

Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów sporządzonych ze świeżych i suszonych surowców *Ficus carica* L.

Antioxidant activity of extracts from fresh and dried raw material of *Ficus carica* L.

ANNA MUZYKIEWICZ, JOANNA ZIELONKA-BRZEZICKA, ANNA NOWAK, ADAM KLIMOWICZ

Katedra i Zakład Chemii Kosmetycznej i Farmaceutycznej, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie

Wprowadzenie. Jedną z metod ochrony organizmu przed rozwojem stresu oksydacyjnego jest spożywanie owoców i warzyw zawierających związki o potencjale przeciwutleniającym. Do grupy roślin będących naturalnym źródłem antyoksydantów zaliczamy m.in. figowca pospolitego (*Ficus carica* L.).

Cel. Porównanie aktywności antyoksydacyjnej ekstraktów oraz oznaczenie zawartości barwników asymilacyjnych w świeżych i suszonych owocostanach *F. carica*. Analizie poddano wpływ doboru rozpuszczalnika i czasu ekstrakcji na potencjał przeciwutleniający uzyskanych wyciągów.

Materiały i metody. Ocenie aktywności antyoksydacyjnej poddano ekstrakty ze skórek i miąższu fig, sporządzone w wodzie destylowanej oraz w 20, 40, 70 i 96% (v/v) etanolu, metodą ekstrakcji ultradźwiękowej trwającej 15, 30 i 60 minut. Analizy potencjału przeciwutleniającego dokonano metodami DPPH, FRAP, ABTS oraz Folin-Ciocalteu. Oznaczono również zawartość barwników asymilacyjnych (chlorofil a i b oraz karotenoidy).

Wyniki. W większości przypadków, wyższą zawartością antyoksydantów, odznaczały się świeże surowce, w szczególności skórki. Wyższą aktywnością, w porównaniu z ekstraktami wodnymi, charakteryzowały się wyciągi etanolowe. Wydłużenie czasu ekstrakcji do 30 lub 60 minut powodowało na ogół wzrost aktywności otrzymanych ekstraktów. Najwyższą zawartością barwników asymilacyjnych odznaczały się świeże skórki oraz suszony miąższ fig.

Wnioski. Na aktywność ekstraktów wpływ miały takie czynniki, jak czas ekstrakcji, rodzaj i stężenie rozpuszczalnika, a także rodzaj surowca i sposób jego przetworzenia. Zawartość barwników asymilacyjnych różniła się w zależności od rodzaju surowca, jak również od jego przetworzenia.

Słowa kluczowe: figa, aktywność antyoksydacyjna, karotenoidy, chlorofile, ekstrakcja wspomagana ultradźwiękami

Introduction. The consumption of fruit and vegetables containing compounds having antioxidant potential is one of the methods to protect the body against oxidative stress. For instance, the common fig (*Ficus carica* L.) belongs to the group of plants that are a natural source of antioxidants.

Aim. The aim of the study was to compare the antioxidant activity of extracts and to evaluate the content of assimilation pigments in fresh and dried *F. carica* fructifications. The analysis covered the effect of the type of solvent and extraction time on the antioxidant potential of the extracts.

Material & methods. Antioxidative activity was evaluated in extracts from fig peel and pulp, prepared in distilled water and in 20, 40, 70 and 96% (v/v) ethanol, by ultrasonic extraction lasting 15, 30 and 60 minutes. The analysis of antioxidant potential was performed by DPPH, FRAP, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. The content of assimilation pigments (chlorophyll a and b as well as carotenoids) was also determined.

Results. In most cases, fresh raw materials, in particular peel, had a higher content of antioxidants. Ethanol extracts had higher activity than aqueous extracts. Prolonging the extraction time to 30 or 60 minutes generally increased the activity of the extracts. The highest content of assimilation pigments was found in fresh peel and dried pulp of figs.

Conclusion. The activity of extracts was influenced by factors such as extraction time, type and concentration of solvent, as well as the type of raw material and the method of processing. The content of assimilation pigments varied depending on the type of raw material as well as the method of processing.

Key words: fig, antioxidant activity, carotenoids, chlorophylls, ultrasonic extraction

© Hygeia Public Health 2019, 54(3): 201-209

www.h-ph.pl

Nadesłano: 08.06.2019

Zakwalifikowano do druku: 10.09.2019

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr n. med. Anna Muzykiewicz

Katedra i Zakład Chemii Kosmetycznej i Farmaceutycznej

Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie

Al. Powstańców Wlkp. 72, 70-111 Szczecin

tel. 91 466 16 30, e-mail: anna.muzykiewicz@pum.edu.pl

Wprowadzenie

Ze względu na zawartość wielu cennych substancji odżywczych, owoce i warzywa są niezbędnym składnikiem zdrowej i prawidłowo zbilansowanej diety.

Według najnowszej Piramidy Zdrowego Żywienia i Aktywności Fizycznej, opublikowanej przez Instytut Żywności i Żywienia w odpowiedzi na zalecenia WHO i Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia

i Rolnictwa (*Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO*), warzywa i owoce stanowią podstawę prawidłowo zbilansowanej diety. Należy również pamiętać, że oprócz zdrowego żywienia, bardzo ważna jest regularna aktywność fizyczna [1]. W ostatnich latach, wraz z rozwojem gospodarczym, obserwuje się zwiększone zainteresowanie spożyciem owoców południowych, takich jak np. liczi, marakuja, granat, papaja, gęgi czy mango, przede wszystkim ze względu na fakt, iż są one coraz łatwiej dostępne na rynku krajowym [2, 3].

Owoce te są bogatym źródłem naturalnych antyoksydantów, które odgrywają ważną rolę w walce z tzw. stresem oksydacyjnym. Przyczyną rozwoju tego zjawiska jest nagromadzenie w organizmie zbyt dużej ilości wolnych rodników, które mogą powodować niekorzystne zmiany w strukturze kwasów nukleinowych, białek i lipidów, co w rezultacie prowadzi do uszkodzenia i szybszego starzenia się komórek. Stres oksydacyjny ponadto przyczynia się do rozwoju wielu chorób, w tym tzw. chorób cywilizacyjnych, do których zalicza się m.in. schorzenia układu sercowo-naczyniowego, choroby nowotworowe, cukrzycę, osteoporozę czy schorzenia neurodegeneracyjne [4-7]. Badania epidemiologiczne wykazują, że regularne spożywanie roślin bogatych w naturalne antyoksydanty korzystnie wpływa na zmniejszenie ryzyka zgonu spowodowanego chorobami nowotworowymi, zwyrodnieniowymi, jak również schorzeniami układu sercowo-naczyniowego. Dodatkowo obserwuje się rosnące zainteresowanie zastosowaniem roślinnych antyoksydantów, jako naturalnych środków przeciwdrobnoustrojowych, pozwalających na ograniczenie użycia syntetycznych konserwantów [8]. Do grupy roślin zawierających antyoksydanty zaliczamy m.in. figowca pospolitego [9].

