
**WPLYW STOSOWANIA 1-MCP I ETYLENU PO ZBIORZE NA
DOJRZEWANIE ŚLIWEK ‘CACANSKA NAJBOLJA’
W TEMPERATURZE POKOJOWEJ**

**The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene on
‘Cacanska Najbolja’ plum fruit ripening at room temperature**

Henryk Plich, Mariusz Lewandowski,
Zbigniew Józwiak
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa
96-100 Skierniewice, ul. Pomologiczna 18
e-mail: Henryk.Plich@insad.pl

ABSTRACT

Plums cv. ‘Cacanska Najbolja’ harvested in preclimacteric stage were subjected in the laboratory to one of the following treatments:

1. 1-MCP at 1 $\mu\text{l/l}$ within 6 hours of harvest;
2. Ethylene at 100 $\mu\text{l/l}$ within 6 hours of harvest;
3. Both 1-MCP at 1 $\mu\text{l/l}$ and ethylene at 100 $\mu\text{l/l}$ within 6 hours of harvest;
4. 1-MCP at 1 $\mu\text{l/l}$ on day 1, and ethylene at 100 $\mu\text{l/l}$ on day 2;
5. Ethylene at 100 $\mu\text{l/l}$ day 1, and 1-MCP at 1 $\mu\text{l/l}$ on day 2; or
6. Untreated control.

With treatments 4 and 5, the plums were applied to the first gas for 20 hours, ventilated and then they were exposed to the second gas for 20 hours and again ventilated.

Plums were then stored at room temperature and every two or three days, firmness, ethylene and CO_2 production rates were measured.

Plums stored at room temperature softened steadily over the eight days of storage. Over the first three days plum firmness decreased by almost 4 N per day. 1-MCP alone reduced the softening rate when used alone or when applied at the same time or before the plums were exposed to ethylene but not when applied after the plums were exposed to ethylene. 1-MCP counteracted the effect of exogenous ethylene on the softening due to reducing endogenous ethylene production and decreasing CO_2 evolution.

Key words: *Prunus domestica* L., fruit, ripening, ethylene, 1-MCP

WSTĘP

Ze względu na dużą zawartość błonnika oraz antyoksydantów śliwki powinny być ważnym składnikiem diety. Spożycie śliwek w stanie świeżym jest jednak w naszym kraju niskie, co wynika z krótkiego okresu ich dostępności na rynku, praktycznie tylko w okresie zbiorów. Jak dotąd technologia przechowywania śliwek w chłodni (Ben i Gawęda 1992; Plich 2003) nie została jeszcze wdrożona do produkcji w Polsce. Wykorzystuje ją jedynie niewielka grupa producentów, aby zwiększyć zyski ze sprzedaży.

Szybkie mięknienie śliwek po przeniesieniu do temperatury pokojowej, a szczególnie duża wrażliwość uprawianych odmian na rozpad wewnętrzny indukowany przez temperaturę w zakresie od +2 do +7°C, określane jako tzw. "strefa zabójcza" (ang. „killing zone”) (Crisosto 2004), zniechęca producentów i pośredników handlowych do dłuższego ich przechowywania. W dotychczasowych badaniach stwierdzono, że optymalną temperaturą dla przechowywania większości odmian śliwek jest -0,5°C (Crisosto 1994; Plich 1998a, b; Plich 2003). Ważne jest, aby była ona stabilna i aby owoce po zbiorze zostały jak najszybciej schłodzone do temperatury przechowywania. Drugim czynnikiem, który decyduje o długości przechowywania i jakości śliwek po zbiorze jest ich stan dojrzałości w dniu zbioru.

Szybkość dojrzewania owoców klimakterycznych, do których należą wszystkie odmiany śliwek pochodzenia europejskiego (*Prunus domestica* L.), jest kontrolowana przez etylen. Kiedy zostaje zapoczątkowany klimakteryczny wzrost produkcji tego hormonu w owocach, następuje gwałtowne przyspieszenie ich dojrzewania. Czynniki wpływające na szybkość produkcji etylenu równocześnie modyfikują proces ich dojrzewania. Dojrzewanie owoców klimakterycznych może być opóźnione przez zastosowanie inhibitorów produkcji i działania etylenu (Blankenship i Dole 2003).

