

RENATA KAZIMIERCZAK, EWELINA HALLMANN, MARIANNA SUŁEK

## ZAWARTOŚĆ KAROTENOIDÓW W WYBRANYCH SOKACH MARCHWIOWYCH POCHODZĄCYCH Z PRODUKCJI EKOLOGICZNEJ I KONWENCJONALNEJ PRZEZNACZONYCH DO SPOŻYCIA DLA NIEMOWLĄT I DOROSŁYCH

### Streszczenie

W pracy przeanalizowano i oceniono zawartość związków karotenoidowych w wybranych sześciu sokach marchwiowych zakupionych na polskim rynku, w tym w sokach pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. Wśród badanych soków dwa produkty były przeznaczone dla niemowląt, zaś jeden to sok jednodniowy o krótkim terminie przydatności do spożycia. Zawartość karotenoidów w badanych produktach oznaczono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC). W celu zidentyfikowania poszczególnych związków karotenoidowych wykorzystano wzorce w postaci  $\beta$ -karotenu,  $\alpha$ -karotenu, zeaksantyny i luteiny – o czystości 99,98 %. Wykazano, że marka soku miała istotny wpływ na zawartość związków bioaktywnych w produktach. Średnio soki z produkcji konwencjonalnej zawierały istotnie ( $p \leq 0,05$ ) więcej karotenoidów ogółem niż soki ekologiczne, a jednocześnie nie różniły się pod względem zawartości poszczególnych związków, jak:  $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -karoten, luteina i zeaksantyna. Soki przeznaczone dla dorosłych były bardziej zasobne w karotenoidy ogółem oraz zawierały więcej suchej masy niż soki dla niemowląt. Wśród soków różnych marek wyróżniał się sok konwencjonalny 4 Kon D charakteryzujący się największą zawartością karotenoidów, w tym  $\beta$ - i  $\alpha$ -karotenu. Najzasobniejszy w ksantofile (zeaksantynę i luteinę) był produkt konwencjonalny 6 Kon D. Uzyskane wyniki badań stanowią ważne potwierdzenie dla konsumentów, że soki marchwiowe dostępne na polskim rynku są cennym źródłem karotenoidów, a zwłaszcza  $\beta$ -karotenu i luteiny o pozytywnym wpływie na zdrowie człowieka, dlatego powinny być obecne w codziennej diecie dzieci i osób dorosłych.

**Słowa kluczowe:** sok marchwiowy, karotenoidy, produkcja ekologiczna, produkcja konwencjonalna, soki dla niemowląt

---

*Dr hab. R. Kazimierczak, dr hab. E. Hallmann, inż. M. Sulek, Katedra Żywności Funkcjonalnej, Ekologicznej i Towaroznawstwa, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa.  
Kontakt: renata\_kazimierczak@sggw.pl*

## Wprowadzenie

Regularne spożywanie warzyw i owoców w postaci świeżej lub przetworzonej w ilości co najmniej 400 g, a optymalnie 800 g dziennie w 5 porcjach [23], zmniejsza ryzyko zachorowania na nadciśnienie tętnicze, miażdżycę, cukrzycę i nowotwory. Produkty te są również nieocenione w utrzymaniu odpowiedniej masy ciała, wspomagają leczenie otyłości i działają spowalniająco na procesy starzenia się organizmu [15, 22]. Z badań wynika, że konsumenci coraz częściej spożywają soki, które mogą stanowić jedną z porcji owoców i warzyw zalecanych w codziennej diecie. Równocześnie poszerza się oferta rynkowa i dostępność soków, w tym soków warzywnych oraz ich spożycie wśród konsumentów. Z ostatniego raportu European Fruit Juice Association (AIJN) [1] wynika, że polski konsument spożywa rocznie średnio ponad 13 l soków owocowych i warzywnych. Co ciekawe, soki warzywne należą do często spożywanych (z udziałem 17,1 %), tuż po sokach pomarańczowych (24,5 %) i jabłkowych (23,1 %) [1]. Zdaniem specjalistów najzdrowsze, bo najbardziej zbliżone swoim składem do świeżych owoców i warzyw, są soki przecierowe i naturalnie mętne. Produkty te zachowują aktywność biologiczną podobną do surowców wyjściowych, a ich zaletą w porównaniu z niektórymi owocami i warzywami jest dostępność przez cały rok, trwałość i wygoda konsumpcji [16].

Sok przecierowy z marchwi to jeden z ważniejszych składników soków warzywno-owocowych i warzywnych, w tym soków dla niemowląt i dzieci [12]. Podobnie jak świeża marchew, są one doskonałym źródłem witamin, polifenoli, składników mineralnych oraz karotenoidów, a zwłaszcza  $\alpha$ - i  $\beta$ -karotenu oraz luteiny [3]. Dzięki temu mogą być traktowane jako dobre źródło tych naturalnych składników bioaktywnych, które zwiększają potencjał antyoksydacyjny organizmu [9].

