

## ANTIOXIDANTS CONTENT IN CHOSEN SPICE PLANTS FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL CULTIVATION

### Summary

*The purpose of this work was to compare the influence of methods applied in organic and conventional agriculture to find antioxidant substances biologically active in spice plants. The research material consisted of following species of spice plants: lemon balm, lovage, mint, thyme and sage. The plants were cultivated in organic and conventional farms. As a result of the research it was concluded that spice plants from organic production in comparison with spice plants from conventional production contained significantly higher level of dry matter, vitamin C, total phenolic acids and total flavonols. Because of the high content of important bioactive compounds, spices from organic farming should be recommended to improve our diet and for prophylaxis of health.*

## ZAWARTOŚĆ PRZECIWUTLENIA CZY W ZIOŁACH PRZYPRAWOWYCH POCHODZĄCYCH Z PRODUKCJI EKOLOGICZNEJ I KONWENCJONALNEJ

### Streszczenie

*Celem pracy było porównanie wpływu metod stosowanych w rolnictwie ekologicznym i konwencjonalnym na zawartość związków biologicznie czynnych o charakterze antyoksydacyjnym w ziołach przyprawowych. Materiał do badań stanowiły świeże zioła (melisa, lubczyk, mięta, tymianek i szalwia), które pochodziły z dwóch gospodarstw – z certyfikowanego gospodarstwa ekologicznego i z gospodarstwa konwencjonalnego. Otrzymane wyniki wykazały, że zioła przyprawowe z produkcji ekologicznej charakteryzowały się istotnie większą zawartością suchej masy, witaminy C, kwasów fenolowych ogółem i flawonoli ogółem w porównaniu do ziół konwencjonalnych. Ze względu na wysoką zawartość ważnych dla zdrowia związków bioaktywnych zioła z upraw ekologicznych powinny stanowić element wzbogacający dietę i być polecane w profilaktyce zdrowotnej.*

### 1. Wstęp

Zwiększenie spożycia produktów bogatych w substancje o działaniu antyoksydacyjnym wpływa korzystnie na zdrowie człowieka, na co wskazują liczne doniesienia naukowe. Rośliny przyprawowe są surowcami zasobnymi w związki fenolowe, w tym: kwasy fenolowe, flawonoidy i karotenoidy oraz w witaminę C, dzięki którym wpływają na pobudzanie apetytu, zapobieganie nowotworom, wzmacnianie odporności, a także pozytywnie oddziałują na układ nerwowy i krwionośny [11].

O jakości surowca decyduje zawartość substancji bioaktywnych, na co ma wpływ m.in. szereg czynników środowiskowych, na które składają się wzajemnie ze sobą powiązane czynniki glebowe i klimatyczne. Badanie wpływu środowiska na zawartość substancji czynnych w roślinie jest sprawą skomplikowaną i trudną. Gleba, od której zależy m.in. plon uprawianych roślin ma kluczowe znaczenie. 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. Kwaśne środowisko w sposób pośredni wpływa negatywnie na strukturę gleby – staje się ona trudna w uprawie, źle pochłania wodę, powoduje, że system korzeniowy roślin jest słabo rozwinięty i brak w niej organizmów glebowych. Na kwaśnych glebach również obserwuje się większą dostępność dla roślin metali ciężkich (np. kadm, ołów, cynk, chrom) [28].

W rolnictwie ekologicznym dla zachowania odpowiedniego poziomu żyzności gleby podstawowe znaczenie ma

prawidłowy płodozmian. Pełni on funkcję nawozową, polegającą na kształtowaniu odpowiedniego bilansu azotowego i bilansu materii organicznej w glebie oraz funkcję ochronną przed szkodnikami, chorobami i nadmiernym zachwaszczeniem. Ponadto ogranicza wymywanie składników mineralnych (np. Ca, N, K), wpływa na poprawę wykorzystania nawozów, zapobiega erozji wietrznej i wodnej, jak również wpływa na poprawę aktywności biologicznej gleby. Szczególne znaczenie w płodozmianie mają rośliny motylkowe, które dzięki symbiozie z bakteriami typu *Rhizobium* wiążą azot z atmosfery wzbogacając glebę w te składniki. Nawozy pochodzenia zwierzęcego stanowią uzupełnienie strat składników mineralnych, zaś nawożenie ziemi kompostem wpływa korzystnie na poprawę walorów sensorycznych płodów rolnych (zapachu, smaku) oraz na ich jakość przechowalniczą [2, 9, 28, 29]. W rolnictwie konwencjonalnym, w przeciwieństwie do ekologicznego, uprawa gleby opiera się w dużym stopniu na chemizacji i uprawie mechanicznej, co odbija się negatywnie na jej strukturze, a pośrednio na jakości plonów.

