

Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
S. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin
* e-mail: andrzej.salata@up.lublin.pl

HALINA BUCZKOWSKA^{1b}, ANDRZEJ SAŁATA^{* 1b}, HELENA ŁABUDA^{1b},
AGNIESZKA NAJDA^{1b}

Plon kapsaicynoidów z owoców dwu odmian papryki ostrej (*Capsicum annuum* L.)

Capsaicinoids yield from fruits of two cultivars of hot peppers
(*Capsicum annuum* L.)

Streszczenie. Owoce papryki mają specyficzny, ostry i piekący smak, który uwarunkowany jest obecnością kapsaicynoidów. Celem niniejszej pracy była ocena plonu handlowego i plonu *Capsici fructus* poszczególnych części owoców polskich odmian ‘Bronowicka Ostra’ i ‘Orkan’ oraz teoretycznego plonu kapsaicynoidów. Średnio największy udział w strukturze plonu handlowego poszczególnych części owoców papryki ostrej stanowił plon owocni – 76,5%, plon łożyska – 10,8%, nasion – 8,4%, a szypułki – 4,3%. Średni plon handlowy owocni papryki ostrej wyniósł 23,09 t·ha⁻¹, plon *Capsici fructus* – 3,25 t·ha⁻¹, plon kapsaicynoidów: kapsaicyna – 0,566 kg·ha⁻¹, dihydrokapsaicyna – 53,7 g·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: plon *Capsici fructus*, łożysko, nasiona, owocnia, szypułka

WSTĘP

Owoce papryki ostrej mają specyficzny ostry i piekący smak, który uwarunkowany jest obecnością kapsaicynoidów. Są to metabolity wtórne o charakterze alkaloidów gromadzone tylko przez rośliny z rodzaju *Capsicum* [Zewdie i Bosland 2000, Wang i Bosland 2006, Cisneros-Pineda i in. 2007, Reyes-Escorido i in. 2011]. Związki te działają drażniąco na błony śluzowe i skórę, powodując miejscowe pieczenie na skutek przekrwienia i rozgrzania. Wpływają również korzystnie na pracę żołądka i jelit, ponieważ przyczyniają się do emulgacji związków tłuszczowych zawartych w potrawach, a także do zwiększania wydzielania kwasu żołądkowego. Z tego względu owoce papryki ostrej znajdują zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym jako *Capsici fructus* do produkcji preparatów leczniczych o właściwościach rozgrzewających i przeciwzapalnych. W stanie

świeżym, a także w postaci wysuszonej mają również duże znaczenie kulinarne [Tsuchiya 2001, Wang i Bosland 2006, Kohlmünzer 2007, Reyes-Escogido 2011].

Pod względem morfologiczno-anatomicznym owoce papryki są jagodami właściwymi [Pabón-Mora i Litt 2011, Weryszko-Chmielewska i Michałojć 2011, Zhigila i in. 2014]. Biosynteza kapsaicynoidów rozpoczyna się bezpośrednio po zawiązaniu owoców i zachodzi w komórkach epidermy łożyska i w przegrodach nasiennych [Nowaczyk i in. 2006, Pandhair i Sharma 2008]. Substancje te są dystrybuowane w mniejszych ilościach do nasion i owocni, a także w niewielkich ilościach do organów wegetatywnych, dlatego też w liściach i pędach stwierdza się tylko śladową zawartość tych związków [Estrada i in. 2002, Cisneros-Pineda i in. 2007, Wahyuni i in. 2011, Rahman i Inden 2012, Ben Mansour-Gueddes i in. 2012]. Najwięcej kapsaicynoidów występuje w owocach większości odmian w początkowych fazach ich dojrzałości, po 35–50 dniach od ich zawiązania [Sung i in. 2005, Ben Mansour-Gueddes 2012, Iqbal i Amjad 2013]. Zdecydowanie największa zawartość kapsaicynoidów skoncentrowana jest w łożysku, gdyż w tej części owocu zachodzi ich biosynteza [Cisneros-Pineda i in. 2007, Wahyuni i in. 2011, Rahman i Inden 2012, Ben Mansour-Gueddes 2012, Simonovska i in. 2014]. Głównymi kapsaicynoidami identyfikowanymi w owocach papryki ostrej są kapsaicyna i dihydrokapsaicyna, które stanowią od 60% do 90% zawartości kompleksu tych metabolitów wtórnych. W zależności od cech genetycznych roślin odmian papryki ostrej identyfikowane są również inne kapsaicynoidy, tj. homokapsaicyna, nordihydrokapsaicyna czy homodihydrokapsaicyna [Zewdie i Bosland 2000, Topuz i Ozdemir 2007, Wahyuni i in. 2011, Giuffrida i in. 2013].