Karotenoidy są dominującymi barwnikami nadającymi kolor produktom z marchwi. Wiele z nich wykazuje działanie prozdrowotne, a najbardziej aktywnym związkiem spośród wszystkich karotenoidów jest  $\beta$ -karoten o właściwościach prowitaminy A. Taką właściwość wykazują również  $\alpha$ -karoten oraz  $\gamma$ -karoten i  $\beta$ -kryptoksantyna [6]. W mniejszych ilościach w produktach z marchwi występują również luteina i zeaksantyna, które nie wykazują aktywności prowitaminy A. Związki te pełnią jednak bardzo ważne funkcje w organizmie, m.in. dzięki ograniczaniu stresu oksydacyjnego chronią wrażliwą tkankę oka przed chorobami związanymi ze zwyrodnieniem plamki żółtej (AMD) i barwnikowym zwyrodnieniem siatkówki oka indukowanym światłem oraz przed kataraktą [18].

Rosnąca świadomość konsumentów w zakresie istnienia zależności między stylem życia i sposobem żywienia a zdrowiem mobilizuje społeczeństwo do podejmowania kroków w kierunku racjonalnego odżywiania się, z wykorzystaniem wysokiej jakości produktów, w tym pochodzących z rolnictwa ekologicznego i potwierdzonych odpowiednimi certyfikatami [25, 27]. Dzięki kontroli na każdym etapie łańcucha pro-

dukcji i dystrybucji ekologiczne warzywa i owoce oraz ich przetwory charakteryzuje prawie zupełny brak pozostałości środków chemii rolnej i większa zawartość wielu składników odżywczych i bioaktywnych [4]. Jest to szczególnie istotne w przypadku produktów, takich jak soki dla niemowląt, zaliczanych do grupy środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego, które muszą spełniać rygorystyczne zalecenia oraz wymagania jakościowe [14].

Mając na uwadze powyższe przesłanki, podjęto badania, których celem było porównanie pod względem zawartości karotenoidów soków z marchwi dostępnych na polskim rynku, pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej, przeznaczonych do spożycia dla niemowląt i osób dorosłych.

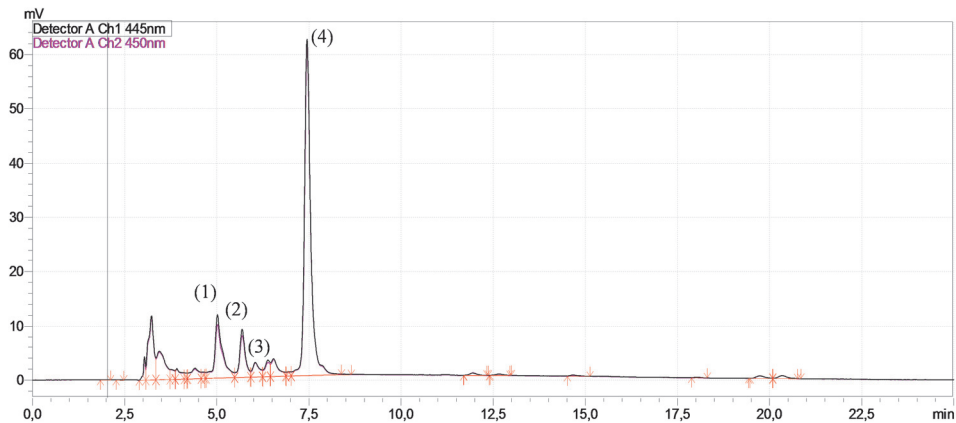
### **Materiał i metody badań**

Badania przeprowadzono w 2016 roku. Materiał doświadczalny stanowiły dostępne w sklepach detalicznych soki marchwiowe sześciu różnych firm, w tym trzy pochodzące z certyfikowanej produkcji ekologicznej (1 Eko D, 2 Eko N, 3 Eko N) i trzy z produkcji konwencjonalnej (4 Kon D, 5 Kon D, 6 Kon D). Dwa spośród badanych soków były produktami dla niemowląt (2 Eko N i 3 Eko N), natomiast pozostałe to soki określone jako produkty dla dorosłych. Jednym z produktów był jednodniowy sok marchwiowy do przechowywania w warunkach chłodniczych (6 Kon D).

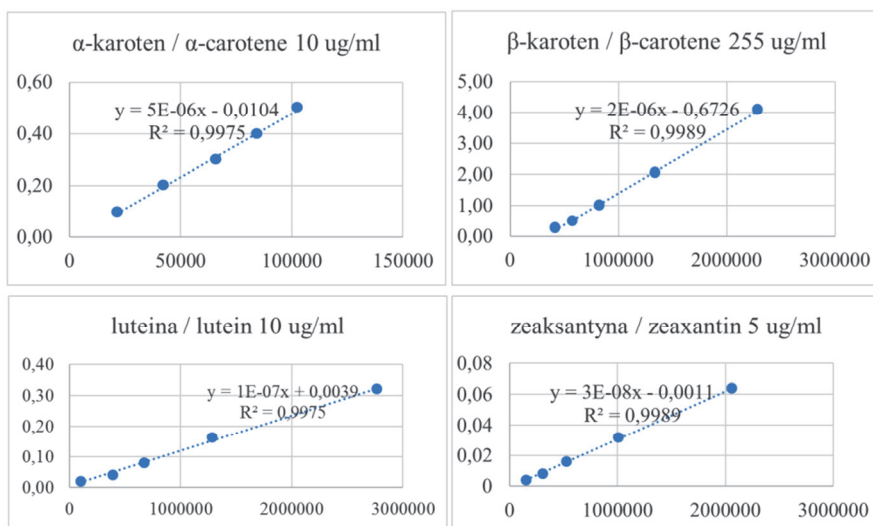
W sokach oznaczano zawartość suchej masy metodą wagową zgodnie z PN-EN 12145:2001 [20] przez suszenie próbek soku w suszarce laboratoryjnej. Próbkę suszono dwuetapowo, początkowo przez 72 h przy ciśnieniu 1013 hPa w temp. 105 °C, a następnie po zważeniu – w tych samych warunkach ciśnienia i temperatury przez kolejne 24 h do stałej masy.

