

WPLYW RODZAJU ZASTOSOWANEJ WODY DO EKSTRAKCJI HERBATKI ZIOŁOWEJ Z SZYSZEK CHMIELU (*LUPULI STROBILI*) NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE AKTYWNYCH

Klaudia Kałwa, Jakub Wyrostek

Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności
Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin
klaudia.kalwa91@gmail.com

Streszczenie

W niniejszej pracy przeprowadzono badania wykazujące zależność zawartości związków biologicznie czynnych na naparze wykonanym klasyczną ekstrakcją odpowiadającą procesowi parzenia herbat według PN-ISO 3103 z herbatki ziołowej z szyszki chmielu (*Lupuli strobili*) od rodzaju zastosowanej wody. W pracy wykorzystano pięć rodzajów wód tj. wodę wodociągową, wodę destylowaną, wodę dejonizowaną oraz dwa rodzaje wód zakupionych na lubelskim rynku tj. wodę mineralną oraz źródlaną. Przeprowadzono analizę zawartości związków polifenolowych ogółem, w tym flawonoidów oraz oznaczono aktywność antyoksydacyjną metodą redukcji rodnika DPPH. Badania wykonane zmodyfikowaną metodą Singleton i Rossi (1965) z użyciem odczynnika Folin-Ciocalteu wykazały, że zastosowane wody nie mają istotnego wpływu na zawartość polifenoli w ekstraktach z szyszek chmielu. Wartości te wahały się w granicach 0,096-0,109 mg/ml. Ponadto, wykazano, że najwyższą zawartością tych związków charakteryzował się ekstrakt sporządzony dla wody mineralnej 231,15 µg/ml natomiast najniższą dla wody źródlanej 205,31 µg/ml. Wysoką zawartość wykazano również dla wody wodociągowej 225,66 µg/ml. Badania zdolności antyoksydacyjnej wykonano zmodyfikowaną metodą Branda-Wiliamsa i in. (1995) z użyciem syntetycznego rodnika DPPH. Wykazano, że najwyższą zdolnością charakteryzowały się ekstrakty sporządzone dla wody wodociągowej 2,21 mM Troloxu oraz dla wody mineralnej 2,21 mM Troloxu, dla których nie wykazano istotnych statystycznie różnic. W pracy wykazano również wpływ pH wody na właściwości antyoksydacyjne badanych naparów. Wody o najwyższym pH (tj. woda wodociągowa oraz mineralna) wykazywały najwyższe właściwości przeciwutleniające.

Słowa kluczowe: właściwości antyoksydacyjne, szyszki chmielu, ekstrakcja, rodzaj rozpuszczalnika, woda

INFLUENCE OF THE TYPE OF WATER USED TO EXTRACT HERBAL TEA FROM HOP CONES (*LUPULI STROBILI*) ON THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS

Summary

In this work, studies showing the dependence of the content of biologically active compounds on the brew made with classical extraction corresponding to the process of brewing tea according to PN-ISO 3103 from herb hop cone (*Lupuli strobili*) on the type of water used. Five kinds of water were used in the work, ie tap water, distilled water, deionized water and two types of water purchased on the Lublin market, ie mineral and spring water. The total polyphenol compounds, including flavonoids, were analyzed and the antioxidative activity was determined by the reduction of the DPPH radical. Studies performed using the modified method of Singleton and Rossi (1965) using the Folin-Ciocalteu reagent showed that the water used had no significant effect on the content of polyphenols in extracts of hops. These values ranged from 0.096-0.109 mg / ml. In addition, it was shown that the highest content of these compounds was characterized by the extract prepared for mineral water 231.15 µg / ml and the lowest for the spring water 205.31 µg / ml. High content was also demonstrated for tap water 225,66 µg / ml. Antioxidative capacity tests were carried out using the modified method of Brand-Williams et al. (1995) using the synthetic DPPH radical. It was shown that extracts made for tap water of 2,21 mM Trolox and for mineral water 2,21 mM Trolox, for which no statistically significant differences were found, were the highest. The study also showed the influence of water pH on the antioxidant properties of the infusions tested. Water with the highest pH (ie tap water and mineral water) showed the highest antioxidant properties.

Key words: antioxidant properties, hop cones, extraction, type of solvent, water

WPROWADZENIE

W zachowaniu dobrego zdrowia konieczne jest prawidłowe żywienie oraz dostarczanie niezbędnej ilości składników mineralnych. Za pomocą wody mineralnej możemy dostarczyć część pierwiastków, pod warunkiem, że woda spożywana jest w odpowiednich ilościach, a ich stężenie jest na odpowiednio wysokim poziomie (nie mniej niż 15% dziennego zapotrzebowania). Najważniejszymi składnikami dla organizmu są: magnez, wapń, sód, chlorki, siarczany, wodorowęglany, fluorki, jodki, żelazo oraz dwutlenek węgla

