

¹⁾ Koło Naukowe Technologów Żywności CIBUS, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

²⁾ Zakład Technologii i Inżynierii Przemysłu Spożywczego, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

Wpływ sposobu przygotowania naparów czarnej herbaty na zawartość wybranych składników aktywnych

Streszczenie

Napar z czarnej herbaty jest jednym z najbardziej znanych napojów na świecie. Jest to napar przyrządzany z liści z krzewu herbaty zawierający w swoim składzie nie tylko makro- i mikroelementy, ale również związki bioaktywne, m.in. polifenole czy kwas askorbinowy. Badania dowodzą, że substancje te mają pozytywny wpływ na zdrowie człowieka. Celem pracy było określenie wpływu sposobu przygotowania czarnej herbaty na zawartość polifenoli, antocyjanów, kwasu askorbinowego oraz barwę naparów i wyciągów. Badano cztery metody wytwarzania naparów z czarnej herbaty: parzenie liści herbaty wodą o temperaturze 80°C przez 3 i 5 minut, ekstrakcję zimną wodą przez 12 godzin oraz zasypanie lodem. Temperatura wody, którą użyto do pozyskania naparów i ekstraktów istotnie wpłynęła na zawartość związków. Im dłuższy czas parzenia, tym więcej antocyjanów znajdowało się w naparze.

Słowa kluczowe: czarna herbata, polifenole, antocyjany, kwas askorbinowy

The effect of the method of preparing black tea infusions on the content of selected active ingredients

Summary

Black tea is one of the most popular drink in the world. It is a brew prepared from tea leaves. Its chemical composition includes not only macro- and micronutrients, but also bioactive compounds, like polyphenols and ascorbic acid. Studies confirm the positive effect of these substances on human health. The aim of the work was to determine the effect of the method of preparing black tea on the content of polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid and the colour of brews and extracts. Four methods of obtaining black tea were studied: tea leaves were brewed with water at 80°C for 3 and 5 minutes, extracted with cold water for 12 hours and pelted with ice. The temperature of the water used to obtain the infusions and extracts significantly influenced the value polyphenolic compounds. The longer the brewing time, the more anthocyanins the infusion contained.

Key words: black tea, polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid

ΔE – różnica barw, [-]
 L^* – składowa barwy - jasność, [-]

a^* – składowa barwy w zakresie od zielonego do czerwonego, [-]
 b^* – składowa barwy w zakresie od niebieskiego do żółtego, [-]

Wprowadzenie

Herbata jest naparem przygotowywanym zarówno z suszonych liści, jak i pąków krzewu herbacianego, należącego do rodzaju botanicznego *Camellia*. Ze względu na specyficzne wymagania klimatyczne, uprawy tej rośliny są spotykane głównie w strefie zwrotnikowej (Graham, 1992; Zuo i in., 2002; Perva-Uzunalic i in., 2006). Przygotowanie napoju polega na zalaniu wodą suszu herbacianego, składającego się z liści lub pąków poddanych uprzednio zabiegom technologicznym, takim jak suszenie i fermentacja (Weisburger, 1997; Komes i in., 2010). Pełnię aromatu i smaku uzyskuje się przy odpowiednio dobranych do gatunku herbaty parametrów parzenia, tj. temperatury wody i czasu ekstrakcji. W zależności od metody obróbki technologicznej, herbatę możemy podzielić na pięć podstawowych gatunków, a mianowicie czarną, czerwoną, Oolong (niebieska), zieloną, białą.

