

Ocena właściwości promieniochronnych wybranych ekstraktów roślinnych

Evaluation of sun-protection properties of the selected plant extracts

Aleksandra Grabowska, Magdalena Malinowska

Instytut Chemii i Technologii Organicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: mmalinowska@chemia.pk.edu.pl

Słowa kluczowe: działanie promieniochronne, ekstrakty roślinne, widma UV, Folin-Ciocalteu, DPPH

Key words: sun-protection activity, plant extracts, UV spectra, Folin-Ciocalteu, DPPH

Streszczenie

Badania przedstawione w artykule dotyczą oceny właściwości promieniochronnych wybranych ekstraktów roślinnych. Porównanie działania promieniochronnego wykonano dla następujących ekstraktów: zielonej herbaty (*Camellia Sinensis Extract*), owoców cytryńca chińskiego (*Schizandra Chinensis Fruit Extract*), owoców rokitnika zwyczajnego (*Hippophae Rhamnoides Extract*), korzenia tarczycy bajkalskiej (*Scutellaria baicalensis root extract*), kory kruszyny pospolitej (*Frangulae cortex Extract*), czarnego bzu (*Sambucus Nigra Extract*), kocanki piaskowej (*Helichrysum Stoechas Extract*), korzenia arcydzięgla (*Radix Angelica sinensis Extract*), koszyczka arniki (*Arnica Montana Extract*) oraz ziela skrzypu polnego (*Equisetum Arvense Extract*). Oceny właściwości promieniochronnych dokonano poprzez pomiar widm badanych próbek metodą spektrofotometryczną w zakresie światła ultrafioletowego. Ponadto, dla badanych ekstraktów wykonano pomiar właściwości antyoksydacyjnych metodą DPPH, a także oznaczono całkowitą zawartość polifenoli. Wykazano, że najbogatszymi w związki polifenolowe są ekstrakty z zielonej herbaty oraz kory kruszyny pospolitej, natomiast najmniejsze stężenie polifenoli charakteryzuje ekstrakt z owoców rokitnika zwyczajnego. Najwyższą zdolnością zmiatania wolnych rodników charakteryzowały się ekstrakty z zielonej herbaty, owoców cytryńca chińskiego, korzenia tarczycy bajkalskiej i kory kruszyny pospolitej. Najśłabszą aktywność wykazywał ekstrakt z owoców rokitnika zwyczajnego. Ekstrakty z zielonej herbaty oraz

kruszyzny pospolitej w najwyższym również stopniu absorbowowały światło w zakresie UV. Ekstrakty te wykazują zatem wysoki potencjał do zastosowania w preparatach do pielęgnacji skóry o działaniu promieniochronnym, a także chroniących przed działaniem wolnych rodników.

Abstract

The aim of the study was to assess the sun-protection activity of the selected plant extracts. Comparison of radiation protection activity was made for the following plant extracts: green tea (*Camellia Sinensis* Extract), Chinese lemon fruit (*Schizandra Chinensis* Fruit Extract), sea buckthorn fruit (*Hippophae Rhamnoides* Extract), root of the Baikal thyroid (*Scutellaria baicalensis* root extract), bark of common buckthorn (*Frangulae cortex* Extract), elderberry (*Sambucus Nigra* Extract), sand elm (*Helichrysum Stoechas* Extract), angelica root (*Radix Angelica sinensis* Extract), Arnica Montana Extract and horsetail herb (*Equisetum Arvense* Extract). The assessment of sun-protection properties was made by measuring the spectra of the tested samples by spectrophotometry in the UV light range. In addition, antioxidant properties were measured using the DPPH method for the tested extracts, and the total polyphenol content was determined. Green tea and buckthorn bark extracts have been shown to be richest in polyphenolic compounds, while the lowest concentration of polyphenols was characteristic for sea buckthorn fruit. The highest ability to scavenge free radicals was found in extracts from green tea, Chinese lemon fruit, Baikal thyroid root and common buckthorn bark. Sea buckthorn fruit extract showed the weakest activity. Green tea and common buckthorn extracts also absorbed UV light the most efficiently. Therefore, these extracts have a high potential for use in skincare preparations with a radiation effect, as well as protecting against free radicals.

