

Katedra Warzywnictwa i Zielerstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Doświadczalna 50A, 20-280 Lublin, Polska

e-mail: renata.nurzynska@up.lublin.pl

RENATA NURZYŃSKA-WIERDAK 

***Capsicum annuum* L. (papryka roczna). Roślina o wyjątkowych związkach bioaktywnych, potencjale nutraceutycznym i fitoterapeutycznym. Praca przeglądowa**

Capsicum annuum L. (bell pepper). A plant with unique bioactive compounds, nutraceutical and phytotherapeutic potential. A review

Streszczenie. *Capsicum annuum* L. (papryka roczna) z rodziny Solanaceae jest najczęściej używaną przyprawą na świecie, wysoko cenioną ze względu na swoją ostrość i niepowtarzalny smak. Oprócz walorów przyprawowych roślina ta odznacza się także cennymi właściwościami leczniczymi, wynikającymi przede wszystkim z obecności kompleksu alkaloidów zwanych kapsaicynoidami, które nadają jej owocom specyficzne cechy: ostrość smaku oraz aktywność biologiczną. W owocach papryki znajdują się ponadto inne korzystne dla zdrowia składniki: karotenoidy (prowitamina A), witaminy C i E, flawonoidy, związki fenolowe i składniki mineralne. Najważniejszym i unikatowym składnikiem bioaktywnym owoców papryki jest kapsaicyna, odznaczająca się szeroką aktywnością biologiczną. Ze względu na jej obecność, owoce odmian o ostrym smaku definiowane są jako surowiec farmakoprealny (*Capsici fructus*). Bogaty kompleks związków aktywnych papryki warunkuje jej działanie przeciwutleniające, a także inne aktywności biologiczne. Owoce papryki mogą być pomocne w chorobach neurologicznych, metabolicznych, sercowo-naczyniowych i onkologicznych.

Słowa kluczowe: owoc papryki, surowiec leczniczy i przyprawowy, witamina C, karotenoidy, kapsaicyna, antyoksydanty

WSTĘP

Rośliny z rodziny psiankowatych (Solanaceae) należą do najbardziej znanych i użytkowanych przez człowieka od najdawniejszych czasów. Są ważnym źródłem pożywienia, przypraw i lekarstw. Rodzina Solanaceae obejmuje 90 rodzajów (m.in. *Capsicum* L.) oraz 3000–4000 gatunków, w tym niektóre rośliny udomowione, takie jak ziemniak (*Solanum tuberosum*), pomidor (*S. lycopersicum*), bakłażan (*S. melongena*) i pieprzowiec roczny

(*Capsicum annuum*) [Azab 2020]. Rośliny psiankowate od dawna budzą zainteresowanie z uwagi na unikalny skład chemiczny i aktywność biologiczną. Przedmiotem zainteresowania biochemików i farmaceutów są głównie ich alkaloidy, których działanie toksyczne po przyjęciu nawet w niewielkich ilościach jest zróżnicowane: od lekko drażniącego do śmiertelnego. Wśród roślin psiankowatych wymienia się ważne leczniczo gatunki należące do rodzajów: *Solanum*, *Atropa*, *Capsicum*, *Datura*, *Withania*, *Hyoscyamus*, *Nicotiana* i *Miscellaneous*, które są szeroko stosowane w celach leczniczych w różnych krajach [Giorgetti i Negri 2011, Shah i in. 2013, Mirzaei i in. 2017]. Rodzaj *Capsicum* L. obejmuje ponad 30 gatunków, z których pięć (*Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* i *C. pubescens*) jest udomowionych i uprawianych głównie w celach konsumpcyjnych. Nazwę rodzaju zaproponował w 1543 r. lekarz i botanik niemiecki Leonard Fuchs, a później (1753 r.) przyjął Karol Linneusz. Jest to prawdopodobnie pochodna łacińskiego *capsa*, *capsula* (mieszek, skrzynka) i odnosi się do szczególnego kształtu owocu (fot. 1). Określenie pieprzowiec (*pepper*) nawiązuje natomiast do ostrego smaku owoców niektórych gatunków i odmian roślin z tego rodzaju [Tripodi i Kumar 2019]. Uważa się, że papryka jest pierwszą rośliną przyprawową udomowioną i uprawianą ok. 6000 lat temu w Ameryce Środkowej i Południowej.

Pochodzenie i historia uprawy

Rośliny z rodzaju *Capsicum* L. pochodzą z tropikalnej i subtropikalnej Ameryki, z szerokiego regionu obejmującego Meksyk i północną część Ameryki Środkowej, Karaiby, niziną Boliwię, północną nizinę Amazonii i południowe Andy [Ramchiary i Kole 2019]. W XVI w. gatunki *Capsicum annuum* L. i *C. frutescens* L. zostały szeroko rozpowszechnione z Nowego Świata na inne kontynenty za pośrednictwem hiszpańskich i portugalskich żeglarzy, podczas gdy inne gatunki z tego rodzaju są mało znane poza Ameryką Południową. Rośliny rosną w klimacie tropikalnym. Do przeżycia potrzebują wysokiej temperatury i wilgotności [Al-Snafi 2015].

C. annuum L. (papryka roczna), najważniejszy gatunek z rodzaju *Capsicum*, szeroko uprawiany na skalę komercyjną, dzieli się na trzy podgatunki: subsp. *macrocarpum* (papryka wielkoowocowa), odmiany słodkie; subsp. *microcarpum* (papryka drobnoowocowa), odmiany przeważnie ostre w smaku i subsp. *fasciculatum* (papryka bukietowa), odmiany ozdobne [Buczkowska 1994]. *C. annuum* jest rośliną jednoroczną, dorastającą w uprawie do 0,75–1,8 m. Liście rośliny są proste, różnego kształtu, naprzemienne, eliptyczne do lancetowatych, z gładkim brzegiem, zwykle pomarszczone. Małe kwiaty (o średnicy ok. 1,5 lub 1 cm) są białe lub fioletowe, zebrane w grupach po dwa lub więcej. Owocem papryki jest wielonasienna jagoda o bardzo różnym wybarwieniu, zależnie od odmiany i stopnia dojrzałości. Owoce są najczęściej 2–4-komorowe (fot. 1), mają do 25 cm długości i 7 mm szerokości, charakterystyczny zapach i ostry smak [Buczkowska 1994, Batiha i in. 2020]. Istnieje ogromna różnorodność w obrębie rodzaju *Capsicum*, różne jest też użytkowanie tych roślin. W Europie uprawiany jest głównie gatunek *C. annuum* w postaci licznych odmian przystosowanych do produkcji polowej i pod osłonami, na potrzeby przetwórstwa spożywczego i farmaceutycznego [Buczkowska 1994]. W innych rejonach świata, np. w Iraku uprawiane są dwa gatunki *C. annuum* i *C. frutescens*, porównywalne pod względem kształtu i koloru owoców [Al-Snafi 2015].