Liście i pąki krzewu herbacianego poddawane są różnym procesom i operacjom wpływającym na aromat i smak naparu oraz na zawartość w nim składników aktywnych (Liang i in., 2003). Proces technologiczny przetwarzania zielonej herbaty składa się z suszenia liści krzewu z pominięciem etapu fermentacji, co ma znaczący wpływ na barwę naparu. Jest ona wyraźnie jaśniejsza w porównaniu z naparami herbat fermentowanych. W wyniku podgrzania liści herbaty parą wodną, następuje inaktywacja enzymów utleniających katechiny, a w konsekwencji otrzymuje się napój o jasnej barwie (Kłódko i in., 2008; Bonnely i in., 2003). Innym gatunkiem herbaty niefermentowanej jest herbata biała, do wyprodukowania której wykorzystane są nierozwinięte pąki kwiatowe lub młode liście krzewu. W przeciwieństwie do innych gatunków herbat nie poddaje się jej działaniu pary wodnej, lecz pozostawia się ją do wyschnięcia w cieniu, za-

chowując w ten sposób największą ilość substancji przeciwutleniających (Alcazar i in. 2007; Rusak i in., 2008). Wśród herbat fermentowanych możemy wyróżnić czarną oraz czerwoną. Herbata czerwona charakteryzuje się czerwonym odcieniem na brzegach i koniuszkach suchych liści (Waszczak-Robak, 2010). Jej odmianą jest Pu-Erh, której proces technologiczny został rozszerzony o przechowywanie liści przez nawet kilkanaście lat w zaciemnionych pomieszczeniach, przy odpowiednich parametrach temperatury i wilgotności powietrza (Szymandera-Buszk i Górecka, 2003). Jednak najbardziej popularnym naparem jest ten przygotowywany z herbaty czarnej. Proces technologiczny wytwarzania herbaty czarnej składa się z długotrwałej fermentacji liści, która nadaje im ciemną barwę oraz prowadzi do utleniania polifenoli zawartych w świeżych liściach (Perucka, 2001; Kłódka i in., 2008).

Skład naparów różnych gatunków herbat, różni się między sobą w zależności od czasu parzenia i temperatury wody użytej do ich przygotowania. Do zaparzania herbat o cierpkim smaku (herbata czarna i czerwona) zaleca się wrzącą wodę, natomiast do sporządzania herbat niefermentowanych - wodę o temperaturze 70-85°C. Czas parzenia większości gatunków herbat nie powinien być dłuższy niż 5 minut, co pozwala na zachowanie charakterystycznego smaku (Czerwińska, 2009). Ze względu na różnorodność metod przygotowywania ekstraktów z suszu herbacianego, krajów pochodzenia herbat, warunków ich uprawy i technologii wytwarzania, problematyczne jest oszacowanie dokładnej zawartości poszczególnych składników bioaktywnych występujących w herbacie. Zawartość substancji aktywnych w naparze herbaty jest uzależniona w głównej mierze od sposobu jego przygotowania (Kłódka i in., 2008).

Miłośnicy herbaty poszukują nowych metod przygotowywania herbat, które pozwolą na wydobycie z nich nowych smaków i aromatów. Popularnym sposobem otrzymywania zielonej herbaty na Tajwanie w sezonie letnim jest zalewanie suszu wodą o temperaturze 4 lub 25°C (Venditti i in., 2010). Safdar i in. (2016) przebadali 10 różnych metod przygotowania zielonej herbaty, a wśród nich zalewanie wodą o temperaturze 25, 52, 75 i 80°C. Metoda przyrządzania herbaty wpływa na skład chemiczny naparów, ekstraktów i wyciągów. Ekstrakty, do których przygotowania użyto wody o temperaturze pokojowej w porównaniu z naparami uzyskanymi przez tradycyjne parzenie zawierały mniej tanin, a więcej saponin. W naparach długo parzonych (ponad 20 minut) wykryto obecność białek, których nie wykryto w naparach uzyskanych w wyniku parzenia w czasie do 3 minut (Safdar i in., 2016).