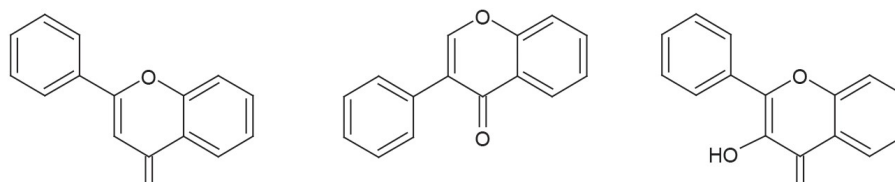
Wstęp

Długotrwałe narażenie skóry na działanie promieniowania słonecznego prowadzić może do poparzeń, przedwczesnego się jej starzenia, a nawet do poważnych zmian skórnych. Skutki biologiczne oddziaływania promieniowania UV na skórę charakteryzują się zarówno reakcjami natychmiastowymi, jak i odległymi, widocznymi po upływie czasu. Skutki związane są z uszkodzeniem skóry na poziomie biologicznym i molekularnym [1]. Również bardzo ważnym aspektem jest wpływ promieniowania słonecznego na powstawanie rodników, do których należą między innymi reaktywne formy tlenu (ROS – ang. *reactive oxygen species*). Związki te posiadają niesparowany elektron. Z tego

względu są bardzo niestabilne i wchodzi w reakcje z cząsteczkami kwasów tłuszczowych, protein, białek lub kwasów nukleinowych, w celu utworzenia stabilnych form. Prowadzi to do zainicjowania reakcji łańcuchowych, które skutkują rozpadem lipidów, białek oraz struktur DNA [2]. Promieniowanie UVA wywołuje stres oksydacyjny i uszkadza struktury komórkowe. Dodatkowo niszczy strukturę kolagenu, co prowadzi do przedwczesnego starzenia się skóry. Promieniowanie UVB również przyspiesza proces fotostarzenia się skóry i tworzenia się zmarszczek, ale w mniejszym stopniu niż promieniowanie UVA [3]. Bardzo ważnym aspektem jest zatem odpowiednia ochrona skóry, polegająca na ochronie organizmu żywego przed szkodliwym wpływem promieniowania słonecznego. Obejmuje ochronę naturalną oraz sztuczną. Każdy organizm żywy jest w stanie wytworzyć naturalne mechanizmy obronne, na przykład specyficzna budowa naskórka czy synteza melaniny. Jednakże naturalne mechanizmy obronne nie są wystarczające. Dlatego należy wspomóc organizm człowieka sztuczną ochroną poprzez zastosowanie odzieży ochronnej, okularów przeciwsłonecznych oraz preparatów kosmetycznych z filtrami przeciwsłonecznymi [4]. Naturalne systemy ochronne skóry nie stanowią wystarczającej ochrony przed negatywnymi skutkami promieniowania słonecznego. W celu wzmocnienia bariery ochronnej stosuje się sztuczne preparaty fotoprotekcyjne, jakimi są filtry UV. Są to substancje, których głównym zadaniem jest pochłanianie, rozpraszanie bądź odbijanie promieniowania ultrafioletowego. Filtry przeciwsłoneczne, ze względu na ich mechanizm działania, można podzielić na filtry chemiczne oraz fizyczne. Bardzo często w recepturach kosmetycznych są one ze sobą łączone w celu uzyskania maksymalnej ochrony przeciwsłonecznej [5]. Coraz częściej również, receptury kosmetyków promieniochronnych wzbogacane są dodatkiem naturalnych ekstraktów roślinnych, które same w sobie, dzięki zawartości substancji aktywnych, nie tylko pochłaniają promieniowanie ultrafioletowe, ale również skutecznie neutralizują działanie wolnych rodników [6]. Ekstrakty roślinne wykazują właściwości promieniochronne oraz antyoksydacyjne dzięki obecności metabolitów roślinnych, takich jak związki fenolowe, nazywane fitofenolami. Posiadają właściwości przeciwutleniające czy neutralizujące rodniki powstałe pod wpływem promieniowania UVA. W strukturze fitofenoli występują dwie lub więcej grup hydroksylowych, które są połączone z pierścieniem aromatycznym, co pozwala cząsteczce neutralizować rodniki [7].