Figowiec pospolity (*Ficus carica* L.) jest rośliną pochodzącą z Bliskiego Wschodu, należąca do rodziny morwowatych (*Moraceae*). Występuje on głównie w Basenie Morza Śródziemnego i stanowi ważny odsetek upraw w tym rejonie [10, 11]. Częścią jadalną tej rośliny jest owocostan zwany sykonium, kształtem przypominający worek. Zawiera on kilkaset owoców, podobnych do nasion, otoczonych przez mięsiste dno kwiatowe. W trakcie dojrzewania, owocostany przybierają barwę od jasnozielonej do fioletowobrunatnej, z wnętrzem od złotawego do brunatnego. Ciekawy smak owoców figi, a także wysoka zawartość witamin, minerałów i błonnika pokarmowego, przy znikomej zawartości tłuszczu sprawiają, że figi są bardzo chętnie spożywane zarówno w formie świeżej i suszonej, jak również są wykorzystywane do produkcji przetworów, takich jak syropy czy dżemy [8-10].

W tradycyjnej medycynie ajurwedyjskiej, Unani i Siddha, figowiec był wykorzystywany m.in. w terapii chorób układu oddechowego, pokarmowego, rozrod-

czego czy hormonalnego, jak również w leczeniu chorób zakaźnych, takich jak rzeżączka czy świerzb [9].

Za prozdrowotne właściwości figowca odpowiedzialne są związki biologicznie czynne w nim zawarte, m.in. kwasy organiczne i tłuszczowe, fitosterole oraz związki o potencjale przeciwutleniającym, które zawarte są nie tylko w owocostanach, ale również w liściach tej rośliny. Za aktywność antyoksydacyjną figowca odpowiedzialne są przede wszystkim związki fenolowe (zwłaszcza flawonoidy), stilbeny i antocyjany. Do głównych związków fenolowych figowca zaliczamy kwas 3-O-kawoilochinowy i 5-O-kawoilochinowy, 3-O-glukozyd kwercetyny, 3-O-rutozyd kwercetyny oraz kwas ferulowy. Do głównych przedstawicieli flawonoidów w *F. carica* należą luteolina, kwercetyna i biochanina A. Związki fenolowe obecne w owocostanach oprócz właściwości przeciwutleniających odpowiedzialne są za ich smak i kolor [8, 9]. Również zawarte w roślinach barwniki asymilacyjne, takie jak chlorofile czy karotenoidy, mogą wykazywać aktywność antyoksydacyjną [12]. Wysoka zawartość składników biologicznie czynnych sprawia, że figowiec jest obecnie wykorzystywany w leczeniu wielu chorób (m.in. anemii, cukrzycy, wrzodów, chorób nowotworowych czy schorzeń skórnych). Ponadto ciągły rozwój technik badawczych, jak również postęp w różnych dziedzinach naukowych, takich jak np. biologia farmaceutyczna sprawiają, że *F. carica* może stać się cennym składnikiem nowych leków wykorzystywanych w leczeniu wielu jednostek chorobowych [8, 9].

Cel

Ocena aktywności antyoksydacyjnej ekstraktów ze świeżych i suszonych owocostanów *F. carica* (oddzielnie ze skórek i z miąższu), sporządzonych metodą ekstrakcji wspomaganą ultradźwiękami w czasie 15, 30 i 60 minut, z wykorzystaniem wody destylowanej oraz wodnych roztworów etanolu o stężeniu 20, 40, 70, 96%(v/v). Analizie poddawano wpływ stężenia rozpuszczalnika, czasu ekstrakcji oraz części owocostanu wraz z techniką jego przetwarzania (świeże i suszone) na potencjał przeciwutleniający wyciągów, który oceniono metodami DPPH, FRAP i ABTS oraz na całkowitą zawartość polifenoli oznaczoną techniką Folin-Ciocalteu (F-C). Ponadto dokonano analizy zawartości barwników asymilacyjnych, takich jak chlorofil a i b oraz karotenoidy, które również mogą chronić przed negatywnym działaniem wolnych rodników.

Materiały i metody

Odczynniki

Do przeprowadzenia analiz wykorzystano odczynniki firmy Sigma Aldrich, USA: 2,2-difenylo-

1-pikrylohydrazyl (DPPH), 2,4,6-tri(2-pirydylo)-s-1,3,5-triazyna (TPTZ), 2,2'-azobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonian) (ABTS), kwas 6-hydroksy-2,5,7,8-tetrametylochromano-2-karboksylowy (troloks). Chlorek żelaza(III) heksahydrat, siarczan(VI) żelaza(II) heptahydrat, odczynnik Folin-Ciocalteu, kwas galusowy były produkcji Merck, Darmstadt, Niemcy. Kwas solny 36%, octan sodu bezwodny, metanol, potasu nadsiarczan, kwas octowy 99,5%, węglan sodu bezwodny, aceton, wszystkie o czystości cz.d.a pochodziły z firmy Chempur, Piekary Śląskie, Polska, natomiast alkohol etylowy z Linegal Chemicals, Polska.

Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiły świeże i suszone figi pochodzące z Hiszpanii, które zostały zakupione w lokalnym supermarkecie (Szczecin, Polska). Analizie poddawano 5%(w/v) wyciągi sporządzone z miąższu i ze skórek fig, które uzyskano w procesie ekstrakcji wspomaganą ultradźwiękami w czasie 15, 30 i 60 minut, z użyciem takich rozpuszczalników, jak woda destylowana oraz etanol w różnych stężeniach (20, 40, 70 i 96%(v/v)). Ekstrakcję prowadzono w temp. pokojowej, natomiast przygotowane wyciągi przechowywano w temp. +4°C do czasu przeprowadzenia analiz aktywności antyoksydacyjnej (max. 7 dni).

Ocena aktywności antyoksydacyjnej oraz analiza zawartości barwników asymilacyjnych

Analizę potencjału przeciwutleniającego ekstraktów dokonano metodami DPPH, FRAP oraz ABTS, natomiast ocenę całkowitej zawartości polifenoli techniką F-C. Oznaczeń metodami DPPH, FRAP i F-C dokonano, według metodyki opisanej poprzednio [13, 14], natomiast techniką ABTS wg schematu zaproponowanego przez Wojtasik i wsp. [15]. Ocenę zawartości barwników asymilacyjnych przeprowadzono według postępowania zaproponowanego przez Arnona i wsp. [16] z modyfikacjami Lichtenthalera i Wellburna [17]. W przypadku metod DPPH i ABTS, jako substancję wzorcową zastosowano troloks, natomiast wyniki wyrażono w mg troloksu/g surowca. Przy oznaczeniach techniką FRAP wyniki zaprezentowano w mg FeSO₄/g surowca. W metodzie F-C jako wzorzec wykorzystano kwas galusowy, a wyniki przedstawiono w mg kwasu galusowego/g surowca. Dodatkowo wyniki uzyskane technikami ABTS i DPPH przedstawiono jako % RSA (*Radical Scavenging Activity*). Parametr ten określa procentową zdolność wyciągu do zmiatania wolnych rodników i został wyliczony według wzoru stosowanego w poprzednich badaniach [4]. W przypadku świeżych owocostanów zawartość karotenoidów oraz chlorofilu a i b wyrażono w µg/g świeżej masy, natomiast surowców suszonych w µg/g

suchej masy. Z każdego ekstraktu sporządzono trzy niezależne próbki badawcze. Wszystkie oznaczenia wykonano z wykorzystaniem spektrofotometru UV-VIS Hitachi U-5100.