Na zawartość substancji czynnych w roślinach uprawnych ma również wpływ sposób nawożenia, który jest jednocześnie jednym z głównych czynników podnoszenia wysokości plonu. Nawożenie gleby nawozami organicznymi stosowane w rolnictwie ekologicznym dostarcza pokarmu mikroorganizmom bytującym w glebie, których zadaniem jest udostępnienie w odpowiednich ilościach i formie składników mineralnych roślinie. W systemie konwencjonalnym natomiast, gdzie stosuje się nawozy syntetyczne, dostarcza się składników mineralnych bezpośrednio roślinom. Ponadto nawożenie roślin łatwo rozpuszczalnymi nawozami azotowymi przyczynia się do zwiększonego ich pobierania przez system korzeniowy i akumulacji w roślinie

nach. Ze względu na fakt, że w systemie ekologicznym azot występuje w formie związanej organicznie - w postaci związków zawartych w próchnicy, które są rozkładane przez mikroorganizmy glebowe, a następnie jest uwalniany i pobierany w takich ilościach w jakich potrzebuje roślina, w ekologicznych surowcach roślinnych stwierdzana jest z reguły niska zawartość azotanów. Ponadto w uprawach konwencjonalnych w wyniku nawożenia mineralnego wzrasta ilość plonów, przy jednoczesnym podwyższeniu ilości wody w komórkach roślin, powodując spadek zawartości suchej masy w plonach. Sytuacja ta wpływa na różnice w trwałości przechowalniczej surowców pochodzących z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej. Surowce ekologiczne lepiej się przechowują, ponieważ zawierają z reguły więcej suchej masy, co wpływa na ograniczenie aktywności enzymatycznej i przez to spowalnia procesy gnicia i rozkładu [7, 9, 12, 21, 27, 28, 30].

Występowanie w surowcach wtórnych metabolitów roślinnych takich, jak: związki fenolowe, alkaloidy czy glikozydy, ma istotne znaczenie zarówno dla fizjologii samej rośliny, jak i dla zdrowia człowieka. W ekologicznym systemie uprawy ze względu na zakaz stosowania syntetycznych środków ochrony roślin do zwalczania szkodników, chorób i chwastów oraz w odpowiedzi na czynniki zewnętrzne (m.in. światło, temperatura, nawodnienie), roślina uruchamia własne mechanizmy obronne w postaci syntezy tych właśnie związków. Ponadto na ilość wtórnych metabolitów w roślinach ma wpływ dostępność azotu w glebie. Według założeń teorii równowagi C/N, w środowiskach ubogich w łatwo przyswajalny azot, czyli w systemach ekologicznych rośliny w pierwszym rzędzie produkują intensywnie związki zawierające węgiel, takie jak cukry proste i złożone (glukoza, fruktoza, skrobia, celuloza) oraz inne nie zawierające azotu wtórne metabolity, w tym terpenoidy, związki fenolowe, niektóre barwniki i witaminy. Natomiast w środowiskach bogatych w łatwo przyswajalny azot – uprawiając rośliny w systemie konwencjonalnym, metabolizm roślin zmienia się w kierunku intensywnej produkcji związków azotowych, takich jak wolne aminokwasy, białka i alkaloidy [4].

Wyniki licznych badań naukowych prowadzonych na całym świecie uwierzytelniają wyższą zawartość związków o charakterze antyoksydacyjnym oraz suchej masy w płodach rolnych z upraw ekologicznych w porównaniu do pochodzących z upraw konwencjonalnych, ale znane są również doniesienia, które nie potwierdzają takich różnic. Dlatego uznano za celowe podjęcie badań porównujących zawartość tych składników w wybranych gatunkach ziół przyprawowych pochodzących z rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego.

## 2. Materiał i metody badań

Doświadczenie zostało przeprowadzone w 2009 roku w laboratorium Zakładu Żywności Ekologicznej, w SGGW w Warszawie.

Do badań wyselekcjonowano pięć gatunków roślin zielarskich: mięta pospolita, szalwia lekarska, melisa lekarska, tymianek pospolity i lubczyk ogrodowy. Wybór ziół został podyktowany ich dużą wartością prozdrowotną i częstym wykorzystywaniem przez konsumentów. Surowiec stanowiły świeże zioła zebrane z trzyletnich plantacji, pochodzące z dwóch niezależnych gospodarstw - certyfikowanego gospodarstwa ekologicznego oraz z gospodarstwa konwen-

cjonalnego. Certyfikowane gospodarstwo ekologiczne położone jest w miejscowości Rozalin, gmina Nadarzyn, powiat pruszkowski, natomiast konwencjonalne w miejscowości Szczytno, gmina Załuski, powiat płoński. Obydwa gospodarstwa są zlokalizowane na terenie województwa mazowieckiego. Zbiór ziół poszczególnych gatunków został przeprowadzony ręcznie na początku września 2009 roku w okresie osiągnięcia przez rośliny fazy dojrzałości zbiorczej, odpowiadającej dojrzałości użytkowej poszczególnych gatunków.

W obu gospodarstwach rośliny zielarskie były uprawiane na glebach III klasy bonitacyjnej. W gospodarstwie ekologicznym stosowano nawożenie organiczne w postaci przekompostowanego obornika w ilości 15 t/ha. Całościowy bilans nawożeniowy wyniósł: azot /N/ 80 kg, fosfor /P/ 45 kg, potas /K/ 105 kg na hektar powierzchni. W gospodarstwie konwencjonalnym do nawożenia zastosowano nawóz wieloskładnikowy azofoskę w ilości 700 kg/ha, zgodnie z zapotrzebowaniem pokarmowym roślin zielarskich. Bilans składników mineralnych przedstawiał się następująco: azot /N/ 95,2 kg, fosfor /P/ 13,3 k i, potas /K/ 112 kg na hektar powierzchni.

