

DARIUSZ KLÓDKA, MACIEJ BOŃKOWSKI, ARKADIUSZ TELESIŃSKI

## ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METYLOKSANTYN I ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W NAPARACH RÓŻNYCH RODZAJÓW HERBAT ROZDROBNIONYCH (DUST I FANNINGS) W ZALEŻNOŚCI OD CZASU PARZENIA

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości metyloksantyn: teofiliny, teobrominy i kofeiny oraz związków fenolowych: kwercetyny i kwasu galusowego w naparach różnych rodzajów herbat rozdrobnionych. W doświadczeniu użyto trzech rodzajów herbat ekspresowych: zielonych, czerwonych i czarnych, produkowanych przez różne firmy, z których sporządzano napary. Napary herbat różniły się między sobą zawartością oznaczanych składników, zarówno w zależności od czasu parzenia, rodzaju herbaty, jak i jej producenta.

W naparach herbat nie wykazano obecności teofiliny. Natomiast zawartość kofeiny, teobrominy, kwasu galusowego oraz kwercetyny wzrastała w naparach wraz z wydłużaniem czasu parzenia. Napary herbat zielonych charakteryzowały się największą, a czarnych najmniejszą koncentracją tych związków. Zawartość kwercetyny była istotnie dodatnio skorelowana z zawartością kwasu galusowego. Ponadto porównując ze sobą napary różnych rodzajów herbat stwierdzono, że pomiędzy wynikami zawartości oznaczanych substancji w naparach herbat czarnych występowało najczęściej istotnych zależności. Analizując zaś napary herbat w zależności od czasu parzenia wykazano najczęściej istotnych korelacji pomiędzy badanymi związkami w naparach sześciominutowych.

**Słowa kluczowe:** herbata, kofeina, teobromina, kwas galusowy, kwercetyna

### Wprowadzenie

Herbata jest najszerzej konsumowanym napojem na świecie. Jest ona wodnym naparem z wysuszonych liści kamelii chińskiej (*Camelia sinensis*) i zajmuje drugie miejsce po wodzie z rocznym spożyciem 40 dm<sup>3</sup> na osobę [17].

Herbaty występują w sprzedaży w wielu formach, jako produkt sypki – do zaparzania, w postaci granulatu, rozpuszczalnego proszku instant oraz jako pakowane w torebki, cieszące się dużą popularnością wynikającą z łatwości użycia [9, 11, 20].

---

*Dr inż. D. Klódka, mgr inż. M. Bońkowski, dr inż. A. Telesiński, Katedra Biochemii, Wydz. Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Akademia Rolnicza w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin*

W zależności od stopnia obróbki liści, herbaty można podzielić na zielone, czerwone i czarne. Proces przerobu jest związany z ochroną lub utlenieniem polifenoli herbaty przez katalityczne enzymy. Herbaty zielone nie podlegają procesowi fermentacji. Otrzymane są poprzez wysuszenie świeżych liści herbacianych, poddanych po procesie wędnięcia mocnemu podgrzaniu w parze wodnej, która niszczy i unieczynnia zawarte w liściach enzymy odpowiedzialne za oksydację katechin [1]. W czasie produkcji herbaty czerwonej i czarnej świeże liście pozostawia się do wędnięcia w specjalnych obrotowych bębnach aż ich wilgotność zredukuje się do 55–65% pierwotnej masy. Następnie liście są skręcane i rozdrabniane, co inicjuje fermentację (utlenianie) polifenoli herbaty. Herbata czerwona jest suszona przed skręceniem liści w celu zakończenia procesu utleniania polifenoli, stąd herbaty czerwone zalicza się do herbat półfermentowanych [16].

Natomiast w trakcie produkcji herbaty czarnej przeprowadza się całkowity proces fermentacji rozkruszonych, suszonych liści. Proces ten jest wynikiem utleniania prostych fenoli do większych kompleksów, które podczas fermentacji w 40-50% ulegają utlenieniu [11].

Pod względem chemicznym herbata w swoim składzie zawiera m.in. alkaloidy (metyloksantyny: kofeinę, teobrominę, teofilinę), flawonoidy (związki polifenolowe, katechiny i powstające z nich w procesie fermentacji taniny), związki mineralne i związki, które występują w liściach innych roślin (tj. sacharydy, białka, lipidy, chlorofil itd.).

