

Prof. dr hab. inż. Bożena WASZKIEWICZ-ROBAK  
Prof. Waclaw Dabrowski Institute of Agriculture and Food Biotechnology  
– State Research Institute, Warsaw, Poland  
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego  
im. prof. Waclawa Dąbrowskiego w Warszawie – Państwowy Instytut Badawczy, Polska

## COMPARISON OF THE CONTENT OF SELECTED BIOACTIVE COMPOUNDS IN INFUSIONS OF DIFFERENT TEAS®

### Porównanie zawartości wybranych składników bioaktywnych w naparach herbat®

*The purpose of this paper is to compare the content of total extracts, caffeine, tannins and total polyphenolic compounds in infusions of different teas from the same region of cultivation. The antioxidant properties of the infusions prepared from these teas have also been determined. The research material consisted of Chinese leaf teas purchased in a chain of hypermarket stores in Warsaw. They included: green tea, a mixture of green and white tea and black tea. It has been indicated that the type of tea has a significant impact on the content of polyphenols, tannins and caffeine, and the brewing time significantly changes the content of tannins in the infusions. The extract content in tea infusions depends to a large extent on the concentration of the prepared infusions and is the reflection of their strength. For all teas tested, the antioxidant activity of infusions depended on the content of polyphenolic compounds and was significantly higher for green tea infusions and green tea blends.*

**Key words:** tea, bioactive substances, polyphenolic compounds, caffeine, tannins, antioxidant properties.

*Celem artykułu jest porównanie zawartości substancji wyciągowych ogółem, kofeiny, garbników oraz związków polifenolowych ogółem w naparach różnych herbat pochodzących z tego samego rejonu upraw. Oznaczono również właściwości przeciwutleniające naparów sporządzonych z tych herbat. Materiał badawczy stanowiły chińskie herbaty liściaste zakupione w sieci hipermarketów w Warszawie. Były to: herbata zielona, mieszanka herbat zielonej z białą oraz herbata czarna. Wykazano, że rodzaj herbaty ma istotny wpływ na zawartość związków polifenolowych, garbników i kofeiny, a czas parzenia istotnie zmienia zawartość garbników w naparach. Zawartość substancji wyciągowych w naparach herbat zależy istotnie od stężenia przygotowanych naparów i jest odzwierciedleniem ich mocy. Dla wszystkich badanych herbat aktywność przeciwutleniająca naparów zależała od zawartości związków polifenolowych i była istotnie wyższa dla naparów z herbaty zielonej i mieszanki herbaty zielonej z białą.*

**Słowa kluczowe:** herbata, substancje bioaktywne, związki polifenolowe, kofeina, garbniki, właściwości przeciwutleniające.

## INTRODUCTION

Once reserved only for the elite, tea is today one of the most popular drinks consumed daily by the majority of people in the world. Average tea consumption in Poland per raw material is estimated at approx. 1 kg / person. As a rule, 1–2% infusions are the most acceptable in terms of their sensory content. Tea infusions are widely appreciated for their sensory properties, exceptional aroma, as well as for their characteristic taste with a slight hint of bitterness [34].

Regular consumption of infusions of teas, especially green or red teas, can reduce the development of cardiovascular and nervous system diseases, and it prevents cancer. Scientific research also shows that consuming tea in various forms can regulate body weight and prevent obesity. The high content of various bioactive compounds, which have a beneficial effect

on the proper functioning of the organism, contributes to the increased interest in tea infusions [4, 36, 38].

Bioactive substances contained in tea, such as catechins and theaflavins, have a prophylactic effect in the development of atherosclerosis and hypertension by reducing the level of cholesterol and triacylglycerols in the plasma. In addition, numerous polyphenolic compounds are effective in fighting bacteria and viruses, and thus contribute to the prevention and treatment of infectious diseases (flu, colds, diarrhea) and inflammation of the oral cavity.

Green tea infusion stimulates the secretion of gastric juices, so that it stimulates digestive processes, and its alkaline reaction protects the body against acidification. In addition, the high content of fluoride in both green and black tea infusions strengthens the teeth and protects them against caries. This

effect is additionally enhanced by the antibacterial properties of polyphenols, which prevent bacteria from developing on the surface of the teeth or gums [1, 2, 3, 33].

The aim of this paper was to assess the content of selected bioactive ingredients in infusions made of teas from the same growing region, i.e. total extracts, caffeine, tannins and total polyphenolic compounds. The antioxidant properties of these infusions have also been studied.

## MATERIAL AND METHODS

The experimental material consisted of market products from the same producer:

- green – leaf tea from China,
- a mixture of green and white tea – leaf tea from China,
- black – leaf tea from China.

The dry matter content in the leaves was determined by the dryer-weight method in accordance with the requirements of Polish standards [21, 22]. The extracts content was determined in 1% and 2% solutions of the analyzed teas in accordance with the Polish standard [23]. The content of tannins in tea infusions was determined by the spectrophotometric method with the use of the Folin-Ciocalteu reagent, described in the Polish Pharmacopoeia VI [7, 14]. Caffeine content was determined by spectrophotometric method with prior application of solid phase extraction, i.e. the SPE procedure [9]. The measurement of absorbance was performed at a wavelength of  $\lambda = 280$  nm against distilled water as a blank. To calculate the caffeine content in tea infusions, a regression equation was used, determined on the basis of the previously prepared standard curve. The caffeine content was expressed in mg per 100 ml. The content of total polyphenolic compounds was determined with the spectrophotometric method, which involved carrying out a color reaction between polyphenolic compounds and the Folin-Ciocalteu reagent [29]. The content of polyphenols, expressed as GAE (Gallic Acid Equivalent), to. mg of gallic acid based on 1 g of tea. The antioxidant activity was determined by spectrophotometric method using the synthetic cation radicals ABTS \* + (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) [24]. Statistical analysis was performed using the following computer programs: Excel 2016 and Statgraphic Centurion XVI.