Wielkość pobranych do badań prób laboratoryjnych wynosiła min. 0,2 kg. Do analiz wykorzystano części użytkowe poszczególnych gatunków ziół (mięta pospolita, szalwia lekarska, melisa lekarska i tymianek - liście oraz ulistnione szczyty pędów, lubczyk ogrodowy - liście). W świeżych ziołach oznaczono: zawartość suchej masy metodą wagową wg PN- R-04013:1988 [17], zawartość witaminy C metodą miareczkowania wg PN-A-75101-11:1990 [16] oraz zawartość związków fenolowych metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC [15] z identyfikacją związków fenolowych według wzorców firmy Fluka i Sigma Aldrich. Aby uniknąć strat w zawartości związków biologicznie czynnych w materiale roślinnym, natychmiast po zbiorze zioła zostały zamrożone w temperaturze  $-80^{\circ}\text{C}$ , a następnie poddano je liofilizacji, po czym przeprowadzono badania analityczne.

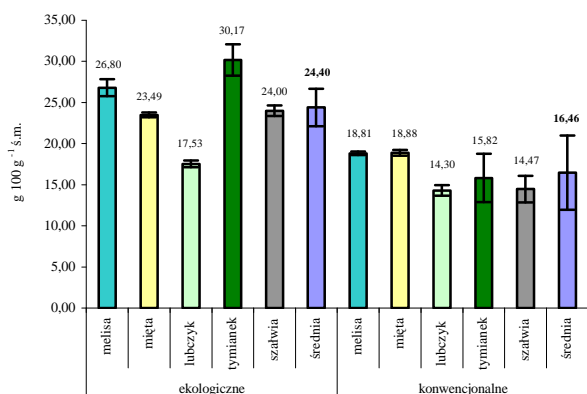
Analizę statystyczną wyników przeprowadzono przy użyciu programu komputerowego STATGRAPHICS 5.1. Do obliczeń użyto analizy wariancji dwuczynnikowej dla gatunku, z wykorzystaniem testu Tukey'a. Poziom istotności otrzymanych wyników wyniósł 95% ( $\alpha = 0,05$ ), co oznacza, że alfa praktyczne (p-value) musi przyjmować wartość poniżej  $\alpha = 0,05$ , aby różnica była istotna statystycznie.

Badanymi czynnikami były metoda uprawy (ekologiczna i konwencjonalna) i gatunek rośliny. Wartość współczynnika p-value podano przy rysunkach i tabelach. W przypadku, gdy obliczony współczynnik był nieistotny statystycznie, wynik analizy statystycznej oznaczano jako n.s. (nie istotny statystycznie). Dodatkowo obliczono odchylenia standardowe (s.d.) dla badanej próby. Każdą analizę przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Różnice procentowe obrazujące zmiany zawartości badanych składników w materiale roślinnym obliczono na podstawie wzoru Worthington [33]:  $[(\text{eko.} - \text{konw.}) / \text{konw.} \times 100\%]$ .

## 3. Wyniki i dyskusja

Badania własne przeprowadzone na wybranych gatunkach roślin przyprawowych wykazały istotną różnicę w zawartości suchej masy na korzyść surowców pochodzących z uprawy ekologicznej (rys. 1). Wśród badań prowa-

dzonych na roślinach zielarskich znaleziono nieliczne, podobne do prezentowanych, które były realizowane na surowcach ekologicznych i konwencjonalnych. W badaniu przeprowadzonym przez Seidler-Łożykowską i in. [27], odnotowano wyższą zawartość suchej masy w przypadku bazylii odmiany Kasia pochodzącej z uprawy ekologicznej, która jednocześnie posiadała większą zawartość olejów eterycznych oraz mikro i makroskładników. Ponadto wykazano, iż bazylii odmiany Kasia uprawiana w systemie ekologicznym dała większy plon świeżego i suchego surowca niż w uprawie konwencjonalnej. Podobne obserwacje zanotowano w przypadku uprawy majeranku odmiany Miraż. Otrzymane wyniki wskazują na przydatność tych dwóch odmian do uprawy ekologicznej [26]. Większą zawartość suchej masy w surowcu ekologicznym potwierdzili również autorzy badań na owocach czarnej porzeczki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej [10]. Z wynikami tymi korespondują również badania Hallmann i in. [8], na papryce czerwonej oraz Hallmann i Rembiałkowskiej [5] na cebuli, jak również na jabłkach z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej przeprowadzone przez Rembiałkowską i wsp. [20]. Inne wyniki Rembiałkowskiej i in. [21], dotyczące dwóch odmian marchwi Perfekcja i Flacoro z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej nie potwierdziły tej zależności, bowiem wykazały brak istotnych różnic pomiędzy zawartością suchej masy w surowcach ekologicznych w porównaniu do surowców konwencjonalnych.