Najbardziej rozpowszechnioną grupą fitofenoli są polifenole (Rysunek 1), których przedstawicielami są flawonoidy. Pod względem budowy, charakteryzują się dwoma pierścieniami fenolowymi połączonymi mostkiem trójwęglowym,

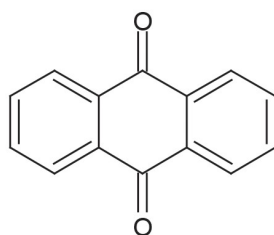
w postaci zamkniętego pierścienia zawierającego heteroatom tlenu. Związki te wykazują właściwości fotoprotekcyjne, ponieważ są zdolne do absorbowania promieniowania UVB w zakresie długości fali 280 – 320 nm [8].



Rysunek 1. Wzór strukturalny przykładowych polifenoli – od lewej: flawon, izoflawon oraz flawonol.

Figure 1. Structural formula of example polyphenols – from the left: flavone, isoflavone and flavonol.

Antrachinony (Rysunek 2) występują naturalnie w przyrodzie i są pochodnymi antracenu. Ich głównym źródłem są rośliny niższe, zielne, motylkowate a nawet grzyby, na przykład: aloes (łac. *aloe vera*), kora kruszyny pospolitej (łac. *Frangula alnus*), dziurawiec zwyczajny (łac. *Hypericum perforatum*) czy rabarbar (łac. *Rheum rhabarbarum*). Pod względem biologicznym pochodne antrachinonu: aloina i emodyna posiadają najsilniejsze działanie antyoksydacyjne, przeciwnowotworowe oraz przeciwzapalne [7–9].



Rysunek 2. Ogólny wzór strukturalny antrachinonu.

Figure 2. The general structure of anthraquinone.

Ze względu na wzrost zainteresowania produktami naturalnymi, wykazującymi między innymi zdolności pochłaniania promieniowania ultrafioletowego oraz właściwości antyoksydacyjne, coraz częściej stosuje się w preparatach handlowych ekstrakty pozyskane z różnych części roślin [10]. Celem przedstawionych poniżej

badań było otrzymanie dziesięciu wodnych ekstraktów znanych w literaturze surowców o działaniu promieniochronnym. Następnie porównanie ich zdolności do pochłaniania promieniowania w zakresie UV, a także określenie całkowitej zdolności antyoksydacyjnej oraz całkowitej zawartości związków polifenolowych.

Materiał i metody

Otrzymywanie ekstraktów roślinnych

W celu otrzymania ekstraktów roślinnych zastosowano metodę ekstrakcji klasycznej. W tym celu zważono na wadze analitycznej (Denver Instrumental SI-203) po 4 g suchych surowców roślinnych, które ekstrahowano następnie 100 cm³ wody dejonizowanej (system do dejonizacji wody Simplicity, Merck). Całość mieszano za pomocą mieszadła magnetycznego (C-MAG HS 7 IKA) z prędkością 100 obr/s w temperaturze 30 °C, przez 2 godziny. Gotowe ekstrakty przesączono przez gazę umieszczoną na lejku do osobnych szklanych butelek. Następnie, dla otrzymanych ekstraktów wykonano pomiar widm za pomocą spektrofotometru Nanocolor UV-Vis firmy Macherey Nagel. Przed pomiarem dokonano 100-krotnego rozcieńczenia ekstraktów. W Tabeli 1. przedstawiono numerację otrzymanych ekstraktów roślinnych.

Tabela 1. Numeracja otrzymanych wodnych ekstraktów roślinnych.

Table 1. The numeration of the obtained aqueous plant extracts.

Nr próbki	Nazwa ekstraktu roślinnego	Nazwa INCI
1	Ekstrakt z zielonej herbaty	<i>Camellia Sinensis Extract</i>
2	Ekstrakt z owoców cytryńca chińskiego	<i>Schizandra Chinensis Fruit Extract</i>
3	Ekstrakt z owoców rokitnika zwyczajnego	<i>Hippophae Rhamnoides Extract</i>
4	Ekstrakt z korzenia tarczycy bajkalskiej	<i>Scutellaria baicalensis root extract</i>
5	Ekstrakt z kory kruszyny pospolitej	<i>Frangulae cortex Extract</i>
6	Ekstrakt z czarnego bzu	<i>Sambucus Nigra Extract</i>
7	Ekstrakt z kocanki piaskowej	<i>Helichrysum Stoechas Extract</i>
8	Ekstrakt z korzenia arcydzięgla	<i>Radix Angelica sinensis Extract</i>
9	Ekstrakt z koszyczka arniki	<i>Arnica Montana Extract</i>
10	Ekstrakt z ziela skrzypu polnego	<i>Equisetum Arvense Extract</i>