Herbata, jako produkt pochodzenia roślinnego, jest źródłem witamin oraz innych składników wspomagających prawidłowe funkcjonowanie organizmu człowieka, m.in. chroni przed niekorzystnym działaniem wolnych rodników (Mahejabeen i Syed, 2012). Jest źródłem wielu substancji przeciwutleniających tj. polifenole, a także pewne ilości witaminy C (Błaszak i in., 2017). Antyoksydacyjne działanie składników herbaty chroni komórki organizmu człowieka przed procesami utleniania (Sakanaka i Okada, 2004). Polifenole zawarte w czarnej herbacie mogą wspomagać leczenie nowotworów, doprowadzając komórki chorobowo zmienione do apoptozy, co może przyczyniać się do zahamowania rozwoju choroby, a nawet jej cofnięcia (Bhattacharyya i in. 2003). Wy-

kazano również, że teaflawiny (pochodne katechin) hamują reduktazę tioredoksyny (białko regulujące funkcje komórkowe, m.in. wzrost komórki i apoptozę) (Du i in., 2009). Picie czarnej herbaty zwiększa zdolność antyoksydacyjną plazmy, chroniąc czerwone krwinki przed stresem oksydacyjnym wywołanym przez aktywny tlen i ozon (Sarkar i Bhaduri, 2001). Polifenole w czarnej herbacie, dzięki obecności dwu- i trójhydroksylowych grup połączonych z 3-hydroksylawonem i zdolnościom chelatowania metali ciężkich, mogą wspomagać utlenianie komórek (Wang i Li, 2006). Czarna herbata wykazuje również zdolność do poprawiania przepływu krwi w tętnicach, na co znaczący wpływ mają występujące w niej flawonoidy (Ras i in., 2011). Zwiększenie przepływu krwi, poprzez rozluźnienie ścian naczyń krwionośnych, powoduje obniżenie ciśnienia przepływającej krwi, a tym samym może skutkować zmniejszeniem częstotliwości występowania chorób układu krążenia. Zmiana ciśnienia krwi przy dziennym spożyciu 4-5 filiżanek czarnej herbaty mieści się w granicach 1-2 mmHg. Pomimo, iż nie jest to znacząca zmiana, szeroko rozpowszechniona tradycja picia naparu herbaty może przynieść korzystne efekty wśród dużej części populacji (Greyling in., 2014). Czarna herbata dzięki obecności substancji wpływających na inhibicję hydrolizy węglowodanów, zdolności hamowania aktywności α -glukozydazy oraz w mniejszym stopniu α -amylazy może znacząco wpływać na zmniejszenie ryzyka zachorowania na cukrzycę typu drugiego (Jeng i in., 2007). Zdolność do hamowania aktywności α -glukozydazy prawdopodobnie wzrasta podczas procesu fermentacji (Kwon i in., 2008). Jednak na skutek długiego czasu procesu przemian związków aktywnych zawartych w herbacie duża ich ilość ulega zniszczeniu. W związku z tym herbata czarna charakteryzuje się niższą aktywnością przeciwutleniającą niż pozostałe gatunki herbat (Dongmei i in., 2014).

Cel badań

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu przygotowywania ekstraktów herbaty czarnej na zawartość w nich substancji bioaktywnych. Doświadczenie miało wskazać, która spośród badanych metod pozwala na uzyskanie naparów i wyciągów o największej zawartości polifenoli, antocyanów oraz kwasu askorbinowego.

Materiał i metody

Przygotowanie naparów

Materiał do badań stanowiła czarna herbata Earl Grey dostępna w sieci sklepów „Czas na herbatę”. Ekstrakty herbat przygotowano czterema sposobami. W tym celu 1g liści herbaty zalewano 180 g wodą lub zasypywano lodem. Napary A i B parzono wodą o temperaturze 80°C przez odpowiednio 3 i 5 minut. W trakcie ekstrakcji utrzymywano stałą temperaturę umieszczając próby w łaźni wodnej. Próbę C poddano ekstrakcji wodą o temperaturze 4°C przez 12 godzin. Ekstrakcja przebiegała w naczyniu o podwójnych ściankach z izolacją powietrzną. Do uzyskania ostatniej próby D użyto lodu. Naważkę herbaty zasypano lodem o temperaturze -18°C w postaci prostopadłościaków o wymiarach 35×32×10 mm. Następnie przechowywano ją w ciemnym miejscu, w temperaturze pokojowej, do momentu całkowitego rozpuszczenia lodu, tj. ok. 8 godzin. Próby przygotowano w 3-ktornym powtórzeniu.