Rys. 1. Zawartość suchej masy w wybranych roślinach przyprawowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej

*Fig.1. Dry matter content in chosen spice plants from organic and conventional cultivation*

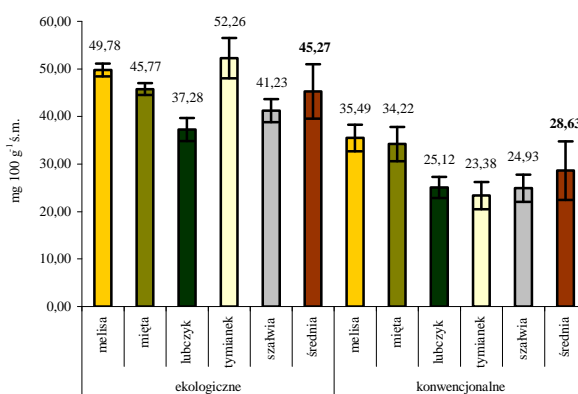
p-value,  
 uprawa <0.0001,  
 gatunek <0.0001,  
 uprawa x gatunek <0.0001.

Wyniki uzyskane w badaniu własnym, jak również większości cytowanych autorów potwierdzają teorię, która zakłada, że w rolnictwie konwencjonalnym w wyniku stosowania nawozów mineralnych rośliny mają większą zdolność do gromadzenia wody w tkankach, co wpływa ujemnie na gromadzenie się suchej masy oraz składników bioaktywnych w roślinach w porównaniu do roślin z upraw ekologicznych [31].

Badając surowce pochodzenia roślinnego naukowcy szczególnie 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 [11]. W badaniu własnym zwrócono uwagę na zawartość witaminy C, której istotnie lepszym źródłem okazały się rośliny przyprawowe pochodzenia ekologicznego. Zawierały one średnio 45,27 (± 5,75) mg 100g<sup>-1</sup> s.m. tej witaminy, podczas gdy rośliny z uprawy konwencjonalnej 28,63 (± 6,17) mg 100g<sup>-1</sup> s.m. (rys. 2).

Podobne badania dotyczące zawartości witaminy C w przyprawach rynkowych (suszonych) prowadziła Ziętara [35], która potwierdziła wyższą zawartość witaminy C w produktach ekologicznych. Uzyskane wyniki uwierzytniają również wyniki badań prowadzone na innych surowcach, m.in. marchwi [21], kapuście [19], jabłkach [20], cebuli [5], owocach pomidorów cherry [22] oraz owocach czarnej porzeczki [10]. Z wynikami tymi korespondują również wyniki badań Pither'a i Hall'a [18] oraz Caris'a-Veynard'a i wsp. [3], które potwierdziły znacznie wyższy poziom zawartości witaminy C w owocach pomidorów ekologicznych niż konwencjonalnych. Niektóre badania wskazują na prawie dwukrotnie większą zawartość witaminy C w surowcach ekologicznych w stosunku do konwencjonalnych, co potwierdza doniesienie Hallmann i in. [8], dotyczące badań na świeżej i mrożonej papryce. Istnieją jednak przeciwstawne wyniki badań, które mówią o wyższej zawartości witaminy C w surowcach konwencjonalnych. W przypadku badań na pomidorach przeprowadzonych przez Rembiałkowską i in. [23], surowce ekologiczne zawierały zdecydowanie mniejszą zawartość witaminy C w stosunku do konwencjonalnych.



Rys. 2. Zawartość witaminy C w wybranych roślinach przyprawowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej

*Fig.2. Vitamin C content in chosen spice plants from organic and conventional cultivation*

p-value,  
 uprawa <0.0001,  
 gatunek <0.0001,  
 uprawa x gatunek 0.0001.

Niejednoznaczne doniesienia prezentujące zawartość witaminy C w surowcach i produktach ekologicznych i konwencjonalnych wynikają z wpływu szeregu czynników, takich jak temperatura, światło i stopień dojrzałości surowca na poziom koncentracji tego związku w roślinach. Dlatego aby dokonać dokładnej analizy, należy porównywać gatunki czy odmiany uprawiane w identycznych warunkach klimatyczno-środowiskowych.

Kolejną grupą związków o charakterze antyoksydacyjnym oznaczaną w toku badań własnych były kwasy fenolowe i flawonoidy (flawonole, flawonony), występujące w znacznych ilościach w surowcach zielarskich. Rośliny z upraw ekolo-

Tab. 1. Zawartość sumy wybranych grup związków fenolowych w ziołach przyprawowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (średnia  $\pm$  odchylenie standardowe)\*

Table 1. Total contents of the selected groups of phenolic compounds in chosen spice plants from organic and conventional cultivation

Sposób uprawy	Gatunek	Kwasy fenolowe (suma)	Flawonole (suma)	Flawonony (suma)
		mg/100 g ś.m.		
ekologiczna	melisa	15.05	n.w.**	25.53
	mięta	72.45	218.10	n.w.
	lubczyk	113.38	52.12	71.96
	tymianek	84.69	214.10	127.37
	szałwia	123.66	121.50	7.39
	średnia*	81.84 $\pm$ 49,02	121.17 $\pm$ 70,99	58.06 $\pm$ 51,08
konwencjonalna	melisa	46.78	19.82	28.92
	mięta	32.40	73.00	n.w.
	lubczyk	47.85	36.46	43.31
	tymianek	155.82	203.63	134.86
	szałwia	35.59	27.05	5.29
	średnia*	63.69 $\pm$ 39,78	71.99 $\pm$ 90,39	53.10 $\pm$ 10,60
różnica eko/konw****		28.51%	68.30%	9.35%
p-value				
uprawa		<0.0001	<0.0001	n.s.***
gatunek		<0.0001	<0.0001	<0.0001
uprawa x gatunek		<0.0001	<0.0001	0.0115

