

**Renata Kazimierczak, Ewelina Hallmann, Marzena Ziętara,
Ewa Rembiałkowska***

Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Zakład Żywności Ekologicznej,
SGGW Warszawa

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW PRZECIWUTLENIAJĄCYCH W WYBRANYCH PRZYPRAWACH Z PRODUKCJI EKOLOGICZNEJ I KONWENCJONALNEJ

Streszczenie: Istnieją badania naukowe pozwalające przypuszczać, że metody rolnictwa ekologicznego wpływają na zwiększenie wartości odżywczej oraz zawartości antyoksydantów w płodach rolnych. Można się zatem spodziewać wyższego poziomu tych składników również w przyprawach z upraw ekologicznych. W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości suchej masy oraz antyoksydantów w wybranych gatunkach przypraw pochodzących z ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji. Wykazano w nich, że przyprawy z produkcji ekologicznej charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością witaminy C, karotenoidów i flawonoli w porównaniu z przyprawami konwencjonalnymi. Przyprawy z obu systemów produkcji nie różniły się natomiast istotnie pod względem zawartości kwasów fenolowych i chlorofilu. Otrzymane wyniki nie są jednoznaczne i konieczne są dalsze badania w tym zakresie.

Słowa kluczowe: przyprawy, uprawa ekologiczna, uprawa konwencjonalna, przeciwutleniacze.

1. Wstęp

Liczne badania naukowe wykazują ściśle związki między konsumpcją żywności bogatej w substancje o właściwościach przeciwutleniających a występowaniem niektórych chorób powodowanych przez wolne rodniki, dlatego zwiększenie spożycia produktów bogatych w te substancje może wpływać korzystnie na zdrowie człowieka. Przyprawy są zasobne w kwasy fenolowe, flawonoidy, karotenoidy i witaminę C, dzięki którym oddziałują na funkcjonowanie organizmu człowieka, m.in. pobudzając apetyt, zapobiegając nowotworom, wzmacniając odporność lub wpływając na układ nerwowy i krwionośny [1-4].

Na zawartość substancji bioaktywnych i jakość otrzymanego surowca ma wpływ wiele czynników, w tym m.in. zmienność środowiskowa, na którą składają się czyn-

* Adres do korespondencji: renata_kazimierczak@sggw.pl.

niki glebowe i klimatyczne. Czynniki te stanowią kompleks i istnieje duża współzależność między nimi, dlatego badanie wpływu środowiska na zawartość substancji czynnych w roślinie jest skomplikowane i trudne. Jakość gleby, na której są uprawiane rośliny, ma wpływ nie tylko na ich plon, ale również na obróbkę po zbiorze. Najbardziej korzystne dla prawidłowego wzrostu roślin są gleby o odczynie obojętnym, charakteryzujące się bogatym zasobem organizmów nadających jej aktywność biologiczną, takich jak dżdżownice i skoczogonki, biorące udział w procesach tworzenia próchnicy, czy bakterie wiążące azot z atmosfery. Większość roślin zielarskich preferuje gleby o odczynie obojętnym i zasadowym, a tylko nieliczne gatunki wymagają gleb kwaśnych. Kwaśne środowisko wpływa negatywnie na strukturę gleby – staje się ona trudna w uprawie, źle pochłania wodę, system korzeniowy roślin słabo się w niej rozwija i brakuje organizmów glebowych. Na kwaśnych glebach również obserwuje się zwiększoną dostępność dla roślin metali ciężkich (kadm, ołów, cynk, chrom) [5-7].

W rolnictwie ekologicznym podstawę produkcji roślinnej stanowi gleba, którą traktuje się jako samoregulujący się układ sił biologicznych. Inaczej jest w rolnictwie konwencjonalnym, gdzie uprawa opiera się na chemizacji i prawach mechaniki. Według założeń teorii równowagi C/N w środowiskach ubogich w łatwo przyswajalny azot, czyli w systemach ekologicznych, rośliny produkują intensywnie przede wszystkim związki zawierające węgiel, takie jak cukry proste i złożone (glukoza, fruktoza, skrobia, celuloza), oraz inne niezawierające azotu wtórne metabolity, w tym: terpenoidy, związki fenolowe, niektóre barwniki i witaminy. Natomiast w środowiskach bogatych w łatwo przyswajalny azot, czyli w systemach konwencjonalnych, metabolizm roślin zmienia się w kierunku intensywnej produkcji związków azotowych, takich jak: wolne aminokwasy, białka i alkaloidy [8].

Istotne znaczenie dla zachowania odpowiedniego poziomu żyzności gleby ma w ekologicznym systemie produkcji prawidłowy płodozmiar. Pełni on dwie zasadnicze funkcje, a mianowicie nawozową, polegającą na kształtowaniu odpowiedniego bilansu azotowego oraz materii organicznej w glebie, i funkcję sanitarną, a więc ochronną przed szkodnikami, chorobami i nadmiernym zachwaszczeniem. Ogranicza również wymywanie składników mineralnych (np. Ca, N, K), wpływa na poprawę wykorzystania nawozów, zapobiega erozji wietrznej i wodnej, wpływa również na poprawę aktywności biologicznej. Szczególne znaczenie w płodozmianie mają rośliny motylkowe, które dzięki symbiozie z bakteriami typu *Rhizobium* wiążą azot z atmosfery, wzbogacając glebę. Nawozy pochodzenia zwierzęcego stanowią uzupełnienie strat składników mineralnych, natomiast nawożenie ziemi kompostem wpływa korzystnie na poprawę walorów sensorycznych płodów rolnych (zapachu, smaku) oraz na ich jakość przechowalniczą [6, 9-11].

