

## THE IMPACT OF ORGANIC AND CONVENTIONAL CROP PRODUCTION SYSTEMS ON PHENOLIC COMPOUNDS CONTENT IN MEDICINAL PLANTS

### Summary

The purpose of this work was to compare the content of phenolic compounds in medicinal plants from organic and conventional cultivation. The research material consisted of following species of medicinal plants: lemon balm (*Melissa officinalis* L.), rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), mint (*Mentha arvensis* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). The plants were cultivated in organic and conventional farms located in the Mazowieckie voivodeship. As a result of the research it was concluded that medicinal plants from organic production in comparison with plants from conventional production contained significantly higher level of dry matter, total phenolic acids and total flavonoids. Organic crop production system had a significant influence on the content of most of the identified flavonoids, including: quercetin, kaempferol, myricetin and luteolin and the phenolic acids as well: gallic acid, caffeic acid, ferulic acid and sinapic acid.

**Key words:** herb plants; cultivation; ecological system; conventional system; phenolic compounds; laboratory experimentation

## WPLYW EKOLOGICZNEGO I KONWENCJONALNEGO SYSTEMU UPRAWY NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W ROŚLINACH ZIELARSKICH

### Streszczenie

Celem pracy było porównanie zawartości związków fenolowych w roślinach zielarskich pochodzących z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. Materiał do badań stanowiły świeże zioła (melisa lekarska (*Melissa officinalis* L.), rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis* L.), mięta pospolita (*Mentha arvensis* L.) i szalwia lekarska (*Salvia officinalis* L.), pochodzące z dwóch gospodarstw zlokalizowanych na terenie województwa mazowieckiego. Wyniki wykazały, że rośliny zielarskie z produkcji ekologicznej charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy, flawonoidów i kwasów fenolowych ogółem. Ekologiczny system uprawy wpływał istotnie na zawartość większości zidentyfikowanych flawonoidów w ziołach, w tym: kwercetyny, kempferolu, mirycetyny i luteoliny oraz kwasów fenolowych: galusowego, chlorogenowego, kawowego, ferulowego i synapizowego.

**Słowa kluczowe:** rośliny zielarskie; uprawa; system ekologiczny; system konwencjonalny; związki fenolowe; badania laboratoryjne

### 1. Wstęp

Jakość surowców roślinnych z produkcji ekologicznej jest stosunkowo nowym zagadnieniem badawczym na świecie, a szczególnie w Polsce. Dotychczasowe 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. Jest to bardzo ważne, gdyż z licznych badań wynika, że związki te mogą mieć pozytywny wpływ na zdrowie człowieka [4].

Autorzy badań nad zawartością składników fenolowych w surowcach roślinnych zwracają uwagę na związek pomiędzy pobraniem azotu przez rośliny a koncentracją tych substancji. 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) [5, 8] oraz hipotezy równowagi wzrostu i różnicowania (GDBH - *Growth Differentiation Balance Hypothesis*) [4, 14, 25]. Według teorii C/N w środowiskach ubogich w łatwo przyswajalny azot, czyli w systemach ekologicznych, 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 systemach konwencjonalnych, 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 [26] wskazują, że rośliny z produkcji ekologicznej mogą przyczynić się do promocji zdrowia w stosunku 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 sto-

sunku do szkodników atakujących rośliny), a jednocześnie są cennymi antyoksydantami o działaniu prozdrowotnym dla człowieka [41]. W glebie pod wpływem nawożenia organicznego następuje aktywacja mikroflory i fauny glebowej, co wybitnie pomaga w absorpcji pewnych związków metabolicznych. Dzięki temu następuje zrównoważone pobieranie jonów, a to z kolei warunkuje korzystny skład ekologicznych surowców.

