

**WPLYW 1-METYLOCYKLOPROPENU (1-MCP)  
NA JAKOŚĆ I TRWAŁOŚĆ MARCHWI KROJONEJ  
PODCZAS KRÓTKOTRWALEGO PRZECHOWYWANIA**

**THE INFLUENCE OF 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP)  
TREATMENT ON STORAGE ABILITY OF FRESH-CUT CARROT**

**Maria Grzegorzewska, Ewa Badelek, Kalina Sikorska-Zimny,  
Anna Wrzodak, Karol Fabiszewski, Anna Ciecierska**

Instytut Ogrodnictwa

ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

e-mail: maria.grzegorzewska@inhort.pl

**Abstract**

The research was carried out on fresh-cut carrot cv. 'Nerac F<sub>1</sub>'. Directly before processing carrot was treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP) of concentrations: 1, 3 and 5  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ . The fresh-cut carrot was stored at two temperatures: 0 °C and 5 °C. During short-term storage the natural losses were lower from objects treated with 1-MCP than control (not treated carrot) at both temperatures. The treated carrot with 1-MCP of the concentration 1  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$  showed less white discoloration of the cut surface during storage at 5 °C and looked firmer and less dried in the final days of storage at 0 °C as well as at 5 °C compared to the other objects. According to the sensory evaluation, the carrot treated with 1-MCP maintained better quality than not treated, also at both temperatures. It was found the effect of 1-MCP treatment on increasing the emission of ethylene and carbon dioxide during 4 days of storage at 0 °C and 5 °C, while there was no effect on the reduction of isocoumarin synthesis in carrot.

Key words: fresh-cut carrot, 1-methylcyclopropene (1-MCP), storage, quality

**WSTĘP**

Wzrost zainteresowania warzywami i owocami minimalnie przetworzonymi nastąpił głównie ze względu na rosnącą tendencję spożywania zdrowej i „wygodnej” żywności. Warzywa minimalnie przetworzone zachowują cechy warzyw świeżych, w tym aktywność fizjologiczną i biochemiczną. Produktów tych nie poddaje się termicznemu utrwalaniu i dlatego łatwo ulegają zepsuciu na skutek zmian enzymatycznych, fizjologicznych oraz aktywności mikrobiologicznej. Składując warzywa krojone w opakowaniach o częściowo lub całkowicie ograniczonej przepuszczalności następuje kumulacja etylenu ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), który pozostaje w bezpośrednim otoczeniu warzyw. Stężenie  $\text{C}_2\text{H}_4$  w atmosferze składowanych warzyw na poziomie kilku ppm przyczynia się do przyspieszenia starzenia, a tym samym skrócenia okresu chłodniczego

przechowania i składowania w warunkach symulowanego obrotu towarowego (SOT). Warzywa nieklimakteryczne, do których należy marchew, przechowywane w niskiej temperaturze wydzielają tylko nieznaczne ilości etylenu, nie wpływające istotnie na ich trwałość. Po przeniesieniu do temperatury pokojowej, intensywność reakcji biochemicznych wzrasta, w tym także produkcja etylenu. Według Weichmanna (1987) całe korzenie marchwi w temperaturze pokojowej wydzielają  $0.04 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  etylenu. Po pokrojeniu następuje gwałtowny wzrost produkcji etylenu i wycięta tkanka marchwi produkuje ok.  $1 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  etylenu w temperaturze  $20^\circ\text{C}$ . Gaz ten stymuluje wzrost intensywności oddychania, przyspiesza syntezę izokumaryny i powoduje przyspieszenie starzenia się tkanki. W badaniach Lafuente i in. (1996) po dwutygodniowym składowaniu całych korzeni marchwi w niskiej temperaturze ( $1-5^\circ\text{C}$ ), w atmosferze zawierającej  $0,5 \text{ ppm C}_2\text{H}_4$ , zawartość izokumaryny w skórce wynosiła  $20-40 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  świeżej masy, co wyraźnie wpłynęło na jakość marchwi i powodowało łatwo wyczuwalny gorzki posmak. W tych samych badaniach stwierdzono, że po pokrojeniu intensywność syntezy izokumaryny wzrosła trzykrotnie.

Zastosowanie 1-metylocyklopropenu (1-MCP) w przechowywaniu owoców i warzyw wynika z faktu, że związek ten blokuje receptory etylenu w komórkach roślinnych. Według Blankenship i Dole (2003) oraz Watkins (2006) zastosowanie 1-MCP spowalniało przemiany biochemiczne i tym samym poprawiało trwałość wielu gatunków warzyw i owoców całych, jak: pomidor, brokuł, jabłko, awokado, mango i inne. Fan i Mattheis (2000) traktując całe korzenie marchwi 1-MCP bezpośrednio przed wystawieniem ich na działanie egzogenego etylenu uzyskali ograniczenie kumulacji izokumaryny w skórce i miąższu podczas składowania przez 4 dni w temperaturze  $10^\circ\text{C}$ .

