

WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCE CZARNYCH HERBAT WYSOKOGATUNKOWYCH DOSTĘPNYCH NA RYNKU *E-COMMERCE*

ANTIOXIDANT PROPERTIES OF HIGH QUALITY BLACK TEAS AVAILABLE ON THE *E-COMMERCE* MARKET

Przemysław Dmowski*, Aleksandra Kosiorek

Akademia Morska w Gdyni, Morska 81-87, 81-225 Gdynia, Wydział Przedsiębiorczości
i Towaroznawstwa, Katedra Towaroznawstwa i Zarządzania Jakością
e-mail: p.dmowski@wpit.am.gdynia.pl

* Adres do korespondencji/Corresponding author

Streszczenie: Celem publikacji było oznaczenie aktywności przeciwutleniającej wysokogatunkowych herbat czarnych pochodzących z wyselekcjonowanych upraw w Indiach, Nepalu, Ruandzie oraz Turcji, zakupionych na rynku *e-commerce*. Oznaczono również parametry barwy mierzonej w systemie CIEL*a*b*. Podjęto próbę określenia statystycznych zależności pomiędzy barwą a zawartością związków polifenolowych. Dodatkowo, wykorzystując wyniki analizy głównych składowych, podjęto próbę klasyfikacji jakościowej badanych herbat. Badane herbaty pod względem analizowanych parametrów można zaliczyć do herbat wysokogatunkowych, gdyż charakteryzowały się dużą zawartością związków polifenolowych, w zakresie od 335,32 do 534,57 mg GAE/100 ml naparu. Herbaty pochodzące z Ruandy cechowała statystycznie istotnie wyższa zawartość związków polifenolowych w stosunku do pozostałych, szczególnie tych z Nepalu i Indii, które zgodnie z oznaczeniami powinny być najlepszej jakości. Mimo umiarkowanego stopnia skorelowania badanych parametrów nie udało się ustalić liniowego związku pomiędzy tymi zmiennymi.

Słowa kluczowe: herbata, rynek *e-commerce*, aktywność antyoksydacyjna, parametry barwy.

Abstract: The aim of the publication was to determine the antioxidant activity of high-quality black teas from selected crops in India, Nepal, Rwanda and Turkey purchased on the e-commerce market. The color parameters were also marked in the CIE L*a*b* system and compared to the total polyphenols content. In addition, using the results of principal components, an attempt was made to qualitatively classify analyzed teas. Regarding the parameters, the studied samples of tea could be classified as high-quality teas as an average content of polyphenols in all of the infusions ranged from 335,32 mg GAE/100 ml to 534,57 mg GAE/100 ml. The highest content of polyphenols was determined in samples of tea from Rwanda and it was significantly higher in relation to others, particularly those from India and Nepal that were described as the highest quality products. Despite the moderate degree of the linear correlation between studied parameters, the linear relationship could not be determined with the statistically significant accuracy between these variables.

Keywords: black tea, antioxidant activities, color, e-commerce market.

1. WSTĘP

Herbatę otrzymuje się z odpowiednio przetworzonych liści i pąków krzewu herbacianego (*Camellia sinensis var assamica* (L.) O. Kuntze. *Theaceae*). Obok wody i naparów kawy herbata jest najchętniej spożywanym napojem na świecie. Produkuje się ją w ponad 30 krajach, niemalże na wszystkich kontynentach, choć światowy rynek zdominowany jest przez kraje azjatyckie. Według FAO [FAO 2017] powierzchnia zasiewów na świecie wynosi około 3,5 mln ha, natomiast produkcja herbaty od roku 2013 zmienia się nieznacznie i wynosi około 5,5 mln ton rocznie. Największymi producentami herbaty są Chiny i Indie, których zbiory stanowią łącznie 66% światowej produkcji. Wzrasta również ilość herbaty pochodzącej z krajów afrykańskich (Kenia, Malawi, Uganda, Tanzania, Ruanda, Zimbabwe). Od roku 2013 produkcja herbaty w Afryce ogółem kształtuje się na poziomie około 700 tys. ton rocznie, co stanowi około 13% światowej produkcji.