Oznaczanie zawartości polifenoli w ekstraktach roślinnych metodą Folina-Ciocalteu'a

Dla otrzymanych ekstraktów wykonano analizę całkowitej zawartości związków polifenolowych metodą Folina-Ciocalteu'a (F-C) [11]. W badaniach użyto gotowego roztworu odczynnika Folina-Ciocalteu'a (F-C, Avantor Performance). Przygotowano 10 szklanych pojemników, do których dodawano kolejno po: 1 cm³ ekstraktu roślinnego, 5 cm³ roztworu odczynnika Folina-Ciocalteu (F-C), a po 5 minutach 4 cm³ (7,5%) roztworu węgłanu sodu (Na₂CO₃, CHEMPUR). Do próbki 11 (próbka ślepa) dodano w tej samej ilości wymienione wyżej odczynniki, ale zamiast 1 cm³ ekstraktu roślinnego dodano 1 cm³ wody dejonizowanej. Po upływie 2 godzin od dodania roztworu węgłanu sodu zmierzono absorbancję gotowych roztworów przy długości fali równej 765 nm. Pomiar wykonywano za pomocą spektrofotometru Nanocolor UV-Vis firmy Macherey Nagel. Wyznaczono całkowitą zawartość związków fenolowych w przeliczeniu na zawartość kwasu galusowego.

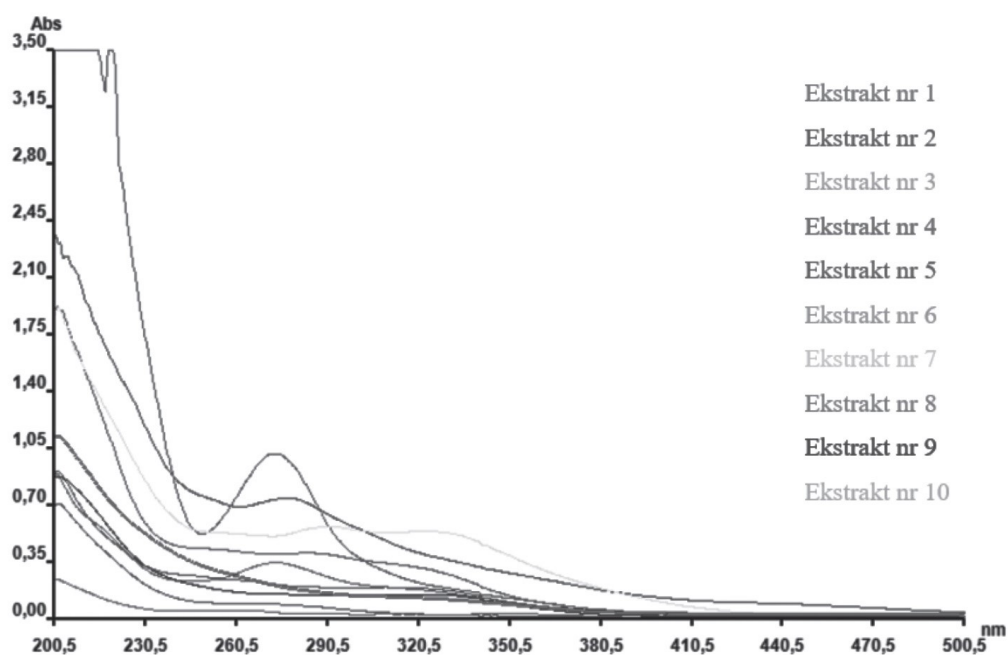
Badanie właściwości przeciwutleniających metodą DPPH