Ostatnio dużym zainteresowaniem cieszy się 1-metylocyklopropen (1-MCP), inhibitor percepcji etylenu, który poza tym, że działa w niskim stężeniu, jest związkiem nietoksycznym i bez zapachu, dzięki czemu może być stosowany do produktów żywnościowych.

Celem badań było określenie wpływu 1-MCP i egzogenego etylenu na dojrzewanie śliwek i produkcję przez owoce endogenego etylenu oraz CO₂ w czasie przechowywania w temperaturze pokojowej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiły śliwki odmiany 'Cacanska Najbolja' o wyrównanej wielkości zerwane w preklimakterycznej fazie dojrzałości zbiorczej. Bezpośrednio po zbiorze potraktowano je w temperaturze pokojowej etylenem w kombinacji z 1-MCP i bez 1-MCP. Badania przeprowadzono w laboratorium Zakładu Fizjologii i Biochemii ISK w latach 2005-2006. Wyniki w tabelach są średnimi z tych dwóch lat.

Traktowania:

1. Kontrola;
2. 1-MCP 1 ($\mu\text{l/l}$);
3. Etylen 100 ($\mu\text{l/l}$);
4. 1-MCP 1 ($\mu\text{l/l}$) + Etylen 100 ($\mu\text{l/l}$) – równocześnie;
5. Traktowanie następcze: 1-MCP 1 $\mu\text{l/l}$ (1. dzień) + Etylen 100 $\mu\text{l/l}$ (2. dzień);
6. Traktowanie następcze: Etylen 100 $\mu\text{l/l}$ (1. dzień) + 1-MCP 1 $\mu\text{l/l}$ (2. dzień).

Wyżej wymienione traktowania wykonano w ciągu 4-6 godzin po zbiorze. Śliwki przeniesiono do laboratorium i umieszczono w polietylenowych workach, do których wstawiono zlewki z odważonymi próbkami preparatu Ethylblock (Rohm and Hass, USA). Po szczelnym zamknięciu worków do każdej zlewki wstrzyknięto 5 ml wody w celu wytworzenia gazowej formy 1-MCP. W przypadku traktowania 3. i 4. do worków ze śliwkami drugiego dnia wstrzyknięto ściśle określone próbki etylenu pobranego z butli z gazowym etylenem. Worki otworzono po 20 godz. ekspozycji śliwek na wyżej wymienione mieszaniny gazów. Owoce z kombinacji 1-4 po 4 godz. wietrzenia przeniesiono do laboratorium, natomiast owoce z kombinacji 5. potraktowano następczo etylenem (100 $\mu\text{l/l}$), a z kombinacji 6. potraktowano 1-MCP (1 $\mu\text{l/l}$). Czas ekspozycji był taki sam jak w kombinacji 2. Po wykonaniu następczych traktowań owoce wietrzono przez 4 godziny, a następnie przechowywano w temperaturze pokojowej. Co drugi lub trzeci dzień mierzono następujące wskaźniki dojrzałości śliwek: intensywność produkcji endogennego etylenu i CO_2 oraz jędrność.

Pomiar produkcji etylenu i CO_2 wykonano w każdym terminie w 3 próbach (powtórzeniach), po 10 owoców każda. Owoce zamykano szczelnie na 8-10 godz. w szklanych słojach o objętości 3,75 l. Z każdego słoja pobierano strzykawką 1 ml próbki gazów i wstrzykiwano do chromatografu gazowego firmy Hewlett-Packard, a następnie obliczano

intensywność produkcji etylenu. W drugiej próbie gazów pobranej z tego samego słoja określono z kolei stężenie CO₂ za pomocą analizatora CO₂ (ADC.225.MK3) i obliczano intensywność oddychania. Następnie te same owoce wykorzystano do pomiaru jędrności aparatem Instron (Ø trzpienia 4 mm).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dwuczynnikowej. Analizę tę dla pomiarów etylenu wykonano na wartościach transformowanych według funkcji $y = \log x$, gdzie x = stężenie etylenu. Do oceny różnic między średnimi użyto testu t-Duncana, przyjmując poziom istotności 5%.