Zmienność i różnorodność genetyczna papryki jest duża, co stwarza możliwości nowym aranżacjom genetycznym [Padilha i Barbieri 2016, Loizzo i in. 2017, Soare i in. 2017]. W obrębie rodzaju *Capsicum* możliwe jest tworzenie mieszańców między *C. an-*

num L. i *C. frutescens* L., uwzględniające głównie potencjał produkcyjny pierwszego gatunku i zróżnicowanie morfologiczno-technologiczne owoców drugiego [Nowaczyk 2012]. Początkowo hodowla papryki opierała się głównie na sztuce doboru osobników, co było procesem dość powolnym i swobodnym. Obecnie w hodowli tego gatunku stosuje się różne metody selekcji, a wybór metody zależy głównie od celów programu hodow-



Fot. 1. Budowa owocu papryki słodkiej (*C. annuum*) [fot. R. Nurzyńska-Wierdak]
Phot. 1. Sweet pepper (*C. annuum*) fruit morphology [phot. R. Nurzyńska-Wierdak]

lanego. Główne cele tych programów uwzględniają podniesienie produktywności odmian, ich odporności na stropy biotyczne i abiotyczne, polepszenie najważniejszych cech owoców (wielkość, kształt, kolor, ostrość, smak), ich wartości biologicznej (związki bioaktywne), jak również walorów ozdobnych [Padilha i Barbieri 2016]. Od początku 2014 r. udostępniono sekwencje genomu udomowionych i dzikich gatunków *Capsicum* [Tripodi i in. 2019].

Znaczenie gospodarcze

Papryka jest jednym z ważniejszych gatunków warzyw uprawianych w polu i pod osłonami, nie tylko ze względu na wartość ekonomiczną, ale także wyjątkowe połączenie koloru, smaku i wartości odżywczych owoców. Rośliny posiadają także potencjał ozdobny ze względu na różne rozmiary, pokrój oraz barwę, wielkość i kształt owoców, możliwość uprawy polowej i doniczkowej. Papryka ozdobna, o żywo zielonych liściach i jaskrawoczerwonych owocach, od wielu lat znana jest w branży kwaciarskiej jako „papryka bożonarodzeniowa”. Rośliny tradycyjnie sprzedawano w okresie ferii zimowych. Papryki ozdobne o jaskrawych, kontrastujących kolorach i jadalnych owocach były najpopularniejszą rośliną na prezenty świąteczne aż do lat 60. XX w., kiedy to zostały zastąpione ulepszonymi odmianami poinsecji [Stommel i in. 2018]. Wykorzystanie papryki ozdobnej do dekoracji i/lub konsumpcji rozszerza wartość tego produktu. Uniwersytet Stanowy w Nowym Meksyku od lat prowadzi program hodowli genetycznej papryki, w którym opracowywane są genotypy przydatne do celów ozdobnych, głównie do uprawy w doniczkach [Coon i in. 2008].

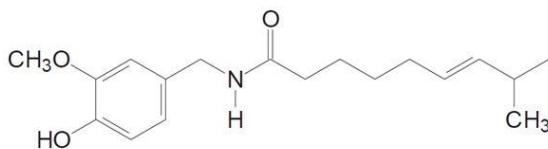
Zainteresowanie konsumpcją papryki wynika w dużej mierze z obecności w jej owocach związków bioaktywnych i ich znaczenia jako przeciwutleniaczy w diecie. Papryki używa się w postaci świeżej, suszonej, fermentowanej lub jako ekstraktu oleożywicy [Al-Snafi 2015]. Owoce papryki odmian słodkich i ostrych są powszechne na rynku świeżych warzyw i przypraw, a także w przetwórstwie i farmacji (tylko odmiany ostre). Uprawiane są liczne odmiany różniące się morfologicznie, wielkością i jakością plonu oraz

składem chemicznym, na co wpływ mają także czynniki agrotechniczne i środowiskowe [Biratu i in. 2021]. Światowa produkcja papryki znacznie wzrosła w ciągu ostatnich lat z 2 do około 4,5 mln ton suszonych owoców papryki i od ponad 17 do 36 mln ton owoców świeżych. Podobna tendencja dotyczy powierzchni uprawy tej rośliny, która wzrosła o ok. 35% i wynosi blisko 3,8 mln ha. Papryka świeża pozyskiwana jest z upraw w 126 krajach świata na wszystkich kontynentach. Największym jej producentem są Chiny, z ponad 18 mln t rocznie, a następnie Meksyk z ok. 3,5 mln t [Tripodi i Kumar 2019].

Walory odżywcze i prozdrowotne

Owoce papryki zawierają wszystkie ważne składniki odżywcze, dla których od wielu lat uznawane są za pożywienie i używane w postaci świeżej lub suszonej. Wyjątkowe właściwości papryki wynikają z obecności w owocach kompleksu alkaloidów, znanego jako kapsaicynoidy, które nadają im specyficzne właściwości: ostrość smaku oraz aktywność biologiczną. Ponadto wykazano obecność wielu korzystnych dla zdrowia składników, takich jak karotenoidy (prowitamina A), witaminy C i E, flawonoidy, związki fenolowe i składniki mineralne [Vera-Guzmán i in. 2011, Soare i in. 2017, Paredes i in. 2020, Biratu i in. 2021]. Owoce słodkich odmian wyróżnia wysoka zawartość witaminy C, dwa, a nawet czterokrotnie wyższa niż w owocach cytrusowych. Świeże i suszone owoce odmian ostrych są natomiast bardzo bogate w witaminę A i β -karoten oraz kapsaicynę [Loizzo i in. 2017, Florkowska i in. 2018].

