

Mgr inż. Elżbieta Beata FIJOŁ-ADACH<sup>1</sup>

Dr hab. Beata FELEDYN-SZEWCZYK<sup>1</sup>

Dr inż. Renata KAZIMIERCZAK<sup>2</sup>

Dr Jarosław STALENGA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy

<sup>2</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Zakład Żywności Ekologicznej

## WPŁYW SYSTEMU PRODUKCJI ROLNEJ NA WYSTĘPOWANIE SUBSTANCJI BIOAKTYWNYCH W OWOCACH TRUSKAWKI®

The influence of crop production system on the contents  
of bioactive substances in the strawberry fruits®

*Celem pracy przedstawionej w artykule jest charakterystyka substancji bioaktywnych występujących w owocach truskawki i omówienie wpływu czynników związanych z systemem produkcji rolnej na ich występowanie i zawartość. Truskawki są niezwykle cennym surowcem, zawierającym dużo witaminy C, kwasów fenolowych i flawonoidów, w tym głównie z grupy antocyjanów. Z przeglądu literatury wynika, że ekologiczny system produkcji sprzyja gromadzeniu większej ilości substancji bioaktywnych w porównaniu do systemu konwencjonalnego. Jednak na zawartość tych związków w owocach truskawki wpływa nie tylko system uprawy, ale także odmiana, stopień dojrzałości, warunki zbioru i przechowywania. Najnowsze wyniki badań wskazują, że owoce pochodzące z upraw ekologicznych należy polecać jako produkty o charakterze prozdrowotnym.*

*The aim of the article was to characterize of bioactive substances occurring in strawberry fruits and description of the impact of factors related to the agricultural production system on their presence and contents. Strawberries are an extremely valuable fruits that contains a lot of vitamin C, phenolic acids and flavonoids, mainly from the anthocyanins group. A review of the literature shows that the organic production system favors the synthesis of more bioactive substances in comparison to the conventional ones. However, the content of these compounds in the strawberry fruits affects not only the cultivation system but also the variety, degree of maturity, harvest and storage conditions. Based on the newest research results we can conclude that the fruit from organic farming should be recommended as pro-health products.*

### WSTĘP

Produkcja owoców jagodowych odgrywa ważną rolę w polskim ogrodnictwie. Powierzchnia upraw roślin jagodowych wynosi 133 tys. ha, co stanowi 31% powierzchni upraw owocowych. Produkcji tej sprzyjają korzystne warunki glebowe i klimatyczne oraz dostępność relatywnie taniej siły roboczej. Wielkie uprawy towarowe mogą napotykać barierę podaży siły roboczej. Jest to jedna z przyczyn zmniejszania się produkcji truskawek w Europie, co rodzi szanse dla krajowych producentów [34]. Owoce jagodowe są nietrwałe, co powoduje, że znaczną ich część przeznaczają na przetwórstwo.

Truskawki to cenne źródło kwasu L-askorbinowego (witaminy C) i związków polifenolowych. Odznaczają się one jedną z najwyższych aktywności przeciwutleniających wśród owoców [23]. Wykazują również aktywność antymikrobiologiczną, zwłaszcza w stosunku do bakterii z rodzajów *Salmonella* i *Staphylococcus* [45]. Najwyższą wartością odżywczą charakteryzują się owoce truskawek spożywane w postaci świeżej, gdyż procesy przetwórcze zwykle powodują jej obniżenie [11].

Większość owoców, w tym również truskawek, dostępnych na polskim rynku pochodzi z rolnictwa konwencjonalnego. Zgodnie z definicją rolnictwo konwencjonalne to sposób gospodarowania ukierunkowany na maksymalizację zysku uzyskanego dzięki dużej wydajności roślin i zwierząt, którą uzyskuje się w wyspecjalizowanych gospodarstwach, stosujących technologie produkcji oparte na dużym zużyciu przemysłowych środków produkcji [50]. Współcześnie funkcjonujące systemy rolnictwa [38, 66], aby zmniejszyć uciążliwość dla środowiska i zwiększyć bezpieczeństwo żywnościowe, powinny uwzględniać zasady zrównoważonej produkcji rolnej, w tym integrowanej ochrony roślin [13, 55]. Alternatywą dla intensywnego, przemysłowego rolnictwa konwencjonalnego jest integrowany system produkcji. Jeszcze bardziej przyjazny dla środowiska i zdrowia człowieka jest system ekologiczny, w którym nie stosuje się syntetycznych nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin [14]. Mimo dynamicznego rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce i Europie w ostatnich kilkunastu latach, ze względu na jego specyfikę i ograniczenia rozwoju, stanowi ono niewielki odsetek powierzchni użytkowanych rolniczo (średnio ok. 4% w Polsce i Europie) [13, 32].

Na wielkość produkcji i jakość owoców truskawki oddziałują czynniki pogodowe i agrotechniczne. Charakterystyczne dla polskiej produkcji jest rozdrobnienie upraw. Główna masa podaży owoców wytwarzana jest przez małe gospodarstwa, produkujące owoce o relatywnie niskiej jakości [28].

**Celem artykułu jest prezentacja wyników badań dotyczących wpływu stosowanego systemu produkcji rolnej (konwencjonalnego i ekologicznego) na zawartość związków bioaktywnych w owocach truskawki.**

## PRODUKCJA TRUSKAWEK NA ŚWIECIE I W POLSCE

Truskawka (*Fragaria x ananassa* Duchesne, inaczej *Fragaria grandiflora*) jest rośliną sadowniczą, która obok agrestu, maliny, poziomki, jeżyny, borówki, aronii oraz porzeczki, zalicza się do grupy roślin jagodowych, uprawianych sezonowo w naszej strefie klimatycznej [62].

W ostatnich trzydziestu latach obserwuje się szczególnie dynamiczny wzrost produkcji truskawki. W 2013 roku światowa produkcja tych owoców wyniosła 7,7 mln ton. Największym producentem są Stany Zjednoczone (1,4 mln ton w 2013 r.) oraz Turcja, Hiszpania, Egipt i Meksyk. W konsumpcji truskawek na świecie widoczne są dwa trendy: znaczne zwiększenie spożycia w stanie świeżym oraz zmniejszenie sezonowości konsumpcji. W Polsce podobne zjawisko nie jest zauważalne [9].

Towarowa produkcja truskawek w Polsce rozpoczęła się po II wojnie światowej. Obecnie, Polska jest jednym z czołowych producentów tych owoców w Europie, pozostając w tyle jedynie za Hiszpanią i Niemcami [9]. System uprawy truskawki w Polsce charakteryzuje się ekstensywnością, rozdrobnieniem produkcji oraz ukierunkowaniem na odmiany przemysłowe [19].