WYNIKI

Mięknienie śliwek kontrolnych po zbiorze w dwóch kolejnych latach, w czasie przechowywania w temperaturze pokojowej, przebiegało w podobnym tempie. Ich jędrność (średnia z dwóch lat) w ciągu 8 dni dojrzewania spadła z 36,6 N w dniu zbioru do około 8 N i przez ostatnie 2 dni utrzymała się prawie na tym samym poziomie (tab. 1).

Traktowanie śliwek etylenem przez 24 godziny po zbiorze w niewielkim stopniu przyspieszyło ich mięknienie; jedynie szóstego dnia dojrzewania po zbiorze różnica w jędrności śliwek traktowanych etylenem i nietraktowanych była statystycznie istotna (tab. 1).

Po traktowaniu śliwek zarówno samym 1-MCP jak i przy równoczesnym podaniu tego inhibitora z etylenem stwierdzono znacznie wolniejsze tempo ich mięknienia. Przy następującym po sobie stosowaniu etylenu i 1-MCP uzyskany efekt zależał od kolejności stosowania tych regulatorów syntezy i działania etylenu. Gdy podanie 1-MCP wyprzedzało o 1 dzień traktowanie owoców etylenem, wtedy stwierdzono silne zahamowanie mięknienia śliwek, które utrzymało się do końca doświadczenia. Przy odwrotnej kolejności stosowania tych dwóch regulatorów dojrzewania owoców, tj. etylenu w pierwszym dniu, a 1-MCP w drugim dniu, nie zaobserwowano hamującego wpływu tego inhibitora na dojrzewanie śliwek.

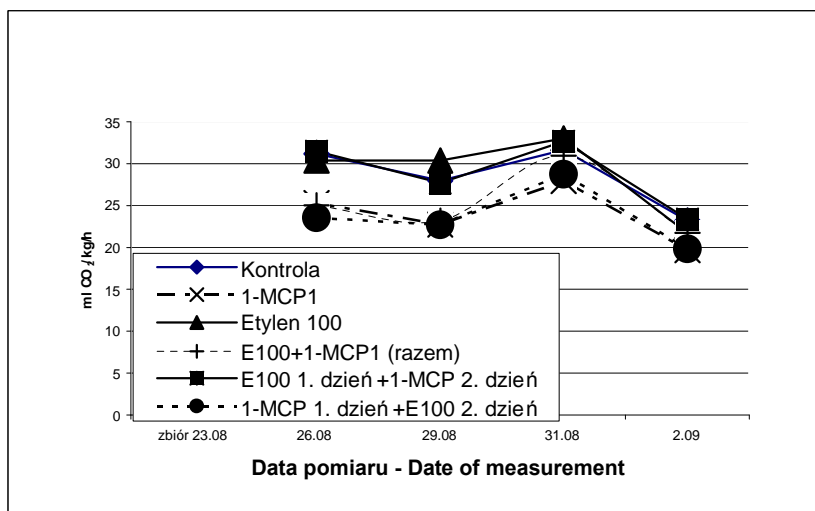
Traktowania te miały podobny wpływ na produkcję etylenu. Wolniejsze tempo mięknienia śliwek traktowanych samym 1-MCP i w kombinacjach, w których 1-MCP podano równocześnie lub 1 dzień przed etylenem, było skorelowane ze znacznym, istotnym statystycznie, obniżeniem intensywności produkcji etylenu (tab. 2) i niższym tempem ich oddychania (rys. 1), szczególnie w pierwszych 6 dniach ich dojrzewania po zbiorze.