Owoc papryki odmian ostrych, zwany owocem pieprzowca (*Capsici fructus*), jest farmakopealnym surowcem alkaloidowym wykorzystywanym jako środek leczniczy, także jako barwnik, aromat i ostra przyprawa. Zawiera kapsaicynoidy, karotenoidy, flawonoidy, olejek eteryczny, witaminy C, B i H [Kohlmünzer 2007]. Najpowszechniejszym kapsaicynoidem papryki jest kapsaicyna ($C_{18}H_{27}NO_3$, trans-8-metylo-N-wanililo-6-nonenamid), stanowiąca ok. 70% kompleksu (ryc. 1), a następnie dihydrokapsaicyna (ok. 20% kompleksu), nordihydrokapsaicyna, homokapsaicyna, homodihydrokapsaicyna i in. Zawar-



Ryc. 1. Struktura kapsaicyny
Fig. 1. The structure of capsaicin

tość kapsaicyny w owocu pieprzowca wynosi 0,04–1,5%. Kapsaicyna, biały, krystaliczny i rozpuszczalny w tłuszczach związek, powstaje z kwasu homowanilowego, który jest nierozpuszczalny w wodzie, bezwonny i bez smaku. Jest to substancja o bardzo ostrym smaku, podczas degustacji można wyczuć ok. jednej części kapsaicyny na 100 000 [Kohlmünzer 2007, Bathia i in. 2020]. Czerwony kolor dojrzałych owoców papryki wynika z obecności kilku pokrewnych pigmentów karotenoidowych, w tym kapsantyny, kapsorubiny, kryptoksantyny i zeaksantyny, które są obecne jako estry kwasów tłuszczowych. Najważniejsze pigmenty to kapsantyna i jej izomer kapsorubina, które stanowią odpowiednio 30–60% i 6–18% wszystkich karotenoidów w owocach [Al-Snafi 2015].

Liście papryki zawierają alkaloidy, garbniki i flawonoidy, podczas gdy korzenie zawierają steroidy, alkaloidy, kumaryny, glikozydy i triterpenoidy. Z rozpuszczalnej w octa-

nie etylu frakcji metanolowego ekstraktu suszonych łodyg i korzeni *C. annuum* wyizolowano 10 seskwiterpenoidów [Bathia i in. 2020]. Nasiona papryki słodkiej są bogate w olej (15%), natomiast nasiona papryki ostrej zawierają znaczne ilości związków fenolowych [Krstic i in. 2013]. Zou i in. [2015] określili skład chemiczny nasion papryki ostrej uprawianej w północno-wschodnim regionie Chin: wilgotność $4,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, popiół $4,9 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, tłuszcz surowy $23,6 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, białko surowe $21,3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ i błonnik ogółem $38,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. W próbkach oznaczono osiemnaście wykrywalnych aminokwasów oraz następujące kwasy tłuszczowe: kwas linolowy, palmitynowy, oleinowy, stearynowy i lino-lenowy jako najczęściej występujące, po kwasie laurynowym, arachidowym, gondoinowym i behenowym. Wśród minerałów oznaczono potas, magnez, wapń, żelazo, cynk, sód i mangan. Wyniki badań Zou i in. [2015] wskazują, że nasiona ostrej papryki mogą być niedrogim i skutecznym suplementem diety poprawiającym zdrowie człowieka.

Zmienność składu chemicznego

Analiza chemiczna owoców papryki wskazuje, że oprócz wyraźnych różnic morfologicznych, różnią się one również zawartością witaminy C, fenoli, flawonoidów, β -karotenu, kapsaicyny i dihydrokapsaicyny w zależności od stadium dojrzałości [Vera-Guzmán i in. 2011, Soare i in. 2017]. Wyższe stężenie likopenu i β -karotenu stwierdzono w owocach papryki zebranych we wrześniu niż w lipcu czy sierpniu [Chávez-Mendoza i in. 2015]. Badania Żurawik i in. [2020] dowiodły istotnego wpływu stopnia wybarwienia owoców na skład chemiczny i wartość biologiczną owoców papryki. Dojrzałe i wybarwione owoce charakteryzowały się większą zawartością suchej masy, witaminy C, karotenoidów i składników mineralnych oraz zdolnością antyoksydacyjną niż owoce zielone. Owoce zielone zawierały natomiast więcej chlorofilu a, chlorofilu b i chlorofilu całkowitego niż owoce wybarwione. Tundis i in. [2013] podają, że wraz z osiągnięciem dojrzałości owoców papryki zwiększa się w nich zawartość karotenoidów i kapsaicynoidów, natomiast maleje zawartość fenoli i flawonoidów. Stwierdzono, że dojrzałe owoce papryki mają silne właściwości przeciwutleniające, podczas gdy niedojrzałe wykazują największą aktywność antyoksydacyjną.

Oprócz zmienności ontogenetycznej zaznacza się u papryki także zmienność genetyczna. Żurawik i in. [2021] podają, że owoce bułgarskiej odmiany słodkiej Delikates okazały się wyjątkowo zasobne w Cu, Zn i Mn, a odmiany ostrej Dzulińska Shipka w Mg i K. Owoce polskiej odmiany słodkiej Etiuda były najbogatsze w witaminę C, bułgarskiej odmiany słodkiej Sivriya w polifenole, odmiany Dzulińska Shipka w karotenoidy, a polskiej odmiany słodkiej Trapez w chlorofil całkowity. Owoce odmiany Sivriya odznaczały się najsilniejszymi właściwościami antyoksydacyjnymi. Wśród badanych przez Soare i in. [2017] genotypów czerwonej papryki słodkiej, odmiana Slonovo Uvo wyróżniała się największą zawartością polifenoli ($202,6 \text{ mg GAE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ św.m.), witaminy C ($204,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ św. m.) i aktywności przeciwutleniającą ($1376,0 \mu\text{M TE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ św.m.). Autorzy badań wykazali istotne dodatnie korelacje między zawartością substancji rozpuszczalnych, a zawartością węglowodanów w owocach oraz między zawartością witaminy C, a zawartością fenoli ogółem.