Sposób nawożenia jest jednym z głównych czynników podnoszenia wysokości plonu, ale również ma wpływ na zawartość substancji czynnych. W rolnictwie ekologicznym, nawożąc glebę nawozami organicznymi powstałymi w obrębie gospodarstwa, dostarcza się pokarmu mikroorganizmom bytującym w glebie, których za-

daniem jest udostępnienie roślinie – w odpowiednich ilościach i formie – składników mineralnych. W systemie konwencjonalnym natomiast, gdzie stosuje się nawozy syntetyczne, „karmi się” bezpośrednio roślinę. Nawożenie łatwo rozpuszczalnymi nawozami azotowymi przyczynia się do zwiększonego ich pobierania przez system korzeniowy i akumulacji w liściach oraz pozostałych częściach roślin. Ponieważ w systemie ekologicznym azot występuje w formie związanej organicznie – w postaci związków zawartych w próchnicy, które są rozkładane przez mikroorganizmy glebowe, a następnie jest on uwalniany i pobierany w takich ilościach, w jakich roślina potrzebuje – w ekologicznych surowcach roślinnych z reguły zawartość azotanów jest niższa niż w konwencjonalnych. W uprawach konwencjonalnych w wyniku nawożenia mineralnego wzrasta plon przy jednoczesnym podwyższeniu ilości wody w komórkach roślin, co powoduje spadek zawartości suchej masy w roślinach. Obserwuje się przez to znaczne różnice podczas przechowywania surowców pochodzących z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej. Surowce ekologiczne wykazują większą trwałość przechowalniczą, ponieważ zawierają z reguły więcej suchej masy, co na skutek ograniczenia aktywności enzymatycznej czyni je bardziej odpornymi na procesy gnicia i rozkładu [6, 10-14].

Wyższa zawartość wtórnych metabolitów roślinnych, takich jak związki fenolowe, alkaloidy, glikozydy, jest istotna zarówno dla samej rośliny, jak i dla zdrowia człowieka. W ekologicznym systemie uprawy, ze względu na ograniczenie stosowania syntetycznych środków do zwalczania szkodników, chorób i chwastów oraz w odpowiedzi na czynniki zewnętrzne (m.in. światło, temperaturę, nawodnienie), roślina uruchamia własne mechanizmy obronne w postaci syntezy tych właśnie związków.

Wyniki licznych badań naukowych prowadzonych w Europie i w Polsce potwierdzają wyższą zawartość antyoksydantów i suchej masy w surowcach ekologicznych w porównaniu z płodami pochodzącymi z rolnictwa konwencjonalnego, ale znane są również publikacje, które nie potwierdzają takich różnic [m.in. 9, 15-22].

Celem badań było porównanie zawartości suchej masy, witaminy C, karotenoidów oraz chlorofilu *a* i *b*, a także sumy kwasów fenolowych w wybranych gatunkach przypraw pochodzących z ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji rolniczej.

2. Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w 2008 roku w laboratorium Zakładu Żywności Ekologicznej w SGGW w Warszawie. Materiał badawczy stanowiły dostępne na polskim rynku suszone przyprawy pochodzące z ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji, które zakupiono w specjalistycznym sklepie z żywnością ekologiczną i w supermarkecie. Producentami przypraw konwencjonalnych były dwie firmy oznaczone symbolami A i C, natomiast producentami przypraw ekologicznych były dwie firmy oznaczone symbolami A i B (firma A produkuje zarówno przyprawy

ekologiczne, jak i konwencjonalne). Badaniom poddano następujące gatunki przypraw: bazylija pospolita, bylica estragon, lebiodka pospolita (oregano), majeranek ogrodowy i pietruszka zwyczajna.

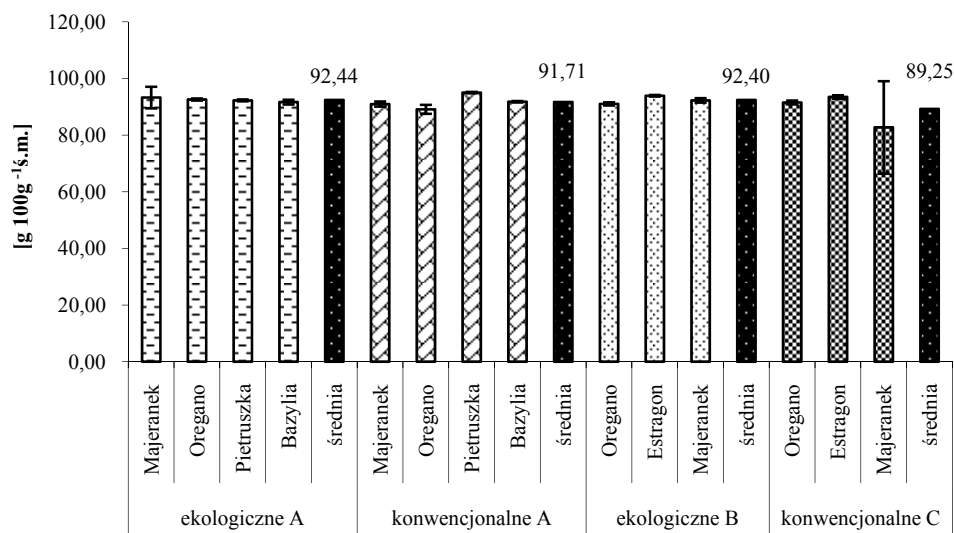
W przyprawach oznaczono: suchą masę metodą wagową [PN-R-04013:1988], sumę karotenoidów oraz chlorofilu *a* i *b* metodą spektrofotometryczną [23], sumę kwasów fenolowych (w przeliczeniu na kwas galusowy) metodą spektrofotometryczną z zastosowaniem odczynnika Arnova i flawonoli (w przeliczeniu na kwercetynę) metodą spektrofotometryczną [24] oraz witaminę C metodą miareczkowania [PN-A-75101-11:1990]. Każdą analizę przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

3. Analiza statystyczna wyników

Analizy statystycznej wyników dokonano za pomocą programu komputerowego STATGRAPHICS 5.1. Do obliczeń użyto analizy wariancji dwuczynnikowej dla gatunku, z wykorzystaniem testu Tukaya. Poziom istotności otrzymanych wyników wynosił 95% ($\alpha = 0,05$), co oznacza, że alfa praktyczne (*p-value*) musi przyjmować wartość poniżej $\alpha = 0,05$, aby różnica była istotna statystycznie. Jeśli *p-value* (α) przyjmuje wartości powyżej 0,05, dana cecha lub czynnik nie jest istotny statystycznie. Dodatkowo wyznaczono odchylenia standardowe dla badanej próby.