Według danych przedstawionych przez magazyn „Forbes” [Forbes 2014], w 2014 roku pod względem konsumpcji herbaty Polacy weszli do światowej czołówki. Pijąc przeciętnie około 1 kg rocznie (*per capita*), Polska znalazła się na ósmym miejscu na świecie i czwartym w Europie. Na starym kontynencie wyprzedzali nas tylko mieszkańcy krajów uznawanych za tradycjonalistów w konsumpcji tego naparu – Irlandczycy (około 2,2 kg herbaty *per capita*), mieszkańcy Wielkiej Brytanii (blisko 1,95 kg herbaty *per capita*), a także Rosjanie (około 1,39 kg herbaty *per capita*). Niekwestionowanym światowym liderem w konsumpcji herbaty od lat pozostają mieszkańcy Turcji, spożywający rocznie około 3,2 kg herbaty *per capita*.

Zmieniające się w ostatnich latach zachowania polskich konsumentów sprawiły, że krajowy rynek herbaty uległ znaczącym przemianom. Według danych GUS w roku 2010 nastąpił znaczący wzrost importu herbaty do Polski, z około 33 tys. ton rocznie w latach 2004–2009 roku do blisko 47,1 tys. ton w roku 2010 o łącznej wartości około 393 215,5 tys. zł [GUS 2011]. Obecnie wielkość importu herbaty kształtuje się na poziomie nieco niższym, blisko 34,5 tys. ton, jednak jest to import o zdecydowanie większym wolumenie wartości, wynoszącym około 401 941,8 tys. zł, co może świadczyć o tym, że polski konsument coraz częściej interesuje się wysokogatunkowymi herbatami lepszej jakości [GUS 2016].

Obok międzynarodowych koncernów na krajowym rynku pojawiają się także mniejsi importerzy herbaty. Powstają liczne sklepy specjalizujące się w sprzedaży wysokogatunkowych herbat o różnym stopniu rozdrobnienia, fermentacji, pochodzące z różnych plantacji, w tym również z upraw ekologicznych. Rozwojowi oferty w zakresie wysokogatunkowych herbat, pochodzącej z rejonów zajmujących się herbatą o bardzo dobrej jakości, towarzyszy wzrost udziału konsumentów, którzy dokonują zakupu tego asortymentu na nieustannie rozwijającym się rynku *e-commerce*. Zmiany zachodzące w tym segmencie powodują, że herbata pochodząca z wyselekcjonowanych upraw znajduje coraz więcej nabywców.

W większości są nimi aktywni zawodowo młodzi mieszkańcy miast, często korzystający z zasobów Internetu [Dmowski 2014].

Współczesny, wyedukowany konsument coraz częściej zwraca uwagę na autentyczność oraz walory zdrowotne konsumowanego produktu. Zdaje sobie sprawę, że herbaty ekspresowe (typu *dust*) mogą pochodzić ze starszych liści, zawierających mniej składników bioaktywnych, pozytywnie działających na zdrowie. Natomiast o jakości herbaty w dużej mierze decydują związki występujące w liściach herbaty (m.in. katechiny, metyloksantyny), jak i te, które kształtują się podczas procesu fermentacji (m.in. teaflawiny i tearubiginy) [Horżić i in. 2009; Kusano i in. 2015]. Ich ilość zależy od metody uprawy i produkcji herbaty, warunków atmosferycznych, okresu i kolejności zbioru [Dang 2005; Nakano 1998; Okinda Owour i in. 2008; Wee, Moon i Park 1999; Zuo, Chen i Deng 2002].

Liczne badania wykazały silne działanie przeciwutleniające, antymutagenne oraz antykancerogenne naparów herbaty. Zbadano, że spożycie herbaty wpływa na obniżenie poziomu cholesterolu, obniżenie ciśnienia oraz poziomu cukru we krwi. Działa przeciwzakrzepowo, przeciwbakteryjnie i przeciwwirusowo, przez co odgrywa istotną rolę w ochronie organizmu, decydując jednocześnie w znaczącym stopniu o jakości produktu [Chan, Lim i Chew 2007; Chung i in. 2010; Hara 2011; Pasquet i in. 2016; Sujith Kumar, Basheer i Ravi 2011; Yener i in. 2016].