Ze względu na coraz większy wybór na rynku różnych rodzajów herbat oraz coraz szerzej udokumentowane właściwości przeciwutleniające herbaty [4, 13, 18, 19] oraz na obecność innych związków i pierwiastków bioaktywnych [3, 5, 7, 10, 14], interesująca wydaje się znajomość zawartości głównych składników herbaty w naparach. Niejednokrotnie jednak wartości podawane w publikacjach różnią się i to w bardzo dużym stopniu, a tę różnicę można przypisać wielu przyczynom, takim jak kraj pochodzenia herbaty, warunki pogodowe w trakcie wzrostu krzewów, obróbka liści czy czas oraz sposób parzenia herbaty, a nawet metody oznaczania i ekstrakcji badanych związków [6, 7, 8, 21].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu czasu parzenia na zawartość głównych składników w różnych rodzajach herbat rozdrobnionych typu *dust* i *fannings*, dostępnych na polskim rynku.

### **Material i metody badań**

Badano trzy rodzaje herbat ekspresowych, produkowanych przez różne firmy: zielonych, czarnych, czerwonych. Herbaty zakupiono w różnych punktach sprzedaży na terenie Szczecina w okresie od września do listopada 2005 roku. Rodzaje herbat użytych w doświadczeniu zestawiono w tab. 1.

W celu przygotowania naparów herbat wybierano po trzy torebki z każdego opakowania danej herbaty, a następnie przygotowywano z zawartego w nich suszu herbacianego próbę zbiorczą. Trzykrotnie odważano po 100 mg z przygotowanej próby zbiorczej, a następnie sporządzone naważki zalewano 50 cm<sup>3</sup> wody dejonizowanej o temp. 100°C. Herbatę zaparzano 1, 3 i 6 min. Tak sporządzone napary przesączano przez filtr strzykawkowy Spartan 30/0,45 RC i oznaczano w nich zawartość metyloksantyn, kwasu galusowego i kwercetyny.

Tabela 1

Rodzaje herbat użytych w doświadczeniu.

Types of teas used in the experiment.

Herbaty zielone Green teas	Herbaty czerwone Red (Pu-erh) teas	Herbaty czarne Black teas
Teekanne	Teekanne	Teekanne „Gold”
Vitax	Vitax	Teekanne „Assam”
Bioactive	Bioactive	Bastek „Familtea”
Biofix	Biofluid	Unilevel „Saga”
Bastek	Bastek	Bastek „Earl Grey”

Zawartość kwasu galusowego oraz metyloksantyn: kofeiny, teobrominy, teofiliny w naparach herbat oznaczano przy zastosowaniu zestawu do wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC Series 200 firmy Perkin-Elmer z detektorem UV. Oznaczenia wykonano w kolumnie chromatograficznej Adsorbosphere (C18) 5 µm 150 x 4,5 mm, przy długości fali  $\lambda = 275$  nm i przepływie 0,6 cm<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>. Nastrzyk badanej próby wynosił 20 mm<sup>3</sup>. Fazą ruchomą była mieszanina metanol, woda i kwas octowy w stosunku 40:59:1 (v/v/v). Odnotowany czas retencji, najmniejszą oznaczalną dawkę oraz odzysk dotyczący badanych związków zestawiono w tab. 2.

Zawartość kwercetyny w naparach badanych herbat oznaczano według zmodyfikowanej metody Wang i Helliwella [16].

W celu zhydrolizowania połączeń kwercetyny z innymi związkami pobierano 2 cm<sup>3</sup> naparu i dodawano 3,4 cm<sup>3</sup> etanolu oraz 0,675 cm<sup>3</sup> 6 M HCl, a następnie umieszczano na 2 h w wytrząsarce z łaźnią wodną o temp. 95°C. Po upływie tego czasu próby schładzano do temperatury pokojowej i oznaczano zawartość kwercetyny za pomocą zestawu wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC Series 200 firmy Perkin-Elmer z detektorem UV (długość fali  $\lambda = 360$  nm). Oznaczenia wykonywano z użyciem kolumny chromatograficznej Adsorbosphere (C18) 5 µm 150 x 4,5 mm. Fazą ruchomą była mieszanina 25 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> i acetonitrylu w stosunku 70:30 (v/v) o pH 2,5, a jej przepływ 1 mm<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>. Czas retencji kwercetyny wynosił 9,9 min, najmniejsza oznaczalna dawka 0,05 µg · cm<sup>-3</sup>, a odzysk 93,21%.