4. Wyniki i dyskusja

Uzyskane wyniki badań nie wykazały istotnych różnic w zawartości suchej masy w surowcach, przy czym przyprawy ekologiczne (A i B) zawierały jej nieznacznie więcej niż przyprawy konwencjonalne (A i C) (rys. 1). Wśród publikacji dotyczących przypraw znaleziono nieliczne, podobne do prezentowanych, które dotyczyły surowców ekologicznych i konwencjonalnych. W badaniu przeprowadzonym przez Seidler-Łożykowską i wsp. [23] odnotowano wyższą zawartość suchej masy w przypadku bazylii odmiany Kasia, pochodzącej z uprawy ekologicznej. Również w innych badaniach przeprowadzonych przez Seidler-Łożykowską i wsp. [25] wykazano, że ta sama odmiana bazylii uprawiana w systemie ekologicznym dała wyższy plon suchego i świeżego surowca niż w uprawie konwencjonalnej. Podobne obserwacje zanotowano w przypadku uprawy majeranku odmiany Miraż. Również według Kazimierczak i wsp. [26] zawartość suchej masy w owocach czarnej porzeczki z uprawy ekologicznej była większa niż z uprawy konwencjonalnej. Z wynikami tymi korespondują wyniki badań papryki czerwonej [27], cebuli [28] oraz jabłek [20]. Inne badania [19], dotyczące dwóch odmian marchwi z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, wykazały odwrotną zależność, stwierdzono bowiem, że surowce ekologiczne zawierały mniej suchej masy. Nie były to jednak różnice istotne statystycznie.



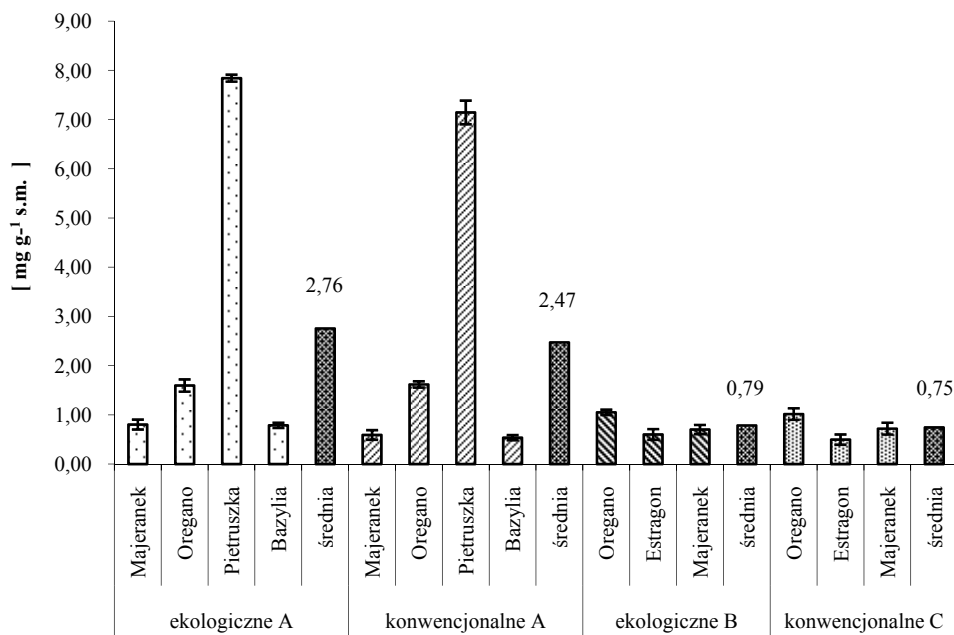
Rys. 1. Zawartość suchej masy w wybranych przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (\pm odchylenie standardowe)

Źródło: badania własne.

<i>p-value</i>	sucha masa
pochodzenie	n.s.*
gatunek	n.s.
pochodzenie x gatunek	n.s.

*n.s. – nieistotnie statystycznie

Badając surowce pochodzenia roślinnego, naukowcy szczególną uwagę zwracają na zawartość w nich związków o charakterze antyoksydacyjnym. Są one niezbędne w codziennej diecie jako czynniki zapobiegające rozwojowi chorób wywołanych działaniem wolnych rodników oraz spowalniające starzenie się organizmu. W badaniach własnych wybranych gatunków przypraw analizowano zawartość witaminy C, której istotnie lepszym źródłem okazały się przyprawy pochodzenia ekologicznego. W przypadku przypraw firmy A, produkty ekologiczne zawierały średnio 2,76 mg/g s.m., podczas gdy konwencjonalne przyprawy tej firmy zawierały 2,47 mg/g s.m. witaminy C. Średnia zawartość tej witaminy w przyprawach ekologicznych firmy B była dużo niższa niż w przyprawach firmy A i wynosiła 0,79 mg/g s.m. Podobnie w przypadku przypraw konwencjonalnych – produkty firmy A były zasobniejsze w witaminę C niż produkty firmy C, zawierające jej średnio 0,75 mg/g s.m. (rys. 2).



