

## CHEMICAL COMPOSITION, PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THREE VARIETIES OF APPLE FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING

### Summary

The aim of this paper was to compare chemical composition, including a content of phenolic compounds, and antioxidant activity of three varieties of apple: 'Topaz', 'Szampion', 'Pinova' from conventional and certified organic farming. There were determined dry matter, total soluble solids, total acidity, ascorbic acid in the fruit. In addition, there was determined a content of phenolic compounds by the high performance liquid chromatography method (HPLC), and antioxidant activity. Separate analysed chemical determinants were influenced not only by the fruit cultivation system, but also the studied variety. The study results show that ecological fruit comprised a higher level of soluble solids, total acidity, pectins. In organic fruit 'Topaz' i 'Szampion', opposite to 'Pinova' cultivars, possess Higher content of bioactive compounds, including phenolic compounds and ascorbic acid occurs in organic fruit 'Topaz' i 'Szampion', opposite to 'Pinova' cultivars. It was reflected in the antioxidant activity.

## ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH WYRÓŻNIKÓW CHEMICZNYCH W OWOCACH TRZECH ODMIAN JABŁONI Z UPRAWY EKOLOGICZNEJ I KONWENCJONALNEJ

### Streszczenie

Celem niniejszej pracy było porównanie składu chemicznego, w tym zawartości związków fenolowych i aktywności przeciwutleniającej trzech odmian owoców jabłoni pochodzących z uprawy konwencjonalnej i certyfikowanej uprawy ekologicznej. W owocach oznaczono suchą masę, ekstrakt ogółem, kwasowość ogólną oraz zawartość kwasu askorbinowego. Dodatkowo oznaczono zawartość związków fenolowych metodą chromatografii cieczowej (HPLC) i aktywność przeciwutleniającą. Na poszczególne analizowane wyróżniki chemiczne wpływ miał nie tylko system uprawy tych owoców, ale i badana odmiana. Wyniki badań wskazują, że owoce z produkcji ekologicznej charakteryzowały się wyższą zawartością ekstraktu ogólnego, kwasowością ogólną i pektyn. Natomiast owoce ekologiczne odmiany 'Topaz' i 'Szampion' w przeciwieństwie do odmiany 'Pinova' charakteryzowały się także wyższą zawartością związków biologicznie czynnych, w tym związków fenolowych i kwasu askorbinowego, czego efektem była wyższa aktywność przeciwutleniająca tych odmian.

### 1. Wstęp

Ostatnie lata przyniosły wzrost zainteresowania żywnością niosącą korzyści nie tylko zdrowotne, ale i środowiskowe związane z jej produkcją. Odpowiedzią na to zapotrzebowanie jest ekologiczny system gospodarowania, produkcji i przetwarzania żywności. Rolnictwo ekologiczne to system gospodarowania polegający na jak najmniejszej ingerencji w środowisko naturalne, ponieważ w systemie tym nie wolno używać środków chemii rolnej, tj. syntetycznych nawozów oraz środków ochrony roślin (pestycydów). W zamian szeroko stosowane są nawozy naturalne (obornik, kompost, nawozy zielone) oraz naturalne metody ochrony roślin (wyciągi roślinne). System ten sprawia, że rośliny istotnie zmieniają swój szlak syntezy związków biologicznie czynnych, aby samodzielnie zwalczać choroby i szkodniki [28].

Jedną z ważniejszych grup związków powstających jako metabolity wtórne w walce ze szkodnikami i chorobami są związki z grupy polifenoli. Liczne badania potwierdzają fakt, że owoce i warzywa z produkcji ekologicznej mogą zawierać więcej związków polifenolowych, ale również innych związków o charakterze przeciwutleniającym, jak witamina C [9, 16, 17]. Z badań epidemiologicznych wynika, że konsumpcja owoców i warzyw o wysokiej zawartości tych związków niesie dla organizmu ludzkiego istotne korzyści zdrowotne. Związki te biorą udział w unieczynnieniu wolnych rodników w organizmie, w prewencji i leczeniu

chronicznych chorób niezakaźnych, tj. chorób naczyniowo-więńcowych, czy nowotworowych. Oprócz tych korzyści istnieje pogląd, że owoce i warzywa z tego systemu charakteryzują się wyższą zawartością pozostałych wyróżników jakościowych, jakim jest zawartość suchej masy, kwasów organicznych, cukrów czy niższą zawartością azotanów (V) i azotanów (III). Produkty ekologiczne charakteryzują się lepszym smakiem i intensywniejszym zapachem.