Zastosowanie 1-MCP w produkcji warzyw i owoców mało przetworzonych można przeprowadzić: 1) bezpośrednio po zbiorze i przed przechowaniem warzyw przeznaczonych do krojenia, 2) bezpośrednio przed krojeniem warzyw, 3) bezpośrednio po pokrojeniu warzyw (Toivonen 2008). Według Perera i in. (2003), Calderon-Lopez i in. (2005), Mao i in. (2006) oraz Ergun i in. (2006) 1-MCP powoduje obniżenie tempa oddychania i produkcji etylenu w krojonych jabłkach, papai i arbusie. Natomiast w badaniach Ella i in. (2003), Jiang i in. (2002) oraz Vilas-Boas i Kader (2006) 1-MCP przyczynił się do zwiększenia produkcji etylenu w krojonych bananach, pietruszce naciowej i kolendrze.

W badaniach, w których traktowanie przeprowadzono bezpośrednio przed krojeniem, w jabłkach odmiany 'Gala' (Bai i in. 2004) otrzymano poprawę jędrności i utrzymanie dobrego smaku, natomiast w przypadku odmiany 'Róża Pacyfiku' (Perera i in. 2003) stwierdzono zahamowanie przebarwiania miąższu. Pomidory traktowane 1-MCP przed krojeniem nie wykazały żadnej poprawy jakości, natomiast potraktowane 1-MCP o koncentracji

1  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$  po pokrojeniu, wykazały lepszą jędrność i mniejsze straty soku komórkowego w okresie obrotu towarowego (Jeong i in. 2004). Ananasy potraktowane 1  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$  MCP jeden dzień przed pokrojeniem i bezpośrednio po pokrojeniu moczone w 2% roztworze kwasu askorbinowego mogły być składowane 2 razy dłużej niż nietraktowane, czyli okres „shelf life” przedłużono z 4 do 8 dni (Budu i Joyce 2003). Według Saltveita (2004) w przypadku warzyw liściastych 1-MCP oprócz blokowania indukcji etylenu zmniejsza akumulację polifenoli, co prowadzi do opóźnienia powstawania przebarwień na krojonych liściach. Liście rukoli traktowane 1-MCP w koncentracji 0,5  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$  w temp. 10 °C dłużej utrzymywały zieloną barwę oraz dłużej mogły być składowane w atmosferze z dodatkiem endogennego etylenu.

Ku i Wills (1999), Koukounarasa i in. (2006) oraz Toivonen (2008) zwracają uwagę, że w handlu warzywa nieklimakteryczne, zarówno całe, jak i krojone, narażone są na egzogeny etylen ze względu na obecność warzyw i owoców klimakterycznych, jak: jabłka, banany, pomidory i in.

Poszukując nowej metody opóźniającej przebarwienia oraz zmianę smaku i zapachu marchwi krojonej w czasie krótkotrwałego składowania podjęto się sprawdzenia wpływu 1-MCP na jakość i trwałość tego warzywa.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania z krojoną marchwią traktowaną 1-MCP przeprowadzono w 2016 r. Marchew odm. ‘Nerac F<sub>1</sub>’ pochodziła z pola doświadczalnego Instytutu Ogrodnictwa (IO) w Skierniewicach. Korzenie do czasu założenia doświadczenia składowano w temperaturze 0 °C. Traktowaniu 1-MCP poddano całe korzenie (jeden ze sposobów polecanych przez Toivonen 2008). Do badań użyto środka SmartFresh TM 0,14% firmy AgroFresh Polska Spółka z o.o. Bezpośrednio przed traktowaniem korzenie umyto, osuszono, zapakowano do skrzynek plastikowych i wstawiono do szczelnych kontenerów. Traktowanie prowadzono przez 20 godzin w temperaturze 20 °C i wilgotności względnej powietrza 90-92%. Zastosowano następujące stężenia 1-MCP: 1, 3 i 5  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Po potraktowaniu korzenie pokrojono w kostkę o wymiarach 0,8 × 0,8 cm. Próby o masie 200 g umieszczono na tackach styropianowych, które następnie ułożono w skrzynkach wyłożonych folią polietylenową (PE). W czasie przechowywania w skrzynkach utrzymywała się wilgotność względna powietrza na poziomie 98-100%. Marchew przechowywano przez 12 dni w temperaturze 0 °C i 10 dni w temperaturze 5 °C. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach. Dodatkowo przechowywano próby do pomiarów zawartości izokumaryny, stężenia etylenu i dwutlenku węgla oraz do oznaczeń sensorycznych. Próby przygotowane do mierzenia zawartości wydzielonego przez marchew etylenu i dwutlenku węgla zapakowano do worków z PE (20 × 15 cm) bez perforacji.