## RESULTS AND DISCUSSION

### The dry weight of tea leaves

Table 1 presents the minimum, maximum and average ( $X_{avg}$ ) dry matter content in the tested loose (dry) teas. It ranged from 92.5% (black tea) to 94.4% (green tea).

The results obtained during the study were comparable with the studies of other authors (table 2).

The dry matter content is one of the main factors determining the quality of the raw material. Its relatively large amount has a positive effect on the shelf life of the tea and prevents the dry leaves from absorbing foreign, undesirable odors. The high content of dry matter also confirms the high content of nutritious ingredients that provide the tea with a specific taste.

Table 1. Average dry matter content in the tested teas (dry)

Tabela 1. Przeciętna zawartość suchej masy w badanych herbatach (suchych)

Type of tea / Rodzaj herbaty	Dry matter content / Zawartość suchej masy (%)	
	Mim – max	$X_{sr.} \pm SD$
Black / Czarna	92,43 – 92,59	92,50 $\pm$ 0,09 a*
Green / Zielona	94,3 – 94,56	94,40 $\pm$ 0,13 b*
Blend of green with white / Mieszanka zielonej z białą	93,85 – 94,04	93,90 $\pm$ 0,10 c*

\*/ the same letter designations in the column indicate no significant differences between the compared means / jednakowe oznaczenia literowe w kolumnie wskazują na brak istotnych różnic między porównywanymi średnimi

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Table 2. Comparison of the results of the dry matter content of teas obtained by various authors

Tabela 2. Zestawienie wyników zawartości suchej masy herbat uzyskanych przez różnych autorów

Type of tea / Rodzaj herbaty	Water content / Zawartość wody (%)	Dry matter content / Zawartość suchej masy (%)	Source / Źródło
Tea - requirements / Herbata – wg normy	8	92	[22]
Green / Zielona	7,1 – 8,5	91,5 – 92,9	[17]
	7	93	[8]
Black / Czarna	4,3 – 8,6	91,4 – 95,7	[17]
	7,8	92,2	[8]
Red / Czerwona	7,2 – 9,6	90,4 – 92,8	[17]
	9,2	90,8	[8]
White / Biała	7,4	92,6	[8]
	4 – 8	92 – 96	[20]

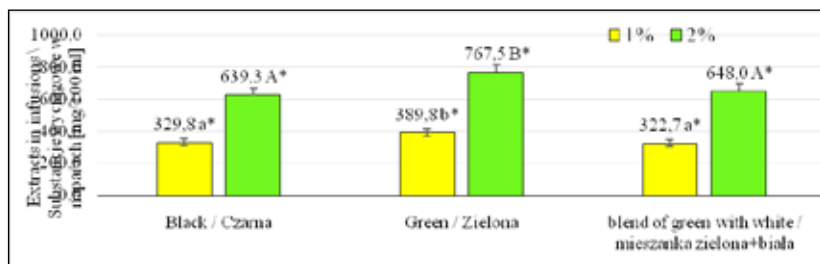
Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

### Extracts

100 ml of 1% tea infusions tested in this study contained approx. 320-390 mg of extracts, and in 2% solutions almost twice as much, i.e. from 623 to 767 mg / 100 ml (Fig. 1). Both 1% and 2% of green tea infusions contained significantly more extracts than infusions made of black tea or a mixture of green and white tea ( $p = 0.018$ ).

The extracts content of infusions is often called “extract” of infusions and reflects the strength of the infusions. The extracts include, among others: purine alkaloids (caffeine, theophylline, theobromine), tannins, amino acids, pigments, essential oils, vitamins (C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, PP) and minerals (copper, zinc, cadmium, fluorine, magnesium) [15, 31]. Table 3 shows the results of extracts content in tea infusions obtained by other authors.



**Fig. 1. Comparison of the average content of extracting substances in 1% and 2% of tea infusions.**

**Rys. 1. Porównanie przeciętnej zawartości substancji wyciągowych w 1 i 2% naparach herbat.**

\*/ the same letter markings placed next to the values corresponding to individual concentrations indicate no significant differences between the compared means / jednakowe oznaczenia literowe umieszczone przy wartościach odpowiadającym poszczególnym stężeniom wskazują na brak istotnych różnic między porównywanymi średnimi

Source: The own study

Źródło: Badania własne

**Table 3. The content of extracts in tea infusions according to other authors**

**Tabela 3. Zawartość substancji wyciągowych w naparach herbat wg innych autorów**

Type of tea / Rodzaj herbaty	Zawartość (%)	Źródło
Tea – requirements / Herbata – wymagania	32	[23]
Black / Czarna	35,71	[5]

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

**Table 4. Average caffeine content in 1% of the tested teas infusions**

**Tabela 4. Przeciętna zawartość kofeiny w 1% naparach badanych herbat**

Type of tea / Rodzaj herbaty	Caffeine content / Zawartość kofeiny (mg/100 ml)	
	min - max	$X_{sr} \pm SD$
Black / Czarna	21,47 - 21,95	21,71 ± 0,24 a*
Green / Zielona	10,31 - 10,79	10,55 ± 0,27 b*
Blend of green with white / Mieszanka zielonej z białą	9,94 - 10,42	10,18 ± 0,21 b*

\*/ the same letter designations in the column indicate no significant differences between the compared means / jednakowe oznaczenia literowe w kolumnie wskazują na brak istotnych różnic między porównywanymi średnimi

Source: The own study

Źródło: Badania własne

**Caffeine**

Black tea infusions contained almost twice as much caffeine (21.71 mg / 100 ml) as green tea or green tea mixed with white tea infusions (10.55 and 10.18 mg / 100 ml, respectively), and these differences were statistically significant (p = 0.001) (table 4).