Biosynteza kapsaicynoidów w owocach papryki ostrej przypisywana jest przede wszystkim cechom genetycznym odmiany [Zewdie i Bosland 2000, Gurung i in. 2011, Ben Mansour-Gueddes 2012, Giuffrida i in. 2013]. Nie bez znaczenia pozostają czynniki środowiskowe i agrotechniczne, które mają istotny wpływ na syntezę i koncentrację tych związków, m.in. warunki świetlne [Valiente-Banuet i Gutiérrez-Ochoa 2016, Jeeatid i in. 2017], termiczne [Contreras-Padilla i Yahia 1998, Rahman i Inden 2012, González-Zamora i in. 2013], wodne [Estrada i in. 1999, Sung i in. 2005, Phimchan i in. 2012, Valiente-Banuet i Gutiérrez-Ochoa 2016], poziom i forma nawozów [Estrada i in. 1998, Rahman i Inden 2012], faza dojrzałości i termin zbioru owoców [Gnayfeed i in. 2001, Gibbs i O'Garro 2004, Kirschbaum-Titze i in. 2002, Mueller-Seitz i in. 2008, Buczkowska i in. 2013], a także wysokość nad poziomem morza, na której prowadzona jest uprawa [Gurung i in. 2011].

Według Farmakopei Polskiej IV [1970] surowiec farmakopealny *Capsici fructus* stanowią owoce tych odmian papryki ostrej, z których po wysuszeniu w temperaturze nieprzekraczającej 35°C bez dostępu światła zawartość głównego alkaloidu – kapsaicyny $C_{18}H_{27}NO_3$ stanowi nie mniej niż 0,18% w powietrznie suchej masie owocu [Kohlmünzer 2007].

Celem niniejszej pracy była ocena plonu handlowego i plonu *Capsici fructus* poszczególnych części owoców (owocnia, łożysko, nasiona, szypułka) dwóch polskich odmian papryki ostrej i uzyskanego z nich plonu kapsaicynoidów (kapsaicyny i dihydrokapsaicyny).

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były owoce dwóch polskich odmian papryki ostrej – ‘Bronowicka Ostra’ i ‘Orkan’ – pochodzące z roślin uprawianych z rozsady przygotowanej

w pojedynczych doniczkach w szklarni. Doświadczenie polowe założono jako jednoczynnikowe, w 4 replikacjach, w gospodarstwie konwencjonalnym, zlokalizowanym na terenie województwa lubelskiego. Nawożenie było zgodne z zapotrzebowaniem pokarmowym papryki, które wynosi: 150 kg N·ha⁻¹, 78 kg P·ha⁻¹, 183 kg K·ha⁻¹. Zastosowano 460 kg saletrzaku, 260 kg superfosfatu potrójnego granulowanego oraz 420 kg siarczanu potasu. Do ochrony przed zarazą ziemniaka zastosowano preparat Bravo 500 S.C, którym wykonano 3 ochronne opryski. Zbiór owoców przeprowadzono w fazie pełnej dojrzałości w drugiej dekadzie września. Powierzchnia każdego poletka wynosiła 9,4 m² a uprawiano na nim po 40 roślin w rozstawie 0,35 × 0,67 m. Na każdym z 4 poletek replikacyjnych wyznaczono powierzchnię 2,5 m², z której owoce po określeniu plonu handlowego preparowano, określając plon i udział poszczególnych części: owocni, nasion, łóżyska i szypułki w plonie handlowym papryki ostrej. Plon *Capsici fructus* oraz plon kapsaicynoidów poszczególnych części owoców obliczono w oparciu o wyniki powietrznie suchej masy (%) oraz zawartości kapsaicynoidów (kapsaicyna i dihydrokapsaicyna), które oznaczono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC.