\*\*n.w. (nie wykryto związku)

\*\*\*n.s. (nie istotne statystycznie)

\*\*\*\*obliczone ze wzoru [(eko-konw)/konw]\*100% wg Worthington [33]

gicznych wykazywały średnio istotnie wyższą zawartość flawonoli i kwasów fenolowych niż konwencjonalne (tab. 1). W przypadku zawartości flawononów ogółem różnica nie była istotna, a jednocześnie, co warto podkreślić, w ziele mięty nie wykryto obecności flawononów. Różnica w zawartości związków fenolowych na korzyść roślin ekologicznych w prezentowanej pracy wynosiła 68,30% dla flawonoli ogółem i 28,51% dla kwasów fenolowych ogółem.

Związki fenolowe są określane jako „naturalne pestycydy”. Dlatego większa ich koncentracja w płodach rolnych z produkcji ekologicznej może być uwarunkowana brakiem stosowania pestycydów w uprawach, co uruchamia naturalny system ochrony w tkankach roślinnych i warunkuje większą syntezę związków fenolowych.

Wyjaśnienie potwierdzające przytoczoną teorię zawartości związków fenolowych prezentują Young i wsp. [34]. W swojej pracy badali oni zawartość związków fenolowych w warzywach liściowych niechronionych chemicznie i przez to narażonych na atak szkodników oraz uprawianych z zastosowaniem pestycydów. Warzywa, które były uprawiane w systemie ekologicznym (niechronione chemicznie), miały więcej uszkodzeń na liściach, przy czym jednocześnie w ich tkankach stwierdzono wyższą zawartość związków fenolowych.

Niestety w literaturze przedmiotu bardzo mało jest doniesień odnośnie zawartości związków fenolowych w roślinach przyprawowych z różnych systemów uprawy. Wyniki zbieżne z prezentowanymi w niniejszej pracy uzyskała w ostatnim czasie Ziętara [35], która oznaczała zawartość flawonoli w przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej znajdujących się w obrocie handlowym. Stwierdzono w nich, że produkty ekologiczne wykazywały zdecydowanie i istotnie wyższą zawartość flawonoli niż konwencjonalne. Na przykładzie badań nad innymi surowcami można potwierdzić fakt, że surowce ekologiczne są istotnym źródłem związków należących do flawonoidów.

Badania Kazimierzak i in. [10], wykonane na porzecze czarnej wykazały, iż surowce z rolnictwa ekologicznego zawierały większą ilość flawonoidów (w przeliczeniu na kwercetynę) w porównaniu do konwencjonalnych. Zbliżone wyniki otrzymał Mikkonen i in. [14], wykazując 20% różnicę w zawartości tych związków na korzyść porzeczek ekologicznych. Również w owocach czarnych malin uprawianych metodami ekologicznymi, poddanych procesowi mrożenia zaobserwowano o 50% więcej związków fenolowych, niż w konwencjonalnych [1]. Wpływ ekologicznego systemu uprawy na zawartość flawonoidów w surowcach potwierdziły ponadto badania Hallmann i in. [5], w których stwierdzono, iż cebula ekologiczna zawierała zdecydowanie więcej związków fenolowych niż konwencjonalna, przy czym cebula czerwona była zasobniejsza w te związki w porównaniu do żółtej. Podobne wyniki osiągnęli również Rembiałkowska i in. [23], wykazując większą zawartość flawonoidów w pomidorach uprawianych ekologicznie, a także Hallmann i in. [8] oraz Marin i in. [13] w papryce ekologicznej.

W badaniach własnych uzyskano wyższe poziomy kwasów fenolowych u roślin przyprawowych pochodzących z ekologicznego systemu uprawy w porównaniu do konwencjonalnych, co jest zbieżne z badaniami Ziętary [35]. Niestety nie znaleziono w literaturze innych danych odnoszących się do roślin zielarskich, z którymi można porównać otrzymane wyniki. Jednak istnieją prace dotyczące zawartości wybranych związków fenolowych w świeżych owocach pomidora, w soku pomidorowym oraz w sałacie z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. W badaniach Rembiałkowskiej i in. [24] wykazano, że świeży sok pomidorowy z produkcji ekologicznej zawierał więcej kwasów fenolowych w porównaniu z sokiem konwencjonalnym. Podobną zależność w badaniach na soku pomidorowym otrzymała Hallmann i Rembiałkowska [8], które wykazały, że sok z produkcji ekologicznej zawierał więcej kwasów fenolo-

wych ogółem w porównaniu z sokami z produkcji konwencjonalnej. Również w badaniach Tomaszuka [32] istotnie wyższą zawartość kwasów fenolowych odnotowano w główkach sałaty ekologicznej niż w sałacie konwencjonalnej.