Obecnie wśród konsumentów obserwuje się zwiększone zapotrzebowanie na żywność wyprodukowaną w sposób naturalny, bez użycia środków chemii rolnej, czego efektem jest intensywny rozwój rolnictwa ekologicznego [28]. Jego głównym celem jest dbałość o środowisko, utrzymanie gleby w odpowiednim stopniu żyzności i wytwarzanie wysokiej jakości żywności. Płody rolne są produkowane metodami, które nie powodują zanieczyszczenia surowców, utraty ich wartości odżywczej oraz właściwości zdrowotnych [40]. Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa w ekologicznym systemie uprawy niedozwolone jest stosowanie syntetycznych pestycydów i nawozów sztucznych. Stosowane są natomiast naturalne nawozy, takie jak obornik, komposty i nawozy zielone oraz naturalne metody ochrony, w tym wykorzystywanie do walki z patogenami ich naturalnych wrogów, stosowanie pułapek feromonowych czy tabletek lepowych [33].

Surowce zielarskie mają szerokie zastosowanie w lecznictwie, kosmetyce oraz w żywieniu, dlatego dużą uwagę przywiązuje się do zawartości w nich korzystnych dla zdrowia związków biologicznie czynnych. Zioła można podzielić na: lecznicze (np. naparstnica purpurowa, kozłek lekarski), przyprawowe, które poza swoim smakiem i zapachem są dodatkowo aktywne fizjologicznie, oraz trujące [9]. Rośliny lecznicze i przyprawowe towarzyszą człowiekowi od najdawniejszych czasów, a współcześnie leczenie środkami naturalnymi rozwinęło się do metody nazywanej fitoterapią [27]. Rynek produktów zielarskich w Polsce jest oceniany na 250 mln Euro i stanowi aż 16-20% światowej produkcji ziół [15]. Powierzchnia upraw ziół zajmuje w Polsce 20-25 tys. ha, z których otrzymuje się około 15-20 tys. ton siedemdziesięciu gatunków ziół [36]. Z ziół wytwarza się nie tylko herbatki czy leki ziołowe, ale produkuje się też wiele kosmetyków i produktów spożywczych [24]. Zioła przyprawowe pełnią zarówno rolę składnika poprawiającego jakość sensoryczną posiłków, jak również wpływają na funkcjonowanie organizmu człowieka. Pobudzają apetyt, zapobiegają nowotworom, wzmacniają odporność, oddziałują na układ nerwowy i krwionośny. Właściwości te zawdzięczają głównie obecności przeciwutleniaczy, takich jak: flawonoidy, kwasy fenolowe i witamina C, które są istotne z punktu widzenia prewencji wielu chorób powodowanych przez wolne rodniki, m.in. chorób sercowo-naczyniowych, miażdżycy, choroby Alzheimera, choroby Parkinsona oraz chorób nowotworowych [10]. Zioła stosuje się zarówno w terapii jak i w profilaktyce oraz leczeniu zwierząt, w tym również tych z gospodarstw konwencjonalnych [35]. Zwiększanie arealu upraw zielarskich w gospodarstwach ekologicznych jest szansą dla ich rozwoju, gdyż na te produkty istnieje duże zapotrzebowanie, szczególnie w okolicach większych miast [34]. Dodatkowymi zaletami zwiększania liczby uprawianych gatunków poprzez wprowadzenie ziół są dla gospodarstwa ekologicznego: wyższa różnorodność płodozmianu, tak istotna w systemie ekologicznym, oraz urozmaicenie diety zwierząt gospodarskich z korzystnym wpływem na ich dobrostan [34].

Wyniki wielu badań naukowych dotyczących jakości płodów rolnych, głównie warzyw i owoców z systemu ekologicznego i konwencjonalnego, wskazują na wyższą wartość odżywczą i zawartość związków biologicznie czynnych w surowcach z rolnictwa ekologicznego [3, 4, 6, 12, 13]. Jednocześnie w literaturze można spotkać wyniki badań, które nie potwierdzają takich różnic [1, 17, 32, 39]. W licznych badaniach autorzy sugerują, że na zmienność badanych parametrów jakościowych duży wpływ ma również sezon uprawy [7, 29].

Celem niniejszej pracy była weryfikacja hipotezy, że rośliny zielarskie z produkcji ekologicznej zawierają więcej związków bioaktywnych niż pochodzące z produkcji konwencjonalnej i w związku z tym mogą lepiej spełniać swoją prozdrowotną rolę niż zioła konwencjonalne.