Przygotowanie ekstraktów. Kapsaicynę i dihydrokapsaicynę ekstrahowano z owocni, łóżyska, nasion i szypułki owoców dwu odmian papryki ostrej. W tym celu surowce rozdrobniono lub zmielono (nasiona), następnie odważono po 10 g i homogenizowano w homogenizatorze Ultrathurax Polytron T25 basic (IKA, Niemcy) w równej objętości dichlorometanem, po czym ekstrahowano około 2 godzin z mieszaniem w 4°C. Następnie ekstrakt odwirowywano przy 3000 obr/min, po czym odrzucono osady, a supernatanty umieszczono w wirówce na 10 min przy 12 500 obr/min. Po odwirowaniu osad odrzucano, a z supernatantu pobrano 1 ml i odparowano do sucha. Materiał pozostały w probówce rozpuszczono w 2 ml metanolu. Przed analizą HPLC próbki ekstraktów przepuszczono przez filtr 0,45 mm.

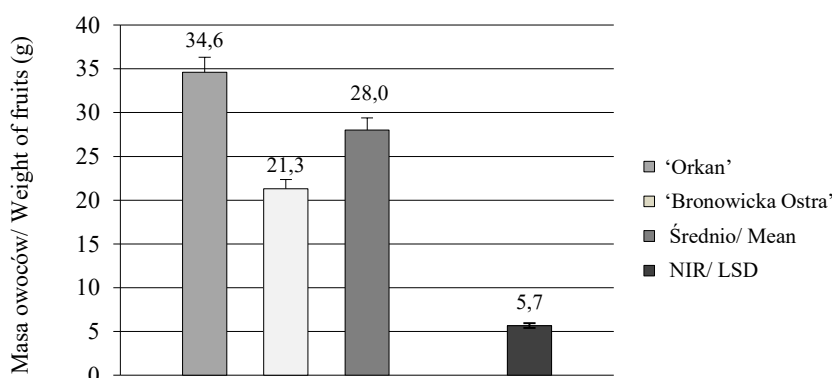
Analiza kapsaicynoidów metodą HPLC. Jakościową i ilościową analizę chromatograficzną HPLC kapsaicyny i dihydrokapsaicyny przeprowadzono, stosując modułowy system chromatograficzny składający się z chromatografu cieczowego typu LaChrom-Merck, z detektora diodowego DAD (L-7450), pompy (L-7100), degazera (L-7612), petli dozującej 20 µl, termostatu (L-7360), dozownika Rheodyne, kolumny stalowej LiChrospher 100 RP C 18 o wymiarach 250 mm × 4 mm, wypełnionej fazą stacjonarną o średnicy ziaren dp = 5 µm. Analizę próbek prowadzono w temperaturze 40°C. Związki czynne rozdzielono, stosując gradient rozpuszczalnikowy. Fazę ruchomą stanowiła woda (rozpuszczalnik A) i metanol (rozpuszczalnik B). Eluowanie gradientem przeprowadzono przez zmianę udziału rozpuszczalnika B do A. Elucja gradientu zmieniała się z 40% do 80% B w sposób liniowy, przez 9 min, od 80 do 99% B w czasie do 12 min. Skład fazy ruchomej do stanu początkowego (stosunek rozpuszczalnika B : A / 40 : 60) doprowadzono w czasie do 20 min i trwał przez kolejne 10 min przed nastrzykiem kolejnej próbki. Całkowity czas analizy jednej próbki trwał 30 min. Identyfikację kapsaicyny i dihydrokapsaicyny prowadzono, porównując ich czasy retencji (tR) z substancjami wzorcowymi oraz spektroskopowo, wyznaczając ich widma w zakresie UV z matrycą. Wzorce: 8-methyl-N-vanillyl-6-nonemamide (kapsaicyna) i N-vanillylnonemamide (dihydrokapsaicyna) zakupiono w firmie Sigma-Aldrich.

Ocenę plonu handlowego i plonu *Capsici fructus* oraz plonu kapsaicynoidów z poszczególnych części owoców (owocni, nasion, łożyska i szypułki) dwu odmian papryki ostrej podano z powierzchni 1 ha uprawy papryki ostrej.

Wyniki opracowano statystycznie jako doświadczenie jednoczynnikowe metodą analizy wariancji. Istotność różnic wykazano za pomocą przedziałów ufności T-Tukeya przy 5% poziomie istotności.

