

Paweł PISZCZ, Iwona MARCINIAK, Bronisław K. GŁÓD*

Zakład Chemii Analitycznej i Nieorganicznej, Instytut Chemii,
Wydział Nauk Ścisłych, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach,
ul. 3 Maja 54, 08-110 Siedlce

*Autor do korespondencji, e-mail: bkg@onet.eu

Właściwości antyoksydacyjne herbat

Streszczenie: Napar herbaciany składa się kilkuset związków, głównie z alkoholi, kwasów, polifenoli, a także kofeiny. Składniki herbat posiadają wiele właściwości prozdrowotnych m.in. zapobiegają zakrzepom, wspomagają aktywność soków trawiennych oraz hamują przechodzenie cholesterolu do krwiobiegu. Celem pracy było wyznaczenie całkowitego potencjału antyoksydacyjnego (CPA) wodnych naparów różnych rodzajów herbat: białej (Fujian White), zielonej (Matcha i chińska liściasta), czarnej (Ceylon i Darjeeling Himalaya), czerwonej (Pu-erh), Oolong, żółtej oraz aromatyzowanych odmian herbat białej i czerwonej. W badaniach zastosowano metody spektrofotometryczne wykorzystujące rodniki DPPH, ABTS•+ oraz wyznaczono całkowite stężenie polifenoli stosując odczynnik Folina-Ciocalteu. Przeprowadzono również wstępne pomiary CPA techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją elektrochemiczną (HPLC/ED). Z przeprowadzonych badań wynika, że herbata biała posiada najwyższą wartość CPA, około sześć razy większą w porównaniu z CPA herbaty czerwonej, która charakteryzuje się najsłabszymi właściwościami antyoksydacyjnymi. CPA dla różnych odmian herbaty czarnej i zielonej różni się od siebie, odmianami dominującymi są Ceylon i chińska liściasta. Zastosowane w pracy metody pomiaru wartości CPA herbat wykazują dobrą korelację.

Słowa kluczowe: całkowity potencjał antyoksydacyjny, antyoksydanty, wolne rodniki, herbata

Antioxidant properties of teas

Abstract: Tea infusion consists of several hundred compounds, mainly from alcohols, acids, polyphenols and caffeine. Ingredients of teas have many health-promoting properties, prevent thrombosis, support the activity of digestive juices and inhibit the passage of cholesterol into the bloodstream. The aim of the work was to determine the total antioxidant potential (TAP) of water infusions of various types of teas: white (Fujian White), green (Matcha and Chinese leafy), black (Ceylon and Darjeeling Himalayan), red (Pu-erh), Oolong, yellow and flavored varieties of white and red teas. In order to investigate the TAP we used spectrophotometric (DPPH, ABTS•+, total concentration of polyphenols - Folina-Ciocalteu reagent) and chromatographic methods (HPLC/ED). The study showed that white tea has the highest TAP value, about six times higher than TAP of red tea, which is characterized by the weakest antioxidant properties. TAP for different varieties of black and green tea are different from each other, the dominant varieties are Ceylon and Chinese leafy. The methods of measuring TAP values various types of teas used in the work show good correlation.

Key words: total antioxidant potential, antioxidants, free radicals, tea

1. Wstęp (Introduction)

Herbata (*Thea Sinensis*) to wiecznie zielona roślina pochodząca z rośliny kamelii. Wyróżnia się jej trzy podstawowe gatunki – herbatę z Chin, Kambodży i Assamu. Gatunkiem pochodzącym z Chin jest *Camellia sinensis*. Roślina ta osiąga maksymalną wysokość w granicach 3 – 4,5 metrów. Jest odporna na bardzo niskie temperatury, wytwarza liście o długości 5 centymetrów przez okres 100 lat. Najlepiej rośnie w Chinach, Tybecie i Japonii. Kolejną odmianą jest *Camellia assamica subspecies lasiocalyx*. Drzewo to osiąga maksymalną wysokość 4,5 metra. Pochodzi z Kambodży i jest używana do produkcji różnych mieszanek herbat. Trzecim gatunkiem herbaty wyróżnianym przez botaników jest *Camellia assamica*. Drzewo osiągające nawet 15 – 18 metrów wysokości, produkuje liście o długości 15 – 30 centymetrów przez około 40 lat. Obecnie *Camellia assamica* uprawiana jest w Japonii, Indiach, Birmie, Cejlonie i Jawie. Najkorzystniejsze warunki klimatyczne dla krzewów herbacianych występują w strefie klimatów tropikalnych i subtropikalnych. Szybki wzrost rośliny obserwujemy na żyznej, lekko kwaśniej glebie. Optymalna temperatura dla rozwoju krzewu mieści się w granicach 10 – 30°C [1].

Wyróżniamy sześć podstawowych rodzajów herbat – biała, zielona, czarna, czerwona, Oolong oraz żółta. Poszczególne odmiany różnią się od siebie sposobem obróbki, co przekłada się na ich smak oraz właściwości. Liście krzewów herbaty składają się z wielu substancji chemicznych, które wpływają na charakterystyczny zapach, kolor i smak poszczególnych naparów. Liście składają się w 75 – 80% z wody, której ilość zostaje zmniejszona do 60 – 70% w wyniku więdnięcia. W przypadku Oolonga oraz herbaty czarnej polifenolowe flawony w procesie utleniania pod wpływem tlenu zawartego w powietrzu tworzą unikatowy zapach i kolor naparu. Suszenie liści redukuje zawartość wody do 3% i dezaktywuje enzym odpowiedzialny za utlenianie [2].

Herbata jest produktem całkowicie naturalnym, nie zawiera środków suszących, sztucznych barwników czy aromatów. Napój herbaciany spożywany bez dodatku cukru i mleka posiada praktycznie zerową ilość kalorii oraz odgrywa ważną rolę w utrzymaniu odpowiedniego poziomu nawodnienia organizmu. Skład chemiczny świeżo zebranych liści od herbaty sypkiej jest różny. Niektóre z nich ulegają procesowi utleniania, inne tworzą zupełnie nowe związki. Napar herbaciany składa się kilkuset związków, w tym z alkoholi, kwasów, polifenoli, a także kofeiny. Składniki herbat wykazują pozytywne działanie w zapobieganiu schorzeniom serca. Wynika to z obecności w ich składzie kofeiny, która stymuluje oraz wspomaga aktywność soków trawiennych. Polifenole zawarte w herbacie zmniejszają szybkość przyswajania kofeiny, a więc jej działanie pojawia się później i trwa dłużej. Poza tym polifenole hamują także przechodzenie cholesterolu do krwiobiegu oraz zapobiegają tworzeniu się zakrzepów. Herbata jest bogata we fluor oraz witaminy A, B, C i P. Napój herbaciany posiada właściwości antymutagenne, „zmiata” wolne rodniki, zapobiega powstawaniu zmarszczek, rozświetla i nawilża cerę, a także wspomaga koncentrację [2].