Oznaczanie składników bioaktywnych

Zawartość polifenoli w poszczególnych ekstraktach oznaczono zmodyfikowaną metodą Folina-Ciocalteu'a. Próby naparów z herbat, otrzymanych w czterech wariantach, mieszano z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a i nasyconym węglanem sodu a następnie inkubowano przez 30 minut w łaźni wodnej w temperaturze 37°C. Po tym czasie próby poddano badaniu spektrofotometrycznemu. Absorbancję oznaczano przy fali o długości 765 nm. Ogólną zawartość związków polifenolowych przedstawiano, jako ekwiwalent kwasu galusowego.

Oznaczanie barwy

Oznaczenie barwy ekstraktów czarnej herbaty wykonano przy pomocy kolorymetru Chroma Meter CR-410 Konica Minolta. Na podstawie pomiarów parametrów barwy $L^*a^*b^*$ wyznaczono różnice barwy. Obliczeń dokonano z wykorzystaniem wzoru (1):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Interpretacji barwy dokonano na podstawie przedziałów wartości ΔE (Chudy i in., 2016):

- $\Delta E < 1$ – różnica niemożliwa do rozpoznania,
- $1 < \Delta E < 2$ – różnica rozpoznawalna tylko przez doświadczonego obserwatora,
- $2 < \Delta E < 3,5$ – różnica rozpoznawalna przez obserwatora,
- $3,5 < \Delta E < 5$ – wyraźna różnica barw,
- $\Delta E > 5$ – obserwator odnosi wrażenie dwóch różnych barw.

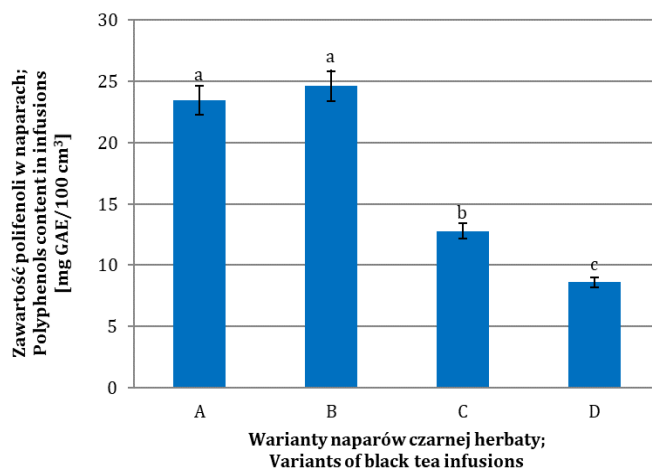
Oznaczanie kwasu L-askorbinowego

Do badania ilości kwasu L-askorbinowego zastosowano metodę z użyciem odczynnika Tillmansa (2,6-dichlorofenolindofenol), uwzględniając reduktony zgodnie z normą PN-A-04019:1998, celem uniknięcia ewentualnego zafałszowania wyników.