W związku z tym podejście współczesnego konsumenta do kwestii jakości herbaty w ciągu ostatnich lat znacznie się zmieniło. Rosnąca świadomość w zakresie istotnej zależności między stopniem rozdrobnienia herbaty, jej pochodzeniem a stanem zdrowia człowieka stanowi obecnie jedną z przyczyn dynamicznego rozwoju krajowego rynku herbaty. W dobie chorób cywilizacyjnych konsumenci poszukują produktów o wysokiej jakości, rozumianej nie tylko w aspekcie zaspokojenia ich podstawowych potrzeb, ale również w aspekcie bezpieczeństwa, jakości sensorycznej i przede wszystkim zdrowotnej. W ramach tego segmentu rynku na szczególną uwagę zasługują herbaty, zwłaszcza liściowe, pochodzące z wyselekcjonowanych upraw, które ze względu na swoje właściwości stanowią asortyment towarów o dobrych perspektywach rozwoju i rosnącej systematycznie sprzedaży.

Celem artykułu było przedstawienie wyników aktywności przeciwutleniającej wysokogatunkowych herbat, pochodzących z wyselekcjonowanych upraw w Indiach, Nepalu, Ruandzie oraz Turcji zakupionych na rynku *e-commerce*. Oznaczono również i porównano parametry barwy mierzonej w systemie CIEL*a*b*. Dodatkowo podjęto próbę wykorzystania regresji liniowej do określenia zależności pomiędzy barwą a zawartością związków polifenolowych.

2. MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Do badania wykorzystano, zakupione w sklepie internetowym, liściaste herbaty czarne pochodzące z różnych rejonów świata. Były to herbaty deklarowane jako wysokogatunkowe (tab.1), których przeciętna cena za 100 g wynosiła około 25 zł.

Tabela 1. Charakterystyka materiału badawczego

Table 1. Tea samples characteristic

Kraj / rejon pochodzenia	Klasyfikacja handlowa	Charakterystyka
Nepal	SFTGFOP 1	<i>Special Finest Tippy Golden Flowery Orange Pekoe</i>
Indie (Darjeeling)	FTGFOP 1 <i>First Flush</i>	<i>Finest Tippy Golden Flowery Orange Pekoe FF</i>
Indie (Darjeeling)	FTGFOP <i>Second Flush</i>	<i>Finest Tippy Golden Flowery Orange Pekoe SF</i>
Ruanda	OP	<i>Orange Pekoe</i>
Turcja	-	Brak oznaczeń

Źródło: opracowanie własne.

Pierwsza z badanych herbat pochodziła z Nepalu i została zadeklarowana jako SFTGFOP 1, co oznacza bardzo wysoką jakość produktu o dużej liczbie tipsów i starannie selekcyonowanych młodych listkach. Dodatkowo cyfra 1 oznacza, że herbata pochodzi z najlepszych wysokogórskich plantacji.

Kolejne dwie herbaty pochodziły z Indii. Według deklaracji podmiotu sprzedającego pozyskano je z jednego ogrodu, przy czym różniły się kolejnością zbiorów. Pierwsza (FTGFOP 1 *First Flush*), pochodziła z tzw. pierwszego zbioru, natomiast druga (FTGFOP 1 *Second Flush*) – ze zbioru kolejnego (prawdopodobnie drugiego). Kolejność zebranego liścia, jak i czas zbioru istotnie wpływają na ilość związków bioaktywnych w przygotowanych naparach. Im „młodszy” i mniejszy listek, tym herbata wyższej jakości.

Do badania wykorzystano również herbatę afrykańską pochodzącą z Ruandy, zadeklarowaną jako OP, co oznacza herbatę pozyskaną z drugich listków na krzewie.

Ostatnia badana herbata pochodziła z Turcji i była zadeklarowana jako wysokogatunkowa, jednak nie posiadała żadnego oznaczenia handlowego, pozwalającego na jednoznaczną klasyfikację jakościową.

W celu oznaczenia ogólnej liczby polifenoli oraz aktywności antyoksydacyjnej przygotowano napary 5% (5 g herbaty/100 ml wody). W tak przygotowanych naparach dodatkowo oznaczono parametry barwy w systemie CIEL*a*b*.