Właściwości antyoksydacyjne oraz stężenie polifenoli dla różnych rodzajów herbat zostały prześledzone w wielu badaniach. Wykorzystując metodę absorpcji rodników ponadtlenujących (ORAC) stwierdzono, że herbaty zielona i czarna wykazują wyższą aktywność przeciwutleniającą względem rodników peroksydowych niż warzywa (czosnek, szpinak, kapusta, brukselka) [3]. Całkowity potencjał antyoksydacyjny zielonej herbaty oznaczony dzięki zdolności redukcji jonów żelaza (FRAP) jest wyższy niż dla herbat czarnej i czerwonej [4]. Wartość CPA zielonej herbaty jest zazwyczaj wyższa, niż w przypadku herbaty czarnej i Oolong. Dowiedzono jednak, że flawonoidy zawarte w czarnej herbacie są równie skutecznymi przeciwutleniaczami, co katechiny wchodzące w skład herbaty zielonej [5, 6]. Za pomocą metody Folina-Ciocalteu określono całkowite stężenie fenoli oraz część katechin w nich zawartych dla herbat czarnej i zielonej. Najwięcej polifenoli znajduje się w czarnej herbacie z Cejlonu (około 135 mg/g suchej masy), natomiast najwyższy procent katechin posiada czarna herbata Dourjeeling (około 35%). Zawartość polifenoli w zielonej herbacie mieści się w zakresie od 60 do 106 mg/g suchej masy, a procent katechin wynosi od 50 do 98%. Najwyższe wartości zaobserwowano w japońskiej zielonej herbacie – Bandia [7].

Celem pracy było określenie całkowitego potencjału antyoksydacyjnego wodnych naparów różnych gatunkowo herbat. CPA zbadano za pomocą metod spektrofotometrycznych z zastosowaniem rodników DPPH, ABTS^{•+} oraz oznaczono całkowite stężenia polifenoli metodą Folina-Ciocalteu. W pracy wykonano także wstępne pomiary CPA stosując wysokosprawną chromatografię ciekłą z detekcją elektrochemiczną (HPLC/ED).

2. Część eksperymentalna (Experimental)

W badaniach korzystano z następujących odczynników chemicznych: woda trójкратно destylowana (otrzymana w laboratorium z wykorzystaniem aparatu kwarcowego wody, Heraeus Quarzglas, Destamat, Niemcy), metanol (99,9% czysty do HPLC), (Sigma-Aldrich, Steinheim, Niemcy), DPPH (2,2-difenylo-1-picrylohydrazyl), (Sigma-Aldrich, Steinheim, Niemcy), ABTS (2,2'-azynobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonian) diamonowy), (Sigma-Aldrich, Steinheim, Niemcy), odczynnik Folina-Ciocalteu'a (FC), kwas galusowy, diwodorooortofosforan sodu (Chempur, Piekary Śląskie, Polska), wodorooortofosforan disodu, węglan sodu (Chempur, Piekary Śląskie, Polska), bufor fosforanowy w tabletkach o pH 7,4, PBS (phosphate buffered saline), (Sigma-Aldrich, Steinheim, Niemcy).

W pomiarach CPA korzystano z aparatury: wysokosprawnego chromatografu ciekłego (HPLC) firmy Knauer (Berlin, Niemcy) (składający się z: interfejsu Smartline Manager 5000 z wbudowanym degazerem, dwutłokowej pompy Smartline 1000 o przepływie fazy ruchomej w granicach 0,001 – 50 ml/min, kolumny analitycznej Eurospher 5 C18, 4 x 150 mm, autosamplera Smartline 3800, detektora amperometrycznego EC3000 (układ trójelektrodowy: elektroda pracująca - węgiel szklisty, elektroda pomocnicza - Pt, elektroda odniesienia - Ag/AgCl), komputera z oprogramowaniem do rejestracji i obróbki danych ClarityChrom).

Pomiary spektrofotometryczne wykonano na spektrofotometrze mikroplótkowym Epoch™ (BioTek Instruments, Inc. USA) sterowanym za pomocą programu Gen5 (wszystkie pomiary zostały wykonane z wykorzystaniem płytek 96-dołkowych). Ponadto korzystano z wirówki laboratoryjnej Centrifuge MPW - 251 (MPW Med. Instruments, Polska), wagi analitycznej (RADWAG, WAA 100/C/1, Radom, Polska) o dokładności 10⁻⁴ g oraz wagi analitycznej (Sartorius, Werke GmbH, Göttingen, Niemcy) o dokładności 10⁻⁶ g, a także z łaźni ultradźwiękowej (Sonorex RK 250H, Bandelin, Niemcy).

Materiałem badawczym w pracy było dziesięć różnych rodzajów herbat: biała (odmiana: Fujien White), zielona (odmiany: Matcha i chińska liściasta), czarna (odmiany: Ceylon i Dourjeeling Himalaya), czerwona (odmiana: Pu-erh), Oolong, żółta (odmiana: Fithess), biała aromatyzowana „Biała Dama” (odmiana: Fujien White, z dodatkami: ananasa, płatków słonecznika, yerba maty), czerwona aromatyzowana (odmiana: Pu-erh, dodatki: czerwona i czarna porzeczką). Na wadze analitycznej odważono po 0,6 g poszczególnych herbat, a następnie z naważek przygotowano wodne napary. Każdą próbkę zalano 40 ml wody destylowanej o temperaturze 95°C i parzono pod przykryciem przez 3 minuty. Tak przygotowane napary herbaciane odwirowano oraz przesączono za pomocą filtra strzykawkowego o średnicy porów 0,45 µm. W pomiarach fotometrycznych (z wykorzystaniem DPPH oraz ABTS) i chromatograficznych użyto próbki dwukrotnie rozcieńczone wodą destylowaną – o stężeniu 7,5 mg/ml. W przypadku pomiarów z odczynnikiem Folina-Ciocalteu stężenie próbek wynosiło 15 mg/ml.