Owoce truskawki są cenione przez konsumentów ze względu na wartości odżywcze, walory smakowe oraz wizualne [60]. W Polsce w uprawie truskawek ciągle dominuje odmiana 'Senga Sengana', ale producenci i konsumenci poszukują odmian nowych, przede wszystkim deserowych, bardziej trwałych w obrocie handlowym oraz charakteryzujących się atrakcyjnym wyglądem, w tym dużych, kształtnych i o jasnoczerwonej barwie. Ważna jest również wysoka jędrność owoców i mniejsza podatność na gnicie [49, 52].

W latach 2010-2012 zbiory owoców jagodowych w Polsce wyniosły średnio 535 tys. ton i były wyższe w stosunku do średniej z lat 2001-2003 o 17%. Powierzchnia upraw jagodowych w tych latach wzrosła o 20% i osiągnęła 133 tys. ha. W strukturze produkcji owoców jagodowych w Polsce największą rolę odgrywają truskawki, porzeczki oraz maliny. W analizowanym okresie nastąpił wzrost zainteresowania produkcją malin, czego konsekwencją było zmniejszenie udziału truskawek w zbiorach owoców jagodowych z poziomu 38% w latach 2001-2003 do 29% w latach 2010-2012 [28].

W światowej produkcji owoców jagodowych największe znaczenie mają truskawki i w badanym okresie ich udział zwiększył się z 55% w latach 2001-2003 do 58% w latach 2010-2012. Powierzchnia upraw truskawek wynosiła w latach 2010-2012 32% światowych upraw jagodowych i była niższa o 3 p. p. niż w latach 2001-2003.

Udział Polski w światowych zbiorach truskawek wyniósł w latach 2010-2012 4%, co lokowało nasz kraj na 9 miejscu wśród producentów. Plony truskawek uzyskiwane w Polsce należą do najniższych na świecie i wynoszą 3-4 t/ha. Średnie światowe plony wzrosły w badanym okresie o prawie 40% – z 13,5 w latach 2001-2003 do 18,5 t/ha w latach 2010-2012, natomiast polskie pozostawały na niezmiennym poziomie. Niski poziom plonów w Polsce wynika z dominacji gospodarstw o małej skali produkcji w strukturze produkcji, które uprawiają te owoce ekstensywnie. Niska wydajność produkcji truskawek powoduje, że mimo największej na świecie powierzchni upraw tych owoców (45 tys. ha w latach 2010-2012), Polska nie odgrywa znaczącej pozycji w światowej podaży. Obecnie większość produkcji truskawek trafia do przetwórstwa (68%), głównie do produkcji mrożonek (ok. 63%) oraz soków zagęszczonych (ok. 25%) [28].

## WARTOŚĆ ODŻYWCZA I ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH W OWOCACH TRUSKAWKI

Do związków bioaktywnych zalicza się podstawowe składniki odżywcze lub związki nie odżywcze występujące naturalnie w surowcu lub w produkcie, które mogą wzmacniać, osłabiać lub modyfikować funkcje fizjologiczne i metaboliczne organizmu. Składniki odżywcze są związkami niezbędnymi do funkcjonowania organizmu. Po wchłonięciu przez organizm wykorzystywane są jako źródło energii, materiał budulcowy lub jako czynniki regulujące procesy życiowe. Związki nie odżywcze nie są substancjami niezbędnymi, natomiast wykazują istotny wpływ na funkcjonowanie organizmu [25].

Owoce truskawki są bogatym źródłem związków bioaktywnych, czyli składników odżywczych lub związków nie odżywczych występujących naturalnie w surowcu, które mogą modyfikować funkcje fizjologiczne i metaboliczne organizmu. Mimo niskiej wartości energetycznej dostarczają wielu składników (tab. 1). 100 gramów owoców truskawek dostarcza jedynie 32 kcal i aż 54 mg witaminy C. W drobnych pestkach pokrywających owoce znajdują się znaczne ilości błonnika pokarmowego, który korzystnie wpływa na perystaltykę jelit i zapobiega rozwojowi raka jelita grubego i odbytnicy. Zarówno świeże, jak i przetworzone truskawki są cennym źródłem folianów. Zawartość kwasu foliowego w owocach truskawki wynosi 20-25 µg/100g świeżej masy. 250 g truskawek może dostarczyć 30% dziennej zalecanej porcji folianów. Bogactwo składników mineralnych, zwłaszcza potasu, wapnia i magnezu działa odkwaszająco, a zawartość żelaza sprawia, że owoce truskawki mają również działanie krwiotwórcze i wzmacniające. Są bogate w mangan, który wpływa korzystnie m.in. na skórę i włosy. Porcja ośmiu, średniej wielkości truskawek dostarcza ponad 20% dziennego zalecanego spożycia tego pierwiastka. Ponadto, choć w mniejszym stopniu, są źródłem wielu innych witamin, takich jak tiamina, ryboflawina, niacyna, witamina B6, witamina K, witamina A oraz witamina E [18, 65].

Poza związkami o charakterze odżywczym truskawki są szczególnie cenione za wysoki poziom składników polifenolowych o udokumentowanych właściwościach prozdrowotnych. Odkryto w nich także substancje o właściwościach

biologicznych identycznych z melatoniną oraz czynnikiem aktywującym płytki krwi (PAF) [65]. W przeprowadzonych badaniach klinicznych wykazano wiele prozdrowotnych efektów związanych ze wzbogacaniem codziennej diety w truskawki. Należy podkreślić, że korzyści z regularnego spożywania truskawek mogą odnieść zarówno osoby zdrowe jak i osoby z zespołem metabolicznym, otyłością czy cukrzycą [65].

**Tabela 1. Zawartość wybranych składników w 100 g świeżej masy owoców truskawek [65]**

**Table 1. The content of selected compounds in strawberry fruits in 100 g of fresh matter [65]**

Zawartość suchej masy	10,7
Wartość energetyczna	32,0 kcal
Błonnik	2,0 g
Kwas L-askorbinowy	54,3 mg
Kwas jabłkowy	254,0 mg
Kwas cytrynowy	810,3 mg
Kwas foliowy	24 µg
Całkowita zawartość związków polifenolowych	264,0 mg
Całkowita zawartość antocyjanów	105,6 mg
Cyjanino-3-0-glukozyd	1,2 mg
Pelargonidyno-3-0-glukozyd	87,0 mg
Pelargonidyno-3-0-rutynozyd	2,5 mg
Cyjanidyno-3-0-(6"-malonyloglukozyd)	0,2 mg
Pelargonidyno-3-0-(6"-malonyloglukozyd)	13,8 mg
Kwas chlorogenowy i jego pochodne	0,28 mg
Kwas p-kumarowy i jego pochodne	5,11 mg
Kwas elagowy	19,0 mg
Glikozydy kwercetyny	4,16 mg
Glikozydy kempferolu	4,21 mg
(+) Katechina	2,5 mg
(-) Epikatechina	1,6 mg
Proantocyjanidyny	120,2 mg

**Źródło:** Badania własne

**Source:** The own study

**Związki polifenolowe** stanowią jedną z największych i najbardziej rozpowszechnionych grup zaliczanych do fitozwiązków. Występują one w owocach, warzywach oraz innych roślinach, pełniąc funkcję ochronną przed promieniowaniem ultrafioletowym czy wolnymi rodnikami tlenowymi [64].