The caffeine content in tea depends, among other things, on the growing conditions of the bush and on the maturity of the plant during harvest. Young tea leaves, flowers and fruit have the highest caffeine content. The amount of the above alkaloid also largely depends on the process of fermentation of the tea leaves, as a result of which the caffeine content in the dry leaves can increase by up to 85%. Average dry tea leaves contain 2 to 5%. The yield of caffeine (theine) extraction into the brew is about 80%. The amount of theine in the infusion also depends on the degree of leaf fragmentation, the temperature of the water used to prepare the drink and the brewing time [34, 39]. Table 5 shows the results of caffeine content in tea infusions obtained by various authors.

Differences in the values in the presented results may be due to environmental factors of tea cultivation and conditions during its processing, as well as due to the use of different, non-standardized methods of determining these compounds in tea infusions [37].

**Tannin**

Table 6 contains a summary of the results indicating the content of tannins in 1% infusions of tea brewed for 5 to 20 minutes.

Black tea infusions (62.2 mg / 100 ml) contained the largest amount of tannins, followed by green tea (46.4 mg / 100 ml), while the smallest amount of tannins were found in the mixture of green and white tea (39.5 mg / 100 ml). In 100 ml of tea infusions, brewed for 3 minutes, there was an average of 45.4 mg of tannins, while the infusions brewed for 20 minutes – 59.3 mg of tannins.

Infusions brewed for 3 to 10 minutes were characterized by insignificantly different tannin content, and after 15-20 minutes, for each type of tea tested, a significant increase in the tannin content was observed (p = 0.0001). After 20 minutes of brewing, the infusions contained from 42.4 mg / 100 ml (in case of a mixture of green and white tea) to 77.7 mg / 100 ml (in case of black tea) tannins.

The main representative of catechins in tea is tannin, which constitutes 4–12% of dried tea [30, 32]. Table 7 indicates the results of the tests for tannin content in tea infusions obtained by various authors.

**Total polyphenolic compounds**

Table 8 indicates the average content of total polyphenolic compounds (expressed as GAE gallic acid content) in 1% infusions from the tested teas. This content ranged from 206.9 to 386.4 mg GAE / 100 ml. Each type of tea was characterized by a significantly different (p = 0.01) content of the said compounds, with black tea infusions having a significantly smallest amount of polyphenolic compounds (209.7 mg / 100 ml), and the biggest amount was found in the mixture of green and white teas (381.5 mg / 100 ml). Green tea infusions and the infusions from green and white tea contained approx. 71–81% more of these compounds than black tea infusions.

Table 5. Comparison of the results of caffeine content in tea infusions obtained by other authors

Tabela 5. Zestawienie wyników zawartości kofeiny w naparach herbat uzyskanych przez innych autorów

Type of tea / Rodzaj herbaty	Concentration tested infusions / Badane stężenie naparów	Caffeine content / Zawartość kofeiny		Result converted to unit / Wynik przeliczony na (mg/100 ml naparu 1%)	Source / Źródło
		Unit of measure / Jednostka	X <sub>sr.</sub>		
Green / Zielona	0,5%	µg/1 ml	120,5	24,1	[28]
	2,5%	mg/1 ml	0,604	24,16	[3]
	1,3%	mg/177 ml	56,1	24,49	[10]
	1,15%	mg/200 ml	33,4	14,52	[12]
Black / Czarna	0,5%	µg/1 ml	149,5	29,9	[28]
	1,4%	mg/177 ml	54,8	22,19	[10]
	1,15%	mg/200 ml	33,5	14,57	[12]
	2,5%	mg/1 ml	0,617	24,68	[3]
White / Biała	0,5%	µg/1 ml	145,5	29,1	[28]
	2,5%	mg/1 ml	0,547	21,68	[3]

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

Table 6. The average content of tannins in 1% of infusions of the tested teas brewed at various times from 5 to 20 minutes

Tabela 6. Przeciętna zawartość garbników w 1% naparach badanych herbat parzonych w zróżnicowanym czasie od 5 do 20 minut

Type of tea / Rodzaj herbaty	Tannin content / Zawartość garbników (mg/100 ml of 1% infusion / naparu) at different brewing times / w różnym czasie parzenia					On average / Przeciętnie mg/100 ml
	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	
Black / Czarna	56,9a ± 0,02	58,1a ± 0,02	58,6a ± 0,03	59,6b ± 0,02	77,7c ± 0,01	62,2
Green / Zielona	41,4a ± 0,02	43,2a ± 0,03	43,6a ± 0,01	45,7b ± 0,05	57,9c ± 0,02	46,4
Blend of green with white / Mieszanka zielonej z białą	38,0a ± 0,01	38,1a ± 0,02	39,1b ± 0,02	40,2c ± 0,03	42,4d ± 0,01	39,5
On average / Przeciętnie, mg/100 ml	45,4	46,4	47,1	48,5	59,3	