## 2. Materiał i metody badań

Doświadczenie wykonano w 2011 r. w Laboratorium Zakładu Żywności Ekologicznej SGGW w Warszawie. Do badań wyselekcjonowano cztery gatunki roślin zielarskich: melisa lekarska (*Melissa officinalis* L.), mięta pospolita (*Mentha arvensis* L.), rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis* L.), i szalwia lekarska (*Salvia officinalis* L.). Surowiec stanowiły świeże zioła z upraw prowadzonych w dwóch niezależnych gospodarstwach - certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym oraz w gospodarstwie konwencjonalnym. Certyfikowane gospodarstwo ekologiczne położone jest w miejscowości Rozalin, gmina Nadarzyn, natomiast konwencjonalne w miejscowości Krakowiany, gmina Nadarzyn, na terenie województwa mazowieckiego. Zbiór zioła poszczególnych gatunków został przeprowadzony ręcznie na początku września 2011 r. 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<sup>-1</sup>. 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 w ilości 700 kg·ha<sup>-1</sup>, zgodnie z zapotrzebowaniem pokarmowym roślin zielarskich. Bilans składników mineralnych przedstawiał się następująco: azot /N/ 95,2 kg, fosfor /P/ 13,3 kg i, potas /K/ 112 kg na hektar powierzchni.

Wielkość pobranych do badań prób laboratoryjnych wynosiła min. 0,2 kg. Do analiz wykorzystano liście oraz ulistnione szczyty pędów poszczególnych gatunków ziół stanowiące ich części użytkowe. W materiale roślinnym oznaczono: zawartość suchej masy metodą wagową wg PN-R-04013:1988 oraz zawartość związków fenolowych metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC z identyfikacją związków fenolowych według wzorców firmy Fluca i Sigma Aldrich. Aby uniknąć strat w zawartości związków biologicznie czynnych w materiale roślinnym, natychmiast po zbiorze zioła zostały zamrożone w temperaturze -80°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, z wykorzystaniem testu Tukey'a. 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.

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. (nieistotny 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 [40]:  $[(\text{eko.} - \text{konw.})/\text{konw.} \times 100\%]$ .

### 3. Wyniki i dyskusja

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały zależność pomiędzy zawartością suchej masy w surowcu a gatunkiem rośliny zielarskiej i systemem uprawy, z której pochodził materiał roślinny (tab. 1). Istotnie wyższą zawartością suchej masy odznaczały się surowce pochodzące z uprawy ekologicznej w stosunku do surowców konwencjonalnych (tab. 1). Potwierdzają to badania ziół przeprowadzone przez Seidler-Łożykowską i in. [35], Kazimierczak i in. [21] oraz Kazimierczak i in. [20], w których odnotowano wyższą zawartość suchej masy w surowcach zielarskich pochodzących z upraw ekologicznych. Badania suszonych przypraw ziółowych pochodzących z zakupu [19] wykazały również wyższą zawartość suchej masy w produktach, które posiadały certyfikat produkcji ekologicznej w porównaniu do pochodzących z produkcji konwencjonalnej. W innej podobnej pracy dotyczącej suszonych przypraw stwierdzono natomiast brak istotnych statystycznie różnic w zawartości suchej masy pomiędzy oferowanymi na rynku przyprawami (majeranek, oregano, pietruszka, bazylika, estragon) ekologicznymi i konwencjonalnymi [22].

Wyższą zawartość suchej masy w surowcach ekologicznych w stosunku do konwencjonalnych uzyskano również w badaniach innych surowców roślinnych, w tym cebuli [11], jabłek [31], buraków ćwikłowych [37] oraz świeżego soku marchwiowego [38]. Przeciwnie wyniki uzyskano w badaniach owoców i przetworów z czarnej porzeczki [16, 17] oraz dwóch odmian marchwi Perfekcja i Flacoro z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej [32], w których więcej suchej masy stwierdzono w produktach konwencjonalnych.