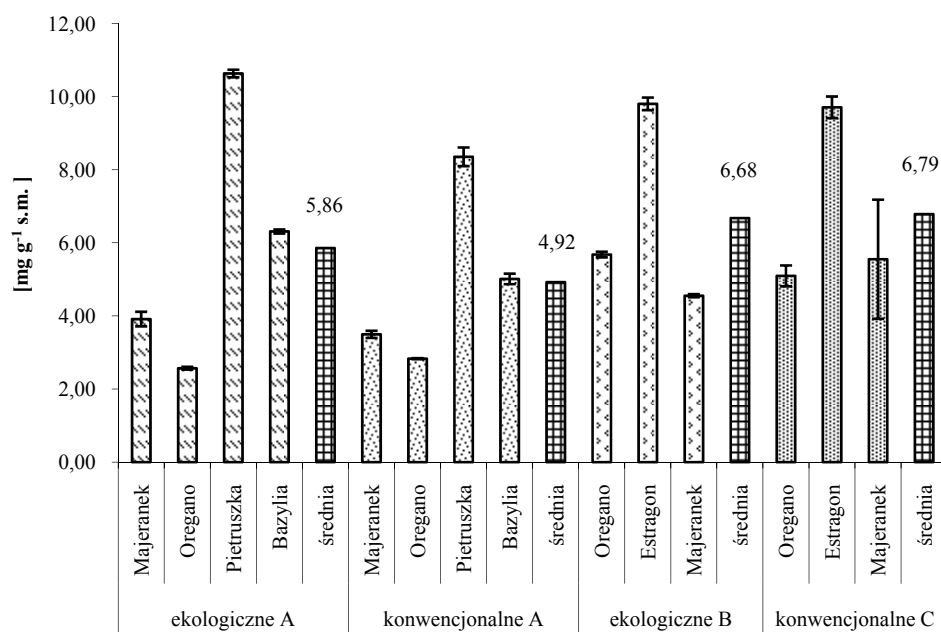
Rys. 2. Zawartość witaminy C w wybranych przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (\pm odchylenie standardowe)

Źródło: badania własne.

<i>p-value</i>	wit. C
pochodzenie	0,01
gatunek	< 0,0001
pochodzenie x gatunek	n.s.

Nie znaleziono w literaturze doniesień dotyczących badania zawartości witaminy C w przyprawach ekologicznych i konwencjonalnych. Otrzymane wyniki potwierdzają jednak liczni autorzy prowadzący doświadczenia na innych surowcach. Wyższą zawartość witaminy C w surowcach ekologicznych (w marchwi) wykazano w badaniach Rembiałkowskiej i wsp. [19]. Podobnie stwierdzono w przypadku ziemniaków [29], jabłek [20], cebuli [28], papryki [27], porzeczek czarnych [26], pomidorów [30, 31] oraz pomidorów typu Cherry [32]. Istnieją jednak wyniki badań, które nie potwierdzają tezy o wyższej zawartości witaminy C w surowcach ekologicznych. W badaniach dotyczących pomidorów, przeprowadzonych przez Rembiałkowską i wsp. [33], surowce ekologiczne zawierały zdecydowanie mniej witaminy C w stosunku do konwencjonalnych.

Kolejnym związkiem o charakterze antyoksydacyjnym oznaczanym w przyprawach były flawonole. W toku badań własnych stwierdzono, że przyprawy ekologiczne wykazywały zdecydowanie wyższą zawartość flawonoli niż konwencjonalne. Istotny wpływ na to miał zarówno sposób uprawy, jak i gatunek rośliny. Ze względu na fakt, że synteza tych związków odbywa się przy pełnym nasłonecznieniu, duże ilości flawonoli znajdują się w liściach przypraw. Średnia ich zawartość w przyprawach ekologicznych firmy A wynosiła 5,86 mg/g s.m. (w przeliczeniu na kwercetynę), w przypadku zaś przypraw konwencjonalnych tej samej firmy 4,92 mg/g s.m. W przyprawach ekologicznych firmy B średnia zawartość flawonoli wynosiła 6,68 mg/g s.m., natomiast w przypadku przypraw konwencjonalnych firmy C było to 6,79 mg/g s.m. Rozpatrując zasobność w te związki poszczególnych gatunków przypraw z upraw ekologicznych, wykazano, że największą zawartością flawonoli odznaczały się: pietruszka, bazylia, estragon i oregano. Najmniej flawonoli zawierały majeranek i oregano firmy A. Zarówno pietruszka, jak i bazylia pochodzące z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej (firmy A) miały stosunkowo duże ilości flawonoli w porównaniu z pozostałymi przyprawami tej firmy. Wśród przypraw pochodzących z uprawy konwencjonalnej najwięcej flawonoli posiadały pietruszka oraz estragon, najmniej zaś majeranek i oregano (rys. 3).

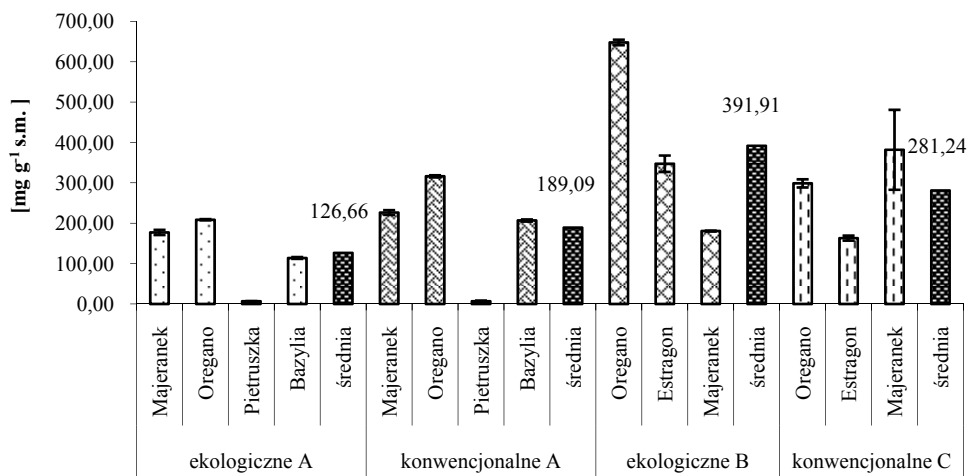


Rys. 3. Zawartość flawonoli (w przeliczeniu na kwercetynę) w wybranych przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (\pm odchylenie standardowe)

Źródło: badania własne.