\* / the same letter designations in individual lines indicate no significant differences between the compared means / jednakowe oznaczenia literowe w poszczególnych wierszach wskazują na brak istotnych różnic między porównywanymi średnimi

Source: The own study

Źródło: Badania własne

Table 7. Comparison of the tannin content in tea infusions obtained by various authors

Tabela 7. Porównanie zawartości garbników w naparach herbat uzyskanych przez różnych autorów

Type of tea / Rodzaj herbaty	Concentration tested infusions / Badane stężenie naparów	Tannin content / Zawartość garbników				Result converted to unit / Wynik przeliczony na (mg/100 ml 1% naparu)	Source / Źródło
		Unit of measure / Jednostka	X <sub>sr.</sub>	Min	Max		
Green / Zielona	2%	g/100 g s.m.	9,81	-	-	24,55	[27]
	b.d.	%	-	0,22	0,31		[32]
Black / Czarna	2%	g/100 g s.m.	-	3,33	9,03	16,65-45,15	[4]
	2%	g/100 g s.m.	-	11,8	25,93	59-129,7	[27]
	b.d.	%	-	0,14	0,31	-	[32]
Red / Czerwona	2%	g/100 g s.m.	17,26	-	-	86,30	[27]
White / Biała	2%	g/100 g s.m.	18,43	-	-	92,15	[27]

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

**Table 8. Average content of total polyphenolic compounds in 1% of the tested teas infusions**

**Tabela 8. Przeciętna zawartość związków polifenolowych ogółem w 1% naparach badanych herbat**

Type of tea / Rodzaj herbaty	The content of total polyphenolic compounds / Zawartość związków polifenolowych ogółem [mg GAE/100 ml]	
	min – max	$X_{sr} \pm SD$
Black / Czarna	206,9 – 213,3	209,7 ± 3,2 a*
Green / Zielona	354,7 – 367,4	359,7 ± 6,8 b*
Blend of green with white / Mieszanka zielonej z białą	373,7 – 386,4	381,5 ± 6,8 c*

*\*/ the same letter designations in the column indicate no significant differences between the compared means / jednakowe oznaczenia literowe w kolumnie wskazują na brak istotnych różnic między porównywanymi średnimi*

**Source:** The own study

**Źródło:** Badania własne

Polyphenolic compounds together with tannins are found in tea in varying amounts and averaged from 13 to 30% by dry weight. These compounds are the main factors contributing to the bitter taste and the characteristic aroma of tea infusions. They are attributed with antioxidant properties, which manifest themselves by the ability to chelate heavy metal ions, and to inhibit and capture the generation of free radicals.

Unfortunately, excessive consumption of these compounds may have an adverse effect on the absorption of iron, calcium and magnesium [16, 27, 34, 39].

Among the polyphenolic compounds, the composition of tea leaves consists mainly of flavonoids, the majority of which are catechins. There are also flavanols (kaempferol, quercetin) and phenolic acids (gallic acid, chlorogenic acid and caffeic acid derivatives) [2, 18, 16].

Table 9 presents the content of total polyphenolic compounds in tea infusions of various concentrations obtained by various authors.

The amount of polyphenolic compounds in infusions depends on many factors, such as: soil and climatic conditions in which the plant was grown, the season when the raw material was harvested, the processing and storage methods [6, 15].

**Antioxidant properties**

Table 10 shows the antioxidant properties tested with ABTS cation radicals\*<sup>+</sup>. Black tea infusions showed the lowest value (2235.5 μmol of Trolox / 100 ml). Infusions of green teas and teas consisting of a mixture of green and white tea indicated approx. 34-37% higher values, i.e. ranging from 3,061.7 to 2997.6 μmol of Trolox / 100 ml. Green tea was characterized by a 27% greater ability to quench radical cation ABTS\*<sup>+</sup> in comparison to black tea [26].

There was a fairly strong correlation (r = 0.97) indicated between the content of polyphenolic compounds in tea infusions and their antioxidant activity. These results are

**Table 9. Total polyphenolic compounds content according to various literature data**

**Tabela 9. Zawartość związków polifenolowych ogółem wg różnych danych literaturowych**

Type of tea / Rodzaj herbaty	Concentration tested infusions / Badane stężenie naparów	Amount of polyphenols / Ilość związków polifenolowych			Result converted to unit / Wynik przeliczony na jednostkę (mg GAE/100 ml)	Source / Źródło	
		Unit of measure [mg GAE]	$X_{sr}$	Min			Max
Green / Zielona	1%	w 1g suchej herbaty	150	146	185	146–185	[25]
	1%		–	146	177	146–177	[13]
	2%	w 100 ml naparu	–	111,3	135,3	70	[19]
	1%	w 200 ml naparu	–	96	201	48–101	[16]
	1,5%	w 1 l naparu	2083	–	–	140	[1]
Black / Czarna	1%	w 1 g suchej herbaty	130	112	151	112–151	[25]
	1%		–	152	177	152–177	[13]
	1%	w 100 ml naparu	–	58,2	60,8	60	[36]
	2%		124,2	–	–	62	[19]
	1,5%	w 1 l naparu	1844	–	–	123	[1]
White / Biała	1,5%	w 1 l naparu	2180	–	–	145	[1]
	1%	w 1 g suchej herbaty	140	99	174	99–174	[25]
Red / Czerwona	1,5%	w 1 l naparu	825	–	–	55	[1]

**Source:** Own study

**Źródło:** Opracowanie własne

consistent with the analysis of data available in literature provided by various authors (tab. 11).