Tabela 2

Czas retencji, najmniejsza oznaczalna dawka i odzysk kwasu galusowego i metyloksantyn.  
Retention time, detection limit, and recovery of the gallic acid and the metyloxantines.

Związek Compound	Czas retencji Retention time [min]	Najmniejsza oznaczalna dawka Detection limit [ $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]	Odzysk Recovery [%]
Kwas galusowy Gallic acid	2,81	0,10	98,63
Teobromina Teobromine	3,25	0,25	98,32
Teofilina Teophiline	4,75	0,10	98,39
Kofeina Caffeine	7,70	0,80	99,32

Wszystkie analizy wykonano w trzech powtórzeniach. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie przy użyciu jednoczynnikowej analizy wariancji. Najmniejsze istotne różnice NIR pomiędzy zawartością poszczególnych związków w naparach jedno-, trzy- i sześciominutowych wyliczono testem Tukey'a na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Obliczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy pH i zawartością oznaczanych związków w naparach w zależności od rodzaju herbaty oraz od czasu parzenia.

### Wyniki i dyskusja

Jedną z metyloksantyn obecnych w liściach herbat jest teofilina. Pomimo tego, że występuje ona w liściach, to nie stwierdzono jej obecności w naparach. Jest to potwierdzeniem badań Hicks i wsp. [7] oraz Horie i Kohata [8]. Pozostałe metyloksantyny oraz związki fenolowe wykryto w naparach wszystkich herbat. Najczęściej odnotowano wzrost zawartości badanych związków wraz z wydłużaniem czasu parzenia. Ponadto w większości przypadków odnotowano, w naparach jedno-, jak i trzy- oraz sześciominutowych, istotne różnice zawartości oznaczanych związków pomiędzy herbatami pochodzącymi od różnych producentów (tab. 3).

Analizując średnią zawartość badanych związków, wchodzących w skład naparów herbacianych, stwierdzono że zwiększała się ona wraz z wydłużaniem czasu parzenia (tab. 3). Uwidoczniło się to zwłaszcza w naparach herbat zielonych i czarnych. Zawartość kofeiny, teobrominy i kwasu galusowego w naparach sześciominutowych herbat zielonych była o około 50% większa niż w naparach jednodominutowych. Natomiast napary sześciominutowe herbat czarnych charakteryzowały się około 70% większą zawartością teobrominy, 45% zawartością kwasu galusowego i 25% zawartością

kofeiny niż napary jednodominutowe. W przypadku herbat czerwonych nie stwierdzono już tak znaczącego wzrostu zawartości badanych związków wraz z wydłużaniem czasu parzenia. Największy – około 20% wzrost zawartości pomiędzy 1. a 6. min. parzenia odnotowano w przypadku kofeiny i teobrominy. Wśród badanych związków najmniejszym wzrostem koncentracji wraz z czasem parzenia charakteryzowała się kwercetyna (o około 3-15%). Jest to potwierdzeniem wyników badań, nad wpływem czasu parzenia na zawartość kofeiny w naparach herbat, uzyskanych przez Yao i wsp. [21]. Ponadto Perucka [11] podaje, że w czasie parzenia liści herbaty zwiększa się zarówno aktywność przeciwutleniająca, jak i zawartość związków fenolowych w naparach. Z kolei Wang i wsp. [15] stwierdzili, że wraz z wydłużaniem czasu parzenia zawartość katechin i flawonoli w naparach sporządzonych z różnych herbat maleje. Natomiast Yen i wsp. [22] podają, że największa zawartość związków polifenolowych wystąpiła w naparach cztero-, pięciominutowych. Po upływie tego czasu zawartość związków polifenolowych ulegała zmniejszeniu.

