67±0,18
2007	106,32±5,08	182,15±4,32	8,82±0,14
2008	122,64±4,55	156,23±5,28	8,23±0,33
2009	151,15±4,10	121,82±4,65	6,48±0,19
2010	119,43±3,23	168,12±5,66	7,01±0,29
2011	134,04±7,51	148,44±4,83	6,47±0,86
2012	123,15±2,53	151,46±4,74	7,83±0,47
<i>V</i> , %	14,34	12,50	14,13
НІР <sub>095</sub>	5,74	6,67	0,50
<i>Sx</i> , %	1,49	1,53	2,38

Залежно від гідротермічних умов вегетації спостерігається середня варіативність кількості АК у перцю:  $V = 14,34\%$ . Так високі температури в період формування і дозрівання плодів призводять до зменшення кількості АК. Подібні результати отримані й іншими дослідниками [11]. Між САТ за 30 днів до збору і накопиченням АК в плодах перцю виявлена обернена залежність ( $r = -0,71$ ) (табл. 3).

Таблиця 3. Коефіцієнти кореляції парних зв'язків плодів перцю,  $N=8$

Показники	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	1	-0,20	0,57	0,05	0,45	0,03	0,14	0,24	0,10	0,10	-0,10
X2	-0,20	1	-0,35	-0,33	-0,36	-0,37	0,28	-0,54	-0,71	0,80	0,73
X3	0,57	-0,35	1	0,42	0,99	0,42	-0,45	0,68	0,64	-0,35	-0,63
X4	0,05	-0,33	0,42	1	0,46	1,00	-0,19	0,39	0,64	-0,42	-0,81
X5	0,45	-0,36	0,99	0,46	1	0,46	-0,48	0,69	0,67	-0,38	-0,68
X6	0,03	-0,37	0,42	1,00	0,46	1	-0,21	0,40	0,67	-0,46	-0,83
X7	0,14	0,28	-0,45	-0,19	-0,48	-0,21	1	-0,82	-0,69	0,73	0,41
X8	0,24	-0,54	0,68	0,39	0,69	0,40	-0,82	1	0,76	-0,71	-0,66
X9	0,10	-0,71	0,64	0,64	0,67	0,67	-0,69	0,76	1	-0,90	-0,84
X10	0,10	0,80	-0,35	-0,42	-0,38	-0,46	0,73	-0,71	-0,90	1	0,72
X11	-0,10	0,73	-0,63	-0,81	-0,68	-0,83	0,41	-0,66	-0,84	0,72	1

**Примітка:** X1 — САТ періоду вегетації; X2 — САТ за 30 днів до збору; X3 — опади за вегетаційний період; X4 — опади періоду формування і дозрівання плодів; X5 — ГТК вегетаційного періоду; X6 — ГТК періоду формування і дозрівання плодів; X7 — кількість днів з максимальними температурами, що перевищують біологічний максимум; X8 — кількість днів з мінімальними температурами, нижчими за біологічний мінімум; X9 — аскорбінова кислота; X10 — фенольні речовини; X11 — каротиноїди.

Зв'язок тієї ж сили та направленості виявлено і між кількістю днів з максимальними температурами вище  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $r = -0,69$ ). Найбільший фонд аскорбінової кислоти формується у плодах перцю у роки достатнього зволоження в період формування і дозрівання плодів (2006 р.), тоді як у посушливі роки рівень накопичення аскорбінової кислоти знижується.

Між фондом АК та кількістю опадів як за весь період, так і в період формування і дозрівання плодів спостерігається сильна пряма кореляційна залежність ( $r = 0,64$ ). Найбільш висока кореляція зафіксована між С-вітамінною активністю перцю та кількістю днів з мінімальними температурами, нижчими за біологічний мінімум, що підтверджує думку про сприятливий вплив понижених температур на збільшення концентрації АК [10].

В останні роки науковці виявляють високу зацікавленість природними фенольними сполуками, оскільки їх знаходять у великих кількостях у рослинній продукції, споживання якої може знизити ризик розвитку раку, кардіоваскулярних і нейродегенеративних захворювань [11].

Коефіцієнт варіації вмісту фенольних сполук у плодах перцю залежно від року досліджень є середнім (12,50). Наші дослідження показують, що найбільша кількість фенолів накопичується в плодах у роки з найбільшою сумою температур у період формування і дозрівання плодів (2007 р., 2010 р.). Це підтверджується і сильною прямою кореляцією між вказаними показниками:  $r = 0,80$ . Формування комплексу фенольних речовин у плодах перцю також

суттєво залежить від кількості днів з температурами, вищими та нижчими за біологічний оптимум ( $r = 0,73; -0,71$ ). При вирощуванні перцю в згаданих умовах опади достовірно не впливають на концентрацію поліфенольних сполук. Між фондами фенольних речовин і аскорбінової кислоти встановлено стабільний сильний обернений кореляційний зв'язок ( $r = -0,90$ ), тому можна припустити, що ці антиоксиданти виявляють компенсаторну дію стосовно один одного, підтримуючи таким чином прооксидантно-антиоксидантну рівновагу клітини.

Каротиноїдні фітосполуки мають важливе значення для здоров'я людини. Їхня біологічна роль проявляється у профілактиці і при лікуванні хронічних захворювань через антиоксидантні та провітамінні властивості каротиноїдів [12]. Овочевий перець є цінним джерелом каротиноїдів провітамінів А:  $\alpha$ -каротин,  $\beta$ -каротин,  $\beta$ -криптоксантин. Крім того, до каротиноїдів перцю входять ксантофіли, що є поглиначами вільних радикалів [1, 2].

