

PRZEMYSŁAW DMOWSKI, MARIA ŚMIECHOWSKA, ELŻBIETA SAGAN

WPLYW CZASU PARZENIA I STOPNIA ROZDROBNIENIA HERBATY CZARNEJ NA BARWĘ NAPARU I JEGO WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCE

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu czasu parzenia, stopnia rozdrobnienia oraz marki herbaty czarnej na barwę naparu i jego właściwości przeciwutleniające. Oznaczono całkowitą zawartość polifenoli, aktywność przeciwutleniającą oraz parametry barwy L*, a*, b* w systemie CIE Lab w naparach herbat czarnych (liściowych, granulowanych oraz ekspresowych), zakupionych na terenie Trójmiasta i w Anglii. Wykorzystując wyniki analizy głównych składowych podjęto próbę klasyfikacji jakościowej badanych herbat.

Stwierdzono, że czas parzenia był istotnym czynnikiem decydującym o zawartości polifenoli w badanych naparach z herbat. Średnia zawartość polifenoli w badanych próbkach naparów z herbat mieściła się w zakresie od 67,70 mg GAE/100 ml (napary 3-minutowe) do 239,57 mg GAE/100 ml (napary 15-minutowe). Ważnym czynnikiem decydującym o akceptacji naparu herbaty jest jego barwa. Napary uzyskane z herbat liściowych zaparzanym przez 3 min charakteryzowały się większą jasnością ($36,15 \div 37,85$) niż napary uzyskane z herbat granulowanych ($32,68 \div 34,32$) i ekspresowych ($29,95 \div 36,73$). Podobną tendencję zaobserwowano w przypadku naparów zaparzanym przez 15 min. Stwierdzono również, że stosunek bezwzględnej wartości parametrów barwy a* i b* ulega zmianie w trakcie wydłużenia okresu zaparzania. Nie wykazano istotnego ($p \leq 0,05$) wpływu stopnia rozdrobnienia oraz marki herbaty na wartości analizowanych parametrów. Po zastosowaniu analizy głównych składowych nie wykazano jednoznacznych różnic jakości badanych herbat, co może świadczyć o porównywalnych cechach jakości surowców wykorzystanych do ich produkcji.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że parametry barwy mogą być istotnymi parametrami fizykochemicznymi do analizy dyskryminacyjnej i określania jakości herbaty.

Słowa kluczowe: herbata czarna, napar, polifenole, aktywność przeciwutleniająca, barwa, jakość

Wprowadzenie

O jakości herbaty, oprócz aspektów związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa i jakością sensoryczną, decyduje jej wartość prozdrowotna mierzona m.in. zawartością związków bioaktywnych i ich biodostępnością [24]. Szczególnie dużo uwagi poświęca się składnikom biologicznie aktywnym, m.in. flawonoidom oraz katechinom, które stanowią zróżnicowaną grupę substancji organicznych będących pochodnymi węglowodorów aromatycznych. Związki te dostarczane do organizmu człowieka wraz z pożywieniem mają znaczenie prewencyjne, zwłaszcza w ochronie przed wolnymi rodnikami [3, 16].

Herbata zawiera znaczące ilości składników bioaktywnych decydujących o jakości otrzymywanych naparów [19]. Chemiczny skład herbaty zależy od wielu czynników. Kłódka i wsp. [10] wykazali wpływ stopnia fermentacji oraz stopnia rozdrobnienia na zawartość kofeiny, kwasu galusowego oraz kwercetyny. Istotne są również czynniki środowiskowe, do których należą metody uprawy i produkcji, warunki atmosferyczne oraz okres zbioru [14]. Ponadto na jakość naparów herbaty bez wątpienia mają wpływ występujące w niej zanieczyszczenia (metale ciężkie, pozostałości pestycydów) oraz składniki natywne, jak szczawiany decydujące o negatywnym wpływie herbaty na organizm człowieka [8, 20]. Jednak to związki polifenolowe zawarte w herbacie czarnej, przede wszystkim teaflawiny i tearubiginy, powstałe w wyniku procesu fermentacji herbaty, wykazują silne działanie przeciwmiażdżycowe, przeciwnowotworowe, przeciwzapalne oraz antybakteryjne, przez co odgrywają istotną rolę w ochronie organizmu, decydując jednocześnie w znaczącym stopniu o jakości produktu [5, 9, 11, 15, 17, 21]. W dotychczasowych badaniach wykazano m.in. wpływ wybranych parametrów fizykochemicznych na jakość, w tym również na jakość sensoryczną herbat o różnym stopniu fermentacji oraz rozdrobnienia, pochodzących z różnych rejonów uprawy [1, 18].