**Table 10. Antioxidant properties of 1% of tea infusions**  
**Tabela 10. Właściwości przeciwutleniające 1% naparów badanych herbat**

Type of tea / Rodzaj herbaty	Antioxidant activity / Aktywność przeciwutleniająca ABTS* [ $\mu\text{mol Troloxu}/100\text{ ml}$ ]	
	min – max	$X_{sr} \pm SD$
Black / Czarna	2209,4 – 2252,1	2235,5 $\pm$ 22,9 a*
Green / Zielona	3028,4 – 3099,7	3061,7 $\pm$ 35,8 b*
Blend of green with white / Mieszanka zielonej z białą	2964,3 – 3049,8	2997,6 $\pm$ 45,8 b*

\* / the same letter designations in the column indicate no significant differences between the compared means / jednakowe oznaczenia literowe w kolumnie wskazują na brak istotnych różnic między porównywanymi średnimi

Source: The own study

Źródło: Badania własne

The main components of the tea leaves responsible for the antioxidant properties are catechins belonging to the polyphenolic compounds. Catechin derivatives of polyphenols have the greatest influence on the antioxidant properties of tea infusions, mainly: epicatechin (EC), epigallocatechin (EGC), epigallocatechin gallate (EGCG), epicatechin gallate (ECG) [18]. The content of compounds responsible for the antioxidant properties of infusions largely depends on their stability, as well as on other factors, such as the time of harvesting tea leaves or the time of sun exposure of the bush [14].

**Table 11. Antioxidant properties of tea infusions according to various literature data**

**Tabela 11. Właściwości przeciwutleniające naparów herbat wg różnych danych literaturowych**

Type of tea / Rodzaj herbaty	Concentration tested infusions / Badane stężenie naparów	Antioxidant activity / Aktywność przeciwutleniająca				Result converted to unit / Wynik przeliczony na (1mol TEAC/100 ml)	Source / Źródło
		Unit of measure / Jednostka	$X_{sr}$	Min	Max		
Green / Zielona	1%	$\mu\text{mol TEAC}/1\text{g}$ suchej herbaty	1772	1418	2191	1418–2191	[25]
	1%	mmol TEAC/1g suchej herbaty	1,81	–	–	1810	[35]
	2,5%	mmol Trolox eq	–	30	87	–	[3]
Black / Czarna	1%	$\mu\text{mol TEAC}/1\text{g}$ suchej herbaty	1328	1149	1703	1149–1703	[25]
	1%	mmol TEAC/1g suchej herbaty	0,78	–	–	780	[35]
	1%	mmol TEAC/100 ml	–	0,94	1,05	940–1050	[11]
	2,5%	mmol Trolox eq	–	10	45	–	[3]
White / Biała	1%	$\mu\text{mol TEAC}/1\text{g}$ suchej herbaty	1742	1273	2091	1273–2091	[25]
	1%	mmol TEAC/1g suchej herbaty	–	0,5	3,23	500–3230	[20]
	2,5%	mmol Trolox eq	–	20	53	–	[3]
Red / Czerwona	1%	mmol TEAC/1g suchej herbaty	0,58	–	–	580	[35]

Source: Own study

Źródło: Opracowanie własne

## CONCLUSIONS

1. All the leaf teas tested had a comparable extract ranging from 31 to 39%.
2. The type of tea has a significant impact on the content of polyphenols, tannins and caffeine in infusions.
3. The time of brewing the teas significantly affects the tannin content in the infusions. The content of these compounds in infusions brewed for 3–10 minutes, differs slightly, but the extension of the tea brewing time to 15–20 minutes, it significantly increases the tannin content in the infusions.
4. There is a strong correlation between the total polyphenolic compounds in teas and the antioxidant properties of infusions.

## WNIOSKI

1. Wszystkie badane herbaty liściaste charakteryzują się porównywalnym wyciągiem wynoszącym od 31 do 39%.
2. Rodzaj herbaty ma istotny wpływ na zawartość związków polifenolowych, garbników, jak również kofeiny w naparach.
3. Czas parzenia herbat istotnie wpływa na zawartość garbników w naparach. Zawartość tych związków w naparach parzonych przez 3–10 min. różni się nieistotnie, natomiast przedłużenie czasu parzenia herbat do 15–20 min. wpływa na istotny wzrost zawartości garbników w naparach.
4. Istnieje silna korelacja między zawartością związków polifenolowych ogółem w herbatkach a właściwościami przeciwutleniającymi naparów.