Opracowanie wyników i analiza statystyczna

Wyniki przedstawiono jako średnią arytmetyczną ± odchylenie standardowe (M±SD), wyliczoną z pomiarów dokonanych dla trzech niezależnych próbek sporządzonych z każdego ekstraktu.

Analizę statystyczną wykonano z wykorzystaniem programu Statistica 12 (StatSoft, Polska). Wyznaczono współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy wynikami aktywności antyoksydacyjnej ekstraktów uzyskanych metodami DPPH, FRAP, ABTS oraz F-C, jak również dokonano oceny istotności statystycznej różnic pomiędzy wartościami potencjału przeciwutleniającego (oznaczonego poszczególnymi metodami) świeżych i suszonych surowców figowca pospolitego z wykorzystaniem testu Wilcozona, przyjmując za poziom istotności p=0,05.

Wyniki

Tabela I przedstawia średnie wartości właściwości przeciwutleniających badanych ekstraktów, oznaczone metodami DPPH i ABTS. Nie wszystkie ekstrakty charakteryzowały się aktywnością antyoksydacyjną. W przypadku metody DPPH, wyniki mieściły się w granicach od 0,01±0,00 do 3,00±0,08 mg troloksu/g surowca, przy czym znaczna część wyciągów z suszonych części owocostanów nie wykazywała potencjału przeciwutleniającego (ba). Najwyższe wartości uzyskano dla ekstraktów ze świeżej skórki figi – wynosiły one od 0,75±0,01 dla prób w stężonym etanolu, ekstrahowanych 15 min, do 3,00±0,08 mg troloksu/g surowca dla ekstraktu w 20%(v/v) etanolu, uzyskanego podczas godzinnej ekstrakcji. Pozostałe wyciągi, zarówno ze świeżego i suszonego miąższu, jak i suszonej skórki, wykazywały aktywność na znacznie niższym poziomie, nie przekraczającym 0,44±0,02 mg troloksu/g surowca. W przypadku metody ABTS, nie stwierdzono właściwości przeciwutleniających dla zdecydowanej większości ekstraktów ze świeżego miąższu. Aktywność ekstraktów, które wykazały zdolność zmiatania wolnych rodników, kształtowała się na poziomie od 0,02±0,00 – dla etanolowego (40%(v/v)) ekstraktu z suszonej skórki, do 5,68±0,25 mg troloksu/g surowca – w przypadku świeżej skórki ekstrahowanej 20%(v/v) etanolem. Podobnie, jak przy wcześniejszych oznaczeniach, również w tej metodzie, wyraźnie wyższe wartości uzyskano dla ekstraktów ze świeżej skórki owocostanów – od 1,20±0,05 do 5,68±0,25, natomiast aktywność pozostałych ekstraktów nie przekraczała 1,01 mg troloksu/g surowca.

Na rycinie 1 przedstawiono wyniki pomiarów potencjału przeciwutleniającego metodami DPPH i ABTS, wyrażone jako %RSA, z uwzględnieniem warunków ekstrakcji – czasu działania ultradźwięków na surowiec oraz rodzaju i stężenia użytego rozpuszczalnika. Ekstrakty ze świeżej skórki owocostanów wykazywały aktywność pomiędzy $21,29 \pm 0,29$ a $65,16 \pm 1,65\%$ – w przypadku metody DPPH oraz od $9,15 \pm 0,20$ do $29,30 \pm 2,93\%$ w przypadku metody ABTS. Wyniki uzyskane z analiz pozostałych wyciągów – ze świeżego miąższu oraz suszonego miąższu i skórki, nie przekroczyły 15,11 (DPPH) i 8,30%RSA (ABTS).

Oceniono także zdolność redukcji jonów Fe^{3+} przy użyciu metody FRAP oraz całkowitą zawartość polifenoli metodą F-C (tab. II). Wyniki analiz przeprowadzonych z użyciem metody FRAP mieściły się w zakresie od $0,08 \pm 0,01$ do $3,90 \pm 0,01$ mg $FeSO_4/g$ surowca. Najwyższe właściwości wykazywały ekstrakty ze świeżej skórki, w tym ekstrakt w 20%(v/v) etanolu (czas ekstrakcji 60 min) – $3,90 \pm 0,01$, ekstrakt w 96%(v/v) etanolu (30 min) – $3,88 \pm 0,10$ oraz w 40%(v/v) etanolu (15 min) – $3,85 \pm 0,05$ mg $FeSO_4/g$ surowca. Wyciągi z miąższu charakteryzowały się niższymi właściwościami redukcyjnymi, nieprzekraczającymi $0,83 \pm 0,05$ – dla surowca suszonego oraz $0,37 \pm 0,04$ mg $FeSO_4/g$ surowca – dla świeżego.

Najwyższą całkowitą zawartość polifenoli również zaobserwowano w grupie wyciągów sporządzonych ze świeżej skórki owocostanów figowca – od $1,56 \pm 0,12$ (ekstrakt w 96%(v/v) etanolu, czas ekstrakcji 15 min) do $4,68 \pm 0,03$ mg kwasu galusowego/g surowca (w 96%(v/v) etanolu, czas ekstrakcji 30 min). Wycią-

gi z suszonej skórki charakteryzowały się zawartością polifenoli w granicach od $0,48 \pm 0,06$ do $1,60 \pm 0,17$ mg kwasu galusowego/g surowca, ze świeżego miąższu – od $0,48 \pm 0,03$ do $0,89 \pm 0,08$, a z suszonego miąższu figi – od $0,44 \pm 0,01$ do $2,06 \pm 0,14$ mg kwasu galusowego/g surowca (tab. II).

Niezależnie od techniki pomiaru najwyższym potencjałem przeciwutleniającym odznaczały się ekstrakty ze świeżej skórki. Biorąc pod uwagę rozpuszczalnik użyty do sporządzenia ekstraktów, 20%(v/v) etanol wydaje się być najkorzystniejszy, gdyż najwyższe wartości aktywności ocenionej metodami ABTS, DPPH i FRAP uzyskano dla wyciągów w tym rozpuszczalniku (ekstrakcja 60 min). Ekstrakty wodne oraz sporządzone w 40%(v/v) etanolu odznaczały się wyraźnie niższą aktywnością przeciwutleniającą.

