

Dr hab. Ewelina HALLMANN
Zakład Żywności Ekologicznej, SGGW w Warszawie

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE CZYNNYCH W WYBRANYCH SOKACH POMARAŃCZOWYCH Z PRODUKCJI EKOLOGICZNEJ I KONWENCJONALNEJ®

The content of bioactive compounds in selected orange juice from organic and conventional production®

Sok pomarańczowy jest jednym z soków częściej wybieranych przez konsumentów. Jest on bardzo dobrym źródłem witaminy C, karotenoidów oraz flawonoidów w diecie. Zawartość związków bioaktywnych w sokach pomarańczowych zależy od wielu czynników: min. pochodzenia owoców, sposobu przerobu owoców, sposobu utrwalenia soku. Stwierdzono, że soki z produkcji ekologicznej zawierały więcej zeaksantyny, β -karotenu, flawonoidów ogółem, kwercetyny, hesperydyny oraz kempferolu w porównaniu z sokami konwencjonalnymi. Soki świeże (nie otrzymane z koncentratu) charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy, karotenoidów ogółem, zeaksantyny, cis-zeaksantyny, jak też flawonoidów: naringiny oraz kempferolu w porównaniu z sokami wykonanymi z koncentratu.

Orange juice is one of the more popular juice among consumers. Orange juice is a very good source of vitamin C, carotenoids and flavonoids in the diet. The content of bioactive compounds in orange juice depends on many factors: the origin of the fruit, fruit processing. In presented experiment organic juices contained significantly more zeaxanthin, β -carotene, flavonoids: quercetin, hesperidin and kempferol compared to conventional juices. Fresh juice (not made from concentrate) were characterized by significantly higher content of dry matter, total carotenoids, zeaxanthin, cis-zeaxanthin, naringin as well as kaempferol in comparison with the juices made from concentrate.

WPROWADZENIE

Sok pomarańczowy jest najczęściej wybieranym przez polskich konsumentów (24%) sokiem owocowym, w dalszej kolejności są sok jabłkowy (14,3%) oraz grapefruitowy (10,3%) [1]. W sklepach znajduje się bardzo wiele różnych soków pomarańczowych, wykonanych głównie z koncentratu. Jest to związane ze specyfiką pozyskania surowca do produkcji soku pomarańczowego. W obu systemach produkcji (ekologicznym i konwencjonalnym), sok pomarańczowy produkuje się w Polsce z wcześniej przygotowanego i sprowadzonego koncentratu. Sok pomarańczowy świeży jest rzadkością na polskim rynku. Na półkach w sklepach można znaleźć tylko jeden rodzaj soku pomarańczowego, tzw. soku jednodniowego, który zgodnie z deklaracją producenta jest sokiem bezpośrednim. To, że sok pomarańczowy jest produkowany nie z koncentratu, nie oznacza, że jest sokiem wyciśniętym bezpośrednio z owoców pomarańczy. Największym producentem pomarańczy oraz koncentratu pomarańczowego na świecie jest Brazylia. Roczna produkcja pomarańczy w 2012 roku wyniosła 18,012 mln ton, z tego 12,811 mln ton trafiło do przetwórstwa [4]. Sok pomarańczowy bezpośredni oznacza, że po zbiorze i selekcji owoców, jeszcze w Brazylii, sok został wyciśnięty z owoców i w ten sposób otrzymano sok pomarańczowy surowy. Ten produkt poddaje się pasteryzacji przepływowej i rozlewa do tanków, które statkami transportowane są do miejsca przeznaczenia (konsumpcji). Zgodnie z nomenklaturą producent takiego soku może deklarować na opakowaniu sok NFC (nie z koncentratu), jednak nie jest to sok bezpośrednio wyciśnięty z owoców. Soki pomarańczowe odtworzone z koncentratu

wzbogaca się w substancje aromatyczne i witaminy, które uległy degradacji podczas przetwarzania owoców na sok. Natomiast przy produkcji nektarów stosuje się dodatkowo cukier lub/i syrop glukozowo-fruktozowy oraz kwas cytrynowy jako regulator kwasowości [5].