Wyniki i dyskusja

Najwięcej związków polifenolowych zawierały napary z liści czarnej herbaty otrzymane przez zalanie wodą o temperaturze 80°C (rys. 1). Warianty naparów A i B zawierały odpowiednio 23,5 i 24,6 mg GAE w 100 cm³. Dmowski i in. (2014) w swoich badaniach wykazali istotny wpływ czasu parzenia czarnej herbaty na zawartość polifenoli ogółem, jednak czasy parzenia w ich badaniach wynosiły 3 oraz 10 minut. Dwa razy mniejszym stężeniem polifenoli niż napary A i B charakteryzował się wariant C, który uzyskano przez zalanie zimną wodą. Infuzja lodem jest najmniej korzystnym sposobem przygotowania herbaty biorąc pod uwagę zawartość w ekstrakcie związków polifenolowych. Liang i in. (2003) przebadali 17 różnych kształtów herbat. W naparach oznaczono ogólną zawartość polifenoli. W zależności od gatunku herbaty ich ilość kształtowała się w zakresie 50 ÷ 113 mg w przeliczeniu na gram liści herbaty. Liang i in. (2003) przygotowali napary poprzez zalanie 3 g liści herbaty wrzątkiem w objętości 150 cm³, co przekłada się na ponad 3-krotnie większą zawartość polifenoli w 100 cm³ naparu niż w prezentowanych badaniach. Zbliżoną zawartość polifenoli

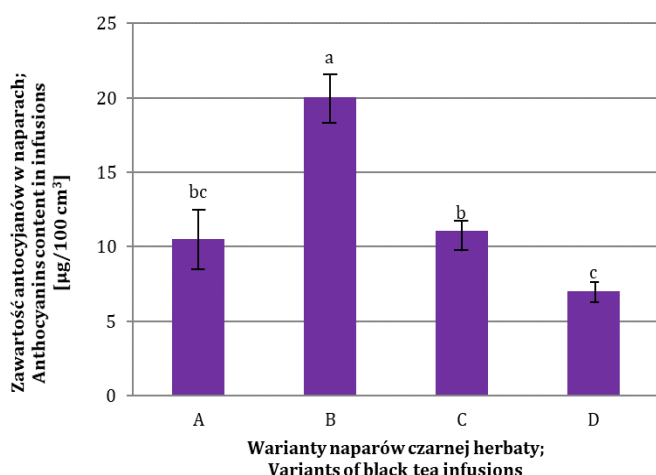
w naparach uzyskali Turkmen i in. (2006), poprzez zalanie 0,2 g liści 10 cm³ wrzącej wody. Napar w ten sposób otrzymany zawierał ponad 30 mg polifenoli w przeliczeniu na gram liści herbaty.



Rys. 1. Zawartość polifenoli w naparach czarnej herbaty (A – woda 80°C/3 min; B – woda 80°C/5 min; C – woda 4°C/12h; D – lód); a, b, c – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$

Fig. 1. Polyphenols content in black tea infusions (A – water 80°C/3 min; B – water 80°C/5 min; C – water 4°C/12h; D – ice); a, b, c – mean values marked with the same letters do not differ statistically significant at $p < 0,05$

Napary i ekstrakty zawierały mało antocyjanów, od 7 do 20 µg/100cm³ (rys. 2.). Najwyższą zawartością antocyjanów wyróżniał się napar przygotowany przez zaparzenie liści czarnej herbaty wodą o temperaturze 80°C przez 5 minut. Krótsze parzenie herbaty spowodowało, że do naparu przeszło o połowę mniej antocyjanów. Kerio i in. (2012) badali ekstrakty z liści czarnej herbaty. Do ekstrakcji używano zakwaszonego metanolu. W 100 cm³ metanolowego ekstraktu 1g liści czarnej herbaty znajdowało się 45 µg antocyjanów, czyli o prawie 9 razy mniej niż w ekstraktach z liści zielonej herbaty.



Rys. 2. Zawartość antocyjanów w naparach czarnej herbaty (A – woda 80°C/3 min; B – woda 80°C/5 min; C – woda 4°C/12h; D – lód); a, b, c – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$

Fig. 2. Anthocyanins content in black tea infusions (A – water 80°C/3 min; B – water 80°C/5 min; C – water 4°C/12h; D – ice); a, b, c – mean values marked with the same letters do not differ statistically significant at $p < 0,05$