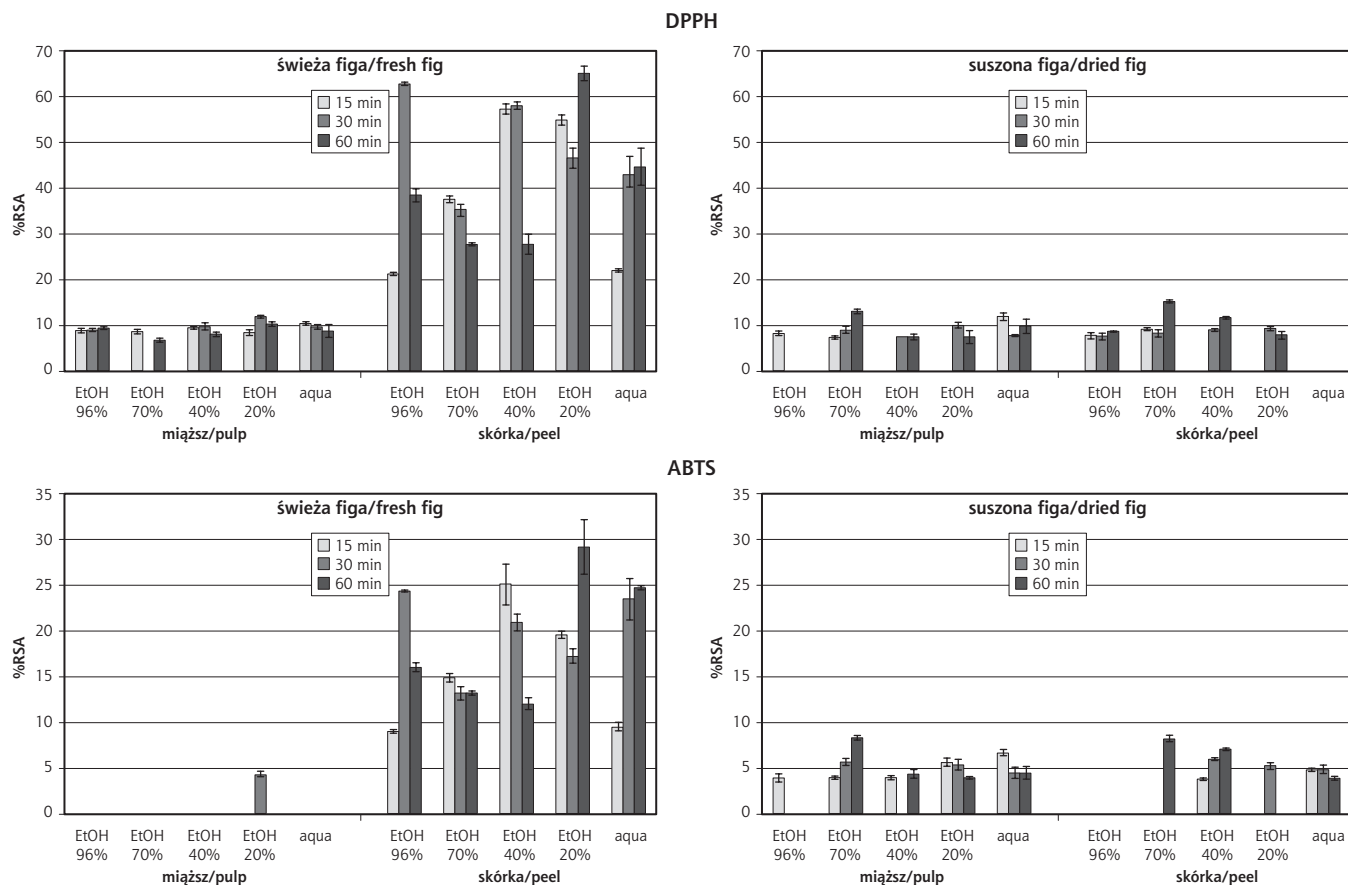
Podjęto również próbę oceny zawartości chlorofilu a, b i chlorofilu całkowitego, a także karotenoidów, zarówno w świeżym, jak i suszonym surowcu roślinnym (tab. III). Najwyższa zawartość chlorofilu a, chlorofilu całkowitego i karotenoidów obserwowana była w świeżej skórce figi (odpowiednio $400,95 \pm 9,07$; $456,00 \pm 18,22$ oraz $141,82 \pm 5,38$ $\mu g/g$ świeżej masy), przy czym należy zaznaczyć, że najwyższą zawartość chlorofilu b ($65,48 \pm 2,92$ $\mu g/g$ świeżej masy) stwierdzono w suszonym miąższu. Najniższe ze wszystkich wartości wykazano dla suszonej skórki – chlorofil a ($101,43 \pm 4,65$), chlorofil b ($12,41 \pm 6,39$), chlorofil całkowity ($113,69 \pm 4,00$) oraz karotenoidy ($26,30 \pm 3,16$ $\mu g/g$ świeżej masy).

Zaobserwowano istotną statystycznie zależność ($r > 0,900$; $p < 0,0001$) pomiędzy aktywnościami

Tabela I. Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów [mg troloxu/g surowca] z miąższu i ze skórek *F. carica*, oznaczona metodami DPPH i ABTS (M \pm SD)
Table I. Antioxidant activity [mg trolox/g raw material] of *F. carica* peel and pulp extracts, evaluated with the DPPH and ABTS methods (M \pm SD)

Rozpuszczalnik /Solvent	Czas ekstrakcji /Extraction time	DPPH				ABTS			
		miąższ /pulp		skórka /peel		miąższ /pulp		skórka /peel	
		świeży /fresh	suszony /dried	świeży /fresh	suszony /dried	świeży /fresh	suszony /dried	świeży /fresh	suszony /dried
96%(v/v) etanol /ethanol	15 min	$0,12 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01$	ba	$0,05 \pm 0,01$	$1,20 \pm 0,05$	ba
	30 min	$0,12 \pm 0,01$	ba	$2,88 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,01$	ba	ba	$4,58 \pm 0,01$	ba
	60 min	$0,15 \pm 0,01$	ba	$1,63 \pm 0,07$	$0,10 \pm 0,01$	ba	ba	$2,75 \pm 0,10$	ba
70%(v/v) etanol /ethanol	15 min	$0,11 \pm 0,03$	$0,04 \pm 0,01$	$1,59 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,02$	ba	$0,04 \pm 0,01$	$2,51 \pm 0,10$	ba
	30 min	ba	$0,11 \pm 0,02$	$1,47 \pm 0,07$	$0,08 \pm 0,02$	ba	$0,43 \pm 0,09$	$2,13 \pm 0,15$	ba
	60 min	$0,01 \pm 0,00$	$0,32 \pm 0,03$	$1,08 \pm 0,02$	$0,44 \pm 0,02$	ba	$1,01 \pm 0,05$	$2,12 \pm 0,03$	$1,00 \pm 0,08$
40%(v/v) etanol /ethanol	15 min	$0,15 \pm 0,01$	ba	$2,60 \pm 0,06$	ba	ba	$0,04 \pm 0,01$	$4,77 \pm 0,14$	$0,02 \pm 0,00$
	30 min	$0,17 \pm 0,04$	ba	$2,64 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,02$	ba	ba	$3,84 \pm 0,21$	$0,50 \pm 0,03$
	60 min	$0,08 \pm 0,03$	$0,04 \pm 0,01$	$1,09 \pm 0,12$	$0,25 \pm 0,01$	ba	$0,13 \pm 0,02$	$1,88 \pm 0,15$	$0,75 \pm 0,02$
20%(v/v) etanol /ethanol	15 min	$0,10 \pm 0,03$	ba	$2,47 \pm 0,06$	ba	ba	$0,43 \pm 0,08$	$3,55 \pm 0,09$	ba
	30 min	$0,28 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,03$	$2,04 \pm 0,11$	$0,13 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,03$	$0,37 \pm 0,08$	$3,04 \pm 0,17$	$0,32 \pm 0,06$
	60 min	$0,19 \pm 0,02$	$0,04 \pm 0,01$	$3,00 \pm 0,08$	$0,06 \pm 0,01$	ba	$0,05 \pm 0,01$	$5,68 \pm 0,25$	ba
woda destylowana /distilled water	15 min	$0,21 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,04$	$0,79 \pm 0,02$	ba	ba	$0,66 \pm 0,08$	$1,31 \pm 0,10$	$0,24 \pm 0,01$
	30 min	$0,16 \pm 0,03$	$0,06 \pm 0,01$	$1,90 \pm 0,17$	ba	ba	$0,16 \pm 0,03$	$4,41 \pm 0,19$	$0,27 \pm 0,02$
	60 min	$0,12 \pm 0,08$	$0,16 \pm 0,04$	$1,96 \pm 0,21$	ba	ba	$0,16 \pm 0,04$	$4,68 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,00$