Uzyskane wyniki, jak również wyniki innych autorów, w których stwierdza się wyższą zawartość suchej masy w surowcach z produkcji ekologicznej, można tłumaczyć faktem stosowania nawozów mineralnych w uprawach konwencjonalnych, w wyniku czego wzrasta ilość plonów i jednocześnie następuje wzrost ilości wody w komórkach roślin, co jest przyczyną spadku zawartości suchej masy [4].

Z danych zawartych w tab. 1. wynika, że na gromadzenie się kwasów fenolowych i flawonoidów w ziołach miał wpływ zarówno gatunek rośliny, jak i metoda uprawy. Najwięcej kwasów fenolowych i flawonoidów ogółem występowało w rozmarynie, najmniej kwasów fenolowych występowało w mięcie, natomiast flawonoidów w melisie. Stwierdzono, że średnio więcej związków fenolowych występowało w surowcach z uprawy ekologicznej niż konwencjonalnej i zależność ta dotyczyła większości gatunków. Jedynie w mięcie występowało więcej zarówno kwasów fenolowych, jak i flawonoidów, gdy surowiec pochodził z produkcji konwencjonalnej. Z uzyskanymi wynikami częściowo korespondują wyniki badań Kazimierczak i in. [21], którzy uzyskali większą zawartość flawonoidów w badanych ziołach ekologicznych, natomiast więcej kwasów fenolowych w ziołach konwencjonalnych. Natomiast w badaniu świeżego tymianku, szalwii, mięty, melisy i lubczyku Kazimierczak i in. [20] uzyskali wyniki odwrotne, gdzie zioła ekologiczne były zasobniejsze w kwasy fenolowe, zaś zioła konwencjonalne we flawonoidy.

Tab. 1. Zawartość suchej masy, kwasów fenolowych i flawonoidów w roślinach zielarskich z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (średnia  $\pm$  s.d.)\*

Table 1. Dry matter and total phenolic acids and flavonoids contents in selected medicinal plants from organic and conventional production systems (average  $\pm$  s.d.)\*

Wyszczególnienie	Gatunek	Sucha masa	Kwasy fenolowe	Flawonoidy
		mg 100 g <sup>-1</sup> ś.m.		
Zioła ekologiczne	rozmaryn	23,61	31,26	35,11
	mięta	15,31	18,76	20,61
	melisa	22,34	33,05	16,09
	szałwia	18,80	24,09	26,46
	średnia*	20,01 $\pm$ 3,28	26,79 $\pm$ 5,78	24,57 $\pm$ 7,16
Zioła konwencjonalne	rozmaryn	23,58	26,94	31,96
	mięta	17,85	19,21	23,83
	melisa	16,37	21,40	10,52
	szałwia	16,05	19,47	18,80
	średnia	18,46 $\pm$ 3,06	21,76 $\pm$ 3,22	21,28 $\pm$ 7,81
Średnia dla gatunku	rozmaryn	23,60	29,10	33,54
	mięta	16,58	18,99	22,22
	melisa	19,36	27,23	13,31
	szałwia	17,43	21,78	22,63
różnica eko/konw**		8,41	23,14	15,45
p-value				
uprawa		<0.0001	<0.0001	<0.0001
gatunek		<0.0001	<0.0001	<0.0001
uprawa x gatunek		<0.0001	<0.0001	<0.0001

\* średnia  $\pm$  odchylenie standardowe; \*\* obliczone ze wzoru  $[(\text{eko-konw})/\text{konw}] \times 100\%$  wg Worthington [40]

Z kolei badania suszonych przypraw ziołowych pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej [19] wykazały, że przyprawy ekologiczne zawierały istotnie więcej flawonoidów z grupy flawonoli i kwasów fenolowych ogółem. Z wynikami badań stwierdzającymi wyższą zasobność w związki fenolowe surowców zielarskich z rolnictwa ekologicznego korespondują wyniki badań warzyw i owoców. Badania porzeczki czarnej i jej przetworów [16, 17], cebuli [11], pomidorów [30], buraków ćwikłowych [37] i brzoskwiń [6] wykazały, że surowce z ekologicznego systemu uprawy zawierały więcej flawonoidów w stosunku do surowców z uprawy konwencjonalnej. Również więcej kwasów fenolowych uzyskano w badaniach jeżyn, truskawek, kukurydzy i kapusty chińskiej, gdy pochodziły z uprawy ekologicznej [1, 42].