<i>p-value</i>	flawonole
pochodzenie	0,033
gatunek	< 0,0001
pochodzenie \times gatunek	n.s.

Niestety brakuje doniesień innych badaczy dotyczących zawartości flawonoli w przyprawach ekologicznych i konwencjonalnych. Na przykładzie badań nad różnymi gatunkami owoców i warzyw można potwierdzić fakt, że surowce ekologiczne są istotnym źródłem tych związków. Badania Kazimierczak i wsp. [26] porzeczek czarnej wykazały, że surowce pochodzenia ekologicznego zawierały większą ilość flawonoli niż konwencjonalne. Zbliżone wyniki otrzymał Mikkonen i wsp. [18], wykazując różnicę w zawartości tych związków na korzyść porzeczek ekologicznych wynoszącą 20%. Również w owocach czarnych malin uprawianych metodami ekologicznymi, poddanych procesowi mrożenia, zaobserwowano o 50% więcej związków z grupy flawonoli niż w konwencjonalnych [34]. Korzystny wpływ ekologicznego systemu uprawy na gromadzenie się flawonoli potwierdziły także badania winogron [17], cebuli [28] i papryki [27, 35].



Rys. 4. Zawartość kwasów fenolowych (w przeliczeniu na kwas galusowy) w wybranych przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (\pm odchylenie standardowe)

Źródło: badania własne.

<i>p-value</i>	kwasyl fenolowe
pochodzenie	n.s.
gatunek	<0,0001
pochodzenie \times gatunek	0,021

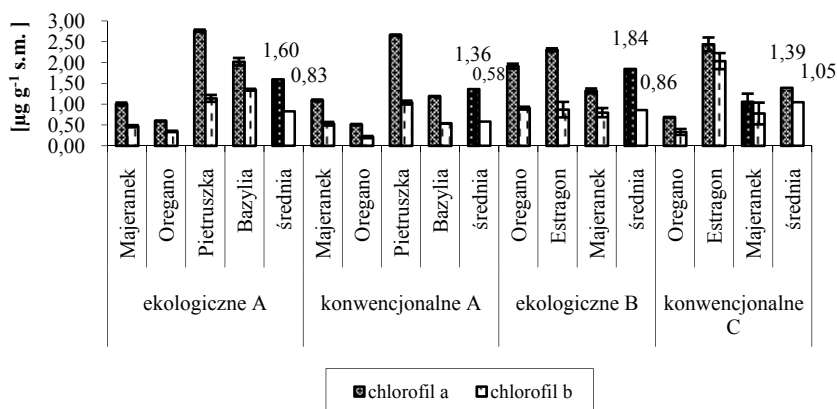
W badaniach własnych odnotowano zdecydowanie wyższe poziomy kwasów fenolowych w przyprawach pochodzących z ekologicznego systemu uprawy niż konwencjonalnego. Zawartość tych związków była istotnie związana również z gatunkiem przyprawy. Najwięcej było ich w ekologicznych przyprawach firmy B, zawierały bowiem średnio 391,91 mg/g s.m., podczas gdy średnia zawartość kwasów fenolowych w przyprawach ekologicznych firmy A wynosiła zdecydowanie mniej (126,66 mg/g s.m.). Przyprawy firmy A zarówno z ekologicznej, jak i konwencjonalnej produkcji wykazywały najmniejszą zawartość kwasów fenolowych w porównaniu z przyprawami pozostałych badanych firm. Spośród ekologicznych przypraw najwięcej kwasów fenolowych odnotowano w oregano i estragonie, natomiast najmniej w pietruszce. Wśród konwencjonalnych przypraw największą ilością kwasów fenolowych odznaczały się majeranek i oregano (rys. 4).

Ze względu na brak publikacji dotyczących kwasów fenolowych w przyprawach z różnych systemów produkcji, otrzymane wyniki porównano z wynikami badań na sałatach. Badanie Tomaszuka [36] potwierdziło wyższą zawartość kwasów fenolowych w ekologicznych główkach odmiany Fulmaria i Sunny w porównaniu z tymi samymi odmianami sałat konwencjonalnych. Na zawartość tych związków miały wpływ zarówno sposób uprawy, jak i odmiana.

Kolejny związek analizowany w niniejszej pracy to chlorofil *a*, którego było więcej w przyprawach ekologicznych niż w konwencjonalnych, oraz chlorofil *b*, którego zawartość w surowcach ekologicznych była również nieznacznie wyższa w stosunku do konwencjonalnych. Istotny wpływ na zawartość chlorofilu *a* i *b* miał gatunek rośliny, w mniejszym stopniu zaś sposób uprawy. Średnia zawartość chlorofilu *a* w przyprawach ekologicznych firmy A wynosiła 1,60 µg/g s.m., a firmy B 1,84 µg/g s.m. W przypadku przypraw z uprawy konwencjonalnej wartości te były odpowiednio niższe i wynosiły 1,39 µg/g s.m. (C) i 1,36 µg/g s.m. (A). Największą zawartość chlorofilu *a* stwierdzono w pietruszce i estragonie z obu systemów produkcji (rys. 5).

Większą ilością chlorofilu *b* odznaczały się przyprawy ekologiczne firm A i B, zawierające odpowiednio 0,83 µg/g s.m. i 0,86 µg/g s.m. Badane gatunki przypraw pochodzących z uprawy konwencjonalnej firmy A posiadały mniej chlorofilu *b* (0,58 µg/g s.m.), a przyprawy firmy C zawierały najwięcej chlorofilu *b* spośród wszystkich badanych (1,05 µg/g s.m.). Wśród przypraw firmy A największą zawartością chlorofilu *b* odznaczała się pietruszka, wśród przypraw firmy B estragon i oregano, natomiast w przypadku firmy C estragon (rys. 5).

