Wpływ temperatury przechowywania owoców ogórka na zmiany w natężeniu fluorescencji chlorofilu

RYSZARD KOSSON

Pracownia Przechowalnictwa i Fizjologii Pozbiorczej, Instytut Warzywnictwa,
Konstytucji 3 Maja, 96-100 Skierniewice

R. Kosson (Research Institute of Vegetable Crops, Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice)
The effect of storage temperature of cucumber fruit on chlorophyll fluorescence.

(Otrzymano: 14.04.2000)

Summary

The effect of three storage temperature levels: 12.5°C, 20°C, and 1.5°C on basic indexes of chlorophyll fluorescence of cucumber fruits was studied. The greenhouse grown cucumber fruits cv. Wiktor F1 were stored in perforated polyethylene bags or without packages. The minimum chlorophyll fluorescence (F_0), maximum chlorophyll fluorescence (F_m), variable chlorophyll fluorescence (F_v) and relative variable fluorescence (F_v/F_m) of the cucumber peel were measured. Relative variable fluorescence was decreasing when cucumbers were stored at temperature lower or higher than optimum level. The chlorophyll fluorescence measurements can be helpful for determination of appropriate temperature parameters of cucumber storage.

Key words: cucumber fruit, chlorophyll fluorescence, storage, temperature, packaging

WSTĘP

Optymalny zakres temperatury dla przechowania owoców ogórka (*Cucumis sativus* L.) wynosi 10-13°C (Hardenburg, 1981, Adamicki, 1984). Ogórki przetrzymywane w temperaturze niższej od 10°C są narażone na uszkodzenia chładowe, natomiast w temperaturze 15°C lub wyższej ulegają szybkiemu żółknięciu. Uszkodzenia indukowane działaniem niskiej temperatury występują w następstwie przeniesienia ogórków z niskiej temperatury do temperatury 15-20°C już wówczas, gdy były one przetrzymywane przez okres 2 dni w temperaturze 0°C, lub cztery dni w temperaturze

5°C. Powstające wówczas uszkodzenia objawiają się w postaci niewielkich zagłębień i punktowych plamek. Dalsze ich przetrzymywanie w temperaturze pokojowej (18-20°C) prowadzi do gnicia owoców i obniżania ich wartości handlowej.

Przechowywanie owoców ogórka w temperaturze pokojowej prowadzi do degradacji chlorofilu w skórce, a następnie do ich żółknięcia. Kolor owoców jest jednym z praktycznych kryteriów oceny ich jakości po zbiorze. Przyjmuje się, że owoce ogórka o ciemno zielonej barwie dłużej zachowują wysoką jakość w czasie przechowywania w porównaniu do owoców jasno zielonych (Lin i Ehret, 1991). Możliwość przechowywania ogórków przez dłuższy okres czasu jest związana z wyższą zawartością chlorofilu w skórce owoców (Lin i Jolliffe, 1995; Klieber i in., 1993). Ponadto stwierdzono, że owoce w momencie zbioru charakteryzujące się tą samą intensywnością barwy zielonej mogą jednak wykazywać duże różnice w zabarwieniu po krótkotrwałym przechowywaniu. Przypuszcza się, że jest to związane z oddziaływaniem różnego rodzaju czynników w okresie przed- i pozbiorczym (Anonim, 1998).

Jedną z potencjalnych metod oceny jakości owoców ogórka w momencie ich zbioru, jak również w czasie ich pozbiorczego przechowywania jest pomiar zmian w natężeniu fluorescencji chlorofilu (Kraus i Weis, 1984; Jolliffe i Lin, 1997). Fluorescencja to proces reemisji części energii zaabsorbowanej przez chlorofil. Roślina umieszczona w ciemności i poddana następnie napromieniowaniu zakresem fotosyntetycznie aktywnym (PAR) o niskim natężeniu wykazuje słabą fluorescencję początkową, (Fo), której natężenie bardzo szybko wzrasta do wartości maksymalnej (Fm). W analizie wartości fluorescencji istotne są jeszcze inne dodatkowe parametry, a mianowicie fluorescencja zmienna (Fv), będąca różnicą (Fm-Fo), oraz względna fluorescencja zmienna (Fv/Fm) (Kosson, 1998). Wyniki pomiarów natężenia fluorescencji chlorofilu są dobrym wskaźnikiem dającym możliwość oceny świeżości i jakości brokułów po zbiorze (Toivonen, 1992; De El i Toivonen, 1999). Ostatnie badania (Lin i Jolliffe, 1998) wskazują, że niektóre ze wskaźników fluorescencji chlorofilu można również wykorzystać do oceny jakości owoców ogórka szklarniowego po zbiorze. Pomiar fluorescencji chlorofilu mogą być również użyteczne w innych badaniach fizjologicznych owoców ogórka, np. w ocenie szybkości ich starzenia się, reakcji owoców na stres temperaturowy lub w ocenie efektów związanych z utratą wody w czasie ich przechowywania.