Większość doniesień literaturowych potwierdza korzystny wpływ systemu uprawy ekologicznej na wartość odżywczą warzyw, w szczególności warzyw korzeniowych [16, 20] odmiennie niż dla owoców. W przypadku owoców badania nad wpływem ekologicznego systemu gospodarowania wciąż nie są jednoznaczne. Przykładem tego mogą być prace prowadzone przez Anttonen i Karjalainen [1], Kazimierczak i in. [20], Cayuela i in. [10], Wang i in. [34] nad porzeczkami, truskawkami, śliwkami czy borówką wysoką. Nieliczne jak dotąd badania dla jabłek [30, 35] nie pozwalają na jednoznaczne wnioski o wpływie systemu uprawy na jakość tych owoców. Rembiałkowska i in. [28] podają, że jabłka użyte do produkcji soków oraz kremogenów z produkcji ekologicznej stanowiły cenniejsze źródło związków fenolowych niż owoce z uprawy konwencjonalnej.

Jabłka w naszym społeczeństwie stanowią istotny składnik diety owocowo-warzywnej, ich spożycie sięga kilku kilogramów rocznie przypadające na jednego mieszkańca [24]. Jabłka zawierają około 2-3% błonnika, w tym połowę stanowi błon-

nik rozpuszczalny (pektyny), a zawartość kwasów i cukrów decyduje o atrakcyjności tych owoców. Kolejnymi substancjami odpowiedzialnymi za wartość biologiczną jabłek są związki polifenolowe. Na właściwości prozdrowotne jabłek wskazuje wiele badań epidemiologicznych związanych z obniżeniem poziomu frakcji LDL cholesterolu [26], w profilaktyce cukrzycy, chorobach nowotworowych [5].

Celem badań było określenie wpływu uprawy jabłoni metodą ekologiczną i konwencjonalną na jakość i zawartość w nich składników biologicznie czynnych.

## 2. Materiał i metody badawcze

Doświadczenie przeprowadzono na owocach trzech odmian jabłoni: 'Pinova', 'Szampion' i 'Topaz' zebranych w jesieni 2009 roku i pochodzących z uprawy ekologicznej oraz z uprawy konwencjonalnej, prowadzonej według zasad Integrowanej Produkcji Owoców (IPO). Wytypowane do badań odmiany jabłoni zalecane są do ekologicznej produkcji sadowniczej i charakteryzują się bądź całkowitą odpornością na parch jabłoni (odmiana 'Topaz') lub małą wrażliwością na tą chorobę (odmiany 'Pinova' i 'Szampion'). Owoce „ekologiczne” zebrano z drzew rosnących w Ekologicznym Sadzie Doświadczalnym Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa (ISK), zlokalizowanym w Nowym Dworze - Parceli, koło Skierniewic. Natomiast jabłka tych samych odmian, pochodzące z uprawy konwencjonalnej otrzymano z Sadu Doświadczalnego ISK w Dąbrowicach.

W owocach świeżych, w pełni dojrzałych, oznaczono zawartość następujących składników: suchą masę metodą wagową (PN-90/A-75101/03), ekstrakt (PN-90/A-75101/02), kwasowość ogólną (PN-90/A-75101/04), zawartość witaminy C metodą Tillmansa (PN-90/A-75101/11) oraz pektyn (PN-A-75113:1997). Zawartość związków fenolowych w tym flawanole i polimery procyjanidyn, kwasy fenolowe, flawonole oraz antocyjany oznaczono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej wg Oszmiański i in. [23 b]. Aktywność przeciwutleniającą badanych odmian wyznaczono metodą z użyciem kationorodnika ABTS wg Re et al. [27]. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z zastosowaniem wieloczynnikowej analizy wariancji testem Duncana na poziomie istotności  $p < 0,05$ , przy użyciu programu komputerowego Statistica 9.0 (StatSoft Inc.).

## 3. Wyniki i dyskusja

Otrzymane wyniki analizy składu chemicznego, tj. zawartości suchej masy, ekstraktu, kwasowości ogólnej, pektyn oraz

kwasu askorbinowego dla jabłek z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej przedstawiono w tab. 1.

Analiza statystyczna wyników wskazała na istotną zależność wartości badanych wyróżników chemicznych od systemu uprawy, za wyjątkiem suchej masy. W przypadku suchej masy zarówno w uprawie ekologicznej, jak i w konwencjonalnej uzyskano bardzo zbliżone wartości średnie, nieznacznie wyższe, aczkolwiek nieistotne ( $p < 0,05$ ) dla uprawy ekologicznej. Natomiast badana odmiana w sposób istotny determinowała zdolność do gromadzenia się suchej masy w owocach. Wśród badanych odmian ekologicznych i konwencjonalnych najwyższą zawartością suchej masy charakteryzowała się odmiana 'Pinova' > 'Topaz' ≥ 'Szampion'.