Ocenia się, że polifenole w owocach truskawki występują w ilości około 20 mg/g suchej masy, przy czym największy udział w strukturze polifenoli mają anotocyjany oraz kwas elagowy i jego pochodne (glikozydy i ellagitanniny), które mogą stanowić od 35% do 40% ogólnej zawartości tych związków [40].

**Kwasy fenolowe** można podzielić w zależności od liczby atomów węgla w łańcuchu bocznym na kwasy benzoesowe, fenylooctowe i cynamonowe [15]. Fenolokwasy, szczególnie kwasy hydroksycynamonowe (kwas kawowy, chlorogenowy, o-, m-, p-kumarynowy, ferulowy, synapisowy) to

najliczniejsze kwasy fenolowe występujące w roślinach. Natomiast wśród najpowszechniejszych kwasów hydroksybenzoesowych wymienia się: kwas galusowy, p-hydroksybenzoesowy, protokatechowy, wanilinowy i syringowy [42]. W owocach truskawek najpowszechniejszymi kwasami fenolowymi są: kwas elagowy, chlorogenowy, galusowy, protokatechinowy, p-kumaronowy, ferulowy i kawowy [1, 10, 29]. Bioaktywne właściwości kwasów fenolowych wynikają przede wszystkim z ich zdolności przeciwutleniających. Najwyższym potencjałem antyoksydacyjnym charakteryzują się substancje o wyższej liczbie zestryfikowanych grup hydroksylowych. Stąd też kwas chlorogenowy i ferulowy wykazują lepszą zdolność do ochrony komórek przed uszkodzeniem spowodowanym działaniem nadtlenu azotu w porównaniu z kwasem p-, o-, m-kumarynowym. Wykazano również, że kwas ferulowy i w mniejszym stopniu kumarynowy hamują autooksydację lipidów, zapobiegając rozwojowi miażdżycy [15]. Kwasy fenolowe mają działanie przeciwnowotworowe [15, 29]. Potwierdzono, że kwasy chlorogenowy, elagowy, ferulowy i galusowy hamują rozwój karcenogenów poprzez metaboliczne przemiany pewnych substancji rakotwórczych [15]. Przeciwnowotworowe działanie kwasu elagowego jest rezultatem m.in. zdolności kwasu do hamowania prokarcenogennej drogi przekazywania sygnału, ochronnego działania względem DNA, właściwości przeciwmutagennych i ograniczających powstawanie mutacji oraz zmniejszenia peroksydacji lipidów [29]. Inne korzystne efekty zdrowotne to działanie przeciwzapalne (kwas chlorogenowy) i żółciopędne (ferulowy). Przeciwbakteryjnymi właściwościami cechuje się kwas p-kumarowy i p-hydroksybenzoesowy. Kwas galusowy działa antyseptyczne, ściągająco, przeciwopnie, a kwas elagowy – hemostatycznie [15]. Zawarte w owocach truskawki kwasy fenolowe mogą być wykorzystywane w dietoterapii miażdżycy. Wykazano, że krótkoterminowe podawanie zliofilizowanych truskawek istotnie wpłynęło na zmniejszenie peroksydacji lipidów oraz obniżyło stężenie cholesterolu całkowitego i frakcji LDL u osób cierpiących na zespół metaboliczny [3, 4] oraz spowodowało spadek stężenia cząsteczek adhezyjnych we krwi [5].

Kolejną grupą związków polifenolowych występujących w owocach truskawek są **flawonoidy**, które można podzielić na wiele podklas, w zależności od budowy łańcucha heterocyklicznego węgla. Wyróżnia się: flawanole (kwercetyna, mirycetyna, kempferol, rutyna), flawanony (hesperetyna), flawony (apigenina), fławonole (epikatechina, katechina), izoflawony (genisteina, daidzeniana) oraz antocyjany. Flawonoidy mogą występować w postaci aglikonów jako samodzielne związki lub jako glikozydy flawonoidowe, czyli jako związki z cukrami [37]. W owocach truskawek odnaleźć można znaczące ilości flawonoidów takich jak: kwercetyna, kempferol, katechina i proantocyjanidyny [41, 16]. Średnia zawartość katechiny, kempferolu i kwercetyny w owocach truskawki wynosi odpowiednio: 4,47 mg/100g, 0,79 mg/100g oraz 0,65 mg/100g produktu [16].

Wszystkie polifenole zawarte w warzywach i owocach odgrywają bardzo istotną rolę w dietoterapii miażdżycy [36, 17]. Ich rola polega na antyoksydacyjnym działaniu przeciwko wolnym rodnikom. Chronią one przed utlenieniem naczyń krwionośnych oraz znajdujące się we krwi cholesterol i lipidy. Związki te łagodzą stany zapalne wewnątrz naczyń krwionośnych oraz zapobiegają agregacji płytek krwi

[17]. Udowodniono, że codzienne wzbogacenie diety w owoce truskawek (454g/dzień) wpłynęło na zmniejszenie liczby uszkodzeń cholesterolu frakcji LDL oraz obniżenie stężenia frakcji LDL w stosunku do cholesterolu całkowitego przy długotrwałym spożyciu tych owoców [26]. Związki polifenolowe odgrywają istotną rolę w immunomodulacji. Hamują aktywność enzymów: oksydazy NADPH, oksydazy ksantynowej i mieloperoksydazy indukujących powstawanie reaktywnych form tlenu (RFT). Należące do flawonoidów kwercetyna i rutyna chronią kwas askorbinowy i alfa-tokoferol przed utlenieniem wpływając tym samym na ich stężenie. Warunkują także stabilizację kwasu L-askorbinowego i jego wchłanianie w przewodzie pokarmowym. Flawonole (kempferol, kwercetyna, mirycetyna) hamują aktywność lipooksygenazy. Podobne, lecz słabsze działanie wykazują flawony [43]. Wykazano również, że spożywanie owoców bogatych we flawonoidy może zmniejszać zapadalność na zwyrodnienie plamki żółtej (AMD) oraz wpływa na poprawę widzenia po zmierzchu [57].

Grupą związków o bardzo dużym znaczeniu są należące do flawonoidów **antocyjany**. Najbardziej rozpowszechnionymi antocyjanami roślinnymi są: cyjanidyna, pelargonidyna, delfinidyna, peonidyna, malwidyna, petunidyna [44]. W owocach truskawek występują głównie pelargonidyna, cyjanidyna i delfinidyna [41, 16]. Odpowiadają one za czerwoną barwę dojrzałych owoców truskawki [2, 44]. Średnia ich zawartość w tych owocach mieści się w zakresie 15-35 mg/100g produktu [51]. Warto podkreślić, że truskawki stanowią bogate źródło antocyjanów w diecie ze względu na duże ich spożycie przez konsumentów. Istnieją dowody naukowe wskazujące na wyższą zawartość antocyjanów w truskawkach uprawianych metodami ekologicznymi w porównaniu do owoców z upraw konwencjonalnych [12].