Celem pracy było określenie wpływu stopnia rozdrobnienia, czasu parzenia oraz marki herbaty czarnej na właściwości przeciwutleniające oraz barwę naparu.

Material i metody badań

Do badań użyto herbat zakupionych na terenie Trójmiasta, dwóch wiodących marek, oznaczonych jako L i T oraz herbat pochodzących z rynku angielskiego, oznaczonych jako PG. Analizowane herbaty charakteryzowały się różnym stopniem rozdrobnienia: liściowe (Li), granulowane – czyli CTC (G) oraz ekspresowe (E). Oznaczenie zawartości polifenoli, parametry barwy oraz aktywność przeciwutleniająca każdej próby wykonano w trzech powtórzeniach.

W celu przygotowania wodnych ekstraktów naważano 2 g suchych liści herbaty, które następnie zalewano do objętości 100 ml demineralizowaną wodą o temp. 90 °C.

Z każdego naparu pobierano 10 ml próbki kolejno po 3 i 15 min. Następnie otrzymane napary filtrowano.

Całkowitą zawartość związków polifenolowych metodą Folina-Ciocalteu'a oznaczano zgodnie z normą ISO 14502-1:2005 [7]. Z odpowiednio rozcieńczonych ekstraktów herbat pobierano po 1 ml naparu i dodawano 5 ml odczynnika Folina-Ciocalteu'a (Sigma-Aldrich) oraz 4 ml roztworu Na_2CO_3 (POCH S.A.). Po upływie 60 min mierzono absorbancję roztworów ($\lambda = 765 \text{ nm}$). Całkowitą zawartość związków polifenolowych wyrażono w równoważnikach kwasu galusowego (mg GAE/100 ml naparu). Z każdego ekstraktu wykonano trzy niezależne pomiary.

Aktywność przeciwutleniającą oznaczano jako zdolność wygaszania rodnika DPPH^* , wyrażoną jako procent inhibicji badanego roztworu. Do 3 ml odpowiednio przygotowanego ekstraktu herbaty dodawano 2 ml metanolowego roztworu DPPH^* (Sigma-Aldrich). Po inkubacji dokonywano pomiaru absorbancji ($\lambda = 515 \text{ nm}$) wobec metanolu jako próby zerowej. Aktywność przeciwutleniającą (AA) wyrażono jako procent redukcji DPPH^* i obliczano z równania:

$$AA[\%] = \frac{(Abs_{zero} - Abs_{próbka})}{Abs_{zero}} \times 100\%$$

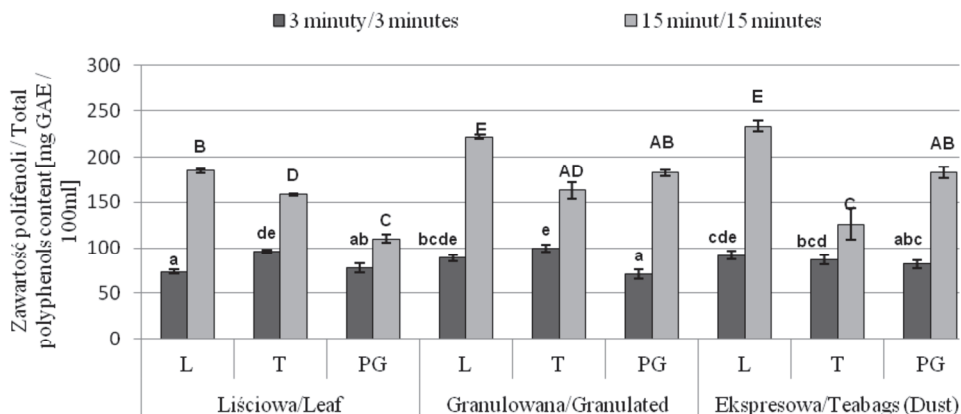
gdzie: AA – stopień inhibicji DPPH^* , Abs_{zero} – absorbancja próby zerowej, $Abs_{próbka}$ – absorbancja próby właściwej. Z każdego ekstraktu wykonano trzy niezależne oznaczenia.