2.1. Metody badawcze

Potencjał antyoksydacyjny badanych próbek oznaczono jako całkowitą zawartość polifenoli (TP), wykorzystując metodę *Folin-Ciocalteu*. 0,5 cm³ przygotowanego naparu mieszano z 2,5 cm³ odczynnika F-C (0,2N) i 2 cm³ roztworu Na₂CO₃ (75 g/dm³). Próbkę przez 1 godzinę inkubowano w temperaturze 25°C bez dostępu światła. Następnie mierzono absorbancję przy długości fali 760 nm. Wyniki oznaczeń przedstawiono odpowiednio jako ilość równoważnika kwasu galusowego w 100 ml naparu herbaty (mg GAE/100 ml).

Aktywność antyoksydacyjną oznaczono jako zdolność wygaszania rodnika DPPH*, wyrażoną jako procent inhibicji badanego roztworu. Do 3 ml odpowiednio przygotowanego ekstraktu herbaty dodano 2 ml metanolowego roztworu DPPH* (Sigma-Aldrich). Po inkubacji dokonano pomiaru absorbancji ($\lambda = 515$ nm) wobec metanolu jako próby zerowej. Wyniki oznaczeń AA podano jako procent inhibicji wolnych rodników, korzystając z zależności:

$$AA\% = [(A_B - A_A)/A_B] \times 100,$$

gdzie: A_A – absorbancja badanej próbki,
 A_B – absorbancja próby kontrolnej.

Parametry barwy naparu herbat określano przy użyciu kolorymetru Konica Minolta CR-400 w systemie CIE Lab, mierząc składowe trójchromatyczne L^* , a^* i b^* . Względny współczynnik zmian barwy obliczono, korzystając z równania:

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

Otrzymane wyniki przedstawiono jako średnią z dwóch powtórzeń. Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano w programie StatisticaTM12.0. W celu określenia wpływu kraju pochodzenia i kolejności zbioru na badane parametry jakościowe w naparach herbaty czarnej wykorzystano analizę wariancji (ANOVA). Dla sprawdzenia istotności różnic pomiędzy poszczególnymi grupami przeprowadzono testy *post-hoc* (test HSD Tukeya). W celu określenia wzajemnych zależności pomiędzy analizowanymi parametrami obliczono wartości współczynnika korelacji r Pearsona oraz wyznaczono funkcje regresji liniowej. Ponadto zastosowano analizę głównych składowych, która pozwoliła na ustalenie wpływu poszczególnych czynników na jakość naparów herbaty czarnej. Hipotezy weryfikowano na poziomie istotności $p = 0,05$.

3. OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

W tabeli 1 przedstawiono wyniki oznaczenia całkowitej zawartości polifenoli oraz aktywności antyoksydacyjnej.

Tabela 2. Aktywność antyoksydacyjna badanych naparów

Table 2. Antioxidant activity of investigated beverages

Kraj pochodzenia / rodzaj herbaty	TP [mg GAE/100 ml]	AA _{DPPH} [%]	
Indie	<i>Darjeeling First Flush</i> (DFF)	431,74 ±9,80 ^{a,b}	93,28 ±0,0007 ^a
	<i>Darjeeling Second Flush</i> (DSF)	335,32 ±3,70 ^a	94,73 ±0,0064 ^d
Ruanda	534,63 ±91,6 ^b	93,52 ±0,0007 ^a	
Nepal	460,57 ±52,5 ^{a,b}	91,74 ±1,3866 ^b	
Turcja	404,57 ±11,0 ^{a,b}	92,47 ±0,0028 ^c	

Źródło: wyniki własne.

Objaśnienia: a – d = wartości średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$.

Największą zawartością związków polifenolowych charakteryzował się napar herbaty afrykańskiej, pochodzącej z Ruandy (534,63 mg GAE/100 ml). Mniejszą zawartość związków polifenolowych oznaczono w naparach herbat pochodzących, odpowiednio z Nepalu (460,57 mg GAE/100 ml), Turcji (404,57 mg GAE/100 ml) oraz Indii DFF (431,74 mg GAE/100 ml). Najmniejszą zawartość polifenoli oznaczono w naparach herbaty z Indii – *Darjeeling Second Flush* (335,32 mg GAE/100 ml). Analiza statystyczna uzyskanych wyników nie wykazała istotnego wpływu kraju pochodzenia i kolejności zbioru na łączną zawartość związków polifenolowych badanych naparów przygotowanych z wysokogatunkowych herbat czarnych ($F(4,20) = 4,69$; $p = 0,06$). Również analiza *post-hoc* nie wykazała statystycznie istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi naparami z wyjątkiem herbaty indyjskiej z drugiego zbioru i herbaty pochodzącej z Ruandy, które pod względem zawartości polifenoli znacząco różniły się od pozostałych.