Przeprowadzone badania wykazały, że największą zawartością oznaczanych metyloksantyn oraz polifenoli charakteryzowały się napary sporządzone z herbat zielonych, czyli niepoddanych procesowi fermentacji. Najmniejszą zawartość kofeiny oznaczono w naparach herbat czarnych, przechodzących pełny proces fermentacji. Natomiast Hicks i wsp. [7], badając zawartość kofeiny w naparach różnych rodzajów herbat, stwierdzili, że największa jej zawartość występowała w naparach herbat czarnych. Najmniejszą zawartość teobrominy odnotowano w naparach herbat czerwonych. Podobne zależności dotyczące zawartości teobrominy w naparach herbat uzyskali Chen i wsp. [2]. Autorzy ci wykazali, że największa zawartość teobrominy występowała w naparach herbat zielonych, najmniejsza zaś w herbacie czerwonej.

Niewielka zawartość kwercetyny znajdowała się w naparach herbat zarówno czerwonych, jak i czarnych. Badania przeprowadzone przez Peterson i wsp. [12] nad zawartością kwercetyny w suchej masie herbaty zielonej, czarnej i czerwonej wskazują z kolei, że najwięcej kwercetyny zawiera herbata czarna, najmniej zaś herbata czerwona. Yao i wsp. [21], badając zawartość kwasu galusowego, stwierdzili, że największa jego koncentracja wystąpiła w herbacie czerwonej, a najmniejsza w herbacie zielonej.

Zmieniająca się wraz z czasem parzenia zawartość związków występujących w liściach herbaty może mieć wpływ na wartość pH badanych herbat. Na podstawie przeprowadzonych badań własnych stwierdzono, że wartość pH naparów herbat zielonych wahała się od 5,71 do 6,21, herbat czerwonych od 5,61 do 6,80, a herbat czarnych od 5,30 do 5,80 (tab. 3). Nie odnotowano jednak wyraźnych zależności pomiędzy pH naparów a czasem parzenia. Karczmarek [10], badając wartości pH trzydziestu sześciu herbat, stwierdziła, że wartości te wahają się w zakresie od 3,89 do 6,45.

Tabela 3

Zawartość kofeiny, teobrominy, kwasu galusowego i kwercetyny [ $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ] oraz pH naparów różnych rodzajów herbat w zależności od czasu parzenia.  
 Content of caffeine, theobromine, gallic acid, and quercetin [ $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ], as well as pH of infusions made of various types of tea depending on the brewing time.

Rodzaj herbaty Types of tea	Kofeina Caffeine			Teobromina Theobromine			Kwas galusowy Gallic acid			Kwercetyna Quercetin			pH			
	1 min	3 min	6 min	1 min	3 min	6 min	1 min	3 min	6 min	1 min	3 min	6 min	1 min	3 min	6 min	
Herbata zielona Green teas	Teekanne	45,59	65,04	70,49	4,99	8,19	9,19	68,91	92,66	93,16	8,15	8,79	9,24	6,21	6,09	6,19
	Vitax	45,68	48,78	62,02	1,64	4,04	4,45	33,23	90,42	94,02	8,11	9,22	9,22	5,98	6,00	6,09
	Bioactive	30,60	64,27	70,23	4,52	5,99	7,25	45,47	64,29	79,99	8,43	8,47	9,08	6,04	5,93	6,03
	Biofix	37,71	37,50	37,62	4,71	4,52	4,20	51,11	54,96	52,93	7,74	8,93	9,81	5,71	5,72	5,75
	Bastek	57,46	60,31	63,77	1,32	1,65	1,75	64,85	69,00	83,56	8,20	9,23	9,42	5,75	5,80	5,80
	Średnia – Mean	43,41	55,18	60,83	3,43	4,88	5,36	52,71	74,27	80,73	8,13	8,97	9,35	5,94	5,91	5,97
Herbata czerwona Red (Pu-erh) teas	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	2,31	3,11	1,98	0,21	0,34	0,39	3,28	3,65	2,64	0,17	0,19	0,21	-	-	-
	Teekanne	44,88	43,33	43,72	2,14	2,00	1,96	24,74	25,38	24,35	6,47	6,71	6,86	6,80	6,76	5,43
	Vitax	39,19	41,31	43,26	2,19	2,71	2,91	19,94	21,41	25,29	6,94	6,97	7,01	7,04	6,11	6,07
	Bioactive	45,68	48,78	62,02	1,84	2,04	2,41	19,50	20,04	22,45	6,45	6,56	6,70	6,14	6,04	5,98
	Biofluid	24,00	39,36	43,12	2,80	2,93	3,26	16,09	16,54	18,56	6,76	6,79	6,96	5,61	5,61	5,67
	Bastek	43,25	45,78	47,87	4,07	4,34	5,05	18,38	19,43	20,35	6,47	6,51	6,67	6,14	6,12	5,95
Średnia – Mean	39,40	42,71	48,00	2,61	2,80	3,12	19,73	20,56	22,20	6,62	6,71	6,84	6,35	6,13	5,82	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	1,98	2,15	2,83	0,28	0,26	0,34	2,38	2,11	2,30	0,13	0,16	0,11	-	-	-	

