

## THE ESTIMATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN SELECTED VEGETABLE JUICES FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION

### Summary

*The aim of the study was to evaluate the content of bioactive compounds in the vegetable juices (beetroot, carrot and tomato) from the certified organic and conventional production. The juices were bought in the shops with the organic and conventional food. The analyses showed that organic vegetable juices contained significantly more dry matter and total phenolic acids than their conventional counterparts. The carrot juice contained the highest concentration of dry matter and phenolic acids among all organic juices. The conventional vegetable juices contained significantly more vitamin C, total flavonoids and total carotenoids in comparison with their organic counterparts. The beetroot juice was most abundant in vitamin C, and tomato juice in total flavonoids and total carotenoids among all conventional juices. The studies on the nutritional value of the market organic vs. conventional juices have the importance for the consumers, however the results are not only dependent on the applied agrotechnology, but also on the cultivar and processing factors.*

**Key words:** beets; carrots; tomatoes; juices; organic farming; conventional farming; bioactive compounds; field experimentation

## OCENA ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNE CZYNNYCH W WYBRANYCH SOKACH WARZYWNYCH POCHODZĄCYCH Z PRODUKCJI EKOLOGICZNEJ I KONWENCJONALNEJ

### Streszczenie

*Celem badań była ocena zawartości związków biologicznie czynnych zawartych w sokach warzywnych (buraczanym, marchwiowym i pomidorowym), pochodzących z certyfikowanej produkcji ekologicznej oraz z produkcji konwencjonalnej, zakupionych w sklepach z żywnością ekologiczną i konwencjonalną. Analizy wykazały, że soki warzywne ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy i kwasów fenolowych ogółem niż ich odpowiedniki konwencjonalne. W grupie soków ekologicznych najwyższą zawartością suchej masy i kwasów fenolowych ogółem charakteryzował się sok marchwiowy. Soki warzywne konwencjonalne zawierały istotnie więcej witaminy C, flawonoidów ogółem i karotenoidów ogółem w porównaniu z ich odpowiednikami ekologicznymi. W grupie soków konwencjonalnych sok buraczany był najzasobniejszy w witaminę C, natomiast sok pomidorowy był najzasobniejszy zarówno we flawonoidy ogółem, jak też w karotenoidy ogółem. Badania wartości odżywczej soków rynkowych mają znaczenie dla konsumentów, jednak wyniki nie zależą tylko od zastosowanej agrotechniki, ale także od czynników odmianowych i przetwórczych.*

**Słowa kluczowe:** buraki; marchew; pomidory; soki; uprawa ekologiczna; uprawa konwencjonalna; związki biologicznie czynne; badania polowe

### 1. Wprowadzenie

Współczesny stan wiedzy żywieniowej wskazuje, że warzywa i owoce oraz ich przetwory powinny mieć stałe miejsce w naszej diecie i być spożywane nawet kilka razy w ciągu dnia. Aby uzyskać przetwory warzywne o najwyższej jakości żywieniowej należy dbać o jakość surowca, w tym bardzo ważny jest system produkcji (ekologiczny, konwencjonalny) oraz sposób przetwarzania surowców.

Ekologiczna produkcja rolna oparta jest na odpowiednim płodozmianie, który uwzględniając rośliny strukturotwórcze zwiększa w glebie zawartość materii organicznej, zapobiega nadmiernemu rozwojowi chwastów, szkodników i chorób, a także zapewnia optymalny poziom próchnicy i żyzności gleby. Nawożenie upraw ekologicznych przede wszystkim bazuje na nawozach organicznych pochodzących głównie z własnego gospodarstwa (obornik, kompost, nawozy zielone). Dopuszczalne są także nawozy mineralne pochodzenia naturalnego (np. mączki skalne, bazalt, kreda nawozowa). Niedozwolone jest stosowanie chemicznych

nawozów, środków ochrony roślin i zapraw nasiennych, oraz organizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMO) [12, 24].

Proces przetwórczy surowców rolnictwa ekologicznego dąży do zachowania wysokiej jakości biologicznej produktów, dlatego też wykluczone jest tworzenie produktów żywnościowych z izolowanych składników żywności, stosowanie metod napromieniania produktów promieniami jonizującymi, chemiczna obróbka produktów żywnościowych oraz wspomniane wcześniej stosowanie GMO [12, 24]. Dozwolone jest stosowanie substancji naturalnych i preparatów smakowo-zapachowych, a także mikroorganizmów oraz preparatów na bazie mikroorganizmów. Niedozwolone jest stosowanie sztucznych barwników, przeciwutleniaczy, konserwantów, antybiotyków, rozpuszczalników ekstrakcyjnych, sztucznych substancji słodzących wzmacniających smak i zapach [17, 24, 27].

Żywność konwencjonalna jest to żywność szeroko dostępna w sieciach sprzedaży. Do jej produkcji wykorzystywane są surowce pochodzące z intensywnego, konwencjo-

nalnego rolnictwa, którego celem jest zwiększenie wydajności w procesie produkcji poprzez zastosowanie syntetycznych środków ochrony roślin, nawozów mineralnych, jak również genetycznych modyfikacji, a także stosowanie technologii produkcji, które mają na celu zwiększenie wydajności przy małych nakładach robocizny [29].

W produkcji konwencjonalnej wartość odżywcza produktów żywnościowych bardzo często zostaje utracona podczas stosowania nowoczesnych technik przetwarzania, do których należy między innymi preparowanie, rafinowanie czy konserwowanie z zastosowaniem syntetycznych dodatków (stabilizatorów, barwników, polepszaczy, utrwalaczy), które podwyższają jedynie zewnętrzną jakość danego produktu. W przetwórstwie konwencjonalnym stosuje się około 500 różnego rodzaju substancji dodawanych do żywności [13].