Owoce truskawek są także doskonałym źródłem kwasu L-askorbinowego (**witaminę C**), który jest  $\gamma$ -laktone kwasu 2,3-dehydro-L-gulonowego zwanego też kwasem L-treohexo-2-enowym [40]. Zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki jest wysoka i waha się w granicach od 35 mg/100 g do 104 mg/100 g [20]. W Polsce, ze względu na nawyki żywieniowe głównym źródłem witaminy C są ziemniaki i kapusta [40]. Dla człowieka witamina C jest związkiem egzogennym, który musi być dostarczany wraz z dietą [20]. Minimalny poziom dziennego zapotrzebowania na tą witaminę dla osoby dorosłej wynosi 1mg na 1 kg masy ciała (średnio 60 mg) i jest wyższe dla kobiet w ciąży i karmiących (1,5 mg na każdy 1 kg masy ciała), dla osób przewlekle chorych (diabetyków, palących papierosy, cierpiących na nadciśnienie tętnicze) oraz w stanach stresu. Aby pokryć codzienne zapotrzebowanie na witaminę C należy spożyć około 100 g owoców truskawki [33]. Witamina C pełni bardzo istotne funkcje w organizmie człowieka. Bierze m.in. udział w detoksykacji dymu tytoniowego, ozonu i dwutlenku węgla. Przeciwdziała peroksydacji lipidów i pomaga regenerować witaminę E. Pełni rolę ochronną fotoreceptorów przed szkodliwym działaniem światła [40]. Kwas L-askorbinowy może zapobiegać powstawaniu stresu oksydacyjnego, który przyczynia się do chorób przewlekłych takich jak: choroba nowotworowa, nadciśnienie tętnicze, udary, schorzenia układu sercowo-naczyniowego, choroby neurodegradacyjne i cukrzyca [33]. Kwas L-askorbinowy jest ważnym przeciwutleniaczem, który chroni struktury komórkowe i inne antyoksydanty

przed działaniem wolnych rodników. Związek ten podawany w dużych dawkach może wywierać korzystny efekt w miażdżycy oraz innych chorobach przewlekłych (hipercholesterolemia, cukrzyca, nadciśnienie) na drodze odwracania dysfunkcji śródbłonna. Wykazano, że protekcyjne działanie witaminy C na śródbłonek polega na usuwaniu anionorodnika ponadtlenkowego (jedna z RFT), uwalnianiu tlenu azotu (czynnika m.in. regulującego napięcie naczyń krwionośnych), hamowaniu utleniania cholesterolu LDL i ochronie śródbłonna przed działaniem oxLDL [59]. Badania wskazują również, że regularne spożywanie truskawek może poprawiać potencjał antyoksydacyjny osocza i zwiększać odporność hemolityczną erytrocytów [54]. Poleca się, aby w diecie znalazły się truskawki pochodzące z upraw ekologicznych, ponieważ zawierają one więcej witaminy C w porównaniu do owoców pochodzących z gospodarstw stosujących konwencjonalny sposób uprawy [47, 12].

## SYSTEM PRODUKCJI ROLNEJ A ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH W PRODUKTACH ROŚLINNYCH

Obecnie wśród konsumentów obserwuje się zwiększone zainteresowanie żywnością wyprodukowaną w sposób naturalny, bez użycia środków chemii rolnej, czego efektem jest intensywny rozwój rolnictwa ekologicznego [32]. Jego głównym celem jest dbałość o środowisko, utrzymanie odpowiedniej żyzności gleby i wytwarzanie żywności o wysokiej jakości. Płody rolne są produkowane i przetwarzane metodami, które nie powodują zanieczyszczenia surowców, utraty ich wartości odżywczej oraz właściwości zdrowotnych [58]. Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa w rolnictwie ekologicznym niedozwolone jest stosowanie syntetycznych nawozów i pestycydów [14]. Wykorzystywane są natomiast naturalne nawozy, takie jak obornik, kompost i nawozy zielone oraz naturalne metody ochrony roślin z wykorzystaniem m.in. naturalnych wrogów patogenów i pułapek feromonowych [46].

Jakość surowców roślinnych z produkcji ekologicznej jest stosunkowo nowym zagadnieniem badawczym na świecie, a szczególnie w Polsce. Najnowsze badania wskazują, że surowce roślinne z produkcji ekologicznej często zawierają więcej związków bioaktywnych, w tym także o charakterze antyoksydacyjnym, takich jak flawonoidy, kwasy fenolowe i witamina C. Z licznych badań wynika, że związki te mogą mieć pozytywny wpływ na zdrowie człowieka [8]. Autorzy badań zwracają uwagę, że synteza związków fenolowych w surowcach roślinnych zależy od formy i dawki nawożenia azotowego. Przy łatwym dostępie azotu obserwuje się szybki wzrost wegetatywny roślin, w których koncentracja polifenoli jest zwykle niższa. Różnice w rodzaju nawozów stosowanych w rolnictwie ekologicznym i konwencjonalnym doprowadziły do sformułowania dwóch teorii dla uzasadnienia zróżnicowanego składu surowców ekologicznych i konwencjonalnych, a mianowicie teorii bilansu węgla w stosunku do azotu (C/N) [11, 28] oraz hipotezy równowagi wzrostu i różnicowania (GDBH - Growth Differentiation Balance Hypothesis) [8, 24, 30]. Według teorii C/N w środowiskach ubogich w łatwo przyswajalny azot, czyli w systemie

ekologicznym, rośliny najpierw produkują związki, które nie zawierają azotu, takie jak proste i złożone cukry (glukoza, fruktoza, skrobia i celuloza) i metabolity wtórne (terpenoidy, związki fenolowe, niektóre pigmenty i witaminy). W środowiskach bogatych w łatwo przyswajalny azot, tj. w systemie konwencjonalnym, metabolizm roślin zmienia się w kierunku intensywnej produkcji związków zawierających azot, takich jak wolne aminokwasy, białka i alkaloidy. Według teorii GDBH rośliny w każdej sytuacji są w stanie oszacować dostępne zasoby składników mineralnych i optymalizować swój metabolizm w kierunku procesów, które prowadzą do wzrostu zawartości substancji organicznych lub różnicowania tkanek i substancji roślinnych. Gdy jest dużo azotu w glebie, wtedy dominuje kierunek wzrostu, natomiast gdy jest go mało, dominuje kierunek różnicowania. Termin różnicowanie obejmuje między innymi zwiększenie produkcji związków obronnych (metabolitów wtórnych) przez rośliny. Bazując na teorii GDBH, Lundegårdh i Martensson [31] wskazują, że rośliny z produkcji ekologicznej mogą mieć korzystniejszy wpływ na zdrowie w porównaniu do produktów konwencjonalnych. W produkcji ekologicznej rośliny uruchamiając swój naturalny system obronny przed chorobami i szkodnikami syntetyzują więcej związków polifenolowych, które pełnią w roślinach funkcje obronne ze względu na właściwości allelopatyczne (w stosunku do innych roślin) oraz mają charakter naturalnych insektycydów (w stosunku do szkodników atakujących rośliny), a jednocześnie są cennymi antyoksydantami o działaniu prozdrowotnym dla człowieka [61]. W glebie pod wpływem nawożenia organicznego następuje aktywacja mikroflory i fauny glebowej, co pomaga w absorpcji pewnych związków. Dzięki temu następuje zrównoważone pobieranie jonów, a to z kolei warunkuje korzystny skład surowców ekologicznych.