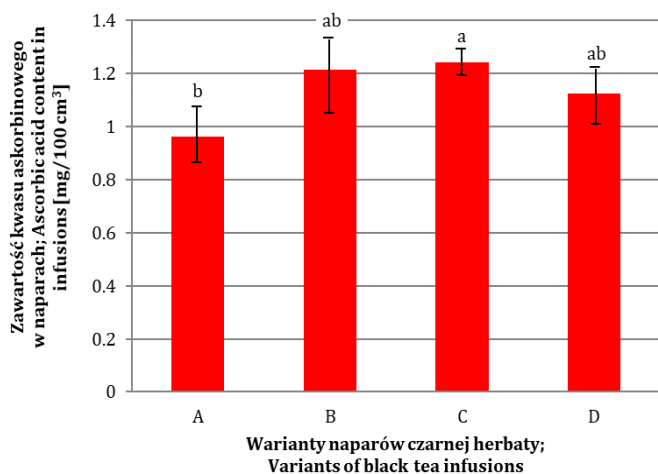
Tab. 1. Różnice barw naparów czarnej herbaty

Tab. 1. Color differences of black tea infusions

Warianty naparów Variants of infusions	A	B	ΔE	C	D
A (woda/water 80°C/3 min)	-	1,9		12,4	11,5
B (woda/water 80°C/5 min)	1,9	-		13,8	12,8
C (woda/water 4°C/12h)	12,4	13,9		-	5,1
D (lód/ice)	11,5	12,8		5,1	-

Oceniono barwę ekstraktów czarnej herbaty. Na podstawie składowych barwy L^* , a^* i b^* wyliczono różnicę barw ΔE . Wyniki zestawiono w tabeli 1. Wartości ΔE pozwalają na ocenę rozpoznawalności różnic barwy przez obserwatora. Różnica barw naparów przygotowanych przez zaparzenie wodą o temperaturze 80°C wynosiła mniej niż 2, co można interpretować jako niewielką różnicę rozpoznawalną jedynie przez doświadczonego obserwatora. Różnica barw pomiędzy pozostałymi wariantami przygotowanych ekstraktów czarnej herbaty jest większa niż 5, co wskazuje na to, że obserwator odnosi wrażenie dwóch różnych barw. Długi czas infuzji wariantów C i D spowodował, że wyraźnie odróżniły się od tych otrzymanych w wyniku zalania gorącą wodą.

Na rysunku 3 przedstawiono zawartość kwasu askorbinowego w naparach i ekstraktach czarnej herbaty w zależności od sposobu jego przygotowania. Najwięcej witaminy C zawierał ekstrakt uzyskany przez infuzję zimną wodą, a najmniej tego składnika znajdowało się w naparze parzonym przez 3 minuty. Liang i in. (2003) w badanych przez siebie naparach czarnej herbaty, różnych rodzajów, oznaczyli kwas askorbinowy w ilości od 0,5 do 4,56 mg/g liści herbaty, co wskazuje na porównywalne zawartości tego składnika w badanych naparach.



Rys. 3. Zawartość kwasu askorbinowego w naparach czarnej herbaty (A – woda 80°C/3 min; B – woda 80°C/5 min; C – woda 4°C/12h; D – lód); a, b – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$

Fig. 3. An ascorbic acid content in black tea infusions (A – water 80°C/3 min; B – water 80°C/5 min; C – water 4°C/12h; D – ice); a, b – mean values marked with the same letters do not differ statistically significant at $p < 0,05$

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Czas parzenia liści czarnej herbaty wodą o temperaturze 80°C nie ma wpływu na zawartość polifenoli ogółem w na-

parach, jednak wraz z wydłużeniem czasu do naparu ekstrahuje się więcej antocyjanów.

2. Na zawartość związków polifenolowych ma wpływ temperatura wody użytej do ekstrakcji – im niższa tym mniej polifenoli w ekstraktach czarnej herbaty.

3. Spośród przebadanych sposobów przygotowywania czarnej herbaty największą zawartością składników bioaktywnych charakteryzował się wariant B, w którym napar przygotowywano przez zalanie liści na czas 5 minut wodą o temperaturze 80°C.