Obecność związków biologicznie aktywnych (m.in. związków fenolowych, karotenoidów, witaminy C) w świecie roślinnym, a także ich znaczenie dla zdrowia ludzi (m.in. w unieczynnianiu wolnych rodników, podnoszeniu naturalnej odporności, ochronie frakcji lipidowej LDL cholesterolu przed utlenianiem), nie są kwestionowane [2, 3, 5, 6, 9, 10, 14].

Współcześnie kwestią dyskusyjną jest ogólna zawartość związków polifenolowych w surowcach pochodzenia roślinnego, a także w ich przetworach, w zależności zwłaszcza od systemu produkcji rolnej [1, 4, 22, 26].

Celem niniejszego opracowania było określenie zawartości związków biologicznie czynnych w wybranych sokach warzywnych pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej.

### 3. Materiał i metody

Materiał do badań stanowiły 3 rodzaje soków warzywnych – marchwiowy, pomidorowy i buraczany. Soki warzywne pochodziły z dwóch firm – produkującej przetwory ekologiczne i przetwory konwencjonalne. Soki ekologiczne to produkty rolnictwa ekologicznego tłoczone bezpośrednio ze świeżych warzyw, bez żadnych dodatków, niewitaminizowane sztucznie. Były to odpowiednio: ekologiczny sok marchwiowy przecierowy zakwaszony naturalnym sokiem z ekologicznych cytryn, ekologiczny sok pomidorowy podobnie jak marchwiowy typu przecierowego oraz ekologiczny sok buraczany bezpośrednio tłoczony. Soki konwencjonalne były następujące: konwencjonalny sok pomidorowy wyprodukowany z zagęszczonego soku pomidorowego, konwencjonalny sok marchwiowy, przecierowy, wzbogacony witaminami C i E oraz konwencjonalny sok z buraków wyprodukowany częściowo z soku zagęszczonego.

Soki warzywne ekologiczne pochodziły ze sklepu specjalistycznego z żywnością ekologiczną, natomiast soki warzywne konwencjonalne z supermarketu. Soki zakupiono w Warszawie, jesienią 2010 r.

Doświadczenie zostało wykonane w Laboratorium Zakładu Żywności Ekologicznej SGGW.

### 4. Metodyka badań analitycznych

Badaniami analitycznymi objęto próbki 3 rodzajów soków rynkowych, w których przeprowadzono następujące analizy chemiczne:

1. oznaczenie zawartości suchej masy metodą wagową [20],

2. oznaczenie zawartości witaminy C wg PN [21],

3. oznaczenie zawartości karotenoidów metodą chromatografii cieczowej HPLC [7],

4. oznaczenie zawartości związków polifenolowych (kwasów fenolowych i flawonoidów) metodą chromatografii cieczowej HPLC wg Hallmann [11].

### 5. Metodyka obliczeń statystycznych

Analiza statystyczna wyników badań została przeprowadzona przy użyciu programu komputerowego STATGRAPHICS 5.1. Zastosowano analizę wariancji dwuczynnikową ANOVA, z wykorzystaniem testu Tukey'a ( $\alpha = 0,05$ ).

### 6. Wyniki

Zawartość suchej masy, witaminy C oraz karotenoidów w badanych rodzajach soków przedstawiono w tab. 1.

Średnia zawartość suchej masy w sokach pochodzących z produkcji ekologicznej była istotnie wyższa w porównaniu z sokami z produkcji konwencjonalnej. Najzasobniejszy w suchą masę okazał się sok marchwiowy, następnie buraczany, a najmniej – pomidorowy. Przeprowadzone badania wykazały, że ekologiczny sok marchwiowy charakteryzował się istotnie wyższą zawartością suchej masy w porównaniu z konwencjonalnym sokiem marchwiowym (tab. 1). Średnia zawartość witaminy C oraz karotenoidów (ogółem) w sokach pochodzących z produkcji konwencjonalnej była istotnie wyższa w porównaniu z sokami z produkcji ekologicznej. Najzasobniejszy w witaminę C był sok buraczany, a najmniej zasobny – pomidorowy. Należy podkreślić, że konwencjonalny sok buraczany okazał się istotnie zasobniejszy w witaminę C w porównaniu z jego ekologicznym odpowiednikiem (tab. 1).

Karotenoidy (ogółem) wykryto w dwóch rodzajach soków – marchwiowym i pomidorowym, przy czym najzasobniejszy w karotenoidy był sok pomidorowy. Należy zauważyć, że konwencjonalny sok pomidorowy zawierał istotnie więcej karotenoidów w porównaniu z ekologicznym sokiem pomidorowym (tab. 1).

Zawartość kwasów fenolowych (ogółem) oraz flawonoidów (ogółem) przedstawiono w tab. 2.

Soki warzywne ekologiczne wyróżniały się istotnie większą średnią zawartością kwasów fenolowych (ogółem), natomiast mniej zasobne były we flawonoidy (ogółem) w porównaniu z sokami produkowanymi w sposób konwencjonalny (tab. 2). W grupie soków warzywnych ekologicznych i konwencjonalnych, istotnie więcej kwasów fenolowych (ogółem) zawierał sok marchwiowy, a najmniej sok buraczany. Należy podkreślić, że ekologiczny sok marchwiowy okazał się istotnie zasobniejszy w kwasy fenolowe (ogółem) w porównaniu z konwencjonalnym sokiem marchwiowym (tab. 2).

