

Monika
Mieszczakowska-
-Frąc

Dorota
Kruczyńska

Skład polifenolowy owoców pigwy

DOI 10.15199/65.2017.12.???

Pigwa (*Cydonia oblonga* Miller) należy do rodziny różowatych (*Rosaceae*) i jest jednym z najstarszych gatunków owocowych uprawianych na świecie. Największymi producentami pigwy są: Turcja, Chiny, Iran, Argentyna, Maroko i Rumunia. Tradycja uprawy pigwy jest także w Bułgarii i na Węgrzech oraz u naszych wschodnich sąsiadów. W Polsce uprawia się ją na niewielką skalę, sadząc zarówno odmiany dawne (Vranja, Konstantynopeler), jak i pochodzące ze współczesnej hodowli.

Cytrynowożółte, duże owoce pigwy przypominają kształtem jabłka lub gruszki i dojrzewają od początku września do listopada [8]. Cechą charakterystyczną owoców pigwy jest pokrycie związków bardzo gęstym, wojłokowym omszeniem (tzw. kutner), które ściera się w trakcie dojrzewania. Ze względu na mało soczysty i bardzo twardy miąższ (z komórkami kamiennymi jak u gruszek) oraz cierpki smak nie nadaje się do spożycia w stanie świeżym. Niemniej jednak ze względu na dużą zawartość substancji lotnych [14] i wolnych aminokwasów [11] pigwa jest bardzo aromatyczna i dzięki temu chętnie przetwarzana jest na dżemy, syropy i nalewki w warunkach domowych.

Zarówno nasiona, skórka, jak i liście pigwy wykazują właściwości antybakteryjne, bakteriostatyczne i przeciwgrzybicze. Wiele badań [5, 10] potwierdza również lecznicze właściwości tych owoców, np. redukcję stanu zapalnego, prewencyjne działanie w chorobach układu krążenia i nowotworowych, przeciwdziałanie anemii i niedokrwistości, regulację zaburzeń jelitowo-żołądkowych. A wszystko to pigwa zawdzięcza dużej zawartości mikroelementów, pektyn, olejków zapachowych, a przede wszystkim związkom fenolowym i ich dużej różnorodności [2].

W Polsce dotychczas owoce pigwy nie znalazły uznania w przetwórstwie przemysłowym. Jedną z przyczyn jest wciąż niedostateczna wiedza o faktycznym potencjale prozdrowotnym owoców. Przykładowo za wadę pigwy, jako surowca do przetwórstwa, uznaje się jej tendencję do szybkiego ciemnienia po przekrojeniu czy rozdrobnieniu [16], podczas gdy właśnie ta cecha jest związana m.in. z wysoką zawartością związków polifenolowych.

Według Wojdyło [16] w owocach pigwy zidentyfikowano wiele związków fenolowych zarówno w miąższu, skórce, jak i nasionach. Jednak ciągle jest mało informacji o proantocyjanidynach, które są bardzo ważną grupę związków fenolowych. To im przypisuje się m.in. korzystne efekty fizjologiczne i biologiczne przy diecie bogatej w warzywa i owoce [1, 12]. Z tego względu w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach podjęto badania, których celem było porównanie składu polifenolowego owoców dziesięciu odmian pigwy, z uwzględnieniem analizy proantocyjanidyn i określenia stopnia ich polimeryzacji. Dodatkowym aspektem było wyznaczenie aktywności przeciwutleniającej badanych odmian.

SŁOWA KLUCZOWE:

pigwa, związki bioaktywne, aktywność przeciwutleniająca, procyjanidyny

KEY WORDS:

quince, bioactive compounds, antioxidant activity, proanthocyanidins

STRESZCZENIE:

