

IRENEUSZ OCHMIAN, ANTON YORDANOV, KAMIŁA MIJOWSKA, PIOTR CHEŁPIŃSKI

WPLYW PRZECHOWYWANIA OWOCÓW PERSYMONY (*DIOSPYROS KAKI*) W WARUNKACH *SHELF LIFE* NA WYBRANE CECHY FIZYCZNE I SKŁAD CHEMICZNY

Streszczenie

W pracy określono zmiany jakości owoców persymony (*Diospyros kaki*) w trakcie przechowywania w warunkach *shelf life*. Oznaczono cechy fizyczne: barwę, jędrność, wskaźniki: wegetacji (NDVI) i antocyjanowy (NAI) oraz skład chemiczny. Określono zależności między wybranymi wskaźnikami w celu opracowania szybkich metod oceny jakości owoców. Badania przeprowadzono w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie oraz w Stacji Badawczej Uniwersytetu Rolniczego w Plovdiv (Bułgaria), z której pochodziły owoce pięciu odmian persymony: ‘Sharon’, ‘Moro’, ‘Jiro C24276’, ‘Kaki Tipo’ oraz ‘Hyakume’. Owoce charakteryzowały się zróżnicowanym składem chemicznym i zmienną reakcją na przechowywanie. Podczas przechowywania owoce ciemniały (wartość parametru L^* zmniejszyła się z 58,2 do 39,8) i stawały się bardziej czerwone – wartość parametru a^* wzrosła z 16,8 do 35,0. Zmniejszała się jędrność owoców oraz ich odporność na uszkodzenia mechaniczne. Znaczne przyspieszenie zmian wskaźników charakteryzujących dojrzewanie owoców obserwowano po sześciu dniach przechowywania. Po pełnym okresie przechowywania najbardziej jędrne, a zarazem odporne na uszkodzenia, były owoce odmiany ‘Kaki Tipo’. Dobrymi cechami jakościowymi charakteryzowały się owoce persymony odmiany ‘Sharon’, które zawierały: polifenoli – 308 mg GAE kg^{-1} , kwasu L-askorbinowego – 105 mg kg^{-1} , kwasów ogółem – 7,84 g kg^{-1} , prowitaminy A – 0,86 mg kg^{-1} i witaminy E – 38,1 mg kg^{-1} . W trakcie przechowywania w owocach zmniejszyła się kwasowość i zawartość kwasu L-askorbinowego, natomiast zwiększyła się zawartość witaminy E. Jędrność ($r = -0,82$) i barwa owoców ($r = -0,82$) okazały się istotnie ($p = 0,05$) skorelowane z indeksem wegetacyjnym NDVI. Istotna ($p = 0,05$) korelacja wystąpiła także między indeksem antocyjanowym (NAI) i zawartością polifenoli, zarówno na początku okresu przechowywania ($r = 0,92$) jak i na końcu ($r = 0,93$). Wykazane zależności potwierdzają możliwość zastosowania metod niedestrukcyjnych do oceny jakości owoców persymony.

Słowa kluczowe: persymona (*Diospyros kaki*), owoce, jędrność, barwa, witaminy, polifenole, NDVI, NAI

Dr hab. inż. I. Ochmian, mgr inż. Kamila Mijowska, dr hab. inż. Piotr Chelpiński, Katedra Ogrodnictwa, Wydz. Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, dr Anton Yordanov, Katedra Sadownictwa, Uniwersytet Rolniczy w Plovdiv, Mendeleev 12, 4000 Bułgaria. Kontakt: ireneusz.ochmian@zut.edu.pl

Wprowadzenie

Persymona (*Diospyros kaki* L.) uznawana jest za najważniejszy gatunek wśród rodzaju *Diospyros* (*Ebenaceae*) [28]. Największe zbiory owoców tego gatunku na świecie uzyskuje się w Chinach, Korei Południowej, Japonii, Brazylii, Azerbejdżanie, Hiszpanii, Włoszech, Izraelu i Uzbekistanie. Jagody persymony (kaki) cenione są za zawarte w nich związki biologicznie aktywne [9], w tym: kwas askorbinowy, karotenoidy [18], polifenole, błonnik pokarmowy i składniki mineralne [12]. Produkty spożywcze bogate w polifenole są cenne dla zdrowia człowieka z uwagi na właściwości przeciwutleniające. Szczególnie dużo polifenoli i karotenoidów występuje w skórce persymony [8], co w dużym stopniu przyczynia się do intensywnej, pomarańczowej barwy dojrzałych jagód. Duża zawartość karotenoidów w owocach persymony może być też istotna w przetwórstwie żywności [26]. W zależności od zawartości tanin, które nadają wrażenie cierpkości, owoce persymony dzieli się na cierpkie – taninowe i pozbawione cierpkości [25]. Jagody persymony zawierają nawet 70 mg witaminy C, podczas gdy w jabłkach stwierdza się jej tylko 4 mg w 100 g miąższu [13]. Są one jednak wrażliwe na chłodzenie. Przechowywanie owoców kaki poniżej temperatury krytycznej ($8 \div 12$ °C, w zależności od odmiany) prowadzi do powstawania uszkodzeń, takich jak: żelowanie miąższu, utrata jędrności, brązowienie skórki i miąższu oraz zmiana rozpuszczalnych substancji stałych. Objawy uszkodzeń, a zwłaszcza gwałtowna utrata jędrności, uwidaczniają się po wyjęciu owoców z chłodni i przetrzymywaniu ich w wyższej temperaturze [21], co utrudnia transport i sprzedaż owoców tego gatunku [3].

Celem pracy była ocena zmian wybranych cech fizycznych oraz składu chemicznego owoców pięciu odmian persymony w trakcie 14-dniowego przechowywania w symulowanych warunkach sklepowych – *shelf life*. Ponadto celem było określenie zależności między wybranymi wskaźnikami.