W systemie ekologicznym surowce (głównie owoce i warzywa) stosowane do produkcji soków charakteryzują się wyższą zawartością związków bioaktywnych w porównaniu z surowcami konwencjonalnymi [7, 8, 13]. Wykazano też, że produkty ekologiczne (w tym soki warzywne i owocowe) charakteryzują się istotnie wyższą zawartością związków biologicznie czynnych (polifenoli, w tym flawonoidów, witaminy C, oraz karotenoidów) [10, 14, 17]. Dobrej jakości surowiec oraz surowe zasady stosowane w przetwórstwie eko-rolniczym przyczyniają się do powstania produktu wysokiej jakości. Jakość soków owocowych i warzywnych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej była już przedmiotem wielu badań porównawczych. Jednak w najnowszej literaturze brak jest informacji o jakości soków pomarańczowych pochodzących z dwóch różnych systemów produkcji.

Celem artykułu jest przedstawienie uzyskanych wyników badań dotyczących zawartości związków biologicznie czynnych w wybranych sokach pomarańczowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej.

MATERIAŁ I METODY

Do doświadczenia wykorzystano 3 marki soków pomarańczowych produkcji ekologicznej (dostępnych na rynku) i przygotowanych przez producentów jako soki z koncentratu i były

to: E1, E2 oraz E3. Soki produkowane konwencjonalnie, również przygotowane z koncentratu były reprezentowane przez marki: K1, K2, K3, K4, K5. Jedyna marka „konwencjonalnego” soku pomarańczowego (deklarowana przez producenta jako sok świeży), w rzeczywistości była sokiem pomarańczowym bezpośrednim i była reprezentowana przez K6. Jako kontrolę zastosowano sok surowy wyciśnięty bezpośrednio przed badaniem z owoców pomarańczy zarówno ekologicznych, jak i konwencjonalnych.

W próbkach soków oznaczono zawartość suchej masy (wg Polskiej Normy PN-R-04013:1988) metodą wagową [11], zawartość witaminy C metodą spektrofotometryczną [12], zawartość polifenoli z rozdziałem na poszczególne związki metodą HPLC [9], oraz zawartość karotenoidów metodą HPLC [8]. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z zastosowaniem analizy wariancji i testu post-hoc Duncana na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Badanymi czynnikami doświadczenia były: pochodzenie soku (ekologiczne i konwencjonalne), marka soku (9 marek rynkowych soków pomarańczowych) oraz sposób przetworzenia (sok świeży

oraz sok pasteryzowany). Wartość (p) podano w tabelach razem z wartościami średnimi i odchyleniem standardowym oraz zastosowano podział na grupy homogenne.

WYNIKI

W tabeli nr 1 przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości suchej masy, witaminy C oraz karotenoidów w badanych sokach pomarańczowych. Nie zaobserwowano statystycznie istotnej różnicy w zawartości suchej masy pomiędzy sokami pomarańczowymi z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Soki pomarańczowe nie produkowane z koncentratu charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy w porównaniu z sokami przygotowanymi z koncentratu. Istotnie wyższą zawartość suchej masy zawierał sok otrzymany bezpośrednio z ekologicznych pomarańczy i było to 11,86 g/100 ml soku. Do tej samej grupy zaliczono ekologiczny sok E1 (z koncentratu) 11,71 g/100 ml soku oraz sok wyciśnięty świeżo z konwencjonalnych pomarańczy 11,63 g/100 ml soku (Tabela 1.). Otrzymane wyniki wskazują, że soki konwencjonalne charakteryzowały się istotnie wyższą

Tabela 1. Zawartość suchej masy, witaminy C oraz karotenoidów w badanych sokach pomarańczowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej

Table 1. The content of dry matter, vitamin C and carotenoids in examined orange juices form organic and conventional production