ba – brak aktywności /no activity



Ryc. 1. Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów ze świeżych i suszonych części *F. carica*, oznaczona metodami DPPH i ABTS, wyrażona jako %RSA (M±SD)

Fig. 1. Antioxidant activity of extracts from fresh and dried parts of *F. carica*, evaluated with the DPPH and ABTS methods, expressed as %RSA (M±SD)

Tabela II. Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów [mg FeSO₄/g surowca] z miąższu i ze skórek *F. carica*, oznaczona metodą FRAP oraz całkowita zawartość polifenoli [mg kwasu galusowego/g surowca] oceniona metodą F-C (M±SD)

Table II. Antioxidant activity [mg FeSO₄/g raw material] of *F. carica* peel and pulp extracts, evaluated with the FRAP method and total polyphenols [mg gallic acid/g raw material] contents evaluated with the F-C method (M±SD)

Rozpuszczalnik /Solvent	czas ekstrakcji /extraction time	FRAP				F-C			
		miąższ /pulp		skórka /peel		miąższ /pulp		skórka /peel	
		świeży /fresh	suszony /dried	świeży /fresh	suszony /dried	świeży /fresh	suszony /dried	świeży /fresh	suszony /dried
96%(v/v) etanol /ethanol	15 min	0,21±0,03	0,15±0,00	0,98±0,04	0,14±0,01	0,70±0,09	0,53±0,09	1,56±0,12	0,48±0,04
	30 min	0,19±0,02	0,08±0,01	3,88±0,10	0,13±0,03	0,68±0,06	0,59±0,08	4,68±0,03	0,48±0,06
	60 min	0,24±0,00	0,15±0,01	2,26±0,00	0,18±0,01	0,56±0,06	0,44±0,01	2,65±0,10	0,49±0,01
70%(v/v) etanol /ethanol	15 min	0,16±0,02	0,24±0,01	1,92±0,01	0,18±0,03	0,51±0,03	0,52±0,03	2,16±0,05	0,57±0,05
	30 min	0,19±0,02	0,42±0,02	1,77±0,04	0,24±0,00	0,61±0,03	0,74±0,03	2,32±0,06	0,50±0,04
	60 min	0,22±0,02	0,83±0,05	1,47±0,06	0,86±0,02	0,56±0,01	0,99±0,08	1,70±0,04	1,60±0,17
40%(v/v) etanol /ethanol	15 min	0,21±0,03	0,21±0,01	3,85±0,05	0,28±0,02	0,48±0,03	2,06±0,14	3,72±0,04	0,61±0,08
	30 min	0,26±0,01	0,17±0,00	3,39±0,06	0,58±0,03	0,81±0,05	0,49±0,03	3,44±0,05	1,04±0,05
	60 min	0,23±0,01	0,36±0,01	1,47±0,07	0,66±0,01	0,89±0,08	1,23±0,04	1,61±0,03	1,30±0,05
20%(v/v) etanol /ethanol	15 min	0,16±0,00	0,32±0,04	3,00±0,00	0,31±0,02	0,59±0,09	0,59±0,04	3,04±0,04	1,09±0,14
	30 min	0,37±0,00	0,25±0,04	2,37±0,02	0,48±0,02	0,54±0,06	0,56±0,01	2,92±0,16	0,77±0,01
	60 min	0,24±0,00	0,22±0,01	3,90±0,01	0,50±0,02	0,67±0,10	0,59±0,06	3,58±0,05	1,05±0,17
woda destylowana /distilled water	15 min	0,34±0,04	0,44±0,03	1,26±0,02	0,32±0,00	0,50±0,06	0,83±0,13	1,80±0,01	0,69±0,08
	30 min	0,24±0,00	0,18±0,01	3,23±0,04	0,41±0,02	0,50±0,05	0,94±0,13	3,46±0,10	0,64±0,03
	60 min	0,26±0,01	0,25±0,01	3,30±0,05	0,38±0,03	0,54±0,06	0,64±0,04	3,40±0,15	0,90±0,08

Tabela III. Zawartość chlorofili i karotenoidów w miąższu i skórce *F. carica* (M±SD)
 Table III. Chlorophylls and carotenoids content in *F. carica* pulp and peel (M±SD)

Ssurowiec /Material		świeży /fresh		suszony /dried	
		[µg/g świeżej masy] / [µg/g fresh mass]		[µg/g suchej masy] / [µg/g dry mass]	
		miąższ/ pulp	skórka/ peel	miąższ/ pulp	skórka/ peel
chlorofil /chlorophyll	a	153,9±4,42	400,95±9,07	309,84±5,40	101,43±4,65
	b	20,7±8,42	51,74±14,11	65,48±2,92	12,41±6,39
	całkowity /total	174,56±9,15	456,00±18,22	375,23±19,54	113,69±4,00
karotenoidy /carotenoids		60,66±2,22	141,82±5,38	98,21±14,43	26,30±3,16

ekstraktów z tych samych części owocostanów figowca oznaczanymi poszczególnymi metodami. Najwyższą korelację zaobserwowano pomiędzy metodą ABTS i FRAP ($r=0,992$; $p<0,0001$), następnie DPPH i FRAP ($r=0,984$; $p<0,0001$), DPPH i ABTS ($r=0,974$; $p<0,0001$), FRAP i F-C ($r=0,966$; $p<0,0001$), ABTS i F-C ($r=0,952$; $p<0,0001$) oraz DPPH i F-C ($r=0,948$; $p<0,0001$).

Istotność statystyczną różnic pomiędzy aktywnością świeżych i suszonych części figi oznaczoną poszczególnymi metodami oceniono testem Wilcoxon. Przy wykorzystaniu wszystkich technik pomiaru różnice pomiędzy potencjałem wyciągów ze świeżych i suszonych surowców były statystycznie istotne (w przypadku metody DPPH: $z=4,186$; $p<0,001$; ABTS: $z=2,667$; $p<0,010$; F-C: $z=2,800$; $p<0,010$, FRAP: $z=3,404$; $p<0,001$).