Zawartość ekstraktu ogólnego owoców z uprawy konwencjonalnej była statystycznie istotnie wyższa ( $p < 0,05$ ) pomimo, że różnice w wartościach średnich były nieznaczne. Największe różnice dla mierzzonego ekstraktu ogółem uzyskano pomiędzy ekologiczną i konwencjonalną odmianą 'Szampion' oraz 'Topaz'. Jednakże tylko ekologiczna odmiana 'Szampion' charakteryzowała się wyższą zawartością ekstraktu ogółem, niż jej konwencjonalny odpowiednik.

Zawartość kwasów organicznych w jabłkach była nie tylko istotną cechą odmianową, ale zależała także od systemu uprawy. Średnia kwasowość ogólna dla owoców konwencjonalnych była istotnie wyższa ( $p < 0,05$ ), niż dla owoców ekologicznych. Jabłka odmiany 'Szampion' charakteryzowały się najniższą kwasowością ogółem, natomiast wyższą odmiany 'Pinova' i 'Topaz'.

Odmiany jabłek z uprawy ekologicznej charakteryzowały się wyższą zawartością pektyn w porównaniu do badanych jabłek konwencjonalnych (tab. 1), co potwierdziła analiza statystyczna ( $p < 0,05$ ). Najwyższą zawartością pektyn odznaczały się ekologiczne jabłka odmiany 'Pinova' i 'Szampion'.

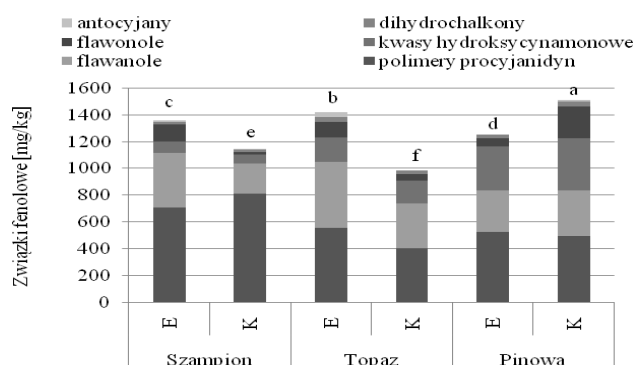
Średnia zawartość kwasu askorbinowego w badanych jabłkach z uprawy ekologicznej (9,79 mg/100 g) była wyższa niż z uprawy konwencjonalnej (8,79 mg/100g). Ekologiczne odmiany 'Szampion' i 'Topaz' charakteryzowały się wyższą zawartością witaminy C niż ich odpowiedniki z uprawy konwencjonalnej w przeciwieństwie do odmiany 'Pinova'. Ponadto najwyższe różnice w zawartości tej witaminy pomiędzy ekologicznym i konwencjonalnym systemem uprawy stwierdzono dla odmiany 'Szampion'. Owoce tej odmiany z systemu konwencjonalnego posiadały o 53% niższą zawartość kwasu askorbinowego w porównaniu do owoców z uprawy ekologicznej. Zawartość kwasu askorbinowego w badanych owocach jabłek jest cechą odmianową, co potwierdzono analizą statystyczną.

Tab. 1. Zawartość suchej masy, ekstraktu, kwasowości ogólnej, pektyn oraz kwasu askorbinowego w jabłkach z produkcji ekologicznej [E] i konwencjonalnej [K]

Table 1. The content of dry matter, soluble solids, total acidity, pectins, ascorbic acid in apple fruit from organic [E] and conventional [K] production

		Sucha masa [%]	Ekstrakt [%]	Kwasowość ogólna [mg kwasu jabłkowego /100g]	Pektyny [mg/100g]	Kwas askorbinowy [mg/100g]
'Szampion'	E	17,40±1,09c	14,3±1,02c	0,46±0,11f	1,86±0,15ab	8,98±0,32c
	K	13,75±1,06e	11,7±1,01e	0,54±0,13e	0,99±0,06c	4,78±0,12e
'Topaz'	E	16,04±1,11d	13,2±1,06d	1,09±0,11b	1,73±0,09b	14,24±1,21a
	K	18,18±1,23b	15,3±1,20b	1,24±0,09a	1,92±0,17ab	12,62±1,23b
'Pinova'	E	19,85±0,13a	15,3±1,03b	0,74±0,11d	2,19±0,08b	6,17±0,78d
	K	20,45±0,09a	16,1±0,06a	0,78±0,21c	1,78±0,02a	8,97±0,65c
Średnia-E		17,76A	14,27B	0,77B	1,93A	9,79A
Średnia-K		17,46A	14,37A	0,85A	1,56B	8,79B