Materiał roślinny poddano analizie ilościowej i jakościowej mającej na celu identyfikację związków na podstawie zewnętrznych standardów Fluka i Sigma Aldrich o czystości 99,5%. We wszystkich badanych ziołach zidentyfikowano następujące kwasy fenolowe: galusowy, chlorogenowy, kawowy, ferulowy i synapisowy oraz flawonoidy: rutynę, mirycetynę, luteolinę, kwercetynę i kempferol (tab. 2 i 3). Dominującym związkiem z grupy kwasów fenolowych był w ziołach kwas galusowy, zaś z flawonoidów mirycetyna i luteolina. Zaobserwowano różnice w zawartości kwasów fenolowych pomiędzy poszczególnymi gatunkami ziół, jak również pomiędzy surowcami z rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego. W przypadku wszystkich wykrytych kwasów fenolowych większą ich zawartością odznaczały się zioła z produkcji ekologicznej w stosunku do ziół

konwencjonalnych. Najzasobniejszy w kwas galusowy i chlorogenowy spośród badanych gatunków był rozmaryn i zawierał odpowiednio 31,93 i 30,49 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m. kwasu galusowego oraz 9,39 i 8,36 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m. kwasu chlorogenowego. Najwięcej kwasu kawowego występowało w mięcie (odpowiednio 4,82 i 5,37 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m.), kwasu ferulowego w melisie (odpowiednio 21,07 i 13,51 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m.), zaś kwasu synapisowego w szalwii (9,34 i 7,13 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m.) (tab. 2).

Zioła z systemu ekologicznego zawierały również istotnie więcej wszystkich wykrytych flawonoidów niż zioła konwencjonalne. Najzasobniejszym we wszystkie wykryte związki z grupy flawonoidów gatunkiem okazał się być rozmaryn. Zawierał on odpowiednio 4,20 i 4,23 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m. rutyny, 9,38 i 8,38 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m. mirycetyny, 10,45 i 9,95 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m. luteoliny, 8,25 i 6,92 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m. kwercetyny oraz 2,83 i 2,48 mg 100g<sup>-1</sup> ś.m. kempferolu. Najmniej rutyny, luteoliny i kwercetyny występowało w melisie, natomiast kempferolu i mirycetyny w mięcie (tab. 3).

Opierając się częściowo na uzyskanych wynikach badań własnych oraz wynikach badań innych autorów, można stwierdzić, że surowce roślinne pochodzące z uprawy ekologicznej z reguły zawierają więcej związków fenolowych w porównaniu do surowców pochodzących z uprawy konwencjonalnej. Jednak nie wszystkie wyniki badań potwierdzają tę zależność. Dlatego też konieczne są dalsze badania porównujące zawartość tych związków w różnych gatunkach roślin pochodzących z obu systemów uprawy.

Tab. 2. Zawartość zidentyfikowanych kwasów fenolowych w roślinach zielarskich z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (średnia ± s.d.)\*

Table 2. Content of identified constituents of phenolic acids in selected medicinal herbs from organic and conventional production systems (in mg · 100 g<sup>-1</sup> f.m.) (average ± s.d.)\*

Wyszczególnienie	Gatunek	Kwas galusowy	Kwas chlorogenowy	Kwas kawowy	Kwas ferulowy	Kwas synapisowy
		mg 100 g <sup>-1</sup> ś.m.				
Zioła ekologiczne	rozmaryn	31,93	9,39	3,78	16,28	1,82
	mięta	11,91	4,94	4,82	7,70	1,30
	melisa	30,83	9,26	0,39	21,07	2,32
	szalwia	19,08	6,42	7,27	1,06	9,34
	średnia*	23,43±8,38	7,50±1,92	4,06±2,47	11,53±7,75	3,70±3,28
Zioła konwencjonalne	rozmaryn	30,49	8,46	2,55	14,31	1,62
	mięta	10,45	5,57	5,37	7,30	0,98
	melisa	16,87	5,72	0,66	13,51	1,50
	szalwia	27,21	5,32	5,52	1,50	7,13
	średnia	21,26±8,03	6,27±1,29	3,53±2,04	9,15±5,21	2,81±2,52
Średnia dla gatunku	rozmaryn	31,21	8,92	3,16	15,29	1,72
	mięta	11,18	5,25	5,09	7,50	1,14
	melisa	23,85	7,49	0,53	17,29	1,91
	szalwia	23,15	5,87	6,39	1,28	8,24
różnica eko/konw**		10,24	19,73	15,26	25,94	31,54
p-value						
uprawa		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
gatunek		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
uprawa x gatunek		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