WYNIKI I DYSKUSJA

Papryka tworzy owoce typu jagody właściwe. Owoce odmian papryki ostrej wyróżniają się małą masą i wielkością oraz dużą różnorodnością kształtu i barwy [Phimchan i in. 2012, Hwang-sung i in. 2015, Valiente-Banuet i Gutiérrez-Ochoa 2016, Jeetid i in. 2017]. Te właściwości zależą od genotypu danej odmiany i przynależności do gatunku *Capsicum* [Wahyuni i in. 2011, Zhigila i in. 2014]. Najmniejszą masą (0,4–4,5 g), a jednocześnie największą ostrością odznaczają się owoce odmian tzw. typu chili [Muller-Seitz 2008]. Uprawiane w Polsce odmiany papryki ostrej dla potrzeb przemysłu farmaceutycznego i spożywczego charakteryzują się owocami o świeżej masie w zakresie od kilkunastu do kilkudziesięciu gramów [Golcz i Kujawski 2004b, Orłowski i in. 2004, Nowaczyk i in. 2009]. Oceniane w niniejszej pracy odmiany wykazywały istotne zróżnicowanie w świeżej masie owoców (rys. 1). Owoce odmiany 'Orkan' odznaczały się większą średnią masą (34,6 g) niż odmiany 'Bronowicka Ostra' (21,3 g).



Rys. 1. Masa owoców dwu odmian papryki ostrej
Fig. 1. Weight of fruits of two hot pepper cultivars

Odmiany te nie różniły się istotnie pod względem plonu handlowego owoców, który wynosił średnio $30,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i stanowił 90,5% plonu ogółem (tab. 1). Te rezultaty świadczą o tym, iż uzyskano stosunkowo duży plon owoców papryki ostrej w porównaniu z plonem, który odnotowano w warunkach klimatycznych Polski [Orłowski i in. 2004, Golcz i Kujawski 2004a, Buczkowska i Łabuda 2015], jak również w warunkach klimatycznych Hiszpanii [Ayuso i in. 2008], Turcji [Yaldiz i in. 2010] czy Meksyku [Valiente-Banuet i Gutiérrez-Ochoa 2016].

Tabela 1. Plon handlowy i jego udział w plonie ogółem dwu odmian papryki ostrej
 Table 1. Marketable yield and its share in the total yield of two hot pepper cultivars

Odmiana Cultivar	Plon handlowy owoców Marketable yield (t·ha ⁻¹)	Udział plonu handlowego w plonie ogółem Share of marketable yield in total yield (%)
'Orkan'	29,04	89,7
'Bronowicka Ostra'	31,45	91,4
Średnio/ Mean	30,25	90,5
NIR _{0,05} / LSD _{0,05} Odmiana/ Cultivar	n.i.	

n.i. – nieistotny przy p_{0,05}/ not significant at p_{0,05}

Oceniając plon poszczególnych części owoców papryki ostrej wykazano, że największy udział w plonie handlowym miała masa owocni (średnio 23,09 t·ha⁻¹), co stanowiło średnio 76,5% całkowitego plonu (tab. 2). Statystycznie nie wykazano istotnych różnic w plonie owocni między ocenianymi odmianami. Udział masy łożyska w plonie całych owoców stanowił średnio 10,8%. Istotnie większym plonem łożyska odznaczały się owoce odmiany 'Bronowicka Ostra' (3,71 w t·ha⁻¹) porównaniu z owocami odmiany 'Orkan' (2,85 t·ha⁻¹). Masa nasion stanowiła średnio 8,4% plonu całkowitego. Istotnie większy plon nasion otrzymano z roślin odmiany 'Bronowicka Ostra' (3,08 t·ha⁻¹) niż odmiany 'Orkan' (2,06 t·ha⁻¹). Owoce odmiany 'Bronowicka Ostra' odznaczały się również większą masą szypułki. Plon szypułki w owocach tej odmiany stanowił 1,54 t·ha⁻¹, a odmiany 'Orkan' 1,07 t·ha⁻¹.

Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w plonie *Capsici fructus* owocni i łożyska między ocenianymi odmianami. Średni plon owocni papryki ostrej wynosił 3,252 t·ha⁻¹, łożyska zaś 0,391 t·ha⁻¹. Istotnie większym plonem *Capsici fructus* nasion (1,636 t·ha⁻¹) i szypułki (0,309 t·ha⁻¹) wyróżniły się owoce odmiany 'Bronowicka Ostra' w porównaniu z plonem nasion (1,231 t·ha⁻¹) i szypułki (0,197 t·ha⁻¹) odmiany 'Orkan'.