Material i metody badań

Badania przeprowadzono w Pracowni Sadownictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie oraz w Stacji Badawczej Uniwersytetu Rolniczego w Plovdiv, gdzie wiosną 2006 roku posadzono drzewa w glebie cynamono-brunatnej o odczynie 7,1. Drzewa odmian uprawnych uszlachetnione zostały na siewce hurmy kaukaskiej (*Diospyros lotus*). Posadzono je w rozstawie 5×4 m, a korony drzew prowadzono w formie niemal naturalnej. Średnia roczna suma temperatur aktywnych (> 10 °C) wynosiła 3900 °C, a suma opadów – średnio 515 mm. Do badań przeznaczono owoce pięciu odmian persymony: ‘Sharon’, ‘Moro’, ‘Jiro C24276’, ‘Kaki Tipo’ i ‘Hyakume’. Owoce zbierano z sześcioletnich drzew, w fazie dojrzałości zbiorczej w połowie października. W doświadczeniu określano jędrność i barwę owo-

ców oraz ich skład chemiczny w trakcie 14-dniowego przechowywania w warunkach *shelf life*, symulujących warunki sprzedaży detalicznej owoców. Temperaturę utrzymywano na poziomie $18 \div 20$ °C, a wilgotność powietrza – $85 \div 90$ %. Owoce przechowywano w otwartych pojemnikach kartonowych, wyłożonych wytłoczkami PP. Przez 14 h były doświetlane lampami zawieszonymi nad owocami na wysokości 1,2 m, o temperaturze światła 6700 K i natężeniu – $40 \mu\text{mol}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$.

Jędrność jagód mierzono niedestrukcyjnie aparatem FirmTech2 (BioWorks, USA) sprzężonym z komputerem. Jako element pomiarowy stosowano płaski stempel o średnicy 25 mm. Mierzono siłę jaka jest potrzebna do ugięcia owocu o 1 mm ($\text{G}\cdot\text{mm}^{-1}$). Urządzeniem tym mierzono również siłę potrzebną do przebicia skórki owoców trzpieniem o średnicy 3 mm [15]. Pomiary wykonywano bezpośrednio po zbiorze oraz po zakończeniu okresu przechowywania owoców. Pomiary wykonywano czterokrotnie na każdym owocu.

Barwę określano przy użyciu spektrofotometru CM-700d (Konica Minolta, Japonia), w systemie CIE $L^*a^*b^*$, stosując następujące ustawienia: geometria pomiarowa d/8, obserwator 10° oraz iluminant D65 [10]. Pomiary wskaźników NDVI i NAI wykonywano przy użyciu urządzenia Pigment Analyzer CPPA1101 (Control in Applied Physiology GbR., Niemcy), którego promieniowanie penetrowało owoc w zależności od tekstury i składu. Na podstawie danych spektralnych zmierzonych przez urządzenie, otrzymano dwa standardowe wskaźniki: znormalizowany wskaźnik wegetacji (ang. *Normalized Difference Vegetation Index*) $\text{NDVI} = (I_{780 \text{ nm}} - I_{660 \text{ nm}}) / (I_{780 \text{ nm}} + I_{660 \text{ nm}})$ oraz znormalizowany wskaźnik antocyjanowy $\text{NAI} = (I_{780 \text{ nm}} - I_{570 \text{ nm}}) / (I_{780 \text{ nm}} + I_{570 \text{ nm}})$, gdzie I oznacza natężenie światła odbitego przy podanej długości fali [29].

Skład chemiczny owoców oznaczano w soku. W tym celu z jagód wycinano paski miąższu z całego przekroju, łącznie ze skórą (trzy powtórzenia po 150 g). Następnie macerowano je przez 60 min w temp. 50 °C z dodatkiem enzymu PT 400 Pektopol (Biowin, Polska), w dawce 400 mg na kg owoców. Po zakończeniu obróbki enzymatycznej uzyskany miąższ prasowano z użyciem prasy hydraulicznej pod ciśnieniem 3 MPa [16]. Kwasowość ogólną owoców oznaczano metodą miareczkową w przeliczeniu na kwas cytrynowy [14], miareczkując wodny roztwór wyciągu z owoców 1 molowym roztworem NaOH do punktu końcowego przy $\text{pH} = 8,1$ (Pehametr Elmetron, Polska). Zawartość kwasu L-askorbinowego oraz azotanów(V) oznaczano requantometrem RQflex 10 (Merck, Niemcy) przy użyciu pasków testowych [15]. Ogólną zawartość polifenoli oznaczano metodą spektrofotometryczną Folina-Ciocalteu'a (spektrofotometr UV-Vis Helios Gamma, ThermoSpectronic, USA) [24], w przeliczeniu na kwas galusowy. Zawartość witaminy A i witaminy E oznaczano w owocach techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją UV i fluoroscencyjną (pompa Knauer K-1001 i detektor UV Knauer K-2001; kolumna Beckman ODS ($5 \mu\text{m}$), o wymiarach $150 \times 4,6$ mm, temperatura kolumny 25°C) [19].