Analizując zawartość flawonoidów (ogółem) w badanych sokach warzywnych, należy zauważyć, iż soki konwencjonalne były istotnie zasobniejsze w tę grupę związków biologicznie czynnych w porównaniu z sokami ekologicznymi. Najzasobniejszy we flawonoidy (ogółem) był sok pomidorowy, a najmniej zasobny – sok buraczany. Konwencjonalny sok pomidorowy zawierał istotnie więcej flawonoidów (ogółem) w porównaniu z ekologicznym sokiem pomidorowym (tab. 2).

Tab. 1. Zawartość suchej masy (g/100 ml), witaminy C (mg/100 ml) oraz karotenoidów (mg/100 ml) w badanych rodzajach soków warzywnych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (wartość średnia  $\pm$  odchylenie standardowe)

Table 1. The content of dry matter, vitamin C and total carotenoids in examined vegetable juices from organic and conventional production (average value  $\pm$  standard deviation)

Pochodzenie soku <i>Juice origin</i>	Rodzaj soku <i>Kind of juice</i>	Sucha masa <i>Dry matter</i>	Witamina C <i>Vitamin C</i>	Karotenoidy (suma) <i>Total carotenoids</i>
soki ekologiczne <i>organic juices</i>	sok marchwiowy / <i>carrot juice</i> /	11,19	30,23	2,24
	sok pomidorowy / <i>tomato juice</i> /	5,62	24,20	2,20
	sok buraczany / <i>red beet juice</i> /	10,08	31,97	n.w.
	średnia dla soków ekologicznych <i>average for organic juice</i>	8,96 $\pm$ 2,41	28,80 $\pm$ 3,44	2,22 $\pm$ 1,05
soki konwencjonalne <i>conventional juices</i>	sok marchwiowy / <i>carrot juice</i>	10,14	33,24	1,77
	sok pomidorowy / <i>tomato juice</i>	5,81	30,39	3,58
	sok buraczany / <i>red beet juice</i>	9,32	33,99	n.w.
	średnia dla konwencjonalnych <i>average for conventional juice</i>	8,42 $\pm$	32,54 $\pm$ 1,77	2,68 $\pm$ 1,46
średnia dla soku marchwiowego / <i>average for carrot juice</i>		10,66 $\pm$ 0,55	31,74 $\pm$ 1,73	2,01 $\pm$ 0,24
średnia dla soku pomidorowego / <i>average for tomato juice</i>		5,72 $\pm$ 0,13	27,29 $\pm$ 3,19	2,89 $\pm$ 0,69
średnia dla soku buracznego / <i>average for red beet juice</i>		9,70 $\pm$ 0,41	32,98 $\pm$ 1,38	n.w.
p-value				
pochodzenie soku / <i>juice origin</i>		<0.0001	<0.0001	0,0054
rodzaj soku / <i>kind of juice</i>		<0.0001	<0.0001	<0,0001
pochodzenie x rodzaj / <i>interaction</i>		0.0001	0,0122	<0,0001

n.w. – nie wykryto związku / *compound not detected*; n.s. – nieistotny statystycznie / *not significant statistically*

Tab. 2. Zawartość kwasów fenolowych ogółem (mg/100 ml) oraz flawonoidów ogółem ( $\mu$ g/100 ml) w badanych rodzajach soków warzywnych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (wartość średnia  $\pm$  odchylenie standardowe)

Table 2. The content of total phenolic acids and flavonoids in examined vegetable juices from organic and conventional production (average value  $\pm$  standard deviation)

Pochodzenie soku <i>Juice origin</i>	Rodzaj soku <i>Kind of juice</i>	Kwasy fenolowe (suma) <i>Total phenolic acids</i>	Flawonoidy (suma) <i>Total flavonoids</i>
soki ekologiczne <i>organic juices</i>	sok marchwiowy / <i>carrot juice</i>	12,79	28,12
	sok pomidorowy / <i>tomato juice</i>	0,48	57,24
	sok buraczany / <i>red beet juice</i>	0,10	10,75
	średnia dla soków ekologicznych <i>average for organic juice</i>	4,45 $\pm$ 1,94	32,04 $\pm$ 19,21
soki konwencjonalne <i>conventional juices</i>	sok marchwiowy / <i>carrot juice</i>	9,56	39,62
	sok pomidorowy / <i>tomato juice</i>	0,40	65,39
	sok buraczany / <i>red beet juice</i>	0,10	13,54
	średnia dla konwencjonalnych <i>average for conventional juice</i>	3,35 $\pm$ 1,45	39,52 $\pm$ 21,31
średnia dla soku marchwiowego / <i>average for carrot juice</i>		11,18 $\pm$ 2,03	33,87 $\pm$ 6,65
średnia dla soku pomidorowego / <i>average for tomato juice</i>		0,44 $\pm$ 0,06	61,32 $\pm$ 4,10
średnia dla soku buracznego / <i>average for red beet juice</i>		0,10 $\pm$ 0,01	12,14 $\pm$ 1,50
p-value			
pochodzenie soku / <i>juice origin</i>		0,0196	0,0025
rodzaj soku / <i>kind of juice</i>		<0.0001	<0,0001
pochodzenie x rodzaj / <i>interaction</i>		0,0106	0,0022

n.w. – nie wykryto związku (*compound not detected*); n.s. – nieistotny statystycznie (*not significant statistically*)

Zawartość poszczególnych kwasów fenolowych w badanych sokach warzywnych przedstawiono w tab. 3.