[Wojtaszek 2011]. Woda jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania organizmów żywych oraz należy do głównych składników pożywienia. Obok powietrza to podstawowy element potrzebny do życia. Wśród napojów bezalkoholowych rynek wód mineralnych jest najprężniej rozwijającym się w Polsce. Wynika to przede wszystkim ze zmianami nawyków żywieniowych konsumentów, jak również z negatywnymi opiniami na temat wód wodociągowych. Mimo, to spożycie wód butelkowanych nadal jest o połowę niższe niż w pozostałych krajach Unii Europejskiej [Salomon, Regulska-Ilow 2013]. Spożywanie odpowiednich wód mineralnych jest łatwym sposobem na dostarczenie organizmowi cennych pierwiastków. Wody źródlane o niskiej i bardzo niskiej mineralizacji coraz częściej wykorzystywane są do sporządzania naparów herbaty, kawy, ziół oraz przygotowywania posiłków np. dla niemowląt. Chcąc mieć pewność, że dana woda będzie korzystnie wpływać na organizm człowieka musi ona posiadać odpowiednią czystość bakteriologiczną i chemiczną oraz posiadać odpowiedni skład mineralny [Pasternakiewicz i in. 2014]. Głównym źródłem wody pitnej są wody podziemne- pochodzące z warstwy wodonośnej, która nie ma styczności z powierzchnią terenu oraz powierzchniowe tj. jeziora, rzeki, zbiorniki retencyjne. Spośród wód podziemnych wyróżnia się:

- Wody gruntowe- mieszczące się na większych głębokościach, warstwy skał przepuszczalnych oddzielają je od powierzchni ziemi pełniąc rolę filtra. Wody te posiadają wysokie znaczenie gospodarcze, gdyż charakteryzują się znaczną czystością.
- Wody wgłębne- to wody oddzielone warstwami skał nieprzepuszczalnych, uzupełniane przez opady atmosferyczne.
- Wody zaskórne- wody te ze względu na występujące w nich zanieczyszczenia nie kwalifikują się do konsumpcji, ani nie są wykorzystywane do celów spożywczych. Występują w granicach 2 m od powierzchni ziemi.
- Wody głębinowe- wody charakteryzujące się wysoką mineralizacją oraz zasoleniem, stąd też nie nadają się do picia.

Skład wód powierzchniowych uzależniony jest od geologicznego charakteru terenu i stanu sanitarnego zlewni. W stanie naturalnym wody te nie nadają się do spożycia [Kałuża, Krajewski 2015].

Za zaopatrzenie, a także jakość wody dostarczanej do ludności odpowiadają zakłady wodociągowe działające na terenie Polski. Przedsiębiorstwa wodociągowe funkcjonujące w Polsce zobowiązane są do przestrzegania norm przepisów unijnych. Istotnym aktem prawnym dotyczącym gospodarki wodnej obowiązującym w Unii Europejskiej jest Ramowa Dyrektywa Wodna nr 2000/60 WE. Głównym założeniem tej Dyrektywy jest zabezpieczenie wody przed zanieczyszczeniami. Od momentu wprowadzenia RDW w Polsce zmieniono obowiązujący od 1970 r. system gospodarki wodnej [Kłós 2015].

W Polsce obowiązują dwa akty prawne, które regulują zagadnienia dotyczące wód butelkowych tj. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 31 marca 2011 r. „W sprawie naturalnych wód mineralnych, wód źródlanych i wód stołowych” oraz Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/54/WE z dnia 18 czerwca 2009 „W sprawie wydobywania i wprowadzania do obrotu naturalnych wód mineralnych”. Na podstawie powyższego rozporządzenia na polskim rynku możemy wyróżnić trzy rodzaje wód:

- Naturalne wody mineralne- są to wody podziemne o stabilnym składzie mineralnym, pierwotnie czyste pod względem mikrobiologicznym i chemicznym, zawierające składniki o właściwościach fizjologicznych, które korzystnie wpływają na organizm człowieka [Kozarkiewicz, Kabalska 2015].
- Wody źródlane- są to wody pochodzące ze złoża podziemnego o składzie chemicznym i właściwościach wymaganych dla wody przeznaczonej do codziennego spożycia przez ludzi. Wody te są dobrym zamiennikiem wód wodociągowych, które często zwłaszcza w większych miastach nie są najlepszej jakości. Jednak, jeżeli chodzi o aspekty zdrowotne, na co dzień lepszym rozwiązaniem jest spożywanie wód mineralnych, dzięki którym możemy dostarczyć niezbędnych składników mineralnych do organizmu [Salomon, Regulska-Iłow 2013].
- Wody stołowe (mineralizowane)- są uzyskiwane poprzez wzbogacanie wody źródlanej w składniki mineralne. Proces mineralizowania odbywa się poprzez dodanie naturalnej wody mineralne bogatej w jeden lub więcej składników wykazujących działanie fizjologiczne. Zaliczane są do wód twardych, czyli o wysokiej zawartości magnezu i wapnia, przez co korzystnie wpływają na układ krążenia i serce [Wojtaszek 2012].