c.d. Tab. 3

Herbaty czarne Black teas		50,33	57,05	62,49	4,13	6,06	6,78	20,58	25,20	27,52	6,52	7,36	7,41	5,80	5,65	5,65
Teekanne „Gold”																
Teekanne „Assam”	41,97	47,29	50,58	4,82	5,20	5,40	13,26	14,27	14,27	18,16	6,47	6,86	7,09	5,35	5,32	5,28
Bastek „Familtea”	20,91	24,69	29,49	1,17	2,43	3,56	9,45	12,18	12,18	14,27	6,38	7,28	7,40	5,40	5,34	5,34
Unilevel „Saga”	40,03	44,17	52,41	4,95	5,99	6,34	13,91	16,11	16,11	19,24	6,80	7,01	7,55	5,59	5,39	5,39
Bastek „Earl Grey”	28,24	32,33	34,62	1,30	3,89	5,92	10,83	14,67	14,67	19,45	6,81	7,13	7,27	5,34	5,30	5,30
Średnia – Mean	36,29	41,11	45,92	3,27	4,72	5,60	13,61	16,47	16,47	19,73	6,60	7,13	7,34	5,50	5,60	5,39
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	1,84	2,98	3,33	0,45	0,64	0,37	1,16	1,56	1,56	1,45	0,18	0,11	0,14	-	-	-

Tabela 4

Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy pH i związkami zawartymi w naparach herbat w zależności od rodzaju herbaty i czasu parzenia.

Linear Pearson correlation coefficients between pH and the compounds contained in tea infusions depending on the type of tea and brewing time.

Składnik herbaty Component of tea	pH	Kofeina Caffeine	Teobromina Theobromine	Kwas galusowy Gallic acid	Kwercetyna Quercetin	pH	Kofeina Caffeine	Teobromina Theobromine	Kwas galusowy Gallic acid	Kwercetyna Quercetin
	W zależności od rodzaju herbaty Depending on the type of tea					W zależności od czasu parzenia Depending on the brewing time				
	Herbaty zielone Green teas					1 min				
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kofeina Caffeine	0,33	-	-	-	-	0,35	-	-	-	-
Teobromina Theobromine	0,60*	0,30	-	-	-	-0,13	0,12	-	-	-
Kwas galusowy Gallic acid	0,38	0,93*	0,45	-	-	0,17	0,45	0,21	-	-
Kwercetyna Quercetin	0,08	0,50	0,33	0,58*	-	0,17	0,26	0,07	0,84*	-
	Herbaty czerwone Red (Pu-erh) teas					3 min				
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kofeina Caffeine	0,12	-	-	-	-	0,22	-	-	-	-
Teobromina Theobromine	-0,18	0,17	-	-	-	-0,44	0,50	-	-	-
Kwas galusowy Gallic acid	0,18	0,42	-0,42	-	-	0,13	0,63*	0,35	-	-
Kwercetyna Quercetin	-0,61*	0,31	-0,13	-0,07	-	-0,04	0,43	0,30	0,87*	-
	Herbaty czarne Black teas					6 min				
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kofeina Caffeine	0,58*	-	-	-	-	0,29	-	-	-	-



c.d. tab. 4.