## REFERENCES

- [1] ALMAJANO M. P., R. CARBO, J. A. LO'PEZ JIME'NEZ, M. H. GORDON. 2008. "Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions". *Food Chemistry* 108(1): 55–63.
- [2] CAŁKA J., A. ZASADOWSKI, J. JURANEK. 2008. „Niektóre aspekty leczniczego działania zielonej herbaty”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI(1): 5–14.
- [3] CARLONI P., L. TIANO, L. PADELLA, T. BACCHETT, CH. CUSTOMU, A. KAY, E. DAMIANI. 2013. "Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar". *Food Research International* 53(2): 900–908.
- [4] DMOWSKI P., M. ŚMIECHOWSKA, B. DEJA. 2011. „Wpływ warunków zaparzania na zawartość garbników oraz wybranych parametrów barwy herbaty”. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni* 68: 5–12.
- [5] DMOWSKI P., M. ŚMIECHOWSKA, A. ŁABĘDZKI. 2009. „Znaczenie opakowań w kształtowaniu jakości herbaty”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLII(3): 431–435.
- [6] DMOWSKI P., M. ŚMIECHOWSKA, I. STEINKA. 2009. „Wpływ zawartości związków bioaktywnych na mikrobiologiczne zanieczyszczenie herbaty”. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni* 61: 5–14.
- [7] *Farmakopea Polska* VI: 150–151.
- [8] GÓRECKA D., J. KORCZAK, B. DŁUGOSZ, M. HEŚ. 2004. „Ocena jakości wybranych gatunków herbat różnego pochodzenia”. *Bromat. Chem. Toksykol.* 37(2): 145–150.
- [9] HACKETT J., M. J. TELEPCHAK, M. J. COYER. 2008. "Analysis of Total Caffeine and Other Xanthines in Specialty Coffees Using Mixed Mode Solid-Phase Extraction and Liquid Chromatography-Diode-Array Detection After Microwave Digestion". *Journal of Analytical Toxicology* 32(8): 695–701.
- [10] HICKS M.B., Y.H.P. HSIEH, L.N. BELL. 1996. "Tea preparation and its influence on methylxanthine concentration". *Food Research International* 29(3–4): 325–330.
- [11] HORŽIĆ D., D. KOMES, A. BELŠČAK, K. KOVAČEVIĆ GANIĆ, D. IVEKOVIĆ, D. KARLOVIĆ. 2009. "The composition of polyphenols and methylxanthines in teas and herbal infusions". *Food Chemistry* 115(2): 441–448.
- [12] JAROSZ M., R. WIERZEJSKA, H. MOJSKA, K. ŚWIDERSKA, M. SIUBA. 2009. „Zawartość kofeiny w produktach spożywczych”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLII(3): 776–781.
- [13] JAYASEKER S., A.L. MOLAN, M. GARG, P.J. MOUGHAN. 2011. "Variation in antioxidant potential and total polyphenol content of fresh and fully-fermented Sri Lankan tea". *Food Chemistry* 125(2): 536–541.

## REFERENCES

- [1] ALMAJANO M. P., R. CARBO, J. A. LO'PEZ JIME'NEZ, M. H. GORDON. 2008. "Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions". *Food Chemistry* 108(1): 55–63.
- [2] CALKA J., A. ZASADOWSKI, J. JURANEK. 2008. „Niektóre aspekty leczniczego działania zielonej herbaty”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI(1): 5–14.
- [3] CARLONI P., L. TIANO, L. PADELLA, T. BACCHETT, CH. CUSTOMU, A. KAY, E. DAMIANI. 2013. "Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar". *Food Research International* 53(2): 900–908.
- [4] DMOWSKI P., M. SMIECHOWSKA, B. DEJA. 2011. „Wpływ warunków zaparzania na zawartość garbników oraz wybranych parametrów barwy herbaty”. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni* 68: 5–12.
- [5] DMOWSKI P., M. SMIECHOWSKA, A. LABĘDZKI. 2009. „Znaczenie opakowań w kształtowaniu jakości herbaty”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLII(3): 431–435.
- [6] DMOWSKI P., M. SMIECHOWSKA, I. STEINKA. 2009. „Wpływ zawartości związków bioaktywnych na mikrobiologiczne zanieczyszczenie herbaty”. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni* 61: 5–14.
- [7] *Farmakopea Polska* VI: 150–151.
- [8] GORECKA D., J. KORCZAK, B. DŁUGOSZ, M. HES. 2004. „Ocena jakości wybranych gatunków herbat różnego pochodzenia”. *Bromat. Chem. Toksykol.* 37(2): 145–150.
- [9] HACKETT J., M. J. TELEPCHAK, M. J. COYER. 2008. "Analysis of Total Caffeine and Other Xanthines in Specialty Coffees Using Mixed Mode Solid-Phase Extraction and Liquid Chromatography-Diode-Array Detection After Microwave Digestion". *Journal of Analytical Toxicology* 32(8): 695–701.
- [10] HICKS M.B., Y.H.P. HSIEH, L.N. BELL. 1996. "Tea preparation and its influence on methylxanthine concentration". *Food Research International* 29(3–4): 325–330.
- [11] HORZIC D., D. KOMES, A. BELSCAK, K. KOVACEVIC GANIC, D. IVEKOVIC, D. KARLOVIC. 2009. "The composition of polyphenols and methylxanthines in teas and herbal infusions". *Food Chemistry* 115(2): 441–448.
- [12] JAROSZ M., R. WIERZEJSKA, H. MOJSKA, K. SWIDERSKA, M. SIUBA. 2009. „Zawartość kofeiny w produktach spożywczych”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLII(3): 776–781.
- [13] JAYASEKER S., A.L. MOLAN, M. GARG, P.J. MOUGHAN. 2011. „Variation in antioxidant potential and total polyphenol content of fresh and fully-fermented Sri Lankan tea”. *Food Chemistry* 125(2): 536–541.