Parametry barwy naparu herbat określano przy użyciu kolorymetru Konica Minolta CR-400 w systemie CIE Lab, mierząc składowe trójchromatyczne L^* , a^* i b^* .

Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano w programie Statistica 10.0 MR1. Do określenia wpływu czasu parzenia, marki herbaty oraz stopnia rozdrobnienia na analizowane parametry przeprowadzono analizę wariancji ANOVA. W przypadku niespełnienia założeń analizy wariancji podstawą wnioskowania były wyniki jednowymiarowego testu ANOVA Kruskala-Wallisa. W celu zweryfikowania istotności różnic pomiędzy poszczególnymi grupami przeprowadzono testy *post-hoc*. Siłę powiązań pomiędzy wybranymi parametrami wyrażono współczynnikami korelacji (r). Testowania prowadzono na poziomie istotności $p \leq 0,05$. W celu zróżnicowania badanych naparów herbaty zastosowano analizę głównych składowych.

Wyniki i dyskusja

Wyniki oznaczeń całkowitej zawartości polifenoli przedstawiono na rys. 1.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

a – d / A - G – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by the same letters are not significantly different at the $p \leq 0,05$ level.

Rys. 1. Całkowita zawartość polifenoli w naparach wybranych herbat, w zależności od marki, stopnia rozdrobnienia oraz czasu parzenia.

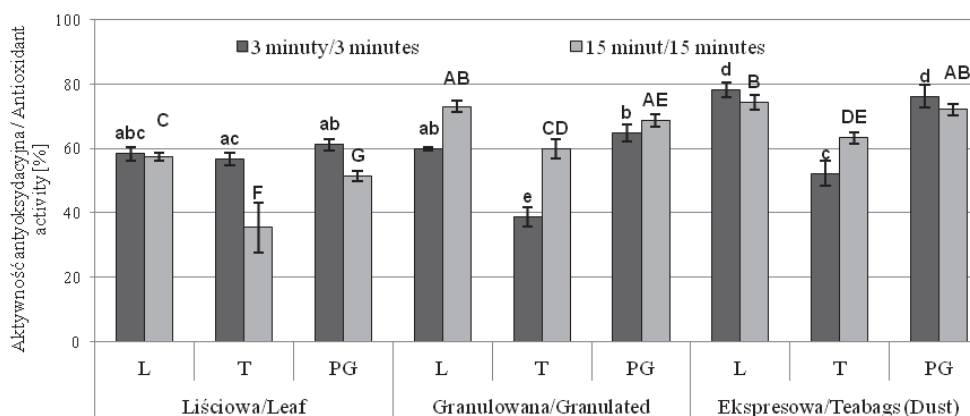
Fig. 1. Content of total polyphenols in infusions of selected teas depending on tea brand, fragmentation degree, and brewing time.

Zawartość polifenoli w badanych naparach herbaty wynosiła od 63,70 mg GAE/100 ml naparu (napary sporządzone przez 3 min) do 239,57 mg GAE/100 ml (napary 15-minutowe), co dowodzi, że dłuższe zaparzanie istotnie wpływało na zwiększenie stopnia wyekstrahowania polifenoli z czarnej herbaty, a tym samym na jej jakość, m.in. w aspekcie prozdrowotnym. Napary 3-minutowe z liściowej herbaty L charakteryzowały się mniejszą zawartością związków fenolowych (73,62 mg GAE/100 ml) niż napary otrzymane z herbat ekspresowych (91,92 mg GAE/100 ml). Nie stwierdzono jednak statystycznie istotnej zależności pomiędzy stopniem rozdrobnienia a wartością tego parametru ($H(2;27) = 0,92$; $p = 0,63$). W herbatach marki T, pochodzących z rynku krajowego, największą zawartość polifenoli oznaczono w naparach z herbaty liściowej (95,87 mg GAE/100 ml), natomiast najmniejszą – w naparach z herbaty ekspresowej (86,72 mg GAE/100 ml). Dodatkowo wykazano, że napary z herbaty liściowej oraz granulowanej tej marki zawierały statystycznie istotnie więcej związków polifenolowych niż napary z herbat pozostałych dwóch marek ($H(2;27) = 12,55$; $p = 0,0019$).