Oznaczenie CPA herbat metodą DPPH (Determination of TAP teas using DPPH assay)

Spektrofotometryczna metoda pomiaru całkowitego potencjału antyoksydacyjnego względem rodników DPPH została wykonana przy 517 nm. Kinetyka reakcji trwała 10 minut, z częstotliwością odczytów co 30 sekund. Roztwór DPPH w wyniku reakcji zmienia swoją barwę z purpurowej na żółtą. Mierzy się spadek absorbancji w porównaniu z próbką kontrolną. CPA wyznaczono po 5 minutach od rozpoczęcia pomiaru. Wyniki CPA przeliczono na ekwiwalent kwasu galusowego, GAE (mg GA/ 1 g naparu). Do dołka płytki pomiarowej odmierzone: 5 µl naparu z herbaty o stężeniu 7,5 mg/ml, 45 µl wody destylowanej, 250 µl roztworu DPPH. Wykonano krzywą kalibracyjną dla kwasu galusowego: $C_{GA} = 0,188/A$ (gdzie: C_{GA} – stężenie kwasu galusowego, A – absorbancja). Została ona opracowana na podstawie trójrotnie powtórzonych pomiarów absorbancji dla sześciu różnych stężeń kwasu galusowego z zakresu stężeń $GA \ 0 \div 8,3 \ \mu\text{g/ml}$.

Oznaczenie całkowitego stężenia polifenoli (Determination of total polyphenols concentration)

Podstawą metody FC jest odwracalna reakcja redukcji molibdenu (VI) do molibdenu (V) prowadzona w środowisku zasadowym. Powstały w wyniku reakcji związek o niebieskiej barwie posiada maksimum absorpcji przy określonej długości fali – 765 nm. Intensywność absorpcji obserwowana przy 765 nm jest proporcjonalna do stężenia fenoli w próbce. Do dołka płytki pomiarowej odmierzone: 5 µl naparu z herbaty, 25 µl odczynnika FC, 100 µl 20% Na_2CO_3 , 120 µl wody destylowanej. Tak przygotowaną płytkę odstawiono w ciemne miejsce na 30 minut, a następnie zmierzono absorbancję próbek. Sporządzono krzywą kalibracyjną dla kwasu galusowego z zakresu stężeń $0 \div 8,3 \ \mu\text{g/ml}$ ($A = 0,092 C_{GA}$, $R^2 = 0,9977$). CPA został przedstawiony jako ekwiwalent kwasu galusowego. Wyniki CPA przeliczono na ekwiwalent kwasu galusowego [$GAE = \text{mg GA/g naparu}$].

Oznaczenie CPA metodą ABTS (Determination of TAP using ABTS assay)

Metoda wykorzystująca kationorodnik ABTS^+ (2,2'-azynobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonian) diamonowy) polega na wytworzeniu rodników w reakcji ABTS z utleniaczem ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$). Powstały kationorodnik charakteryzuje się zielononiebieskim zabarwieniem. Pomiar wykonano dla dwóch wartości długości fali – 414 i 734 nm. Obie długości fali charakteryzują się najwyższą różnicą pomiędzy wartością absorbancji formy utlenionej i zredukowanej. Do dołka płytki pomiarowej odmierzone: 2 µl naparu z herbaty, 298 µl roztworu ABTS rozcieńczonego w stosunku 1:14 z wodą destylowaną. Odczekano jedną minutę i po jej upływie uruchomiono pomiar absorbancji. CPA herbat wyrażono jako % inkubacji próbki ($CPA [\%] = \frac{A_{ABTS} - A_{PRÓBK}$

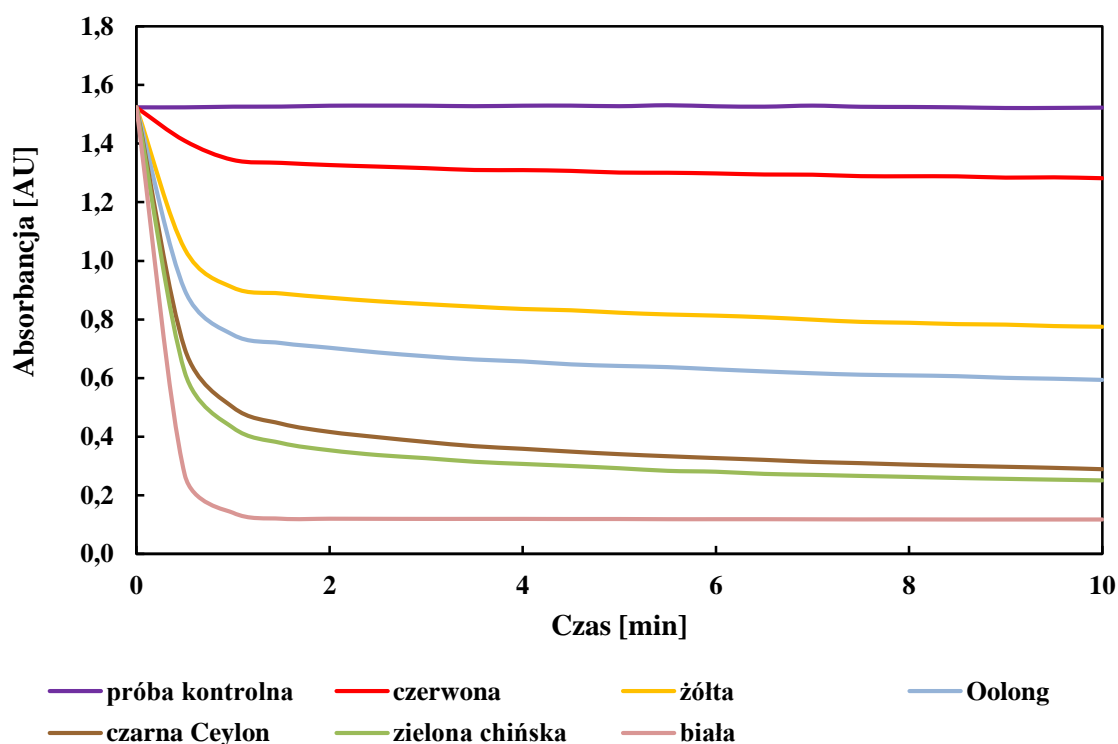
$$\frac{A_{ABTS} - A_{PRÓBK}}{A_{ABTS}} \cdot 100\%$$

CPA mierzone za pomocą metody HPLC z detekcją elektrochemiczną (ED) (TAP measured by HPLC method with electrochemical detection)