Badania naukowe wskazują, że żywność ekologiczna odznacza się lepszymi właściwościami prozdrowotnymi, wynikającymi z wyższej wartości odżywczej oraz niższego poziomu zanieczyszczeń, będących pozostałościami chemii rolnej, w porównaniu do żywności ogólnodostępnej na rynku, pochodzącej z gospodarstw konwencjonalnych. Liczne badania porównujące zawartość związków mineralnych w owocach i warzywach pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej wskazują na wyższą zawartość niektórych składników odżywczych, np. żelaza (w wiśniach, czarnych porzeczkach, szpinaku, i marchwi), magnezu (w kapuście włoskiej, marchwi i ziemniakach), fosforu (w ziemniakach, selerze, marchwi i kapuście włoskiej), potasu (w marchwi, ziemniakach, kapuście włoskiej) oraz wapnia (w ziemniakach, marchwi, kapuście włoskiej i szpinaku) [27]. Większą zawartością flawonoidów (o 19-60%) charakteryzowały się ekologiczne: cebula, kukurydza, pomidory, truskawki, porzeczka amerykańska oraz melisa w stosunku do surowców pochodzących z produkcji konwencjonalnej. Więcej związków fenolowych stwierdzono również w winie produkowanym z surowców ekologicznych [11]. Przegląd dokonany przez Benbrooka [2005] wykazał, że aż w 85% przeprowadzonych badań metody rolnictwa ekologicznego wpływały pozytywnie na wzrost zawartości antyoksydantów w żywności, średnio o 30% w porównaniu do metod stosowanych w rolnictwie konwencjonalnym [5].

## WPŁYW EKOLOGICZNEGO I KONWENCJONALNEGO SYSTEMU PRODUKCJI NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH W OWOCACH TRUSKAWKI

**Tabela 2.** Zawartość substancji odżywczych w truskawkach odmiany Elkat w zależności od systemu produkcji [47]

**Table 2.** The content of nutrients in strawberry fruits of Elkat cultivar depending on the production system [47]

System produkcji	Zawartość suchej masy (%)	Zawartość kwasu askorbinowego (mg/100g świeżej masy)	Zawartość żelaza (mg/100g świeżej masy)	Zawartość cukrów ogółem (g/100g świeżej masy)
Ekologiczny	19,19	123,00*	101,00*	3,98
Konwencjonalny	18,41	57,00	80,0	2,89

\* różnice statystycznie istotne

**Źródło:** Badania własne

**Source:** The own study

**Tabela 3.** Wybrane związki biologicznie czynne w owocach truskawki [22]

**Table 3.** Selected biologically active compounds in strawberry fruits [22]

Substancje biologicznie czynne (jednostka na g ś.m.)	Ekologiczne	Konwencjonalne
polifenole (mg kwasu galusowego)	1,37*	1,22
flawonoidy (absorbancja 325 nm)	15,6*	14,0
antocyjany (μmol)	350*	319

\* różnice statystycznie istotne

**Źródło:** Badania własne

**Source:** The own study

Według Hannum [23] zawartość związków fenolowych w owocach truskawki zależy od systemu uprawy, odmiany, stopnia dojrzałości, warunków zbioru oraz przechowywania. Badania Rochalskiej i in. [47] dotyczące wpływu systemu ekologicznego i konwencjonalnego na jakość owoców truskawki wykazały, że truskawki odmiany Elkat z produkcji ekologicznej cechowały się istotnie większą zawartością witaminy C (ponad 100%) i żelaza (26%), oraz tendencją do gromadzenia większej zawartości cukrów i suchej masy (tab. 2). Badania Wojdyło [56] na owocach truskawki odmiany Dukat potwierdziły wyższą zawartość suchej masy, ekstraktu i wyższą kwasowość ogółem w owocach z uprawy ekologicznej w porównaniu z owocami konwencjonalnymi. Jednocześnie owoce ekologiczne cechowały się wyższą

zawartością polifenoli, flawonoidów i antocyjanów w porównaniu do ich odpowiedników konwencjonalnych (tab. 3), co decydowało o ich większej aktywności przeciwutleniającej [22, 56, 60]. Podsumowując przytoczone wyniki badań można zatem stwierdzić, że stosowany system produkcji w uprawie krzewów truskawkowych wpływa na skład chemiczny owoców.

W badaniu Rochalskiej i in. [47] truskawki pochodzące z uprawy ekologicznej zawierały dwukrotnie więcej kwasu askorbinowego w porównaniu do ich odpowiedników z uprawy konwencjonalnej (123 mg/100g świeżej masy witaminy C vs. 57 mg/100g świeżej masy witaminy C). Witamina C jest niestabilnym związkiem chemicznym, szczególnie podatnym na działanie wysokich temperatur oraz długotrwałe przechowywanie. Na zawartość witaminy C wpływa m.in. odmiana truskawki, sposób uprawy, warunki klimatyczne i nasłonecznienie [11]. Według niektórych autorów w trakcie dojrzewania owoców truskawki rośnie w nich również zawartość witaminy C [60]. Można zatem stwierdzić, że warto wybierać owoce dojrzalsze, intensywnie wybarwione, ponieważ wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości polepszają się nie tylko walory smakowe związane z większą zawartością cukrów, ale wzrasta również ich wartość prozdrowotna.

Truskawka jest owocem o bardzo krótkim okresie trwałości po zbiorze. Cecha ta jest związana z dużą zawartością wody i wysokim poziomem aktywności metabolicznej. Podczas przechowywania surowca dochodzi do utraty wody, co prowadzi do zmniejszenia jędrności, a także do szybszego zużycia składników odżywczych. Jednocześnie truskawki są podatne na działanie pleśni i bakterii, a częstotliwość występowania tych mikroorganizmów w owocach truskawki jest znaczna. Aby przedłużyć okres trwałości owoców po zbiorze, stosuje się różne zabiegi, takie jak: przechowywanie w niskich temperaturach, stosowanie atmosfery kontrolowanej, wzbogaconej w CO<sub>2</sub>, bądź kombinacje tych metod. Głównymi czynnikami determinującymi jakość owoców po zbiorze są czas i temperatura przechowywania. Jak wynika z badań nie pozostają one również bez wpływu na kompozycję związków bioaktywnych w owocach truskawki. W literaturze wskazuje się na wzrost poziomu antocyjanów w owocach truskawki przechowywanych w temperaturach powyżej 5°C [11].