Biosynteza kapsaicyny jest genetycznie uwarunkowaną cechą owoców pieprzowca i przebiega szybciej pod wpływem wysokiej temperatury, wysokiego poziomu odżywiania roślin wraz z dojrzewaniem owoców. Kolejnym czynnikiem istotnie wpływającym na całkowitą zawartość kapsaicynoidów jest klimat. Uważa się, że istnieją dwa główne czynniki zmienności, które wpływają na ostrość papryki: wysoka średnia temperatura po-

wietrza i niedostateczna lub nadmierna wilgotność. Nie jest jednak jeszcze dostatecznie wyjaśnione, w jaki sposób wysoka temperatura wpływa na syntezę i akumulację tych związków. González-Zamora i in. [2013], analizując poziom kapsaicynoidów w owocach pieprzowca wykazali, że zawartość dihydrokapsaicyny była zawsze wyższa niż kapsaicyny. Ponadto, zawartość kapsaicynoidów ogółem dla odmian ostrych Serrano, Puya, Ancho, Guajillo papryki słodkiej zwiększała się wraz ze wzrostem temperatury w szklarni, natomiast zawartość kapsaicynoidów ogółem i jednostek ostrości Scoville (SHU) dla odmian De árbol i Jalapeño, zmniejszała się. Wysoka temperatura może być zatem negatywnym czynnikiem w procesie gromadzenia się kapsaicynoidów w owocach niektórych odmian pieprzowca. Badania González-Zamora i in. [2013] wykazały, że najbardziej wrażliwymi odmianami były Jalapeño i De árbol, których owoce traciły odpowiednio 61,5% i 32,5% wszystkich kapsaicynoidów. Z kolei wzrost temperatury w szklarni sprzyjał akumulacji kapsaicynoidów ogółem w owocach odmian Guajillo i Serrano, co odpowiadało 3-krotnemu wzrostowi poziomu tych składników. Badania przeprowadzone w szklarni w Korei Południowej [Oh i Koh 2019] wskazują zakres temperatury 20–25°C jako sprzyjający wzrostowi wegetatywnemu i rozwojowi owoców pieprzowca. Autorzy dowiedli, że temperatura 30°C zmniejsza liczbę owoców i ogranicza ich rozwój, w tym zawiązywanie i wzrost, powoduje powstawanie owoców krótkich lub zniekształconych, chociaż stymuluje wzrost wegetatywny. Temperatura 15°C powoduje natomiast zmniejszenie wysokości roślin, liczby rozgałęzień i wydłużenie owoców. Ponadto całkowita zawartość cukrów w dojrzałych owocach znacznie wzrosła w temperaturze 20–25°C, podczas gdy zawartość kapsaicynoidów w dojrzałych owocach wzrosła wraz ze wzrostem temperatury w zakresie 15–30°C. Wyniki te wskazują, że zakres temperatury 20–25°C jest korzystny dla wzrostu wegetatywnego, rozwoju owoców i jakości owoców papryki ostrej [Oh i Koh 2019].

Potencjał nutraceutyczny papryki

Owoce papryki od dawna znane są i wykorzystywane jako produkty dietetyczne i lecznicze. W przeszłości były używane głównie do aromatyzowania żywności i celów leczniczych, a obecnie ich zastosowanie rozszerzyło się na produkcję spożywczą (chipsy, przetworzone warzywa i aromaty), farmaceutyczną i kosmetyczną [Batiha i in. 2020]. Owoce papryki odznaczają się specyficznymi walorami smakowymi; mogą być spożywane na surowo, gotowane, pieczone, smażone i konserwowane. Pod względem odżywczym papryka jest dobrym źródłem cukrów (2–9%), witamin i soli mineralnych (głównie wapnia i żelaza) [Buczowska 1994, Soare i in. 20127], a także kwasu L-askorbinowego (80–400 mg·100 g⁻¹ św.m.), karotenoidów, flawonoidów (250–480 mg Q·100 g⁻¹ św.m.) i związków fenolowych (128–202 mg GAE·100 g⁻¹ św.m.) [Buczowska 1994, Guil-Guerrero i in. 2006, Soare i in. 2017]. Oprócz walorów smakowych i zapachowych, papryka może być jednym ze źródeł naturalnych przeciwutleniaczy [El-Ghorab i in. 2013, Kantar i in. 2016].

Witamina C jest niezbędnym składnikiem pokarmowym dla różnych funkcji biologicznych. W warunkach fizjologicznych ma fundamentalne znaczenie w biosyntezie kolagenu, służy również jako kofaktor w kilku ważnych reakcjach hydroksylacji, takich jak biosynteza katecholamin, L-karnityny, cholesterolu, aminokwasów i niektórych hormonów peptydowych. Ponadto może zmniejszać częstość występowania większości nowotworów złośliwych u ludzi. Wykazano także pozytywny związek między stosowaniem suplementu askorbinianowego, a zmniejszoną częstością występowania choroby Alzheimera [Grosso i in. 2013]. Z badań Nerdy [2018] wynika, że niedojrzałe (zielone) owoce papryki zawierają najmniej witaminy C (16,5 mg·100 g⁻¹). Poziom ten zwiększa

się w papryce żółtej ($159,6 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), a następnie mniejsza w papryce pomarańczowej i czerwonej i wynosi odpowiednio: $121,4$ i $81,2 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Kantar i in. [2016] stwierdzili pozytywną korelację między zawartością witaminy C a zaczerwienieniem owoców papryki oraz ujemną korelację z barwą zieloną.