Do określenia siły zależności pomiędzy poszczególnymi cechami zastosowano liniową korelację Spearmana. W celu stwierdzenia istotności różnic przeprowadzono 2-czynnikową analizę wariancji. Obliczenia wykonano w programie Statistica 10.0. Istotność różnic między wartościami średnimi oceniano testem Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Zmiana barwy, a zwłaszcza zmiana jędrności wskazują na zachodzący proces dojrzewania owoców, który można znacznie ograniczyć, przechowując owoce w chłodni. Po okresie przechowywania, w trakcie obrotu handlowego zmiany przebiegają gwałtownie [3]. Jagody persymony zbierano w fazie dojrzałości zbiorczej, gdy miały twarde miąższ i żółtą barwę – cechy typowe dla owoców przeznaczonych do sprzedaży [2], a odbiegające od parametrów owoców przeznaczonych do konsumpcji. Zbiór przeprowadzany we wcześniejszym stadium dojrzałości ma na celu wydłużenie okresu przechowywania owoców i zachowanie ich odporności na transport. Owoce badanych odmian bezpośrednio po zbiorze różniły się wybarwieniem (tab. 1). W trakcie przechowywania powierzchnia owoców i miąższ ciemniały. W pierwszym tygodniu zmiany były niewielkie – wartość parametru L^* zmniejszyła się z 58,2 do 55,5. W owocach większości odmian dynamiczne zmniejszenie wartości parametru L^* nastąpiło w drugim tygodniu przechowywania – osiągając po 14 dniach wartość średnią 39,8. Jeszcze większe zmiany wartości wspomnianego parametru nastąpiły w miąższu, który bezpośrednio po zbiorze był jasny ($L^* = 67,4$), a po okresie przechowywania znacznie ściemniał ($L^* = 28,3$). Również wartości parametru a^* i b^* owoców oraz miąższu ulegały zmianom podczas przechowywania. Wzrastała wartość parametru a^* z 16,8 – pierwszego dnia do 35,0 – po ostatnim dnia przechowywania. Owoce przybrały barwę pomarańczowo-czerwoną. W dniu zbioru wartość parametru b^* wynosiła 51,3, a w trakcie przechowywania stopniowo zmniejszała się do wartości 26,3. Według Plazy i wsp. [18], w trakcie dojrzewania owoców persymony następują zmiany barwy powierzchni. Jeszcze na drzewie przed zbiorem jagody mają barwę zielono-żółtą, która stopniowo zmienia się, a w fazie dojrzałości konsumpcyjnej przebarwiają się na pomarańczowo-czerwono. W badaniach własnych stwierdzono różnice pod względem barwy owoców i miąższu poszczególnych odmian oraz w stopniu zmian w trakcie ich przechowywania. Bezpośrednio po zbiorze owoce ‘Hyakume’ cechowały się najjaśniejszą skórką ($L^* = 62,2$) i były najbardziej żółte – b^* skórki = 61,5, b^* miąższu = 44,0. W pierwszym dniu owoce tej odmiany charakteryzowały się również najwyższą wartością parametru a^* , świadczącego o występowaniu barwników odpowiedzialnych za barwę czerwoną. Najwyższe wartości parametrów L^* i b^* owoców odmiany ‘Hyakume’ utrzymywały się przez cały okres przechowywania. Owoce pozostałych odmian w momencie zbioru miały zbliżone wartości parametrów określających ich barwę. Po

14 dniach przechowywania w warunkach *shelf life* zdecydowanie najbardziej ściemniały owoce persymony odmiany ‘Sharon’ ($L^* = 34,3$). Również Veberic i wsp. [26] zaobserwowali różnice w wybarwieniu skórki owoców poszczególnych odmian w fazie konsumpcyjnej, jednak wartość parametru L^* była na wyższym poziomie ($49,9 \div 56,1$), natomiast a^* – na zbliżonym ($33,6 \div 41,0$).

Tabela 1. Barwa skórki i miąższu owoców badanych odmian persymony w trakcie przechowywania
Table 1. Colour of skin and flesh of fruits of studied fruits of persimmon cultivars during storage

| Czas przechowywania [dni] Storage period [days] | | Odmiana / Cultivar | | | | | | |
|---|-------|--------------------|--------|------------------|----------------|-----------|-----------|------|
| | | ‘Sharon’ | ‘Moro’ | ‘Jiro C24276’ | ‘Kaki Tipo’ | ‘Hyakume’ | \bar{x} | |
| Barwa skórki Skin colour | 1 | L^* | 57,0 | 57,9 | 56,4 | 57,6 | 62,2 | 58,2 |
| | | a^* | 15,2 | 11,4 | 17,8 | 14,9 | 24,6 | 16,8 |
| | | b^* | 55,6 | 54,3 | 49,6 | 53,4 | 61,5 | 51,3 |
| | 3 | L^* | 56,1 | 55,4 | 55,6 | 55,3 | 59,4 | 56,4 |
| | | a^* | 17,3 | 25,6 | 33,6 | 22,2 | 31,6 | 26,1 |
| | | b^* | 54,7 | 50,0 | 49,2 | 51,9 | 59,3 | 53,0 |
| | 6 | L^* | 55,7 | 55,0 | 55,2 | 53,3 | 58,4 | 55,5 |
| | | a^* | 16,1 | 31,8 | 36,1 | 30,5 | 29,5 | 28,8 |
| | | b^* | 34,0 | 39,0 | 48,0 | 38,8 | 54,2 | 42,8 |
| | 9 | L^* | 47,4 | 46,2 | 43,9 | 50,8 | 55,4 | 48,7 |
| | | a^* | 26,4 | 35,5 | 34,6 | 28,4 | 35,8 | 32,1 |
| | | b^* | 26,3 | 37,2 | 44,8 | 31,4 | 57,4 | 39,4 |
| 12 | L^* | 40,7 | 39,5 | 40,4 | 42,4 | 52,4 | 43,1 | |
| | a^* | 32,2 | 38,8 | 30,3 | 32,1 | 35,6 | 33,8 | |
| | b^* | 18,7 | 19,1 | 41,3 | 26,4 | 45,1 | 30,1 | |
| 14 | L^* | 34,3 | 39,3 | 39,4 | 41,2 | 44,7 | 39,8 | |
| | a^* | 34,4 | 38,2 | 33,4 | 32,1 | 36,9 | 35,0 | |
| | b^* | 20,6 | 11,2 | 38,3 | 19,7 | 41,8 | 26,3 | |
| Barwa miąższu Flesh colour | 1 | L^* | 68,1 | 61,3 | 73,4 | 62,6 | 71,5 | 67,4 |
| | | a^* | 16,5 | 10,4 | 13,8 | 13,2 | 19,2 | 14,6 |
| | | b^* | 37,8 | 28,3 | 31,5 | 27,2 | 44,0 | 33,8 |
| | 14 | L^* | 28,0 | 23,6 | 31,7 | 31,2 | 27,0 | 28,3 |
| | | a^* | 34,0 | 38,8 | 33,3 | 33,6 | 38,3 | 35,6 |
| | | b^* | 18,3 | 6,8 | 27,6 | 21,6 | 34,1 | 21,7 |

Stosowanie barwy jako jedynego wskaźnika dojrzałości owoców jest mało precyzyjne, dlatego określono również jędrność jagód. Bezpośrednio po zbiorze zmierzono jedynie jędrność owoców persymony odmiany ‘JiroC24276’ ($744 \text{ G} \cdot \text{mm}^{-1}$), gdyż jędrność owoców pozostałych odmian była poza skalą pomiarową przyrządu (rys. 1).