Istotnie większy plon zarówno kapsaicyny (0,617 kg·ha⁻¹), jak i dihydrokapsaicyny (60,7g·ha⁻¹) uzyskano z owocni roślin odmiany 'Bronowicka Ostra' niż odmiany 'Orkan' (odpowiednio 0,513 kg·ha⁻¹ i 46,7 g·ha⁻¹). Zdecydowane największe różnice w plonie kapsaicynoidów stwierdzono w łożysku owoców. Z tej części owoców odmiany 'Bronowicka Ostra' otrzymano ponaddwukrotnie większy plon kapsaicyny (0,198 kg·ha⁻¹) i dihydrokapsaicyny (14,0 g·ha⁻¹) w porównaniu z plonem kapsaicynoidów z łożyska owoców odmiany 'Orkan' odpowiednio – 0,096 kg·ha⁻¹ i 6,8 g·ha⁻¹. Plon kapsaicyny w plonie suchej masy nasion z owoców odmiany 'Bronowicka Ostra' kształtował się na poziomie 0,278 kg·ha⁻¹, a z odmiany 'Orkan' 0,220 kg·ha⁻¹. Plon dihydrokapsaicyny (16,4 g·ha⁻¹) z tej części owocu odmiany 'Bronowicka Ostra' był większy o około 65% niż odmiany 'Orkan' (9,9 g·ha⁻¹). W szypułce owoców odmiany 'Bronowicka Ostra' wykazano większy plon kapsaicyny i dihydrokapsaicyny. Ocena plonu kapsaicyny i dihydrokapsaicyny w owocach badanych odmian papryki ostrej wskazuje, że plon tego pierwszego kapsaicynoidu we wszystkich częściach owocu był zdecydowanie większy i wahał się od 0,033 do 0,617 kg·ha⁻¹ w porównaniu z plonem dihydrokapsaicyny, który kształtował się od 2,6 do 60,7 g·ha⁻¹.

Tabela 2. Struktura plonu handlowego i plonu kapsaicynoidów z owoców dwu odmian papryki ostrej
 Table 2. Structure of marketable yield and capsaicinoids yield from fruits of two not pepper cultivars

Odmiana Cultivar	Część owocu Part of fruit	Plon handlowy Marketable yield (t·ha ⁻¹)	Udział w plonie handlowym Share of marketable yield (%)	Plon/ Yield <i>Capsici fructus</i> (t·ha ⁻¹)	Plon kapsaicynoidów Yield of capsaicinoids	
					kapsaicyna capsaicin (kg·ha ⁻¹)	dihydrokapsaicyna dihydrocapsaicin (g·ha ⁻¹)
‘Orkan’	owocnia/ perycarp	23,06	79,4	3,131	0,513	46,7
	łożysko/ placenta	2,85	9,8	0,356	0,096	6,8
	nasiona/ seeds	2,06	7,1	1,231	0,220	9,9
	szypułka/ peduncle	1,07	3,7	0,197	0,033	2,6
‘Bronowicka Ostra’	owocnia/ perycarp	23,13	73,5	3,373	0,617	60,7
	łożysko/ placenta	3,71	11,8	0,425	0,198	14,0
	nasiona/ seeds	3,08	9,8	1,636	0,278	16,4
	szypułka/ peduncle	1,54	4,9	0,309	0,054	4,9
Średnio/ Mean	owocnia/ perycarp	23,09	76,5	3,252	0,566	53,7
	łożysko/ placenta	3,28	10,8	0,391	0,147	10,4
	nasiona/ seeds	2,57	8,4	1,434	0,250	13,2
	szypułka/ peduncle	1,31	4,3	0,253	0,043	3,7
NIR _{0,05} / LSD _{0,05} Odmiana/ Cultivar	owocnia/ perycarp	n.i.		n.i.	0,0669	5,43
	łożysko/ placenta	0,635		n.i.	0,0765	6,32
	nasiona/ seeds	0,214		0,1243	n.i.	3,85
	szypułka/ peduncle	0,175		0,0612	n.i.	0,93

n.i. – nieistotny przy p_{0,05}/ not significant at p_{0,05}

W wielu innych badaniach wykazano, że w kompleksie kapsaicynoidów kapsaicyna jest głównym związkami w papryce ostrej [Topuz i Ozdemir 2007, Ayuso i in. 2008, Mansour-Gueddes i in. 2012, Buczkowska i in. 2013, Giuffrida i in. 2013, Iqbal i Amjad 2013].