Celem podjętych badań było określenie wpływu wybranych zakresów temperatury stosowanych w czasie przechowywania owoców ogórka w opakowaniach foliowych na zmiany podstawowych wskaźników fluorescencji chlorofilu mierzonych na zewnętrznej powierzchni owoców ogórka szklarniowego.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu wykorzystano ogórki szklarniowe odmiany Wiktor F₁, uprawiane w tunelu foliowym na słomie z podłożem korowym. Nawadnianie i nawożenie było regulowane komputerowo, a częstotliwość tych zabiegów była zależna od natężenia PAR, wilgotności podłoża uprawowego, a także od fazy wzrostu roślin. Do przechowywania pobierano owoce dojrzałe z końcowego okresu zbiorów. Przechowywanie

owoców ogórka prowadzono w trzech zakresach temperatury: a) 12,5°C – temperatura optymalna, b) 20°C – temperatura przyspieszająca osiągnięcie pełnej dojrzałości fizjologicznej i ich żółknięcie, c) 1,5°C – temperatura powodująca uszkodzenia chładowe. Owoce ogórka przechowywano w ciemności, w opakowaniach z folii PE perforowanej (stopień perforacji 0,001%), i bez opakowań. Pomiar natężenia fluorescencji chlorofilu owoców dokonywano po 7 i 14 dniach w przypadku przechowywania ich w temperaturze 1,5°C i 20°C, oraz po 7, 14 i 21 dniach kiedy przechowywano je w temperaturze 12,5°C. Każdy obiekt przechowalniczy liczył 10 owoców (powtórzeń).

Pomiary i analizy fluorescencji chlorofilu dokonywano przy użyciu fluorymetru PEA MK2, współpracującego z komputerem IBM PC Pentium 133. Przekazywanie danych pomiarowych z PEA MK2 do komputera i ich dalsze przetwarzanie odbywało się przy wykorzystaniu oprogramowania Analyser v.2.29 i Summary v. 2.43 (Hansatech Instruments Ltd, Anglia).

Pomiary dokonywano w tej samej temperaturze, w której przechowywano owoce. Owoce przechowywane w opakowaniach foliowych były wyjmowane na czas wykonywania pomiarów. Dokonywano rejestracji następujących parametrów: Fo, Fm, Fv, i Fv/Fm. Każdy wynik na wykresie jest średnią z 10-ciu pomiarów fluorescencji dokonanych na powierzchni 10-ciu ogórków. Oprócz wartości średnich podano także odchylenie standardowe średniej obliczone na podstawie 10-ciu równoległych pomiarów.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki pomiarów fluorescencji chlorofilu owoców ogórka dokonanych bezpośrednio po zbiorze i przechowywanych w różnych zakresach temperatury przedstawiono na rysunkach 1 – 3.

Owoce świeżo zebrane ogórka odmiany Wiktor F1 bezpośrednio po zbiorze cechują się wartością współczynnika Fv/Fm, zbliżoną do wysokości tego parametru dla owoców ogórka szklarniowego odmiany Mustang będącej przedmiotem podobnych badań J o l l i f f e i L i n a (1997). Autorzy ci stwierdzili ponadto odwrotną korelację pomiędzy wielkością wskaźników Fo, Fm i Fv owoców świeżo zebranych a długością okresu ich przechowywania. Według tych badań owoce świeże o wyższym wskaźniku Fv/Fm charakteryzowały się zdolnością do dłuższego okresu ich przechowywania.

Po 14 dniowym okresie przechowywania owoców ogórka odmiany Wiktor F₁ w temperaturze 20°C obniżają się wszystkie wskaźniki fluorescencji chlorofilu (Rys. 2). Dla ogórków przechowywanych bez opakowań Fv/Fm obniżała się nieznacznie po 7 dniach przechowywania, natomiast po 14 dniach przechowywania ogórków spadek tego wskaźnika jest statystycznie istotny. Jest to zgodne z wynikami badań L i n a i J o l l i f f e (1998). W przypadku owoców ogórka przechowywanych w opakowaniach z folii stwierdzono wolniejszy spadek Fv/Fm w czasie trwania doświadczenia. Obniżaniu natężenia fluorescencji chlorofilu owoców ogórka w temperaturze 20°C towarzyszyła częściowa degradacja chlorofilu w skórce owocu. Proces ten przebiegał nierównomiernie we wszystkich owocach, na co wskazuje wysokie odchylenie standardowe (0,115) wskaźnika Fv/Fm dla owoców po 14 dniach przechowywania (Rys. 2a).