Tabela 2. Wartości współczynników NDVI, NAI i przebiccia owoców badanych odmian persymony w trakcie przechowywania oraz współczynniki korelacji między badanymi cechami
 Table 2. Values of NDVI, NAI indices, and puncture coefficient of fruits of studied persimmon cultivars during storage, and coefficients of correlation between parameters analyzed

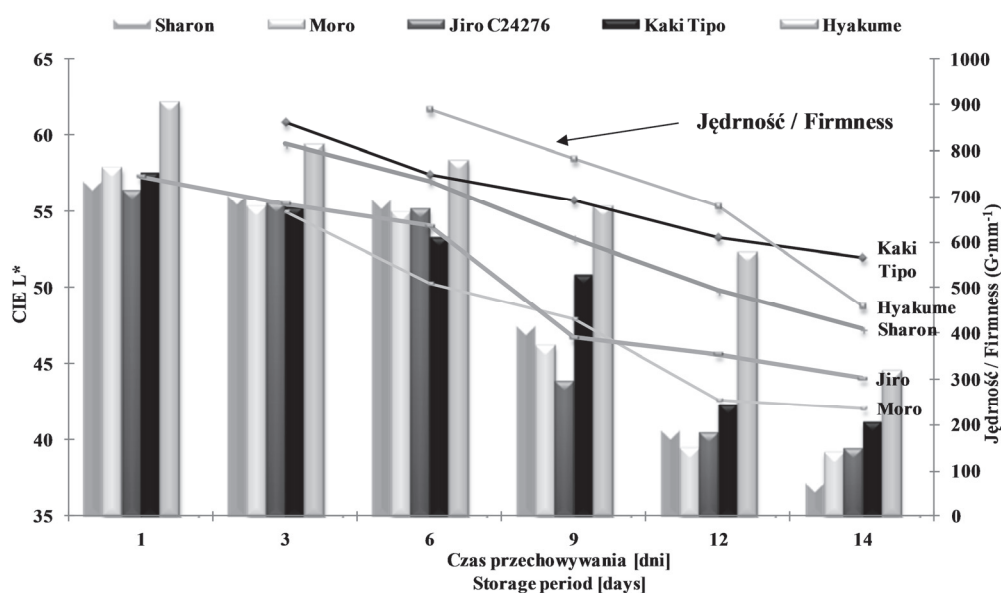
| Czas przechowywania [dni] Storage period [days] | Odmiana / Cultivar | | | | | | |
|---|---------------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--------------------|
| | 'Sharo'n | 'Moro' | 'Jiro C24276' | 'Kaki Tipo' | 'Hyakume' | \bar{x} | |
| NDVI | 1 | -0,72 ^{cd} ± 0,06 | -0,64 ^{bc} ± 0,03 | -0,70 ^{cd} ± 0,05 | -0,68 ^{cd} ± 0,04 | -0,85 ^d ± 0,05 | -0,72 ^A |
| | 14 | -0,47 ^{ab} ± 0,04 | -0,42 ^a ± 0,03 | -0,59 ^{abc} ± 0,02 | -0,61 ^{abc} ± 0,06 | -0,63 ^{bc} ± 0,08 | -0,54 ^A |
| | \bar{x} | -0,60 ^{AB} | -0,53 ^A | -0,65 ^{BC} | -0,65 ^{BC} | -0,74 ^C | |
| Współczynnik korelacji / Correlation coefficient między / between | | | | | | | |
| NDVI – jędrność NDVI – firmness | 1. dzień 1 st day | Jędrność poza zakresem pomiarowym Firmness beyond measuring range | | | 14 dni 14 days | r = -0,82 ⁺ | |
| NDVI – barwa NDVI – colour | 1. dzień 1 st day | L* r = -0,82 ⁺ ; a* r = -0,92 ⁺⁺ ; b* r = -0,61 | | | 14 dni 14 days | L* r = -0,68; a* r = 0,49; b* r = -0,89 ⁺ | |
| NAI | 1 | 0,53 ^{bc} ± 0,04 | 0,68 ^{de} ± 0,06 | 0,61 ^{cd} ± 0,05 | 0,40 ^a ± 0,03 | 0,59 ^{bc} ± 0,06 | 0,56 ^A |
| | 14 | 0,71 ^{de} ± 0,08 | 0,90 ^f ± 0,09 | 0,69 ^{de} ± 0,07 | 0,44 ^a ± 0,06 | 0,72 ^c ± 0,07 | 0,69 ^B |
| | \bar{x} | 0,62 ^B | 0,79 ^B | 0,65 ^B | 0,42 ^A | 0,66 ^B | |
| Współczynnik korelacji / Correlation coefficient między / between | | | | | | | |
| NAI – polifenole NAI – polyphenols | 1. dzień 1 st day | r = 0,92 ⁺ | | | 14 dni 14 days | r = 0,93 ⁺ | |
| Przebiccie Puncture [G·mm ⁻¹] | 1 | 651 ^d ± 78 | 723 ^c ± 103 | 805 ^f ± 62 | 789 ^f ± 83 | 922 ^g ± 58 | 778 ^B |
| | 14 | 240 ^b ± 35 | 141 ^a ± 29 | 121 ^a ± 24 | 326 ^c ± 40 | 289 ^{bc} ± 51 | 223 ^A |
| | \bar{x} | 446 ^A | 432 ^A | 463 ^A | 558 ^B | 606 ^C | |