Dodatkowo bardzo ważnym aspektem związanym ze spożywaniem herbatek ziołowych jest obecność w nich związków biologicznie aktywnych. Związki polifenolowe obecne

w herbatkach ziołowych stanowią ważny element funkcjonalny oraz decydują o jakości danej herbatki. W ich skład wchodzi przede wszystkim katechina do 70-80%. Związki te rozpuszczają się w wodzie ze względu na ich wielowodorotlenowy charakter. Polifenole wchodzi w reakcje polimeryzacji za pośrednictwem pierścienia benzenowego oraz grup hydroksylowych z wiązaniami wodorowymi oraz hydrofobowymi. W momencie, gdy stężenie polifenoli w ekstrakcie osiąga pewien poziom dochodzi do zwiększenia lepkości, zaś zmniejsza się w warunkach, gdy są obecne cząsteczki o małej masie, niskie pH oraz wysoka temperatura. Z drugiej strony cząsteczki polifenoli są elektroujemne, więc będą bardziej stabilne, jeżeli w roztworze znajdzie się niewiele elektrolitów i środków dyspergujących o małych cząsteczkach [Yang 2003]. Obecne w roślinach związki o właściwościach przeciwutleniających zabezpieczają nasz organizm przed chorobami związanymi z działaniem wolnych rodników m.in. miażdżycą, chorobą Alzheimera, chorobą Parkinsona. Substancje biologicznie aktywne w każdej roślinie występują w innych proporcjach i składzie. Różnice te w dużej mierze zależą nie tylko od sposobu uprawy, zbioru oraz dalszej obróbki, ale przede wszystkim od gatunku oraz części danej rośliny. Substancji tych w większości organizm nie jest w stanie sam produkować lub produkuje w niewystarczającej ilości, dlatego ich dostarczanie może odgrywać kluczową rolę w profilaktyce wielu chorób cywilizacyjnych [Venables i in. 2008].

Celem niniejszej pracy było wykazanie wpływu rodzaju zastosowanej wody na obecność związków biologicznie aktywnych obecnych w naparach ziołowych sporządzonych z szyszek chmielu poprzez wyznaczenie ogólnej zawartości polifenoli w tym także flawonoidów oraz pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej metodą redukcji rodnika DPPH.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiła ziołowa herbata z szyszek chmielu producenta „Dary Natury”. Badania zostały przeprowadzone na klasycznych naparach przygotowanych zgodnie z normą PN-ISO 3103. W tym celu do zlewki odważano 2 g surowca, następnie zalewano 100 ml wrzącej wody destylowanej i przykryto szalką Petriego w celu dokonania ekstrakcji.

Zastosowane rozpuszczalniki:

- Woda wodociągowa o zawartości 16,9 mg/L Mg^{2+} , 15,6 mg/L Na^+ , Fe^{2+} 113,0 $\mu g/L$, chlorki 41,4 mg/L

- Woda destylowana
- Woda dejonizowana
- Woda mineralna o zawartości 520,3 mg/L składników mineralnych w tym 8,0 Na⁺, 87,0 Ca²⁺, 11,0 Mg²⁺, 4,10 K⁺
- Woda źródłana o zawartości 543,5 mg/L składników mineralnych w tym 65,70 Na⁺, 58,30 Ca²⁺, 12,70 Mg²⁺, 9,40 K⁺

Polifenole

Zawartość polifenoli oznaczano wg procedury Singleton i Rossi [1965] przy użyciu odczynnika Folina-Ciocalteu w stosunku 1:5. Wyniki podano w mg/100 ml naparu w przeliczeniu na kwas galusowy. Pomiary wykonano w trzech powtórzeniach. Do kolby miarowej o pojemności 25 ml pobierano 0,05 ml naparów, dodawano kolejno 2 ml metanolu (cz.d.a., 99,8%), 10 ml wody destylowanej oraz 2 ml odczynnika Folina - Ciocalteu'a (stosunek 1:5). Odstawiono na 3 min. Po tym czasie dodano 1 ml 10% roztworu węgla sodu Na₂CO₃, dokładnie wymieszano i pozostawiono na 30 min. po upływie czasu kolby z próbkami uzupełniono wodą destylowaną do kreski. Absorbancje mierzono przy długości fali 750 nm, wobec próby zerowej.

Flawonoidy

Zawartość flawonoidów w przeliczeniu na epikatechine oznaczano spektrofotometrycznie według procedury opisanej przez Karadeniza i in. [2005]. Do probówek pobrano po 0,5 cm³ naparów, dodano 2,5 cm³ wody destylowanej, 0,15 cm³ 5% (w/w) wodnego roztworu azotanu (III) sodu NaNO₂ i wymieszano. Po upływie 5 minut wprowadzono również 0,3 cm³ 10% (w/w) wodnego roztworu sześciowodnego chlorku glinu AlCl₃·(H₂O)₆, po raz kolejny wymieszano i pozostawiono na 5 minut. Następnie dodawano 2 cm³ 1 M wodnego roztworu wodorotlenku sodu NaOH i 0,55 cm³ wody destylowanej. Pomiar absorbancji wykonano przy długości fali 510 nm.