Analogiczne zależności zaobserwowano w przypadku naparów 15-minutowych. Wydłużenie czasu parzenia powodowało wzrost zawartości związków polifenolowych w stosunku do zawartości tych związków w naparach 3-minutowych, co może wskazywać, że surowiec pochodzi ze starszych liści charakteryzujących się większą zawar-

tością włókna surowego. Autorzy wykazali istnienie zależności pomiędzy zawartością włókna surowego a zawartością garbników w liściach herbaty, co może stanowić podstawę do określenia jakości surowca [18]. Napary przygotowane z herbat L zawierały znacząco więcej związków polifenolowych niż napary z herbat dwóch pozostałych marek ($H(2;27) = 15,35$; $p = 0,0005$). Podobnie jak przy naparach trzyminutowych, nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu stopnia rozdrobnienia na całkowitą zawartość związków polifenolowych ($H(2;27) = 4,35$; $p = 0,11$).

Z badań Yen i wsp. [25] wynika, że najwięcej związków polifenolowych znajduje się w naparach 5-minutowych. Z kolei Wang i wsp. [23] stwierdzili, że każde kolejne zaparzenie w istotny sposób zmniejszało zawartość katechin i związków fenolowych w naparach herbat.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

a – d / A – G – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values denoted by the same letters are not significantly different at the $p \leq 0,05$ level.

Rys. 2. Aktywność przeciwutleniająca naparów wybranych herbat, w zależności od marki, stopnia rozdrobnienia oraz czasu parzenia

Fig. 2. Antioxidant activities in infusions of selected teas depending on tea brand, fragmentation degree, and brewing time.

Zmieniająca się wraz z czasem parzenia zawartość związków fenolowych występujących w naparach z liści herbaty miała wpływ na aktywność przeciwutleniającą badanych herbat (rys. 2).

Stwierdzono, że napary zawierające więcej związków polifenolowych wykazywały większą aktywność przeciwutleniającą. Wyniki analizy statystycznej nie potwierdziły współzależności pomiędzy marką herbaty a aktywnością przeciwutleniającą. Obliczone wartości statystyki wyniosły odpowiednio: $H(2;27) = 5,6$; ($p = 0,61$)

w przypadku naparów 3-minutowych oraz $H(2;27) = 2,22$; ($p = 0,33$) – napary 15-minutowe. Nie potwierdzono również zależności pomiędzy aktywnością przeciwutleniającą badanych naparów herbaty a stopieniem rozdrobnienia surowca, odpowiednio: $H(2;27) = 1,07$; ($p = 0,59$) – napary 3-minutowe oraz $H(2;27) = 5,6$; ($p = 0,06$) w przypadku naparów 15-minutowych.

Na poziomie istotności $p \leq 0,05$ nie stwierdzono statystycznie istotnego związku pomiędzy aktywnością przeciwutleniającą a całkowitą zawartością polifenoli w naparach 3- i 15-minutowych, odpowiednio: $r = -0,36$ ($p = 0,33$) oraz $r = 0,59$ ($p = 0,09$).

Według badań Horżić i wsp. [6] na całkowitą zawartość polifenoli oraz aktywność przeciwutleniającą istotnie wpływała temperatura wody i krotność parzenia. Napary przygotowywane w wyższej temperaturze wykazywały większą zdolność do wygaszania rodnika DPPH*.