W ostatnich dziesięcioleciach karotenoidy (likopen, β -karoten, luteina, zeaksantyna i β -kryptoksantyna) wzbudziły duże zainteresowanie w dziedzinie żywienia człowieka. Spożywanie karotenoidów ma korzystny wpływ na zdrowie, zmniejszając m.in. ryzyko niektórych form raka, chorób układu krążenia i zwyrodnienia plamki żółtej. Mechanizm działania karotenoidów nie został jednoznacznie określony, jednak wiąże się on z ich zdolnością antyoksydacyjną [Elvira-Torales i in. 2019]. Karotenoidy prowitaminy A takie jak β -karoten oraz α -karoten są dietetycznymi prekursorami witaminy A, niezbędnej dla oczu i układu odpornościowego [Sun i in. 2022]. Owoce papryki czerwonej zawierają $0,25$ – $8,51 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ luteiny, $0,59$ – $1,35 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ zeaksantyny, $0,25$ – $0,45 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ β -kryptoksantyny, do $0,29 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ α -karotenu i $1,44$ – $2,39 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ β -karotenu [Elvira-Torales i in. 2019]. Z badań Guil-Guerrero i in. [2006] wynika, że dla 10 hiszpańskich odmian papryki głównymi karotenoidami była luteina i jej izomer, stanowiąc ponad 60% wszystkich karotenoidów. Zainteresowanie karotenoidami, zwłaszcza likopenem, wzrosło dzięki badaniom sugerującym ich rolę dietetyczną i leczniczą. Likopen nie jest toksyczny i ma działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne i chemioterapeutyczne w chorobach sercowo-naczyniowych lub neurodegeneracyjnych oraz w niektórych nowotworach. Głównym źródłem likopenu w diecie są owoce pomidora i jego przetwory. Co najmniej 85% spożywanego przez nas likopenu pochodzi z tych produktów, a reszta jest pozyskiwana z innych źródeł żywności, takich jak: morele, różowy grejpfrut, arbuzy, dynia, a także papryka. Zawartość likopenu pozostaje pod wpływem różnych czynników zmienność, m.in., wyższe stężenie likopenu i β -karotenu stwierdzono w owocach papryki zebranych we wrześniu niż w lipcu czy sierpniu [Chávez-Mendoza i in. 2015].

Badania Papatthanasious i in. [2021] dowiodły, że odmiany papryki słodkiej Dolmy F1, Yahoo F1 i Florinis NS 700 zebrane w fazie pełnej dojrzałości (80 dni po kwitnieniu) są dobrym źródłem związków przeciwutleniających, w tym polifenoli i kwasu askorbinyowego oraz odznaczają się największą aktywnością antyoksydacyjną. Chilczuk i in. [2021] wykazali potencjał antyoksydacyjny i cytotoksyczny ekstraktów z owoców papryki. Najsilniejszą aktywność przeciwnickową stwierdzono w przypadku ekstraktów z owoców papryki słodkiej przy zastosowaniu 40% metanolu. Największą całkowitą zawartość związków fenolowych stwierdzono w analogicznym ekstrakcie otrzymanym z owoców papryki ostrej, który wykazywał też najsilniejsze działanie cytotoksyczne na linię nowotworową PC-3. Medina-Juárez i in. [2012] podają, że najwyższy procent inhibicji utleniania dla rodnika DPPH• wiąże się z najwyższym poziomem kwasu galusowego, kwasu chlorogenowego, epikatechiny, rutyny, luteoliny, resweratrolu ($r \geq 0,85$) i kwasu askorbinyowego w owocach papryki. Spośród badanych odmian Caribe i Bell miały najwyższą zdolność antyoksydacyjną, co korelowało z najwyższym poziomem fenoli i flawonoidów ogółem. Wykazano dodatnie korelacje pomiędzy poszczególnymi fenolami a aktywnością przeciwutleniającą; największe dla katechiny, epikatechiny, rutyny i resweratrolu.

Aktywność farmakologiczna (tradycyjne i współczesne zastosowania)

Papryka jest tradycyjnym środkiem przeciwbólowym. Jej owoce służą do stymulowania czynności żołądka i usprawniania krążenia krwi, a także jako środek pobudzający, wiatropędny, stosowany miejscowo przy nerwobólach i reumatyzmie. W medycynie tra-

dycyjnej stosunkowo popularnym środkiem przeciwbólowym jest zupa zawierająca owoce papryki, stosowana m.in. w czasie porodu. Komisja EU zatwierdziła *Capsici fructus* na bolesne skurcze mięśni w okolicy barku, ramion i kręgosłupa. Surowiec jest stosowany w postaci maści (*unguenta*), nacierań (*linimenta*) i plastrów (*emplastra*). Preparaty stosuje się przy zapaleniu stawów, nerwobólu, lumbago i odmrożeniach [Kohlmünzer 2007, Al-Snafi 2015].

Kapsaicyna wywiera korzystne działanie w wielu schorzeniach. Doniesiono, że związek ten wywiera działanie przeciw otyłości poprzez zmianę składu mikroflory jelitowej [Pasiński i Szulczyk 2022]. Koudehi i in. [2020] wykazali działanie cytotoksyczne dwóch związków papryki: izoallocholanolu etylu i kapsaicyny, sugerując je jako potencjalne związki przeciwko liniom komórkowym Caco-2 (ludzkie nabłonkowe komórki raka jelita grubego). Z powyższych badań wynika, że kapsaicyna *in vitro* indukuje apoptozę w różnych typach linii komórek nowotworowych. Badania *in vivo* wykazały, że kapsaicyna ogranicza wzrost wielu nowotworów w zwierzęcych modelach zaburzeń onkologicznych. W układzie naczyniowym kapsaicyna stymuluje receptory TRPV1 i zwiększa produkcję czynników rozszerzających naczynia, co w konsekwencji zmniejsza uraz niedokrwienny, przyczyniający się do patogenezy zaburzeń sercowo-naczyniowych i neurologicznych [Pasiński i Szulczyk 2022]. Działanie przeciwnowotworowe kapsaicyny wykazano w licznych mysich modelach ksenoprzeszczepów *in vivo*, w tym mysim czerniaku, ludzkiej białaczce, ludzkiej prostaty, ludzkim szpiczaku mnogim, ludzkim raku trzustki i pęcherza moczowego, gdy związek ten jest podawany doustnie, podskórnym, dootrzewnowo lub bezpośrednio do guzów. Epoksydacja kapsaicyny może skutkować zwiększoną aktywnością przeciwnowotworową w porównaniu z formą niezmodyfikowaną. Ponadto epoksyd kapsaicyny można uznać za selektywny środek przeciwnowotworowy, ponieważ normalne ludzkie fibroblasty są niewrażliwe na jego działanie [Lewinska i in. 2015].