Co dwa dni w okresie przechowywania marchew ważono celem określenia ubytków naturalnych oraz oceniano następujące cechy marchwi krojonej: wysychanie/więdnienie, przebarwienie – bielenie, gnicie, jakość ogólna.

Ocenę sensoryczną, badania zawartości izokumaryny oraz pomiary stężenia etylenu i dwutlenku węgla w opakowaniach wykonano po 4 dniach składowania marchwi w obu temperaturach. W ocenie sensorycznej zastosowano metodę analizy opisowej (Quantitative Description Analysis, QDA), czyli profilowania sensorycznego, zgodnie z procedurą ujętą normą PN-ISO 11035.

Badania stężenia etylenu wykonywano za pomocą chromatografu gazowego Hewlett Packard 5890, natomiast stężenia CO<sub>2</sub> za pomocą analizatora CO<sub>2</sub> – ADC-225-MK3 (The Analytical Development CO LTD Hoddesdon England). Zawartość izokumaryny określono stosując metodę spektrofotometryczną (pomiar absorbancji wobec heksanu) (Lafuente i in. 1989).

Uzyskane wyniki analizowano statystycznie za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji, traktując jako zmienne w modelu temperaturę składowania oraz stężenie 1-MCP. Uzyskane średnie porównywano za pomocą procedury Tukeya przy  $p = 0,05$ . Obliczenia wykonano niezależnie dla każdego czasu składowania w pakiecie statystycznym Statistica 13 (Dell 2016).