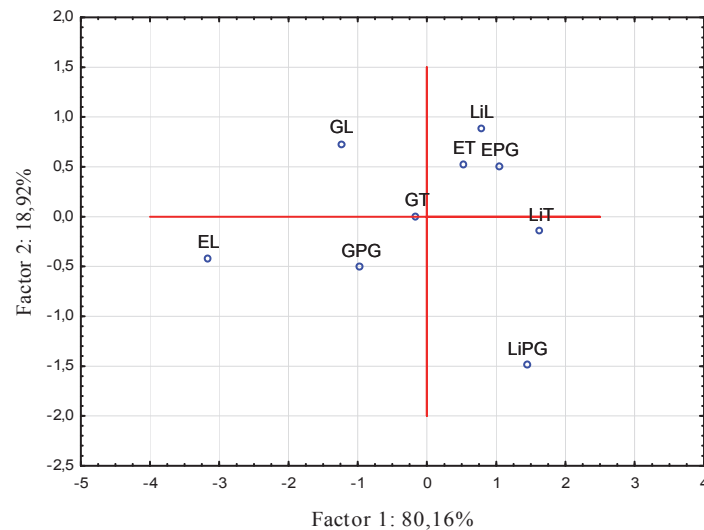
Dostępne dane literaturowe dotyczące zawartości związków bioaktywnych w herbatach są bardzo rozbieżne i trudne do porównania, co jest uwarunkowane różnicami w przygotowaniu naparów, zastosowanymi metodami analitycznymi oraz sposobem prezentacji wyników. Na jakość herbaty wpływają ponadto takie czynniki, jak czas transportu od portu załadunku do Polski, który wynosi około 3 miesiące, z licznymi pracami manipulacyjnymi w wielu portach. W trakcie transportu drogą morską herbaty narażone są na wiele czynników (dobowe i strefowe fluktuacje temperatury, zmienną wilgotność względną powietrza itp.) mogących istotnie wpływać na obniżenie jakości surowca.

Jak podają Dmowski i wsp. [2] oraz Sujith Kumar i wsp. [22], herbaty zawierające więcej związków bioaktywnych i wykazujące większą aktywność przeciwutleniającą charakteryzują się mniejszą zawartością zanieczyszczeń (metale ciężkie, pozostałości pestycydów) oraz wyższymi notami w ocenie sensorycznej.

Jakość sensoryczna jest ważną składową ogólnej jakości herbaty i uzyskiwanego z niej naparu. Czynnikiem decydującym o akceptacji naparu herbaty jest, oprócz smaku, jego barwa. W badaniach własnych stwierdzono, że najwyższą wartością parametru L^* charakteryzowały się herbaty liściowe PG oraz T parzone w ciągu 3 min ($L^* = 37,85$). W przypadku dłuższego czasu przygotowania naparu największą wartością L^* charakteryzowała się herbata liściowa PG ($L^* = 36,46$). W przypadku herbat ekspresowych parzonych 3 min najwyższą wartość parametru L^* oznaczono w herbacie PG ($L^* = 36,73$). Wśród naparów przygotowywanych przez 15 min, zarówno z herbat liściowych, jak i granulowanych, najciemniejszym naparem charakteryzowała się herbata T ($L^* = 27,07$). Dodatkowo wartości parametrów a^* oraz b^* sugerują, że sporządzone napary cechowały się czerwono-żółtym zabarwieniem, które w wyniku dłuższego czasu parzenia stawało się intensywniejsze dzięki zawartości teaflawin i tearubigin, odpowiadających za charakterystyczną barwę naparów herbaty. Współczynniki korelacji pomiędzy parametrem a^* a całkowitą zawartością polifenoli w na-

parach 3- i 15-minutowych wynosiły odpowiednio: $r = 0,20$ ($p = 0,60$) oraz $r = 0,85$ ($p = 0,003$).

Na rys. 3. i 4. przedstawiono wyniki analizy głównych składowych parametrów barwy mierzonych w systemie CIE Lab analizowanych próbek herbaty czarnej parzonej odpowiednio przez 3 i 15 min, w zależności od marki, stopnia rozdrobnienia oraz czasu parzenia. Składnik główny osi pierwszej stanowi 80,16 %, podczas gdy składnik główny osi drugiej stanowi 18,92 % wariacji danych (rys. 3). Łącznie dwa czynniki główne pozwalają na uwidocznienie co najmniej 95 % całkowitej wariacji danych. Analizując dane przedstawione na rys. 3. trudno jest jednoznacznie pogrupować badane herbaty.



Rys. 3. Wyniki analizy głównych składowych parametrów barwy, mierzonych w systemie CIE Lab, naparów wybranych herbat parzonych przez 3 min, w zależności od marki i stopnia rozdrobnienia.