Związki karotenoidowe z rozdziałem na frakcje  $\beta$ -karotenu,  $\alpha$ -karotenu, luteiny i zeaksantyny oznaczano metodą chromatografii cieczowej HPLC (Shimadzu, Japonia) [11]. Metoda polega na wyekstrahowaniu i rozdziale mieszaniny związków pod wpływem fazy ruchomej w kolumnie C18. Po odważeniu określonej ilości badanego soku do próbki dodawano aceton i mieszano na wortexie. Następnie próbkę inkubowano w łaźni ultradźwiękowej przez 10 min, po czym odwirowywano w wirówce przy prędkości 6000 obr./min w ciągu 10 min. Powstały supernatant przenoszono do wialki HPLC. Stosowano przepływ gradientowy dwóch faz: acetonitrylu i metanolu (90 : 10) oraz metanolu i octanu etylu (68 : 32). Analiza przebiegała przez 24 min w kolumnie Phenomenex Max 80-A RP (250 × 4,60 mm). Detekcję prowadzono przy długości fali  $\lambda = 445 - 450$  nm. Związki, takie jak:  $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -karoten, luteina i zeaksantyna identyfikowano na podstawie wzorców Sigma-Aldrich i Fluka o czystości 99,98 %. Do wykonania krzywych standardowych użyto badanych związków karotenoidowych. Na podstawie wzorców substancji czystych oraz czasów retencji odczytanych z chromatogramu identyfikowano poszczególne związki (rys. 1A i 1B).

1A



1B



Rys. 1. Chromatogram HPLC frakcji karotenoidów wybranego soku marchwiowego: (1) α-karoten – 5,02 min, (2) luteina – 5,58 min, (3) zeaksantyna – 6,12 min, (4) β-karoten – 7,62 min (rys. 1A). Równania krzywych standardowych α-karotenu, β-karotenu, luteiny i zeaksantyny (rys. 1B)  
 Fig. 1. Chromatogram by HPLC of carotenoid fractions of selected carrot juice: (1) α-carotene – 5.02 min, (2) lutein – 5.58 min, (3) zeaxanthin – 6.12 min, (4) β-carotene – 7.62 min (Fig. 1A). Equation of standard curves of: α-carotene, β-carotene, lutein and zeaxanthin (Fig. 1B)

Wszystkie analizy każdej próbki wykonano w 3 powtórzeniach. Obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe. Analizę statystyczną wykonano w programie

statystycznym Statgraphics 15.2.11, z zastosowaniem jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA i testu post-hoc Duncana ( $p = 0,05$ ). Badane czynniki to pochodzenie soku (ekologiczny – Eko i konwencjonalny – Kon), marka soku (1 Eko D, 2 Eko N, 3 Eko N, 4 Kon D, 5 Kon D i 6 Kon D) i przeznaczenie soku (dla niemowląt – N i dorosłych – D). Ponadto podano oznaczenia grup homogennych.

### Wyniki i dyskusja

Wyniki zawartości suchej masy,  $\beta$ -karotenu,  $\alpha$ -karotenu, luteiny i zeaksantyny oraz sumy oznaczonych karotenoidów w badanych sokach marchwiowych przedstawiono w tab. 1.

Zawartość suchej masy w sokach wynosiła  $7,54 \div 11,09$  %. Wartości te różniły się w sposób statystycznie istotny ( $p \leq 0,05$ ) w obrębie poszczególnych rodzajów, jak i w zależności od przeznaczenia soków. Największą zawartość suchej masy oznaczono w soku 5 Kon D, natomiast najmniejszą – w soku 3 Eko N. Średnio więcej suchej masy zawierały soki przeznaczone dla dorosłych niż soki dla niemowląt. Nie wykazano istotnych różnic pod względem zawartości suchej masy między produktami ekologicznymi i konwencjonalnymi (tab. 1). Hallmann i wsp. [10] w badaniach soku marchwiowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej również otrzymali porównywalne wyniki w tym zakresie. Soki ekologiczne zawierały średnio 7,52 % suchej masy, zaś konwencjonalne – 9,55 % i różnice te nie były statystycznie istotne. Otrzymane wyniki nie odbiegały znacząco również od wyników Gąstoła i wsp. [8] oraz Wołosiaka i Miłośz [25]. Natomiast Kazimierzak [13] w swoich badaniach uzyskała istotnie większą zawartość suchej masy w sokach wytworzonych z marchwi odmian ‘Perfekcja’ i ‘Flacoro’ uprawianej w gospodarstwach ekologicznych w porównaniu z ich konwencjonalnymi odpowiednikami.