Badanie całkowitej zdolności antyoksydacyjnej ekstraktów roślinnych wykonano, stosując zmodyfikowaną metodę Branda-Williamsa [12]. W pierwszej kolejności przygotowano metanолоwый roztwór wzorcowego rodnika 2,2-difenylo-1-pirylohydrazylu (DPPH, Sigma Aldrich). Do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ naważono na wadze analitycznej 3 mg DPPH* i uzupełniono do kreski metanolem (CH₃OH, CHEMPUR). Wykonano pomiar absorbancji gotowego roztworu przy długości fali równej 517 nm. Absorbancja wynosiła 0,927. Roztwór przechowywano w ciemności. W kolejnym etapie przygotowano 11 próbek w szklanych naczyniach, poprzez dodawanie po 0,4 cm³ ekstraktu roślinnego i 3 cm³ sporządzonego wcześniej roztworu DPPH. Próbką 11 stanowiła próbkę ślepa, gdzie zamiast 0,4 cm³ ekstraktu roślinnego dodano 0,4 cm³ wody dejonizowanej. Tak przygotowane próbki odstawiono na 30 minut do ciemnego miejsca. Po upływie tego czasu dla każdej z 11 próbek zmierzono absorbancję (A), a dla próbki ślepej (A₀) przy długości fali równej 517 nm, próbą odniesienia (tłem) była woda dejonizowana. Pomiar wykonywano trzykrotnie i obliczono wartość absorbancji (A_{sr}) dla danej próbki. Pomiar absorbancji wykonywano za pomocą spektrofotometru Nanocolor UV-Vis firmy Macherey Nagel.

Wyniki i dyskusja

Analiza otrzymanych ekstraktów roślinnych

Dla otrzymanych ekstraktów roślinnych dokonano pomiarów widm UV/Vis za pomocą spektrofotometru Nanocolor UV-Vis. Na podstawie otrzymanych wyników, dokonano wyboru ekstraktu, który charakteryzuje się najwyższą absorbancją w zakresie światła UV. Otrzymane widma ekstraktów roślinnych przedstawiono na poniższym Rysunku 3.



Rysunek 3. Widma UV/Vis otrzymanych ekstraktów roślinnych rozcieńczonych 100-krotnie.
Figure 3. UV/Vis spectra of the obtained plant extracts diluted 100-fold.

Ekstrakt z zielonej herbaty (nr 1) wykazuje najwyższy pik dla absorbancji 1,05 przy długości fali 275 nm. Dla tej samej długości fali został zarejestrowany pik o absorbancji 0,35, pochodzący od ekstraktu z kory kruszyny pospolitej (nr 5). Maksima pików pochodzących od ekstraktu nr 1 i ekstraktu nr 5 mieszczą się w zakresie długości fali 260 – 320 nm. Zakres ten odzwierciedla zakres długości fali promieniowania UVC (100 – 280 nm), UVB (280 – 315 nm) oraz UVA (315–380 nm).

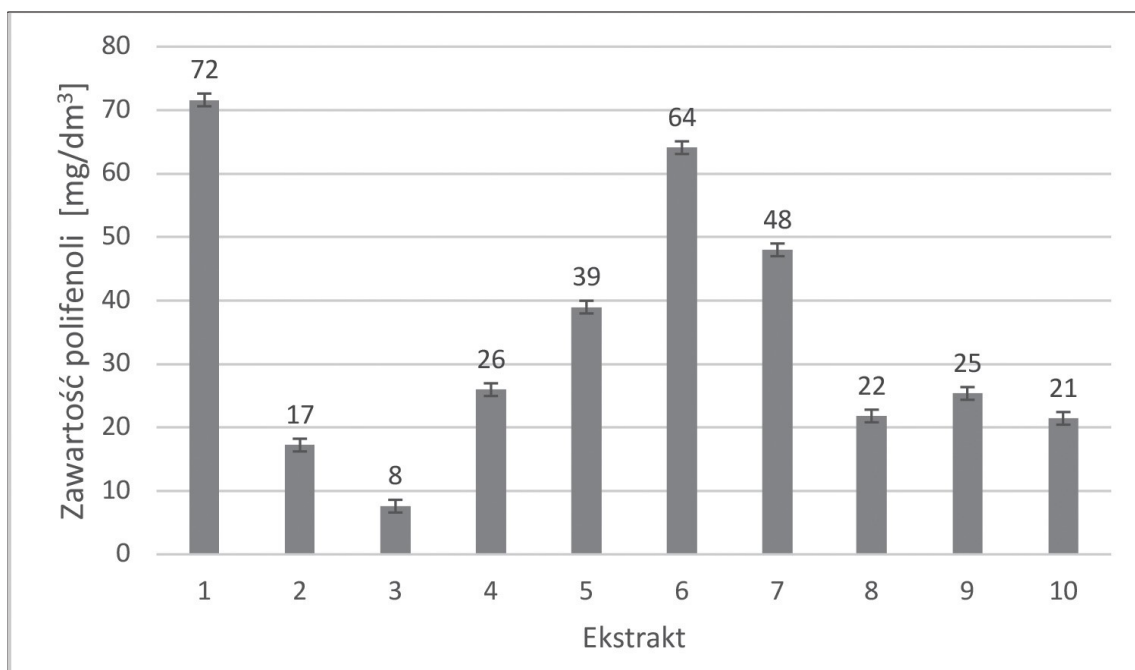
Otrzymane wyniki analizy spektrofotometrycznej ukazują zdolności absorbowania promieniowania ultrafioletowego w różnym zakresie fali przez wybrane ekstrakty roślinne. Najwyższe wartości absorbancji obserwowane