W okresie 21 dni przechowywania owoców ogórka odmiany Wiktor F₁ w temperaturze 12,5°C, zarówno w opakowaniach jak i bez nich zaobserwowano obniżenie natężenia Fo, Fm i Fv (Rys. 1). Nie stwierdzono natomiast istotnych zmian wskaźnika Fv/Fm dla owoców przechowywanych w opakowaniach foliowych. Wystąpił natomiast niewielki spadek Fv/Fm w przypadku owoców ogórka po 21 dniach przechowywania bez opakowań. Zmiany te mieszczą się jednak w granicach odchylenia standardowego. W badaniach *Lin i Jolliffe* (1998) stwierdzono spadek Fv/Fm owoców ogórka po 19 dniach ich przechowywania w temperaturze 13°C. Utrzymywanie się Fv/Fm na stałym poziomie przez okres 14 lub 21 dni w temperaturze 12,5°C wskazuje na to, że warunki w tej temperaturze są korzystniejsze dla przechowywania ogórków w porównaniu do dwóch pozostałych zakresów temperatury.

W przypadku przechowywania owoców ogórka w temperaturze 1,5°C obserwowano istotny spadek wszystkich wskaźników fluorescencji chlorofilu już po 7 dniach doświadczenia (Rys. 3). Wartość Fv/Fm ulegała obniżeniu po 14 dniach doświadczenia prawie czterokrotnie (z wartości 0,808 do wartości około 0,200) dla owoców bez opakowań i około dwu i półkrotnie (do wartości 0,325) dla ogórków opakowanych. Obserwowano również ochronny wpływ na ogórki opakowania foliowego - wyższy wskaźnik Fv/Fm (0,375) dla owoców w opakowaniach w porównaniu do wyniku uzyskanego dla owoców bez opakowań (0,221). Tak znaczny spadek wskaźników fluorescencji chlorofilu w owocach przechowywanych w temperaturze 1,5°C jest, jak się przypuszcza efektem uszkodzeń fizjologicznych, a zwłaszcza uszkodzeń aparatu fotosyntetycznego. Podobny wpływ przechowywania przez okres 6 dni w temperaturze 1°C na wskaźniki fluorescencji chlorofilu w owocach ogórka stwierdzili *Lin i Jolliffe* (1998). Efekt obniżenia Fv/Fm obserwowano również u 12-15 dniowych siewek ogórka poddanych działaniu przez 8 godzin temperatury w zakresie 0°C - 4,0°C (*Strebi in.*, 1996). W podobny sposób na działanie temperatury sub-optymalnej reagują rośliny fasoli zwykłej (*Agati in.*, 1996).

PODSUMOWANIE

1. Przechowywanie owoców ogórka odmiany Wiktor F₁ w temperaturze odbiegającej od poziomu optymalnego, a zwłaszcza w temperaturze niższej powodowało spadek wartości Fv/Fm.
2. Przechowywanie owoców ogórka w opakowaniach foliowych z perforacją wpływało na nie ochronnie, co wykazano poprzez uzyskanie wyższego wskaźnika Fv/Fm w porównaniu z wartością mierzoną dla owoców pozbawionych opakowań.
3. Pomiary wartości Fv/Fm mogą być wskaźnikiem pomocniczym przy określaniu właściwych warunków temperaturowych przechowywania owoców ogórka.