Karotenoidy jako składniki wielu warzyw i owoców są ważnym czynnikiem zwiększającym potencjał antyoksydacyjny organizmu oraz pełniącym rolę ochronną w zapobieganiu wielu chorób. Wpływ spożycia surowców bogatych w karotenoidy na zawartość tych barwników w surowicy krwi i wybranych narządach, jak również na zdrowie człowieka, potwierdzono w badaniach naukowych, w tym w badaniach epidemiologicznych [7]. Korzenie marchwi i jej produkty należą do najzasobniejszych źródeł  $\beta$ -karotenu w diecie Europejczyków. W okresie zimowym dostarczają one organizmowi od 24 % (Hiszpania) do 60 % (Irlandia) tego składnika. W przypadku  $\alpha$ -karotenu surowiec ten jest jeszcze lepszym źródłem w diecie, gdyż wartość całkowitego pobrania  $\alpha$ -karotenu z marchwi wynosi od 60 % (Hiszpania) do 90 % (Irlandia) [5]. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zarówno system produkcji, przeznaczenie, jak i marka soku istotnie ( $p \leq 0,05$ ) wpływały na zawartość karotenoidów w badanych produktach. Największą zawartością sumy oznaczonych karotenoidów charakteryzował się sok 4 Kon D ( $6,56 \text{ mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ ), a najmniejszą – sok 5 Kon

Tabela 1. Zawartość suchej masy,  $\beta$ -karotenu,  $\alpha$ -karotenu, luteiny, zeaksantyny i sumy karotenoidów w sokach marchwiowych z produkcji ekologicznej (Eko) i konwencjonalnej (Kon) przeznaczonych dla niemowląt (N) i osób dorosłych (D)  
 Table 1. Content of dry matter,  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -carotene, lutein, zeaxanthin, and total carotenoids in carrot juices from organic (Eko) and conventional (Kon) production for infants (N) and adults (D)

Soki Juices	Sucha masa Dry matter [%]	$\beta$ -karoten $\beta$ -carotene [mg·100 ml <sup>-1</sup> ]	$\alpha$ -karoten $\alpha$ -carotene [mg·100 ml <sup>-1</sup> ]	Luteina Lutein [mg·100 ml <sup>-1</sup> ]	Zeaksantyna Zeaxanthin [mg·100 ml <sup>-1</sup> ]	Suma karotenoidów Total of carotenoids [mg·100 ml <sup>-1</sup> ]
1 Eko D	7,62 <sup>a</sup> ± 0,05	2,74 <sup>ab</sup> ± 0,07	0,29 <sup>ab</sup> ± 0,06	0,96 <sup>c</sup> ± 0,04	0,34 <sup>c</sup> ± 0,01	4,33 <sup>c</sup> ± 0,09
2 Eko N	7,56 <sup>a</sup> ± 0,13	2,94 <sup>b</sup> ± 0,11	0,24 <sup>a</sup> ± 0,06	0,47 <sup>a</sup> ± 0,06	0,18 <sup>c</sup> ± 0,01	3,84 <sup>ab</sup> ± 0,04
3 Eko N	7,38 <sup>a</sup> ± 0,19	2,59 <sup>ab</sup> ± 0,07	0,41 <sup>c</sup> ± 0,09	0,85 <sup>c</sup> ± 0,11	0,10 <sup>b</sup> ± 0,01	3,96 <sup>bc</sup> ± 0,10
4 Kon D	10,01 <sup>b</sup> ± 0,08	5,07 <sup>c</sup> ± 0,68	0,63 <sup>d</sup> ± 0,06	0,58 <sup>b</sup> ± 0,05	0,28 <sup>d</sup> ± 0,03	6,56 <sup>c</sup> ± 0,67
5 Kon D	11,09 <sup>c</sup> ± 0,59	2,62 <sup>ab</sup> ± 0,06	0,38 <sup>bc</sup> ± 0,10	0,45 <sup>a</sup> ± 0,04	0,03 <sup>a</sup> ± 0,01	3,45 <sup>a</sup> ± 0,09
6 Kon D	7,54 <sup>a</sup> ± 0,07	2,31 <sup>a</sup> ± 0,01	0,21 <sup>a</sup> ± 0,01	2,30 <sup>d</sup> ± 0,04	0,11 <sup>b</sup> ± 0,01	4,93 <sup>d</sup> ± 0,04
$\bar{X}$						
Eko	7,52 <sup>A</sup> ± 0,17	2,76 <sup>A</sup> ± 0,17	0,32 <sup>A</sup> ± 0,10	0,76 <sup>A</sup> ± 0,22	0,21 <sup>A</sup> ± 0,10	4,04 <sup>A</sup> ± 0,22
Kon	9,55 <sup>A</sup> ± 1,53	3,19 <sup>A</sup> ± 1,29	0,41 <sup>A</sup> ± 0,19	1,11 <sup>A</sup> ± 0,84	0,13 <sup>A</sup> ± 0,12	4,98 <sup>B</sup> ± 1,33
$\bar{X}$						
N	7,47 <sup>A</sup> ± 0,18	3,84 <sup>A</sup> ± 0,20	0,33 <sup>A</sup> ± 0,12	0,66 <sup>A</sup> ± 0,21	0,14 <sup>A</sup> ± 0,04	3,90 <sup>A</sup> ± 0,10
D	9,06 <sup>B</sup> ± 1,56	2,96 <sup>A</sup> ± 1,15	0,38 <sup>A</sup> ± 0,17	1,07 <sup>A</sup> ± 0,73	0,18 <sup>A</sup> ± 0,14	4,82 <sup>B</sup> ± 1,19
p-value						
Marka / Brand	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Pochodzenie / Origin	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0,0019
Przeznaczenie / Purpose	0,032	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0,047

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviation.