Czynnikami, które istotnie ( $p < 0,05$ ) determinowały zawartość związków fenolowych w jabłkach była zarówno odmiana jak i sposób ich uprawy sadowniczej. Jabłka odmiany 'Pinova' odznaczały się wyższą zawartością związków fenolowych niż odmiany 'Szampion', ale i odmiany 'Topaz'. Średnia zawartość związków fenolowych dla jabłek z uprawy ekologicznej wynosiła 1343,76 mg/kg i była istotnie wyższa ( $p < 0,05$ ) od owoców tych odmian uzyskanych zgodnie z konwencjonalnym programem uprawy (1213,20 mg/kg). Jednakże nie wszystkie odmiany jabłek z uprawy ekologicznej charakteryzowały się wyższą zawartością związków fenolowych. Owoce odmiany 'Szampion' i 'Topaz' z uprawy ekologicznej zawierały odpowiednio o 16 i 30% więcej związków fenolowych w porównaniu do ich odpowiedników z uprawy konwencjonalnej. Natomiast w przypadku odmiany 'Pinova' owoce ekologiczne zawierały o 20% mniej tych związków w stosunku do owoców z systemu konwencjonalnego. Polifenole jabłek reprezentuje 5 klas związków. Dominującymi związkami są flawan-3-ole, w skład których wchodzi monomery, dimery i polimery (+)-katechiny i (-)-epikatechiny. Drugą grupą związków fenolowych pod względem wielkości stanowią kwasy hydroksycynamonowe, a dominuje kwas chlorogenowy. W mniejszych ilościach występują pochodne kwercetyny, antocyjany i dihydrochalkony.

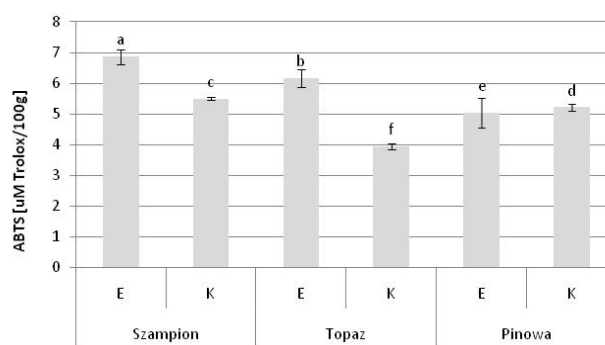


Rys. 1. Zawartość związków fenolowych [mg/kg] w jabłkach z produkcji ekologicznej (E) i konwencjonalnej (K)  
*Fig. 1. The content of phenolic compounds [mg/100 g] in apple fruit from organic [E] and conventional [K] production*

Odmiany jabłek 'Szampion' i 'Topaz' pochodzące z ekologicznego systemu uprawy odznaczały się istotnie wyższą zawartością monomerów i dimerów flawanoli, flawonoli i antocyjanów. W przypadku oznaczonych polimerów procyanidyn brak jest jakiegokolwiek tendencji gdyż zawartość tych związków w każdym badanym systemie i odmianie była odmienna. Rozpatrując zawartość związków fenolowych w aspekcie uprawy i jej wpływu na proces syntezy w owocach szczególną uwagę zwrócono na obecność antocyjanów i flawonoli, związków zlokalizowanych w zewnętrznych częściach owoców – skórce (rys. 1). Jabłka odmiany 'Szampion' i 'Topaz' z uprawy ekologicznej zawierały 126,45 i 115,33 mg/kg flawonoli oraz 13,22 i 37,35 mg/kg antocyjanów. W ich konwencjonalnych odpowiednikach oznaczono odpowiednio: 15,44 i 46,23 mg/kg flawonoli oraz 1,73 i 7,58 mg/kg antocyjanów. W przypadku odmiany 'Pinova' to te grupy związków zadecydowały, że owoce produkowane w systemie konwencjonalnym posiadały wyższą zawartość polifenoli, niż owoce z produkcji ekologicznej. Różnice pomiędzy ekologicznym a kon-

wencjonalnym sposobem uprawy w zawartości tych związków sięgały niemal 70%.

Analizę aktywności przeciwutleniającej wykonano metodą z użyciem kationorodnika ABTS. Uzyskane wyniki zaprezentowano na rys. 2. Średnie wartości aktywności przeciwutleniającej dla badanych owoców jabłek z uprawy ekologicznej wynosiły 6,18  $\mu\text{M}$  Trolox/100g i były istotnie wyższe od jabłek uprawianych zgodnie z wytycznymi uprawy konwencjonalnej (4,74  $\mu\text{M}$  Trolox/100g). Aktywność przeciwutleniająca była ściśle odwzorowaniem zawartości związków fenolowych w surowcu, gdyż ekologiczne odmiany 'Szampion' i 'Topaz' charakteryzowały się wyższą zdolnością do redukcji kationorodnika ABTS. W przypadku odmiany 'Pinova' oznaczona aktywność przeciwutleniająca była na porównywalnym poziomie (5,04-5,22  $\mu\text{M}$  Trolox/100g) pomiędzy systemami uprawy, chociaż różnice były statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ).