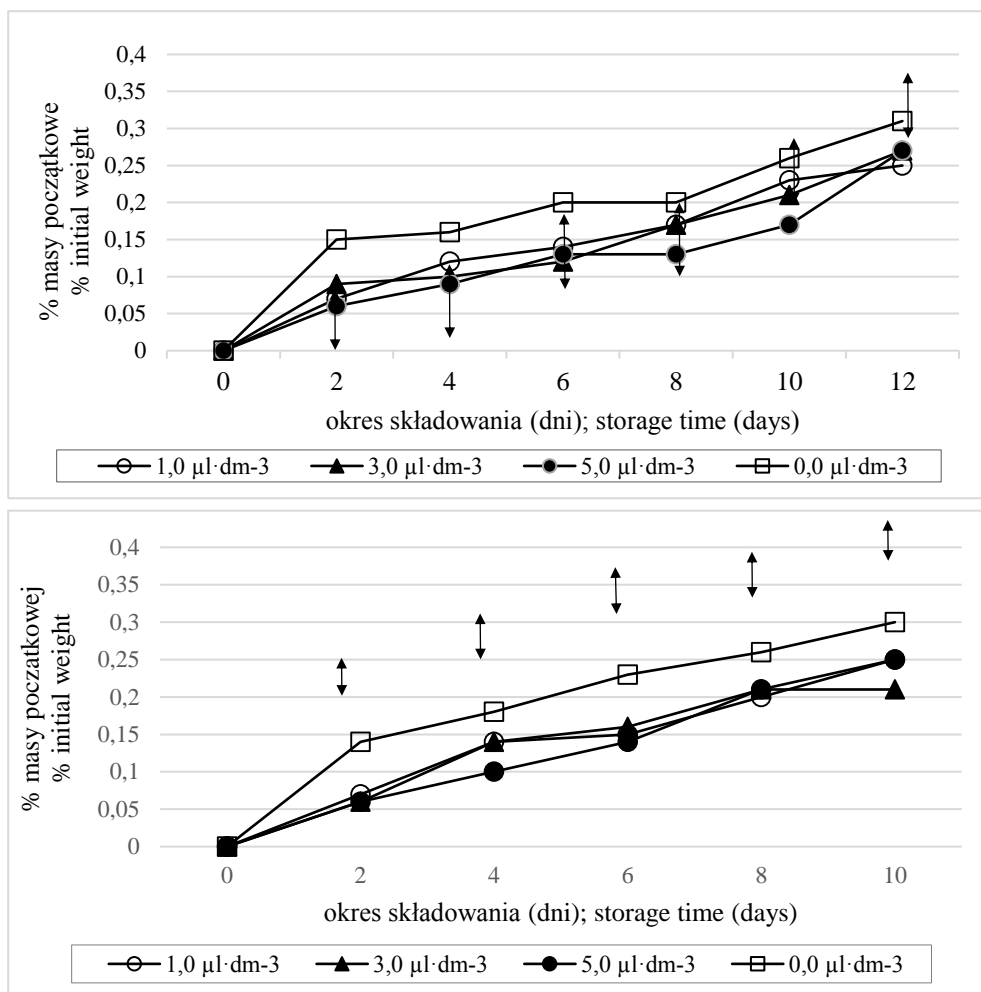
## WYNIKI I Dyskusja

Ubytki naturalne marchwi krojonej rosły wraz z przedłużaniem okresu składowania w obu temperaturach. Najwyższe ubytki, zarówno w temperaturze 0 °C, jak i 5 °C, stwierdzono dla marchwi nietraktowanej (rys 1 i 2). Otrzymane wyniki potwierdzają doniesienia Blankenship i Dole (2003) oraz Watkins (2006) świadczące o wpływie 1-MCP na zahamowanie reakcji fizjologicznych składowanych warzyw. W badaniach nie zaznaczyły się natomiast wyraźne różnice w wysokości ubytków naturalnych w zależności od zastosowanego stężenia 1-MCP. Ogólnie ubytki naturalne marchwi krojonej były niskie i nie przekraczały 0,31% po 12 dniach składowania w temperaturze 0 °C i 0,3% po 10 dniach w 5 °C (rys. 1).

Po dwóch dniach składowania w obu temperaturach marchew wyglądała jak świeżo pokrojona. Nie było widać żadnych objawów wysychania/więdnienia, przebarwienia ani gnicia. Po 4 dniach kostka marchwi wykazywała lekkie, ale widoczne, objawy bielenia powierzchni, a po 6 dniach objawy lekkiego zwiędnięcia. Przy dłuższym okresie przechowywania objawy te nasilały się, z nieco większą intensywnością w temperaturze 5 °C niż w 0 °C. Traktowanie marchwi 1-MCP (1  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) wpłynęło na mniejsze wybielenie powierzchni kostki składowanej w temperaturze 5 °C niż w obiektach: kontrolnym i traktowanych większymi stężeniami 1-MCP (tab. 1 i 2).

Również w badaniach Perera i in. (2003) traktowanie jabłek odm. ‘Róża Pacyfiku’ spowodowało zahamowanie przebarwienia miąższu, natomiast Saltveit (2004) stwierdził opóźnienie przebarwień na krojonych liściach rukoli.

Przez cały okres przechowania nie było objawów gnicia na marchwi składowanej w obu temperaturach.



Rys. 1. Wpływ traktowania 1-MCP na ubytki naturalne marchwi krojonej ‘Nerac F<sub>1</sub>’ w czasie składowania w temperaturze 0 °C (A) i 5 °C (B). Pionowe słupki oznaczają istotne różnice przy p = 0,05 według procedury Tukeya

Fig. 1. The influence of 1-MCP treatment on weight loss of fresh-cut carrot ‘Nerac F<sub>1</sub>’ during short-term storage at 0 °C (A) and 5 °C (B). Vertical bars indicate significant difference calculated according Tukey’s procedure at p = 0.05

Tabela 1. Wpływ traktowania 1-MCP na bielenie powierzchni kostki marchwi krojonej 'Nerac F<sub>1</sub>' w czasie jej krótkotrwałego przechowaniaTable 1. The influence of 1-MCP treatment on white discoloration of fresh-cut surface of carrot 'Nerac F<sub>1</sub>' during short-term storage

Temp. składowania Storage temperature	Stężenie 1-MCP Concentration of 1-MCP ( $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ )	Długość okresu składowania (dni); Storage time (days)					
		2	4	6	8	10	12
0 °C	0	1,0 a	2,5 a	2,5 a	3,0 a	3,0 a	4,0 a
	1	1,0 a	2,0 b	2,5 a	3,0 a	3,0 a	3,5 b
	3	1,0 a	2,0 b	2,5 a	3,0 a	3,0 a	4,0 a
	5	1,0 a	2,0 b	2,5 a	3,0 a	3,0 a	4,0 a
5 °C	0	1,0 a	3,0 a	3,5 a	4,0 a	4,0 a	-
	1	1,0 a	3,0 a	3,0 b	3,0 b	3,5 b	-
	3	1,0 a	3,0 a	3,5 a	4,0 a	4,0 a	-
	5	1,0 a	3,0 a	3,5 a	4,0 a	4,0 a	-

Skala oceny przebarwienia/bielenia: 1 – brak, 3 – lekkie, 5 – średnie (wyraźnie widoczne), 7 – silne, 9 – bardzo silne; Evaluation scale of white discoloration: 1 – lack, 3 – light, 5 – medium (clearly visible), 7 – strong, 9 – very strong

Średnie dla danej temperatury składowania oznaczone w pionie tą samą literą nie różnią się istotnie według procedury Tukeya dla  $p = 0,05$ ; Means followed by the same letter for storage temperature do not differ significantly according Tukey's procedure at  $p = 0,05$ .