były w zakresie światła UVA, które jest niezwykle niebezpieczne dla skóry człowieka ze względu na zdolność do docierania w głąb skóry właściwej.

Oznaczenie zawartości polifenoli metodą Folina-Ciocalteu'a

Przeprowadzono reakcję z odczynnikami F – C dla badanych ekstraktów roślinnych wobec próbki ślepej. Wartości absorbancji mierzono przy długości fali (λ) równej 765 nm, gdzie tłem była woda dejonizowana. Absorbancja próbki ślepej wynosiła 0,014 przy $\lambda = 765$ nm.

Zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy przedstawiono w oparciu o krzywą kalibracyjną opisaną w literaturze. Równanie krzywej kalibracyjnej to $y=0,0886x+0,0374$ [13]. Zawartość polifenoli w poszczególnych ekstraktach w przeliczeniu na kwas galusowy na poniższym Rysunku 4.



Rysunek 4. Zawartości polifenoli w ekstraktach w przeliczeniu na kwas galusowy w mg/dm³ bezpośrednio po ekstrakcji.

Figure 4. The content of polyphenols in the extracts calculated as gallic acid equivalent in mg/dm³ directly after extraction.

W ekstrakcie z zielonej herbaty (1) wykazano najwyższą zawartość związków polifenolowych, w przeliczeniu na kwas galusowy, równą 72 mg/dm³. Równie wysoką zawartość związków polifenolowych wykazują ekstrakt z kwiatów bzu (6) – równą 64 mg/dm³ oraz ekstrakt z kory kruszyny pospolitej (5) – równą 48 mg/dm³.

Ekstrakt z owoców rokitnika zwyczajnego (3) wykazuje najniższą zawartość związków polifenolowych w przeliczeniu na kwas galusowy – równą 8 mg/dm³.

Oznaczenie całkowitej aktywności antyoksydacyjnej metodą DPPH

Pomiary absorbancji wykonywano przy ustalonej długości fali (λ) równej 517 nm, dla której średnia wartość absorbancji (A_0) dla ślepej próby była równa 0,778.