Tradycyjnie kapsaicyna była stosowana do łagodzenia bólu. Podobnie współcześnie wymieniana jest jako środek w terapii bólu neuropatycznego. Mechanizm działania kapsaicyny, poza inaktywacją receptorów waniloidowych, polega również na usuwaniu neuroprzekaznika substancji P z pierwotnych zakończeń włókien nerwowych. Początkowy wpływ kapsaicyny polega na aktywacji receptorów TRPV1 w skórze, co wywołuje podrażnienie i rumień, a następnie na gwałtownym napływie jonów wapniowych przez kanały jonowe sprzężone z receptorem TRPV1, co powoduje długotrwałą dysfunkcję mitochondriów i w następstwie tego zanik pierwotnych zakończeń nerwowych w miejscu aplikacji plastra [Wordliczek i in. 2017]. Działanie przeciwbólowe kapsaicyny wykorzystuje się także przy zaburzeniach czynnościowych pęcherza moczowego. Terapia przy użyciu kapsaicyny i lidokainy stanowi jedną z alternatywnych opcji leczniczych tego schorzenia [Juszczak i Thor 2011]. Wiele ostatnich publikacji wskazuje na pozytywne działanie kapsaicyny w zwierzęcych modelach zaburzeń mózgu. W chorobie Alzheimerza kapsaicyna zmniejsza neurodegenerację i upośledzenie pamięci. Opisano również korzystne działanie kapsaicyny w chorobie Parkinsona i depresji. Stwierdzono, że kapsaicyna zmniejsza obszar zawału i poprawia wyniki neurologiczne w zwierzęcych modelach udaru. Badania na ludziach pokazują, że może być pomocna w leczeniu powikłań udarowych, takich jak dysfagia. Dodatkowo związek ten wywiera działanie łagodzące ból w migrenach i klastrowych bólach głowy. Wspomina się także o możliwościach zastosowania kapsaicyny w leczeniu padaczki. Literatura na temat działania kapsaicyny w padaczce jest nieliczna i wydaje się sprzeczna, ponieważ opisano zarówno pro-, jak i przeciwpadaczkowe mechanizmy działania. Celowe wydają się być badania oceniające działanie kapsaicyny w diecie

ludzi cierpiących na padaczkę [Pasiński i Szulczyk 2022]. Ostatnie badania wykazały znaczące działanie terapeutyczne kapsaicyny w wielu chorobach o podłożu metabolicznym, takich jak cukrzyca, nadciśnienie, nowotwory i otyłość [Chan i in. 2020]. Nanok i Sansenya [2019] dowiedli właściwości przeciwcukrzycowych i przeciwmelaninowych kapsaicyny i dihydrokapsaicyny, sugerując, zastosowanie tych wyników w opracowywaniu odpowiednich preparatów farmaceutycznych i kosmetycznych.

Loizzo i in. [2017] stwierdzili, że ekstrakty z owoców pieprzowca są w stanie zahamować wzrost szczepów *Staphylococcus aureus* i *Listeria monocytogenes*. Najbardziej aktywne okazały się ekstrakty otrzymane z owoców odmian Effix i Fantasia, o minimalnym stężeniu hamującym odpowiednio 12,5 i 25,0 mg·ml⁻¹. Autorzy powyższych badań sugerują możliwość stosowania suszonego ekstraktu z owoców papryki w konserwacji żywności. Potwierdzają też hipotezę, że za działanie przeciwutleniające ekstraktów z owoców papryki odpowiada synergizm między flawonoidami i innymi fenolami, podczas gdy synergizm kapsaicyny i dihydrokapsaicyny z innymi składnikami jest skorelowany z działaniem przeciwdrobnoustrojowym. Casimir i in. [2018] wykazali, że skoncentrowany ekstrakt z owoców papryki zawiera dużo flawonoidów i karotenoidów oraz ma silne działanie antyoksydacyjne i wykazuje aktywność przeciwdrobnoustrojową na bakterie Gram-dodatnie (*Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*) i Gram-ujemne (*Pseudomonas aeruginosa*, *P. vulgaris*, *Escherichia coli*).

PODSUMOWANIE

Pod względem odżywczym papryka jest dobrym źródłem przeciwutleniaczy, w tym witaminy C, karotenoidów, flawonoidów i związków fenolowych. Owoce papryki są też uznanym surowcem alkaloidowym, witaminowym oraz przyprawowym. Ekstrakty z owoców i kapsaicyna obecnie stosowane są jako leki w bólach neuralgicznych i reumatycznych. Wyniki najnowszych badań wskazują jednak na inne możliwości ich wykorzystania, m.in. w schorzeniach neurodegeneracyjnych, onkologicznych, metabolicznych czy sercowo-naczyniowych. Ze względu na bogaty kompleks bioaktywny papryki i jej szeroką aktywność biologiczną zaleca się spożywanie owoców tej wyjątkowej rośliny nie tylko jako przyprawy, ale także jako źródła naturalnych przeciwutleniaczy.

PIŚMIENNICTWO

- Al-Snafi A.E., 2015. The pharmacological importance of Capsicum species (*Capsicum annum* and *Capsicum frutescens*) grown in Iraq. *Pharm. Biol.* 5(3), 124–142.
- Azab A., 2020. Solanaceae plants of Israel and palestine-rich source of medicinally active natural products. *Eur. Chem. Bull.* 9(8), 199–261. <http://dx.doi.org/10.17628/ecb.2020.9.199-261>
- Batiha G.E-S., Alqahtani A., Ojo O.A., Shaheen H.M., Wasef L., Elzeiny M., Ismail M., Shalaby M., Murata T., Zaragoza-Bastida A., Rivero-Perez N., Beshbishy A.M., Kasozi K.I., Jeande P., Hetta H.F., 2020. Biological properties, bioactive constituents, and pharmacokinetics of some Capsicum spp. and capsaicinoids. *Int. J. Mol. Sci.* 21, 5179. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms21155179>
- Biratu W., Belew D., Ettissa E., 2021. Evaluation of hot pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars for growth and dry pod yields against different blended fertilizer and nitrogen rates in raya Azebo, Southern Tigray. *Internat. J. Res. Agron.* 4(2), 15–22.