\* średnia ± odchylenie standardowe

\*\* obliczone ze wzoru [(eko-konw)/konw]\*100% wg Worthington [40]

Tab. 3. Zawartość zidentyfikowanych flawonoidów w roślinach zielarskich z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (średnia  $\pm$  s.d.)\*

Table 3. Content of identified constituents of flavonoids in selected medicinal herbs from organic and conventional production systems (in mg  $\cdot$  100 g<sup>-1</sup> f.m.) (average  $\pm$  s.d.)\*

Wyszczególnienie	Gatunek	Rutyna	Mirycetyna	Luteolina	Kwercetyna	Kempferol
		mg 100 g <sup>-1</sup> s.m.				
Zioła ekologiczne	rozmaryn	4,20	9,38	10,45	8,25	2,83
	mięta	3,41	3,64	7,38	4,97	1,22
	melisa	0,99	6,55	3,54	3,47	1,53
	szałwia	2,88	8,05	8,58	5,41	1,53
	średnia*	2,87 $\pm$ 1,19	6,91 $\pm$ 2,14	7,49 $\pm$ 2,54	5,52 $\pm$ 1,75	1,78 $\pm$ 0,63
Zioła konwencjonalne	rozmaryn	4,23	8,38	9,95	6,92	2,48
	mięta	3,95	6,72	7,14	4,90	1,13
	melisa	1,45	4,49	2,29	1,15	1,14
	szałwia	1,05	6,39	5,99	4,15	1,21
	średnia	2,67 $\pm$ 1,45	6,50 $\pm$ 1,40	6,34 $\pm$ 2,75	4,28 $\pm$ 2,08	1,49 $\pm$ 0,58
Średnia dla gatunku	rozmaryn	4,22	8,88	10,20	7,58	2,65
	mięta	3,68	5,18	7,26	4,94	1,17
	melisa	1,22	5,52	2,92	2,31	1,33
	szałwia	1,97	7,22	7,29	4,78	1,37
różnica eko/konw**		7,52	6,28	18,10	29,09	19,25
p-value						
uprawa		n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
gatunek		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
uprawa x gatunek		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.

\* średnia  $\pm$  odchylenie standardowe

\*\* obliczone ze wzoru [(eko-konw)/konw]\*100% wg Worthington [40]

#### 4. Wnioski

1. Stwierdzono wpływ sposobu uprawy na zawartość substancji biologicznie czynnych w badanych roślinach zielarskich. Zioła z produkcji ekologicznej odznaczały się wyższą zawartością suchej masy, kwasów fenolowych i flawonoidów ogółem w stosunku do ziół konwencjonalnych.
2. Ekologiczny sposób produkcji wpływał pozytywnie na występowanie w badanych gatunkach wszystkich zidentyfikowanych związków z grupy kwasów fenolowych (kwas: galusowy, chlorogenowy, kawowy, ferulowy i synapizowy) i związków z grupy flawonoidów (rutyna, mirycetyna, luteolina, kwercetyna i kempferol).
3. Pod względem zawartości suchej masy, kwasów fenolowych i flawonoidów wyróżniającym się gatunkiem był rozmaryn, a zasobniejszy we wszystkie związki był rozmaryn z uprawy ekologicznej.