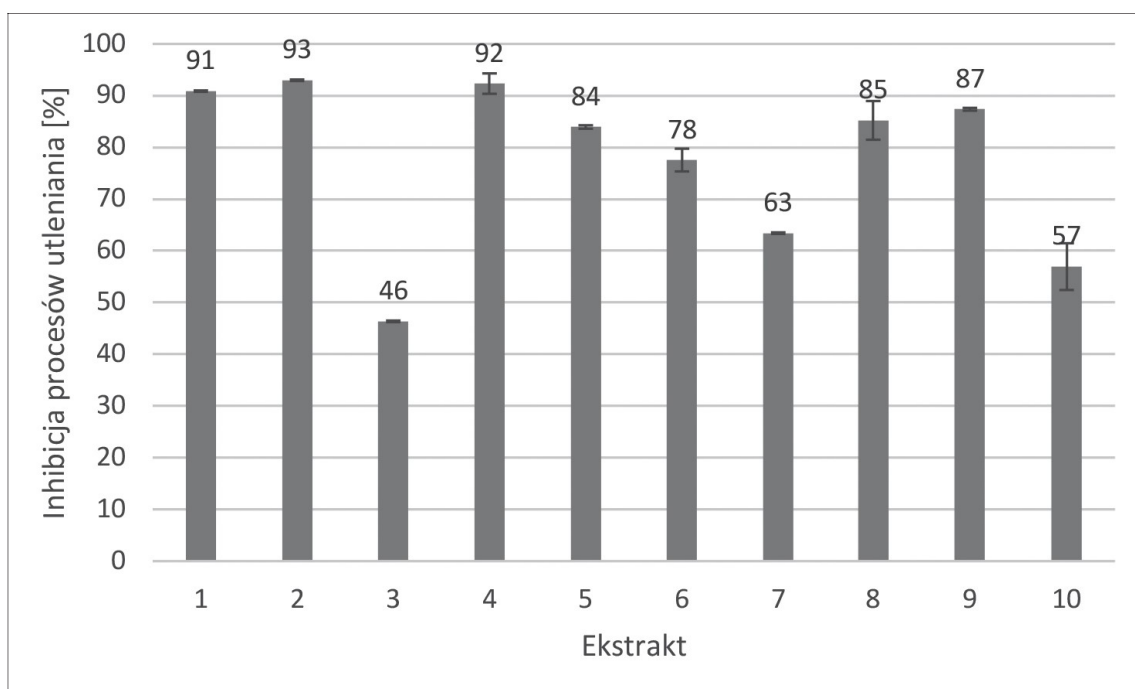
Zdolność badanego antyoksydantu do przeciwdziałania reakcji utleniania, obliczono zgodnie z następującym wzorem:

$$\% \text{inhibicji} = 100 \cdot (A_0 - A_{\text{sr.}}) / A_0$$

gdzie:

$A_{\text{sr.}}$ – średnia wartość absorbancji badanego roztworu zawierającego badaną próbkę

A_0 – absorbancja ślepej próby



Rysunek 5. Całkowita aktywność antyoksydacyjna otrzymanych ekstraktów.

Figure 5. Total antioxidant activity of the obtained extracts.

Zgodnie z literaturą, wysoki procent inhibicji wskazuje na silne właściwości antyoksydacyjne ekstraktu i oznacza małą pozostałość niezredukowanego rodnika DPPH* w próbce [14]. Na podstawie wyników przedstawionych na

Rysunku 5. można stwierdzić, że ekstrakty z zielonej herbaty (1), owoców cytryńca chińskiego (2), korzenia tarczycy bajkalskiej (4), kory kruszyny pospolitej (5) wykazują najsilniejsze właściwości antyoksydacyjne.

Podsumowanie

Sporządzono wodne ekstrakty z wybranych surowców roślinnych, dla których wykonano pomiary widm UV/VIS. Na podstawie otrzymanych obrazów widm badanych ekstraktów roślinnych wybrano ekstrakty charakteryzujące się najwyższymi wartościami absorbancji i wykazano, że najlepsze właściwości promieniochronne w zakresie promieniowania UVA wykazują ekstrakty z zielonej herbaty oraz kruszyny pospolitej. Dla otrzymanych ekstraktów określono również całkowitą aktywność antyoksydacyjną, stosując metodę z użyciem odczynnika DPPH. Spośród badanych ekstraktów roślinnych najwyższe właściwości antyoksydacyjne wykazują ekstrakty z zielonej herbaty, owoców cytryńca chińskiego, korzenia tarczycy bajkalskiej oraz kory kruszyny pospolitej (odpowiednio 93, 92 i 91%). Zdolność ekstraktu do inhibicji procesów utleniania powyżej 90% uznaje się za bardzo wysoką, dlatego też wymienione ekstrakty są najbardziej efektywne pod kątem neutralizacji rodników szkodliwych dla zdrowia.

Wykonano również pomiary na całkowitą zawartość związków polifenolowych, stosując metodę Folina-Ciocalteu'a. Najwyższą zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy wykazują ekstrakty z zielonej herbaty, kory kruszyny pospolitej oraz z kwiatów bzu czarnego (odpowiednio 72, 64 i 48 mg/dm³). Otrzymane wyniki są zgodne z danymi literaturowymi [15–17].