Bibliografia

- Alcazar, A., Ballesteros, O., Jurado, J., Pablos, F., Martin M.J., Vilches J. L., Navalón A. (2007). Differentiation of green, white, black, Oolong, and Pu-erh teas according to their free amino acids content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 5960-5965, doi: 10.1021/jf070601a.
- Bhattacharyya, A., Choudhuri, T., Pal, S., Chattopadhyay, S.K Datta, G., Sa, G., Das, T. (2003). Apoptogenic effects of black tea on Ehrlich's ascites carcinoma cell. *Carcinogenesis*, 24, 75-80.
- Błaszak, B., Hodyl, J., Majewska, K., Szulc, J. (2017). Wpływ sposobu przygotowania zielonej herbaty na zawartość składników aktywnych. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 4(21), 9-12.
- Bonnely, S., Davis, A.L., Lewis, J.R., Astill, C. (2003). A model oxidation system to study oxidized phenoli compounds present in black tea. *Food Chemistry*, 83, 485-492.
- Chudy, S., Gierałowska, U., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Piątek, M. (2016). *Pomiar barwy produktów mlecznych w: Współczesne trendy w kształtowaniu jakości żywności pod red. Piaseckiej-Kwiatkowskiej, D. i Cegielskiej Radziejewskiej, R.* Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań, 85-95, ISBN: 978-83-7160-834-6.
- Dmowski, P., Śmiechowska, M., Sagan, E. (2014). Wpływ czasu parzenia i stopnia rozdrobnienia herbaty czarnej na barwę naparu i jego właściwości przeciwutleniające. *ŻYWNÓŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(96), 206-216, doi: 10.15193/ZNTI/2014/96/206-216. doi: 10.1016/j.foodres.2009.09.022.
- Dongmei, W., Canhuang, C., Yu, W., Jiaying, L., Rongkai, L. (2014). Effect of Black Tea Consumption on Blood Cholesterol: A Meta-Analysis of 15 Randomized Controlled Trials. *PLoS One*, 9(9), e107711, doi: 10.1371/journal.pone.0107711.
- Du, Y., Wu, Y., Cao, X., Cui, W., Zhang, H., Tian, W., Ji, M., Holmgren, A., Zhong, L. (2009). Inhibition of mammalian thioredoxin reductase by black tea and its constituents: Implications for anticancer actions. *Biochimie*, 91(3), 434-444, doi: 10.1016/j.biochi.2008.11.005.
- Graham, H.N. (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive Medicine*, 21(3), 334-350.