Zawartość poszczególnych związków fenolowych w roślinach zielarskich z ekologicznego i konwencjonalnego systemu uprawy jest nowym elementem badań, dla porównania którego nie znaleziono w dostępnej literaturze danych, dlatego na potrzeby dyskusji porównano zawartość wybranych związków fenolowych w innych produktach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Analizę jakościową oznaczonych kwasów fenolowych, flawonoli, flawononów i flawonów w badanym materiale roślinnym przedstawiono w tab. 2 i 3.

Części ze zidentyfikowanych związków nie wykryto w niektórych z badanych próbek, co uniemożliwiło analizę statystyczną wyników w odniesieniu do wpływu sposobu uprawy i gatunków roślin na zawartość poszczególnych związków. Analiza jakościowa składu kwasów fenolowych wykrytych w badanych gatunkach roślin (tab. 2) potwierdziła obecność kwasów: galusowego, chlorogenowego, kawowego, p-kumarynowego i ferulowego. Zioła z uprawy ekologicznej zawierały średnio więcej kwasu galusowego, kawowego i chlorogenowego, podczas gdy zioła konwencjonalne były za-

sobniejsze w kwas p-kumarynowy i ferulowy. W przypadku ziela mięty i melisy z uprawy konwencjonalnej kwasy fenolowe reprezentowane były wyłącznie przez kwas p-kumarynowy, pozostałych związków nie wykryto.

W badanych gatunkach roślin z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej z grupy flawonoli wykryto: rutynę, myricetynę, kwercetynę, kempferol, D-glukozyd kwercetyny i D-glukozyd kempferolu. Ponadto zidentyfikowano naringinę z grupy flawononów i luteolinę z grupy flawonów. Średnia zawartość większości wykrytych substancji (rutyna, myricetyna, kwercetyna, kempferol, D-glukozyd kempferolu i naringina) była większa w przypadku surowców z produkcji ekologicznej. Natomiast surowce z produkcji konwencjonalnej zawierały średnio więcej D-glukozydu kwercetyny i luteoliny.

Uzyskane wyniki są zgodne z badaniami Robak [25], która wykazała istotnie większą zawartość rutyiny i kwasu chlorogenowego w soku pomidorowym z owoców ekologicznych w porównaniu z sokiem z owoców z upraw konwencjonalnych. W pracy Robak [25] uzyskano jednocześnie częściowo przeciwstawne do uzyskanych w toku badań własnych wyniki, wskazujące na większą zawartość D-glukozydu kwercetyny, a mniejszą zawartość naringiny w produkcie ekologicznym. Zbliżone wyniki prezentują również

Tab. 2. Analiza jakościowa oznaczonych kwasów fenolowych w ziołach przyprawowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (średnia  $\pm$  odchylenie standardowe)\* w mg 100 g<sup>-1</sup> ś.m.

Table 2. Qualitative analysis of identified phenolic acids in chosen spice plants from organic and conventional production (mean  $\pm$  standard deviation)\* in mg 100 g<sup>-1</sup> of fresh matter

Sposób uprawy	Gatunek	Kwasy fenolowe				
		galusowy	chlorogenowy	kawowy	p-kumarynowy	ferulowy
ekologiczna	melisa	n.w.**	n.w.	n.w.	15.05	n.w.
	mięta	n.w.	37.78	34.67	n.w.	n.w.
	lucbzyk	n.w.	24.87	62.35	11.42	14.73
	tymianek	n.w.	18.83	4.64	32.70	28.52
	szałwia	25.60	32.05	5.90	28.92	31.19
	średnia*	25.60 $\pm$ 4,26	28.38 $\pm$ 10,60	26.89 $\pm$ 6,60	22.02 $\pm$ 16,95	24.81 $\pm$ 35,96
konwencjonalna	melisa	9.83	n.w.	n.w.	36.94	n.w.
	mięta	n.w.	n.w.	n.w.	32.40	n.w.
	lucbzyk	n.w.	19.41	16.68	8.79	2.97
	tymianek	2.44	17.03	9.66	39.77	86.93
	szałwia	6.55	24.16	4.87	n.w.	n.w.
	średnia*	6.27 $\pm$ 10,60	20.20 $\pm$ 13,55	10.40 $\pm$ 24,54	29.47 $\pm$ 12,60	44.95 $\pm$ 13,87
***różnica eko/konw		308.03%	40.48%	158.46%	- 25.28%	- 44.80%

\*\*n.w. (nie wykryto związku)

\*\*\*obliczone ze wzoru [(eko-konw)/konw]\*100% wg Worthington [33]

Tab. 3. Analiza jakościowa oznaczonych flawonoli, flawononów i folawonów w ziołach przyprawowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej

(średnia  $\pm$  odchylenie standardowe)\* w mg 100 g<sup>-1</sup> ś.m.