Najwyższy potencjał, pod względem działania wielokierunkowego na skórę, wykazują szczególnie dwa ekstrakty: z zielonej herbaty oraz kruszyny pospolitej. Ekstrakty te stanowią interesujący składnik preparatów kosmetycznych do pielęgnacji i ochrony skóry zarówno ze względu na działanie antyoksydacyjne, wysoką zawartość związków polifenolowych, jak również zdolność do absorbowania promieniowania ultrafioletowego.

Literatura

- [1] Kujawska-Dębiec K., Broniarczyk-Dyła G., Wybrane choroby skóry, *Postępy Dermatologii i Alergologii*, 2008, 2, s. 61–65.
- [2] Ray P.D., Huang B.W., Tsuji Y., Reactive oxygen species (ROS) homeostasis and redox regulation in cellular signaling, *Cellular signalling.*, 2012, 24, s. 981–990.
- [3] Swindells K., Rhodes E., Influence of oral antioxidants on ultraviolet radiation – induced skin damage in humans, *Photofermatol Photoimmunol Photomed*, 2004, 20, s. 297–304.

Ocena właściwości promieniochronnych wybranych...

- [4] Palm M., O'Donoghue M.N., Update on photoprotection, *Dermatologic Therapy*, 2007, 20(5), s. 158–191.
- [5] Yarnell E., Abascal K., Natural approaches to treating chronic prostatitis and chronic pelvic pain syndromes, *Alternative and Complementary Therapies*, 2012, 18(3), s. 141–144.
- [6] Bojarowicz H., Bartnikowska N., Kosmetyki ochrony przeciwsłonecznej. Część I. Filtry UV oraz ich właściwości, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2014, 95(3), s. 596–601.
- [7] Kobylińska A., Janas K.M., Kwercetyna, ważny flawonoid w życiu roślin, *KOSMOS*, tom 64 (1), 2015, s. 113–127.
- [8] Jasiński M., Mazurkiewicz E., Rodziewicz P., Figlerowicz M., Flawonoidy – budowa, właściwości i funkcja ze szczególnym uwzględnieniem roślin motylkowatych, *Biotechnologia*, 2009, 2 (85), s. 81–94.
- [9] Sobota Ł., Mielcarek J., Sobiak S., Wierzchowski M., Antachinony – małe cząsteczki, duże nadzieje, *Farmacja Polska*, 2010, 66 (3), s. 162–167.
- [10] Mishra A.K., Mishra A., Chattopadhyay P., Herbal cosmeceuticals from ultraviolet B radiation a review, *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2011, 10, s. 351–359.
- [11] Mróz P., Wilczek K., Żak M., Zielińska-Pisklak M., Chromatograficzne metody izolacji i identyfikacji fenolokwasów, *Biuletyn Wydziału Farmaceutycznego WUM*, 2012, 6, s. 40–48.
- [12] Brand – Williams W, Cuvelier M.E., Berset C., Use of a free Radical Method to Evaluation Antioxidant Activity, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie.*, 1995, 28, s. 25–30.
- [13] Śliwa K., Tomaszewicz – Potępa A., Sikora E., Ogonowski J., Micelle – mediated extraction of elderberry blossom by whey protein and natural derived surfactants, *Acta Biochimica Polonica*, 2013, 60 (4), s. 803–806.
- [14] Zych I., Krzepiło A., Pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej wybranych antyoksydantów i naparów metodą redukcji rodnika DPPH, *Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology*, 2010, 15 (1), s. 51–54.
- [15] Anesini C., Ferraro G.E., Filip R., Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Commercially Available Tea (*Camellia sinensis*) in Argentina, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2008, 56, s. 9225–9229.
- [16] Males Z., Kremer D., Gaspar Randic Z., Randic M., Hazler Pilepic K., Bojic M., Quantitative analysis of glucofrangulins and phenolic compounds in croatian *Rhamnus* and *Frangula* species, *Acta Biologica Cracoviensia*, 2010, 52 (2), s. 108–113.
- [17] Pliszka B., Polyphenolic content, antiradical activity, stability and microbiological quality of elderberry (*Sambucus nigra* L.) extracts, *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2017, 16 (4), s. 393–401.

Do cytowania:

Grabowska A., Malinowska M., Ocena właściwości promieniochronnych wybranych ekstraktów roślinnych, *Herbalism*, 2020, 1 (6), s. 65–75.