Analiza jakościowa kwasów fenolowych pozwoliła stwierdzić, że w badanych rodzajach soków stwierdzono obecność tych samych kwasów: w sokach marchwiowych zidentyfikowano dwa kwasy fenolowe – ferulowy i kawowy, w sokach pomidorowych – kwas chlorogenowy, a w sokach buraczanych – kwas ferulowy (tab. 3). Soki ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą średnią zawartością kwasu kawowego w porównaniu z sokami konwencjonalnymi, które to z kolei były istotnie zasobniejsze w kwas ferulowy. Pod względem zawartości kwasu chlorogenowego w badanych sokach różnice te nie były

istotne statystycznie. Ekologiczny sok marchwiowy był istotnie zasobniejszy w kwas kawowy, w porównaniu z konwencjonalnym sokiem marchwiowym (tab. 3).

Zawartość poszczególnych flawonoidów w badanych sokach warzywnych przedstawiono w tab. 4.

W przypadku flawonoidów należy podkreślić, że soki ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą średnią zawartością kwercetyny, apigeniny i naringiny w porównaniu z sokami konwencjonalnymi, które natomiast były istotnie zasobniejsze w rutynę i luteolinę. Sok marchwiowy okazał się istotnie zasobniejszy w kwercetynę i apigeninę, sok pomidorowy – w rutynę i naringinę, a sok buraczany – w d-glikozyd kempferolu i luteolinę.

Tab. 3. Zawartość poszczególnych kwasów fenolowych (mg·100 ml<sup>-1</sup>) w badanych rodzajach soków warzywnych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (wartość średnia ± odchylenie standardowe)  
 Table 3. The content of individual phenolic acids in examined vegetable juices from organic and conventional production (average value ± standard deviation)

Pochodzenie soku <i>Juice origin</i>	Rodzaj soku <i>Kind of juice</i>	Kwas chlorogenowy <i>Chlorogenic acid</i>	Kwas ferulowy <i>Ferulic acid</i>	Kwas kawowy <i>Caffeic acid</i>
soki ekologiczne <i>organic juices</i>	sok marchwiowy <i>carrot juice</i>	n.w.	0,10	12,695
	sok pomidorowy <i>tomato juice</i>	0,48	n.w.	n.w.
	sok buraczany <i>red beet juice</i>	n.w.	0,10	n.w.
	średnia dla soków ekologicznych <i>average for organic juice</i>	0,48±0,22	0,10±0,05	12,70±6,02
soki konwencjonalne <i>conventional juices</i>	sok marchwiowy <i>carrot juice</i>	n.w.	0,15	9,415
	sok pomidorowy <i>tomato juice</i>	0,40	n.w.	n.w.
	sok buraczany <i>red beet juice</i>	n.w.	0,10	n.w.
	średnia dla konwencjonalnych <i>average for conventional juice</i>	0,40±0,19	0,12±0,06	9,41±4,50
średnia dla soku marchwiowego <i>average for carrot juice</i>		n.w.	0,12±0,03	11,05±2,04
średnia dla soku pomidorowego <i>average for tomato juice</i>		0,44±0,06	n.w.	n.w.
średnia dla soku buracznego <i>average for red beet juice</i>		n.w.	0,10±0,01	n.w.
p-value				
pochodzenie soku / <i>juice origin</i>		n.s.	<0.0001	0,0196
rodzaj soku / <i>kind of juice</i>		<0.0001	<0.0001	<0.0001
pochodzenie x rodzaj / <i>interaction</i>		n.s.	0,0001	0,0087

n.w. – nie wykryto związku (*compound not detected*); n.s. – nieistotny statystycznie (*not significant statistically*)

Tab. 4. Zawartość poszczególnych flawonoidów (µg·100 ml<sup>-1</sup>) w badanych rodzajach soków warzywnych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (wartość średnia ± odchylenie standardowe)  
 Table 4. The content of individual flavonoids in examined vegetable juices from organic and conventional production (average value ± standard deviation)

Wyszczególnienie / <i>Specification/</i>		Rutyna	D-glikozyd kempferolu	Kwercetyna	Apigenina	Luteolina
soki ekologiczne <i>organic juices</i>	sok marchwiowy <i>carrot juice</i>	26,62	n.w.	1,32	0,18	n.w.
	sok pomidorowy / <i>tomato juice</i>	54,29	n.w.	n.w.	n.w.	0,42
	sok buraczany / <i>red beet juice</i>	9,93	0,17	n.w.	0,19	0,46
	średnia dla soków ekologicznych <i>average for organic juice</i>	30,28±18,32	0,17±0,08	1,32±0,62	0,19±0,09	0,44±0,21
soki konwencjonalne <i>conventional juices</i>	sok marchwiowy / <i>carrot juice</i>	38,28	n.w.	1,16	0,19	n.w.
	sok pomidorowy / <i>tomato juice</i>	62,83	n.w.	n.w.	n.w.	0,45
	sok buraczany / <i>red beet juice</i>	12,74	0,15	n.w.	0,12	0,52
	średnia dla konwencjonalnych <i>average for conventional juice</i>	37,95±20,59	0,15±0,07	1,16±0,54	0,16±0,08	0,48±0,23
średnia dla soku marchwiowego <i>average for carrot juice</i>		32,45±6,64	n.w.	1,24±0,08	0,19±0,01	n.w.
średnia dla soku pomidorowego <i>average for tomato juice</i>		58,56±4,29	n.w.	n.w.	n.w.	0,43±0,02
średnia dla soku buracznego <i>average for red beet juice</i>		11,34±1,51	0,16±0,02	n.w.	0,16±0,04	0,49±0,03
p-value						
pochodzenie soku / <i>juice origin/</i>		<0.0001	n.s.	<0.0001	0,0016	<0.0001
rodzaj soku / <i>kind of juice/</i>		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
pochodzenie x rodzaj / <i>interaction/</i>		0,0181	n.s.	<0.0001	<0.0001	<0.0001

n.w. – nie wykryto związku (*compound not detected*); n.s. – nieistotny statystycznie (*not significant statistically*)