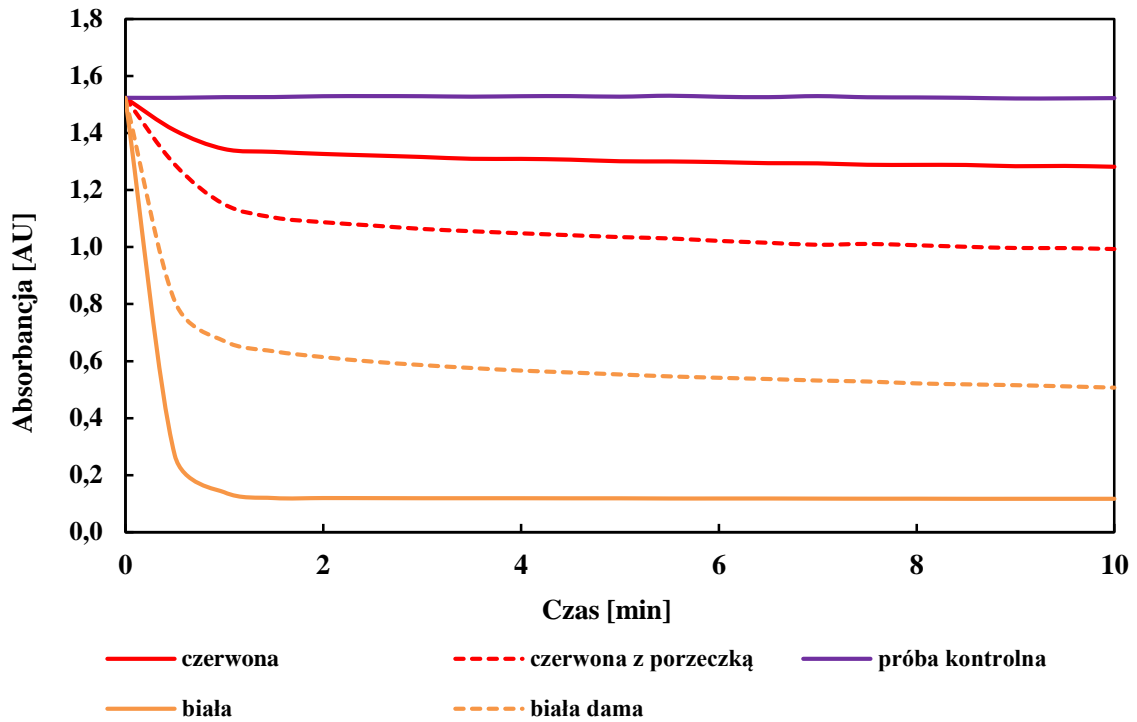
Pomiary chromatograficzne z detekcją elektrochemiczną (zakres potencjałów $E = 0,6 \div 1,0 \text{ V}$) przeprowadzono w układzie faz odwróconych (RP-C18) na kolumnie Eurospher C18 (Knauer), jako fazę ruchomą zastosowano bufor fosforanowy (pH=5,8 z 5% dodatkiem metanolu). Pomiar prowadzono w temperaturze 20°C. Szybkość przepływu fazy ruchomej wynosiła 1 ml/min, a objętość nastrzykiwanej na kolumnę próbki 20 µl. Miarą CPA [8, 9] było sumaryczne pole powierzchni wszystkich pików eluowanych do 60 minuty trwania analizy.

3. Wyniki i ich dyskusja (Results and discussion)

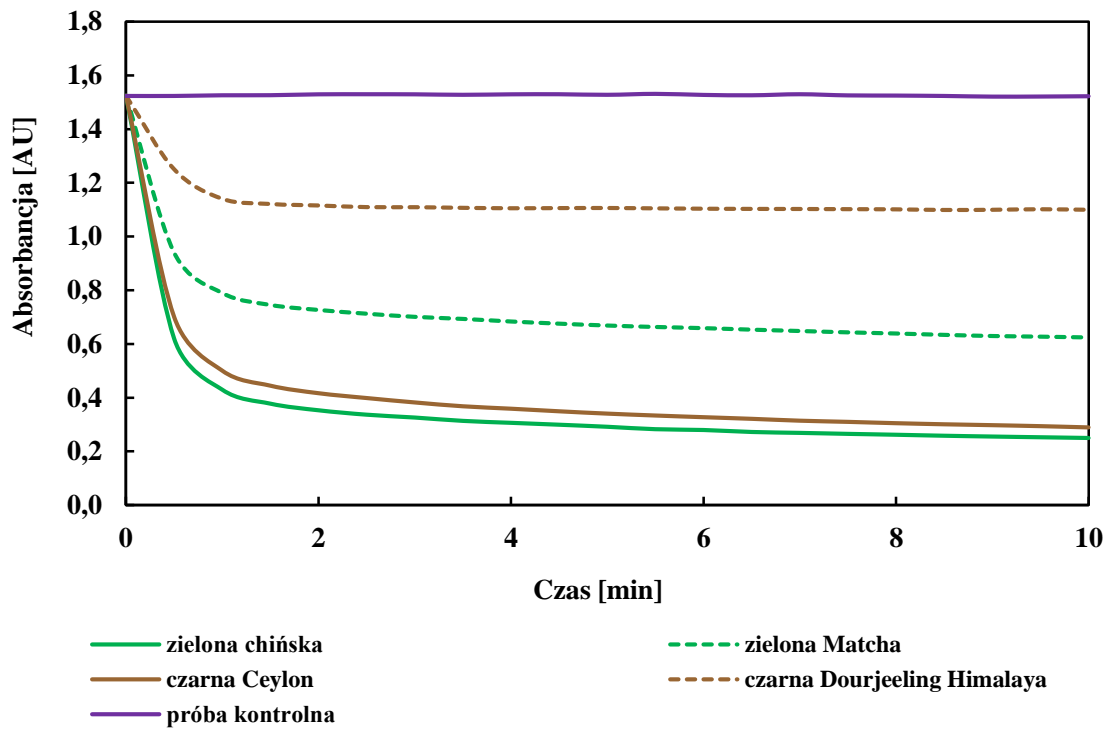
Zmianę absorbancji w trakcie reakcji rodników DPPH z podstawowymi odmianami naparów z herbat przedstawiono na rysunku 1. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że biała herbata posiada największe właściwości antyoksydacyjne, co odpowiada 87 GAE. Czerwona herbata charakteryzuje się najniższą mocą antyoksydacyjną – 1 g naparu jest równoważny 14 mg GA (rys. 4). Wartości CPA^{DPPH} dla różnych odmian herbaty zielonej i czarnej różnią się od siebie. Różnica wartości GAE dla dwóch rodzajów herbaty zielonej wynosi 44 mg, na korzyść odmiany chińskiej liściastej. W przypadku różnych rodzajów herbaty czarnej wynosi ona 48 mg, a dominującą odmianą jest Ceylon (rys. 3). Wzbogacenie herbaty Pu-erh czerwoną i czarną porzeczką (rys. 2) zwiększa jej właściwości antyoksydacyjne. Owoce te są bogate w flawonoidy, witaminę C oraz kwasy fenolowe. Główne antyoksydanty porzeczek to antocyjany, które stanowią ponad 90% polifenoli znajdujących się w tych owocach [10, 11]. Urozmaicenie odmiany Fujien White płatkami słonecznika i kawałkami ananasa obniża jej moc antyoksydacyjną. Prawdopodobnie jest to skutek zastąpienia w części próbki „czystej” herbaty dodatkami, a więc zmniejszenie stężenia herbaty oraz ostatecznie zmniejszenie stężenia związków o właściwościach antyoksydacyjnych w niej występujących.