Rys. 2. Aktywność przeciwutleniająca jabłek z uprawy ekologicznej [E] i konwencjonalnej [K]

*Fig. 2. The antioxidant activity in apple fruit from organic [E] and conventional [K] production*

#### 4. Dyskusja

Owoce pozyskane z ekologicznego systemu gospodarowania odznaczały się istotnie wyższą zawartością ekstraktu ogólnego, kwasowości ogólną, pektyn i kwasu askorbinowego niż owoce konwencjonalne. Natomiast nie stwierdzono istotnego wpływu systemu uprawy na zawartość suchej masy, co jest porównywalne z innymi danymi literaturowymi [31] analizując wartość ekstraktu i kwasowości ogólnej dla jabłek nie stwierdzili istotnego wpływu systemu uprawy tych owoców na ich wielkość, suchą masę oraz ekstrakt ogólny. Natomiast prowadząc badania 3-letnie wskazali, że poszczególne lata zbioru istotnie determinowały te wartości. Z kolei Valavanidis i in. [32] podają, że greckie jabłka ekologiczne posiadały wyższą zawartość suchej masy, niż konwencjonalne. Natomiast Anttonen i Karjalainen [1] w badaniach nad składem chemicznym odmian czarnej porzeczki stwierdzili, że owoce z systemu ekologicznego charakteryzowały się bardzo wyrównanymi wartościami omawianych wyróżników, chociaż były one niższe, niż dla owoców z uprawy konwencjonalnej. Z kolei badania prowadzone przez Kazimierzczak i in. [20] również dla owoców porzeczki czarnej wskazują, że owoce pozyskane z uprawy ekologicznej niezależnie od odmiany charakteryzowały się wyższą zawartością suchej masy i witaminy C. Cayuela i in. [10] w badaniach prowadzonych nad truskawkami wykazali istotnie wyższą zawartość suchej masy, kwasowości ogólnej i cukrów w badanych owocach truskawek z uprawy ekologicznej w porównaniu do owoców konwencjonalnych.

Dane literaturowe podają, że jabłka zawierają ok. 5-30 mg/100 g witaminy C [30]. Czynnikiem determinującym za-

wartość witaminy C w owocach jest nie tylko odmiana, ale także system uprawy, co potwierdziła analiza statystyczna. Podobne wyniki uzyskali dla wybranych odmian czarnej porzeczki Anttonen i Karjalainen [1], dla truskawek Cayuela i in., [10] czy dla brzoskwiń Carbonaro i in., [8]. Odmienne zależności zaprezentował Lombardi-Boccia i in. [21] w badaniach dla śliwek. Różnice w zawartości kwasu askorbinowego w owocach ekologicznych i konwencjonalnych można wyjaśnić naturalną odpowiedzią roślin na czynniki zewnętrzne, m.in. dostęp światła czy nadmierne nawożenie. Stosując nadmierne nawożenie azotowe, które ma miejsce w rolnictwie konwencjonalnym, następuje wzmożony rozrost części zielonej rośliny, w konsekwencji prowadzący do bujnego przyrostu liści. Powoduje to efekt zacienienia owoców, przez co następuje zmniejszenie intensywności syntezy kwasu askorbinowego w owocach [25]. Efekt ten najprawdopodobniej obserwowano dla owoców odmiany 'Pinova'.

Jabłka, kolejno po owocach z rodziny jagodowych, uważane są za cenne źródło naturalnych związków biologicznie czynnych w tym polifenoli [6]. Vrhovsek i in. [39] podają, że zawartość związków fenolowych w jabłkach zależy od odmiany i wynosi od 662-2120 mg/kg. W niniejszej pracy w dwóch badanych przypadkach na trzy stwierdzono wyższą zawartość związków fenolowych w odmianach ekologicznych niż konwencjonalnych. Także Stacke i in. [33] podają, że jabłka odmiany Golden Delicious z uprawy ekologicznej zawierały od 14-19% więcej polifenoli, niż z uprawy konwencjonalnej, przy czym tendencja ta powtarzała się w poszczególnych latach. Zmiany dotyczyły głównie flawonoli, flawanoli i dihydrochalkonów oraz kwasu chlorogenowego. Wyniki w prezentowanych badaniach własnych są zgodne z rezultatami otrzymanymi przez Weibel i in. [37, 38]. Autorzy Ci wskazują na 23% wyższą zawartość związków fenolowych badanych jabłek z uprawy ekologicznej w porównaniu do uprawy konwencjonalnej. Odmienne wyniki dla jabłek uzyskali Briviba i in. [6] oraz Valavanidis i in. [32]. W przypadku innych owoców prowadzone badania wskazują na korzyści płynące z systemu uprawy ekologicznej [2] jak i nie potwierdzają istotnego wpływu systemu na kumulację metabolitów wtórnych w owocach [15, 18, 33].