LITERATURA

- Adamicki F., 1984. Effects of storage temperature and wrapping on keeping quality of cucumber fruits. Twelfth Working Party on Greenhouse Cucumbers, Skierniewice, 8-11 May, 1984, p. 269-272
- Agati G., Mazzinghi P., Lipucci Di Paola M., Fusi F., Cecchi G. 1996. The F685-F730 chlorophyll fluorescence ratio as indicator of chilling stress in plants. *J. Plant Physiol.* 148(3-4). 384-390
- Anonim, 1988. Criteria for quality. *Grower*, 110, 13-15
- Deell J. R., Toivonen P. M. A., 1999. Chlorophyll fluorescence as a indicator of physiological changes in cold-stored broccoli after transfer to room temperature. *J. Food Sci.*, 64(3), 501-503.
- Hardenburg R. E. 1981. Storage recommendation, shelf life, and respiration rates for horticultural crops. *Handbook of transportation and marketing in agriculture*, CRC Press, p. 261-285
- Jolliffe P. A., Lin W. C., 1997. Predictors of shelf life in long English cucumber. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(5), 686-690
- Klieber A., Lin W. C., Jolliffe P. A., Hall J. W. 1993. Training system affect canopy light exposure and shelf life of long English cucumber. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118, 786-790
- Kosson R. 1998. Application of chlorophyll fluorescence in vegetable plant physiology. *Veget. Crops Res. Bull.* 49, 5-12
- Kraus G. H., Weiss E. 1984. Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. II. Interpretation of fluorescence signals. *Photosynthesis Res.* 5, 139-157.
- Lin W. C., Ehret D. L., 1991. Nutrient concentration and fruit thinning affects shelf-life of long English cucumber. *HortScience*, 26, 1299-1300
- Lin W. C., Jolliffe P. A., 1995. Canopy light effects shelf-life of long English cucumber. *Acta Hortic.* 398, 249-255
- Lin W. C., Jolliffe P. A., 1998. Chlorophyll fluorescence of long English cucumber affected by storage conditions. *Abstracts of XXV Inter. Hort. Congress, Brussels, 2-7 August, 1998*, p.94
- Streb P., Schaub H., Feierabend J. 1996. Latent oxidative stress responses of ozone-fumigated cucumber plants are enhanced by simultaneous cold exposures. *Zeitschrift für Naturforschung. Section C. Journal of Biosciences.* 51 (5-6), 355-362
- Toivonen P. M. A., 1992. Chlorophyll fluorescence as a nondestructive indicator of freshness in harvested broccoli. *HortScience*, 27(9), 1014-1015.

Streszczenie

Określono wpływ przechowywania owoców ogórków szklarniowych odmiany Wiktor F₁ w opakowaniach z folii perforowanej (stopień perforacji 0,001%) oraz owoców bez opakowań, przy trzech zakresach temperatury: 12,5°C, 20°C, 1,5°C na podstawowe wskaźniki fluorescencji chlorofilowej: Fo – fluorescencję początkową, Fm – fluorescencję maksymalną, Fv – fluorescencję zmienną i Fv/Fm – względną fluorescencję zmienną. Pomiary dokonywano na zewnętrznej powierzchni owoców ogórka. Stwierdzono m.in. że przechowywanie owoców ogórka w temperaturze niższej lub wyższej od optymalnej (12,5°C) powoduje spadek wartości Fv/Fm. Pomiary wartości Fv/Fm mogą być wskaźnikiem pomocniczym przy określaniu właściwych warunków temperaturowych przechowywania owoców ogórka.

Rys. 1

Wpływ przechowywania owoców ogórka w temperaturze 12,5°C w opakowaniach foliowych (a) lub bez opakowań (b) na natężenie fluorescencji chlorofilu, $n=10$, średnia $\pm$ S.D.

Oznaczenia: $\blacksquare$ - F_o , $\triangle$ - F_m , ∇ - F_v , $\diamond$ - F_v/F_m

Effect of storage of cucumber fruits in temperature 12.5°C, with (a) or without (b) packaging on chlorophyll fluorescence intensity, $n=10$, average $\pm$ S.D.

Legend: $\blacksquare$ - F_o , $\triangle$ - F_m , ∇ - F_v , $\diamond$ - F_v/F_m

Rys. 2

Wpływ przechowywania owoców ogórka w temperaturze 20°C w opakowaniach foliowych (a) lub bez opakowań (b) na natężenie fluorescencji chlorofilu, $n=10$, średnia $\pm$ S.D.

Effect of storage of cucumber fruits in temperature 20°C, with (a) or without (b) packaging on chlorophyll fluorescence intensity, $n = 10$, average $\pm$ S.D.

Rys. 3

Wpływ przechowywania owoców ogórka w temperaturze 1,5°C w opakowaniach foliowych (a) lub bez opakowań (b) na natężenie fluorescencji chlorofilu, $n=10$, średnia $\pm$ S.D.

Effect of storage of cucumber fruits in temperature 1.5°C, with (a) or without (b) packaging on chlorophyll fluorescence intensity, $n=10$, average $\pm$ S.D.