Dyskusja

Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów z owocostanów figi (zarówno z miąższu, jak i ze skórek) utrzymywała się na średnim poziomie, zbliżonym lub nieznacznie niższym w porównaniu z potencjałem przeciwutleniających innych owoców tropikalnych, takich jak np. ananas (*Ananas comosus*). Zielonka-Brzezicka i wsp. dokonali oceny aktywności ekstraktów sporządzonych z miąższu i okrywy ananasa. Wyciągi te, podobnie jak w badaniach własnych, sporządzono metodą ekstrakcji wspomaganą ultradźwiękami, w czasie 15, 30 i 60 minut, a następnie przebadano z wykorzystaniem technik DPPH, FRAP oraz F-C. Ekstrakty z miąższu ananasa wykazywały wyższą aktywność antyoksydacyjną oraz zawartość związków fenolowych niż wyciągi z miąższu fig. W przypadku ekstraktów ze skórek fig oraz okrywy ananasa, nieznacznie wyższymi badanymi właściwościami odznaczały się wyciągi sporządzone z *F. carica* [18]. W innym badaniu, Zielonka-Brzezicka i wsp. dokonali oceny potencjału przeciwutleniającego ekstraktów z innego tropikalnego owocu, jakim jest aktinidia chińska (*Actinidia chinensis*), do sporządzenia których zastosowali te same rozpuszczalniki, tę samą metodę ekstrakcji oraz techniki oceny potencjału przeciwutleniającego. W większości przypadków aktywność antyoksydacyjna wyciągów z aktinidii, w porównaniu

do potencjału ekstraktów sporządzonych z fig, utrzymywała się na wyższym poziomie [19]. Porównując aktywność antyoksydacyjną ekstraktów z miąższu i ze skórek figi, w zdecydowanej większości przypadków wyższym potencjałem odznaczały się wyciągi ze skórek. Oliveira i wsp. dokonali oceny aktywności antyoksydacyjnej liofilizowanych naparów sporządzonych z liści, skórek i miąższu dwóch odmian fig zebranych z obszarów północno-wschodniej Portugalii. Na podstawie wykonanych analiz stwierdzili, iż najwyższą zdolnością redukcji rodnika DPPH charakteryzowały się próby sporządzone z liści fig, natomiast najniższą ekstrakty z miąższu [8]. Wyższą zawartość antyoksydantów w skórce fig, w porównaniu z miąższem, potwierdzili również Solomon i wsp. Zbadali oni zawartość różnych związków biologicznie czynnych, w szczególności substancji o potencjale przeciwutleniającym, w skórkach różnych rodzajów fig, które charakteryzowały się odmiennym kolorem (od ciemnobordowego do żółtego). Ekstrakty z ciemniejszych odmian były bogatsze w substancje aktywne, takie jak polifenole (w tym flawonoidy i antocyjany), jak również odznaczały się wyższą aktywnością antyoksydacyjną, ocenioną metodą ABTS [20]. Obserwacje te znalazły potwierdzenie w badaniach własnych, bowiem zaobserwowano, iż wyższą zawartością związków o potencjale przeciwutleniającym, w porównaniu z miąższem, charakteryzowały się skórki fig.

W badaniach własnych dokonano również oceny potencjału antyoksydacyjnego wyciągów z suszonych części owocostanu. W grupie ekstraktów przebadanych technikami DPPH i FRAP, niezależnie od rodzaju rozpuszczalnika i czasu ekstrakcji, w większości przypadków wyższym potencjałem charakteryzowały się wyciągi ze świeżego surowca, natomiast w przypadku analiz metodami ABTS i F-C, wyższą aktywnością i wyższą całkowitą zawartością polifenoli odznaczały się, w większości przypadków, próby sporządzone z suszonego miąższu i świeżych skórek fig. Chang i wsp. porównali aktywność antyoksydacyjną pomidorów świeżych oraz poddanych procesom suszenia, zarówno ciepłym, jak i zimnym powietrzem. Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów metanolowych, oznaczona techniką DPPH, utrzymywała się na porównywalnie wysokim poziomie, zarówno

w przypadku wyciągów sporządzonych z pomidorów świeżych, jak i suszonych, natomiast wyższą zdolnością redukcyjną jonów Fe^{3+} , ocenioną metodą FRAP, charakteryzowały się ekstrakty z surowców suszonych. Dodatkowo suszenie pomidorów, zarówno gorącym, jak i zimnym powietrzem, przyczyniało się do wzrostu zawartości w surowcu polifenoli, w tym flawonoidów. Najwyższym stężeniem związków polifenolowych (ocenionym techniką F-C) odznaczały się pomidory poddane suszeniu gorącym powietrzem, natomiast najniższą surowce świeże. W oparciu o uzyskane wyniki badacze sugerują, iż odpowiedni dobór metod przetwarzania surowców roślinnych, np. suszenia, może przyczynić się do wzrostu zawartości w nich związków o potencjale przeciwutleniającym [21]. Również Hamrouni-Sellami i wsp. na podstawie badań szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis*) potwierdzili, iż na całkowitą zawartość związków fenolowych, w tym flawonoidów, wpływ ma dobór metody suszenia. Badacze zauważyli, że różne parametry tego procesu, prowadzą do zmian w składzie chemicznym surowców roślinnych, zarówno jakościowym, jak i ilościowym. W przypadku analizowanej rośliny, najwyższą zawartością omawianych związków charakteryzowały się surowce poddane suszeniu przy użyciu mikrofal (zwłaszcza o wysokiej mocy) oraz dalekiej podczerwieni [22]. Vinson i wsp. również dokonali analizy całkowitej zawartości związków fenolowych w różnych gatunkach świeżych i suszonych owoców. W przypadku niektórych owoców, m.in. brzoskwiń czy śliwek, zawartość wolnych i całkowitych fenoli, wyrażonych w mg katechiny/100 g świeżej masy, była wyższa w surowcach świeżych niż w suszonych. Wyjątek stanowiły owocostany fig, w których proces suszenia powodował spadek zawartości omawianych związków, co skutkowało obniżeniem ich aktywności antyoksydacyjnej. W wyniku suszenia figi traciły ok. 87% całkowitych fenoli. Badacze ci podkreślają, iż proces suszenia niektórych owoców może przyczynić się do zmniejszenia w nich stężenia polifenoli, m.in. w wyniku przekształcania ich w formy niewykazujące aktywności antyoksydacyjnej [23]. Niższą aktywność ekstraktów z fig suszonych, w porównaniu z wyciągami sporządzonymi z owocostanów świeżych, potwierdzono w badaniach własnych.