Porównując plon kapsaicynoidów z łożyska i nasion papryki ostrej w odniesieniu do udziału tych części owoców w plonie handlowym papryki ostrej ('Bronowicka Ostra' 11,8 i 9,8%) i 'Orkan' (9,8 i 7,1%), jednoznacznie stwierdzono, że związki te akumulują się w największej ilości w nasionach i w łożysku owocu. Miejscem syntezy tych związków w owocu jest łożysko, dlatego ta część owocu odznacza się ich największą koncentracją. Pandhair i Sharama [2008], oceniając zawartość kapsaicynoidów w poszczególnych częściach owoców odmiany 'Punjab Lai', wykazali 10-krotnie większą zawartość kapsaicyny w łożysku w odniesieniu do zawartości w perykarpie i nasionach.

Simonovska i in. [2014] w pracy nad wartością biologiczną owoców odmiany 'Horgoshka' stwierdzili 2-krotnie większą zawartość kapsaicyny w łożysku niż w owocni i odpowiednio 4-krotnie więcej dihydrokapsaicyny. Wahyuni i in. [2011] w badaniach z 32 genotypami papryki ostrej oznaczyli również 5-krotnie większą zawartość kapsaicynoidów w łożysku i nasionach aniżeli w owocni. Nowaczyk i in. [2006, 2009], analizując przecier z całych owoców genotypów soft-flesh *Capsicum* spp. wykazali w nim znacznie większą zawartość kapsaicynoidów niż w przecierze sporządzonym tylko z owocni. Prawdopodobnie większa zawartość kapsaicynoidów w przecierze z całych owoców powodowana była uwalnianiem się tych związków z łożyska w procesie rozdrabniania owoców. Wynika z tego, że w użytkowaniu kulinarnym ostrość i smak przyrządzanych potraw może potęgować rozdrabnianie owoców papryki ostrej. Oceniona w tej pracy wielkość plonu kapsaicynoidów z poszczególnych części owoców papryki ostrej wskazuje, że wykorzystywanie *Capsici fructus* polskich odmian 'Bronowicka Ostra' i 'Orkan' w przemyśle farmaceutycznym jest zasadne.

WNIOSKI

1. Niezależnie od odmiany największy udział w strukturze plonu handlowego owoców papryki ostrej stanowił plon owocni (76,5 %). Plon łożyska wyniósł 10,8%, nasion – 8,4% i szypułki – 4,3%. Oceniane odmiany nie różniły się istotnie pod względem plonu handlowego tej części owocu.

2. Nie wykazano statystycznie istotnego zróżnicowania między badanymi odmianami w plonie owocni i łożyska. Średni plon owocni i łożyska stanowił odpowiednio 3,252 t·ha⁻¹ i 0,391 t·ha⁻¹.

3. Istotnie większy plon nasion (1,636 t·ha⁻¹) i szypułki (0,309 t·ha⁻¹) otrzymano z owoców odmiany 'Bronowicka Ostra' aniżeli 'Orkan' – odpowiednio 1,231 t·ha⁻¹ i 0,197 t·ha⁻¹.

4. Plon kapsaicyny i dihydrokapsaicyny ze wszystkich części owoców odmiany 'Bronowicka Ostra' był istotnie większy w stosunku do plonu odmiany 'Orkan'.

PIŚMIENNICTWO

Ayuso M.C., Bernalte M.J., Lozano M., García M.I. Montero de Espinosa V., Pérez M., Hernández M.T., Somogyi N., 2008. Quality characteristics of different red pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) for hot paprika production. Eur. Food Res. Technol. 227, 557–563.