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Wyniki przedstawiono jako wartości średnie ± odchylenia standardowe / Results are presented as mean values ± standard deviations; wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności p = 0,05 / mean values denoted by the same letter do not differ statistically significantly at p = 0.05; W obrębie badanej cechy dużymi literami oznaczono średnie czynników głównych (\bar{x}), małymi literami zależności między nimi / Within a given characteristic major factors mean are denoted by capital letters (\bar{x}) and correlations between them by small letters; NDVI, NAI, jędrność, barwa – n = 60 / NDVI, NAI, firmness, colour – n = 60; polifenole – n = 15 / polyphenols – n = 15; r⁺ – współczynnik korelacji istotny na poziomie p = 0,05 / significant correlation coefficient at p = 0.05; r⁺⁺ – współczynnik korelacji istotny na poziomie p = 0,01 / significant correlation coefficient at p = 0.01.

W trakcie przechowywania jędrność owoców zmniejszyła się o kilkadziesiąt procent, w największym stopniu w owocach 'Moro' oraz 'Jiro'. Obie odmiany charakteryzowały się również najniższym wskaźnikiem przebiccia skórki (tab. 2). Proces zmiany jędrności przebiega szybciej w mniejszych owocach [4]. Owoce 'Kaki Tipo' po 14 dniach

przechowywania były najbardziej jędrne ($565 \text{ G}\cdot\text{mm}^{-1}$) i cechowały się najwyższą odpornością na uszkodzenia mechaniczne (przebicie – $326 \text{ G}\cdot\text{mm}^{-1}$). Wskazuje to na różne tempo dojrzewania owoców poszczególnych odmian i możliwość ich przechowywania w warunkach *shelf life*. Owoce persymony oraz podobnej wielkości śliwki, charakteryzujące się jędrnością większą od $500 \text{ G}\cdot\text{mm}^{-1}$, są twarde i nieatrakcyjne dla konsumenta, natomiast gdy wartość parametru zbliża się do $150 \text{ G}\cdot\text{mm}^{-1}$, są już za miękkie (wyniki własne, niepublikowane).



Rys. 1. Zmiany parametru L* oraz jędrności owoców pięciu odmian persymony w trakcie przechowywania

Fig. 1. Changes in L* parameter and firmness of fruits of five persimmon cultivars during storage

Jednym ze wskaźników dojrzałości owoców może być indeks wegetacyjny (NDVI). Szybki i niedestrukcyjny pomiar, umożliwiający ocenę stopnia dojrzałości, wykorzystywany jest m.in. do określania jakości bananów, jabłek i śliwek [7, 23, 30]. Indeks wegetacyjny skórki owoców poszczególnych odmian był zróżnicowany (tab. 2), a ponadto istotnie ($p = 0,05$) skorelowany z parametrami fizycznymi jagód – jędrnością i barwą. Obniżanie wartości bezwzględnej indeksu NDVI wskazywało na zmniejszanie się jędrności owoców. Bezpośrednio po zbiorze NDVI był istotnie ($p = 0,01$) skorelowany z wartością parametru barwy a^* , natomiast po 14 dniach przechowywania – z parametrem barwy b^* . Korelacja była istotna ($p = 0,05$) pomimo dużych różnic wartości wskaźnika pomiędzy odmianami w poszczególnych terminach pomiaru. Najniż-

szą wartością indeksu NDVI charakteryzowały się owoce persymony odmiany 'Moro' po 14 dniach przechowywania (-0,42).

Kolejnym wskaźnikiem oceny owoców jest indeks antocyjanowy (NAI). Owoce 'Kaki Tipo' cechowały się istotnie ($p = 0,05$) niższym wskaźnikiem NAI (0,42), a zarazem najmniejszą zawartością polifenoli (średnio 200 mg GAE kg⁻¹). Owoce odmiany 'Moro' charakteryzowały się natomiast najwyższym indeksem antocyjanowym (0,79) i największą zawartością polifenoli (średnio 317 mg GAE kg⁻¹). Powyższe obserwacje potwierdzono istotnym ($p = 0,05$) współczynnikiem korelacji pomiędzy indeksem antocyjanowym (NAI) a zawartością polifenoli w owocach. Korelacja była dodatnia i na podobnym poziomie bezpośrednio po zbiorze ($r = 0,92$) oraz po 14 dniach przechowywania owoców ($r = 0,93$). Ścibisz i wsp. [22], badając owoce borówki wysokiej, wykazali silną zależność pomiędzy barwą i zawartością polifenoli.

Owoce persymony charakteryzowały się zróżnicowanym składem chemicznym (tab. 3). W trakcie przechowywania w jagodach zachodziły zmiany o przebiegu zależnym od odmiany. Po 14 dniach przechowania istotnie ($p = 0,05$) zmniejszyła się kwasowość owoców wszystkich badanych odmian. Zmalała również zawartość kwasu L-askorbinowego i – nieznacznie – azotanów(V), wzrosła natomiast zawartość witaminy E. Zdecydowanie najmniej związków polifenolowych było w owocach odmiany 'Kaki Tipo' – średnio 200 mg GAE kg⁻¹. Najwięcej polifenoli zawierały owoce odmiany 'Moro' – średnio 317 mg GAE kg⁻¹. W badaniach innych autorów suma związków fenolowych w owocach persymony wyniosła od 14,8 mg [25] do 168 mg·100 g⁻¹ s.m. [5]. W badaniach własnych, w owocach odmiany 'Sharon', zawartość polifenoli po pełnym okresie przechowywania istotnie ($p = 0,05$) wzrosła. W jagodach pozostałych odmian była ona na poziomie porównywalnym z owocami nieprzechowywanymi. Park i wsp. [17] stwierdzili większą zawartość polifenoli w owocach świeżo zebranych. Pomimo istotnych ($p = 0,05$) różnic pod względem zawartości szkodliwych azotanów(V), ich ilość w owocach była niewielka. W zależności od odmiany i dnia pomiaru wynosiła od 10 do 47 mg·kg⁻¹. Obowiązujące przepisy nie określają zawartości azotanów w owocach. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji WE z 2006 roku [20] dzienne spożycie azotanów(V) nie powinno przekraczać 3,65 mg na kg masy ciała. Zgodnie z powyższym rozporządzeniem oznaczone ilości azotanów(V) w owocach persymony spełniają rygorystyczne wymogi określone dla produktów przeznaczonych dla niemowląt i małych dzieci – do 200 mg NO₃ kg⁻¹. Owoce 'Jiro C24276' zawierały najmniej prowitaminy A (0,49 mg·kg⁻¹ świeżej masy – ś.m.) oraz kilkakrotnie mniej, w porównaniu z pozostałymi odmianami, witaminy E (6,9 mg·kg⁻¹ ś.m.). Najwięcej prowitaminy A (0,86 mg·kg⁻¹ ś.m.) i kwasu L-askorbinowego (105 mg kg⁻¹ ś.m.) było w owocach odmiany 'Sharon'. Na początku okresu przechowywania zawartość prowitaminy A w owocach tej odmiany wynosiła 0,82 mg kg⁻¹ ś.m. Jest to poziom porównywalny z wynikiem, jaki uzyskali Ancos i wsp. [1]. Zawartość kwasu