Pochodzenie soku	Rodzaj soku	sucha masa	witamina C	karotenoidy ogółem	luteina	zeksantyna	cis-zeksantyna	β -kryptok-santyna	α -karoten	β -karoten
		g/100 ml	mg/100 ml	$\mu\text{g}/100\text{ ml}$						
soki ekologiczne	świeżo wyciśnięty sok z ekologicznych pomarańczy	11,86 e	72,48 d	554,02 ef	54,57 a	17,28 d	25,27 ab	294,01 de	44,25 d	118,64 e
	E1	11,71 de	48,41 b	459,61 a	54,69 a	16,33d	22,83 a	204,03 a	44,58 d	117,15 d
	E2	10,36 b	40,54 a	470,20 ab	59,21 f	14,54 cd	25,41 ab	203,40 a	44,62 d	123,02 f
	E3	10,80 c	46,22 b	517,19 abcd	55,51 ab	15,40 cd	25,47 ab	239,04 abc	53,05 d	128,71 g
soki konwencjonalne	świeżo wyciśnięty sok z konwencjonalnych pomarańczy	11,63 de	70,01 cd	671,12 g	57,30 bcde	15,95 d	57,14 d	379,27 f	43,63 c	117,83 d
	K1	10,72 c	78,16 e	597,04 f	59,02 f	15,25 cd	36,01 c	338,40 ef	40,62 a	107,75 a
	K2	10,79 c	71,48 cd	534,87 cde	58,21 cde	13,08 bc	27,38 ab	281,36 cd	40,70 a	114,13 c
	K3	10,68 bc	70,38 cd	495,33 abcd	58,49 ef	15,45 cd	25,14 ab	236,06 abc	53,60 e	106,58 a
	K4	10,02 a	71,66 cd	543,37 de	56,16 abc	11,50 ab	29,66b	278,12 cd	56,60 f	111,33 b
	K5	11,38 d	72,21 cd	526,55 bcde	58,27 cde	10,29 a	27,29 ab	267,34 bcd	44,35 d	119,00 ef
	K6	11,38 d	69,47 c	480,30 abc	56,74 abcd	15,49 cd	27,77 ab	220,42 ab	42,40b	117,49 d
średnia dla soków ekologicznych		11,18 a	51,91 a	500,26 a	55,99 a	15,89 b	24,75 a	235,12 a	46,63 a	121,88 b
średnia dla soków konwencjonalnych		10,94 a	71,91 b	549,80 b	57,74 a	13,86 a	32,91 b	285,85 b	45,99 a	113,44 a
średnia dla soków świeżych		11,62 b	70,66 a	568,48 b	56,20 a	16,24 b	36,72 b	297,90 a	43,43 a	117,98 a
średnia dla soków z koncentratu		10,81 a	62,38 a	518,02 a	57,45 a	13,98 a	27,40 a	255,97 a	47,26 a	115,96 a
p-value										
pochodzenie soku		n.s.**	<0.0001	0,047	n.s.	0,016	0,02	0,0138	n.s.	<0.0001
marka soku		<0.0001	<0.0001	0,0002	0,0002	0,0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
sposób przetworzenia		0,0001	n.s.	0,028	n.s.	0,0125	0,01	n.s.	n.s.	n.s.

* te same litery oznaczają brak różnic istotnych statystycznie; **n.s. nie istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$