Artykuł przedstawia skład polifenolowy owoców dziesięciu odmian pigwy oraz ich właściwości przeciwutleniające. W owocach oznaczono zawartość podstawowych grup polifenoli: fawan-3-oli, kwasów fenolowych oraz flawonoli z zastosowaniem metody wysokosprawnej chromatografii cieczowej. Dominującymi związkami we wszystkich odmianach pigwy były polimery procyjanidyn (2299-4426 mg/kg) o stopniu polimeryzacji 13,9-23,6. Zawartość kwasu neochlorogenowego wynosiła 281-718 mg/kg, kwasu

chlorogenowego zaś 175-509 mg/kg. Potwierdzono, że owoce pigwy charakteryzują się dużą zdolnością zmiatania wolnych rodników, która jest silnie dodatnio skorelowana z sumą związków fenolowych. Obliczono współczynnik korelacji pomiędzy aktywnością przeciwutleniającą a zawartością kwasu neochlorogenowego, który wynosił $R2 = 0,8394$, a procyjanidynami ($R2 = 0,7056$). Spośród badanych odmian pigwy najwyższą zawartość związków fenolowych miały odmiany Cesar, Ronda, Vranja i Marija.

SUMMARY:

The objective of the study was to determine the polyphenolic composition of ten quince cultivars and to determine their antioxidant activities. In fruits, the content of basic polyphenol groups: favan-3-ols, phenolic acids and flavonols were determined by high performance liquid chromatography. Predominant compounds in all varieties of quinces were polymeric procyjanidins (2299-4426 mg/kg) with a degree of polymerization of 13.9-23.6. The content of neochlorogenic acid was 281-718 mg/kg and chlorogenic acid 175-509 mg/kg. It was confirmed

that quince have a high ability to scavenge free radicals, which is strongly correlated with the content of total phenolic compounds. The coefficient of correlation between antioxidant activity and neochlorogenic acid content was calculated as $R2 = 0.8394$ and procyjanidins ($R2 = 0.7056$). Among the studied varieties of quince the highest content of phenolic compounds have the following varieties: Cesar, Ronda, Vranja and Marija.

TITLE:

Phenolic Composition of Quince

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły owoce dziesięciu odmian pigwy: Wołogradzkaja Aromatnaja, Cesar, Kaszczenko, Pigwa z Mołdawii, Lescovac, Akademiceskaja, Marija, Konstantynopeler, Ronda i Vranja. Owoce pochodziły z gospodarstwa szkółkarskiego w Skierniewicach, zebrane w sezonie 2015 r. W celu otrzymania jednorodnej próbki analitycznej, owoce pigwy zostały rozdrobnione w stanie zamrożonym w malakserze z użyciem suchego lodu. Z owoców każdej odmiany przygotowano dwie próbki stanowiące powtórzenia.

Zawartość związków fenolowych oznaczano metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (system HPLC Agilent 1200, wyposażony w detektor DAD) wg [13]. Do rozdzielania związków fenolowych wykorzystano kolumnę Synergi 4 μ m Fusion-RP 80A (250x4,6 mm) firmy Phenomenex. Ekstrakcje związków fenolowych z owoców pigwy przeprowadzono z użyciem 70% metanolu z dodatkiem 1%



Owoce pigwy są bogate w związki fenolowe, a przede wszystkim spolimeryzowane proantocyjanidyny, kwas neochlorogenowy i kwas chlorogenowy.

kwasy askorbinowego, do ilościowego oznaczenia spolimeryzowanych proantocyjanidyn zastosowano zaś metodę katalizowanej kwasowej hydrolizy z nadmiarem floroglucynolu [4].

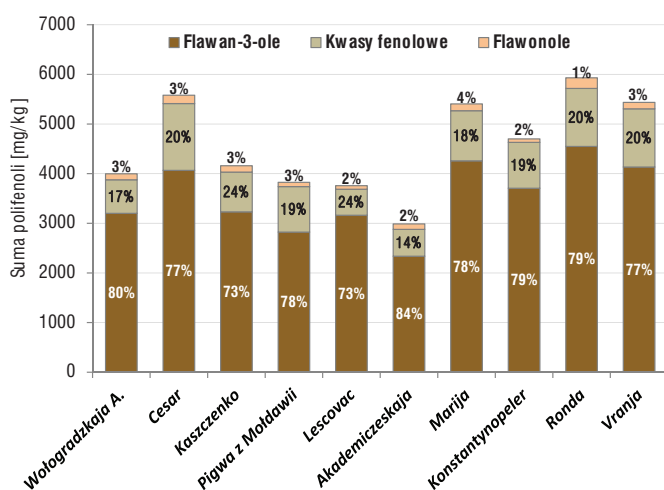
Aktywność przeciwutleniającą oznaczono wg metody z zastosowaniem kationu ABTS⁺ [7], a wyniki wyrażono w [mg Troloxu/g próbki]. Wyniki zostały poddane analizie statystycznej w programie Statistica 10.0, a do oceny różnic pomiędzy odmianami wykorzystano metodę analizy wariancji Fishera oraz test Tukey'a przy poziomie istotności 5%.