Table 3. Qualitative analysis of identified flavonols, flavonoids and flavonons in chosen spice plants from organic and conventional production (mean  $\pm$  standard deviation)\* in mg 100 g<sup>-1</sup> of fresh matter

Sposób uprawy	Gatunek	Flawonole					Flawonony	Flawony	
		rutyna	D-glukozyd kwercetyny	D-glukozyd kempferolu	myricetyna	kwercetyna	kempferol	naringina	luteolina
ekologiczna	melisa	n.w.**	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	25.53	
	mięta	50.01	72.04	9.35	48.64	33.93	4.13	n.w.	
	lucbzyk	19.19	4.45	n.w.	9.57	18.91	n.w.	71.96	
	tymianek	1.79	80.80	29.99	66.61	34.90	n.w.	127.37	
	szałwia	19.64	35.40	13.34	49.19	n.w.	3.92	n.w.	
	średnia*	22.66 $\pm$ 12,07	48.17 $\pm$ 71,66	17.56 $\pm$ 7,27	43.50 $\pm$ 13,17	29.25 $\pm$ 11,53	4.03 $\pm$ 1,41	99.67 $\pm$ 54,67	16.46 $\pm$ 11,94
konwencjonalna	melisa	0.08	n.w.	n.w.	19.75	n.w.	n.w.	n.w.	
	mięta	n.w.	n.w.	12.59	33.08	27.33	n.w.	n.w.	
	lucbzyk	13.10	n.w.	n.w.	7.93	15.43	n.w.	43.31	
	tymianek	30.81	172.82	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	134.86	
	szałwia	7.94	0.00	15.72	n.w.	n.w.	3.40	n.w.	
	średnia*	12.98 $\pm$ 19,22	86.41 $\pm$ 35,39	14.15 $\pm$ 11,49	20.25 $\pm$ 26,73	21.38 $\pm$ 16,11	3.40 $\pm$ 2,04	89.09 $\pm$ 54,10	17.11 $\pm$ 10,27
***różnica eko/konw		74.56%	- 44.25%	24.08%	114.80%	36.79%	18.57%	11.88%	- 3.80%

\*\*n.w. (nie wykryto związku); \*\*\*obliczone ze wzoru [(eko-konw)/konw]\*100% wg Worthington [33]

Caris-Veynard i in. [3] prowadzący badania na 3 odmianach pomidorów. Owoce dwóch odmian uprawianych systemie ekologicznym charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością kwasu chlorogenowego, zaś w owocach trzeciej odmiany nie wystąpiły istotne różnice w zależności od sposobu uprawy. Jednocześnie wszystkie odmiany pomidorów z uprawy ekologicznej charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością rutyny w owocach.

Jak wskazują zaprezentowane wyniki badań własnych i wyniki innych cytowanych autorów, surowce i produkty pochodzące z rolnictwa ekologicznego często odznaczają się lepszą wartością odżywczą, w tym przede wszystkim większą zawartością związków antyoksydacyjnych, takich jak m.in. związki fenolowe. Jednakże istnieją również doniesienia, które nie potwierdzają różnic w zawartości tych związków na korzyść surowców i produktów ekologicznych. Dlatego należy zwrócić uwagę na konieczność kontynuowania dalszych badań w zakresie analiz zawartości substancji bioaktywnych oraz wartości odżywczej surowców z rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego. Na ich zawartość oprócz odpowiedniej techniki uprawy ma również wpływ szereg czynników, które modulują ich poziom. Wychodząc z założenia, że surowce ekologiczne odznaczają się większą zawartością składników bioaktywnych, co ma bezpośredni związek ze zdrowiem człowieka, to właśnie ekologiczny system produkcji może stać się optymalnym, umożliwiającym wytwarzanie żywności o požądanej jakości poszukiwanej przez dzisiejszego konsumenta.

#### 4. Wnioski

1. Badane rośliny przyprawowe charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością związków biologicznie aktywnych, przy czym ekologiczny sposób produkcji wpływał istotnie dodatnio na zawartość kwasów fenolowych, flawonoli, witaminy C oraz suchej masy.
2. Wśród surowców z produkcji ekologicznej wyróżniał się tymianek, który był najzasobniejszy w witaminę C i flawonony. Najwięcej kwasów fenolowych zawierała szalwia, zaś najwięcej flawonoli - mięta.
3. Najzasobniejszym surowcem z produkcji konwencjonalnej, który wyróżniał się pod względem zawartości kwasów fenolowych, flawonoli i flawononów był tymianek, natomiast pod względem zawartości suchej masy i witaminy C wyróżniały się mięta i melisa.
4. 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.

#### 5. Literatura

[1] 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, nr 51 (5), s. 2-26.

[2] Brandt K., Mølgaard J., P.: Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plants foods? *Journal Science Food Agriculture*, 2001, t.18, s. 924-931.

[3] Caris-Veynard C., Amiot M.J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mikołajczak M., Guillaud 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, nr 52, s. 6503-6509.

[4] Coley P.D., Bryant J.P., Chapin III F.S.: Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* 1985, 230: 895-899.

[5] 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, Vol. 51(2), s. 42-46.

[6] 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, nr 1, s. 30-33.

[7] Herms, D.A.; Mattson, W.J.: The dilemma of plants: to grow or defend. *Quarterly Review of Biology* 1992, 67, 283-335.

[8] Hallmann E., Rembiałkowska E.: Ocena wartości odżywczej i sensorycznej pomidorów oraz soku pomidorowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, 53, s. 88-95.