Na podstawie badań Głowackiej [37], w których oznaczano zawartość chlorofilu *a* i *b* w świeżych, suszonych i liofilizowanych przyprawach (tymianek, bazylii i oregano) pochodzących z upraw konwencjonalnych, wykazano, że najwięcej chlorofilu *a* i *b* spośród badanych gatunków suszonych i liofilizowanych przypraw posiadały oregano i bazylii. Brakuje jednak wyników badań potwierdzających uzyskane w toku badań własnych zależności pomiędzy przyprawami z ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji.



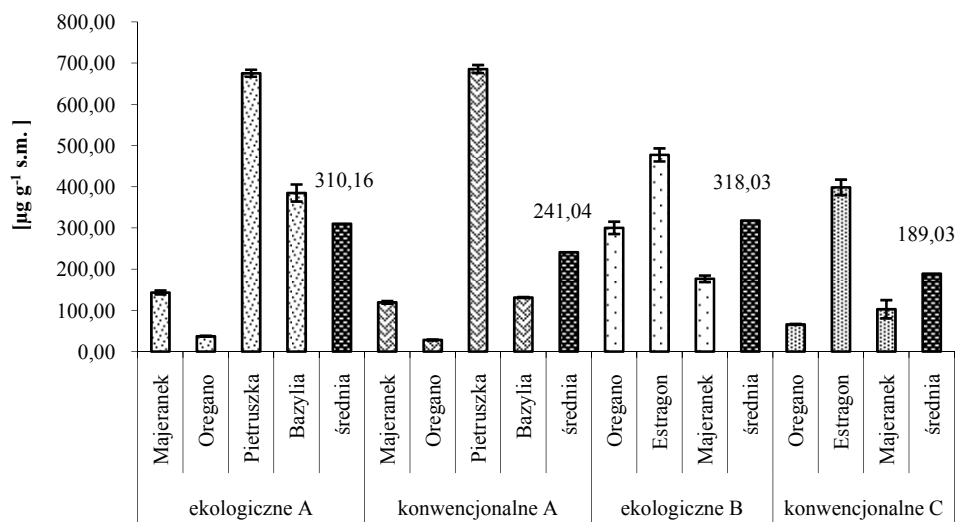
Rys. 5. Zawartość chlorofilu *a* i *b* w wybranych przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (\pm odchylenie standardowe)

Źródło: badania własne.

<i>p-value</i>	chlorofil <i>a</i>	chlorofil <i>b</i>
pochodzenie	n.s.	n.s.
gatunek	<0,0001	<0,0001
pochodzenie x gatunek	n.s.	<0,0001

Wśród związków o działaniu antyoksydacyjnym duże znaczenie przypisuje się karotenoidom. Niewiele jest również doniesień naukowych prezentujących ich zawartość w surowcach ekologicznych i konwencjonalnych. Wyniki badań własnych wskazują na zdecydowanie wyższą obecność karotenoidów w przyprawach ekologicznych. Na ich zawartość istotnie wpływały zarówno sposób produkcji, jak i gatunek rośliny. Średnia zawartość karotenoidów ogółem w ekologicznych przyprawach firmy A wynosiła 310,16 $\mu\text{g/g}$ s.m., a w przypadku firmy B 318,03 $\mu\text{g/g}$ s.m. Przyprawy pochodzące z upraw konwencjonalnych zawierały zdecydowanie mniej tych związków i było to: w przypadku przypraw firmy A 241,04 $\mu\text{g/g}$ s.m., a w przypadku przypraw firmy C 189,03 $\mu\text{g/g}$ s.m. Największą zawartością karotenoidów wśród przypraw ekologicznych odznaczały się pietruszka, bazylia i estragon, natomiast mniejszą zawartość wykazały majeranek i oregano. Wśród przypraw pochodzących z uprawy konwencjonalnej najwięcej karotenoidów odnotowano w pietruszce i estragonie (rys. 6).

Wyniki badań innych autorów dotyczące zawartości karotenoidów w surowcach ekologicznych i konwencjonalnych nie są jednoznaczne. W badaniu papryki prowadzonym przez Hallmann i wsp. [27] wykazano, że zasobniejsze w karotenoidy, takie jak β -karoten i luteina, były warzywa z ekologicznego systemu uprawy, natomiast nie stwierdzono różnic w zawartości likopenu między warzywami z różnych syste-



Rys. 6. Zawartość karotenoidów w wybranych przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (\pm odchylenie standardowe)

Źródło: badania własne.

p-value	karotenoidy
pochodzenie	0,001
gatunek	<0,0001
pochodzenie \times gatunek	n.s.

mów uprawy. W badaniu Rembiałkowskiej i wsp. [29] wykazano podobną zależność – pomidory z ekologicznego systemu uprawy zawierały mniej likopenu niż z systemu konwencjonalnego, natomiast więcej β -karotenu. Inne badania pomidorów autorstwa Rembiałkowskiej i wsp. [33] również potwierdziły poprzednie wyniki. Badania marchwi wykazały, że warzywa ekologiczne były zasobniejsze zarówno w luteinę, jak i w β -karoten [38]. W innej z prac podano wyniki przeciwne – marchew konwencjonalna zawierała więcej β -karotenu niż ekologiczna [20]. Podobnie stwierdzili Warman i Harvard [39], którzy wykazali, że marchew konwencjonalna zawierała więcej β -karotenu niż marchew ekologiczna. Na podstawie pracy Evers [40] dokonano pewnych obserwacji dotyczących zależności poziomu β -karotenu w marchwi od temperatury i ilości promieniowania słonecznego. Okazało się, że przy wysokiej temperaturze i większej liczbie dni słonecznych badana marchew posiadała więcej β -karotenu, co jest potwierdzeniem, że podobnie jak w przypadku innych związków bioaktywnych, na zawartość tego składnika oprócz sposobu uprawy ma wpływ wiele innych czynników, które modulują jego poziom w surowcach.