SKŁAD ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W OWOCACH PIGWY

W badanych odmianach pigwy potwierdzono występowanie trzech grup związków fenolowych: flawan-3-oli, kwasów fenolowych oraz flawonoli. Dominujące znaczenie miały flawan-3-ole, które w zależności od odmiany stanowiły od 73 do 84% całkowitej sumy związków fenolowych oznaczonych w owocach pigwy (rysunek 1). Uzyskane wyniki są zbliżone z danymi literaturowymi, wg których w owocach różnych odmian pigwy ta grupa związków fenolowych stanowi nawet 78-94% [17]. Kolejną grupą polifenoli były kwasy fenolowe, których udział wahał się od 14 do 24%. Wyniki wskazują, że w owocach pigwy najmniej znajdowało się flawonoli, których udział wynosił 2-4%, co znajduje potwierdzenie w literaturze [17]. Niektóre źródła podają, że dominującą grupą związków fenolowych w owocach pigwy są kwasy fenolowe [3, 6]. Takie twierdzenie jest wynikiem braku przeprowadzenia analizy zawartości spolimeryzowa-

Rys. 1. Zawartość całkowita związków fenolowych [mg/kg] oraz udział procentowy poszczególnych grup związków fenolowych obecnych w owocach dziesięciu odmianach pigwy

Fig. 1. Content of total phenolic compound [mg/kg] and percentage share of individual phenols classes of fruit of 10 quince cultivars



nych procyjanidyn, które są silnie związane ze ścianą komórkową [9] i prosta ekstrakcja nie umożliwia ich oznaczenia.

Z badań własnych wynika, że najwyższą zawartością fenoli charakteryzowały się odmiany: Ronda, Cesar, Vranja i Marija (rysunek 1), które zawierały od 5400 do 5930 mg fenoli/kg (tabela 4). Najuboższa w te związki była odmiana Akademickeskaja (2987 mg/kg), co – być może – jest związane z tym, że jest to najwcześniej dojrzewająca odmiana pigwy.

FLAWAN-3-OLE

W tej grupie aż 93-99% stanowiły polimery procyjanidyn, a ich stopień polimeryzacji (DP) wahał się od 13,9 do 23,6 (tabela 1). Najmniej spolimeryzowanych procyjanidyn zawierała odmiana Akademickeskaja (2299 mg/kg), jednak były to frakcje o najwyższym stopniu polimeryzacji DP = 23,6. Najczęściej spożywanym i przetwarzanym owocem w Polsce jest jabłko, które uznawane jest jednocześnie za doskonałe źródło prozdrowotnych procyjanidyn. Jednak, jak wiadomo z literatury, pigwa zawiera kilkakrotnie więcej wysoko spolimeryzowanych procyjanidyn niż jabłko [15]. Dlatego też uwzględnienie owoców pigwy w przetwórstwie owocowym mogłoby w znaczący sposób zwiększyć wartość odżywczą i prozdrowotną różnego rodzaju przetworów.

Tabela 1. Zawartość flawan-3-oli w owocach pigwy [mg/kg] oraz stopień polimeryzacji procyjanidyn [DP]

Table 1. Content of flavan-3-ols in quince fruit [mg/kg] and degree of polymerization of proanthocyanidins.