Ayala-Zavala i in. [2] przeanalizowali wpływ przechowywania owoców truskawki w temperaturze 0°C, 5°C i 10°C na zawartość w nich związków bioaktywnych. Zawartość antocyjanów w owocach przechowywanych w temperaturze 10°C wzrastała wraz z czasem przechowywania, podczas gdy zastosowanie niższych temperatur (0°C) prowadziło do zmniejszenia poziomu antocyjanów. Przy temperaturze 5°C w pierwszych pięciu dniach przechowywania obserwowano spadek zawartości antocyjanów, po czym ich poziom zaczął wzrastać, ale był niższy, niż w przypadku owoców przechowywanych w temperaturze 10°C. Podobnie stwierdzono w badaniu Cordenunsi i współpracowników [11], w którym zaobserwowano, że wraz ze wzrostem temperatury, zwiększa się szybkość biosyntezy antocyjanów w zebranych owocach. Według autorów [11] temperatura nie wpływała na poziom całkowity polifenoli w owocach truskawki, ani na zawartość kwasu elagowego i flawonoidów.

Literatura wskazuje na niekorzystne zmiany w czasie przechowywania owoców truskawki w formie zamrożonej

[60]. Nawet krótkie przechowywanie mrożonych truskawek pozbawia ich znacznej ilości kwasu askorbinowego, a im dłuższy czas przechowywania, tym większe straty witaminy C. Stwierdzono, że poddanie truskawek napromieniowaniu nie zmniejsza strat witaminy C podczas przechowywania.

Z przeglądu literatury wynika, że stosunkowo niewiele badań porównawczych systemu ekologicznego i konwencjonalnego prowadzono na truskawkach, dlatego w pracy przedstawiono wyniki także dla innych owoców jagodowych. Nie zawsze dają one jednoznaczną odpowiedź na temat przewagi jakości produktów z systemu ekologicznego nad konwencjonalnym. Badania owoców malin przeprowadzone przez Wojdyło i in. [56] wykazały, że system produkcji nie miał wpływu na zawartość suchej masy, natomiast odmiana w sposób istotny determinowała tę cechę. Ekologiczne odmiany Pokusa i Polana charakteryzowały się większą zawartością kwasu askorbinowego niż ich odpowiedniki konwencjonalne, w przeciwieństwie do odmian Polka i Poranna Rosa.

Odmiany borówki amerykańskiej: Spartan i Bluecrop z uprawy ekologicznej charakteryzowały się wyższą zawartością suchej masy, ekstraktu, cukrów ogółem, redukujących i sacharozy, co potwierdza teorię, że owoce ekologiczne są słodsze niż konwencjonalne. Ekologiczne owoce odmiany Spartan charakteryzowały się wyższą zawartością pektyn niż konwencjonalne, natomiast w odmianie Bluecrop było odwrotnie. Zawartość kwasu askorbinowego w owocach borówki z systemu ekologicznego była nieznacznie większa w porównaniu do konwencjonalnego [56].

Odmiana porzeczki czarnej Bona pozyskana z systemu ekologicznego charakteryzowała się wyższą zawartością suchej masy i ekstraktu ogólnego, pektyn, cukrów ogółem, redukujących i sacharozy oraz witaminy C niż jej odpowiedniki z uprawy konwencjonalnej. Tylko kwasowość ogólna porzeczki ekologicznej była mniejsza niż owoców z uprawy konwencjonalnej [56].

Przedstawione badania naukowe pozwalają stwierdzić, że spożywanie owoców ekologicznych może przyczynić się do poprawy zdrowia m.in. ze względu na wartości odżywcze i właściwości antyoksydacyjne występujących w nich związków biologicznie czynnych. Można przypuszczać, że systematyczne spożywanie produktów ekologicznych może stać się jednym ze sposobów ograniczenia zachorowań na choroby dietozależne i poprawę ogólnego stanu zdrowotnego organizmu [27].

## PODSUMOWANIE

Spośród owoców jagodowych, truskawkę wyróżnia bardzo duża zasobność w różnorodne substancje biologicznie aktywne, w tym wysoka zawartość kwasów fenolowych i flawonoidów [11, 21, 35, 53], witamin oraz działanie antybakteryjne. Dzięki temu przeciwdziałają one powstawaniu i rozwojowi nieinfekcyjnych chorób chronicznych, takich jak: nowotwory, nadciśnienie, zawał serca czy nadmiar cholesterolu [6, 7, 35, 39, 48, 63]. Zawartość związków bioaktywnych w owocach truskawki zależy od systemu produkcji rolnej, ale także odmiany, stopnia dojrzałości, warunków zbioru i przechowywania. Przegląd literatury dotyczący wpływu systemu produkcji na zawartość substancji aktywnych wykazał, że owoce truskawki pochodzące z upraw ekologicznych zawierają istotnie więcej żelaza i witaminy C,

a także więcej cukrów prostych, choć w tym przypadku różnice nie były statystycznie istotne. System uprawy nie wpływał istotnie na zawartość wody w owocach truskawek, choć stwierdzono tendencję gromadzenia większej ilości suchej masy w owocach truskawki z produkcji ekologicznej. Jednocześnie owoce ekologiczne cechowały się większą zawartością polifenoli, flawonoidów i antocyjanów w porównaniu do ich odpowiedników konwencjonalnych, co decydowało o ich większej aktywności przeciwutleniającej. Opierając się na wynikach badań innych autorów, można stwierdzić, że surowce roślinne pochodzące z uprawy ekologicznej, w tym truskawki, zawierają na ogół więcej związków bioaktywnych w porównaniu z owocami pochodzącymi z uprawy konwencjonalnej, w związku z tym mogą być polecane jako składniki diety o charakterze prozdrowotnym.