Tabela 2. Wpływ traktowania 1-MCP na wysychanie/więdnienie kostki marchwi krojonej 'Nerac F<sub>1</sub>' w czasie jej składowaniaTable 2. The influence of 1-MCP treatment on drying/wilting of fresh-cut carrot 'Nerac F<sub>1</sub>' surface during short term storage

Temp. składowania Storage temperature	Stężenie 1-MCP Concentration of 1-MCP ( $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ )	Długość okresu składowania (dni); Storage time (days)					
		2	4	6	8	10	12
0 °C	0	1,0 a	1,0 a	1,5 a	2,0 a	2,5 a	3,5 a
	1	1,0 a	1,0 a	1,5 a	2,0 a	2,0 b	3,0 b
	3	1,0 a	1,0 a	1,5 a	2,0 a	2,0 b	3,5 a
	5	1,0 a	1,0 a	1,5 a	2,0 a	2,5 a	3,5 a
5 °C	0	1,0 a	1,0 a	2,0 a	3,0 a	4,0 a	-
	1	1,0 a	1,0 a	2,0 a	2,5 b	3,5 b	-
	3	1,0 a	1,0 a	2,0 a	3,0 a	4,0 a	-
	5	1,0 a	1,0 a	2,0 a	3,0 a	4,0 a	-

Skala oceny wysychania/więdnienia: 1 – brak, 3 – lekkie, 5 – średnie (wyraźnie wyczuwalne), 7 – silne (miękką kostka), 9 – bardzo silne (zupełnie miękką kostka)

Evaluation scale of drying/wilting: 1 – lack, 3 – light, 5 – medium (clearly feelable), 7 – strong (soft cubes), 9 – very strong (completely soft cubes)

Objaśnienia: patrz tabela 1; Note: see Table 1

Kostka marchwi traktowana 1-MCP w stężeniu  $1 \mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$  w ostatnich dniach przechowania wyglądała na mniej wysuszoną i bardziej jędrną niż w pozostałych obiektach (tab. 1 i 2). Podobne reakcje w swoich badaniach stwierdzili Jeong i in. (2004) w przypadku pomidorów oraz Bai i in. (2004) w przypadku jabłek odm. ‘Gala’.

Marchew zachowała doskonałą jakość tylko przez 2 dni. W kolejnych dniach jakość obniżała się. Nieco lepszą jakość marchew krojona zachowywała w temperaturze  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  niż w  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . W niższej temperaturze kostka marchwi zachowała przydatność do handlu przez 10 dni, natomiast w  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (poza kostką traktowaną 1-MCP w stężeniu  $1 \mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) tylko przez 6 dni. W temperaturze  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  najlepszą jakość w okresie składowania utrzymała marchew traktowana 1-MCP w stężeniu  $1 \mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$  (tab. 3). Również na tę koncentrację ( $1 \mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) wcześniej pozytywnie zareagowały pomidory w badaniach Jeong i in. (2004) i ananasy w badaniach Budu i Joyce (2003).

Tabela 3. Wpływ traktowania 1-MCP na wartość handlową marchwi krojonej ‘Nerac F<sub>1</sub>’ w czasie jej składowania

Table 3. The influence of 1-MCP treatment on marketable value of fresh-cut carrot ‘Nerac F<sub>1</sub>’ during short-term storage

Temp. składowania Storage temperature	Stężenie 1-MCP Concentration of 1-MCP	Długość okresu składowania (dni); Storage time (days)					
		2	4	6	8	10	12
0 °C	0	9,0 a	7,0 b	6,5 a	6,0 a	5,0 b	3,0 b
	1	9,0 a	7,5 a	6,5 a	6,0 a	5,5 a	4,5 a
	3	9,0 a	7,5 a	6,5 a	6,0 a	5,5 a	3,0 b
	5	9,0 a	7,5 a	6,5 a	6,0 a	5,0 b	3,0 b
5 °C	0	9,0 a	6,5 a	5,5 b	4,5 b	4,0 b	-
	1	9,0 a	6,5 a	6,5 a	5,5 a	4,5 a	-
	3	9,0 a	6,5 a	5,5 b	4,5 b	4,0 b	-
	5	9,0 a	6,5 a	5,5 b	4,5 b	4,0 b	-