Odmiana	Procyjanidyna B1	Katechina	Procyjanidyna B2	Epikatechina	Procyjanidyna C1	Polimery procyjanidyn	Stopień polimeryzacji
Wołogradzkaja A.	17,3 ^c	13,1 ^c	62,1 ^{cd}	47,2 ^e	34,1 ^{de}	3027 ^b	13,9 ^a
Cesar	22,1 ^d	13,9 ^c	64,4 ^d	28,1 ^c	8,3 ^b	3929 ^{cd}	15,0 ^{ab}
Kaszczenko	15,6 ^c	10,0 ^{bc}	32,8 ^b	17,5 ^b	4,7 ^b	3149 ^{bc}	20,5 ^d
Pigwa z Mołdawii	18,3 ^{cd}	11,2 ^{bc}	52,9 ^c	25,8 ^e	5,3 ^b	2709 ^{ab}	17,7 ^c
Lescovac	9,7 ^b	9,9 ^b	14,3 ^a	4,6 ^a	1,9 ^{ab}	3123 ^{bc}	19,6 ^{cd}
Akademickeskaja	9,4 ^b	5,1 ^a	15,6 ^a	7,0 ^a	0,0 ^a	2299 ^a	23,6 ^e
Marija	4,8 ^a	6,1 ^{ab}	62,2 ^{cd}	33,0 ^d	36,1 ^e	4115 ^d	16,1 ^{ab}
Konstantynopeler	5,6 ^a	4,8 ^a	56,1 ^c	25,9 ^e	38,9 ^e	3575 ^c	16,9 ^{bc}
Ronda	4,5 ^a	6,0 ^{ab}	49,4 ^{bc}	35,3 ^d	28,4 ^{cd}	4426 ^e	17,6 ^c
Vranja	5,0 ^a	5,4 ^a	47,7 ^{bc}	25,1 ^c	26,8 ^e	4024 ^{cd}	17,3 ^{bc}

Objaśnienia: Średnie w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie $p < 0,05$ ($n = 2$).

Spośród flawan-3-oli zidentyfikowanych w badanych odmianach pigwy oznaczono także następujące oligomery procyjanidyn: B1 (4,5-22,1 mg/kg), B2 (14,3-64,4 mg/kg) i C1 (0-38,9 mg/kg) oraz monomery flawan-3-oli: katechina (4,8-13,9 mg/kg) i epikatechina (4,6-47,2 mg/kg). Najmniejszą zawartością oligomerów i monomerów flawan-3-oli charakteryzowały się odmiany Akademickeskaja i Lescovac, ponad czterokrotnie więcej zawierała zaś odmiana Wołogradzkaja Aromatnaja.

KWASY FENOLOWE

W badanych owocach odmian pigwy dominującym kwasem fenolowym był kwas neochlorogenowy, stanowiący średnio ponad 50% wszystkich związków tej grupy. Najwięcej kwasu neochlorogenowego zawierała odmiana Cesar (718 mg/kg), najmniej zaś odmiany Akademickeskaja i Lescovac (281 i 298 mg/kg) (tabela 2). Na drugim miejscu znalazł się kwas chlorogenowy, którego zawartość wahała się od 174 do 509 mg/kg. Zauważono, że dwie odmiany – Kaszczenko i Pigwa z Mołdawii – zawierały więcej kwasu chlorogenowego niż kwas neochlorogenowego, jak większość odmian. Natomiast u odmiany Marija za-

Tabela 2. Zawartość kwasów fenolowych w owocach pigwy [mg/kg]

Table 2. Content of phenolic acids in quince fruits [mg/kg]

Odmiana	Kwas neochloro- roge-nowy	Kwas krypto- chlorogenowy	Kwas chloro- genowy	Inne kwasy fenolowe
Wołogradzkaja A.	454,4 ^b	10,8 ^a	174,7 ^a	35,6 ^a
Cesar	717,9 ^e	20,3 ^d	453,5 ^{cd}	154,1 ^d
Kaszczenko	340,7 ^a	14,9 ^c	417,0 ^c	29,9 ^a
Pigwa z Mołdawii	336,5 ^a	14,6 ^c	509,5 ^d	57,3 ^b
Lescovac	298,4 ^a	10,9 ^a	179,0 ^a	35,8 ^a
Akademiczeskaja	281,1 ^a	12,0 ^{ab}	215,6 ^a	32,6 ^a
Marija	457,7 ^b	16,9 ^c	464,6 ^{cd}	70,7 ^{bc}
Konstantynopeler	536,9 ^c	19,9 ^d	295,6 ^b	71,4 ^{bc}
Ronda	652,3 ^{de}	25,0 ^e	408,6 ^c	81,4 ^c
Vranja	613,7 ^d	26,2 ^e	465,3 ^{cd}	66,3 ^b