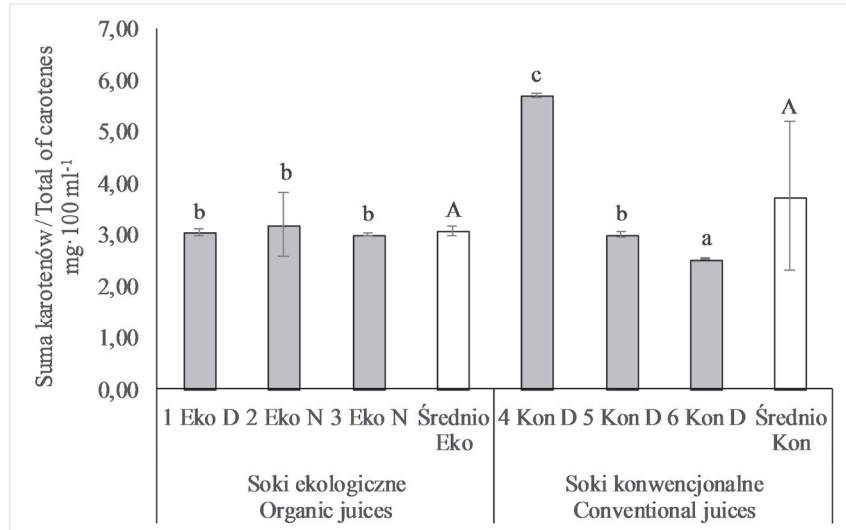
a - e, A, B – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values denoted by different letters in columns differ statistically significantly  $p \leq 0,05$ .

D (3,45 mg·100 ml<sup>-1</sup>). Konwencjonalne soki zawierały średnio więcej tych związków (4,98 mg·100 ml<sup>-1</sup>) niż soki ekologiczne (4,04 mg·100 ml<sup>-1</sup>), także soki dla dorosłych były zasobniejsze w karotenoidy (4,82 mg·100 ml<sup>-1</sup>) w porównaniu z sokami dla niemowląt (3,90 mg·100 ml<sup>-1</sup>) – tab. 1. Spośród oznaczonych związków dominującym składnikiem frakcji karotenoidowej był, należący do karotenów, β-karoten, który stanowił średnio ponad 60 % ogólnej zawartości karotenoidów. Najwięcej β-karotenu w 100 ml soku było w produkcie 4 Kon D (5,07 mg·100 ml<sup>-1</sup>), a najmniej – w 6 Kon D (2,31 mg·100 ml<sup>-1</sup>), co stanowiło odpowiednio 77 i 47 % sumy oznaczonych karotenoidów.

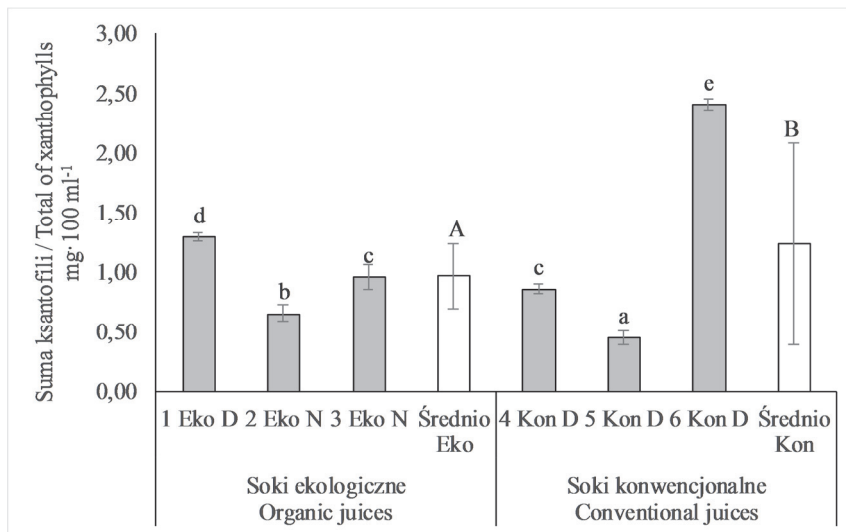
Drugim przedstawicielem grupy karotenów, w który zasobna jest marchew, jest α-karoten, stanowiący 15 ÷ 40 % karotenoidów tego gatunku. Z uwagi na lokalizację α-karotenu w okolicach plamki żółtej oka, ma on korzystny wpływ na stan zdrowia oczu i procesy prawidłowego widzenia [2]. Spośród badanych soków istotnie najwięcej ( $p \leq 0,05$ ) α-karotenu zawierały soki 4 Kon D (0,63 mg·100 ml<sup>-1</sup>) i przeznaczony dla niemowląt 3 Eko N (0,41 mg·100 ml<sup>-1</sup>), zaś najmniej – sok 6 Kon D (0,21 mg·100 ml<sup>-1</sup>). Soki ekologiczne i konwencjonalne oraz dla dorosłych i niemowląt nie różniły się pod względem zawartości tego składnika (tab. 1). Po przeanalizowaniu wyników średnich zawartości sumy karotenoidów (β- i α-karotenu) w badanych próbkach soków nie stwierdzono istotnych różnic ( $p \leq 0,05$ ) między sokami ekologicznymi i konwencjonalnymi. Najwięcej tych związków występowało w konwencjonalnym soku 4 Kon D, zaś najmniej – w 6 Kon D (rys. 2A).