- Greyling, A., Rouyanne, T.R., Zock, P.L., Mario, L., Hopman, M.T., Dick, H.J.T., Draijer, R. (2014). The Effect of Black Tea on Blood Pressure: A Systematic Review with Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *PLoS One*, 9(7), e103247, doi: [10.1371/journal.pone.0103247](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103247).
- Jeng, K-C., Chen, C-S., Fang, Y-P., Hou, R. C-W., Chen, Y-S. (2007). Effect of Microbial Fermentation on Content of Statin, GABA, and Polyphenols in Pu-Erh Tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 8787–8792, doi: [10.1021/jf071629p](https://doi.org/10.1021/jf071629p).
- Kerio, L.C., Wachira, F.N., Wanyoko, J.K., Rotich, M.K. (2012). Characterization of anthocyanins in Kenyan teas: Extraction and identification. *Food Chemistry*, 131, 31-38, doi: [10.1016/j.foodchem.2011.08.005](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.005).
- Kłódka, D., Bońkowski, M., Telesiński, A. (2008). Zawartość wybranych metyloksantyn i związków fenolowych w naparach różnych rodzajów herbat rozdrobnionych (dust i fannings) w zależności od czasu parzenia. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(56), 103-113.
- Komes, D., Horžić, D., Belščak, A., Ganić, K.K., Vulic, I. (2010). Green tea preparation and its influence on the content of bioactive compounds. *Food Research International*, 43, 167–176.
- Kwon, Y-I., Apostolidis, E., Shetty, K. (2008). Inhibitory potential of wine and tea against alpha-amylase and alpha-glucosidase for management of hyper-glycemia linked to type 2 diabetes. *Journal of Food Biochemistry*, 32(1), 15-31, doi: [10.1111/j.1745-4514.2007.00165.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2007.00165.x).
- Liang, Y., Lu, J., Zhang, L., Wu, S., Wu, Y. (2003). Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions. *Food Chemistry*, 80, 283-290, doi: [doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00415-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00415-6).
- Mahejabeen, F., Syed, I.R. (2011). Healthy beneficial effect of black tea. *Biomedicine*, 31(1), 3-8.
- Perucka I. (2001). Skład chemiczny liści herbaty. *Biuletyn Magnezologiczny*, 6(3), 443-451.
- Perva-Uzunalić, A., Škerget, M., Knez, Ž., Weinreich, B., Otto, F., Grüner, S. (2006). Extraction of active ingredients from green tea (*Camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chemistry*, 96, 597-605, doi: [10.1016/j.foodchem.2005.03.045](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.045).
- PN-A-04019:1998 *Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C*.
- Ras, R.T., Zock, P.L., Draijer, R. (2011). Tea consumption enhances endothelial-dependent vasodilation a metaanalysis. *PLoS One*, 6, e16974, doi: [10.1371/journal.pone.0016974](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016974).
- Rusak, G., Komes, D., Likić, S., Horžić, D., Kovač, M. (2008). Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used. *Food Chemistry*, 110(4), 852-858, doi: [10.1016/j.foodchem.2008.02.072](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.072).
- Safdar, N., Sarfaraz, A., Kazmi, Z., Yasmin, A. (2016). Ten different brewing methods of green tea: comparative antioxidant study. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 4(03), 033-040, doi: [10.7324/JABB.2016.40306](https://doi.org/10.7324/JABB.2016.40306).
- Sakanaka, S., Okada, Y. (2004). Inhibitory Effects of Green Tea Polyphenols on the Production of a Virulence Factor of the Periodontal-Disease-Causing Anaerobic Bacterium *Porphyromonas gingivalis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(6), 1688-1692, doi: [10.1021/jf0302815](https://doi.org/10.1021/jf0302815).
- Sarkar, A., Bhaduri, A. (2001). Black Tea Is a Powerful Chemopreventor of Reactive Oxygen and Nitrogen Species: Comparison with Its Individual Catechin Constituents and Green Tea. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 284(1), 173-178, doi: [10.1006/bbrc.2001.4944](https://doi.org/10.1006/bbrc.2001.4944).
- Szymandera-Buszcza, K., Górecka, D. (2006). *Herbata w: Towaroznawstwo produktów spożywczych*. pod red. Flaczyk E., Górecka D., Korczak J. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań, 427-431, ISBN: 8371604300.
- Venditti, E., Bacchetti, T., Tiano L., Carloni, P., Greci, L., Damiani, E. (2010). Hot vs. cold water steeping of different teas: do they affect antioxidant activity? *Food Chemistry*, 119, 1597-1604.
- Wang, C., Li, Y. (2006). Research progress on property and application of the flavins. *African Journal of Biotechnology*, 5(3), 213-218.
- Waszkiewicz-Robak, B. (2010). *Kawa, Herbata, Kakao. Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii* pod red. Świdzkiego F. i Waszkiewicz-Robak B., Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 528-530, ISBN: 978-83-7583-210-5.
- Weisburger, J.H. (1997). Tea and health: a historical perspective. *Cancer Letters*, 114, 315-317.
- 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*, 57, 307-316.

Joanna Szulc

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
Zakład Technologii i Inżynierii Przemysłu Spożywczego
ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz
e-mail: joanna.szulc@utp.edu.pl