Teobromina Theobromine	0,24	0,79*		-	-	0,07	0,41		-	-
Kwas galusowy Gallic acid	0,59*	0,80*	0,77*		-	0,56*	0,67*	0,28		-
Kwercetyna Quercetin	-0,07	0,20	0,50	0,54*		0,61*	0,42	0,27	0,88*	

\* - istotność na poziomie  $p = 0,05$ ; the significance at  $p = 0.05$ 

Obliczone współczynniki korelacji pomiędzy badanymi parametrami herbat zielonych wykazały, że istotnie dodatnio skorelowane były ze sobą pH i zawartość teobrominy (tab. 4). Również istniała statystycznie istotna dodatnia zależność pomiędzy zawartością kwasu galusowego a zawartością kofeiny oraz kwercetyny. Podobną zależność stwierdzono w pomiędzy parametrami herbat czarnych, w których dodatkowo zawartość kwasu galusowego była istotnie dodatnio skorelowana z zawartością kofeiny i teobrominy oraz z pH naparu. Wykazano także statystycznie istotną ujemną zależność pomiędzy pH naparu a koncentracją kofeiny. Natomiast pomiędzy parametrami herbat czerwonych stwierdzono jedynie istotną ujemną korelację pH z zawartością kwercetyny.

Biorąc pod uwagę czas parzenia stwierdzono, że zarówno pomiędzy badanymi parametrami naparów jedno-, jak i trzy- oraz sześciominutowych istnieje istotna dodatnia korelacja zawartości kwasu galusowego i kwercetyny (tab. 4). Odnotowano dodatkowo istotną dodatnią zależność pomiędzy zawartością kwasu galusowego i teobrominy w naparach trzy- oraz sześciominutowych. Ponadto wykazano statystycznie istotną dodatnią korelację pomiędzy pH naparu a zawartością kwercetyny i kwasu galusowego w naparach sześciominutowych. Jak podaje Waszkiewicz-Robak [17], w ciągu pierwszych 2-3 min parzenia do naparu przechodzi prawie cała zawartość alkaloidów. Dopiero w dalszych minutach parzenia do roztworu przechodzą związki polifenolowe i garbniki.

### Wnioski

1. Wraz z wydłużaniem czasu parzenia w naparach herbat rozdrobnionych typu *dust* i *fannings* wzrastała zawartość kofeiny, teobrominy, kwasu galusowego oraz kwercetyny.
2. Napary herbat zielonych charakteryzowały się największą, a czarnych najmniejszą koncentracją zarówno metyloksantyn, jak i związków fenolowych.
3. Zawartość kwercetyny w naparach herbacianych była istotnie skorelowana z zawartością kwasu galusowego.

Praca była prezentowana podczas VIII Konferencji Naukowej nt. „Żywność XXI wieku – Żywność a choroby cywilizacyjne”, Kraków 21–22 czerwca 2007 r.