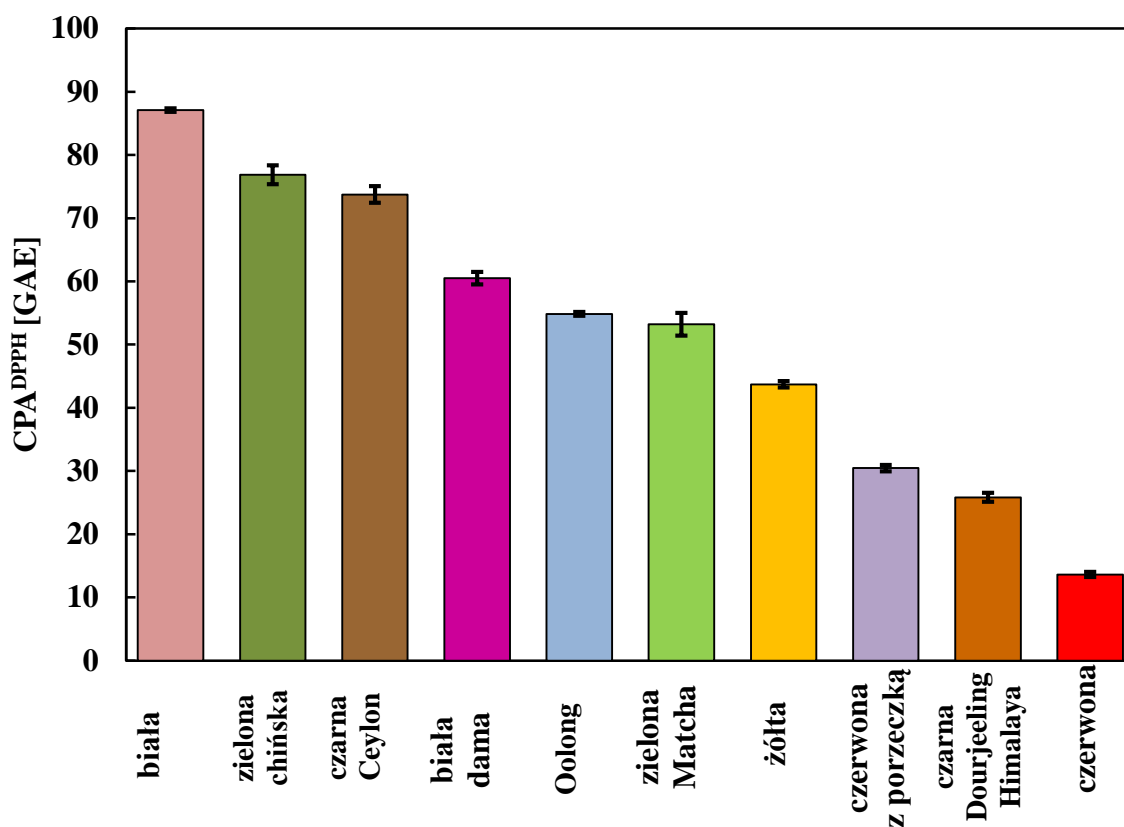
Rys. 1. Zmiany absorbancji w metodzie DPPH.
Fig. 1. Change of absorbance in DPPH assay.



Rys. 2. Zmiany absorbancji w metodzie DPPH.
Fig. 2. Change of absorbance in DPPH assay.

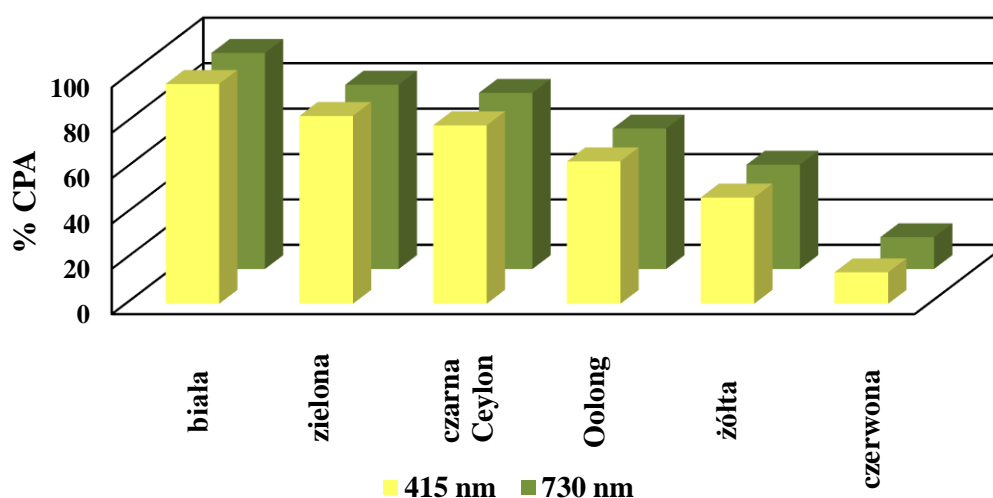


Rys. 3. Zmiany absorbancji w metodzie DPPH.
Fig. 3. Change of absorbance in DPPH assay.



Rys. 4. CPA^{DPPH} badanych herbat wyznaczony metodą DPPH.
Fig. 4. TAP^{DPPH} of tested teas determined using DPPH assay.