Skala oceny wartości handlowej: 9 – doskonała (warzywa jak świeżo po pokrojeniu), 7- dobra (lekkie defekty, nieco tylko obniżające jakość), 5 – dostateczna (lekkie i średnie defekty – dolna granica przydatności do handlu), 3 – zła (duże defekty), 1 - bardzo zła

Evaluation scale of marketable value: 9 – excellent (as immediately after cutting), 7– good (slight defects, slightly decreasing the quality), 5 – sufficient (light and medium defects – lower limit for market), 3 – bad (large defects), 1 – very bad

Objaśnienia: patrz tabela 1; Note: see Table 1

Wbrew oczekiwaniom zawartości etylenu w woreczkach z marchwią traktowaną 1-MCP po 4 dniach składowania była wyraźnie wyższa niż w woreczkach z marchwią nietraktowaną (tab. 4). Wyniki te nie potwierdzają doniesień Perera i in. (2003), Calderon-Lopez i in. (2005), Mao i in. (2006) oraz

Ergun i in. (2006), świadczących o wpływie 1-MCP na obniżenie produkcji etylenu. Jednak w badaniach innych autorów (Ella i in. 2003; Jiang i in. 2002) oraz Vilas-Boas i Kader (2006) wystąpił podobny wpływ w przypadku krojonych bananów, pietruszki liściastej i kolendry.

W kombinacjach traktowanych i składowanych w temperaturze 0 °C najwięcej etylenu stwierdzono w przypadku marchwi traktowanej 1-MCP w stężeniu 3  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Składując marchew w temperaturze 5 °C zawartość etylenu w opakowaniach z marchwią traktowaną była podobna dla wszystkich zastosowanych w badaniach stężeń 1-MCP. Zaznaczył się wpływ temperatury składowania marchwi na zawartość etylenu w opakowaniach. We wszystkich kombinacjach więcej etylenu stwierdzono w woreczkach z marchwią składowaną w temperaturze 0 °C niż w 5 °C (tab. 4).

Różnice w zawartość dwutlenku węgla w opakowaniach z marchwią traktowaną i nietraktowaną 1-MCP były niewielkie, aczkolwiek zaznaczyła się tendencja do wzrostu CO<sub>2</sub> przy traktowaniu 1-MCP w wyższym stężeniu. Nieco większe różnice zaznaczyły się między marchwią składowaną w różnych temperaturach. Więcej CO<sub>2</sub> stwierdzono w opakowaniach z marchwią składowaną w wyższej temperaturze (tab. 4).

Niższą zawartość izokumaryny stwierdzono w marchwi składowanej w temperaturze 0 °C niż w 5 °C (tab. 5). Porównując obiekty traktowane, w obu temperaturach nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości izokumaryny w marchwi po 4 dniach składowania (tab. 5).

Tabela 4. Zawartość etylenu i dwutlenku węgla w opakowaniach z marchwią krojoną traktowaną 1-MCP po 4 dniach składowania

Table 4. Ethylene and carbon dioxide concentration in the bags with fresh-cut carrot treated by 1-MCP after 4 days of storage

Temperatura składowania Storage temperature	Stężenie 1-MCP; Concentration of 1-MCP ( $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ )			
	0	1	3	5
Zawartość etylenu; Ethylene concentration (ppm)				
0 °C	0,51 aB	0,71 a AB	0,82 aA	0,72 aAB
5 °C	0,24 bA	0,32 b A	0,38 bA	0,38 bA
Zawartość dwutlenku węgla; Carbon dioxide concentration (%)				
0 °C	4,45 bA	4,44 b A	4,47 bA	4,59 bA
5 °C	4,65 aC	4,80 a BC	4,97 aAB	5,01 aA

Średnie oznaczone w pionie tę samą literą nie różnią się istotnie według procedury Tukeya dla  $p = 0,05$ ; Means in column followed by the same letter do not differ significantly according Tukey procedure at  $p = 0.05$ .

Średnie oznaczone w poziomie tę samą wielką literą nie różnią się istotnie według procedury Tukeya dla  $p = 0,05$ ; Means in rows followed by the same capital letter do not differ significantly according Tukey procedure at  $p = 0.05$ .