Tab. 5. Zawartość poszczególnych karotenoidów ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ ) w badanych rodzajach soków warzywnych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (wartość średnia  $\pm$  odchylenie standardowe)  
*Table 5. The content of individual carotenoids in examined vegetable juices from organic and conventional production (average value  $\pm$  standard deviation)*

Wyszczególnienie / <i>Specification</i>		Luteina <i>Lutein</i>	Likopen <i>Lycopene</i>	beta-karoten <i>Beta-carotene</i>
soki ekologiczne <i>organic juices</i>	sok marchwiowy / <i>carrot juice</i>	0,38	n.w.	1,86
	sok pomidorowy / <i>tomato juice</i>	0,36	1,74	0,09
	sok buraczany / <i>red beet juice</i>	n.w.	n.w.	n.w.
	średnia dla soków ekologicznych <i>average for organic juice/</i>	0,37 $\pm$ 0,18	0,87 $\pm$ 0,22	0,97 $\pm$ 0,86
soki konwencjonalne <i>conventional juices</i>	sok marchwiowy / <i>carrot juice</i>	0,37	n.w.	1,40
	sok pomidorowy / <i>tomato juice</i>	0,37	3,16	0,05
	sok buraczany / <i>red beet juice</i>	n.w.	n.w.	n.w.
	średnia dla konwencjonalnych <i>average for conventional juice</i>	0,37 $\pm$ 0,17	1,58 $\pm$ 0,89	0,73 $\pm$ 0,65
średnia dla soku marchwiowego / <i>average for carrot juice</i>		0,38 $\pm$ 0,01	n.w.	1,63 $\pm$ 0,23
średnia dla soku pomidorowego / <i>average for tomato juice</i>		0,37 $\pm$ 0,01	2,45 $\pm$ 0,71	0,07 $\pm$ 0,02
średnia dla soku buraczanego / <i>average for red beet juice</i>		n.w.	n.w.	n.w.
p-value				
pochodzenie soku / <i>juice origin</i>		n.s.	<0.0001	<0.0001
rodzaj soku / <i>kind of juice</i>		<0.0001	<0.0001	<0.0001
pochodzenie x rodzaj / <i>interaction</i>		<0.0001	<0.0001	<0.0001

n.w. – nie wykryto związku (*compound not detected*); n.s. – nieistotny statystycznie (*not significant statistically*)

Ekologiczny sok marchwiowy był istotnie zasobniejszy w kwercetynę i apigeninę, a sok pomidorowy – w naringinę w porównaniu z konwencjonalnymi sokami marchwiowym i pomidorowym. Konwencjonalny sok pomidorowy był istotnie zasobniejszy w rutynę, a sok buraczany – w luteolinę w porównaniu z ich ekologicznymi odpowiednikami (tab. 4).

Zawartość poszczególnych karotenoidów w analizowanych sokach warzywnych przedstawiono w tab. 5.

Analiza jakościowa karotenoidów wykazała, że soki ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą średnią zawartością beta-karotenu w porównaniu z sokami konwencjonalnymi, które z kolei odznaczały się istotnie wyższą średnią zawartością likopenu.

Ekologiczny sok marchwiowy był istotnie zasobniejszy w beta-karoten w porównaniu z jego odpowiednikiem konwencjonalnym. Konwencjonalny sok pomidorowy okazał się istotnie zasobniejszy w likopen w porównaniu z ekologicznym sokiem pomidorowym (tab. 5).

## 7. Dyskusja

Wartość odżywcza uwzględniająca poziom związków biologicznie czynnych w przetworach warzywnych pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej jest przedmiotem wielu publikacji, ale uzyskane wyniki nie dają jednoznacznej odpowiedzi w tym zakresie. W prezentowanej poniżej dyskusji porównano otrzymane wyniki z prowadzonymi przez innych autorów badaniami, dotyczącymi soków warzywnych kupowanych w sklepach (odpowiednio ekologicznych i konwencjonalnych), a nie produkowanych z surowców pochodzących z kontrolowanych upraw. Jest to istotne, ponieważ na otrzymane wyniki wpływ ma tutaj nie tylko sposób uprawy warzyw, ale także odmiana danego warzywa oraz sposób wytwarzania soku z surowca. Badane odmiany warzyw mogą być – i często są różne w porównywanych sokach ekologicznych i konwencjonalnych, a sposób produkcji soków jest również odmienny. W przy-

padku produkcji ekologicznej są to – jak opisano w metodyce badań – soki bezpośrednio wyciśnięte, natomiast w przypadku soków konwencjonalnych są to częściowo lub całkowicie soki wytwarzane na bazie przygotowanego wcześniej koncentratu (soku zagęszczonego). Ponadto do soków ekologicznych nie dodaje się zgodnie z zasadami prawnymi żadnych dodatków ani witamin syntetycznych, podczas gdy do soków konwencjonalnych z reguły dodaje się witaminę C i często inne suplementy. Opisane różnice w sposobie produkcji soków powodują niekiedy trudności w interpretacji wyników, bo np. większa zawartość witaminy C w soku konwencjonalnym niż ekologicznym może wynikać właśnie z dodanej do soku konwencjonalnego syntetycznej witaminy C.

W badaniach własnych zawartość suchej masy w badanych sokach warzywnych istotnie zależała zarówno od pochodzenia, jak i rodzaju soku.