Czynnikami, które decydują o zawartości związków biologicznie czynnych w owocach jest odmiana, warunki pogodowe, ekspozycja na światło, ale także zasobność gleby w związki organiczne i system uprawy [2]. Wyższą zawartość związków fenolowych w owocach uprawianych systemem ekologicznym można wyjaśnić teorią równowagi węgla do azotu podaną przez Bryanta i in. [7]. Zgodnie z tą teorią rośliny uprawiane według zasad systemu ekologicznego mając do dyspozycji mniej łatwo dostępnego węgla wytwarzają więcej cennych związków bioaktywnych, w tym związków fenolowych, niż rośliny w systemie konwencjonalnym. Dodatkowo ułatwiony pobór związków fosforowych z materii organicznej pozwala na dostarczenie potrzebnej energii do procesów syntezy tych związków [3, 11, 37].

Z punktu widzenia praktyki w uprawie roślin ekologicznych bardzo istotny jest dobór odmian, co można rozpatrywać w zakresie zawartości związków biologicznie czynnych, w tym flawonoli i antocyjanów. Flawonole i antocyjany są związkami występującymi w skórce owoców, a tym samym stanowią swoistą barierę i odpowiedź roślin na niekorzystne czynniki zewnętrzne. Wzmożona synteza flawonoli zachodzi pod wpływem zranienia, infekcji wirusowych i bakteryjnych [12]. Natomiast antocyjany są jednym z głównych czynników odpowiedzialnych za czerwo-

ny kolor i rumień owoców a dla konsumenta często bywają wyznacznikiem atrakcyjności owoców. Wzmożona synteza antocyjanów, która zależy od wielu środowiskowych i fizjologicznych czynników (rodzaj i odmiana owoców) następuje po wystawieniu rośliny na intensywne działanie promieni słonecznych [14]. Prawdopodobnie tą potwierdził w swoich badaniach Faller i in. [13], którzy analizowali zawartość związków fenolowych, m.in. w skórce jabłek. Skórka owoców z uprawy ekologicznej zawierała istotnie wyższą zawartość flawonoli i antocyjanów, niż owoców z uprawy konwencjonalnej. Dlatego też odmiany, które syntezują w większej ilości flawonole, ale także i antocyjany mogą być polecane do produkcji ekologicznej, gdyż są zdolne do tworzenia naturalnej bariery ochronnej przed atakiem patogenów przez wzmożoną syntezę związków fenolowych. Stąd też próba wyjaśnienia różnic w zawartości związków fenolowych odmiany 'Szampion' i 'Topaz' uprawianych w myśl zasady ekologicznej, ale także niższą zawartość tych związków w przypadku odmiany 'Pinova', może być tym faktem interpretowana. W przypadku owoców jagodowych badania Cayuela i in. [10] oraz Olsson i in. [22] również wskazują, że rośliny z uprawy ekologicznej syntetyzują więcej kwasu elagowego oraz pochodnych kwercetyny, związków odpowiedzialnych za ochronę rośliny przed atakiem patogenów wywołujących choroby wirusowe i mikrobiologiczne.

Wcześniejsze badania wykazały, że jabłka posiadają właściwości przeciwutleniające w niwelowaniu licznych rodników: ROO, O<sub>2</sub>, OH, ale i reaktywnych form tlenu (RTF): H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, <sup>1</sup>O<sub>2</sub> [35]. Dlatego też spożywanie owoców z uprawy ekologicznej, w tym jabłek, może przyczynić się do podwyższenia ochrony przeciwutleniającej organizmu człowieka przez profilaktyczne działanie prozdrowotne. Badania wskazują na ścisły związek pomiędzy zawartością związków biologicznie czynnych a aktywnością przeciwutleniającą, co potwierdzają niniejsze badania. W świetle tego wyższa zawartość składników biologicznie czynnych, jaką daje surowiec wyprodukowany zgodnie z zasadami uprawy ekologicznej odznacza się wyższą aktywnością przeciwutleniającą i wartościami odżywczymi [13, 36]. Wpływ i efekt uprawy ekologicznej i konwencjonalnej na aktywność przeciwutleniającą owoców jagodowych, w tym borówki amerykańskiej, badał Wang i in. [34]. Aktywność przeciwutleniająca wyznaczona testem ORAC była wyższa dla odmian ekologicznych, niż konwencjonalnych i silnie skorelowana z zawartością związków fenolowych, w tym antocyjanów.