Analizując wpływ rozpuszczalnika, jak również jego stężenia na badaną aktywność uzyskanych wyciągów zauważono, że w grupie wyciągów oznaczonych metodą DPPH, ABTS oraz FRAP, najskuteczniejszym rozpuszczalnikiem dla suszonego surowca okazał się 70%(v/v) etanol, natomiast świeżego – 20%(v/v). Oceniając całkowitą zawartość związków fenolowych, oznaczoną metodą F-C zauważono, iż w przypadku suszonego i świeżego miąższu, najskuteczniejszym ekstraktem okazał się 40%(v/v) etanol, skórki

suszonej – 70%(v/v), natomiast świeżej skórki – stężony etanol. Oceniając wpływ zastosowanych czasów ekstrakcji, trudno jednoznacznie stwierdzić, który z nich jest najskuteczniejszy do otrzymywania ekstraktów z fig odznaczających się najwyższą aktywnością antyoksydacyjną. Można natomiast zauważyć, iż zdolność wyciągów do zmiatania wolnych rodników w większości przypadków wzrastała wraz z wydłużeniem czasu oddziaływania ultradźwięków na surowiec (wyższa aktywność ekstraktów uzyskanych podczas 30 i 60 min procesu w porównaniu z ekstrakcją trwającą 15 min). Planując proces ekstrakcji surowców roślinnych należy zwrócić uwagę na dobór różnych parametrów, takich jak rodzaj i stężenie rozpuszczalnika, temperatura czy czas jego trwania. Omawiane parametry powinny być dostosowane do konkretnego surowca oraz indywidualnie dobierane, w zależności od celu badania uzyskanych próbek czy ekstrakcji oczekiwanych substancji czynnych [24]. Mokrani i Madani ocenili wpływ rodzaju rozpuszczalnika, a także czasu i temperatury procesu ekstrakcji, na aktywność antyoksydacyjną ekstraktów z brzoskwiń (*Prunus persica*). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzili, iż najskuteczniejszym ekstraktem pod kątem zawartości w ekstraktach związków fenolowych, jak również zdolności wyciągów do zmiatania wolnych rodników (ocenionych metodą DPPH) okazał się 60% aceton oraz metanol. Nieco niższym potencjałem charakteryzowały się ekstrakty etanolewe, natomiast najniższym wyciągi wodne. Analizując wpływ czasu ekstrakcji oraz różnych stężeń acetonu na aktywność uzyskanych wyciągów badacze stwierdzili, iż najskuteczniejsze jest użycie 60% odczynnika oraz prowadzenie procesu wytrząsania przez 180 min [25]. Sepahpour i wsp. dokonali oceny wpływu doboru rozpuszczalnika na aktywność ekstraktów z kurkumy, liści curry, imbiru i trawy cytrynowej. Oznaczenia badanych właściwości dokonali metodami DPPH, FRAP oraz F-C. Skuteczność poszczególnych rozpuszczalników różniła się w zależności od rodzaju rośliny poddawanej ekstrakcji. W przypadku kurkumy, najwyższą aktywnością antyoksydacyjną odznaczały się próby sporządzone w 80% acetonie, natomiast w wypadku pozostałych roślin skuteczniejsze okazały się rozpuszczalniki alkoholowe, tj. 80% etanol i metanol. Najniższą badaną aktywnością, niezależnie od gatunku rośliny, odznaczały się wyciągi wodne [26]. Analiza wyników uzyskanych przez różnych badaczy potwierdza, że optymalizacja poszczególnych procesów ekstrakcji w bardzo dużym stopniu wpływa na potencjał przeciwutleniający sporządzonych wyciągów.

Oprócz oceny aktywności antyoksydacyjnej, skórki i miąższ figi poddano analizie zawartości barwników asymilacyjnych, takich jak chlorofil a i b (zsumowane wartości stanowiły tzw. chlorofil całkowity) oraz

całkowitej zawartości karotenoidów. Spośród wszystkich przebadanych surowców najwyższą zawartością prozdrowotnych karotenoidów i chlorofilu całkowitego charakteryzowały się świeże skórki fig (odpowiednio $141,82 \pm 5,38$ i $456,00 \pm 18,22$ $\mu\text{g/g}$ świeżej masy) oraz suszony miąższ ($98,21 \pm 14,43$ i $375,00 \pm 19,54$ $\mu\text{g/g}$ suchej masy). Zarówno w przypadku świeżych skórek, jak i suszonego miąższu stwierdzono większy udział w masie całkowitego chlorofilu – chlorofilu a. Florkowska i wsp. dokonali analizy zawartości barwników asymilacyjnych w świeżych owocach papryki odmiany *Hungarian yellow*. Owoce te charakteryzowały się zawartością karotenoidów na poziomie $158,61$ $\mu\text{g/g}$ świeżej masy oraz chlorofilu całkowitego $144,57$ $\mu\text{g/g}$ świeżej masy. Większy udział procentowy w chlorofilu całkowitym stanowiła masa chlorofilu b [12]. Najda i wsp. dokonali oceny zawartości omawianych barwników w liściach stewii (*Stevia rebaudiana*). Roślina ta, podobnie jak w przypadku badań własnych, odznaczała się wyższą zawartością chlorofilu a w stosunku do chlorofilu b [27]. Branisa i wsp. poddali analizie zawartość barwników asymilacyjnych oraz aktywność antyoksydacyjną, ocenioną techniką DPPH, liści pokrzywy zwyczajnej (*Urtica dioica*) oraz melisy zwyczajnej (*Melissa officinalis*). Ocenie poddawano surowce świeże oraz suszone z wykorzystaniem różnych metod. Spośród wszystkich przebadanych próbek, najwyższą zawartością chlorofilu a i b oraz karotenoidów odznaczały się próbki ziół poddanych procesom liofilizacji. Obie rośliny charakteryzowały się wyższą zawartością chlorofilu a niż b. Podobnie, jak w przypadku fig, pokrzywa i melisa zawierały więcej chlorofilu niż karotenoidów. Ponadto autorzy podkreślają, iż zawartość barwników asymilacyjnych korelowała z aktywnością antyoksydacyjną ocenioną metodą DPPH, co może potwierdzać, iż związki te wykazują potencjał przeciwutleniający [28].

Figi, zarówno świeże, jak i suszone, są naturalnym źródłem antyoksydantów oraz innych, istotnych składników odżywczych, takich jak m.in. błonnik, potas, wapń czy żelazo. Z uwagi na fakt, iż suszone owoce są cenniejszym źródłem błonnika i wspomnianych makroelementów (Fe, K, Ca), natomiast świeże bogatsze są w antyoksydanty, warto spożywać je w obu postaciach [23]. Ze względu na walory smakowe,

zawartość prozdrowotnych substancji aktywnych, jak również łatwą dostępność, figi powinny być wykorzystywane jako składnik zbilansowanej i urozmaiconej diety. Należy zwrócić uwagę, iż bardzo cennym źródłem związków o potencjale przeciwutleniającym są skórki świeżych fig, dlatego też dobrze jest spożywać ten owoc w całości. Ponadto, z uwagi na zawartość antyoksydantów, owoce te mogą być wykorzystywane nie tylko w przemyśle spożywczym, ale również jako składnik kosmetyków, środków leczniczych czy suplementów diety.