### Literatura

- [1] Bonnely S., Davis A.L., Lewis J.R., Astill C.: A model oxidation system to study oxidized phenoli compounds present in black tea. *Food Chem.*, 2003, **83**, 485-492.
- [2] Chen Q.-C., Mou S.-F., Hou X.-P., Ni Z.-M.: Simultaneous determination of caffeine, theobromine and theophylline in foods and pharmaceutical preparation by using ion chromatography. *Anal. Chim. Acta* 1998., **371 (2-3)**, 287-296.
- [3] Ferrara L., Montesano D., Senatore A.: The distribution of minerals and flavonoids in the tea plant (*Camelia sinensis*). *Il Farmaco*, 2001, **56**, 397-401.
- [4] Fik M., Zawisłak A.: Porównanie właściwości przeciwutleniających wybranych herbat. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **3 (40)**, 98-105.
- [5] Fung K.H., Zhang Z.Q., Wong J.W.C., Wong M.H.: Fluoride contents in tea and in their infusion. *Environ. Poll.*, 1999, **104**, 197-205.
- [6] Goto T., Yoshida Y., Kiso M., Nagashima H.: Simultaneous analysis of individual catechins and caffeine in green tea. *J. Chromatogr. A*, 1996, **749**, 295-299.
- [7] Hicks M.B., Hsieh Y.-H., Bell L.N.: Tea preparation and its influence on methyloxantine concentration, *Food Res. Int.*, 1996, **29 (2-3)**, 325-330.
- [8] Horie H., Kohata H.: Analysis of tea component by high-performance liquid chromatography and high-performance capillary electrophoresis. *J. Chromatogr. A*, 2000, **881**, 425-438.
- [9] Jaganyi D., Ndlovu T.: Kinetics of tea infusion. Part 3: The effect of tea bag size and shape on the rate of caffeine extraction from Ceylon orange pekoe tea. *Food Chem.*, 2001, **75**, 63-66.
- [10] Kaczmarek U.: Wartości pH i stężenia fluorków w wybranych herbatach. *Annal. Acad. Med. Stetin.*, 2004, **50**, 58-61.
- [11] Perucka I.: Skład chemiczny liści herbaty. *Biul. Magnezoil.*, 2001, **6 (3)**, 443-451.
- [12] Peterson Peterson., Dwyer J., Bhagwat S., Haytowitz D., Holden J., Eldridge A.L., Beecher G., Aldeesanni J.: Major flavonoids in dry tea. *J. Food Composit. Anal.*, 2005, **18**, 487-501.
- [13] Szajdek A., Borowska J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **4 (41)**, 5-27.
- [14] Śmiechowska M., Przybyłowski P., Dmowski P., Newerli-Guz J.: Określenie zawartości azotanów (V) i (III) oraz garbników w herbatach czarnych importowanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003, **2 (35)**, 98-105.
- [15] Wang H., Provan G.J., Helliwell K.: Tea flavonoids: their functions, utilization and analysis. *Trends Food Sci. Technol.*, 2000, **11**, 152-160.
- [16] Wang H., Helliwell K.: Determination of flavonols in green and black tea leaves and green tea infusions by high-performance liquid chromatography. *Food Res. Int.*, 2001, **34**, 223-227.
- [17] Waszkiewicz-Robak B.: *Użytki. W: Towaroznawstwo żywności przetworzonej – pod red. F. Świderskiego. Wyd. SGGW*, 1999, s. 427-436.
- [18] Weisburger J.H.: Tea and health: a historical perspective. *Cancer Lett.* 1997, **114**, 315-317.
- [19] Wołosiak R., Rudny M., Skrobek E., Worobiej E., Drużyńska B.: Charakterystyka aromatu i właściwości przeciwutleniających wybranych naparów używek i ziół. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **3 (52)**, 109-118.
- [20] Wu C.D., Wei G.-H.: Tea as functional food for oral health. *Nutrition*, 2002, **18 (5)**, 443-444.

- [21] Yao L., Liang Y., Datta N., Singanusong R., Liu X., Duan J., Raymont K., Lisle A., Xu Y.: HPLC analyses of flavonols and phenolic acids in the fresh young shoots of tea (*Camelia sinensis*) grown in Australia. *Food Chem.*, 2004, **84**, 253-163.
- [22] Yen G., Chen H.Y., Peng H.H.: Antioxidant and prooxidant effects of various tea extract. *J. Agric. Food. Chem.*, 1997, **45**, 30-34.

**CONTENT PROFILE OF SOME SELECTED METHYLYXANTHINES AND PHENOLIC COMPOUNDS IN INFUSIONS OF VARIOUS TEA TYPES IN A CRUMBLED FORM (DUST AND FANNINGS) DEPENDING ON THE BREWING TIME**

S u m m a r y

This paper presents the results of the studies on content levels of methylxanthines: theophylline, theobromine, caffeine, and of phenolic compounds: quercetin, gallic acid, in infusions made of various tea types in a crumbled form. In the experiment, three types of tea, packed in teabags, were used: green, red (Pu-erh), and black tea, manufactured by different companies. Infusions were made of those tea types. The tea infusions differed among each other by the content of the determined components depending on both the brewing time, the type of tea, and the manufacturer of tea.

No theophylline was found in the infusions of the teas tested whereas the contents of theobromine, caffeine, gallic acid, and quercetin grew along with the increase in brewing time. The infusions of green teas were characterized by the highest concentration of the compounds indicated, whereas the infusions of black teas – by the lowest concentration of them. The content of quercetin was significantly positively correlated with the content of the gallic acid. Moreover, when comparing the infusions of various tea types among each other, it was found that the majority of significant dependencies among the results of measured content levels of substances determined were in the infusions of black teas. When analysing the infusions of teas with regard to their brewing time, the majority of significant correlations among the compounds investigated were shown in infusions, which were brewed for 6 minutes.

**Key words:** tea, caffeine, theobromine, gallic acid, quercetin ☒