Tabela 3. Skład chemiczny świeżych owoców pięciu odmian persymony w trakcie ich przechowywania
 Table 3. Chemical composition of fresh fruits of five persimmon cultivars during their storage

| Parametr Parameter | Czas przecho- wywania [dni] Storage period [days] | Odmiana / Cultivar | | | | | |
|--|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------|
| | | Sharon | Moro | Jiro C24276 | Kaki Tipo | Hyakume | \bar{x} |
| Polifenole Polyphenols [mg GAE kg ⁻¹] | 1 | 252 ^{bcd*} ± 37 | 298 ^{def} ± 24 | 265 ^{bcd} ± 31 | 227 ^b ± 19 | 279 ^{bcd} ± 28 | 264 ^A |
| | 14 | 363 ^f ± 41 | 336 ^{ef} ± 36 | 238 ^{bc} ± 26 | 172 ^a ± 23 | 285 ^{cd} ± 19 | 279 ^A |
| | \bar{x} | 308 ^C | 317 ^C | 252 ^B | 200 ^A | 282 ^{BC} | |
| Kwas L-askorbinowy L-ascorbic acid [mg kg ⁻¹] | 1 | 112 ^f ± 11 | 63 ^c ± 5 | 91 ^{de} ± 9 | 96 ^e ± 8 | 58 ^{bc} ± 11 | 84 ^A |
| | 14 | 98 ^e ± 13 | 54 ^b ± 3 | 82 ^d ± 7 | 86 ^d ± 11 | 41 ^a ± 9 | 72 ^A |
| | \bar{x} | 105 ^C | 59 ^A | 87 ^B | 91 ^B | 50 ^A | |
| Kwasowość [g kwasu cytry- nowego kg ⁻¹] Titratable acidity [g citric acid kg ⁻¹] | 1 | 8,73 ^d ± 0,31 | 7,26 ^c ± 0,40 | 6,77 ^{bc} ± 0,22 | 6,84 ^{bc} ± 0,31 | 7,63 ^{cd} ± 0,43 | 7,45 ^B |
| | 14 | 6,95 ^{bc} ± 0,33 | 5,50 ^{ab} ± 0,22 | 4,32 ^a ± 0,17 | 4,04 ^a ± 0,15 | 5,48 ^{ab} ± 0,21 | 5,26 ^A |
| | \bar{x} | 7,84 ^C | 6,38 ^B | 5,55 ^A | 5,44 ^A | 6,56 ^B | |
| Prowitamina A Provitamin A [mg kg ⁻¹] | 1 | 0,82 ^{de} ± 0,07 | 0,67 ^c ± 0,08 | 0,52 ^{ab} ± 0,05 | 0,68 ^{cd} ± 0,07 | 0,63 ^{bc} ± 0,03 | 0,66 ^A |
| | 14 | 0,89 ^e ± 0,06 | 0,73 ^{cd} ± 0,06 | 0,46 ^a ± 0,05 | 0,59 ^{ab} ± 0,08 | 0,77 ^{cde} ± 0,05 | 0,69 ^A |
| | \bar{x} | 0,86 ^C | 0,70 ^B | 0,49 ^A | 0,64 ^B | 0,70 ^B | |
| Witamina E Vitamin E [mg kg ⁻¹] | 1 | 32,0 ^{bc} ± 0,5 | 30,4 ^{bc} ± 0,2 | 5,8 ^a ± 0,1 | 22,4 ^b ± 0,5 | 37,3 ^{cd} ± 1,1 | 25,6 ^A |
| | 14 | 44,2 ^{de} ± 0,8 | 45,3 ^{de} ± 0,3 | 7,9 ^a ± 0,2 | 29,0 ^{bc} ± 0,7 | 50,7 ^e ± 1,3 | 35,4 ^B |
| | \bar{x} | 38,1 ^{BC} | 37,9 ^{BC} | 6,9 ^A | 25,7 ^B | 44,0 ^C | |
| Azotany Nitrates [mg kg ⁻¹] | 1 | 39 ^{de} ± 4 | 27 ^{bc} ± 6 | 23 ^b ± 4 | 47 ^e ± 9 | 29 ^{bc} ± 5 | 33 ^A |
| | 14 | 35 ^{cd} ± 5 | 22 ^b ± 3 | 10 ^a ± 3 | 45 ^{de} ± 4 | 25 ^b ± 3 | 27 ^A |
| | \bar{x} | 37 ^{BC} | 23 ^A | 16 ^A | 46 ^C | 27 ^{AB} | |

Objaśnienia / Explanatory notes:

Wyniki przedstawiono jako wartości średnie ± odchylenia standardowe / Results are presented as mean values ± standard deviations;

* Wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności $p = 0,05$ / Mean values denoted by the same letter do not differ statistically significantly at $p = 0.05$. W obrębie badanej cechy dużymi literami oznaczono średnie czynników głównych (\bar{x}), małymi literami zależności między nimi / Within a given characteristic major factors mean are denoted by capital letters (\bar{x}) and correlations between them by small letters

L-askorbinowego w nieprzechowywanych owocach wahała się od 58 mg·kg⁻¹ w przypadku odmiany 'Hyakume' do 112 mg·kg⁻¹ – w odmianie 'Sharon'. Inni autorzy oznaczyli w owocach persymony od 3,5 mg·100 g⁻¹ ś.m. [13] do 146,0 mg·100 g⁻¹ ś.m. [11] kwasu L-askorbinowego. Czternastodniowe przechowywanie owoców w warunkach *shelf life* wpłynęło na zmniejszenie zawartości tego kwasu do 41 mg 100 g⁻¹ ś.m.

w jagodach 'Hyakume'. Było to nieznacznie więcej niż oznaczyła Mangarova [13] – 39 mg kg ś.m. Natomiast w przypadku 'Kaki Tipo' zawartość omawianego związku (86 mg kg⁻¹) była znacznie mniejsza niż w owocach badanych przez Del Bubba i wsp. [6] – 490 mg kg ś.m.

Wnioski

1. Podczas przechowywania owoców persymony w warunkach *shelf life* zachodziły w nich zmiany: miąższ i skórka ciemniały i nabierały czerwonego wybarwienia, zmniejszała się jędrność owoców oraz ich odporność na uszkodzenia mechaniczne. Szybkość tych zmian zwiększyła się po 6 dniach przechowywania.
2. Najjaśniejsze, ale o intensywnym żółto-czerwonym wybarwieniu, były owoce odmiany 'Hyakume'. Największą jędrnością i odpornością na uszkodzenia mechaniczne po 14 dniach przechowywania cechowały się owoce odmiany 'Kaki Tipo'.
3. Wyższą kwasowością, większą zawartością prowitaminy A i kwasu L-askorbinowego charakteryzowały się owoce odmiany 'Sharon'. Zawierały one także dużo polifenoli, których ilość znacząco wzrosła po 14 dniach przechowywania.
4. W trakcie przechowywania zmieniał się skład chemiczny owoców, zmniejszyła się ich kwasowość i zawartość kwasu L-askorbinowego, natomiast zwiększyła się zawartość witaminy E.
5. Po pełnym okresie przechowywania najniższy indeks NDVI i najmniejszą jędrność miały owoce odmiany 'Moro', cechował je też najwyższy indeks NAI i największa zawartość polifenoli.
6. Jędrność i barwa owoców były istotnie ($p = 0,05$) skorelowane z indeksem wegetacyjnym NDVI. Istotną ($p = 0,05$) korelację stwierdzono także między indeksem antocyjanowym (NAI) i zawartością polifenoli.

Literatura

- [1] Ancos de B., Gonzalez E., Cano M.P.: Effect of high-pressure treatment on the carotenoid composition and the radical scavenging activity of persimmon fruit purees. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 3542-3548.
- [2] Arnal L., Del Río M.A.: Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. *Food Sci.*, 2003, **68**, 1516-1518.
- [3] Arnal L., Del Río M.A.: Quality of persimmon fruit cv. Rojo brillante during storage at different temperatures. *Spanish J. Agric. Res.*, 2004, **2** (2), 243-247.
- [4] Chelpiński P., Yordanov A., Dobrowolska A., Rozwarski R., Ochmian I.: Jakość owoców pięciu odmian Persymony (*Diospyros kaki*). *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.*, 2013, **302** (25), 9-16.
- [5] Chen X.N., Fan J.F., Yue X., Wu X.R., Li L.T.: Radical scavenging activity and phenolic compounds in persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Mopan). *J. Food Sci.*, 2008, **73** (1), C24-C28.