Raczkiewicz [22] stwierdziła istotny wpływ konwencjonalnego systemu produkcji oraz rodzaju soku na zawartość suchej masy w produktach. Soki konwencjonalne zawierały istotnie więcej suchej masy w porównaniu z sokami ekologicznymi (10,92g/100g ś.m. i 9,57g/100g ś.m.). Wyższa zawartość suchej masy w sokach konwencjonalnych mogła wynikać z zastosowania innych technologii oraz surowców użytych do produkcji. Podobnie jak w niniejszej pracy także Świdorski i wsp. [25] stwierdzili w ekologicznych sokach pomidorowych niższą zawartość suchej masy w porównaniu z sokami konwencjonalnymi. Gąstoł i wsp. [8] w badaniach przeprowadzonych na ekologicznych i konwencjonalnych sokach marchwiowych i buraczanych stwierdzili istotne różnice w zawartości suchej masy zarówno między pochodzeniem soków, jak i ich rodzajami. Konwencjonalny sok marchwiowy był istotnie zasobniejszy w suchą masę w porównaniu z jego odpowiednikiem ekologicznym (10,4 % i 9,7%), natomiast ekologiczny sok buraczany był istotnie zasobniejszy w suchą masę w porównaniu z konwencjonalnym sokiem (12,2% i 8,3%).

Podobne zależności dotyczące zawartości witaminy C do prezentowanych w niniejszej pracy uzyskała Raczkiewicz [22], która także stwierdziła istotnie wyższą zawartość witaminy C w sokach pochodzących z konwencjonalnego sposobu produkcji (35,45 mg/100 g s.m.) w porównaniu z ekologicznym (21,61 mg/100 g s.m.). Autorka [22] uzyskała jednak istotnie niższe zawartości witaminy C zarówno w sokach ekologicznych (marchwiowym – 23,17 mg/100 g s.m. i pomidorowym – 20,16 mg/100 g s.m.), jak i w soku konwencjonalnym marchwiowym (26,69 mg/100 g s.m.), z wyjątkiem soku konwencjonalnego pomidorowego (38,12 mg/100 g s.m.). Wyższa zawartość witaminy C w sokach konwencjonalnych była związana z powodu dodania syntetycznego kwasu L-askorbinowego do jego składu. W konwencjonalnej produkcji soków, związek ten jest używany jako popularny przeciwutleniacz i stosowany do ochrony innych związków biologicznie czynnych (np. polifenoli). Informacja ta została zadeklarowana przez producenta na opakowaniu. W ekologicznym przetwórstwie zgodnie z Ustawą UE [27] zabronione jest stosowanie syntetycznych przeciwutleniaczy w żywności.

Świdorski i wsp. [25] wykazali, że soki konwencjonalne pomidorowe zawierały 10-krotnie więcej witaminy C w porównaniu z ich odpowiednikami ekologicznymi. Gąstoł i wsp. [8] nie stwierdzili istotności różnic w zawartości witaminy C w badanych sokach marchwiowym i buraczanym pochodzenia ekologicznego i konwencjonalnego. Polak i wsp. [19] w badaniach przeprowadzonych na ekologicznym soku marchwiowym i konwencjonalnym soku pomidorowym, stwierdzili wysoką zawartość witaminy C w konwencjonalnym soku pomidorowym (14,59 mg/100 ml), natomiast stosunkowo niską jej zawartość w ekologicznym soku marchwiowym (1,96 mg/100 ml). Porównując otrzymane przez Polaka i wsp. [19] wartości witaminy C do prezentowanych w niniejszej pracy, należy zauważyć, iż są one istotnie niższe (o ok. 50%) w przypadku konwencjonalnego soku pomidorowego i (o 70%) w przypadku ekologicznego soku marchwiowego. Podsędek i wsp. [18] w badaniach przeprowadzonych na konwencjonalnych sokach pomidorowych stwierdzili średnią zawartość witaminy C na poziomie 9,70 mg/100 ml; także niższą o 50% w porównaniu z zawartością w soku pomidorowym prezentowanym w pracy.

W prezentowanej pracy wykazano, że na zawartość związków fenolowych w badanych sokach warzywnych istotny wpływ miały analizowane czynniki (pochodzenie i rodzaj).

Raczkiewicz [22] także stwierdziła istotnie więcej kwasów fenolowych w sokach ekologicznych (24,14 mg/100 g s.m.), a ponadto flawonoidów (1,26 mg/100 g s.m.), w porównaniu do soków konwencjonalnych (odpowiednio: 19,34 mg/100 g s.m. i 0,63 mg/100 g s.m.). Autorka [22] wykazała, że ekologiczny sok pomidorowy zawierał istotnie wyższe zawartości kwasów fenolowych w porównaniu z jego odpowiednikiem konwencjonalnym (64,40 mg/100 g s.m. i 22,98 mg/100 g s.m.). Natomiast konwencjonalny sok marchwiowy był istotnie zasobniejszy w kwasy fenolowe w porównaniu z jego odpowiednikiem ekologicznym (39,34 mg/100 g s.m. i 19,27 mg/100 g s.m.). Należy zauważyć, że stwierdzone przez Raczkiewicz [22] zawartości kwasów fenolowych, są wyższe w porównaniu do prezentowanych w pracy. Wootton-Beard i wsp. [28] w badaniach dotyczących zawartości polifenoli w sokach marchwiowych i buraczanych stwierdzili, że ich zawartość kształtowała się