T a b e l a 1

Wpływ traktowania śliwek ‘Cacanska Najbolja’ 1-MCP w dniu zbioru w kombinacji z etylenem i bez etylenu na ich jędrność (N) w czasie przechowywania w temperaturze pokojowej (średnie dla lat 2005/2006) – Effect of treatments at harvest with 1-MCP in combination with and without ethylene on the firmness [N] of ‘Cacanska Najbolja’ plums during storage at room temperature (mean values for 2005/2006)

Traktowanie Treatment	Czas przechowywania w temperaturze pokojowej Length of storage at room temperature				
	zbiór harvest	3 dni 3 days	6 dni 6 days	8 dni 8 days	10 dni 10 days
Kontrola – Check	36,6	24,3 b*	14,8b	8,0b	7,5b
Etylen 100 (μl/l)		23,1 b	10,8c	7,8b	7,2b
Etylen 100 (μl/l) 1. dzień – 1st day + 1-MCP 1 (μl/l) 2. dzień – 2nd day		21,2 b	12,9bc	6,5b	6,0b
1-MCP 1 (μl/l)		29,3 a	18,2a	11,4a	10,7a
1-MCP 1 (μl/l) + Etylen 100 (μl/l) (równocześnie – (used together)		30,2 a	20,1a	11,6a	10,9a
1-MCP 1 (μl/l) 1. dzień – 1st day + Etylen 100 (μl/l) 2. dzień – 2nd day		27,1 a	20,7a	12,5a	11,7a

*Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%), wg wielokrotnego testu t-Duncana – Means followed in columns by the same letter are not significantly different (5%) according to Duncan’s multiple range t-test



Rysunek 1. Tempo produkcji CO₂ przez śliwki ‘C. Najbolja’ traktowane w czasie zbioru 1-MCP lub etylenem albo ich mieszaniną – Rate of CO₂ production by ‘C. Najbolja’ plums treated at harvest with 1-MCP or ethylene, or both

Zawartość ekstraktu w śliwkach odmiany ‘Cacanska Najbolja’ wynosiła średnio 17% i nie stwierdzono istotnych różnic między kombinacjami. Wpływ aplikacji 1-MCP na tę cechę owoców nie był istotny (danych nie zamieszczono).

T a b e l a 2

Produkcja etylenu (nl/g/godz.) przez śliwki ‘Cacanska Najbolja’ traktowane w dniu zbioru 1-MCP lub etylenem oraz ich mieszaniną w okresie ich dalszego dojrzewania w temperaturze pokojowej – Production of ethylene [nl/g/hr] by ‘Cacanska Najbolja’ plums treated at harvest with 1-MCP or ethylene, or both, during subsequent ripening at room temperature

Traktowanie Treatment	Czas przechowywania w temperaturze pokojowej Length of storage at room temperature				
	zbiór harvest (23.08)	3 dni 3 days	6 dni 6 days	8 dni 8 days	10 dni 10 days
Kontrola - Check	1,62	22,2 b*	44,8 b	65,7 c	62,5 b
1-MCP 1 (μl/l)		9,7 a	12,1 a	24,4 a	32,9 a
Etylen 100 (μl/l)		37,8 b	65,8 b	76,4 c	74,1 b
1-MCP 1 (μl/l) + Etylen 100 (μl/l) (równocześnie – used together)		6,5 a	11,4 a	34,4 ab	43,5 a
Etylen 100 (μl/l) 1. dzień – 1st day + 1-MCP 1 (μl/l) 2. dzień – 2nd day		-	57,1 b	84,1 c	79,8 b
1-MCP 1 (μl/l) 1. dzień – 1st day + Etylen 100 (μl/l) 2. dzień – 2nd day		-	13,4 a	45,1 b	47,4 a

* Objasnienia jak pod tabelą 1 – Explanations as for Table 1

PODSUMWANIE I DYSKUSJA

Uzyskane wyniki potwierdziły, że 1-MCP hamuje produkcję etylenu i mięknięcie śliwek, co zaobserwowano we wcześniejszych badaniach (Menniti i in. 2004). Jednak hamowanie tych dwóch procesów fizjologicznych zachodziło tylko wtedy, gdy inhibitor ten był stosowany na śliwki w okresie preklimatecznym z pewnym wyprzedzeniem w stosunku do egzogennej etylenu lub gdy były stosowane jednocześnie. Po zastosowaniu 1-MCP 1 dzień po podaniu etylenu nie dochodziło do neutralizacji stymulującego oddziaływania etylenu na produkcję endogennej etylenu. Uzyskane wyniki świadczą o istnieniu konkurencji między cząsteczkami etylenu i 1-MCP w przyłączaniu się do receptora