Źródło: Badania własne

zawartością witaminy C w porównaniu z sokami ekologicznymi. Nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy sokami świeżymi i tymi przygotowanymi z koncentratu. Soki bezpośrednie zawierały 70,66 mg/100 ml witaminy C, podczas, gdy soki z koncentratu 62,38 mg/100 ml witaminy C. Istotnie wyższą zawartość witaminy C stwierdzono w soku konwencjonalnym przygotowanym z koncentratu (K1) w porównaniu ze wszystkimi pozostałymi badanymi markami soków (Tabela 1). Soki pomarańczowe z produkcji konwencjonalnej charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością karotenoidów ogółem w porównaniu z sokami ekologicznymi i było to odpowiednio 549,80 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ soku oraz 500,26 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Również soki pomarańczowe świeże zawierały istotnie wyższą zawartość karotenoidów ogółem w porównaniu z sokami produkowanymi z koncentratu. Zgromadzone wyniki wskazują, że sok pomarańczowy z produkcji konwencjonalnej (z koncentratu) K1 oraz sok świeżo wyciśnięty z ekologicznych pomarańczy charakteryzowały się istotnie wyższą sumaryczną zawartością karotenoidów w porównaniu z pozostałymi badanymi markami soków pomarańczowych (Tabela 1). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości luteiny pomiędzy sokami ekologicznymi i konwencjonalnymi oraz pomiędzy próbkami soków świeżych oraz tych produkowanych z koncentratu. Istotnie więcej luteiny stwierdzono w soku pomarańczowym ekologicznym (z koncentratu) marki E1 oraz soku pomarańczowym konwencjonalnym (z koncentratu) K1 i było to odpowiednio 59,21 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ oraz 59,02 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Tabela 1). Wyniki wskazują, że pomarańczowe soki ekologiczne zawierały istotnie więcej zeaksantyny w porównaniu z sokami konwencjonalnymi, podobnie jak soki świeże w porównaniu z sokami produkowanymi z koncentratu. Jednocześnie konwencjonalny sok K4 i K5 charakteryzowały się istotnie niższą zawartością zeaksantyny w porównaniu ze wszystkimi markami soków i było to odpowiednio 11,50 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ i 10,29 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Tabela 1). Soki konwencjonalne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością *cis*-zeaksantyny w porównaniu z sokami ekologicznymi. Zaobserwowano również, że soki wytworzone nie z koncentratu zawierały istotnie więcej izomeru tego karotenoidu w porównaniu z sokami z koncentratu. Sok konwencjonalny wyciśnięty bezpośrednio z konwencjonalnych pomarańczy charakteryzował się istotnie wyższą zawartością *cis*-zeaksantyny w porównaniu z pozostałymi badanymi markami soków pomarańczowych (Tabela 1). Zgromadzone wyniki wskazują, że soki konwencjonalne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością β -kryptoksantyny w porównaniu z sokami ekologicznymi. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości tego karotenoidu pomiędzy sokami świeżymi, a sokami przygotowanymi z koncentratu. Istotnie więcej β -kryptoksantyny zawierały sok świeżo wyciśnięty z konwencjonalnych pomarańczy oraz sok konwencjonalny (z koncentratu) K1. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie pomiędzy sokami ekologicznymi i konwencjonalnymi oraz pomiędzy sokami świeżymi oraz tymi przygotowanymi z koncentratu w zawartości α -karotenu. Większą zawartość tego związku stwierdzono w świeżo wyciśniętym soku z konwencjonalnych pomarańczy oraz w soku konwencjonalnym (z koncentratu) K1 i było to odpowiednio 379,27 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ oraz 338,40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Tabela 1). Ekologiczne soki pomarańczowe charakteryzowały

się istotnie wyższą zawartością β -karotenu w porównaniu z sokami konwencjonalnymi. Nie stwierdzono różnic w zawartości tego karotenoidu pomiędzy sokami świeżymi, a tymi przygotowanymi z koncentratu. Istotnie więcej β -karotenu stwierdzono w ekologicznym soku (z koncentratu) E2 oraz konwencjonalnym soku (z koncentratu) K5 i było to odpowiednio 123,02 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ oraz 119,00 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Tabela 1).

Soki pomarańczowe z produkcji ekologicznej charakteryzowała istotnie wyższa zawartość flawonoidów ogółem w porównaniu z sokami konwencjonalnymi. Nie stwierdzono różnic w zawartości flawonoidów ogółem pomiędzy próbkami soków świeżych oraz tych przygotowanych z koncentratu (Tabela 2).