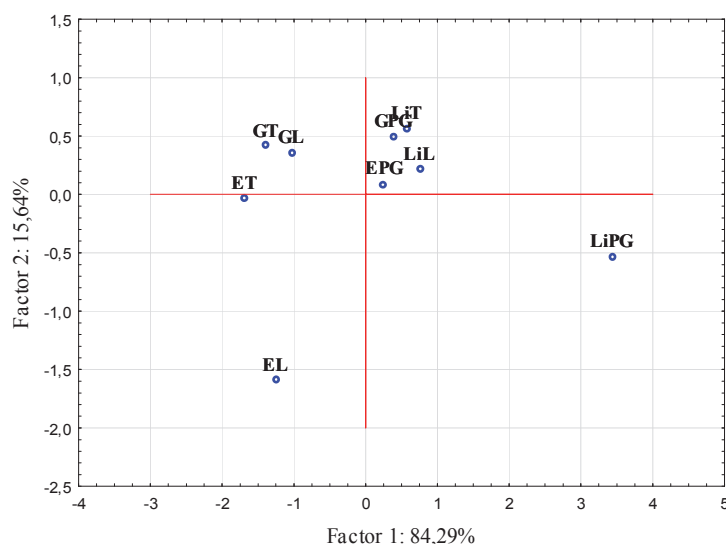
Fig. 3. Analysis results of principal components of colour parameters, measured in CIE Lab system, of infusions of selected teas brewed for 3 minutes depending on tea brand and fragmentation degree.

Stwierdzono, że napary z herbaty ekspresowej (ET, EPG) oraz z herbaty liściowej (LiL) charakteryzowały się jednakowymi wartościami parametrów barwy. Parametr L^* tych herbat zawierał się w zakresie $36 \div 37$, parametr a^* – $8 \div 10$, natomiast parametr b^* – $24 \div 26$. Wszystkie pozostałe próbki rozmieszczone są w innych obszarach klasyfikacyjnych. Ponadto są od siebie oddalone i nie tworzą skupisk. Napar otrzymany z herbaty ekspresowej marki L (EL) w przeciwieństwie do innych naparów z herbat ekspresowych był wyraźnie ciemniejszy ($L^* = 29,95$) oraz o bardziej czerwonym od-

cieniu ($a^* = 13,86$; $b^* = 16,42$). Natomiast parametry barwy naparu herbaty liściowej marki PG (LiPG) świadczą o mniejszym nasyceniu barwy czerwonej ($a^* = 2,96$) oraz większym nasyceniu składowej barwy żółtej ($b^* = 21,27$).

Uzyskane wyniki były dodatnio skorelowane z całkowitą zawartością polifenoli. Napary LiL, ET, EPG zawierały odpowiednio [mg GAE/100 ml naparu]: 73,62; 86,72 i 82,23 związków polifenolowych, podczas gdy ciemniejszy napar EL zawierał 91,92 mg GAE/100 ml naparu.

W przypadku herbat parzonych przez 15 min zaobserwowano mniejszy rozrzut wyników (rys. 4). Suma dwóch czynników głównych pozwala na uwidocznienie co najmniej 95 % całkowitej wariancji danych.



Rys. 4. Wyniki analizy głównych składowych parametrów barwy, mierzonych w systemie CIE Lab, naparów wybranych herbat parzonych przez 15 min, w zależności od marki i stopnia rozdrobnienia.

Fig. 4. Analysis results of principal components of colour parameters, measured in CIE Lab system, of infusions of selected teas brewed for 15 minutes depending on tea brand and fragmentation degree.

I w tym przypadku nie można jednoznacznie pogrupować badanych herbat, podobnie jak wcześniej naparów 3-minutowych. Do jednej grupy można zaliczyć napary z herbat granulowanych (GT, GL) oraz z herbaty ekspresowej (ET). Te napary charakteryzowały się parametrami barwy: L^* ($27,7 \div 29,2$), a^* ($13,5 \div 13,99$) i b^* ($12,92 \div 15,35$). Natomiast do drugiej grupy zaliczono napary z herbat liściowych (LiL, LiT), granulowanej (GPG) oraz ekspresowej (EPG), których parametry barwy wynosiły: L^* ($31,05 \div 32,17$), a^* ($11,64 - 12,41$), b^* ($18,44 - 20,12$).

W literaturze przedmiotu obserwuje się również próby oszacowania jakości herbaty poprzez korelowanie wyników fizykochemicznych z wynikami oceny sensorycznej, z wykorzystaniem analizy dyskryminacyjnej [4, 12, 13].