etylenowego, którego ilość stopniowo wzrasta w czasie dojrzewania owoców. Wiadomo, że 1-MCP charakteryzuje się 10-krotnie wyższym powinowactwem do receptorów etylenowych (Sisler i Serek 1997), więc przy małej liczbie receptorów, może zablokować większość z nich, ale kiedy ich ilość znacznie wzrośnie i równocześnie zwiększy się ilość wytwarzanego etylenu, wówczas efekt inhibicyjny 1-MCP jest coraz mniej widoczny. Uzyskany stopień hamowania mięknięcia owoców przez 1-MCP prawdopodobnie zależał od wzajemnej relacji między tempem syntezy etylenu, stężeniem zaaplikowanego 1-MCP a ilością receptorów etylenowych w chwili aplikacji inhibitora. Obecność 1-MCP w atmosferze, w której przechowuje się śliwki, szczególnie zaraz po zbiorze, może blokować działanie etylenu endogennego i pochodzącego z innych źródeł. Może to mieć pozytywny wpływ na jakość owoców, gdyż zahamowane jest tempo ich mięknięcia. Wysoka jędrność śliwek jest ważnym atrybutem ich jakości, ale nie jedynym. Równie ważnym jest występowanie rozpadu wewnętrznego (Plich 2000), którego czynnikiem indukującym jest niska temperatura głównie w zakresie od +2 do +7°C (Crisosto 2004). Traktowanie śliwek w dniu zbioru 1-MCP w niewielkim stopniu wpłynęło na rozwój wymienionej choroby fizjologicznej w śliwkach 'Cacanska Najbolja' (Plich 2006). Generalnie podatność śliwek tej odmiany na rozpad wewnętrzny w latach, w których wykonano doświadczenia, była niewielka i być może w tym należy upatrywać przyczyny braku hamującego wpływu 1-MCP na rozwój tej choroby fizjologicznej.

LITERATURA

- Ben J., Gawęda M. 1992. Effect of increasing concentration of CO₂ in controlled atmosphere storage on the development of physiological disorders and fungal diseases in plums (*Prunus domestica* L.). *Folia Hort.* 4(2): 87-100.
- Blankenship S.M., Dole J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharv. Biol. Technol.* 28:1-25.
- Crisosto C.H. 1994. Market life potential of stone fruit. *Perishables Handling Newsletters*, UC Davis 79: 7-8.
- Crisosto C.H. 2004. Postharvest factors affecting fruit quality and postharvest deterioration. *Perishables Handling Newsletter*, UC Davis 75: 2-5.
- Menniti A.M., Gregori R., Donati I. 2004. 1-Methylcyclopropene retards postharvest softening of plums. *Postharv. Biol. Technol.* 31: 269-275.

- Plich H. 1998a. The effect of storage condition and date of picking on storability and quality of some plum (*Prunus domestica* L.) fruit cultivars. *Acta Hort.* 485: 301-307.
- Plich H. 1998b. Postharvest market life potential of some plum fruit cultivars (*Prunus domestica* L.) grown in Poland. *Acta Hort.* 478: 119-125.
- Plich H. 2000. Rozpad wewnętrzny główną przyczyną niskiej trwałości owoców śliw przechowywanych w chłodni. *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac.* 8: 371-382.
- Plich H. 2003. Wybrane zagadnienia dotyczące zbioru i przechowywania owoców śliw. XLII Ogólnopolski Zjazd Sadowników, Skierniewice, 27-28 sierpnia 2003 r. s. 121-132.
- Plich H. 2006. Ethylene production and storage potential in 'Cacanska Najbolja' plums. *J. Fruit Orn. Plant Res.* 14 (Suppl. 2): 229-236.
- Sisler E.C., Serek M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiol. Plant.* 100: 577-582

Podziękowania:

Praca dotowana przez KBN, umowa nr 0411/PO6/2004/26.

Ethylblock dostarczony przez Rohm and Hass, USA (Agrofresh, Italy)