Analizując wyniki ogólnej zawartości polifenoli dla herbat indyjskich, pochodzących z rejonu Darjeeling, stwierdzono że kolejność zbioru statystycznie istotnie wpływa na właściwości przeciwutleniające tych herbat (tab. 2). Herbaty pochodzące z pierwszego zbioru (*First Flush*) zawierały blisko 30% związków polifenolowych więcej niż herbaty pochodzące ze zbioru drugiego (*Second Flush*). Odmienne zależności wykazano w przypadku aktywności antyoksydacyjnej (tab. 2). Wyniki analizy statystycznej wykazały istotny wpływ kraju pochodzenia na zdolność poszczególnych naparów do redukcji rodnika DPPH* ($F(4,20) = 123,006$; $p = 0,00$). Analizując aktywność antyoksydacyjną naparów herbat indyjskich, również wykazano statystycznie istotną zależność pomiędzy terminami zbioru.

Uzyskane wyniki mogą wskazywać na to, że oznaczenie handlowe herbaty nie zawsze odpowiada wynikającej z tego jakości surowca. Teoretycznie najlepsza herbata, pochodząca z Nepalu, charakteryzowała się najniższą aktywnością antyoksydacyjną (91,74%). Jednak prezentowane wartości są charakterystyczne dla herbat wysokogatunkowych, czego potwierdzeniem mogą być wyniki uzyskane przez Tan [Tan i in. 2017]. W badanych wysokogatunkowych herbatach chińskich, pochodzących bezpośrednio z plantacji, średnia zawartość związków polifenolowych wahała się w zakresie od 10,31 do 17,07 g GAE/100 g herbaty. Wysokie wartości analizowanych parametrów wykazał również Perera [Perera i in. 2015], który średnią ogólną zawartość związków polifenolowych w herbatach wysokogatunkowych, pochodzących z plantacji na Sri Lance, oznaczył na poziomie 32,5 g GAE/100 g. Wysokie zawartości związków polifenolowych w herbatach afrykańskich przedstawił także Okinda Owour [Okinda Owour i in. 2008]. W zależności od pory zbioru i czasu fermentacji oznaczone przez nich wartości wahały się w zakresach od 12,1 do 18,2 g GAE/100 g oraz od 11,4 do 18,9 g GAE/100 g, odpowiednio dla herbaty z Malawi i Kenii. Analogiczne zależności w swoich badaniach nad jakością herbat tureckich wykazał Özdemiş [Özdemiş, Gökalp i Nas 1993].

Istotnym czynnikiem decydującym o akceptacji naparu herbaty, oprócz walorów zdrowotnych, jest jego barwa (tab. 3).

Tabela 3. Wartości średnie parametrów barwy badanych naparów

Table 3. Mean values of color parameters of investigated beverages

Kraj pochodzenia / rodzaj herbaty		L*	a*	b*
Indie	<i>Darjeeling First Flush</i> (DFF)	32,41 ^d	3,13 ^b	18,91 ^d
	<i>Darjeeling Second Flush</i> (DSF)	33,56 ^e	2,84 ^a	19,90 ^e
Ruanda		27,49 ^c	6,29 ^d	14,33 ^c
Nepal		26,40 ^b	5,67 ^c	12,33 ^b
Turcja		25,17 ^a	6,93 ^e	9,47 ^a

Źródło: badania własne.

Objaśnienia: a – e – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$.

Analizując parametry barwy badanych herbat stwierdzono, iż najjaśniejszą barwą charakteryzowały się herbaty indyjskie, $L^*=32,41$ oraz $L^*=33,56$ odpowiednio dla herbat DFF i DSF. Pomiedzy tymi herbatami nie dostrzeżono istotnej różnicy w barwie ($\Delta E=1,55$). Pod względem jasności napary przygotowane z tych herbat różniły się statystycznie istotnie ($F(4,20) = 954,34$; $p = 0,00$) od herbat pochodzących z pozostałych rejonów, które były wyraźnie ciemniejsze i charakteryzowały się mocniejszym nasyceniem barwy czerwonej (wartości parametru a^*) oraz znacząco słabszym nasyceniem składowej barwy żółtej. Uzyskane, relatywnie wysokie dodatnie wartości parametrów a^* oraz b^* sugerują, że napary z herbat