Objaśnienia: Średnie w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie $p < 0,05$ ($n = 2$).

wartość tych dwóch kwasów była na zbliżonym poziomie. Trzecim kwasem fenolowym zidentyfikowanym w badanych odmianach był kwas kryptochlorogenowy, którego zawartość wynosiła 11-26 mg/kg. Ponadto analizowane odmiany pigwy zawierały dodatkowo jeszcze inne kwasy fenolowe, które nie zostały niezidentyfikowane, a występowały w znaczących ilościach (30-154 mg/kg).

FLAWONOLE

W tej grupie związków fenolowych zidentyfikowano glikozydy kwercetyny oraz kemferolu (tabela 3). Galaktozyd kwercetyny był dominujący w tej grupie związków i stanowił aż 60-70%, a jego zawartość była bardzo zróżnicowana w zależności od odmiany i wynosiła od (Konstantynopeler) do 129 mg/kg (Ronda). Ponadto zidentyfikowano rutozyd kwercetyny (9,8-15,9 mg/kg) oraz glukozyd kwercetyny (9,5-28,2 mg/kg). Glikozydy kemferolu zawierały najmniej flawonoli (2-17%) i były to rutozyd i glukozyd kemferolu. Wykazano statystycznie istotne różnice w zawartości flawonoli w zależności od odmiany – zawartość tych związków mieściła się w granicach od 70 (Lescovac) do 214 mg/kg (Ronda).

Tabela 3. Zawartość flawonoli w owocach dziesięciu odmian pigwy [mg/kg]

Table 3. Content of flavonols in fruits of 10 quince cultivars [mg/kg]

Odmiana	Rutozyd kwercetyny	Galaktozyd kwercetyny	Glukozyd kwercetyny	Rutozyd kemferolu	Glukozyd kemferolu
Wołogradzkaja A.	15,9 ^a	86,3 ^d	13,8 ^{ab}	4,1 ^{ab}	1,0 ^{ab}
Cesar	9,8 ^a	104,0 ^{de}	25,9 ^e	19,3 ^c	9,9 ^c
Kaszczenko	14,5 ^a	92,1 ^d	18,4 ^{cd}	1,5 ^a	0,5 ^a
Pigwa z Mołdawii	13,4 ^a	53,4 ^{ab}	12,3 ^{ab}	3,4 ^{ab}	1,7 ^{ab}
Lescovac	11,6 ^a	46,7 ^{ab}	9,5 ^a	1,6 ^a	0,9 ^{ab}
Akademiczeskaja	12,4 ^a	67,5 ^{bc}	19,4 ^{cd}	5,6 ^b	4,4 ^b
Marija	13,5 ^a	85,7 ^d	28,2 ^e	5,5 ^b	4,0 ^b
Konstantynopeler	10,7 ^a	41,4 ^a	15,1 ^{bc}	1,7 ^a	1,2 ^{ab}
Ronda	14,9 ^a	128,8 ^e	55,4 ^f	5,8 ^b	9,0 ^c
Vranja	11,1 ^a	77,8 ^{cd}	24,1 ^{de}	6,0 ^b	11,6 ^c

Objaśnienia: Średnie w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie $p < 0,05$ ($n = 2$).

AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCA

W tabeli 4 przedstawiono właściwości przeciwutleniające owoców pigwy oznaczone metodą ABTS⁺, a także jej korelację z sumą związków fenolowych oraz dwóch związków, których zawartość była najwyższa: procyanidyn oraz kwasu neochlorogenowego. Najniższą aktywność przeciwutleniającą stwierdzono u odmiany Akademiczeskaja (3,13 mg Troloxu/g), która jednocześnie charakteryzowała się najniższą zawartością związków fenolowych. Natomiast największą zdolność zmiatania wolnych rodników wykazały odmiany Cesar (7,42 mg Troloxu/g) oraz Ronda (7,20 mg Troloxu/g).