w przedziale od 44,9 mg/100 ml do 60,5 mg/100 ml w sokach marchwiowych i od 212,6 mg/100 ml do 302,5 mg/100 ml w sokach buraczanych. Gąstoł i wsp. [8] badając zawartość polifenoli w sokach marchwiowych i buraczanych pochodzenia ekologicznego i konwencjonalnego, tylko w przypadku soku buraczanego stwierdzili istotną różnicę w zawartości oznaczanych związków na korzyść pochodzenia ekologicznego (271 mg/100 ml i 220 mg/100 ml). Tak duże różnice w zawartości związków fenolowych pomiędzy wynikami tych autorów [8, 28] i otrzymanych w niniejszej pracy wynikają z zastosowania odmiennych metod analitycznych. Wootton-Beard i wsp. [28] oraz Gąstoł i wsp. [8] zastosowali metodę Folina-Ciocalteu, w której do puli związków fenolowych wliczane są również betacjany. Natomiast w prezentowanej pracy zarówno kwasy fenolowe ogółem, jak i flawonoidy ogółem, są efektem sumowania oznaczonych indywidualnych związków fenolowych metodą HPLC. Świdorski i wsp. [25] w badaniach przeprowadzonych na pomidorowych i marchwiowych sokach pochodzenia ekologicznego i konwencjonalnego wykazali, że konwencjonalne soki pomidorowe zawierały prawie dwukrotnie więcej związków polifenolowych w porównaniu z ich odpowiednikiem ekologicznym. Natomiast soki marchwiowe niezależnie od pochodzenia zawierały porównywalną zawartość związków polifenolowych. Podsędek i wsp. [18] w konwencjonalnych sokach pomidorowych stwierdzili średnio 36,77 mg/100 ml polifenoli ogółem.

Przeprowadzona w badanych sokach warzywnych analiza jakościowa kwasów fenolowych wyraźnie wskazuje na dominujący udział kwasu kawowego, a zarazem na jego obecność wyłącznie w sokach marchwiowych, w tym z istotnie jego wyższą zawartością w ekologicznym soku marchwiowym (12,69 mg/100 ml) w porównaniu z jego odpowiednikiem konwencjonalnym (9,41 mg/100 ml).

Analiza jakościowa flawonoidów wykazała, że związkiem biologicznie czynnym z tej grupy, występującym w największej ilości we wszystkich rodzajach soków warzywnych była rutyna.

Przeprowadzona analiza jakościowa karotenoidów wykazała, że w soku pomidorowym dominował likopen, a w soku marchwiowym – beta-karoten.

Raczkiewicz [22] stwierdziła podobnie jak w prezentowanej pracy, że sposób uprawy nie miał istotnego wpływu na zawartość luteiny, natomiast istotny był wpływ rodzaju soku na zawartość tego barwnika. Autorka [22] wykazała istotnie wyższe zawartości luteiny w ekologicznym soku marchwiowym w porównaniu do jego odpowiednika konwencjonalnego (0,44 mg/100 g s.m. i 0,30 mg/100 g s.m.), natomiast nie wykryła obecności luteiny w sokach pomidorowych. W przypadku zawartości beta-karotenu Raczkiewicz [22] stwierdziła istotny wpływ zarówno systemu uprawy, jak i rodzaju soku na zawartość tego barwnika. Średnie zawartości beta-karotenu wynosiły: w konwencjonalnym soku 1,06 mg/100 g s.m., a w ekologicznym 0,97 mg/100 g s.m.. Podobnie jak w prezentowanej pracy, także ekologiczny sok marchwiowy zawierał istotnie więcej beta-karotenu (3,56 mg/100 g s.m.), w porównaniu z konwencjonalnym sokiem marchwiowym (3,21 mg/100 g s.m.), a konwencjonalny sok pomidorowy – w porównaniu z jego odpowiednikiem ekologicznym (0,03 mg/100 g s.m. i 0,02 mg/100 g s.m.). Także w przypadku zawartości likopenu Raczkiewicz [22] stwierdziła istotny wpływ zarówno systemu, jak i rodzaju soku na zawartość tego barwnika. Kon-

wencjonalny sok pomidorowy był istotnie zasobniejszy w likopen w porównaniu z jego odpowiednikiem ekologicznym (2,80 mg/100 g s.m. i 2,63 mg/100 g s.m.). Podsek i wsp. [18] w badaniach przeprowadzonych na konwencjonalnych sokach pomidorowych stwierdzili średnią zawartość karotenoidów na poziomie 5,67 mg/100 ml (od 4,57 do 8,29 mg/100 ml). Marx i in. [16] w badaniach przeprowadzonych na konwencjonalnych sokach marchwiowych stwierdzili zawartość karotenoidów ogółem na poziomie 4,5 mg/100 ml; ponad 2-krotnie wyższą zawartość w porównaniu do wyników prezentowanych w niniejszej pracy. Marković i wsp. [15] w konwencjonalnych sokach pomidorowych określili zawartość likopenu w granicach od 6,93 mg/100 g do 42,74 mg/100 g (średnio 20,10 mg/100 g). Zdecydowanie niższą zawartość likopenu otrzymali Rao i in. [23], którzy w konwencjonalnym soku pomidorowym zawartość tego barwnika określili na poziomie średnio 10,16 mg/100 ml.

## 8. Wnioski

- Soki warzywne ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy i kwasów fenolowych ogółem niż ich odpowiedniki konwencjonalne.
- W grupie soków ekologicznych najwyższą zawartością suchej masy i kwasów fenolowych ogółem, w tym kwasu kawowego, charakteryzował się sok marchwiowy.
- Soki warzywne konwencjonalne zawierały istotnie więcej witaminy C, flawonoidów ogółem i karotenoidów ogółem w porównaniu z ich odpowiednikami ekologicznymi.
- W grupie soków konwencjonalnych sok buraczany był najzasobniejszy w witaminę C, natomiast sok pomidorowy był najzasobniejszy zarówno we flawonoidy ogółem, w tym w rutynę, jak i w karotenoidy ogółem, w tym w likopen.
- Prezentowana praca częściowo potwierdza dotychczasowe wyniki świadczące o wyższej zawartości związków bioaktywnych w przetworach warzywnych z produkcji ekologicznej w porównaniu do produkcji konwencjonalnej, jednak wyniki nie zależą tylko od zastosowanej agrotechniki, ale także od czynników odmianowych i przetwórczych.