Biorąc pod uwagę analizę głównych składowych, można sądzić, że surowce przeznaczone do produkcji poszczególnych herbat nie różniły się od siebie w znaczący sposób. Na podstawie tej analizy nie uzyskano jednoznacznej odpowiedzi na pytanie o różnice jakości herbat konfekcjonowanych przez poszczególnych producentów. Na podstawie wyników przedstawionych na rys. 3. i 4. można przypuszczać, że herbaty z polskiego rynku (marka L) nieznacznie różnią się pod względem badanych wyróżników od herbat pochodzących z rynku angielskiego (PG). Jednak należy zaznaczyć, że były to herbaty z porównywanego przedziału cenowego.

Wnioski

1. Czas parzenia był istotnym czynnikiem wpływającym na zawartość polifenoli. W piętnastominutowych naparach oznaczono nawet dwukrotnie więcej związków polifenolowych aniżeli w naparach trzyminutowych.
2. Stopień rozdrobnienia surowca nie wpływał istotnie na ogólną zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniającą naparów analizowanych herbat.
3. Napary przygotowane z herbat zakupionych na polskim rynku charakteryzowały się zbliżonymi wartościami parametrów barwy do naparów pochodzących z rynku angielskiego.
4. Wyniki przeprowadzonej analizy głównych składowych wykazały, że herbaty przygotowano z surowca o porównywalnych parametrach jakości.
5. Wyniki badań wskazują, że istnieje możliwość zastosowania parametrów barwy w analizie dyskryminacyjnej i określaniu jakości herbaty.

Literatura

- [1] Dmowski P., Śmiechowska M., Karwowska K.: Wpływ czasu parzenia na zawartość wybranych składników bioaktywnych w herbatach pu-erh. W: *Towaroznawstwo w kształtowaniu jakości i cech prozdrowotnych żywności*. Red. M. Małecka. Zesz. Nauk. UE w Poznaniu, 2011, **205**, 52-59.
- [2] Dmowski P., Śmiechowska M.: Influence of bioactive compounds in tea on its sensory properties. In: *Current trends in Commodity Science-Food Quality*. Eds. by U. Samotyja, M. Małecka. Zesz. Nauk. UE w Poznaniu, 2010, **158**, 15-23.
- [3] Hara Y.: Tea catechins and their applications as supplements and pharmaceuticals. *Pharmacol. Res.*, 2011, **64**, 100-104.
- [4] He W., Hu X., Zhao L., Liao X., Zhang Y., Zhang M., Wu J.: Evaluation of Chinese tea by the electronic tongue: Correlation with sensory properties and classification according to geographical origin and grade level. *Food Res. Int.*, 2009, **42**, 1462-1467.
- [5] Hodgson J.H., Croft K.D.: Review – Tea flavonoids and cardiovascular health. *Mol. Aspects Med.*, 2010, **31**, 495-502.