Analiza statystyczna wykazała wysoce dodatnią korelację między aktywnością przeciwutleniającą a sumą związków fenolowych ($R^2 = 0,7655$). Jednak to nie odmiana Ronda, zawierająca najwyższe stężenie związków fenolowych, miała najwyższą zdolność antyutleniającą, a odmiana Cesar, która charakteryzowała się największą zawartością kwasu neochlorogenowego. Związek ten natomiast wykazał bardzo wysoką korelację z aktywnością przeciwutleniającą ($R^2 = 0,8394$), więc to on jest w największym stopniu odpowie-

Tabela 4. Suma fenoli oraz aktywność przeciwutleniająca dziesięciu odmian pigwy i jej współczynnik korelacji do sumy fenoli, kwasu neochlorogenowego i polimerów procyanidyn

Table 4. Total phenols and antioxidant activity of 10 quince cultivars and its correlation coefficient (R^2) to the total phenolics, neochlorogenic acid and polymeric procyanidins

Odmiana	Suma fenoli [mg/kg]	Aktywność przeciwutleniająca [mg Trolox/g]	Współczynnik korelacji (R^2)		
			suma polifenoli	kwas neochloro- ge-nowy	procya- nidyny
Wołogradzkaja A.	3997 ^b	6,44 ^{cd}	0,7655	0,8394	0,7056
Cesar	5581 ^d	7,42 ^d			
Kaszczenko	4159 ^{bc}	5,39 ^b			
Pigwa z Mołdawii	3824 ^b	3,87 ^a			
Lescovac	3758 ^b	3,94 ^a			
Akademiczeskaja	2987 ^a	3,13 ^a			
Marija	5404 ^d	5,96 ^{bc}			
Konstantynopeler	4700 ^c	6,14 ^c			
Ronda	5930 ^e	7,20 ^d			
Vranja	5437 ^d	6,61 ^{cd}			

Objaśnienia: Średnie w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie $p < 0,05$ ($n = 2$).

dzialny za zdolność zmiatania wolnych rodników przez owoce pigwy. Procyanidyny również miały istotny wpływ na aktywność przeciwutleniającą, a korelacja między tymi parametrami wynosiła 0,7056 (R^2).

PODSUMOWANIE:

Owoce badanych odmian pigwy charakteryzowały się dużą zawartością związków bioaktywnych, a przede wszystkim związków z grupy flawan-3-oli, takich jak spolimeryzowane procyanidyny. Wysoką aktywność przeciwutleniającą owoce pigwy zawdzięczają przede wszystkim dużej zawartości kwasu neochlorogenowego, który wykazuje dużą zdolność zmiatania wolnych rodników. Spośród dziesięciu badanych odmian pigwy na szczególną uwagę zasługują odmiany Cesar, Ronda, Vranja i Marija, które charakteryzują się najwyższymi zawartościami fenoli ogółem. Ponadto odmiana Cesar zawierała najwięcej kwasu neochlorogenowego, a odmiany Ronda i Marija okazały się najbogatsze w spolimeryzowane procyanidyny. Spośród dziesięciu badanych odmian pigwy najwyższą aktywność przeciwutleniającą wykazały odmiany Cesar i Ronda.

Praca wykonana w ramach Programu Wieloletniego: „Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowa-

cyjności sektora ogrodniczego z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska naturalnego”, finansowanego przez MRiRW. Zadanie 1.4.