[9] Hołubowicz - Kliza G.: Alternatywna uprawa ziół na korzeń i ziele. Wyd. IUNG, Puławy, 2007.

[10] Kazimierzczak 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, nr 2, s. 26-32.

[11] Kozłowska- Wojciechowska M.: Antyoksydanty - sprzymierzeńcy zdrowia. *Wiadomości Zielarskie*, 2002, nr 5, s. 8-9.

[12] Lorio, P.L. Jr.: Growth-differentiation balance: a basis for understanding southern pine beetle interactions. *For. Ecol. Manage.* 1986, 14, 259-273.

[13] Marin A., Ferreres F., Tomás- Barbatán F.A., Gil M.I.: Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annum L.*). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2004, nr 52, s. 3861-3869.

[14] 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, nr 49, s. 3274-3277.

[15] Oszmański J., Wojdyło A., Lamer-Zarawska E., Świąder K.: Antyoksydant tannins from Rosaceae plant roots. *Food Chem.*, 2008, 100, 579-583.

[16] Polska Norma. PN-A-75101-11 : 1990. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości witaminy C.

[17] Polska Norma. PN-R-04013 : 1988. Analiza chemiczno-rolnicza roślin. Oznaczanie powietrznie suchej i suchej masy.

[18] 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, s. 597.

[19] Rembiałkowska E.: Badania porównawcze jakości marchwi i białej kapusty z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych. *Roczn. AR Poznań, CCCIV, Ogród.*, 1998, nr 27, s. 256-266.

[20] Rembiałkowska E., Adamczyk M., Hallmann E.: Jakość sensoryczna i wybrane cechy wartości odżywczej jabłek z produkcji ekologicznej konwencjonalnej. *Bromat. Chem. Toksykol.- Supplement*, 2003, s. 33-39.

[21] Rembiałkowska E., Hallmann E.: Wpływ metody uprawy ekologicznej i konwencjonalnej na wybrane parametry wartości odżywczej marchwi (*Daucus carota*). *Żywnie Człowieka i Metabolizm*, 2007, nr 1/2, s. 550-556.

[22] Rembiałkowska E., Hallmann E., Szafirowska 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*, Publ. SGGW, 2005, s. 193-202.

[23] Rembiałkowska E., Hallmann E., Wasiak-Zys G.: Jakość odżywcza i sensoryczna pomidorów z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywnie Człowieka i Metabolizm*, t. 30, 2003, nr 3/4s. 893-899.

[24] Rembiałkowska E., Hallmann E., Sikora M.: Wpływ czynników agrotechnicznych i przetwórczych na zawartość odżywczą, sensoryczną i towaroznawczą przetworów warzywnych wykonanych z surowców ekologicznych i konwencjonalnych. *Sprawozdanie z przeprowadzonych w 2009 roku badań podstawowych na rzecz rolnictwa ekologicznego w zakresie przetwórstwa produktów roślinnych, zwierzęcych metodami ekologicznymi*. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa, 2009.

[25] Robak S.: Wpływ procesu pasteryzacji na zawartość wybranych substancji bioaktywnych w soku pomidorowym z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Praca magisterska, SGGW, Warszawa*, 2010.

[26] 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, Vol. 51(2), s. 15-160.

[27] Seidler-Łożykowska K., Kozik E., Golcz A., Wójcik J.: Quality of basil herb (*Ocimum basilicum L.*) from organic and conventional cultivation. *Herba Polonica*, 2007, Vol. 3, No 3, s. 41-46.

[28] Senderski M. E.: *Prawie wszystko o ziołach*. Wyd. Mateusz E. Senderski, Podkowa Leśna, 2004.

[29] Sołtysiak U.: O kryteriach w rolnictwie ekologicznym. [w:] Sołtysiak U. (red.): *Rolnictwo ekologiczne. Od producenta do konsumenta*. BOKOLAND, Stiftung LEBEN & UMWELT, Warszawa, 1995.

[30] Szafirowska-Walendziak A.: *Uprawa warzyw w rolnictwie ekologicznym. Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*. Studia i raporty

IUNG - PIB, Puławy, 2007, zeszyt 6, s. 55.

- [31] Szkatulska A.: Ekologiczne owoce i warzywa, Zdrowa żywność, Zdrowy styl życia, 1997, nr 1(35).
- [32] Tomaszuk P.: Środowiskowe aspekty stosowania efektywnych mikroorganizmów w uprawie ekologicznej sałaty masłowej (*Lactuca sativa*). Praca magisterska, Praca magisterska, SGGW, 2008.
- [33] Worthington V. (2001): Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables and Grains, *J. Alternative Compl. Medicine*, 7, 2, s. 161-173.
- [34] Young J.E., Zhao X., Carey E.E., Welti R., Yang Sh. Sh., Wang W.: Phytochemical phenolics in organically grown vegetables. *Mol. Nutr. Food Res.* 2005, 49, 1136-1142.
- [35] Ziętara M.: Porównanie wartości odżywczej wybranych gatunków przypraw pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej ze szczególnym uwzględnieniem związków antyoksydacyjnych. Praca magisterska, SGGW, Warszawa, 2009.