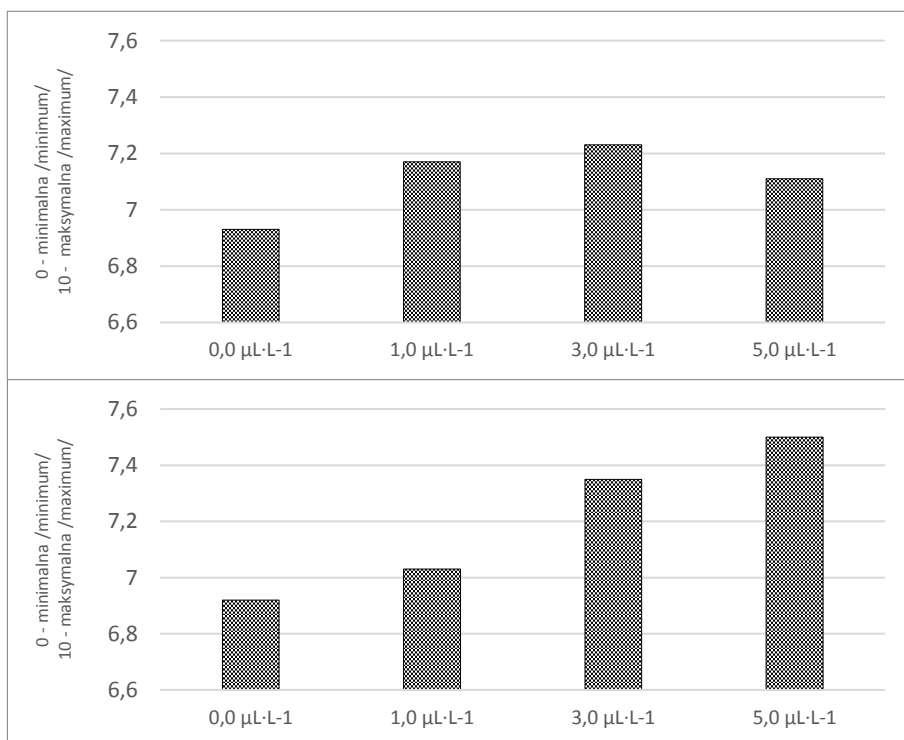
Tabela 5. Zawartość izokumariny ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ ś.m.}$ ) w marchwi krojonej, traktowanej 1-MCP, po 4 dniach składowania

Table 5. The concentration of isocoumarin ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.m.}$ ) in fresh-cut carrot, treated by 1-MCP, after 4 days of storage

Temperatura składowania Storage temperature	Stężenie 1-MCP; Concentration of 1-MCP ( $\mu\text{l} \cdot \text{dm}^{-3}$ )			
	0	1	3	5
0 °C	0,45 b A	1,14 a A	0,46 b A	0,53 b A
5 °C	1,92 a A	1,98 a A	1,49 a A	2,32 a A

Objaśnienia: patrz tabela 4; Note: see Table 4

Według oceny sensorycznej marchew krojona traktowana 1-MCP utrzymała przez 4 dni lepszą jakość niż marchew nietraktowana. W temperaturze 0 °C zaznaczyła się wyraźna tendencja do zachowania lepszej jakości marchwi wraz z zastosowaniem wyższego stężenia 1-MCP (rys. 2).



Rys. 2. Ocena sensoryczna (jakość ogólna) marchwi krojonej składowanej przez 4 dni w temperaturze 0 °C (A) i 5 °C (B)

Fig. 2. Sensory evaluation (total quality) of fresh-cut carrot, stored during 4 days at 0 °C (A) and 5 °C (B)

## WNIOSKI

1. Traktowanie marchwi 1-MCP (stężenia: 1, 3 i 5  $\mu\text{l}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) wpłynęło na niższe ubytki masy w czasie krótkotrwałego składowania, zarówno w temperaturze 0 °C, jak i w 5 °C.
2. Traktowanie marchwi 1-MCP wpłynęło na zwiększenie wydzielania etylenu podczas 4 dni składowania w temperaturze 0 °C.
3. Nie stwierdzono wpływu traktowania 1-MCP na obniżenie syntezy izokumariny w marchwi krojonej podczas 4 dni składowania.
4. Według oceny sensorycznej marchew traktowana 1-MCP utrzymywała lepszą jakość przez 4 dni składowania w porównaniu do nietraktowanej, zarówno w temperaturze 0 °C, jak i w 5 °C.