pochodzących z Nepalu, Ruandy oraz Turcji cechowały się odpowiednio czerwono-żółtym zabarwieniem, które niewątpliwie związane jest z większą zawartością związków polifenolowych, szczególnie teaflawin i tearubigin, które odpowiadają za charakterystyczną barwę naparów herbaty czarnej i znacząco wpływają na akceptację przez konsumentów [FAO 2017]. Potwierdzenie statystycznie istotnych różnic w parametrach barwy znaleźć można również w obliczonej wartości ΔE . Różnice w barwie pomiędzy naparami herbat z Ruandy, Nepalu i Turcji były nieznaczne. Obliczone wartości ΔE wynosiły odpowiednio: $\Delta E = 2,36$ (Ruanda-Nepal), $\Delta E = 5,42$ (Ruanda-Turcja) oraz $\Delta E = 3,36$ (Nepal-Turcja). Największe różnice w barwie naparów zaobserwowano pomiędzy herbatami pochodzącymi z Indii a pozostałymi (tab. 4).

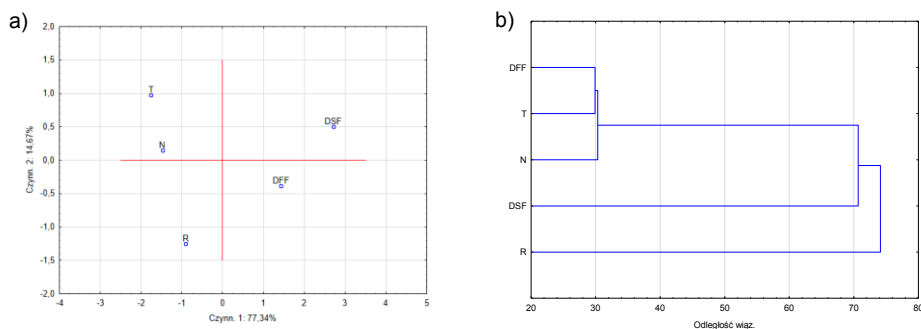
Tabela 4. Różnica barwy badanych naparów

Table 4. Differences of color parameters of investigated beverages

Kraj pochodzenia / rodzaj herbaty		Indie	
		DFF	DSF
Indie	Darjeeling First Flush (DFF)	-	-
	Darjeeling Second Flush (DSF)	1,55	-
Ruanda		7,42	8,93
Nepal		9,26	10,79
Turcja		12,48	13,99

Źródło: opracowanie własne.

Potwierdzeniem uzyskanej powyżej zależności mogą być wyniki analizy skupień oraz głównych składowych, z których można wnioskować, że herbaty pochodzące z różnych rejonów różniły się od siebie w znaczący sposób (rys. 1a, b).



Rys. 1. Projekcja PCA różnicująca próbki herbaty (a), dendrogram grupujący hierarchicznie badane próbki herbaty (b)

Fig. 1. PCA scores plots showing the positioning the tea samples (a), dendrogram grouping presented samples of tea by hierarchical method (b)

Wyznaczony składnik główny osi pierwszej stanowi 77,34%, podczas gdy składnik główny osi drugiej obejmuje 14,67% wariancji danych. Łącznie dwa czynniki główne pozwalają na uwidocznienie co najmniej 92,01% całkowitej wariancji danych. Wyniki tej analizy dość jednoznacznie wskazują różnice w jakości herbat konfekcjonowanych przez poszczególnych producentów.

Analizując dane przedstawione na rysunku 1a, stwierdzono istotne różnice w dwóch obszarach. Po pierwsze, analiza PCA wykazała zróżnicowanie wewnętrzne pomiędzy herbatami indyjskimi. W pierwszej ćwiartce wykresu znalazły się herbaty pochodzące z pierwszego zbioru (DFF), które w stosunku do naparów herbat pochodzących z drugiego zbioru (DSF) charakteryzowały się nieznacznie ciemniejszą barwą i intensywniejszą barwą żółtą i czerwoną ($\Delta E = 1,55$). Decydującym czynnikiem, różnicującym napary z tych herbat, okazała się głównie zawartość związków polifenolowych, która była o blisko 30% większa dla naparów z pierwszego zbioru.