## LITERATURA

- [1] **AABY K., D. EKEBERG, G. SKREDE. 2007.** „Characterization of Phenolic Compounds in Strawberry (*Fragaria × ananassa*) fruits by Different HPLC Detectors and Contribution of Individual Compounds to Total Antioxidant Capacity”. *J. Agric. Food Chem.* 55: 4395-4406.
- [2] **AYALA-ZAVALA J.F., S.Y. WANG, C.Y. WANG, G.A. GONZALEZ-AGUILAR. 2004.** “Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit”. *Lwt-Food Sci. Technol.* 37: 687-695.
- [3] **BASU A., M. WILKINSON, K. PENUGONDA, B. SIMMONS, N.B. BETTS, T.J. LYONS. 2009.** “Freeze-dried strawberry powder improves lipid profile and lipid peroxidation in women with metabolic syndrome: baseline and post intervention effects”. *Nutrition Journal* 8 (43): 1-7.
- [4] **BASU A., D. XU FU, M. WILKINSON, B. SIMMONS, M. WU, M.N. BETTS, M. DU, T.J. LYONS. 2010.** “Strawberries decrease atherosclerotic markers in subjects with metabolic syndrome”. *Nut Res* 30 (7): 462-469.
- [5] **BENBROOK CH. 2005.** “Elevating Antioxidant Levels in Food through Organic Farming and Food Processing”. *An Organic Center State of Science Review*: 1-81.
- [6] **BOROWSKA J. 2003.** „Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy (1)”. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.* 5: 11-12.
- [7] **BOROWSKA J. 2003.** „Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy (2)”. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.* 6: 29-30.
- [8] **BRANDT K., J.P. MØLGAARD. 2001.** “Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plants foods?”. *Journal Science Food Agriculture* 18: 924-931.
- [9] **BRZOZOWSKI P., K. ZMARLICKI. 2012.** “Economics of the 2009-2012 organic apple, strawberry, and sour cherry production in Poland”. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 20 (2): 63-70.
- [10] **CIOROI M. 2005.** “The identification of phenolic acids by HPLC method from strawberries”. *Scientific Researches, Galati (Romania), Agroalimentary Processes and Technologies*, XI(1): 211-216.
- [11] **CORDENUNSI B.R., M.I. GENOVESE, J.R. DO NASCIMENTO, N.M.A. HASSIMOTTO, R.J. DOS SANTOS, F.M. LAJOLO. 2005.** “Effect of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars”. *Food Chem.* 91: 113-121.
- [12] **CRECENTE-CAMPO J., M. NUNES-DAMASCENO, M.A. ROMERO-RODRÍGUEZ, M.L. VÁZQUEZ-ODÉRIZ. 2012.** “Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch, cv *Selva*)”. *J Food Compos Anal* 28 (1): 23-30.
- [13] **DUBAS A. 2007.** „Zrównoważony rozwój we współczesnych systemach rolnictwa”. *Fragm. Agron.* 24 (3): 71-75.
- [14] **Rozporządzenie Rady nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r.** w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych, uchylające Rozporządzenie (EWG) nr 2092/91 (Dz. Urz. UE L 189 z dnia 20.07.2007 r., ze zm.)
- [15] **GAWLIK-DZIKI U. 2004.** „Fenolokwasy jako bioaktywne składniki żywności”. *ŻNTJ* 4 (41): 29-40.
- [16] **GHERIBI E. 2011.** „Związki polifenolowe w owocach i warzywach”. *Med. Rodz.* 4/2011: 111-115.
- [17] **GHERIBI E. 2013.** „Znaczenie związków polifenolowych z owoców i warzyw w dietoterapii miażdżycy”. *Warszawa, Med Rodz.* 4/2013: 149-153.
- [18] **GIAMPIERI F., S. TULIPANI, J.M. ALVAREZ-SUAREZ, J.L. QUILES, B. MEZZETTI, M. BATTINO. 2012.** „The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health”. *Nutrition* 28: 9-19.
- [19] **GOŁĘBIEWSKA B., N. SOBCZAK. 2012.** „Tendencje rozwojowe rynku truskawek w Polsce”. *Więś Jutra* 11-12: 45-46.
- [20] **GRAJEK W. (red.) 2009.** „Przeciwutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne technologiczne molekularne i analityczne”. *Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne*: 141-150, 202.
- [21] **HÄKKINEN S., M. HEINONEN, S. KÄRENLAMPI, H. MYKKÄNEN, J. RUUSKANEN, R. TÖRRÖNEN. 1999.** „Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries”. *Food Res. Int.* 32: 345-353.
- [22] **HALLMANN E. 2014.** „Wartość odżywcza i zawartość związków bioaktywnych w warzywach i owocach z produkcji ekologicznej”. *XII Forum rolników ekologicznych, Materiały szkoleniowe; Barzko-wice*: 1-21.
- [23] **HANNUM S.M. 2004.** „Potential impact of strawberries on human health: a review of the science”. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44: 1-17.
- [24] **HERMS D.A., W.J. MATTSON. 1992.** “The dilemma of plants: to grow or defend”. *Q Rev Biol.* 67: 283-335.