## 5. Podsumowanie

Uzyskane wyniki badań wskazują, że nie tylko odmiana, ale i system uprawy ma ją także bezpośredni wpływ i związek z zawartością składników biologicznie aktywnych, jak i pozostałych wyróżników składu chemicznego. Generalnie, w jabłkach produkowanych zgodnie z wytycznymi systemu ekologicznego dla sadownictwa oznaczono wyższą zawartość kwasu askorbinowego, jak i polifenoli ogółem. Wzrost zawartości polifenoli ogółem, w tym flawonoli stwierdzono w odmianach 'Szampion' i 'Topaz'. Efektem wzrostu zawartości związków biologicznie czynnych była wyższa aktywność przeciwutleniająca owoców z upraw ekologicznych. Jednakże badania nad wpływem ekologicznego systemu uprawy sadowniczej i konwencjonalnej na jakość i zawartość związków fenolowych należałoby kontynuować w kolejnych

latach doświadczenia, aby dodatkowo wyeliminować czynniki niezależne w tym warunki pogodowe.

## 6. Literatura

- [1] Anttonen M.J., Karjalainen R.O.: 2006. High-performance liquid chromatography analysis of black currant (*Ribes nigrum* L.) fruit phenolics grown either conventionally or organically. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 54:7530-7538.
- [2] Asami, D. K., Hong, Y., Barrett D.M., Mitchell A.E.: 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 51:1237-1241.
- [3] Awad M.A., de Jager A., van Westing L.M.: 2000. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation. *Sci. Hort.* 83:249-263.
- [4] Barrett D.M., Weakley C., Diaz J.V., Watnik M.: 2007. Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. *Journal Food Science* 72:C441-C451.
- [5] Barth S.W., Fahndrich C., Bub A., Dietrich H., Watzl B., Will F., Briviba K., Reckemmer G.: 2005. Cloudy apple juices decreases DNA damage, hyperproliferation and aberrant krypt foci development in the distal colon of DMH-initiated rats. *Carcinogenesis* 26:1414-1421.
- [6] Briviba K., Stracke B., Rufer C.E., Waltz B., Weibel F.P., Bub A.: 2007. Effect of consumption of organically and conventionally produced Apple on antioxidant activity and DNA damage in humans. *J. Agric. Food Chem.*, 55:7716-7721.
- [7] Bryant J.P., Chapin III F.S., Klein D.R.: 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos*. 40:357-368.
- [8] Carbonaro M., Mattera M., Stefano N., Bergamo P., Cappelloni M.: 2002. Modulation of antioxidant compounds In organic vs conventional fruit (peach, *Prunus persica* L., and pear, *Prunus communis* L.). *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 50:5458-5462.
- [9] Caris-Veyrat C., Amiot M.J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mikolajczak M., Guillard J.-C., Bouteloup-Demange C., Borel P.: 2004. Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6503-6509.
- [10] Cayuela J.A., Videira J.M., Albi M.A., Gutiérrez F.: 1997. Influence of the ecological cultivation of strawberries (*Fragaria* × *Ananassa* Cv. Chandler) on the quality of the fruit and on their capacity for conservation. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 45:1736-1740.
- [11] Deell J.R., Pranger P.K.: 1993. Postharvest physiological disorders diseases and mineral concentration of organically and conventionally grown McIntosh and Cortland apples. *Can. J. Plant Sci.*, 73, 223-230.
- [12] Dixon R.A., Paiva N.L.: 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*, 7:1085-1097.
- [13] Faller A.L.K., Fialho E.: Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods, *Journal of Food Composition and Analysis* (2008), doi:10.1016/j.jfca.2010.01.003.
- [14] Grisebach H.: 1982. Biosynthesis of anthocyanins. In P. Markakis (Ed.), *Anthocyanins as food colors*. New York, NY: Academic Press, 47-67.
- [15] Hajslova J., Schulzova V., Slanina P., Janne K., Hellenas, K. E., Andersson C.H.: 2005. Quality of organically and conventionally grown potatoes: Four-year study of micronutrients, metals, secondary metabolites, enzymic browning and organoleptic properties. *Food Addit. Contaminations*, 22:514-534.
- [16] Hallmann E., Rembiałkowska E.: 2007a. Zawartość związków bioaktywnych w owocach papryki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywność Człowieka i Metabolizm*, XXXIV, 1/2, 538-543.
- [17] Hallmann E., Rembiałkowska E.: 2007b. Estimation of fruits quality of selected tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill) from organic and conventional cultivation with special consideration of bioactive compounds content. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 52(3), 55-60.
- [18] Häkkinen, S., Törrönen, A.R.: 2000. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: Influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Research International*, 33:517-524.