Istotnie wyższą zawartość flawonoidów ogółem stwierdzono w soku pomarańczowym E1 oraz E2 i było to odpowiednio 68,54 mg/100 ml oraz 69,62 mg/100 ml. Soki pomarańczowe konwencjonalne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością rutynozydu-3-O-kwercetyny w porównaniu z sokami ekologicznymi. Nie stwierdzono różnic w zawartości tego związku pomiędzy sokami świeżymi, a tymi przygotowanymi z koncentratu. Istotnie wyższa zawartość rutynozydu-3-O-kwercetyny zawierały soki K1 i K6 i było to odpowiednio 4,07 mg/100 ml oraz 4,02 mg/100 ml (Tabela 2). Nie stwierdzono wpływu pochodzenia ani przetworzenia na zawartość glikozydu-3-O-kwercetyny w badanych sokach pomarańczowych. Soki E1 i E3 charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością tego związku i było to odpowiednio 1,58 mg/100 ml dla obu marek soków pomarańczowych (Tabela 2). Nie stwierdzono wpływu pochodzenia soku na zawartość naringiny. Jednak soki świeże charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością tego związku w porównaniu z sokami przygotowanymi z koncentratu i było to odpowiednio 2,25 mg/100 ml oraz 2,17 mg/100 ml. Soki pomarańczowe z produkcji ekologicznej E3 oraz sok świeżo wyciśnięty z pomarańczy, jak też soki konwencjonalne K2 i K3 charakteryzowały się zbliżoną zawartością naringiny. Nie stwierdzono wpływu pochodzenia i przetworzenia soków na zawartość myricetyny w badanych próbkach soków pomarańczowych. Wśród soków ekologicznych istotnie wyższą zawartość tego związku zawierały soki marki E1 i E2, zaś wśród soków konwencjonalnych były to marki K1, K2 i K3 (Tabela 2). Nie stwierdzono wpływu pochodzenia i sposobu przetworzenia soków na zawartość naringiny w badanych sokach pomarańczowych. Wszystkie soki z produkcji ekologicznej oraz sok konwencjonalny wyciśnięty bezpośrednio z pomarańczy charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością naringiny w porównaniu z pozostałymi badanymi markami soków pomarańczowych. Soki ekologiczne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością kwercetyny w porównaniu z sokami konwencjonalnymi. Nie stwierdzono wpływu przetworzenia owoców na zawartość tego związku w badanych sokach pomarańczowych. Istotnie więcej kwercetyny zawierały soki konwencjonalne marki K6, sok ze świeżych pomarańczy, K3, K4 oraz K5, jak też jeden sok ekologiczny E2 (Tabela 2). Nie stwierdzono wpływu pochodzenia ani przetworzenia na zawartość naringiny w badanych sokach pomarańczowych. Istotnie więcej tego związku zawierały soki E2 oraz konwencjonalny sok świeżo wyciśnięty z pomarańczy i było to odpowiednio 6,22 mg/100 ml oraz 6,02 mg/100 ml badanego soku.

Tabela 2. Zawartość flawonoidów w badanych sokach pomarańczowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej
Table 2. The content of flavonoids in examined orange juices from organic and conventional production

Pochodzenie soku	Rodzaj soku	flawonoidy ogółem	rutynozyd-3-O-kwercetyny	glikozyd-3-O-kwercetyny	naringina	myricetyna	narirutyna	kwercetyna	naringenina	hesperydyna	kempferol
		mg/100 ml									
soki ekologiczne	świeżo wyciśnięty sok z ekologicznych pomarańczy	73,80 g	2,44 b	1,35 d	2,46 d	3,59 bc	6,22 d	6,46 f	1,31 d	47,85 f	2,12 de
	E1	68,54 e	2,25 a	1,58 e	1,89 a	3,69 cd	6,47 d	5,26 b	1,35 h	43,96 d	2,09 cde
	E2	69,62 ef	2,53 b	1,31 bc	2,11 b	4,27 d	6,38 d	5,99 de	1,34 f	43,43 d	2,26 fg
	E3	71,07 g	3,30 c	1,58 e	2,43 d	3,02 a	6,15 cd	5,60 c	1,29 b	45,60 e	2,11 de
soki konwencjonalne	świeżo wyciśnięty sok z konwencjonalnych pomarańczy	65,56 d	4,32 g	1,30 ab	2,20 c	3,02 a	6,02 cd	5,97 de	1,33 f	39,03 c	2,36 h
	K1	60,13 b	4,07 f	1,30 a	1,93 a	4,20 d	5,02 ab	4,41 a	1,32 e	35,69 b	2,1 ef
	K2	62,39 c	3,78 d	1,31 ab	2,47 d	4,38 d	5,18 ab	5,27 b	1,30 c	36,76 b	1,95 ab
	K3	65,30 d	4,25 g	1,30 ab	2,43 d	4,17 cd	4,95 ab	5,82 cde	1,31 d	39,19 c	1,89 a
	K4	62,04 c	3,93 e	1,32 c	1,97 a	3,10 a	5,24 ab	5,84 cde	1,34 g	37,31 b	1,98 abc
	K5	65,31 d	4,02 ef	1,31 abc	2,15 bc	3,49 b	4,87 a	5,77 cde	1,31 d	40,37 c	2,03 bcd
	K6	55,88 e	4,25 g	1,30 a	2,09 b	2,97 a	5,55 bc	6,09 e	1,28 e	30,01 a	2,33 h
średnia dla soków ekologicznych		70,76 b	2,63 a	1,46 a	2,22 a	3,64 a	6,30 a	5,83 b	1,32 a	45,21 b	2,14 b
średnia dla soków konwencjonalnych		62,37 a	4,09 b	1,31 a	2,18 a	3,62 a	5,26 a	5,60 a	1,31 a	36,91 a	2,10 a
średnia dla soków świeżych		65,08 a	3,67 a	1,32 a	2,25 b	3,19 a	5,93 a	6,17 a	1,31 a	38,96 a	2,27 b
średnia dla soków z koncentratu		65,55 a	3,51 a	1,38 a	2,17 a	3,79 a	5,53 a	5,50 a	1,32 a	40,29 a	2,06 a
p-value											
pochodzenie soku		<0.0001	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0.0001	0,0002
marka soku		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
sposób przetworzenia		n.s.	n.s.	n.s.	0,033	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,0001