## 9. Bibliografia

- [1] Bardadyn E.: Ocena zawartości związków biologicznie czynnych w wybranych sokach warzywnych pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Praca magisterska, Wydział nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW, Warszawa 2011.
- [2] Borowska J.: Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2003, 1, 48, 2, 26-27.
- [3] Budryn G., Nebesny E.: Fenolokwasy – ich właściwości, występowanie w surowcach roślinnych, wchłanianie i przemiany metaboliczne. *Bromatologia Chemii Toksykologicznej*, 2006, 39, 2, 103-110.
- [4] Caris-Veyrat C., Amiot M.J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mokolajczak M., Guillaud J.C., Bouteloup-Demange C., Borel P.: Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52, 6503-65009.
- [5] Czapski J.: Wpływ technologii na jakość soków owocowych i warzywnych. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 1999, 43, 10, 33-36.
- [6] Dudek-Makuch M., Gawron-Gzela A.: The role of natural antioxidants in the prevention of civilization-related diseases. *Herba Polonica*, 2007, 53, 2, 145-146.
- [7] Fuleki T., Francis F.J.: Quantitate methods for anthocyanins. *J. Food Sci.*, 1968, 33, 72-77.
- [8] Gąstoł M., Domagała-Świątkiewicz I., Krośniak M.: Organic versus conventional – a comparative study on quality and nutritional value of fruit and vegetable juices. *Biological Agriculture and Horticulture. An International Journal for Sustainable Production Systems*. 2011, 27, 3-4, 310-319.
- [9] Grajek W.: Rola przeciwutleniaczy w zmniejszaniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 1, 3-11.
- [10] Grajek W.: *Przeciwutleniacze w żywności, aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- [11] Hallmann E.: The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types. *J. Sci Food Agric. (wileyonlinelibrary. com)* DOI 10.1002/jsfa.5617.
- [12] Kazimierzczak R., Rembiałkowska E.: *Żywność ekologiczna – postęp w żywieniu. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2007, 17, 70-72.
- [13] Komorowska D.: Rolnictwo ekologiczne w odniesieniu do konwencjonalnego. *Przegląd Hodowlany*, 2007, 9, 25-28.
- [14] Kuźnicki D.: Antyoksydanty i środki obniżające poziom cholesterolu zawarte w surowcach roślinnych wykazujące działanie przeciwmiażdżycowe. *Postępy Fototerapii*, 2006, 4, 206-212.
- [15] Marković K., Hruskar M., Vahčić N.: Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of Croatsians. *Nutrition Research*, 2006, 26, 556-560.
- [16] Marx M., Schieber A., Reinhold C.: Quantitative determination of carotene stereoisomers in Carnot juices and vitamin supplemented (ATBC) drinks. *Food Chemistry*, 2000, 70, 403-408.
- [17] Miśniakiewicz M., Suwała G.: *Żywność ekologiczna w świadomości Polaków. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2006, 705, 56-75.
- [18] Podsek A., Sosnowska D., Anders B.: Antioxidative capacity of tomato products. *Eur. Food Res Technol.*, 2003, 217, 296-300.
- [19] Polak M., Kunczewicz A., Mazur B., Wojciechowski Ł.: Zawartość witaminy C w wybranych sokach ekologicznych i komercyjnych oraz ich właściwości przeciwutleniające. *Biuletyn Naukowy*, 2009, 30, 35-39.
- [20] Polska Norma, PN-R-04013: 1988. Analiza chemiczno-rolnicza roślin. Oznaczanie powietrznie suchej i suchej masy.
- [21] Polska Norma, PN-A-04019: 1998. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości witaminy C.
- [22] Rączkiewicz K.: Zawartość związków biologicznie czynnych w rynkowych sokach owocowych i warzywnych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Praca magisterska, Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW, Warszawa 2009.
- [23] Rao A.V., Waseem Z., Agarwal S.: Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. *Food Research International*, 1998, 31, 10, 737-741.
- [24] Softysiak U.: *Przetwórstwo produktów rolnictwa ekologicznego – nowa regulacja prawna w rolnictwie ekologicznym. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2009, 1, 4-6.
- [25] Świdorski F., Żebrowska M., Waszkiewicz-Robak B., Hallmann E.: Poprawa jakości i konkurencyjności na rynku krajowym i innych krajów UE napojów wyprodukowanych na bazie soków owocowych i warzywnych z krajowych surowców ekologicznych. Streszczenie wyników badań z zakresu rolnictwa ekologicznego realizowanych w 2008 roku. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2009, 141-152.
- [26] Tajner-Czopek A., Kita A.: *Analiza żywności – jakość produktów spożywczych*. AWA, Wrocław 2005.
- [27] [27] Ustawa o rolnictwie ekologicznym z dn. 25 czerwca 2009. Dz.U. nr 116, poz. 975.
- [28] Wootton-Beard P.C., Moran A., Ryan L.: Stability of the antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. *Journal Food Research International*, 2011, 44, 217-224.
- [29] Zimny L.: Definicje i podziały systemów rolniczych. *Acta Agrophysica*, 2007, 10, 2, 707-518.