DPPH

Aktywność antyoksydacyjną oznaczano według zmodyfikowanej metody Branda-Wiliamsa i in. [1995] [Zych, Krzepińko 2010] z użyciem syntetycznego rodnika DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl, Sigma Aldrich). Absorbancję roztworów mierzono przy długości fali $\lambda = 517$ nm. 0,5 mM alkoholowy roztwór DPPH przygotowano, rozpuszczając 19,71 mg DPPH (M = 394,32 g/mol) w 100 cm³ metanolu (cz.d.a., 99,8%). Otrzymany roztwór rozcieńczono tak, aby jego absorbancja przy długości fali $\lambda = 517$ nm wynosiła ok. 0,9. Roztwór

przechowywano w ciemności. W pierwszym etapie doświadczenia zmierzono absorbancję roztworu rodnika DPPH (A_0). Następnie zdolność badanego antyoksydantu do przeciwdziałania reakcji utleniania obliczano ze wzoru (1):

$$\% \text{ inhibicji} = 100 \cdot \frac{A_0 - A_{\text{sr}}}{A_0} \quad (1)$$

gdzie:

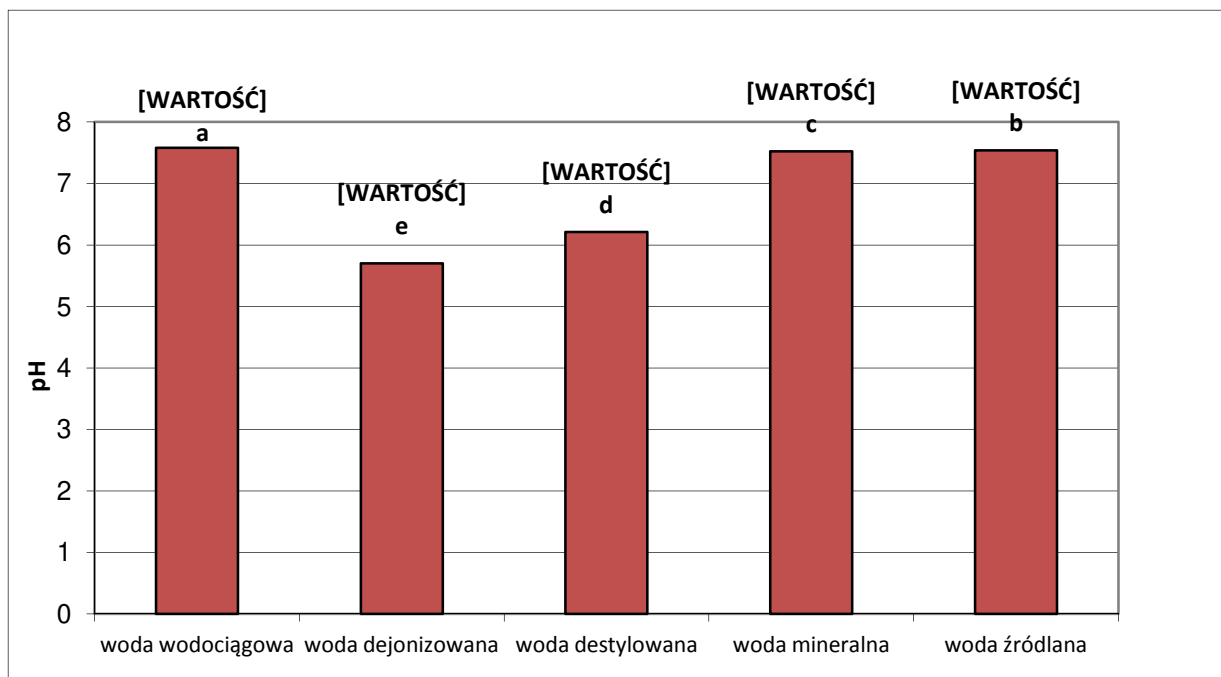
A_0 - absorbancja roztworu rodnika DPPH,

A_{sr} - średnia wartość absorbancji badanego roztworu zawierającego antyoksydant.

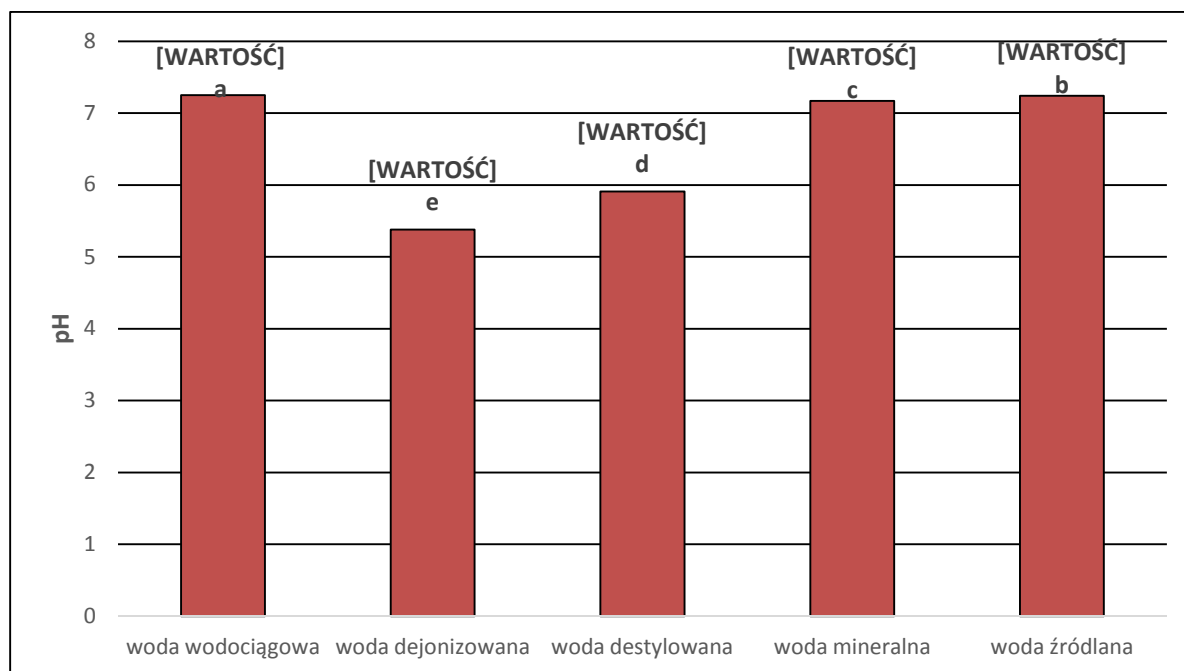
Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 6.0 PL. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Tukey'a na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$).