- Buczowska H., 1994. Papryka – *Capsicum annuum* L. W: H. Skąpski, B. Dąbrowska (red.), Uprawa warzyw w polu, Wyd. SGGW, Warszawa.
- Casimir O.A., Martin D.K., Philippe E.K., Augustin A.A., Parfait K.E.J., 2018. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Capsicum annuum* var. *annuum* concentrated extract obtained by reverse osmosis. *GSC Biol. Pharm. Sci.* 05(02), 116–125. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2018.5.2.0123>
- Chan S.H., Azlan A., Ismail A., Shafie N.H., 2020. Capsaicin: Current understanding in therapeutic effects, drug interaction, and bioavailability. *Mal. J. Med. Health Sci.* 16(SUPP6), 216–224.
- Chávez-Mendoza C., Sanchez E., Muñoz-Marquez E., Sida-Arreola J.P., Flores-Cordova M.A., 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. *Antioxidants* 4, 427–446. <https://doi.org/10.3390/antiox4020427>
- Chilczuk B., Marciniak B., Kontek R., Materska M., 2021. Diversity of the chemical profile and biological activity of *Capsicum annuum* L. extracts in relation to their lipophilicity. *Molecules* 26, 5215. <https://doi.org/10.3390/molecules26175215>
- Coon D., Votava E., Bosland P.W., 2008. The Chile cultivars of New Mexico State University. *Res. Report* 73, 1–8.
- El-Ghorab A.H., Javed Q., Anjum F. M., Hamed S. F., Shaaban H.A., 2013. Pakistani bell pepper (*Capsicum annuum* L.): Chemical compositions and its antioxidant activity. *Internat. J. Food Propert.* 16, 1, 18–32. <http://dx.doi.org/10.1080/10942912.2010.513616>
- Elvira-Torales L.I., García-Alonso J., Periago-Castón M.J., 2019. Nutritional importance of carotenoids and their effect on liver health: A Review. *Antioxidants* 8, 229. <http://dx.doi.org/10.3390/antiox8070229>
- Florkowska K., Duchnik W., Nowak A., Klimowicz A., 2018. Właściwości antyoksydacyjne papryki ostrej odmiany Hungarian yellow. *Pomeranian J. Life. Sci.* 64(3), 126–131.
- González-Zamora A., Sierra-Campos E., Luna-Ortega J.G., Pérez-Morales R., Rodríguez Ortiz J.C., García-Hernández J.L., 2013. Characterization of different *Capsicum* varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules* 18, 13471–13486. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules181113471>
- Grosso G., Bei R., Mistretta A., Marventano S., Calabrese G., Masuelli L., Giganti M.G., Modesti A., Galvano F., Gazzolo D., 2013. Effects of vitamin C on health: A review of evidence. *Front. Biosci.* 18, 1017–1029.
- Guil-Guerrero J. L., Martínez-Guirado C., Rebolloso-Fuentes M.M., Carrique-Perez A., 2006. Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (*Capsicum annuum*) varieties. *Eur. Food Res. Technol.* 224, 1–9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-006-0281-5>
- Juszczak K., Thor P.J., 2011. Zastosowanie kapsaicyny i lidokainy w zaburzeniach czynnościowych pęcherza moczowego. *Folia Medicina Cracoviensia* LI, 1–4, 91–98.
- Kantar M.B., Anderson J.E., Lucht S.A., Mercer K., Bernau V., Case K.A., Le N.C., Frederiksen M.K., DeKeyser H.C., Wong Z.-Z., Hastings J.C., Baumler D.J. 2016. Vitamin variation in *Capsicum* Spp. provides opportunities to improve nutritional value of human diets. *PLoS ONE* 11(8), e0161464. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0161464>
- Kohlmünzer S., 2007. Farmakognozja, Wyd. Lek. PZWL, Warszawa.
- Koudehi M.F., Ardalan A.A., Zibaseresht R., 2020. Chemical constituents of an Iranian grown *Capsicum annuum* and their cytotoxic activities evaluation. *Organic & Medicinal Chem IJ* 9(4). <http://dx.doi.org/10.19080/OMCIJ.2020.09.555769>
- Krstic B., Tepic A., Nikolic N., Gvozdencovic Dj., Tomicic M., 2013. Chemical variability of inedible fruit parts in pepper varieties (*Capsicum annuum* L.). *Bul. J. Agric. Sci.* 19(3), 490–496.
- Lewinska A., Chochrek P., Smolag K., Rawska E., Wnuk M., 2015. Oxidant-based anticancer activity of a novel synthetic analogue of capsaicin, capsaicin epoxide. *Redox Report.* 20, 3, 116–125. <http://dx.doi.org/10.1179/1351000214Y.0000000113>