* te same litery oznaczają brak różnic istotnych statystycznie; **n.s. nie istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$

Źródło: Badania własne

Soki pomarańczowe z produkcji ekologicznej charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością hesperydyny w porównaniu z sokami konwencjonalnymi. Nie stwierdzono różnic w zawartości hesperydyny pomiędzy sokami świeżymi, a sokami produkowanymi z koncentratu. Istotnie więcej hesperydyny stwierdzono w soku świeżo wyciśniętym z ekologicznych pomarańczy (Tabela 2). Istotnie więcej kempferolu stwierdzono w sokach ekologicznych oraz tych przygotowanych na świeżo w porównaniu z sokami konwencjonalnymi oraz sokami wyprodukowanymi z koncentratu. Jednocześnie zaobserwowano, że sok konwencjonalny wyciśnięty bezpośrednio z owoców oraz konwencjonalny sok K6 charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością kempferolu w porównaniu z pozostałymi badanymi markami soków pomarańczowych (Tabela 2).

DYSKUSJA

W najnowszej literaturze brakuje informacji dotyczących porównania zawartości związków karotenoidowych i flawonoidowych w sokach pomarańczowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Sok pomarańczowy jest bardzo dobrym źródłem karotenoidów. W soku pomarańczowym występują następujące karotenoidy: anteraksantyna, auroksantyna, α -karoten, β -karoten, luteina, luteinoksantyna, mutatok-santyna, violaksantyna [5]. Mogą w nim też występować takie karotenoidy jak: β -kryptoksantyna i α -kryptoksantyna [16]. W badanych sokach pomarańczowych stwierdzono obecność luteiny, zeaksantyny, *cis*-zeaksantyny, β -kryptoksantyny, α -karotenu i β -karotenu (Tabela 1). Średnia zawartość luteiny w sokach ekologicznych wyniosła 55,99 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ soku, zaś dla soków konwencjonalnych było to 57,74 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Konwencjonalne soki pomarańczowe charakteryzowały się wyższą zawartością luteiny i było to 739-793 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ soku [15, 16]. W prezentowanej pracy zawartość β -kryptoksantyny była podobna w porównaniu do wyników innych autorów [16]. Natomiast badane soki pomarańczowe charakteryzowały się znacznie niższą zawartością zeaksantyny (średnio w soku ekologicznym 15,89 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ oraz w soku konwencjonalnym 13,86 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) w porównaniu z badanymi sokami konwencjonalnymi, (345-396 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) [16]. Badane soki ekologiczne zawierały 121,88 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ β -karotenu oraz 46,63 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ α -karotenu. Zawartość tych barwników była znacznie niższa w porównaniu z prezentowanymi przez innych autorów, którzy podali, że w soku z hiszpańskich pomarańczy było 158-591 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ α -karotenu oraz 133-4809 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ β -karotenu [6]. W prezentowanych badaniach dominującym karotenoidem w soku pomarańczowym była β -kryptoksantyna. Soki ekologiczne zawierały 235,12 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ tego barwnika, zaś soki konwencjonalne 285,85 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Tabela 1). Konwencjonalny sok pomarańczowy zawierał od 242 μg do nawet 2491 μg na 100 ml badanej próbki β -kryptoksantyny [6]. Zawartość karotenoidów w sokach pomarańczowych jest uzależniona od wielu czynników takich jak: odmiana owocu z którego wyciśnięto sok, pochodzenia owoców, sposobu produkcji i utrwalaania soku pomarańczowego. W prezentowanych badaniach soki świeże charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością karotenoidów ogółem (568,48 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) w porównaniu z sokami przygotowanymi z koncentratu (518,02 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) (Tabela 1). Zaobserwowano, że w soku bezpośrednio wyciśniętym z owoców pomarańczy była najwyższa zawartość karotenoidów ogółem (1657 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) w porównaniu z sokiem utrwalonym za pomocą mikro impulsów elektrycznych (1132 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) [3].