WYNIKI I DISKUSJA

Wartości pH pięciu próbek wody były różne (Rysunek 1-2). Wartości dla wody wodociągowej, mineralnej i źródlanej były powyżej 7 natomiast wartość dla wody destylowanej (6,21) oraz dejonizowanej (5,7) były poniżej 6,5. Po ogrzewaniu pH próbek wody wzrosło średnio o 0,32. Podobne wyniki zostały wykazane przez Mossion i in. [2008] oraz Liu i in. [2013], wynikające z uwalniania dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie.



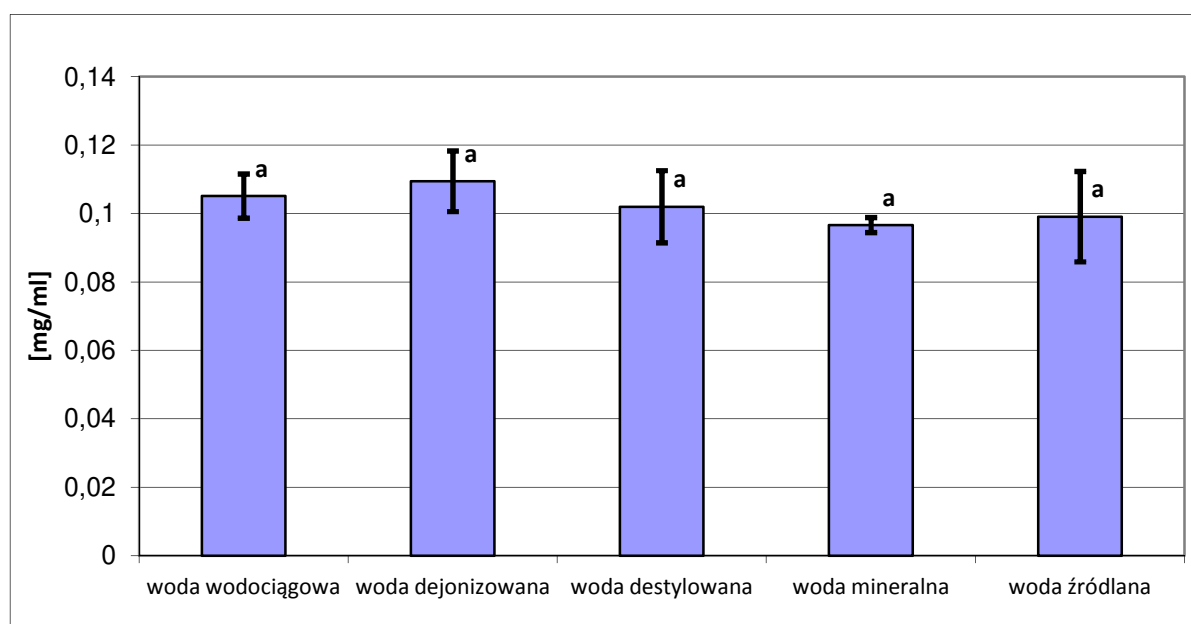
Rysunek 1. pH wodnych ekstraktów z herbatki z szyszek chmielu.
pH of aqueous tea extracts from hop cones.



Rysunek 2. pH badanych wód
pH of the studied waters

Na wykresie 3 (Rysunek 3) przedstawiono wpływ rodzaju wody na zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy w badanych ekstraktach. Przeprowadzone badania