- Loizzo M.R., Bonesi M., Serio A., Chaves-López C., Falco T., Paparella A.P., Menichini F., Tundis R., 2017. Application of nine air-dried *Capsicum annuum* cultivars as food preservative: Micro-nutrient content, antioxidant activity, and foodborne pathogens inhibitory effects. *Internat. J. Food Proper.* 20(4), 899–910. <http://dx.doi.org/10.1080/10942912.2016.1188310>
- Medina-Juárez L.A., Molina-Quijada D.M.A., Del Toro-Sánchez C.L., González-Aguilar G.A., Gámez-Meza N., 2012. Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum* L.) extracts and characterization of their phenolic constituents. *Comm. Rep. Comm.* 37(8), 588–593.
- Mirzaei H.H., Firuzi O., Baldwin I.T., Jassbi A.R., 2017. Cytotoxic activities of different Iranian Solanaceae and Lamiaceae plants and nioassay-guided study of an active extract from *Salvia lachnocalyx*. *Nat. Prod. Comm.* 12(10), 1563–1566.
- Nanok K., Sansenya S., 2019. α -Glucosidase, α -amylase, and tyrosinase inhibitory potential of capsaicin and dihydrocapsaicin. *J. Food Biochem.* 44, e13099. <http://dx.doi.org/10.1111/jfbc.13099>
- Nerdy N., 2018. Determination of vitamin C in various colours of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) by titration method. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia* 14(1), 164–177. <http://dx.doi.org/10.20961/alchemy.14.1.15738.164-177>
- Nowaczyk L., 2012. Ocena jakości i przydatności technologicznej papryki (*Capsicum* spp.) linii miękkomięksiszowej (soft-flesh). *Żywność, Nauka, Technol., Jakość* 3(82), 179–186.
- Oh S.-Y., Koh S.C., 2019. Fruit development and quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under various temperature regimes. *Hortic. Sci. Technol.* 37(3), 3103–321. <https://doi.org/10.7235/HORT.20190032>
- Padilha H.K.M., Barbieri R.L., 2016. Plant breeding of ofchili peppers (*Capsicum*, Solanaceae) – A review. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 10(15), 148–154.
- Papathanasiou T., Gougoulas N., Karayannis V.G., Kamvoukou C.-A., 2021. Investigation of the total phenolic content and antioxidant capacity of three sweet pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) at different development and maturation stages. *Period. Polytech. Chem. Eng.* 65(2), 219–228. <https://doi.org/10.3311/PPch.15553>
- Paredes-Andrade N.J., Monteros-Altamirano A., Bastidas C.G.T., Sørensen M., 2020. Morphological, sensorial and chemical characterization of chilli peppers (*Capsicum* spp.) from the CATIE Genebank. *Agronomy* 10, 1732. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10111732>
- Pasierski M., Szulczyk B., 2022. Beneficial effects of capsaicin in disorders of the central nervous system. *Molecules* 27, 2484. <https://doi.org/10.3390/molecules27082484>
- Ramchiary N., Kole Ch., 2019. The Capsicum genome, compendium of plant genomes. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_1
- Shah V.V., Shah N.D., Patrekar P.V., 2013. Medicinal plants from Solanaceae family. *Research J. Pharm. Tech.* 6(2), 143–151.
- Soare R., Dinu M., Băbeanu C., Popescu M., Popescu A., 2017. Nutritional value and antioxidant activities in fruit of some cultivars of pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Agroalim. Proc. Technol.* 23(4), 2017–2022.
- Stommel J.R., Kozlov M., Griesbach R.J., 2018. Ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars comprising the Christmas Lights cultivar series. *HortSci.* 53(3), 391–394. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI112574-17>
- Tripodi P., Acquadro A., Lanteri S., D’Agostino N., 2029. Genome sequencing of Capsicum species: strategies, assembly, and annotation of genes. W: N. Ramchiary, C. Kole (eds.), *The Capsicum Genome, Compendium of Plant Genomes*, https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_8
- Tripodi P., Kumar S., 2019. *The Capsicum Crop: An Introduction*. W: N. Ramchiary, C. Kole (eds.), *The Capsicum Genome, Compendium of Plant Genomes*, https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_1
- Tundis R., Menichini F., Bonesi M., Conforti F., Statti G., Menichini F., Loizzo M.R., 2013. Antioxidant and hypoglycaemic activities and their relationship to phytochemicals in *Capsicum annuum* cultivars during fruit development. *LWT – Food Sci. Technol.* 53, 370e377. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.013>

- Vera-Guzmán A.M., Chávez-Servia J.L., Carrillo-Rodríguez J.C., López M.G., 2011. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. *Cil. J. Agric. Res.* 71(4), 578–585.
- Wordliczek J., Zajączkowska R., Leppert W., 2017. Farmakoterapia bólu neuropatycznego. *Medycyna Paliatywna w Praktyce* 11, 2, 61–73.
- Zou Y., Ma K., Tian M., 2015. Chemical composition and nutritive value of hot pepper seed (*Capsicum annuum*) grown in Northeast Region of China. *Food Sci. Technol., Campinas* 35(4), 659–663. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6803>
- Żurawik A., Jadczyk D., Panayotov N., Żurawik P., 2020. Macro- and micronutrient content in selected cultivars of *Capsicum annuum* L. depending on fruit coloration. *Plant Soil Environ.* 66(4), 155–161. <https://doi.org/10.17221/45/2020-PSE>
- Żurawik A., Jadczyk D., Panayotov N., Żurawik P., 2021. Antioxidant properties of pepper (*Capsicum annuum* L.) depending on its cultivar and fruit colouration. *Plant, Soil Environ.* 67(11), 653–659. <https://doi.org/10.17221/333/2021-PSE>
- Capsicum annuum* L. (bell pepper): A plant with unique bioactive compounds, nutraceutical and phytotherapeutic potential. A review

Źródło finansowania: Publikacja została sfinansowana ze środków przyznanych Katedrze Warzywnictwa i Zielarstwa przez Ministerstwo Edukacji i Nauki na rozwój potencjału badawczego.

Summary. *Capsicum annuum* L. from the Solanaceae family is the most used spice in the world, highly valued for its sharpness and unique flavor. In addition to its spice qualities, this plant also has valuable healing effects. The properties of bell pepper are mainly due to the presence of a complex of alkaloids called capsaicinoids, which give the fruit its specific characteristics: sharpness of taste and biological activity. There are also other ingredients beneficial to health in pepper fruits: carotenoids (provitamin A), vitamins C and E, flavonoids, phenolic compounds and minerals. The most important bioactive and unique component of pepper fruit is capsaicin, which is characterized by broad biological activity. Due to its presence, the fruits of spicy varieties are defined as the pharmacopoeia raw material (*Capsici fructus*). The rich complex of active compounds of bell pepper determines its antioxidant effect and other biological activities. Pepper fruits can be helpful with neurological, metabolic, cardiovascular and oncological diseases.

Key words: pepper fruit, medicinal and spice raw material, vitamin C, carotenoids, capsaicin, antioxidants

Otrzymano/Received: 10.10.2022
Zaakceptowano/Accepted: 20.12.2022