- [14] **KHOKHAR S., D. VENEMA, P.C.H. HOLLMAN, M. DEKKER, W. JONGEN. 1997.** "A RP-HPLC method for the determination of tea catechins". *Cancer Letters* 114(1): 171–172.
- [15] **KLÓDKA D., A. TELESIŃSKI, M. BOŃKOWSKI. 2008.** „Określenie zależności pomiędzy zawartością fluoru oraz wybranych witamin w naparach różnych rodzajów herbat”. *Bromat. Chem. Toksykol. XLI*(4): 957–963.
- [16] **KODAMA D.H., A.E. SCHMIDT GONÇALVES, F.M. LAJOLO, M. GENOVESE. 2010.** "Flavonoids, total phenolics and antioxidant capacity: comparison between commercial green tea preparations". *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 30(4): 1077–1082.
- [17] **LUCZAK H., M. JEŻEWSKA, M. BIAŁAS, M. KULCZAK. 2012.** „Zawartość popiołów w wybranych herbatach ekspresowych”. *Bromat. Chem. Toksykol. XLV*(3): 500–506.
- [18] **MICHALAK-MAJEWSKA M. 2011.** „Właściwości herbat. Część 1. Znaczenie żywieniowe”. *Nauka Przynr. Technol.* 5(6): 1–10.
- [19] **MICHALCZYK M., A. ZAWIŚLAK. 2008.** "The effect of tea infusions on the proliferation of selected bacteria important for the human intestinal tract". *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 7(1): 59–65.
- [20] **PLUST D., B. CZERNIEJEWSKA-SURMA, Z. DOMISZEWSKI, G. BIENKIEWICZ, R. SUBDA, T. WESOŁOWSKI. 2011.** „Jakość wybranych herbat białych”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 78(3): 90–97.
- [21] **PN-ISO 1572:1996.** Herbata. Przygotowanie rozdrobionej próbki o znanej zawartości suchej masy.
- [22] **PN-ISO 1573:1996.** Herbata. Oznaczenie ubytku masy w temperaturze 103°C.
- [23] **PN-ISO 9768:1994/AC1:2000P** – Herbata. Oznaczenie wyciągu wodnego.
- [24] **RE R., N. PELLEGRINI, A. PROTEGGENTE, A. PANNALA, M. YANG, C. RICE-EVANS. 1999.** "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay". *Free Radical Biology and Medicine* 26(9–10): 1231–1237.
- [25] **RUSACZONEK A., F. ŚWIDERSKI, B. WASZKIEWICZ-ROBAK. 2010.** "Antioxidant properties of tea and herbal infusions – a short report". *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 60(1): 33–35.
- [26] **RUSINEK-PRYSTUPA E. 2013.** „Właściwości przeciwutleniające wybranych herbat czarnych dostępnych na polskim rynku”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 94(1): 140–146.
- [27] **RUSINEK-PRYSTUPA E. 2013.** „Zawartość związków biologicznie czynnych w naparach różnych gatunków herbat w zależności od czasu parzenia”. *Bromat. Chem. Toksykol. XLVI*(1): 48–52.
- [28] **SERESHTI H., S. SAMADI. 2014.** "A rapid and simple determination of caffeine in teas, coffees and eight beverages". *Food Chemistry* 158: 8–13. doi. org/10.1016/j.foodchem.2014.02.095.
- [14] **KHOKHAR S., D. VENEMA, P.C.H. HOLLMAN, M. DEKKER, W. JONGEN. 1997.** "A RP-HPLC method for the determination of tea catechins". *Cancer Letters* 114(1): 171–172.
- [15] **KŁODKA D., A. TELESINSKI, M. BONKOWSKI. 2008.** „Okreslenie zalezności pomiędzy zawartoscia fluoru oraz wybranych witamin w naparach roznych rodzajow herbat”. *Bromat. Chem. Toksykol. XLI*(4): 957–963.
- [16] **KODAMA D.H., A.E. SCHMIDT GONCALVES, F.M. LAJOLO, M. GENOVESE. 2010.** "Flavonoids, total phenolics and antioxidant capacity: comparison between commercial green tea preparations". *Cienc. Tecnol. Aliment.* 30(4): 1077–1082.
- [17] **LUCZAK H., M. JEZEWSKA, M. BIALAS, M. KULCZAK. 2012.** „Zawartosc popiolow w wybranych herbatach ekspresowych”. *Bromat. Chem. Toksykol. XLV*(3): 500–506.
- [18] **MICHALAK-MAJEWSKA M. 2011.** „Wlasciwosci herbat. Czesc 1. Znaczenie zywnieniowe”. *Nauka Przynr. Technol.* 5(6): 1–10.
- [19] **MICHALCZYK M., A. ZAWISLAK. 2008.** "The effect of tea infusions on the proliferation of selected bacteria important for the human intestinal tract". *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 7(1): 59–65.
- [20] **PLUST D., B. CZERNIEJEWSKA-SURMA, Z. DOMISZEWSKI, G. BIENKIEWICZ, R. SUBDA, T. WESOLOWSKI. 2011.** „Jakosc wybranych herbat bialych”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jako-sc.* 78(3): 90–97.
- [21] **PN-ISO 1572:1996.** Herbata. Przygotowanie rozdrobionej probki o znanej zawartosci suchej masy.
- [22] **PN-ISO 1573:1996.** Herbata. Oznaczenie ubytku masy w temperaturze 103oC.
- [23] **PN-ISO 9768:1994/AC1:2000P** – Herbata. Oznaczenie wyciagu wodnego.
- [24] **RE R., N. PELLEGRINI, A. PROTEGGENTE, A. PANNALA, M. YANG, C. RICE-EVANS. 1999.** "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay". *Free Radical Biology and Medicine* 26(9–10): 1231–1237.
- [25] **RUSACZONEK A., F. SWIDERSKI, B. WASZKIEWICZ-ROBAK. 2010.** "Antioxidant properties of tea and herbal infusions – a short report". *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 60(1): 33–35.
- [26] **RUSINEK-PRYSTUPA E. 2013.** „Wlasciwosci przeciwutleniajace wybranych herbat czarnych dostepnych na polskim rynku”. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 94(1): 140–146.
- [27] **RUSINEK-PRYSTUPA E. 2013.** „Zawartosc zwiazkow biologicznie czynnych w naparach roznych gatunkow herbat w zalezności od czasu parzenia”. *Bromat. Chem. Toksykol. XLVI*(1): 48–52.
- [28] **SERESHTI H., S. SAMADI. 2014.** "A rapid and simple determination of caffeine in teas, coffees and eight beverages". *Food Chemistry* 158: 8–13. doi. org/10.1016/j.foodchem.2014.02.095.