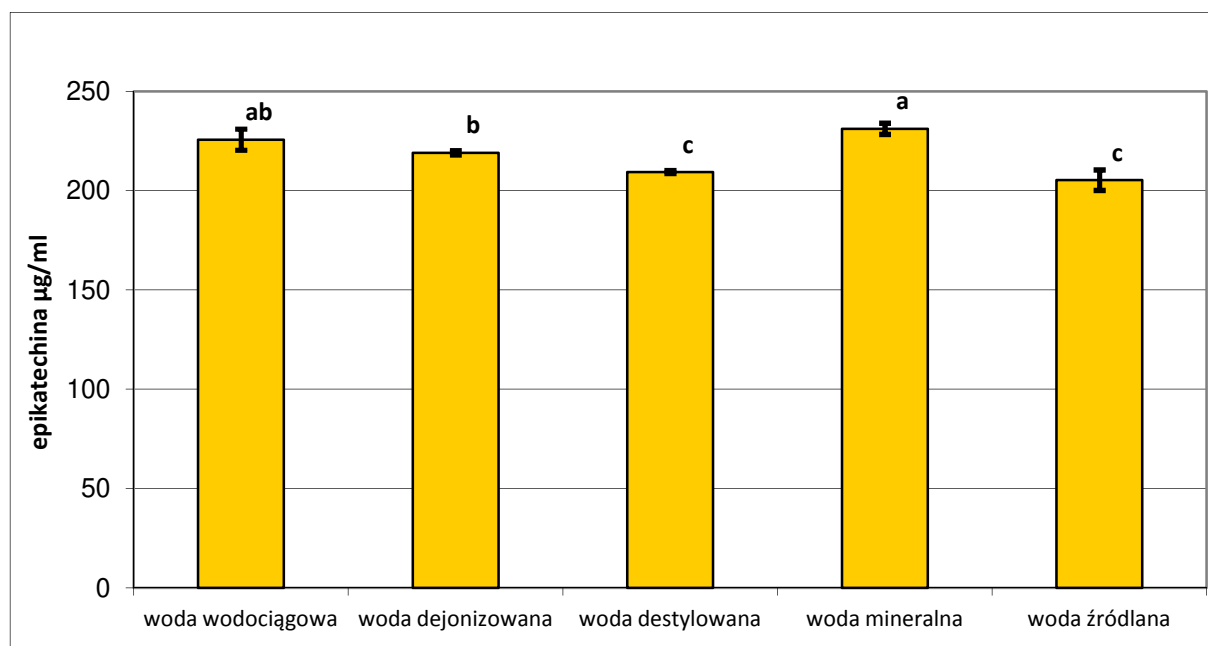
wykazały, że zastosowane wody nie mają istotnego wpływu na zawartość polifenoli w ekstraktach z szyszek chmielu. Wartości te wahały się w granicach 0,096-0,109 mg/ml. Najwyższą wartość zanotowano dla wody dejonizowanej, zaś najniższą dla wody mineralnej. Woda dejonizowana jest wolna od związków mineralnych. Jak potwierdzają badania związki polifenolowe mogą łączyć się z jonami magnezu oraz wapnia tym samym powodując częściowe ich zatrzymanie [Yang 2003]. Również w badaniach przeprowadzonych przez Chłopicka i in. [2015] wykazano, że woda bogata w składniki mineralne tj. magnez i wapń, może wpływać na obniżenie zawartości polifenoli i flawonoidów w naparach.



Rysunek 3. Wpływ rodzaju wody na zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy w ekstraktach z herbatki ziołowej z szyszek chmielu.
Influence of the type of water on the content of polyphenols calculated on gallic acid in extracts of herbal tea from hop cones.

Na wykresie 4 (Rysunek 4) przedstawiono wpływ rodzaju wody na zawartość flawonoidów w badanych naparach w przeliczeniu na epikatechine. Wykazano, że najwyższą zawartością tych związków charakteryzował się ekstrakt sporządzony dla wody mineralnej 231,15 µg/ml natomiast najniższą dla wody źródlanej 205,31 µg/ml. Wysoką zawartość wykazano również dla wody wodociągowej 225,66 µg/ml natomiast pozostałe, czyli woda dejonizowana oraz destylowana wykazywały odpowiednio 219,11 µg/ml oraz 209,37 µg/ml. Tak zróżnicowane wartości mogą być związane z obecnością związków mineralnych w wodzie. Woda mineralna charakteryzowała się wysoką zawartością jonów wapnia Ca^{2+} natomiast woda wodociągowa dość wysoką zawartością jonów magnezu Mg^{2+} . Wyniki te mogą sugerować wpływ jonów wapnia oraz magnezu na zawartość flawonoidów. Katechiny są związkami polifenolowymi

zaliczanymi do flawanoli [Mirecka i in. 2013]. W badaniach Xu i in., [2017] wykazano, że w badanych naparach z użyciem różnego rodzaju wód tj. woda dejonizowana, woda mineralna, woda źródłana oraz woda wodociągowa stężenie katechiny w naparze z użyciem wody mineralnej i wody wodociągowej było znacząco niższe w porównaniu do naparów z użyciem wody dejonizowanej oraz źródlanej. Stwierdzono, że im wyższe przewodnictwo oraz wartość pH tym niższe całkowite stężenie katechin w naparach. Nieco inną zależność wykazano w niniejszej pracy. Wody o najwyższym pH tj. woda wodociągowa oraz mineralna wykazywały najwyższe zawartości flawonoidów, oznacza to, że woda zawierająca dużą ilość minerałów może wpływać na całkowitą wydajność ekstrakcji katechin oraz woda o wysokim pH może zmieniać stabilność katechin w naparze. Ananingsih i in. [2013] wykazali, że stabilność katechin uzależniona jest od wartości pH, związki te są niestabilne w roztworach wodnych o $\text{pH} > 6$.