- Ben Mansour-Gueddes S., Tarchoun N., Maaouia-Houimli S.I., Saguem S., 2012. Capsaicinoids content in four Tunisian pepper varieties grown in an open field (*Capsicum annuum* L.). *Cont. J. Agron.* 6(1), 8–13.
- Buczowska H., Dyduch J., Najda, A., 2013. Capsaicinoids in hot pepper depending on fruit maturity stage and harvest date. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 12(6), 183–196.
- Buczowska H., Łabuda H., 2015. Utility and biological value of hot pepper fruits from a single harvest. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 14(2), 133–143.
- Buczowska H., Nurzyńska-Wierdak R., Łabuda H., Sałata A., 2016. Relationships of the capsaicinoid content between fruit parts of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 15(4), 185–198.
- Cisneros-Pineda O., Torres-Tapia L.W., Gutiérrez-Pacheco L.C., Contreras-Martín F., González-Estrada T., Perez-Sánchez S.R., 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chem.* 104, 1755–1760.
- Contreras-Padilla M., Yahia E.M., 1998. Changes in capsaicinoids during development, maturity, and senescence of chile peppers and relation with peroxidase activity. *J. Agric. Food Chem.* 46, 2075–2079.
- Estrada B., Pomar J., Dia, J., Merino F., Bernal M.A., 1998. Effects of mineral fertilizer supplementation on fruit development and pungency in ‘Padrón’ peppers. *J. Hort. Sci. Biotech.* 73(4), 493–497.
- Estrada B., Bernal M.A., Diaz J., Pomar F., Merino F., 2002. Capsaicinoids in vegetative organs of *Capsicum annuum* L. in relation to fruiting. *J. Agric. Food Chem.* 50, 1188–1191.
- Farmakopea Polska IV, 1970. T. 2. PZWL, Warszawa, 242–243.
- Gibbs H.A.A., O’Garro L.W.O., 2004. Capsaicin content of West Indies hot pepper cultivars using colorimetric and chromatographic techniques. *HortScience* 39(1), 132–135.
- Giuffrida D., Dugo P., Torre G., Cavazza A., Corradini C., Dugo G., 2013. Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chem.* 140, 794–802.
- Golcz A., Kujawski P., 2004a. Analysis of yielding and selected biometric parameters of the fruit of several hot pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Rocz. AR Pozn. 360, Ogródnictwo* 38, 31–36.
- Golcz A., Kujawski P., 2004b. Evaluation of the biological value of the fruit of several hot pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Rocz. AR Pozn. 360, Ogródnictwo* 38, 37–42.
- Gnaayfeed M.H., Daood H.G., Biacs P.A., Alcaraz C.F., 2001. Content of bioactive compounds in pungent spice red pepper (paprika) as affected by ripening and genotype. *J. Sci. Food Agric.* 81, 1580–1585.
- González-Zamora A., Sierra-Campos E., Luna-Ortega J.G., Pérez-Moraales R., Ortiz J.C.R., García-Hernández J.L., 2013. Characterization of different *Capsicum* varieties by evaluation of their capsaicinoids by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules* 18, 13471–13486.
- Gurung T., Techawongstien S., Suriarn B., Techawongstien S., 2011. Impact of environments on the accumulation of capsaicinoids in *Capsicum* spp. *HortScience* 46(12), 1576–1581.
- Hwang-sung M., Jang K., Hwang J., Jeon S., Kim B., 2015. Horticultural and chemical quality characterization of accessions selected from four species of *Capsicum*. *Hort. Environ. Biotechnol.* 56(1), 54–66.
- Iqbal Q., Amjad M., 2013. Characterization of capsaicinoids and antioxidants in hot peppers as influenced by hybrid and harvesting stage. *Plant Food. Hum. Nutr.* 68, 358–363.
- Jeeatid N., Techawongstien S., Suriarn B., Bosland P.W., Techawongstien S., 2017. Light intensity affects capsaicinoid accumulation in hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 58(2), 103–110.