Sok pomarańczowy to również bardzo dobre źródło witaminy C. Sok pomarańczowy wyprodukowany nie z koncentratu zawierał średnio 49,35 $\text{mg}/100\text{ ml}$ witaminy C, zaś w soku otrzymanym z koncentratu było to 49,93 $\text{mg}/100\text{ ml}$ witaminy C [2]. W prezentowanych badaniach w soku świeżym zawartość witaminy C wynosiła 70,66 $\text{mg}/100\text{ ml}$ soku, zaś w sokach z koncentratu 62,38 $\text{mg}/100\text{ ml}$ (Tabela 1). W sokach konwencjonalnych stwierdzono istotnie wyższą zawartość witaminy C w porównaniu z sokami ekologicznymi. Jest to związane z dodawaniem syntetycznego kwasu L-askorbinowego do konwencjonalnych soków pomarańczowych. W produktach ekologicznych taka praktyka jest zabroniona, a należy podkreślić, że surowce z produkcji ekologicznej charakteryzują się wyższą zawartością witaminy C w porównaniu z surowcami konwencjonalnymi [8, 9]. W prezentowanych badaniach zaobserwowano, że sok świeży wyciśnięty z ekologicznych pomarańczy zawierał 72,48 $\text{mg}/100\text{ ml}$ witaminy C, zaś sok świeży wyciśnięty z konwencjonalnych pomarańczy 70,01 $\text{mg}/100\text{ ml}$ badanego produktu.

Sok pomarańczowy stanowi bardzo dobre źródło związków flawonoidowych. Zidentyfikowano w nim następujące flawonoidy: rutynę (rutynozyd-3-O-kwercetyny), narirutynę (rutynozyd-3-O-naringiny), naringinę, hesperydynę, neohesperydynę, kwercetynę, naringeninę oraz kempferol [18]. W prezentowanym badaniu soki pomarańczowe świeże (nie z koncentratu) charakteryzowały się niższą zawartością hesperydyny (38,96 $\text{mg}/100\text{ ml}$), w porównaniu z sokami wykonanymi z koncentratu 40,29 $\text{mg}/100\text{ ml}$ soku. Soki

wyprodukowane nie z koncentratu zawierały 30,50 $\text{mg}/100\text{ ml}$ hesperydyny, podczas, gdy te wykonane z koncentratu 44,10 $\text{mg}/100\text{ ml}$ [18]. W prezentowanym badaniu soki pomarańczowe świeże charakteryzowały się nieznacznie wyższą zawartością narirutyny (5,93 $\text{mg}/100\text{ ml}$ soku), w porównaniu z sokami z koncentratu (5,53 $\text{mg}/100\text{ ml}$ soku). Soki nie z koncentratu zawierały 4,10 $\text{mg}/100\text{ ml}$ narirutyny, zaś te z koncentratu 6,70 $\text{mg}/100\text{ ml}$ produktu [18]. W prezentowanym badaniu zawartość flawonoidów ogółem w sokach pomarańczowych świeżych wyniosła średnio 65,08 $\text{mg}/100\text{ ml}$, zaś w sokach z koncentratu 65,55 $\text{mg}/100\text{ ml}$ produktu (Tabela 2). W dostępnej literaturze wykazano, że soki pomarańczowe świeże zawierały mniej flawonoidów ogółem w porównaniu z sokami z koncentratu [18].

WNIOSKI

1. Soki ekologiczne wyróżniała istotnie wyższa zawartość zeaksantyny, β -karotenu, flawonoidów ogółem, kwercetyny, hesperydyny oraz kempferolu w porównaniu z sokami konwencjonalnymi;
2. Soki konwencjonalne charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością witaminy C, karotenoidów ogółem, *cis*-zeaksantyny, β -kryptoksantyny oraz rutynozyd-3-O-kwercetyny w porównaniu z sokami ekologicznymi;
3. Soki świeże (nie otrzymane z koncentratu) charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy, karotenoidów ogółem, zeaksantyny, *cis*-zeaksantyny, naringiny oraz kempferolu w porównaniu z sokami wykonanymi z koncentratu.