## Literatura

- Bai J., Baldwin E.A., Soliva Fortuny R.C., Mattheis J.P., Stanley R., Perera C., Brecht J.K. 2004. Effect of pretreatment of intact 'Gala' apple with ethanol vapor, heat, or 1-methylcyclopropene on quality and shelf life of fresh-cut slices. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129: 583–593. DOI: 10.21273/jashs.129.4.0583.
- Blankenship S.M., Dole J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1–25. DOI: 10.1016/s0925-5214(02)00246-6.
- Budu A.S., Joyce D.C. 2003. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of minimally processed pineapple fruit. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43: 177–184. DOI: 10.1071/ea02029.
- Calderon-Lopez B., Bartsch J.A., Lee C.Y., Watkins C.B. 2005. Cultivar effects on quality of fresh cut apple slices from 1-methylcyclopropene (1-MCP)-treated apple fruit. *Journal of Food Science* 70: 221–227. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb07161.x.
- Ella L., Zion A., Nehemia A., Amnon L. 2003. Effect of the ethylene action inhibitor 1-methylcyclopropene on parsley leaf senescence and ethylene biosynthesis. *Postharvest Biology and Technology* 30: 67–74. DOI: 10.1016/s0925-5214(03)00080-2.
- Ergun M., Huber D.J., Jeong J., Bartz J.A. 2006. Extended shelf life and quality of fresh-cut papaya derived from ripe fruit treated with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 131: 97–103. DOI: 10.21273/jashs.131.1.97.
- Fan X., Mattheis J.P. 2000. Reduction of ethylene-induced physiological disorders of carrots and iceberg lettuce by 1-methylcyclopropene. *HortScience* 35(7): 1312–1314. DOI: 10.21273/hortsci.35.7.1312.
- Jeong J., Brecht J.K., Huber D.J., Sargent S.A. 2004. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) for maintaining texture quality of fresh-cut tomato. *HortScience* 39: 1359–1362. DOI: 10.21273/hortsci.39.6.1359.

- Jiang W., Sheng Q., Zhou X.J., Zhang M.J., Liu X.J. 2002. Regulation of detached coriander leaf senescence by 1-methylcyclopropene and ethylene. *Postharvest Biology and Technology* 26: 339–345. DOI: 10.1016/s0925-5214(02)00068-6.
- Koukounaras A., Siomos A.S., Sfakiotakis E. 2006. 1-Methylcyclopropene prevents ethylene induced yellowing of rocket leaves. *Postharvest Biology and Technology* 41: 109–111. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.01.018.
- Ku V.V.V., Wills R.B.H. 1999. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. *Postharvest Biology and Technology* 17: 127–132. DOI: 10.1016/s0925-5214(99)00042-3.
- Lafuente M.T., Cantwell M., Yang S.F., Rubatzky V. 1989. Isocoumarin content of carrots as influenced by ethylene concentration, storage temperature and stress conditions. *Acta Horticulturae* 258: 523–534. DOI: 10.17660/acta-hortic.1989.258.59.
- Lafuente M.T., López-Gálvez G., Cantwell M., Yang S.F. 1996. Factors influencing ethylene-induced isocoumarin formation and increased respiration in carrots. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121(3): 537–542. DOI: 10.21273/jashs.121.3.537.
- Mao L., Jeong J., Que F., Huber D.J. 2006. Physiological properties of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*) in response to 1-methylcyclopropene and post-processing calcium application. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 46–53. DOI: 10.1002/jsfa.2297.
- Perera C.O., Balchin L., Baldwin E., Stanley R., Tian M. 2003. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of fresh-cut apple slices. *Journal of Food Science* 68: 1910–1914. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb06992.x.
- PN-ISO 11035 Analiza sensoryczna – Identyfikacja i wybór deskryptorów ustalenia profilu sensorycznego z użyciem metod wielowymiarowych.
- Saltveit M.E. 2004. Effect of 1-methylcyclopropene on phenylpropanoid metabolism, the accumulation of phenolic compounds, and browning of whole and fresh-cut ‘iceberg’ lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 34: 75–80. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2004.05.001.
- Vilas-Boas E.V. de B., Kader A.A. 2006. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on the quality of fresh-cut banana. *Postharvest Biology and Technology* 39: 155–162. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2005.09.010
- Toivonen P.M.A. 2008. Application of 1-methylcyclopropene in fresh-cut/minimal processing system. *HortScience* 43(1): 102–105. DOI: 10.21273/hortsci.43.1.102.
- Weichmann J. 1987. *Postharvest physiology of vegetables*. Food Science and Technology 24, 597 s.
- Watkins C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24: 389–409. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2006.01.005.

### **Podziękowanie**

Autorzy dziękują dr. hab. Robertowi Maciorowskiemu za statystyczne opracowanie niniejszej pracy.