- [19] Juroszek P., Lumpkin H.M., Yang R., Ledesma D.R., Ma C.: 2009. Fruit quality and bioactive compounds with antioxidant activity of tomatoes grown on-farm: comparison of organic and conventional management systems. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 57:1188-1194.
- [20] Kazimierzczak R., Hallmann E., Rusaczek A., Rembiałkowska E.: 2008. Antioxidant content in black currants from organic and conventional cultivation. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities: Food Science and Technology*, 11/ 2.
- [21] Lombardi-Boccia G., Lucarini M., Lanzi S., Aguzzi A., Cappelloni M.: 2004. nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 52:90-94.
- [22] Olsson M.E., Gustavsson K., Andersson S., Nilsson Å., Duan R.: 2006. Inhibition of Cancer Cell Proliferation in Vitro by Fruit and Berry Extracts and Correlations with Antioxidant Levels. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 52:7264-7271.
- [23] Oszmiański J., Wojdyło A., Kolniak J.: Effect of enzymatic mash treatment on phenolic composition, antioxidant activity, and turbidity of cloudy apple juice. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 2009b, 57: 7078-7085.
- [24] Oszmiański J. Wojdyło A.: Effects of blackcurrant and apple pulp blended on phenolics, antioxidant capacity and colour of juices. *Journal of Czech Food Technology*, 2009 b, 27(5), 338-351.
- [25] Premuzic Z., Bargiela M., Garcia A., Rendina A., Iorio A., 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorus, and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. *Horticulture Science*, 33(2):255-257.
- [26] Raskin I., Ripoll C.: Can an apple a day keep the doctor away? *Current Pharmaceutical Design*, 2004, 3-1381-1392.
- [27] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical & Biology and Medicine*, 26(9/10):1231-1237.
- [28] Rembiałkowska E., Hallmann E., Adamczyk M., Lipowski J., Jasińska U., Owczarek L.: Wpływ procesów technologicznych na zawartość polifenoli ogółem oraz na potencjał przeciwutleniający przetworów (soku i kremogenu) uzyskanych z jablek pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, 1 (46) Supl., 121-126.
- [29] Sacchetti G., Cocci E., Pinnavaia G., Mastrocola D., Rosa M.D.: 2008. Influence of processing and storage on the antioxidant activity of apple derivatives. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 43:797-804.
- [30] Stracke B.A., Rufer C.E., Weibel F.P., Bub A., Watzl B.: 2009. Three-year comparison of the polyphenol contents and antioxidant capacities in organically and conventionally produced apples (*Malus domestica* Bork. cultivar 'Golden Delicious'). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57:4598-4605.
- [31] Tsao, R.; Yang, R.; Young, J. C.; Zhu, H. 2003. Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6347-6353.
- [32] Valavanidis A., Vlachogianni T., Psomas A., Zovoili A., Siatis V.: 2009. Polyphenolic profile and antioxidant activity of five apple cultivars grown under organic and conventional agricultural practices. *International Journal of Food Science & Technology* 44:1167-1175.
- [33] Vallad G. E., Goodman R. O.: 2004. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop. Science*, 44:1920-1934.
- [34] Wang S.Y., Chen C., Sciarappa W., Wang C.Y., Camp M.J.: 2008. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 56:5788-5794.
- [35] Wang, S. Y., Jiao, H.: 2000. Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 48:5677-5684.
- [36] Veberic R., Trobec M., Herbingier K., Hofer M., Grill D., Stampar F.: 2005. Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of organic and integrated production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85:1687 - 169
- [37] Weibel F.P., Bickel R., Leuthold S., Alfoldi T.: 2000. Are organically grown apples tastier and healthier? A comparative field study Rusing conventional and alternative methods to measure fruit quality. *Acta. Hort.*, 7:417-427.
- [38] Weibel, F. P.; Treutter, D.; Haseli, A.; Graf, U.: 2004b. Sensory and health-related quality of organic apples: a comparative field study over Tyree years using conventional and holistic methods to assess fruit quality. 11th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit Growing; LVWO: Weinsberg, Germany, 185-195.
- [39] Vrhovsek U., Rigo A., Tonon D., Mattimi F.: 2004. Quantification of phenolic in different apple varieties. *J. Agric. Food Chem.*, 52:6532-6538.

Badania wykonano w ramach projektu finansowanego RRre-029-22-2787/10 przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.