LITERATURA

- [1] **AIJN. 2012.** *Liquid Fruit Market Report*, 23-24.
- [2] **ARENA E., FALLICIO B., MACCARONE E. 2001.** *Evaluation of antioxidant capacity of blood orange juices as influences of constituents, concentration process and storage.* Food Chemistry 74, 423-427.
- [3] **CORTÉS C., ESTEVE M. J., RODRIGO D., TORREGROSA F., FRÍGOLA A. 2006.** *Changes of colour and carotenoids contents during high intensity pulsed electric field treatment in orange juices.* Food Chemistry and Toxicology 44, 1932-1939.
- [4] <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>
- [5] **MELÉNDEZ-MARTÍNEZ A. J., VICARIO I. M., HEREDIA F. J. 2007a.** *Review: Analysis of carotenoids in orange juice.* Journal of Food Composition and Analysis 20, 638-649.
- [6] **MELÉNDEZ-MARTÍNEZ A. J., VICARIO I. M., HEREDIA F. J. 2007b.** *Provitamin A carotenoids and ascorbic acid contents of the different types of orange juices marketed in Spain.* Food Chemistry. 101, 177-184.
- [7] **HALLMANN E., REMBIAŁKOWSKA E. 2007.** *Wpływ metody uprawy ekologicznej i konwencjonalnej na wybrane parametry wartości odżywczej marchwi (Daucus carota).* Żywnienie Człowieka i Metabolizm 34, 550-556.

- [8] **HALLMANN E. 2012.** *The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types.* Journal of the Sciences Food and Agriculture. 92, 14, 2840-2848.
- [9] **HALLMANN E., REMBIAŁKOWSKA E. 2012.** *Characterization of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum L.*) under organic and conventional growing systems.* Journal of the Sciences Food and Agriculture. 92, 12, 2409-2415.
- [10] **HALLMANN E., LIPOWSKI J., MARSZAŁEK K., REMBIAŁKOWSKA E. 2013.** *The seasonal variation in bioactive compounds content in juice from organic and non-organic tomatoes.* Plant Foods Human Nutrition. 68, 2, 171-176.
- [11] **POLSKA NORMA, PN-R-04013:1988.** *Analiza chemiczno-rolnicza roślin. Oznaczanie powietrznie suchej i suchej masy.*
- [12] **POLSKA NORMA, PN-A-04019:1998.** *Przetwory owocowe i warzywne – Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych – Oznaczanie zawartości witaminy C.*
- [13] [1] **REMBIAŁKOWSKA E., ADAMCZYK M., HALLMANN E. 2004.** *Porównanie wybranych cech wartości odżywczej jabłek z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej.* Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, Suplement, 201-207.
- [14] **REMBIAŁKOWSKA E., HALLMANN E., ADAMCZYK M., LIPOWSKI J., JASIŃSKA U., OWCZAREK L. 2006.** *Wpływ procesów technologicznych na zawartość polifenoli ogółem oraz na potencjał przeciwutleniający przetworów (soku i kremogenu) uzyskanych z jabłek pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej.* Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 1, 46, 121-126.
- [15] **ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI z dnia 21 kwietnia 2010 roku** zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej soków i nektarów owocowych.
- [16] **SÁNCHEZ-MORENO C., PLAZA L., DE ANCOS B., CANO M. P. 2003.** *Vitamin C, provitamin A carotenoids, and other carotenoids in high-pressurized orange juice during refrigerated storage.* Journal of the Sciences Food and Agriculture. 51, 647-653.
- [17] **SIKORA M., HALLMANN E., REMBIAŁKOWSKA E., LIPOWSKI J., MARSZAŁEK K. 2008.** *Ocena wartości odżywczej i sensorycznej soków marchwiowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej.* Monografia X Międzynarodowej Konferencji Naukowej: Rolnictwo ekologiczne – stan obecny i perspektywy rozwoju, 5-6 października 2008, Puszczykowo, Polska.
- [18] **VANAMALA J., REDDIVARI L., YOO K. L., PIKE L. M., PATIL B. S. 2006.** *Variation in the content of bioactive flavonoids in different brands of orange and grapefruit juices.* Journal of Food Composition and Analysis. 19, 157-166.