#### 5. Bibliografia

- [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. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, 51 (5), 1237-1241.
- [2] Bartosz G.: *Druga twarz tlenu*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 1995: 33-93.
- [3] Bourne D., Prescott J., 2002. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Rev. In Food Sci. And Nut.*, 42 (1), 1-34.
- [4] Brandt K., Mølgaard J. P., 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plants foods? *Journal Science Food Agriculture*, 18, 924-931.
- [5] Bryant J.P., Chapin III F.S., Klein D.R., 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos*, 40, 357-368.
- [6] Carbonaro M., Mattera M., Nicoli S., Bergamo P., Cappelloni M., 2002. Modulation of antioxidant compounds in organic vs. conventional fruit (peach *Prunus persica* L., and pear *Pyrus communis* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 50 (19), 9-11.
- [7] Chassy A.W., Bui L., Renaud E.N.C, van Horn M., Mitchell A.E., 2006. Three Lear comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally manager tomatoes and Bell peppers. *J. Agric Food Chem.*, 54, 8244-8252.
- [8] Coley P.D., Bryant J.P., Chapin III F.S., 1985. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science*, 230, 895-899.
- [9] Edbom-Kolarz A., Marcinkowski T. J., 2010. Idea rozpropagowania w Polsce szwedzkich ogrodów ziołowych. *Hygeia Public Health*, 45 (1), 40-43.
- [10] Grajek W., 2007. Przeciwtłeniacze w żywności. Aspekty technologiczne, molekularne i analityczne. WNT Warszawa, 15-26.
- [11] Hallmann E., Rembiałowska 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), 42-46.
- [12] Hallmann E., Rembiałowska E., 2007. Zawartość wybranych składników odżywczych w czerwonych odmianach cebuli z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, t. 2, 51, 105 – 111.
- [13] Hallmann E., Rembiałowska 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, (3), 88-95.
- [14] Herms D.A., Mattson W.J., 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *Q Rev Biol.*, 67, 283-335.
- [15] Jambor J., 2007. Uprawa ziół i przetwórstwo zielarskie w Polsce – stan obecny i perspektywy rozwoju. 12th International Congress of Polish Herbal Committee. [http://www.iripz.pl/ftp/2\\_2007\\_22%20.pdf](http://www.iripz.pl/ftp/2_2007_22%20.pdf)
- [16] Kazimierczak R., Hallmann E., Rembiałowska E., 2007. Porównanie wartości odżywczej owoców wybranych odmian czarnej porzeczki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. (W:) Zbytek Z. (red.) *Wybrane zagadnienia ekologiczne we*