Kolejnym ważnym pod względem zdrowotnym karotenoidem występującym w sokach marchwiowych jest luteina. Badane soki różniły się istotnie ( $p \leq 0,05$ ) pod względem zawartości tego związku (tab. 1). Najwięcej luteiny zawierał sok 6 Kon D (2,30 mg·100 ml<sup>-1</sup>), który był znacznie zasobniejszy w ten związek od pozostałych soków. Był to jedyny badany produkt należący do kategorii soków jednodniowych, o krótkim terminie przydatności do spożycia, przeznaczony do przechowywania w warunkach chłodniczych. O jego dużej przewadze nad innymi sokami pod względem zawartości luteiny przesądza prawdopodobnie brak obróbki termicznej soków jednodniowych w procesie produkcji. Ilość tego związku w soku 6 Kon D jest zbliżona do zawartości β-karotenu i porównywalna z zawartością luteiny w niektórych odmianach dyni olbrzymiej, które uznawane są za główne źródło ww. karotenoidów [6]. Luteina, podobnie jak zeaksantyna, należy do ksantofili, które są silnymi przeciwutleniaczami pełniącymi rolę neutralizatorów wolnych rodników, ponadto absorbują promieniowanie niebieskie [24]. Luteina jest głównym składnikiem peryferyjnej części siatkówki oka, a zeaksantyna i jej izomer mezo-zeaksantyna – plamki ocznej [17]. Obecność produktów, takich jak marchew i soki marchwiowe, zawierających luteinę i zeaksantynę w diecie, sprzyja zapobieganiu występowania chorób układu krążenia,

2A



2B



Objaśnienia / Explanatory notes:

Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments) a - e, A, B – grupy jednorodnie wartości średnich w analizie wariancji ( $p \leq 0,05$ ) / homogeneous groups in analysis of variance as regards mean values at  $p \leq 0,05$ .

Rys. 2. Zawartość sumy karotenów (rys. 2A) i sumy ksantofili (rys. 2B) w sokach marchwiowych z produkcji ekologicznej (Eko) i konwencjonalnej (Kon) przeznaczonych dla niemowląt (N) i osób dorosłych (D)

Fig. 2. The content of carotenes in total (fig. 2A) and of xanthophylls in total (fig. 2B) in carrot juices from organic (Eko) and conventional (Kon) production for infants (N) and adults (D)



nowotworów płuc oraz udarów mózgu [19]. Spośród oznaczonych karotenoidów zeaksantyna występowała w najmniejszej ilości w badanych sokach. Największą jej zawartość ( $p \leq 0,05$ ) stwierdzono w sokach 1 Eko D ( $0,34 \text{ mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ ) i 4 Kon D ( $0,28 \text{ mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ ) i było to ok. 10-krotnie więcej w porównaniu ze śladowymi ilościami w soku 5 Kon D ( $0,03 \text{ mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ ). Między badanymi sokami nie stwierdzono istotnych różnic pod względem zawartości zeaksantyny ze względu na pochodzenie z ekologicznego lub konwencjonalnego systemu produkcji, jak również z uwagi na przeznaczenie dla niemowląt lub dorosłych. Średnio łączna zawartość zidentyfikowanych w sokach ksantofili była istotnie większa ( $p \leq 0,05$ ) w sokach z produkcji konwencjonalnej w porównaniu z produktami ekologicznymi. Najwięcej tych związków łącznie zawierał sok 6 Kon D z produkcji konwencjonalnej (rys. 2B).

Przedstawione wyniki dotyczące zawartości karotenoidów w sokach nie w pełni potwierdzają rezultaty badań produktów pochodzenia roślinnego z rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego przedstawione w największej dotychczas opublikowanej metaanalizie [4]. W pracy tej na podstawie analizy 343 recenzowanych publikacji stwierdzono znacznie większą zawartość szeregu przeciwutleniaczy w płodach rolnych i produktach przetworzonych pochodzących z rolnictwa ekologicznego w porównaniu z produktami konwencjonalnymi. W przypadku karotenoidów, uwzględniając wyniki badań oceniających zawartość karotenoidów ogółem oraz indywidualnych związków karotenoidowych, średnia różnica zawartości karotenoidów ogółem, ksantofili i luteiny wynosiła 17 % ( $p \leq 0,05$ ) na korzyść produktów ekologicznych. Autorzy stwierdzili jednak, że dane dotyczące zawartości karotenoidów oddzielnie z poszczególnych kategorii produktów, w tym: owoców, warzyw, płatków zbożowych i przetworów, były istotnie większe jedynie w owocach ekologicznych. Przyczyny tej sytuacji wynikają prawdopodobnie z dużego wpływu wielu czynników niezależnych od systemu produkcji na zawartość karotenoidów w warzywach, takich jak: odmiana, mikroklimat, stopień dojrzałości i warunki glebowe. Wskazuje na to dokonana przez Stracke i wsp. [21] metaanaliza, w której porównano zawartość karotenoidów w warzywach z systemu ekologicznego i konwencjonalnego. Według autorów tej pracy w wielu analizowanych badaniach nie brano pod uwagę stosowanych praktyk produkcyjnych, dlatego wyniki są niejednoznaczne. Stanowi to ważną przesłankę do kontynuowania badań, dobrze zaplanowanych pod względem metodyki, nad wpływem stosowania różnych metod produkcji w rolnictwie ekologicznym i konwencjonalnym na akumulację karotenoidów w surowcach.