- [25] **HORSZFALD A. 2013.** „Związki bioaktywne w żywności”. Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie: 1-36.
- [26] **Jenkins D.J.A., T.H. Nguyen, C.W.C. Kendall, D.A. Faulkner, B. Bashyam, W.J. Kim, C. IRLANDIA, D. PATEL, E. VIDGEN, A.R. JOSSE, H.S. SESSO, B. BURTON-FREEMAN, R.G. JOSSE, L.A. LEITER, W. SINGER. 2008.** „The effect of strawberries in a cholesterol-lowering dietary portfolio”. *Metabolism* 57 (12): 1636–1644.
- [27] **KAZIMIERCZAK R., E. REMBIAŁKOWSKA. 2007.** „Żywność ekologiczna – postęp w żywieniu”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 70-73.
- [28] **KRACIŃSKI P. 2014.** „Zbiory i rozdysponowanie produkcji truskawek, maliny i porzeczek w Polsce w latach 2001-2012”. *Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich* 101 (2): 132-140.
- [29] **KWIATKOWSKA E. 2010.** „Kwas elagowy – zawartość w żywności i rola prozdrowotna”. *Postępy Fitoterapii* 4/2010: 211-214.
- [30] **LORIO P.L. 1986.** “Growth-differentiation balance a basis for understanding southern pine beetle-tree interactions”. *Forest Ecol Man* 14: 259 -273.
- [31] **LUNDEGÅRDH B., A. MÅRTENSSON. 2003.** “Organically produced plant foods – evidence of health benefits”. *Soil Plant Sci. B.* 53: 3-15.
- [32] **ŁUCZKA-BAKUŁA W. 2007.** *Rynek żywności ekologicznej.* Warszawa: PWE: 1- 96.
- [33] **MAĆKOWIAK K., TROLIŃSKI L. 2007.** „Współczesne poglądy na rolę witaminy C w fizjologii i patologii człowieka”. *Nowiny Lekarskie* 76: 349-356.
- [34] **MAKOSZ E. 2012.** „Ważne problemy producentów owoców jagodowych”. <http://trsk.pl/aktualnosci2012.html>, dostęp. 06.02.2015.
- [35] **MÄTTÄ-RIIHINEN K.R., A. KAMAL-ELDIN, A.R. TÖRRÖNEN. 2004.** „Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus Sp.* (Family *Rosaceae*)”. *J. Agric. Food Chem.* 52: 6178-6187.
- [36] **MARON D.J. 2004.** “Flavonoids for Reduction of Atherosclerotic Risk”. *Curr Atheroscler Rep.* 6: 73-78.
- [37] **MILLER E., K. MALINOWSKA, E. GAŁĘCKA, M. MROWICKA, J. KĘDZIORA. 2008.** „Rola flawonoidów jako przeciwutleniaczy w organizmie człowieka”. *Pol. Merk. Lek.* XXIV: 144-556.
- [38] **MORRIS C., M. WINTER. 1999.** “Integrated farming systems: the third way for European agriculture?”. *Land Use Policy* 16: 193-205.
- [39] **MOURE A., D. FRANCO, J. SINEIRO, H. DOMINGUEZ, M.J. NÚÑEZ, J.M. LEMA. 2001.** “Antioxidant activity of extracts from *Gevuina avellana* and *Rosa rubiginosa* defatted seeds”. *Food Res. Int.* 34: 103-109.
- [40] **MOSZCZYŃSKI P., R. PYĆ. 1999.** „Biochemia witamin”. Warszawa, Łódź: Wydawnictwo Naukowe PWN: 112-135.
- [41] **OSZMIAŃSKI J., A. WOJDYŁO, P. MATUSZEWSKI. 2007.** „Zmiany zawartości związków fenolowych podczas produkcji zagęszczonego soku truskawkowego w warunkach przemysłowych”. *ŻNTJ* 1 (50): 94-104.
- [42] **PARUS A. 2013.** „Przeciwutleniające i farmakologiczne właściwości kwasów fenolowych”. *Borgis - Postępy Fitoterapii* 1: 48-53.
- [43] **PASZKIEWICZ M., A. BUDZYŃSKA, B. RÓŻAŁSKA, B. SADOWSKA. 2012.** „Immunomodulacyjna rola polifenoli roślinnych”. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 66: 637-646.
- [44] **PIĄTKOWSKA E., A. KOPEĆ, T. LESZCZYŃSKA. 2011.** „Antocyjany - charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka”. *ŻNTJ* 4 (77): 24-35.
- [45] **PUUPPONEN-PIMIÄ R., L. NOHYNEK, H.L. ALAKOMI, K.M. OKSMAN-CALDENTHEY. 2005.** „Bioactive berry compounds – novel tool against human pathogens”. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 67: 8-18.
- [46] **REMBIAŁKOWSKA E., M. ADAMCZYK, E. HALLMANN. 2004.** „Porównanie wybranych cech wartości odżywczej jabłek z produkcji ekologicznej konwencjonalnej”. *Bromat. Chem. Toksykol.- Supplement:* 33-39.
- [47] **ROCHALSKA M., A. ORZESZKO-RYWKA, K. CZAPLA. 2011.** „Zawartość substancji odżywczych w truskawkach w zależności od systemu uprawy”. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 56 (4): 84-86.
- [48] **ROSICKA-KACZMAREK J. 2004.** „Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności”. *Przeg. Piek. Cuk.* 6: 12-16.
- [49] **ROUDEILLAC P., K. TRAJKOVSKI. 2004.** “Breeding for fruit quality and nutrition in strawberries”. *Acta Hort.* 649: 55-60.
- [50] **RUNOWSKI H. (RED), S. BAGIŃSKI, M. MACIEJCZAK. 2007.** “Rolnictwo Ekologiczne. Zasady ekologicznego prowadzenia upraw i chowu zwierząt”. Warszawa: Agroexpert. Ośrodek Badań i Doradztwa dla Rolnictwa 4-6: 33-38.
- [51] **SALUK-JUSZCZAK J. 2010.** „Antocyjany jako składnik żywności funkcjonalnej stosowanej w profilaktyce chorób układu krążenia”. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 64: 451-458.
- [52] **SHAW D. V., R.S. BRINGHURST, V. VOTH. 1987.** “Genetic variation for quality traits in an advanced-cycle breeding population of strawberries”. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 112: 699-702.
- [53] **TÖRRÖNEN R., S. HÄKKINEN, S. KÄRENLAMPPI, H. MYKKÄNEN. 1997.** “Flavonoids and phenolic acids in selected berries”. *Canc. Lett.* 114: 191-192.
- [54] **TULIPANI S., J.M. ALVAREZ-SUAREZ, F. BUSCO, S. BOMPADRE, J. QUILES, B. MEZZETTI, M. BATTINO. 2011.** “Strawberry consumption improves plasma antioxidant status and erythrocyte resistance to oxidative haemolysis in humans”. *Food Chem.* 128 (1): 180-186.



- [55] **WILSON G.A. 2001.** "From productivism to post-productivism...and back again? Exploring the (un)changed natural and mental landscapes of European agriculture". *Trans. Inst. Brit. Geogr.* 26: 77-102.
- [56] **WOJDYŁO A. 2010.** „Porównanie składu chemicznego ze szczególnym uwzględnieniem zawartości związków fenolowych, aktywności przeciwutleniającej i przeciwnowotworowej owoców jagodowych i ich przetworów z uprawy ekologicznej oraz konwencjonalnej”. *Streszczenia wyników badań z zakresu rolnictwa ekologicznego w 2009 roku.* Warszawa: Wyd. MRiRW: 277-290.
- [57] **WOLSKI T., O. KALISZ, M. GERKOWICZ, M. SMORAWSKI. 2007.** „Rola i znaczenie antyoksydantów w medycynie ze szczególnym uwzględnieniem chorób oczu”. *Postępy Fitoterapii* 2/2007: 82-90.
- [58] **WORTHINGTON V. 2001.** "Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables and Grains". *J. Alternative Compl. Medicine*, 7 (2): 161-173.
- [59] **WÓJCICKA G., J. BÉLTOWSKI, A. JAMROZ. 2004.** „Stres oksydacyjny w nadciśnieniu tętniczym”. *Postępy Hig. Med. Dośw. (online)* 58: 183-193.
- [60] **WYSOCKI K., T. BANASZKIEWICZ, J. KOPYTOWSKI. 2012.** „Factors affecting actors the chemical composition of strawberry fruits”. *Pol. J. Natur. Sc.* 27 (1): 5-13.
- [61] **YOUNG J.E., X. ZHAO, E.E. CAREY, R. WELTI, S.S. YANG, W. WANG. 2005.** "Phytochemical phenolics in organically grown vegetables". *Mol. Nutr. Food Res.* 49: 1136-1142.
- [62] **ŻURAWICZ E. 1997.** *Truskawka i poziomka.* Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne 5-9: 92-147.
- [63] **ZIEMLAŃSKI 2001.** *Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. Rozdział 8. Rola antyoksydantów żywieniowych w stanie zdrowia i choroby.* Warszawa: Wyd. Lek. PZWL: 1-531.
- [64] **ZALEGA J., D. SZOSTAK-WĘGIEREK. 2013.** „Żywienie w profilaktyce nowotworów. Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 94 (1): 41-49.
- [65] **ZASOWSKA-NOWAKA., P. NOWAK. 2014.** „Prozdrowotne efekty konsumpcji truskawek”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo - Warzywny* 7-8: 20-24.
- [66] **ZIMNY L. 2007.** „Definicje i podziały systemów rolniczych”. *Acta Agrophys.* 10 (2): 507-518.