- współczesnym rolnictwie. Monografia, Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 4, 139-147.
- [17] Kazimierczak R., Hallmann E., Brodzka A., Rembiałkowska E., 2009. Porównanie zawartości związków polifenolowych i witaminy C w dzemach z owoców wybranych odmian porzeczki czarnej *Ribes Nigrum L.* z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 54 (3), 123-129.
- [18] Kazimierczak R., Hallmann E., Kazimierczyk M., Rembiałkowska E.: Zawartość antyoksydantów w ziołach przyprawowych pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2010, Vol. 55 (3), 164-170.
- [19] Kazimierczak R., Hallmann E., Ziętara M., Rembiałkowska E., 2010b. Zawartość związków przeciwutleniających w wybranych przyprawach z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Prace Naukowe Uniwersytetu we Wrocławiu. Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2, 11-25.
- [20] Kazimierczak R., Hallmann E., Kazimierczyk M., Sokołowska O., Rembiałkowska E., 2011a. The effects of organic and conventional cultivation systems on the content of bioactive substances in herbal plants. *Vegetable Crops Research Bulletin*, vol. 75, 133-144.
- [21] Kazimierczak R., Hallmann E., Sokołowska O., Rembiałkowska E.: Zawartość związków bioaktywnych w roślinach zielarskich z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2011, Vol. 56 (3), 200-205.
- [22] Kazimierczak R., Hallmann E., Zduńska U., Rembiałkowska E. 2011c. Zawartość wybranych związków bioaktywnych w ziołach przyprawowych pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Zeszyty Naukowe UEP w Poznaniu. Towaroznawstwo w kształtowaniu jakości i cech prozdrowotnych żywności*, 205, 90-99.
- [23] Klusek T., Mścisz A., Gorecki P., Mrozikiewicz P.M., 2004. Substancje o aktywności farmakologicznej pochodzenia ziołowego w żywności funkcjonalnej. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, XXXI, suplement 2, I, 441-447.
- [24] Kozłowski J., 2000. Zielarstwo polskie w mijającym stuleciu. *Wiadomości Zielarskie* 2000, 12, 5.
- [25] Lorio P.L., 1986. Growth-differentiation balance a basis for understanding southern pine beetle-tree interactions. *Forest Ecol Man*, 14, 259 -273.
- [26] Lundegårdh B., Mårtensson, A., 2003. Organically produced plant foods – evidence of health benefits, *Soil Plant Sci. B.*, 53, 3–15.
- [27] Lutomski J., 2002. Znaczenie ziół w terapii i dietetyce. *Herba Polonica*, XLVIII, 4, 300-310.
- [28] Łuczka-Bakuła W., 2007. Rynek żywności ekologicznej. PWE, Warszawa.
- [29] Piper J.R., Barter D.M., 2009. Effects of organic and conventional production systems on quality and nutritional parameters of processing tomatoes. *J. Sci. Food Agric.*, 89, 177-194.
- [30] Rembiałkowska E., Hallmann E., Wasiak-Zys G., 2003. Jakość odżywcza i sensoryczna pomidorów z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 30 (3/4), 893 - 899.
- [31] Rembiałkowska E., Adamczyk M., Hallmann E., 2004. Porównanie wybranych cech wartości odżywczej jabłek z produkcji ekologicznej konwencjonalnej. *Bromat. Chem. Toksykol.- Supplement*, 33-39.
- [32] Rembiałkowska E., Hallmann E., 2007. Wpływ metody uprawy ekologicznej i konwencjonalnej na wybrane parametry wartości odżywczej marchwi (*Daucus carota*), *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 1/2, 550-556.
- [33] Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91.
- [34] Seidler-Łożykowska K., Kaźmierczak K., Kucharski W.A., Mordalski R., Buchwald W.: Plonowanie i jakość surowca bazylii pospolitej i majeranku ogrodowego z upraw ekologicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2006, Vol. 51 (2), 157-160.
- [35] Seidler-Łożykowska K., Gołcz A., Wójcik J.: Plonowanie i jakość surowca bazylii pospolitej, cząbbru ogrodowego, majeranku ogrodowego oraz tymianku właściwego w uprawie ekologicznej na stanowisku po oborniku. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, Vol. 53 (4), 63-66.
- [36] Seidler-Łożykowska K., 2009. Medicinal plant seeds as an element of increasing biodiversity of grassland. *Salvere – Regional Workshop in Poland, Poznań University of Life Sciences*, 45-47.
- [37] Sikora M., Hallmann E., Rembiałkowska E., 2008. Porównanie zawartości składników odżywczych w korzeniach buraków ćwikłowych pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. (W:) Zbytek Z. (red.) *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań*, 5, 141-145.
- [38] Sikora M., Hallmann E., Rembiałkowska E., Lipowski J., Marszałek K., 2009. Ocena wartości odżywczej i sensorycznej soków marchwiowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. (W:) Zbytek Z. (red.) *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań*, 6, 83-90.
- [39] Wunderlich, S.M., Feldman, C., Kane, S., Hazhin, T., 2008. Nutritional quality of organic, conventional, and seasonally grown broccoli using vitamin C as a marker. *J. Agr. Food Chem.*, vol. 59 (1), 34-35.
- [40] Worthington V., 2001. Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables and Grains. *J. Alternative Compl. Medicine*, 7, 2, 161–173.
- [41] Young J.E., Zhao X., Carey E.E., Welti R., Yang S-S. and Wang W., 2005. Phytochemical phenolics in organically grown vegetables. *Mol. Nutr. Food Res.*, 49, 1136-1142.
- [42] Zhao X., Williams K.A., Wang W., Carey E., 2008. Comparison of phenolic acids in organically and conventionally grown pac choi (*Brassica rapa L. chinensis*). *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 59 (1), 34-45.