Кількість каротиноїдів у перцю знаходиться на рівні 5,7...8,8 мг/100 г сирової маси. Варіативність по роках є середньою і становить 14,13 %. Отримані дані свідчать, що фонд каротиноїдів у плодах перцю головним чином залежить від кількості опадів у період формування і дозрівання плодів ( $r = -0,81$ ). При більшій кількості опадів плоди формують менший пул каротиноїдів (2006 р.) (табл. 1, 2). Пряма кореляційна залежність спостерігається між накопиченням каротиноїдних пігментів і температурами за 30 днів до збору ( $r = 0,73$ ). Найбільш тісний обернений зв'язок встановлений для ГТК періоду формування та дозрівання плодів ( $r = -0,83$ ).

Каротиноїди знаходяться у сильній оберненій залежності з аскорбіновою кислотою ( $r = -0,84$ ) та в тісному прямому зв'язку з фенольними речовинами ( $r = 0,72$ ), що вказує на подібність сприятливих умов для максимального формування біологічно активних речовин. У цілому плоди перцю виявляють досить тісні зв'язки між концентраціями біологічно активних речовин і гідротермічними факторами вирощування.

## Висновки

Формування біологічно активних речовин плодів перцю суттєво залежить від таких абіотичних факторів, як температура та опади. Визначальний вплив на формування комплексу біологічно активних речовин перцю має сума активних температур періоду формування та дозрівання плодів, де коефіцієнт кореляції залежно від показника становить від  $-0,71$  до  $0,80$ . Між фондом АК і кількістю опадів спостерігається сильна пряма кореляційна залежність ( $r = 0,64$ ). Опади також суттєво ( $r = -0,81$ ) впливають на формування каротиноїдів у плодах перцю. Формування комплексу фенольних речовин у плодах перцю суттєво залежить від кількості днів з температурами, вищими та нижчими за біологічний оптимум ( $r = 0,73; -0,71$ ). Концентрації кожної з досліджених БАР знаходяться в тісній кореляції між собою, що вказує на подібність сприятливих умов для формування максимального фонду біологічно активних речовин.

## Література

1. *Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (Capsicum annuum) varieties* / J.L. Guil-Guerrero, C. Martínez-Guirado, Ma del Mar Rebo-

Iloso-Fuentes, A. Carrique-Pérez // *European Food Research and Technology*. — 2006. — Vol. 224, # 1. — P. 1—9.

2. Антиоксидантная активность сортообразцов томата и перца / А.А. Лапин, Н.Ф. Тенькова, С.И. Игнатова [и др.] // *Овощи России*. — 2008. — № 1—2. — С. 64—66.

3. *Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition, and minerals contents of sweet peppers, cv. Almuden* / A.J. Pérez-López, J.M. López-Nicolas, E. Núñez-Delicado [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* — 2007. — Vol. 55(20). — P. 8158—8164.

4. *The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses* / M.A. Rosales, L.M. Cervilla, E. Sánchez-Rodríguez [et al.] // *J. Sci. Food Agric.* — 2011. — Vol. 91(1). — P. 152—162.

5. Найченко В.М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства / В.М. Найченко. — К.: ФАДА ЛТД. — 2001. — 211с.

6. *Фрукти, овочі та продукти їх переробляння. Методи визначення вмісту поліфенолів: ДСТУ 4373:2005*. — [Чинний від 2005-28-02]. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 6 с.

7. Мусієнко М.М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 200 с.

8. *Доспехов Б. А. Методика полевого опыта* / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

9. *Du J. Ascorbic acid: chemistry, biology and the treatment of cancer* / J. Du, J.J. Cullen, G.R. Buettner // *Biochim Biophys Acta*. — 2012. — Vol. 1826 (20). — P. 443—457.

10. *Lee S. K. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops* / Seung K. Lee, Adel A. Kader // *Postharvest Biology and Technology*. — 2000. — Vol. 20. — P. 207—220.

11. *Dietary polyphenols and the prevention of diseases* / A. Scalbert, C. Manach, C. Morand [et al.] // *Critical reviews in food science and nutrition*. — 2005. — Vol. 45. — P. 287—306.

12. *Rao A.V. Carotenoids and human health* / A.V. Rao, L.G. Rao // *Pharmacological Research*. — 2007. — № 55. — P. 207—216.

## **ФОРМИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПЛОДАХ ПЕРЦА ПОД ВЛИЯНИЕМ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

О.П. Присс

*Таврический государственный агротехнологический университет*

*В статье рассмотрено влияние гидротермических условий выращивания на формирование пула аскорбиновой кислоты, фенольных веществ и каротиноидов в плодах сладкого перца. Зависимости установлены на основе связей парного*

корреляционного анализа между абиотическими факторами и концентрациями биологически активных веществ. Установлено, что определяющее влияние на формирование комплекса биологически активных веществ перца имеет сумма температур периода формирования и созревания плодов, где коэффициент корреляции в зависимости от показателя составляет от  $-0,71$  до  $0,80$ . Между пулом аскорбиновой кислоты и осадками существует сильная прямая корреляция ( $r = 0,64$ ). Осадки также существенно ( $r = -0,81$ ) влияют на формирование каротиноидов в плодах перца, но не влияют на концентрации полифенольных соединений. Формирование комплекса фенольных веществ находится в сильной зависимости от количества дней с температурами выше и ниже биологического оптимума для плодов перца ( $r = 0,73$ ;  $-0,71$ ). Концентрации каждого из исследованных БАВ находятся в тесной корреляции между собой, что указывает на сходство благоприятных условий для формирования максимального фонда биологически активных веществ.

**Ключевые слова:** перец, аскорбиновая кислота, фенольные вещества, каротиноиды, абиотические факторы.