- Kirschbaum-Titze P., Mueller-Seitz E., Petz P., 2002. Pungency in paprika (*Capsicum annuum*). 2. Heterogeneity of capsaicinoid content in individual fruits from one plant. *J. Agric. Food Chem.* 50, 1264–1266.
- Kohlkünzer S., 2007. Farmakognozja. PZWŁ, Warszawa.
- Mueller-Seitz E., Hiepler C., Petz M., 2008. Chili pepper fruits: Content and pattern of capsaicinoids in single fruits of different ages. *J. Agric. Food Chem.* 56, 12114–12121.
- Nowaczyk P., Nowaczyk L., Banach M., Król I., 2006. Differences of capsaicinoids content in pericarp and paste of soft-flesh *Capsicum* spp. fruit. *Folia Hort.* 18/2, 99–103.
- Nowaczyk L., Nowaczyk P., Banach-Szott M., 2009. Relationships between capsaicinoids in the soft-flesh genotypes of *Capsicum* spp. *Herba Pol.* 55(3), 185–192.
- Orłowski M., Grzeszczuk M., Jadczyk D., 2004. The estimation of the yield and content of some chemical compounds in the fruits of chosen hot pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Folia Hort.* 16/2, 11–16.
- Pabón-Mora N., Litt A., 2011. Comparative anatomical and developmental analysis of dry and fleshy fruits of Solanaceae. *Am. J. Bot.* 98(9), 1415–1436.
- Pandhair V., Sharma S., 2008. Accumulation of capsaicin in seed, pericarp and placenta of *Capsicum annuum* L. fruit. *J. Plant Biochem. Biotechnol.* 17(1), 23–27.
- Phimchan P., Techawongstien S., Chanthai S., Bosland P.W., 2012. Impact of drought stress on the accumulation of capsaicinoids in *Capsicum* cultivars with different initial capsaicinoid levels. *HortScience* 47(9), 1204–1209.
- Rahman M.J., Inden H., 2012. Effect of nutrient solution and temperature on capsaicin content and yield contributing characteristics in six sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *J. Food Agric. Environ.* 10(1), 524–529.
- Reyes-Escogido M., Gonzalez-Mondragon E.G., Vazquez-Tzompantzi, E., 2011. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. *Molecules* 16, 1253–1270.
- Simonovska J., Rafajlovska V., Kavrakovski Z., Srbinska M., 2014. Nutritional and bioactive compounds in hot fruits of *Capsicum annuum* L. from Macedonia. *Maced. J. Chem. Chem. Eng.* 33(1), 97–104.
- Sung Y., Chang Y.Y., Ting N-L., 2005. Capsaicin biosynthesis in water-stressed hot pepper fruits. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 46, 35–42.
- Topuz A., Ozdemir F., 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *J. Food Compos. Anal.* 20, 596–602.
- Tsuchiya H., 2001. Biphasic membrane effects of capsaicin, an active component in *Capsicum* species. *J. Ethnopharmacol.* 75, 295–299.
- Yaldiz G., Ozguven M., Sekeroglu N., 2010. Variation in capsaicin contents of different *Capsicum* species and lines by varying drying parameters. *Ind. Crops Prod.* 32, 434–438.
- Valiente-Banuet J.I., Gutiérrez-Ochoa A., 2016. Effect of irrigation frequency and shade levels on vegetative growth, yield, and fruit quality of piquin pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *HortScience* 51(5), 573–579.
- Wahyuni Y., Ballester A.R., Sudarmonowati E., Bino R.J., Bovy A.G., 2011. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. *Phytochemistry* 72, 1358–1370.
- Wang D., Bosland P.W., 2006. The genes of *Capsicum*. *HortScience* 41(5), 1169–1187.
- Weryszko-Chmielewska E., Michałojć Z., 2011. Anatomical traits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit. *Acta Agrobot.* 64(4), 181–188.
- Zewdie Y., Bosland P.W., 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica* 111, 185–190.
- Zhigila D.A., Abdul Rahaman A.A., Kolawole O.S., Oladele F.A., 2014. Fruit morphology as taxonomic features in five varieties of *Capsicum annuum* L. Solanaceae. *J. Bot.* 1, 1–6.

Badania były finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach działalności statutowej Katedry Warzywnictwa i Roślin Leczniczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Summary. The hot pepper fruits have a specific sharp and sour taste, which is conditioned by the presence of capsaicinoids. The aim of this study was to evaluate the marketable yield and yield of *Capsici fructus* of different parts of the fruit of Polish cultivars 'Bronowicka Ostra' and 'Orkan' as well as the yield of capsaicinoids. The highest average share in the marketable yield structure of each different parts of pepper fruit was shown by pericarp yield – 76.5%, placenta yield – 10.8%, seeds yield – 8.4% and peduncle yield – 4.3%. Average marketable yield of hot pepper fruits was 23.09 t·ha⁻¹, *Capsici fructus* yield – 3.252 t·ha⁻¹ and capsaicinoids yields: capsaicin – 0.566 kg·ha⁻¹, dihydrocapsaicin – 53.7 g·ha⁻¹.

Key words: *Capsici fructus* yield, placenta, seeds, pericarp, peduncle, capsaicin

Otrzymano/ Received: 11.10.2018
Zaakceptowano/ Accepted: 11.12.2018