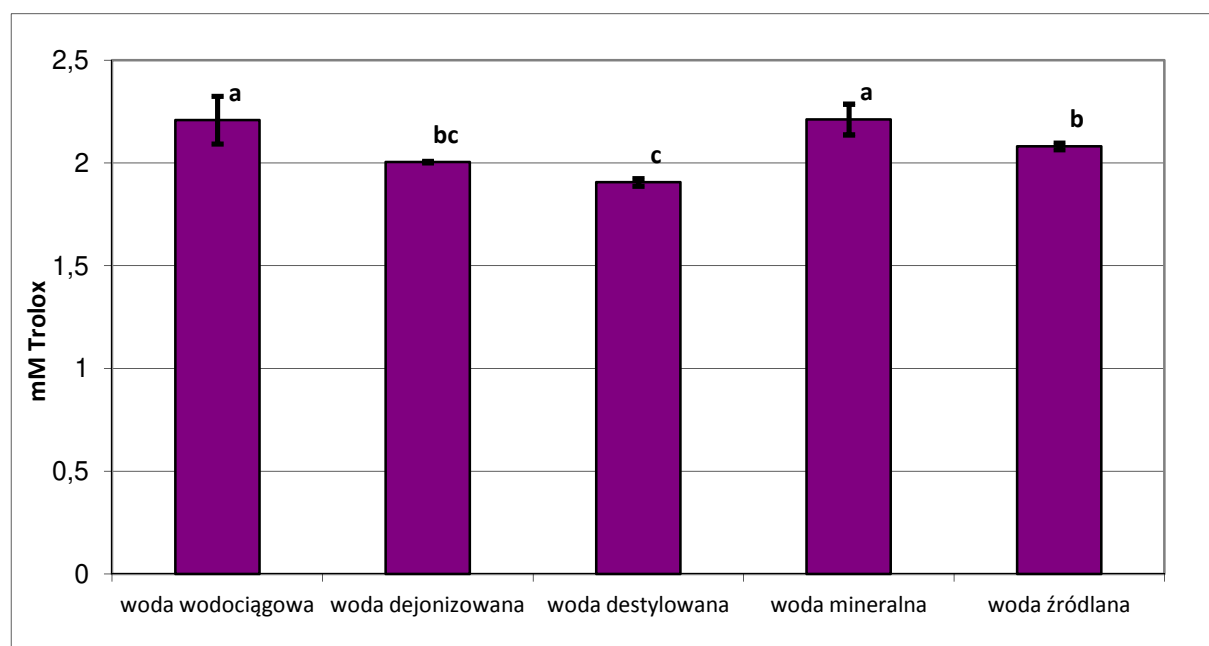


Rysunek 4. Wpływ rodzaju wody na zawartość flawonoidów w przeliczeniu na epikatechine w ekstraktach z herbatki ziołowej z szyszek chmielu.
Influence of the type of water on the content of flavonoids calculated on epicatechin in extracts of herbal tea from hop cones.

Na wykresie 5 (Rysunek 5) przedstawiono aktywność przeciwutleniającą wyrażoną w mM Troloxu. Właściwości przeciwutleniające uzależnione są od obecności w naparze pewnych związków biologicznie aktywnych m.in. katechin czy tanin. Zdolności antyoksydacyjne badanych naparów mierzone były za pomocą DPPH. Wykazano, że najwyższą zdolnością antyoksydacyjną charakteryzowały się ekstrakty sporządzone dla wody wodociągowej oraz

dla wody mineralnej (2,21 mM Troloxu). Najniższą zdolność antyoksydacyjną wykazywały woda destylowana i dejonizowana (1,91 mM oraz 2,01 mM Troloxu odpowiednio). Pozostała woda źródłana wykazywała aktywność równą 2,08 mM Troloxu.

Analizując wartości pH badanych wód można wywnioskować, że im wyższe pH wody tym lepsze właściwości antyoksydacyjne. W badaniach Xu i in. [2017] wyniki, również wskazywały, że zarówno pH jak i przewodność wody znacznie się między sobą różniły, co wpływało na zdolność przeciwutleniającą naparów herbacianych. Stwierdzono również istotną dodatnią korelację Pearsona między całkowitym stężeniem katechin, a właściwościami przeciwutleniającymi mierzonymi za pomocą DPPH, co sugeruje, że zdolność antyoksydacyjna naparów w największym stopniu uzależniona jest od stężenia katechin [Zhou i in. 2009].



Rysunek 5. Wpływ rodzaju wody na aktywność przeciwutleniającą wyrażoną w mM Troloxu w ekstraktach z herbatki ziołowej z szyszek chmielu.

Influence of the type of water on antioxidant activity expressed in mM Trolox in extracts of herbal tea from hops cones.

WNIOSKI

1. Badania wykonane zmodyfikowaną metodą Singleton i Rossi [1965] z użyciem odczynnika Folina-Ciocalteu wykazały, że zastosowane wody nie mają istotnego

wpływu na zawartość polifenoli w ekstraktach z szyszek chmielu. Wartości te wahały się w granicach 0,096-0,109 mg/ml.