Analiza pozostałych herbat wykazała istotne różnice pomiędzy tymi herbatami a herbatami indyjskimi. Stwierdzono podobieństwo pomiędzy produktami z Nepalu i Turcji. Obie herbaty charakteryzowały się podobną zawartością związków polifenolowych oraz aktywnością antyoksydacyjną (około 92%). Również różnica barwy pomiędzy tymi herbatami była nieznaczna ($\Delta E = 3,36$). Herbaty z tych rejonów, w aspekcie oznaczanych parametrów, były bardzo zbliżone jakościowo do indyjskiej herbaty Darjeeling pochodzącej z pierwszego zbioru (rys. 1b).

Znacząco od pozostałych herbat różniły się napary herbaty ruandyjskiej. Głównym czynnikiem różnicującym była najwyższa wśród badanych herbat zawartość związków polifenolowych.

Biorąc pod uwagę powyższe wyniki, podjęto próbę określenia związku pomiędzy parametrami barwy a aktywnością antyoksydacyjną, wyrażoną jako ogólna zawartość polifenoli. Ponieważ stwierdzono wpływ parametrów barwy na właściwości przeciwutleniające naparów, obliczono równania regresji w celu opracowania zależności, pozwalającej prognozować wartość TP na podstawie wartości parametrów barwy $L^*a^*b^*$. Obliczone wartości współczynnika korelacji wynosiły, odpowiednio: $r = -0,46_{(TP-L^*)}$, $r = 0,50_{(TP-a^*)}$, $r = -0,33_{(TP-b^*)}$.

Analizując uzyskane (na podstawie dostępnych danych) równania regresji liniowej, stwierdzono, że istnieje niewielki związek pomiędzy analizowanymi parametrami:

- 1) $TP = 726,71 - 10,11 \cdot L^*$, $r = -0,46$; $r^2 = 0,21$; $p = 0,18$;
- 2) $TP = 324,07 + 21,97 \cdot a^*$, $r = 0,49$; $r^2 = 0,25$; $p = 0,14$;
- 3) $TP = 524,54 - 6,08 \cdot b^*$; $r = -0,32$; $r^2 = 0,10$; $p = 0,36$.

Należy jednak zaznaczyć, że ze względu na niską wartość współczynnika determinacji (r^2) oraz małe prawdopodobieństwo (p) uzyskane zależności są słabe i nie pozwalają jednoznacznie na prognozowanie wartości TP na podstawie wartości parametrów barwy $L^*a^*b^*$. Ponieważ r^2 jest poniżej 0,5, to regresja wyjaśnia tylko

mniej niż 50% zmienności TP. Uzyskane modele dowodzą, że istnieje mniej niż 50% związku pomiędzy parametrami barwy a aktywnością antyoksydacyjną, wyrażoną ogólną zawartością polifenoli.

4. WNIOSKI

1. Badane herbaty, pod względem analizowanych parametrów, można zaliczyć do herbat wysokogatunkowych, wykazujących wysoką aktywność przeciwutleniającą.
2. W przypadku herbat indyjskich kolejność zebranego liścia istotnie wpływała na aktywność antyoksydacyjną.
3. Herbaty pochodzące z Ruandy charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością związków polifenolowych w stosunku do pozostałych, szczególnie z Nepalu i Indii, które zgodnie z oznaczeniami powinny być najlepszej jakości.
4. Wyznaczona liniowa zależność pomiędzy zawartością polifenoli a parametrami barwy pozwoliła na wykazanie, że istnieje mniej niż 50% związku pomiędzy tymi zmiennymi.