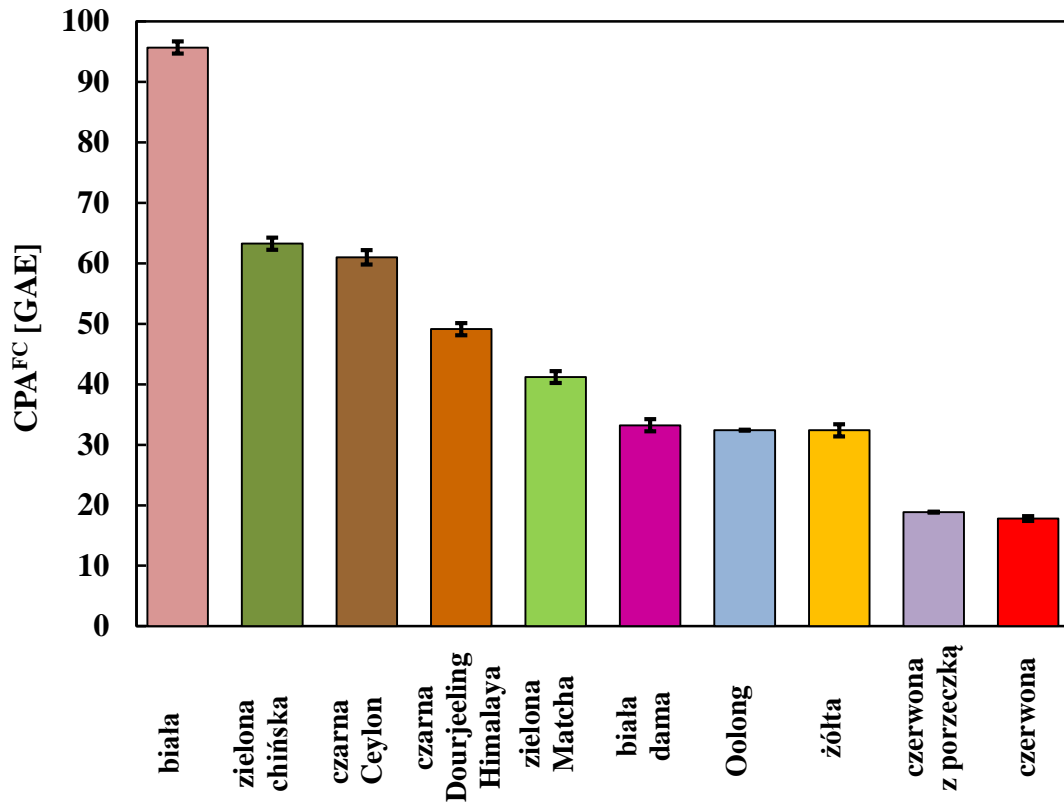
Wartości CPA^{ABTS} [%] w odniesieniu do ABTS⁺ poszczególnych rodzajów herbat są podobne w pomiarach prowadzonych przy obu długościach fali – 414 i 730 nm (rys. 5). Największymi właściwościami antyoksydacyjnymi w odniesieniu do ABTS⁺ charakteryzuje się biała i zielona herbata, a najniższymi żółta i czerwona.



Rys. 5. CPA^{ABTS} badanych herbat wyznaczony metodą ABTS.
Fig. 5. TAP^{ABTS} of tested teas determined using ABTS assay.

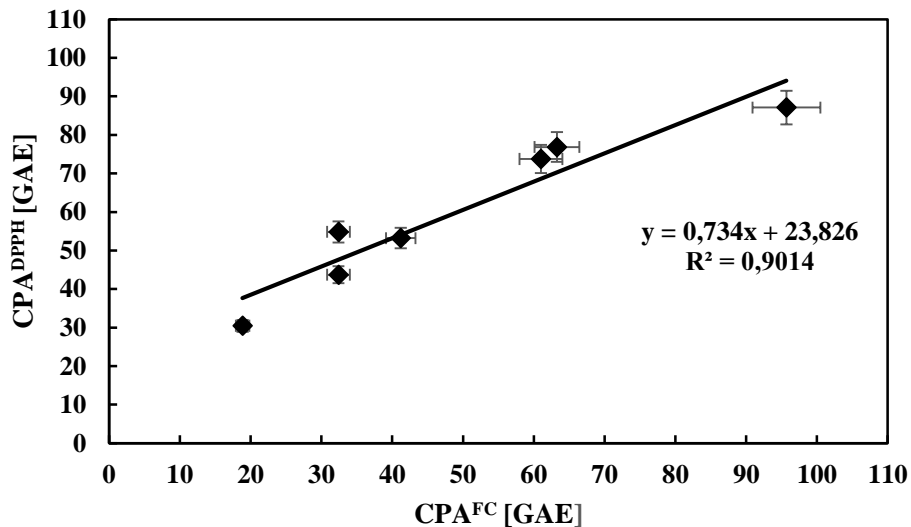
Z wyników CPA^{FC} przedstawionych na rysunku 6 możemy wywnioskować, że herbata biała posiada w swoim składzie najwyższe stężenie związków fenolowych. Całkowity potencjał antyoksydacyjny herbaty zielonej (odmiana chińska) oraz czarnej (odmiana Ceylon) oscyluje wokół podobnej wartości. Porównywalne

wartości CPA^{FC} posiadają również herbata żółta, Oolong i biała aromatyzowana („biała dama”). Herbata czerwona oraz jej odmiana aromatyzowana zawierają w swoim składzie najniższe stężenie polifenoli.



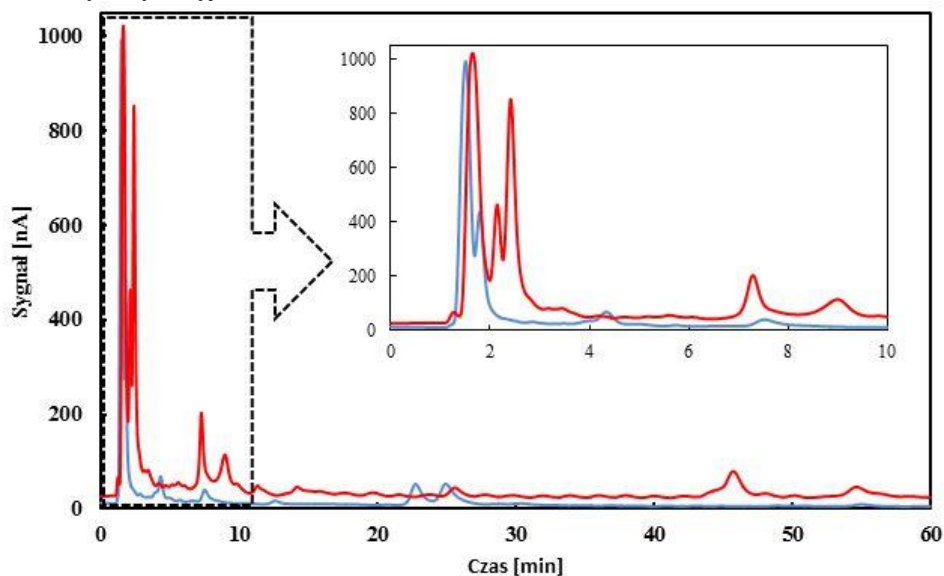
Rys. 6. CPA^{FC} badanych próbek wyznaczony metodą Folina-Ciocalteu.
Fig. 6. TAP^{FC} of the samples determined using Folina-Ciocalteu assay.