- [6] Del Bubba M., Giordani E., Cincinelli A., Checchini L., Galvan P.: Nutraceutical properties and sugar contents in astringent persimmons during on-tree growth and ripening and in response to different postharvest treatments. *J. Food Comp. Anal.*, 2009, **22**, 668-677.
- [7] Eum H.L., Hwang D.K., Linke M., Lee S.K., Zude M.: Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Sapphire'). *Eur. Food Res. Technol.*, 2009, **229** (3), 427-434.
- [8] George A.P., Redpath S.: Health and medicinal benefits of persimmon fruit: A review. *Adv. Horticult. Sci.*, 2008, **22** (4), 255-260.
- [9] Giordani E., Doumet S., Nin S., Del Bubba M.: Selected primary and secondary metabolites in fresh persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.): A review of analytical methods and current knowledge of fruit composition and health benefits. *Food Res. Int.*, 2011, **44**, 1752-1767.
- [10] Hunterlab: Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L*a*b*. 2012, **AN 1005.00**, 1-4. (www.hunterlab.com/an-1005b.pdf).
- [11] Homnava A., Payne J., Koehler P., Eitenmiller R.: Provitamin A (α -carotene, β -carotene and β -cryptoxanthin) and ascorbic acid content of Japanese and American persimmons. *J. Food Qual.*, 1990, **13**, 85-95.
- [12] Jang I.C., Jo E.K., Bae M.S., Lee H.J., Jeon G.I., Park E., Yuk H.G., Ahn G.H., Lee S.C.: Antioxidant and antigenotoxic activities of different parts of persimmon (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) fruit. *J. Med. Plants Res.*, 2010, **4** (2), 155-160.
- [13] Mangarova M.: Chemical contents of persimmon fruits (*Diospyros kaki*), grown in the conditions of the southern black sea region. *Plant Sci.*, 2005, **42**, 443-445.
- [14] Ochmian, I., Dobrowolska, A., Strzelecki, R., & Kozos, K.: Porównanie jakości owoców trzech odmian porzeczki czarnej (*Ribes nigrum* L.) w zależności od ich wielkości. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 2013, **304** (26), 97-106.
- [15] Ochmian I.D., Grajkowski J., Smolik M.: Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2012, **40** (1), 253-260.
- [16] Oszmiański J., Wojdyło A.: *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur. Food Res. Tech.*, 2005, **221**, 809-813.
- [17] Park Y.S., Jung S.T., Kang S.G., Delgado-Licon E., Martinez Ayala A.L., Tapia M.S., Martín-Belloso O., Trakhtenberg S., Gorinstein S.: Drying of persimmons (*Diospyros kaki* L.) and the following changes in the studied bioactive compounds and the total radical scavenging activities. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2006, **39**, 748-755.
- [18] Plaza L., Colina C., De Ancos B., Sánchez-Moreno C., Cano M.P.: Influence of ripening and astringency on carotenoid content of high-pressure treated persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). *Food Chem.*, 2012, **130**, 591-597.
- [19] Rozporządzenie Komisji WE 2009, nr 152 z dnia 27 stycznia 2009 r. Metody pobierania próbek i dokonywania analiz do celów urzędowej kontroli pasz. Załącznik IV: A. Oznaczenie witaminy A; B. Oznaczenie witaminy E. *Dz. Urz. UE L 54 z 26.02.2009*
- [20] Rozporządzenie Komisji WE nr 1881 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych, *Dz. Urz. UE L 364/5 z 20.12.2006*
- [21] Salvador A., Arnal L., Monterde A., Cuquerella J.: Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. *Posthar. Biol. Technol.*, 2004, **33**, 285-291.
- [22] Ścibisz I., Kalisz S., Mitek M.: Termiczna degradacja antocyjanów owoców borówki wysokiej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **72** (5), 56-66.
- [23] Seifert B., Zude M., Spinelli L., Torricelli A.: Optical properties of developing pip and stone fruit reveal underlying structural changes. *Physiologia Plantarum*, 2015, **153** (2), 327-336.
- [24] Singleton V., Rossi J.: Colorimetry of total phenolics with phospho-molybdic-phosphotungstic acid reagent. *Am. J. Enol. Viticult.*, 1965, **16**, 144-158.

- [25] Suzuki T., Someya S., Hu F., Tanokura M.: Comparative study of catechin compositions in five Japanese persimmons (*Diospyros kaki*). Food Chem., 2005, **93**, 149-152.
- [26] Veberic R., Jurhar J., Mikulic-Petkovsek M., Stampar F., Schmitzer V.: Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). Food Chem., 2010, **119**, 477-483.
- [27] Yokozawa T., Kim Y.A., Kim H.Y., Lee Y.A., Nonaka G.: Protective effect of persimmon peel polyphenol against high glucose-induced oxidative stress in LLC-PK₁ cells. Food Chem. Toxicol., 2007, **45**, 1979-1987.
- [28] Yonemori K., Yamada M., Sugiura A.: Persimmon genetics and breeding. Plant Breeding Rev., 2000, **19**, 191-225.
- [29] Zude M.: Comparison of indices and multivariate models to non-destructively predict the fruit chlorophyll by means of visible spectrometry in apple fruit. Anal. Chim. Acta, 2003, **481**, 119-126.
- [30] Zude M., Sasse J., Schallnus H.: Non-invasive sensing of fruit development in banana and papaya by means of a spectroscopic approach. International Symposium Postharvest Pacifica 2009-Pathways to Quality: V International Symposium on Managing Quality in 880, 2009, November, pp. 277-281.

EFFECT OF STORING PERSIMMON (*DIOSPYROS KAKI*) FRUITS UNDER SHELF LIFE CONDITIONS ON SELECTED PHYSICAL PARAMETERS AND CHEMICAL COMPOSITION

Summary

Under the research study, the changes were determined in the quality of persimmon (*Diospyros kaki*) fruits stored under the *shelf life* conditions. The following physical parameters were determined: colour, firmness, vegetation index (NDVI), anthocyanins index (NAI), and chemical composition. Also, there were determined the correlations between the selected indices so as to develop rapid methods for assessing the quality of fruits. The research was conducted at the West Pomeranian University of Technology in Szczecin and at the Research Station of the Agricultural University in Plovdiv, Bulgaria, where the fruits of five persimmon cultivars: 'Sharon', 'Moro', 'Jiro', 'Kaki Tipo', and 'Hyakume' came from.

The cultivars were characterized by a varied chemical composition and a variable response to storage. During storage, the fruits became darker (the value of L* parameter decreased from 58.2 to 39.8) and redder (the value of a* parameter increased from 16.8 to 35.0). The firmness of the fruits decreased as did their resistance to mechanical damage. After 6 days of storage, a considerable acceleration was reported of changes in the indices, which characterized the ripening of fruits. The fruits of the 'Kaki Tipo' cultivar were the firmest and, at the same time, the most resistant to mechanical damage after the whole storage period. The persimmon fruits of 'Sharon' cv. were characterized by good quality parameters and they contained: polyphenols: 308 mg GAE kg⁻¹; L-ascorbic acid: 105 mg kg⁻¹; total acids: 7.84 g kg⁻¹; provitamin A: 0.86 mg·kg⁻¹; and vitamin E: 38.1 mg·kg⁻¹. During storage the acidity level and the content of L-ascorbic acid decreased in the fruits, whereas the content of vitamin E increased. The firmness (r = -0.82) and the colour of fruits (r = -0.82) turned out to be significantly (p=0.05) correlated with the NDVI vegetation index. A significant (p=0.05) correlation was also reported between the anthocyanic index (NAI) and the content of polyphenols, both at the beginning (r = 0.92) and at the end (r = 0.93) of the storage period. The correlations found confirm the possibility to use non-destructive methods for the assessment of the quality of persimmon fruits.

Key words: persimmon (*Diospyros kaki*), fruits, firmness, colour, vitamins, polyphenols, NDVI, NAI 