LITERATURA

- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Chew, Y.L., 2007, *Antioxidant Activity of Camellia Sinensis Leaves and Tea from a Lowland Plantation in Malaysia*, Food Chemistry, no. 102, s. 1214–1222.
- Chung, K.T., Wong, T.Y., Wei, C.I., Huang, Y.W., Lin, Y., 2010, *Tannins and Human Health: A Review*, Crit. Rev. Food Sci. Nutr., no. 998, s. 421–464.
- Dang, M.V., 2005, *Soil-plant Nutrient Balance of Tea Crops in the Northern Mountainous Region, Vietnam*, Agric. Ecosyst. Environ., no. 105, s. 413–418.
- Dmowski, P., 2014, *Czynniki wpływające na decyzje zakupowe konsumentów na rynku herbat ekologicznych dostępnych w sprzedaży internetowej*, „Marketing i Rynek”, nr 6, s. 126–136.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/home/en/> [dostęp: 12.02.2017].
- Forbes, 21.01.2014, *Przemoniliśmy Japonię*, www.forbes.pl/przemonilismy-japonie-w-piciu-herbaty-artykuly,169841,1,1.html [dostęp: 15.02.2017].
- GUS, 2011, *Rocznik statystyczny handlu zagranicznego*, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- GUS 2016, *Rocznik statystyczny handlu zagranicznego*, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- Hara, Y., 2011, *Tea Catechins and Their Applications as Supplements and Pharmaceuticals*, Pharmacol. Res., no. 64, s. 100–104.
- Horžić, D., Komes, D., Belščak, A., Kovačević, Ganić, K., Iveković, D., Karlovic, D., 2009, *The Composition of Polyphenols and Methylxanthines in Teas and Herbal Infusions*, Food Chem., no. 115, s. 441–448.

- Kusano, R., Matsuo, Y., Saito, Y., Tanaka, T., 2015, *Oxidation Mechanism of Black Tea Pigment Theaflavin by Peroxidase*, Tetrahedron Letters, no. 56, s. 5099–5102.
- Nakano, T., 1998, *Influence of Plucking Position on Yield and Quality of Tea in Mechanically-Plucked Tea Bush*, Tea Res. J., no. 86, s. 11–17.
- Okinda Owuor, P., Obanda, M., Nyirenda, H.E., Mandala, W.L., 2008, *Influence of Region of Production on Clonal Black Tea Chemical Characteristics*, Food Chemistry, no. 108, s. 263–271.
- Özdemir, F., Gökalp, H.Y., Nas, S., 1993, *Effects of Shooting Period, Times within Shooting Periods and Processing System on the Extract, Caffeine and Crude Fiber Contents of Black Tea*, Z. Lebensm. Unters. Forsch., no. 197, s. 358–362.
- Pasquet, R., Karp, I., Siemiatycki, J., Koushik, A., 2016, *The Consumption of Coffee and Black Tea and the Risk of Lung Cancer*, Annals of Epidemiology, no. 26, s. 757–763.
- Perera, G.A.A.R., Amarakoon, A.M.T., Illeperuma, D.Ch.K., Muthukumarana, P.K.P., 2015, *Effects of Raw Material on the Chemical Composition, Organoleptic Properties, Antioxidant Activity, Physical Properties and the Yield of Instant Black Tea*, LWT – Food Science and Technology, no. 63, s. 745–750.
- Sujith Kumar, P.V., Basheer, S., Ravi, R., 2011, *Comparative Assessment of Tea Quality by Various Analytical and Sensory Methods with Emphasis on Tea Polyphenols*, J. Food Sci. Technol., vol. 48, no. 4, s. 440–446.
- Tan, J., Engelhardt, U.H., Lin, Z., Kaiser, N., Maiwald, B., 2017, *Flavonoids, Phenolic Acids, Alkaloids and Theanine in Different Types of Authentic Chinese White Tea Samples*, Journal of Food Composition and Analysis, no. 57, s. 8–15.
- Wee, J., Moon, J., Park, K., 1999, *Catechin Content and Composition of Domestic Tea Leaves at Different Plucking Time*, Korean J. Food Sci. Technol., no. 31, s. 20–23.
- Yener, S., Sanchez-Lopez, J.A., Granitto, P.M., Cappellin, L., Mark, T.D., Zimmermann, R., Bonn, G.K., Yeretian, Ch., Biasiol, F., 2016, *Rapid and Direct Volatile Compound Profiling of Black and Green Teas (Camellia sinensis) from Different Countries with PTR-ToF-MS*, Talanta, no. 152, s. 45–53.
- Zuo, Y., Chen, H., Deng, Y., 2002, *Simultaneous Determination of Catechins, Caffeine and Gallic Acids in Green, Oolong, Black and Pu-erh Teas Using HPLC with a Photodiode Array Detector*, Talanta, no. 57, s. 307–316.