Wartości CPA dla ekstraktów z herbat: białej, zielonej (odmiany chińska liściasta i Matcha), czarnej (odmiana Ceylon), Oolong, żółtej, czerwonej i czerwonej aromatyzowanej uzyskane za pomocą różnych metod fotometrycznych porównano oraz przedstawiono na rysunku 7. W obu metodach biała herbata posiada największe właściwości antyoksydacyjne, a herbata czerwona charakteryzuje się najniższymi wartościami CPA. Obydwie metody bardzo podobnie szeregują wartości CPA [GAE] badanych herbat.



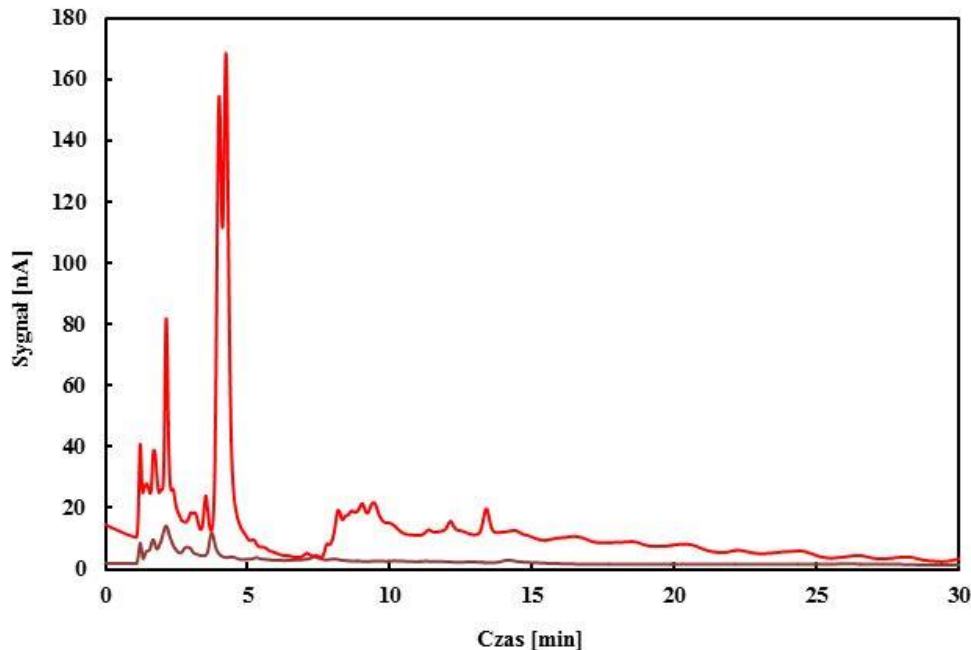
Rys. 7. Korelacje CPA^{DPPH} i CPA^{FC} badanych próbek.
Fig. 7. Correlation TAP^{DPPH} and TAP^{FC} of tested samples.

Przeprowadzono także wstępne badania CPA^{HPLC/ED} za pomocą metody HPLC z detekcją elektrochemiczną. Na podstawie otrzymanych chromatogramów ekstraktu z herbaty białej zarejestrowanych przy dwóch wartościach potencjału elektrody pracującej (rys. 8) zaobserwowano, że przy wyższym potencjale – 0,8 V pojawia się większa ilość pików oraz są one wyższe. Sygnały, które pojawiają się jedynie w przypadku wyższego potencjału pochodzą od słabych antyoksydantów (np. czas retencji wynoszący około 3 i 9 minut). Analogicznie przedstawia się sytuacja na chromatogramie ekstraktu z herbaty czerwonej (rys. 9). W 4 minucie pomiaru przy potencjale 0,8 V na chromatogramie obserwujemy wysoki pik, który nie jest widoczny w pomiarze prowadzonym przy potencjale 0,6 V. Sygnał ten pochodzi od związku posiadającego słabe właściwości antyoksydacyjne.



Rys. 8. HPLC/ED chromatogramy herbaty białej (zarejestrowane przy 0,6 V – niebieski sygnał i 0,8 V – czerwony sygnał). Warunki chromatograficzne: kolumna – Eurospher C18, 5 μ m, 150 x 4 mm (Knauer); temperatura 20°C; faza ruchoma – bufor fosforanowy pH 5,8 / 5% MeOH; szybkość przepływu: 1 ml/min, detekcja elektrochemiczna (vs Ag/AgCl).