- [29] SINGLETON V., J. ROSSI. 1965. "Colorimetry of total phenolic with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents". *American Journal of Enology and Viticulture* 16(3): 144–158.
- [30] STAŃCZYK A. 2008. „Garbniki katecholowe różnych gatunków herbat”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI(1): 95–98.
- [31] STAŃCZYK A., E. ROGALA, A. WĘDZISZ. 2010. „Oznaczenie zawartości garbników oraz wybranych składników mineralnych w zielonych herbatach”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLIII(4): 505–508.
- [32] STAŃCZYK A., U. SKOLIMOWSKA, A. WĘDZISZ. 2008. „Zawartość garbników w zielonych i czarnych herbatach oraz właściwości antybakteryjne metanolowych wyciągów”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI(4): 976–980.
- [33] STEPIEŃ M., M. SZULIŃSKA, P. BOGDAŃSKI, D. PUPEK-MUSIALIK. 2011. „Rola ekstraktu zielonej herbaty w leczeniu otyłości”. *Forum Zaburzeń Metabolicznych* 2(4): 256–262.
- [34] WASZKIEWICZ-ROBAK B. 2010. „Kawa, herbata, kakao”. [w]: *Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii*. Świdzki F. i Waszkiewicz-Robak B. (red.). Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- [35] WASZKIEWICZ-ROBAK B., A. RUSACZONEK, F. ŚWIDERSKI. 2005. „Charakterystyka właściwości antyoksydacyjnych herbat liściastych”. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia* LX(602): 169–172.
- [36] WOROBIJ E., K. TYSZKA. 2012. „Właściwości przeciwutleniające różnych rodzajów herbat czarnych”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLV(3): 659–664.
- [37] YANG CH.S., X. WANG, G.L. LU, S.C. PICINICH. 2009. "Cancer prevention by tea: animal studies, molecular mechanisms and human relevance". *Nat. Rev. Cancer.* 9(6): 492–439.
- [38] YOUNGMOK K., K.L. GOODNER, J. PARK, J. CHOI, S.T. TALCOTT. 2011. "Changes in antioxidant phytochemicals and volatile composition of *Camellia sinensis* by oxidation during tea fermentation". *Food Chemistry* 129(4): 1331–1342.
- [39] ZHANG M.H., J. LUYPART, J.A. FERNÁNDEZ PIERNA, Q.S. XU, D.L. MASSART. 2004. "Determination of total antioxidant capacity in green tea by near-infrared spectroscopy and multivariate calibration". *Talanta* 62(1): 25–35.
- [29] SINGLETON V., J. ROSSI. 1965. "Colorimetry of total phenolic with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents". *American Journal of Enology and Viticulture* 16(3): 144–158.
- [30] STANCZYK A. 2008. „Garbniki katecholowe różnych gatunków herbat”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI(1): 95–98.
- [31] STANCZYK A., E. ROGALA, A. WEDZISZ. 2010. „Oznaczenie zawartości garbników oraz wybranych składników mineralnych w zielonych herbatach”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLIII(4): 505–508.
- [32] STANCZYK A., U. SKOLIMOWSKA, A. WEDZISZ. 2008. „Zawartość garbników w zielonych i czarnych herbatach oraz właściwości antybakteryjne metanolowych wyciągów”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI(4): 976–980.
- [33] STEPIEN M., M. SZULINSKA, P. BOGDANSKI, D. PUPEK-MUSIALIK. 2011. „Rola ekstraktu zielonej herbaty w leczeniu otyłości”. *Forum Zaburzeń Metabolicznych* 2(4): 256–262.
- [34] WASZKIEWICZ-ROBAK B. 2010. „Kawa, herbata, kakao”. [w]: *Towaroznawstwo żywności przetworzonej z elementami technologii*. Świdzki F. i Waszkiewicz-Robak B. (red.). Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- [35] WASZKIEWICZ-ROBAK B., A. RUSACZONEK, F. SWIDERSKI. 2005. „Charakterystyka właściwości antyoksydacyjnych herbat liściastych”. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia* LX(602): 169–172.
- [36] WOROBIJ E., K. TYSZKA. 2012. „Właściwości przeciwutleniające różnych rodzajów herbat czarnych”. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLV(3): 659–664.
- [37] YANG CH.S., X. WANG, G.L. LU, S.C. PICINICH. 2009. "Cancer prevention by tea: animal studies, molecular mechanisms and human relevance". *Nat. Rev. Cancer.* 9(6): 492–439.
- [38] YOUNGMOK K., K.L. GOODNER, J. PARK, J. CHOI, S.T. TALCOTT. 2011. "Changes in antioxidant phytochemicals and volatile composition of *Camellia sinensis* by oxidation during tea fermentation". *Food Chemistry* 129(4): 1331–1342.
- [39] ZHANG M.H., J. LUYPART, J.A. FERNÁNDEZ PIERNA, Q.S. XU, D.L. MASSART. 2004. "Determination of total antioxidant capacity in green tea by near-infrared spectroscopy and multivariate calibration". *Talanta* 62(1): 25–35.