2. Wykazano, że najwyższą zawartością flawonoidów oznaczonych spektrofotometrycznie według procedury opisanej przez Karadeniza i in. [2005] charakteryzował się ekstrakt sporządzony dla wody mineralnej 231,15 µg/ml natomiast najniższą dla wody źródlanej 205,31 µg/ml. Wysoką zawartość wykazano również dla wody wodociągowej 225,66 µg/ml
3. Wartości pH pięciu próbek wody były różne. Wartości dla wody wodociągowej, mineralnej i źródlanej były powyżej 7 natomiast wartość dla wody destylowanej (6,21) oraz dejonizowanej (5,7) były poniżej 6,5. Po ogrzewaniu pH próbek wody wzrosło średnio o 0,32. Analizując wartości pH badanych wód można wywnioskować, że im wyższe pH wody tym lepsze właściwości antyoksydacyjne. Stąd też badania zdolności antyoksydacyjnej wykazały, że najwyższą zdolność charakteryzowały się ekstrakty sporządzone dla wody wodociągowej (pH 7,58) 2,21 mM Troloxu oraz dla wody mineralnej (pH 7,52) 2,21 mM Troloxu, dla których nie wykazano istotnych statystycznie różnic. Zdolności antyoksydacyjne związane są z pH badanych wód.

PIŚMIENNICTWO

1. Ananingsih V. K., Sharma A., & Zhou W. (2013). Green tea catechins during food processing and storage: A review on stability and detection. *Food Res Int.*, 50(2), 469–479
2. Brand-Williams W., Cuvelier M.,E., Berset C. (1995). *Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie, Food Science and Technology*, 28, 25-30
3. Chłopicka J., Niedziela A., Bartoń H. (2015). Aktywności antyoksydacyjna i całkowita zawartości polifenoli w naparach kawy w zależności od rodzaju kawy i sposobu jej przygotowania. *Bromatol Chem Toksykol.* XLVII, 1, 5-11
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/54/WE z dnia 18 czerwca 2009 „W sprawie wydobywania i wprowadzania do obrotu naturalnych wód mineralnych
5. Kałuża J., Krajewski P. Źródła wody pitnej i jej jakość W: Woda w żywieniu i jej źródła, Brzozowska A., Gawęcki J. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2015, 49-62
6. Karadeniz F., Burdurlu H.,S., Koca N., Soyer Y. (2005). Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turk J Agric For*, 29(4), 297-303

7. Kłós L. (2015). Jakość wody pitnej w Polsce. *Folia Oeconomica*, 2(313), 195-205
8. Kozarkiewicz A., Kabalska A. (2015). Zasoby w modelach biznesowych producentów butelkowanych wód mineralnych. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 244, 91-100
9. Liu P., Yin J., Xu Y., Wang F., & Liu P. (2013). Effect of water quality on the main components and quality of baked green tea infusion. *Food Science*, 34(23), 36-40
10. Mirecka A.A., Kołodziejczyk-Czepas J., Wachowicz B. (2013). Katechiny – aktywność biologiczna i rola w profilaktyce chorób układu krążenia. *KOSMOS. Problemy Nauk Biologicznych*, 62(298), 77-85
11. Mossion A., Potin-Gautier M., Delerue S., Le Hecho I., Behra P. (2008). Effect of water composition on aluminium, calcium and organic carbon extraction in tea infusions. *Food Chem.*, 106(4), 1467-1475
12. Pasternakiewicz A., Bilek M., Stawarczyk K. (2014). Badania zawartości wybranych anionów nieorganicznych w wybranych wodach mineralnych i źródłanych- pod kątem bezpieczeństwa zdrowotnego wody. *Probl Hig Epidemiol.*, 95(3), 788-793
13. PN-ISO 3103:1996 - wersja polska, Herbata -- Przygotowanie naparu do badań sensorycznych
14. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 31 marca 2011r. „W sprawie naturalnych wód mineralnych, wód źródłanych i wód stołowych” (Dz.U.2011, nr 85, poz. 466)
15. Salomon A., Regulska-Iłow B. (2013). Polskie butelkowane wody mineralne i lecznicze- charakterystyka i zastosowanie. *Bromat. Chem. Toksykol.* 1, 53-65
16. Singleton V.L., Rosi J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic reagents. *Am. J. Enol. Viticult.*, 16, 144-158
17. Venables M. C., Hulston C.,J., Cox H.R., Jeukendrup A.E. (2008). Green tea extract ingestion, fat oxidation, and glucose tolerance in healthy humans. *Am. J. Clinical Nutrition*, 87(3), 778-84
18. Wojtaszek T. (2011). Co teraz oznacza nazwa „naturalna woda mineralna”? *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 6, 8-9
19. Wojtaszek T. (2012). Lecznicze wody mineralne. *Porady na zdrowie.* 10(23), 22-23.
20. Xu Y.Q., Zou C., Gao Y., Chen J.X., Wang F., Chen G.S., Yin J.F. (2017). Effect of the type of brewing water on the chemical composition, sensory quality and antioxidant capacity of Chinese teas. *Food Chem.*, 236, 142-151

21. Yang X.Q. (2003). The components and properties of tea polyphenols; The biological activities of tea polyphenols. W: Yang, X.Q., Wang, Y.F., Chen, L.J. (Eds.), Tea polyphenol chemistry (pp. 1–54;109–194). Shanghai Science and Technology Press, Shanghai
22. Zhou D., Chen Y., Ni D. (2009). Effect of water quality on the nutritional components and antioxidant activity of green tea extracts. *Food Chem.*, 113, 110–114
23. Zych I., Krzepiło A. (2010). Pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej wybranych antyoksydantów i naparów metodą redukcji rodnika DPPH. *Chemia Dydaktyka Ekologia Metrologia*, 15 (1), 51-54