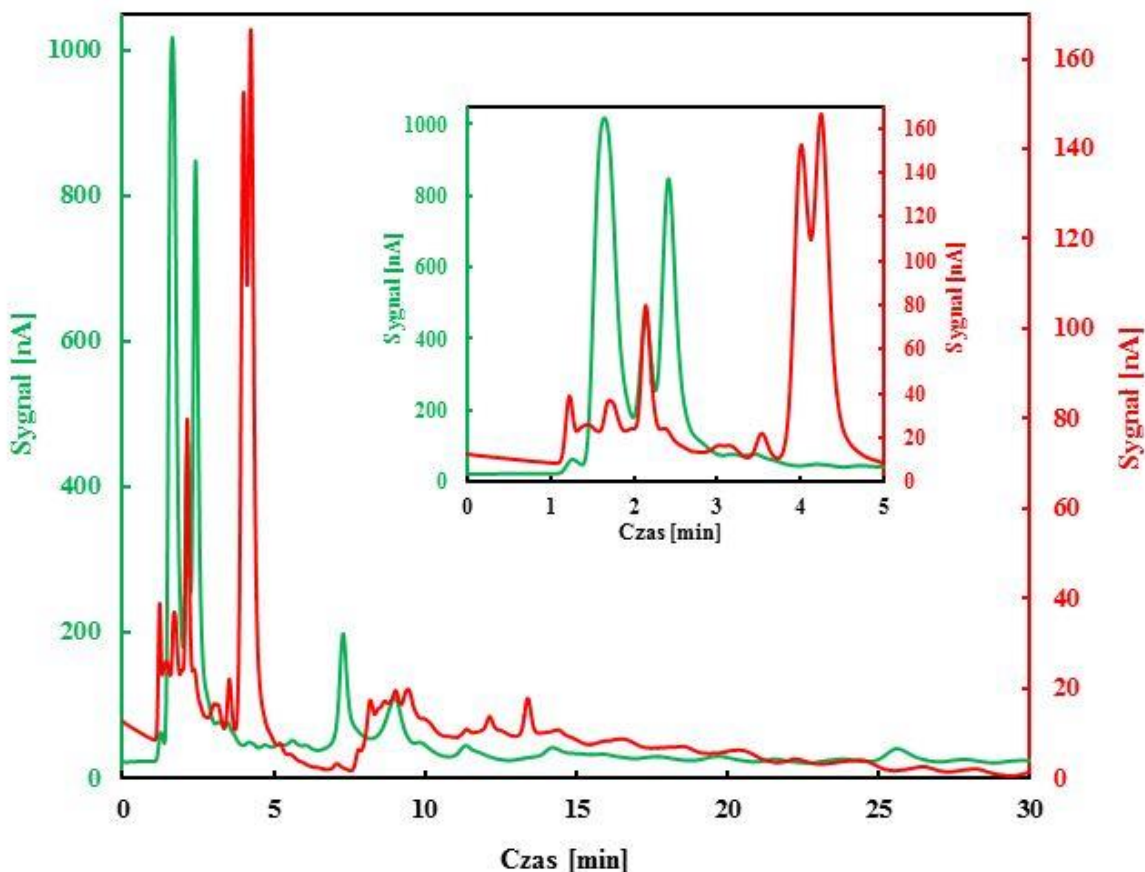
Fig. 8. HPLC/ED chromatograms of white tea (0.6 V – blue signal and 0.8 V – red signal). Experimental conditions: column – Eurospher C18, 5 μ m, 150 x 4 mm (Knauer); temperature – 20°C; mobile phase – phosphate buffer pH 5,8 / 5% MeOH; flow rate – 1 ml/min, electrochemical detection (vs Ag/AgCl).



Rys. 9. HPLC/ED chromatogramy herbaty czerwonej (zarejestrowane przy 0,6 V – bordowy sygnał i 0,8 V – czerwony sygnał). Warunki chromatograficzne jak na rys. 8.

Fig. 9. HPLC/ED chromatograms of red tea (0.6 V – maroon signal and 0.8 V – red signal). Experimental conditions the same as on fig. 8.

Chromatogramy herbat białej i czerwonej uzyskanych na detektorze elektrochemicznym przy potencjale 0,8 V przedstawiono na rysunku 10. Porównując pola powierzchni wszystkich eluowanych pików i ich wysokości można stwierdzić, że CPA^{HPLC/ED} herbaty białej jest około sześć razy większy niż herbaty czerwonej. Tak różne właściwości antyoksydacyjne tych herbat mogą wynikać m.in. z procesu ich obróbki. Herbata biała (podobnie jak zielona) należy do herbat niepoddanych procesowi fermentacji. Dzięki takiej obróbce liście herbaty białej zachowują cenne właściwości antyoksydacyjne. Herbata czerwona przechodzi proces fermentacji i dodatkowo leżakowania. Traci przez to część swoich cennych właściwości antyoksydacyjnych. Jej charakterystyczną cechą jest bardzo wyrazisty zapach i smak.



Rys. 10. HPLC/ED chromatogramy herbat białej (zielony sygnał) i czerwonej (czerwony sygnał), zarejestrowane przy 0,8 V. Warunki chromatograficzne jak na rys. 8.

Fig. 10. HPLC/ED chromatograms of white (green signal) and red teas (red signal) registered at 0.8 V. Experimental conditions the same as on fig. 8.

4. Wnioski (Conclusions)

Właściwości antyoksydacyjne różnych rodzajów herbat są zróżnicowane. CPA herbaty białej jest około sześć razy większy w porównaniu z CPA herbaty czerwonej, co zostało wykazane wszystkimi metodami stosowanymi w pracy. Wartości CPA naparów z herbat otrzymane za pomocą rodników DPPH oraz odczynnika Folina-Ciocalteu posiadają dobrą korelację. Przedstawione w pracy metody pomiaru CPA mogą być zastosowane do badania zdolności antyoksydacyjnych naparów z herbat.

5. Literatura (Literature)

1. R. Dewing, The Tea Companion, Quintet Publishing Limited, Brighton 1997.
2. M. Capari, Herbata, Zakład Poligraficzno – Wydawniczy POZKAL, Warszawa 2009.
3. G. Cao., E. Sofic., R. L. Prior, Antioxidant Activity of Tea, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44 (1996) 3426-3431.

4. J. F. F. Benzie, Y. T. Szeto, Total Antioxidant Capacity of Teas Analyzed by the FRAP Method, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (2) (1999) 633-636.
5. A. J. Stewart, W. Mullen, A. Crozier, On-line HPLC Analysis of the Antioxidant Activity of Phenolic Compounds in Green and Black Tea, *Molecular Nutrition and Food Research*, 49 (2005) 52-60.
6. L. K. Leung, Y. Su, R. Chen, Theaflavins in Black Tea and Catechins in Green Tea are Equally Effective Antioxidants, *Journal of Nutrition*, 131, (2001) 2248-2251.
7. Y. Hara, Antioxidant Activity of Tea Polyphenols, *International Biotechnology Laboratory*, 2, (1994) 14.
8. P. Piszcz, B.K. Głód, Właściwości antyoksydacyjne ziół zbadane różnymi metodami, *Camera Separatoria*, 8 (2016) 23-31.
9. P.M. Wantusiak, P. Piszcz, B.K. Głód, A fast and simple method for the measurement of total antioxidant potential and a fingerprint of antioxidants, *Journal of Chromatographic Science*, 50 (2012) 909-913.
10. E. Ambożewicz, E. Skrzydlewska, Antyoksydacyjne właściwości czarnej porzeczki, *Farmaceutyczny Przegląd Naukowy*, 10, (2009) 30-34.
11. E. Piątkowska, A. Kopeć, T. Leszczyńska, Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka, *Żywność. Nauka. Technologia, Jakość*, 4 (77) (2011) 24-35.