Podsumowując wyniki badań własnych, stwierdzono, że przyprawy z produkcji ekologicznej charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością witaminy C, karotenoidów i flawonoli w porównaniu z przyprawami konwencjonalnymi. Przyprawy z obu systemów produkcji nie różniły się natomiast w sposób istotny pod względem zawartości kwasów fenolowych i chlorofilu. Niezależnie od sposobu produkcji najwięcej kwasów fenolowych występowało w oregano, witaminy C i karotenoidów w pietruszce, a flawonoli i chlorofilu w pietruszce i estragonie.

Należy zwrócić uwagę na konieczność kontynuowania badań w zakresie analiz zawartości substancji bioaktywnych oraz wartości odżywczej surowców ekologicznych i konwencjonalnych. Większość dotychczas publikowanych badań dowodzi jednak, że surowce ekologiczne odznaczają się wyższą zawartością składników mających bezpośredni związek ze zdrowiem człowieka. Przesłanki te wskazują, że ekologiczny system produkcji może się stać jednym z najbardziej efektywnych sposobów umożliwiających wytwarzanie żywności o pożądanej i poszukiwanej przez dzisiejszego konsumenta jakości.

5. Wnioski

1. Przyprawy z produkcji ekologicznej w stosunku do przypraw konwencjonalnych zawierały istotnie więcej witaminy C, karotenoidów i flawonoli.

2. Pochodzenie z ekologicznej lub konwencjonalnej produkcji nie wpływało na zawartość w przyprawach suchej masy, kwasów fenolowych, chlorofilu *a* i chlorofilu *b*. Pod względem zawartości tych związków przyprawy z badanych systemów produkcji nie różniły się w sposób istotny.

3. Wśród przypraw z produkcji ekologicznej wyróżniała się pietruszka firmy A, która była najzasobniejsza w witaminę C, flawonole, chlorofil *a* oraz karotenoidy. Najwięcej kwasów fenolowych zawierało oregano firmy B.

4. Najzasobniejszą przyprawą z produkcji konwencjonalnej, która wyróżniała się pod względem zawartości suchej masy, witaminy C, chlorofilu *a* i karotenoidów, była pietruszka (A), a najwięcej flawonoli i chlorofilu *b* zawierał estragon (C).

5. Niezależnie od systemu uprawy, z której pochodziły badane przyprawy, najzasobniejsze we flawonole, w chlorofil i karotenoidy okazały się pietruszka i estragon, w kwasy fenolowe – oregano, a w witaminę C pietruszka.

6. Przyprawy z upraw ekologicznych są istotnym źródłem antyoksydantów w diecie, dzięki czemu mogą przyczynić się do poprawy zdrowia oraz chronić przed wieloma chorobami spowodowanymi działaniem wolnych rodników, dlatego powinny być polecane w profilaktyce zdrowotnej.

Literatura

- [1] Kozłowska-Wojciechowska M., *Antyoksydanty – sprzymierzeńcy zdrowia*, „Wiadomości Zielarskie”, 2002, 5, 8-9.
- [2] Moszczyński P., *Jak zmniejszyć ryzyko zachorowania na miażdżycę*, „Wiadomości Zielarskie” 1996, 6, 13-14.
- [3] Ziemiański Ś., *Niebezpieczne rodniki*, „Wiadomości Zielarskie” 1993, 2, 18-19.
- [4] Oszmiański J., Lamer-Zarańska E., *Polifenole – związki chroniące przed szkodliwym promieniowaniem*, „Wiadomości Zielarskie” 1992, 11, 16-18.
- [5] Siebenneicher G.E., *Podręcznik rolnictwa ekologicznego*, PWN, Warszawa 1997.
- [6] Senderski M.E., *Prawie wszystko o ziołach*, Wyd. Mateusz E. Senderski, Podkowa Leśna 2004.
- [7] Coley P.D., Bryant J.P., Chapin III F.S., *Resource availability and plant antiherbivore defense*, Science 1985, 230, 895–899.
- [8] Brandt K., Mølgaard J.P., *Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plants foods?* Journal Science Food Agriculture 2001, 18, 924-931.
- [9] Hołubowicz-Kliza G., *Alternatywna uprawa ziół na korzeń i ziele*, Wyd. IUNG, Puławy 2007.
- [10] Sołtysiak U., *O kryteriach w rolnictwie ekologicznym*, w: Sołtysiak U. (red.), *Rolnictwo ekologiczne. Od producenta do konsumenta*, Ekland, Stiftung Leben & Umwelt, Warszawa 1995.
- [11] Herms D.A., Mattson W.J., *The dilemma of plants: to grow or defend*, Quarterly Review of Biology 1992, 67, 283-335.
- [12] Lorio P.L. Jr., *Growth-differentiation balance: a basis for understanding southern pine beetle interactions*, For. Ecol. Manage. 1986, 14, 259–273.
- [13] Rembiałkowska E., *Jakość ziemiopłodów i produktów zwierzęcych w rolnictwie ekologicznym. Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*, Studia i Raporty IUNG – PIB, Puławy 2007, 6, 62-66.
- [14] Szafirowska-Walendziak A., *Uprawa warzyw w rolnictwie ekologicznym. Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*, Studia i Raporty IUNG – PIB, Puławy 2007, 6, 55.
- [15] Benbrook Ch., *Elevating Antioxidant Levels in Food through Organic Farming and Food Processing*, An Organic Center State of Science Review, 2005.
- [16] Carbonaro M., Mattera M., Nicoli S., Bergamo P., Cappelloni M., *Modulation of antioxidant compounds in organic vs. conventional fruit (peach *Prunus persica* L., and pear *Pyrus communis* L.)*, Journal of Agricultural Food Chemistry 2002, 50(19), 9-11.
- [17] Levite D., Adrian M., Tamm L., *Preliminary results of resveratrol in wine of organic and conventional vineyards*, Conference Proceedings 2000, 256-257.
- [18] Mikkonen T.P., Määttä K.R., Hukkanen A.T., Kokko H.I., Törrönen A.R., Kärenlampi S.O., Karjalainen R.O., *Flavonol content varies among black currant cultivars*, Journal of Agricultural Food Chemistry 2001, 49, 3274-3277.
- [19] Rembiałkowska E., *Badania porównawcze jakości marchwi i białej kapusty z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych*. Roczniki AR Poznań, CCCIV, Ogrodnictwo 1998, 27, 256-266.
- [20] Rembiałkowska E., Adamczyk M., Hallmann E., *Jakość sensoryczna i wybrane cechy wartości odżywczej jablek z produkcji ekologicznej konwencjonalnej*. Bromat. Chem. Toksykol. – Supplement 2003, 33-39.
- [21] Schulz D.G., Koch K., Kromer K.H., Köpke U., *Quality comparison of mineral, organic and bio-dynamic cultivation of potatoes: contents, strength criteria, sensory investigations and picture-creating methods*, [w:] *Proceedings of the Int. Conf. on Agricultural Production and Nutrition*, Boston, Massachusetts 1997, March 19-21.
- [22] Seidler-Łożykowska K., Kozik E., Golacz A., Wójcik J., *Quality of basil herb (*Ocimum basilicum* L.) from organic and conventional cultivation*, Herba Polonica 2007, 3(3), 41-46.