Wyniki dotyczące większej zawartości luteiny w jednodniowym soku marchwiowym 6 Kon D w porównaniu z innymi badanymi produktami są zbieżne z badaniami Kazimierzak [13], mającymi na celu porównanie zawartości składników odżywczych w świeżych, pasteryzowanych, a następnie przechowywanych przez 6 miesięcy sokach marchwiowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. W badaniach tych autorka

potwierdziła, że procesy technologiczne, jak również długie przechowywanie soków wpływały na zmniejszanie się zawartości karotenoidów. Świeże niepasteryzowane soki marchwiowe były najzasobniejsze w  $\beta$ -karoten i luteinę, natomiast po procesie pasteryzacji, a następnie po przechowaniu produktów zawartość karotenoidów ulegała stopniowemu zmniejszaniu.

### Wnioski

1. Wykazano istotne różnice pod względem zawartości karotenoidów w sokach marchwiowych pochodzących od różnych producentów.
2. Soki marchwiowe nie różniły się pod względem zawartości poszczególnych karotenoidów, tj.  $\beta$ -karotenu,  $\alpha$ -karotenu, luteiny i zeaksantyny; stwierdzono równocześnie, że suma tych związków była istotnie większa w produktach konwencjonalnych w porównaniu z ich odpowiednikami ekologicznymi.
3. Soki przeznaczone dla dorosłych charakteryzowały się większą zawartością karotenoidów ogółem oraz większą suchą masą od soków dla niemowląt.
4. Wśród soków różnych marek wyróżniał się sok konwencjonalny 4 Kon D o największej zawartości karotenoidów, w tym  $\beta$ - i  $\alpha$ -karotenu. Najzasobniejszy w ksantofile (zeaksantynę i luteinę) był produkt konwencjonalny 6 Kon D.
5. Soki marchwiowe dostępne na polskim rynku stanowią cenne źródło karotenoidów, a zwłaszcza  $\beta$ -karotenu i luteiny o pozytywnym wpływie na zdrowie człowieka, dlatego powinny być obecne w codziennej diecie dzieci i osób dorosłych.

*Praca finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach środków na utrzymanie potencjału badawczego Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW w Warszawie.*

### Literatura

- [1] AIJN European Fruit Juice Association: Liquid fruit market report. 2016, pp. 24-37. [on line]. Dostęp w Internecie [02.05.2017]: <http://www.aijn.org/files/default/aijn2016-market-report.pdf>
- [2] Arscott S.A., Howe J.A., Davis Ch.R., Tanumihardjo S.A.: Carotenoid profiles in provitamin A-containing fruits and vegetables affect the bioefficacy in Mongolian gerbils. *Exp. Biol. Med.* (Maywood), 2010, 235, 839-848.
- [3] Baranska M., Baranski R., Schulz H., Nothnagel T.: Tissue-specific accumulation of carotenoids in carrot roots. *Planta* (Berl.), 2006, 224, 1028-1037.
- [4] Barański M., Średnicka-Tober D., Volakakis N., Seal C., Sanderson R., Stewart G.B., Benbrook C., Biavati B., Markellou E., Giotis C., Gromadzka-Ostrowska J., Rembiałkowska E., Skwarło-Sońta K., Tahvonon R., Janovska D., Niggli U., Nicot P., Leifert C.: Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: A systematic literature review and meta-analyses. *Brit. J. Nutr.*, 2014, 112, 794-811.