- [6] Horžić D., Komes D., Belščak A., Kovačević Ganić K., Iveković D., Karlovic D.: The composition of polyphenols and methylxanthines in teas and herbal infusions. *Food Chem.*, 2009, **115**, 441-448.
- [7] ISO 14502-1:2005. Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea. Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent.
- [8] Jabłońska-Ryś E.: Wpływ sposobu parzenia różnych rodzajów herbat na zawartość w nich szczawianów rozpuszczalnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **1 (80)**, 187-195.
- [9] Khan N., Mukhtar H.: Tea polyphenols for health promotion. *Life Sci.*, 2007, **81**, 519-533.
- [10] Kłódka D., Bońkowski M., Telesiński A.: Zawartość wybranych metyloksantyn i związków fenolowych w naparach różnych rodzajów herbat rozdrobnionych (Dust i Fannings) w zależności od czasu parzenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **1 (56)**, 103-113.
- [11] Kumar P.V.S., Basheer S., Ravi R., Thakur M.S.: Comparative assessment of tea quality by various analytical and sensory methods with emphasis on tea polyphenols. *J. Food Sci. Technol.*, 2011, **48 (4)**, 440-446.
- [12] Laddi A., Prakash N.R., Sharma S., Mondal H.S., Kumar A., Kapur P.: Significant physical attributes affecting quality of Indian black (CTC) tea. *J. Food Eng.*, 2012, **113**, 69-78.
- [13] Liang Y., Lu J., Zhang L., Wu S., Wu Y.: Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions. *Food Chem.*, 2003, **80**, 283-290.
- [14] Okinda Owuor P., Obanda M., Nyirenda H.E., Mandala W.L.: Influence of region of production on clonal black tea chemical characteristics. *Food Chem.*, 2008, **108**, 26-271.
- [15] PilarAlmajano M., Carbo R., Angel Lopez Jimenez J., Gordon M.H.: Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions, *Food Chem.*, 2008, **108**, 55-63.
- [16] Samotyja U.: Przeciwutleniające i prozdrowotne oddziaływanie związków fenolowych. W: Prozdrowotne składniki żywności. Red. M. Małecka. Zesz. Nauk. UE w Poznaniu, 2010, **162**, 26-40.
- [17] Sharangi A.B.: Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.) – A review. *Food Res. Int.*, 2009, **42**, 529-535.
- [18] Śmiechowska M., Dmowski P.: Crude fibre as a parameter in the quality evaluation of tea. *Food Chem.*, 2006, **94**, 366-368.
- [19] Someswararao Ch., Srivastav P.P.: A novel technology for production of instant tea powder from the existing black tea manufacturing process. *Innov. Food Sci. Emerg.*, 2012, **16**, 143-147.
- [20] Sperkowska B., Bazylak G.: Analiza zawartości szczawianów w naparach czarnych herbat i kaw dostępnych na polskim rynku. *Nauka Przyroda Technologie*, 2010, **4 (3)**, 1-11.
- [21] Stańczyk A.: Właściwości zdrowotne wybranych gatunków herbat. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2010, **XLIII, 4**, 498-504.
- [22] Sujith Kumar P.V., Basheer S., Ravi R.: Comparative assessment of tea quality by various analytical and sensory methods with emphasis on tea polyphenols. *J. Food Sci. Technol.*, 2011, **48 (4)**, 440-446.
- [23] Wang H., Provan G.J., Helliwell K.: Tea flavonoids: their functions, utilisation and analysis. *Trends Food Sci. Technol.*, 2000, **11**, 152-160.
- [24] Wojciechowska K., Borek-Wojciechowska R.: Food quality and achievements of genetics. W: Wybrane aspekty jakości żywności. Wyd. Nauk. Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2012, ss. 29-35.
- [25] Yen G., Chen H.Y., Peng H.H.: Antioxidant and prooxidant effects of various tea extracts. *J. Agric. Food. Chem.*, 1997, **45**, 30-34.

**EFFECT OF BREWING TIME AND FRAGMENTATION DEGREE OF BLACK TEA
ON COLOUR OF INFUSION AND ITS ANTIOXIDANT PROPERTIES****S u m m a r y**

The objective of the paper was to determine the effect of brewing time, fragmentation degree, and brand of black tea on the colour of infusion and its antioxidant properties. The content of total polyphenols and antioxidant activity as well as the colour components using an CIE L*, a*, b* system were determined in the infusions of black tea (leaf, granular, and dust tea - teabags) purchased in the area of Tri-City (Poland) and in England. With the use of the analysis results of principal components, it was attempted to qualitatively classify the teas analyzed. It was found that the brewing time was a significant factor that determined the content of polyphenols in the studied samples of tea infusions. An average content of polyphenols in all the samples of tea infusions ranged from 67.70 mg GAE / 100 ml (brewing time of 3 minutes) to 239.57 mg GAE / 100 ml (brewing time of 15 minutes). An important factor to determine whether or not the tea infusion would be accepted is its colour. The infusions made of leaf tea brewed for 3 minutes are characterized by higher brightness (36.15 ÷ 37.85) than the infusions made of granulated tea (32.68 ÷ 34.32) and of dust tea (29.95 ÷ 36.73). A similar tendency was observed in the case of the infusions brewed for 15 minutes. It was also found that the ratio between the absolute values of a* and b* colour parameters changed along with the prolonged brewing time. No significant effect ($p \leq 0.05$) was proved of the fragmentation degree and tea brand on the values of the parameters analyzed. The principal components were analyzed and the analysis results did not show any clear differences in the quality of the tea samples analyzed; this fact could prove that the quality attributes of the raw materials used to produce the teas analyzed were comparable.

The results of the research studies performed prove that the colour parameters could be significant physical parameters for the discrimination analysis and the determination of tea quality.

Key words: black tea, infusion, polyphenols, antioxidant activities, colour, quality ☒