- [23] Lichtenthaler H.K., Wellbyrn A.R., *Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents*, Biochemical Society Transaction 1983, 603, 591-592.
- [24] Strzelecka H., Kamińska J., Kowalski J., Wawelska E., *Chemiczne metody badań roślinnych surowców leczniczych*, PZWL, Warszawa 1978.
- [25] Seidler-Łożykowska K., Kaźmierczak K., Kucharski W.A., Mordalski R., Buchwald W., *Yielding and quality of Sweet basil and Marjoram herb from organic cultivation*, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 2006, 51(2), 157-160.
- [26] Kazimierczak R., Hallmann E., Rembiałkowska E., *Zawartość antyoksydantów w wybranych odmianach czarnych porzeczek pochodzących z różnych upraw w kontekście profilaktyki prozdrowotnej*, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2008, 2, 26-32.
- [27] Hallmann E., Sikora M., Rembiałkowska E., *Porównanie zawartości związków przeciwutleniających w owocach papryki świeżej i mrożonej pochodzącej z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej*, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2008, 1, 30-33.
- [28] Hallmann E., Rembiałkowska E., *Zawartość związków antyoksydacyjnych w wybranych odmianach cebuli z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej*, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 2006 51(2), 42-46.
- [29] Rembiałkowska E., *Porównanie wybranych parametrów jakości zdrowotnej ziemniaków z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych*, Roczniki PZH 1998, 49, 159-167.
- [30] Rembiałkowska E., Hallmann E., Wasiak-Zys G., *Jakość odżywcza i sensoryczna pomidorów z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej*, Żywnienie Człowieka i Metabolizm 2003, 30, 3/4, 893-899.
- [31] Caris-Veynard C., Amiot M.J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mikołajczak M., Guillard J.C., Bouteloup-Demange C., Borel P., *Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomato and derived purees, consequence on antioxidant plasma status in humans*, Journal of Agricultural Food Chemistry 2004, 52, 6503-6509.
- [32] Pither R., Hall M.N., *Analytical survey of the nutritional composition of organically grown fruits and vegetables*, Technical Memorandum, MAFF project 4350, Campden Food & Drink Research Association 1990, 597.
- [33] Rembiałkowska E., Hallmann E., Szafrowska A., *Nutritive quality of tomato fruit from organic and conventional cultivation (ICCAS Warsaw, 27 of June – 1 July 2005)*, Culinary Art and Sciences Global and National Perspectives, Wyd. SGGW, Warszawa 2005, 193-202.
- [34] Asami D.K., Hong Y.J. Barrett D.M., Mitchell A.E., *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 Agricultural Food Chemistry 2003, 51 (5), 2-26.
- [35] Marin A., Ferreres F., Tomás-Barbetán F.A., Gil M.I., *Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (Capsicum annuum L.)*, Journal of Agricultural Food Chemistry 2004, 52, 3861-3869.
- [36] Tomaszuk P., *Środowiskowe aspekty stosowania efektywnych mikroorganizmów w uprawie ekologicznej salaty masłowej (Lactuca sativa)*, praca magisterska, SGGW, Warszawa 2008.
- [37] Głowacka K., *Wpływ procesów technologicznych na intensywność i typowość przypraw ziołowych*, praca magisterska, SGGW, Warszawa 2008.
- [38] Rembiałkowska E., Hallmann E., *Wpływ metody uprawy ekologicznej i konwencjonalnej na wybrane parametry wartości odżywczej marchwi (Daucus carota)*, Żywnienie Człowieka i Metabolizm 2007, 1/2, 550-556.
- [39] Warman P.R. Havard K.A., *Yield, mineral and vitamin contents of organically and conventionally grown cabbage*, Agric. Ecosys. Environ. 1997, 61, 155-162.
- [40] Evers A.M., *Effects of different fertilization practices on the carotene of carrot*, Journal of Agricultural Science in Finland 1989, 61, 7-14.

ANTIOXIDANTS CONTENT IN CHOSEN SPICES FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL CULTIVATION

Summary: It is supposed that organic farming is able to increase nutritional value and antioxidant composition of agricultural products, therefore it was supposed that organic spices could have a higher level of these components. The work presents results of content of bioactive compounds in chosen species of spices from organic and conventional cultivation. Obtained results showed a significantly higher level of vitamin C, carotenoids and flavonols in organic spices in comparison to conventional. The applied method of cultivation did not impact the content of dry matter, phenolic acids and chlorophyll. Obtained results have been ambiguous and it would be useful to continue research in this respect.

Keywords: spices, organic cultivation, conventional cultivation, antioxidants.