Dr inż. M. Mieszczakowska-Frać – Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Owoców i Warzyw, Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice; dr inż. D. Kruczyńska – Zakład Zasobów Genowych Roślin Ogrodniczych, Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice; e-mail: monika.mieszczakowska@inhort.pl

LITERATURA:

- [1] Aron Patricia, James Kennedy. 2008. „Flavan-3-ols: nature, occurrence and biological activity”. *Molecular Nutrition Food Research* 52 (1) : 70-104.
- [2] Essafi-Benkhadir Khadija, Amira Refaj, Ichrak Riahi, Sami C. Fattouch, Habib Karoui, Makram Essafi. 2012. „Quince (*Cydonia oblonga* Miller) peel polyphenols modulate LPS-induced inflammation in human THP-1-derived macrophages through NF-κB, p38MAPK and Akt inhibition”. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 418 (1) : 180-185.
- [3] Hamauzu Yasunori, Hisako Yasui, Takanori Inno, Chihiro Kume, Midori Omanyuda. 2005. „Phenolic profile, antioxidant property, and anti-influenza viral activity of Chinese quince (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.), quince (*Cydonia oblonga* Mill.), and apple (*Malus domestica* Mill.) fruits”. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53 (4) : 928-934.
- [4] Kennedy James, Graham Jones. 2001. „Analysis of proanthocyanidin cleavage products following acid-catalysis in the presence of excess phloroglucinol”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(4) : 1740-1746.
- [5] Khoubnasabjafari Maryam, Abolghasem Jouyban. 2011. „A review of phytochemistry and bioactivity of quince (*Cydonia oblonga* Mill.)”. *Journal of Medicinal Plants Research* 5 (16) : 3577-3594
- [6] Magalhães Ana, Silva Branca, Jose Pereira, Paula Andrade, Patricia Valentão, Márcia Carvalho. 2009. „Protective effect of quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit against oxidative hemolysis of human erythrocytes”. *Food and Chemical Toxicology* 47 (6) : 1372-1377.
- [7] Re Roberta, Nicoletta Pellegrini, Anna Proteggente, Ananth Pannala, Min Yang, Catherine Rice-Evans. 1999. „Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26 (9-10) : 1231-1237.
- [8] Rejman Aleksander. 1994. *Pigwa. W Pomologia – odmianoznawstwo roślin sadowniczych*, 662-663. Warszawa: PWRiL.
- [9] Renard Catherine, Aude Watrelot, Carine Le Bourvellec. 2017. „Interactions between polyphenols and polysaccharides: Mechanisms and consequences in food processing and digestion”. *Trends in Food Science and Technology* 60 : 43-51.
- [10] Sajid Sajid, Muhammad Zubair, Muhammad Waqas, Mohsin Nawaz, Zulfiqar Ahmad. 2015. „A review on quince (*Cydonia oblonga*): A useful medicinal plant”. *Global Veterinarian* 14 (4) : 517-524.
- [11] Silva Branca, Susana Casal, Paula Andrade, Rosa Seabra, Beatriz Oliveira, Margarida Ferreira. 2004. „Free Amino Acid composition of quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp and peel) and jam . *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52(5) : 1201-1206.
- [12] Slavin Joanne, Beate Liloyd. 2012. Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Advance in Nutrition* 3, 506-516.
- [13] Tsao Rong, Raymond Yang. 2003. „Optimization of a new mobile phase to know the complex and real polyphenolic composition: towards a total phenolic index using high-performance liquid chromatography”. *Journal of Chromatography A* 1018 (1) : 29-40.
- [14] Veličković Dragan, Mihailo Ristić, Nebojša Milosavljević, Dejan Davidović, Dragan Milenović, Ana Veličković. 2016. „Volatiles of quince fruit and leaf (*Cydonia oblonga* Mill.) from Serbia”. *Biological Nyssana* 7 (2) : 145-149.
- [15] Wojdyło Aneta. 2011. *Ocena możliwości zastosowania owoców pigwy pospolitej w produkcji przetworów o wysokiej zawartości polifenoli i aktywności przeciwutleniającej*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- [16] Wojdyło Aneta, Jan Oszmiański. 2010. „Owoce pigwy pospolitej – potencjalny surowiec dla przetwórstwa”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 9 : 22-24.
- [17] Wojdyło Aneta, Jan Oszmiański, Paweł Bielicki. 2013. „Polyphenolic composition, antioxidant activity, and polyphenols oxidase (PPO) activity of quince (*Cydonia oblonga* Miller) varieties”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61 (11) : 2762-2772.