Wnioski

1. Na potencjał przeciwutleniający ekstraktów z różnych części owocostanów *F. carica* wpływ miały czynniki takie, jak: czas ekstrakcji, rodzaj i stężenie rozpuszczalnika, jak również rodzaj surowca i sposób jego przetworzenia (owocostan świeży lub suszony).
2. W zdecydowanej większości przypadków, wyższą aktywnością odznaczały się ekstrakty sporządzone ze świeżych surowców. Częściej większą zawartością związków o potencjale przeciwutleniającym charakteryzowały się wyciągi ze skórek.
3. Etanol we wszystkich badanych stężeniach, wydaje się być znacznie skuteczniejszym rozpuszczalnikiem w porównaniu z wodą destylowaną, do otrzymania ekstraktów zawierających naturalne przeciwutleniacze.
4. Wydłużenie czasu ekstrakcji do 30 lub 60 minut powodowało wzrost zawartości w ekstraktach związków o potencjale antyoksydacyjnym.
5. Największą zawartością barwników asymilacyjnych, takich jak chlorofil całkowity oraz karotenoidy, odznaczały się świeże skórki oraz suszony miąższ figi.

Źródło finansowania: Praca została sfinansowana z działalności statutowej WNoZ 326-01/S/14/2020 Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie.

Konflikt interesów: Autorzy deklarują brak konfliktu interesów

Piśmiennictwo / References

1. Makąła H. Zalecenia żywieniowe a priorytety w zakresie zdrowia publicznego w Unii Europejskiej. Zesz Nauk Turystyka Rekreacja 2018, 1(21): 199-209.
2. Jąder K. Zmiany w konsumpcji owoców i ich przetworów w Polsce w latach 1998-2012. Rocznik Ekonomiczny Obszarów Wiejskich 2014, 101(3): 98-106.
3. Nowak A, Zielonka-Brzezicka J, Klimowicz A i wsp. Aktywność antyoksydacyjna ekstraktów z granatowca właściwego (*Punica granatum L.*) jako surowca do wykorzystania w preparatach kosmetycznych. Pol J Cosmetol 2018, 21(4): 336-342.

4. Muzykiewicz A, Zielonka-Brzezicka J, Klimowicz A, Florkowska K. Jarzab pospolity (*Sorbus aucuparia* L.) jako źródło składników o potencjalnym działaniu antyoksydacyjnym –porównanie właściwości przeciwtleniających ekstraktów z liści, kwiatów i owoców. *Probl Hig Epidemiol* 2017, 98(2): 125-132.
5. Nowak A, Zielonka-Brzezicka J, Klimowicz A i wsp. Aktywność antyoksydacyjna alkoholowych ekstraktów męczennicy jadalnej (*Passiflora edulis* Sims.) i hurmy wschodniej (*Diospyros kaki* L.). *Probl Hig Epidemiol* 2018, 99(4): 336-343.
6. Kulbacka J, Saczko J, Chwiłkowska A. Stres oksydacyjny w procesach uszkodzenia komórek. *Pol Merk Lek* 2009, 27(157): 44-47.
7. Zabłocka A, Janusz M. Dwa oblicza wolnych rodników tlenowych. *Post Hig Med Dosw* 2008, 62: 118-124.
8. Oliveira AP, Valentão P, Pereira JA, et al. *Ficus carica* L.: metabolic and biological screening. *Food Chem Toxicol* 2009, 47(11): 2841-2846.
9. Badgajar SB, Patel VV, Bandivdekar AH, Mahajan RT. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: a review. *Pharm Biol* 2014, 52(11): 1487-1503.
10. Veberic R, Mikulic-Petkovsek M. Phytochemical composition of common fig (*Ficus carica* L.) cultivars. [in:] *Nutritional composition of fruit cultivars*. Simmonds MSJ, Preedy VR (eds). Academic Press, London 2016: 235-255.
11. Barolo MI, Ruiz Mostacero N, López SN. *Ficus carica* L. (Moraceae): an ancient source of food and health. *Food Chem* 2014, 164: 119-127.
12. Florkowska K, Duchnik W, Nowak A, Klimowicz A. Właściwości antyoksydacyjne papryki ostrej odmiany Hungarian yellow. *Pomeranian J Life Sci* 2018, 64(3): 126-131.
13. Muzykiewicz A, Zielonka-Brzezicka J, Klimowicz A. Antioxidant potential of *Hippophae rhamnoides* L. extracts obtained with green extraction technique. *Herba Pol* 2018, 64(4): 14-22.
14. Muzykiewicz A, Zielonka-Brzezicka J, Klimowicz A. Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) as a useful source of antioxidants – antioxidant activity evaluation. *Herba Pol* 2018, 64(4): 23-33.
15. Wojtasik S, Sroka Z, Żbikowska B, Dryś A. The measurement of antiradical activity of some plant raw materials and extracts with use of TAU734 (Total Antiradical Unit). *Herba Pol* 2011, 57(4): 16-24.
16. Arnon DJ, Allen MB, Whatley FR. Photosynthesis by isolated chloroplast. IV. General concept and comparison of three photochemical reaction. *Biochim Biophys Acta* 1956, 20(3): 449-461.
17. Lichtenthaler HK, Wellburn AR. Determinations of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem Soc Trans* 1983, 11(5): 591-592.
18. Zielonka-Brzezicka J, Nowak A, Klimowicz A i wsp. Ocena aktywności antyoksydacyjnej ananasa jadalnego (*Ananas comosus*). *Pomeranian J Life Sci* 2018, 64(3): 132-138.
19. Zielonka-Brzezicka J, Nowak A, Klimowicz A i wsp. Aktinidia chińska jako źródło prozdrowotnych antyoksydantów. *Probl Hig Epidemiol* 2018, 99(3): 238-244.
20. Solomon A, Golubowicz S, Yablowicz Z, et al. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *J Agr Food Chem* 2006, 54(20): 7717-7723.
21. Chang CH, Lin HY, Chang CY, Liu YC. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *J Food Eng* 2006, 77(3): 478-485.
22. Hamrouni-Sellami I, Rahali FZ, Rebey IB, et al. Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. *Food Bioprocess Technol* 2013, 6(3): 806-817.
23. Vinson JA, Zubik L, Bose P, et al. Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. *J Am Coll Nutr* 2005, 24(1): 44-50.
24. Azwanida NN. A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med Aromat Plants* 2015, 4(3): 196.
25. Mokrani A, Madani K. Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *Sep Purif Technol* 2016, 162: 68-76.
26. Sepahpour S, Selamat J, Abdul Manap MY, et al. Comparative analysis of chemical composition, antioxidant activity and quantitative characterization of some phenolic compounds in selected herbs and spices in different solvent extraction systems. *Molecules* 2018, 23(2): E402.
27. Najda A, Balant S, Bekier J, Gruszkiewicz D. Zawartość składników chemicznych w świeżych liściach stewii (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Episteme* 2014, 25: 87-94.
28. Branisa J, Jomova K, Porubská M, et al. Effect of drying methods on the content of natural pigments and antioxidant capacity in extracts from medicinal plants: a spectroscopic study. *Chem Pap* 2017, 71: 1993-2002.