- [5] Berger M., Küchler T., Maaßen A., Busch-Stockfisch M., Steinhart H.: Correlations of carotene with sensory attributes in carrots under different storage conditions. *Food Chem.*, 2008, 106, 235-240.
- [6] Chilczuk B., Perucka I., Materska M., Buczkowska H.: Zawartość luteiny, zeaksantyny i  $\beta$ -karotenu w liofilizowanych owocach wybranych odmian *Cucurbita maxima* D. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, 2 (93), 139-150.
- [7] Fiedor J., Burda K.: Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*, 2014, 6 (2), 466-488.
- [8] Gąstoł M., Domagała-Świątkiewicz I., Krośniak M.: Właściwości prozdrowotne produktów i przetworów uzyskanych metodami ekologicznymi i konwencjonalnymi – analiza porównawcza. [on line]. UR w Krakowie. Dostęp w Internecie [02.05.2017]: <http://docplayer.pl/12612675-Wlasciwosci-prozdrowotne-produktow-i-przetworow-uzyskanych-metodami-ekologicznymi-i-konwencjonalnymi-analiza-porownawcza-sprawozdanie-merytoryczne.html>
- [9] Groele B.: Soki klarowne, naturalnie mętne, przecierowe lub z dodatkiem przecieru. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2010, 7-8, 3.
- [10] Hallmann E., Sikora M., Rembiałkowska E., Marszałek K., Lipowski J.: Wpływ procesu pasteryzacji na wartość odżywczą soku marchwiowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2011, 56 (3), 133-137.
- [11] Helsper J.P.F.G., Vos de C.H.R., Mass F.M., Jonker H.H., Broeck van der H.C., Jordi W., Pot C.S., Keizer L.C.P., Schapendong A.H.C.M.: Response of selected antioxidants and pigments in tissues of *Rosa hybrida* and *Fuchsia hybrida* to supplemental UV-A exposure. *Physiol. Plant.*, 2003, 117, 171-178.
- [12] Jarczyk A., Płocharski W.: *Technologia produktów owocowych i warzywnych*. Wyd. Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Humanistycznej, Skierniewice 2010.
- [13] Kazimierzczak R.: Wpływ ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji rolniczej na wybrane parametry jakości buraka ćwikłowego, marchwi i soku marchwiowego. Wyd. SGGW, Warszawa 2016, ss. 48-49, 135-141.
- [14] Klimczak I., Gliszczyńska-Świgło A., Malicka A.: Wpływ przechowywania i rodzaju opakowania na zawartość kwasu askorbinowego w wybranych sokach owocowych dla niemowląt. *Zesz. Nauk. UE w Poznaniu*, 2011, 205, 24-32.
- [15] Matt D., Rembiałkowska E., Luik A., Peetsmann E., Pehme S.: Quality of Organic vs. Conventional Food and Effects on Health. Report. [on line]. Estonian University of Life Sciences, 2011. Dostęp w Internecie [02.05.2017]: [http://orgprints.org/19504/1/Report\\_2011\\_%281%29.pdf](http://orgprints.org/19504/1/Report_2011_%281%29.pdf)
- [16] Michalak-Majewska M., Żukiewicz-Sobczak W., Kalbarczyk J.: Ocena składu i właściwości soków owocowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009, 42 (3), 836-841.
- [17] Michalska A.: Naturalne przeciwutleniacze występujące w żywności. Występowanie przeciwutleniaczy w ziarniakach zbóż. W: *Przeciwutleniacze w żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*. Red. W. Grajek. WNT, Warszawa 2007, ss. 187-201.
- [18] Murillo E., Melendez-Martinez J.A., Portugal F.: Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. *Food Chem.*, 2010, 122, 167-172.
- [19] Ötles S., Çagindi Ö.: Carotenoids as natural colorants. In: *Food Colorants. Chemical and Functionals Properties*. Ed. C. Socaciu. CRC Press, Boca Raton, USA, 2008, pp. 51-70.
- [20] PN-EN 12145:2001: Soki owocowe i warzywne. Oznaczanie całkowitej suchej substancji. Metoda grawimetryczna oznaczania ubytku masy w wyniku suszenia.
- [21] Stracke B.A., Rufer C.E., Bub A., Briviba K., Seifert S., Kunz C., Watzl B.: Bioavailability and nutritional effects of carotenoids from organically and conventionally produced carrots in healthy men. *Brit. J. Nutr.*, 2009, 101, 1664-1672.
- [22] Strojewska I.: Spożycie owoców, warzyw i ich przetworów w Polsce. *Biuletyn Informacyjny Agencji Rynku Rolnego*, 2015, 3, 2.

- [23] WHO: Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. WHO Technical Report Series #916. [on line]. WHO, Geneva 2003. Dostęp w Internecie [02.05.2017]: [http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/en/gsfao\\_introduction.pdf](http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/en/gsfao_introduction.pdf)
- [24] Wiktorowska-Owczarek A., Nowak J.Z.: Patogeneza i profilaktyka AMD: Rola stresu oksydacyjnego i antyoksydantów. *Post. Hig. Med. Dośw.*, 2010, 64, 333-343.
- [25] Wołosiak R., Miłosz K.: Porównanie jakości wybranych soków marchwiowych i pomidorowych. *Bromatol. Chem. Toksykol.*, 2012, 3, 711-716.
- [26] Van de Vijver L.P., van Vliet M.E.: Health effects of an organic diet – consumer experiences in the Netherlands. *J. Sci. Food Agric.*, 2012, 92 (14), 2923-2927.
- [27] Yiridoe E.K., Bonti-Ankomah S., Martin R.C.: Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature. *Renew. Agric. Food Syst.*, 2005, 20, 193-205.

### CONTENT OF CAROTENOIDS IN SELECTED CARROT JUICES FROM ORGANIC AND CONVENTIONAL PRODUCTION AND INTENDED FOR CONSUMPTION BY INFANTS AND ADULTS

#### S u m m a r y

In the research study, the content of carotenoid compounds was analysed and assessed in six selected carrot juices purchased on the Polish market, including the juices coming from the organic and conventional production. Of the juices analysed, two products were intended for infants and one was a good-for-one-day juice with a short shelf-life. The carotenoid content in the products analysed was determined by a high performance liquid chromatography (HPLC). To identify individual carotenoid compounds, there were used external standards in the form of  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -carotene, zeaxanthin, and lutein of 99.98 % purity. It was proved that the juice brand had a significant effect on the content of bioactive compounds in the juices. On average, the juices from conventional production contained significantly ( $p \leq 0.05$ ) more carotenoids in total than the organic juices but they did not differ in terms of the content of individual compounds, such as  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -carotene, lutein, and zeaxanthin. The juices intended for adults were richer in total carotenoids and they contained more dry matter than the juices for infants. Of the juices of different brands, the conventional 4 Kon D juice stood out; it was characterised by the highest carotenoid content, including  $\beta$ - and  $\alpha$ -carotene. The conventional 6 Kon D juice was the richest in xanthophylls (zeaxanthin and lutein). The study results obtained constitute an important evidence for consumers that the carrot juices available on the Polish market are a valuable source of carotenoids, especially of  $\beta$ -carotene and lutein, and their impact on human health is positive; therefore, they should be present in the daily diet for children and adults.

**Key words:** carrot juice, carotenoids, organic production, conventional production, juices for infants ☒