

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

THE CONTENT OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS IN RAW MATERIALS AND IN PROCESSED FOOD – A REVIEW®

Zawartość związków polifenolowych w surowcach i żywności przetworzonej – przegląd®

Key words: polyphenolic compounds, sources, fruits and vegetable, processed food, the intake of polyphenols.

The purpose of this paper is to compare the content of polyphenolic compounds in raw materials and in processed food and to compare the consumption of these compounds in different countries based on published literature data. Polyphenolic compounds are widespread in the plant world, but their content is very diverse and depends on many factors. The majority of polyphenolic compounds in the diet come from vegetables and fruits (over 50%), followed by bread, tea, wine, coffee and chocolate. The sources of polyphenolic compounds, apart fruits and vegetables, also include cereals (oats, wheat, rye, barley, buckwheat). Polyphenolic compounds can also be found in many food products processed to various degrees (cereal products, soy products, honey, jams, chocolate, coffee, tea, wine, juices), but their content varies and depends primarily on the processing applied and on the share of plant raw materials in the product.

Słowa kluczowe: związki polifenolowe, źródła, owoce i warzywa, żywność przetworzona, spożycie.

Celem artykułu jest porównanie zawartości związków polifenolowych w surowcach oraz żywności przetworzonej a także porównanie spożycia tych związków w różnych krajach w oparciu o opublikowane dane literaturowe. Związki polifenolowe są szeroko rozpowszechnione w świecie roślin, ale ich zawartość jest bardzo zróżnicowana i zależy od wielu czynników. Najwięcej tych związków w diecie pochodzi z warzyw i owoców (ponad 50%), a następnie z pieczywa, herbaty, wina, kawy oraz czekolady. Źródłem związków polifenolowych, poza owocami i warzywami są także zboża (owies, pszenica, żyto, jęczmień, gryka), a także wiele produktów spożywczych o różnym stopniu przetworzenia (produkty zbożowe, produkty sojowe, miody, dżemy, czekolada, kawa, herbata, wino, soki). Ich zawartość jest zróżnicowana i uzależniona przede wszystkim od zastosowanego procesu przetworzenia oraz udziału surowców roślinnych w produkcji.

INTRODUCTION

Polyphenolic compounds are defined as aromatic and multihydroxyl phenolic compounds that occur naturally in plants, accumulated in different morphological parts, e.g. in seeds, leaves, flowers, fruits, roots or bark [25]. They can occur in the form of high-molecular or low-molecular compounds. The majority of them can combine with sugars, esters or organic acids, and only some of them occur in the form of aglycones [13].

The largest group of polyphenolic compounds identified in plant raw materials are phenolic acids (almost 1/3 of all polyphenolic compounds), among them derivatives of benzoic and hydroxybenzoic acid (gallic, protocatech, p-hydroxybenzoic) and cinnamic acid derivatives (caffeic, ferulic, chlorogenic, coumarin) and flavonoids covering at least 7 different groups, including flavonols, flavanols, flavones, isoflavones, flavanones, anthocyanins and chalcones (tab. 1).

It is widely known that polyphenolic compounds supplied with the diet have a beneficial effect on human health. They protect the body against the harmful effects of oxidative stress, ultraviolet radiation, and the harmful effects of pathogenic microorganisms [9,10, 23, 26]. They also contribute to the reduction of the adverse effects of free radicals, which in turn will delay the aging process of the body and protect it from the development of cancer [1, 11, 12, 14, 23, 31, 33, 35, 38]. The health-promoting effects of polyphenols include: antiallergic [18, 26], antidiabetic [14, 32], anti-atherosclerotic [8, 18, 30] or anti-inflammatory [15, 26]. It is also indicated that some of them, e.g. phytoestrogens (mainly isoflavones) play a large role in the prevention of osteoporosis, prevent bone fractures and increase their density [14], as well as alleviate the symptoms of menopause [18]. However, the consumption of polyphenolic compounds in larger quantities is not totally safe, especially for people exposed to iron deficiency, e.g. pregnant women. They can reduce the absorption of iron by forming permanent and insoluble complexes with iron ions

Table 1. Division of polyphenolic compounds into groups [3,12,19, 40]

Tabela 1. Podział związków polifenolowych na grupy [3, 12, 19, 40]

Group of compounds / Grupa związków		Examples of compounds / Przykłady związków	
Phenolic acids / Kwasy fenolowe	Benzoic acid and hydroxybenzoic acid derivatives	Pochodne kwasu benzoowego i hydroksybenzoowego	Gallic and protocatechic acid Kwas galusowy i protokatechowy
	Cinnamic acid derivatives	Pochodne kwasu cynamonowego	P-hydroxybenzoic acid Kwas p-hydroksy-benzoowy
Flavonoids / Flawonoidy	Flavonols	Flawonole	Coffee, ferulic, chlorogenic, coumarin Kawowy, ferulowy, chlorogenowy, kumaryny
	Flavannols	Flawanole	Quercetin, myricetin, campherol, rutin Kwercetyna, myricetyna, kamferol, rutyna
	Flavones	Flawony	Epikatechina epigallokatechina epigallokatechino-3-galusan Epikatechina epigallokatechina epigallokatechino-3-galusan
	Isoflavones	Izoflawony	Apigenin, luteolin, diosmetine Apigenina, luteolina, diosmetryna
	Flavanones	Flawanony	Daidzein, genistein Daidzeina, genisteina
	Anthocyanins	Antocyjany	Narginin, naringenine, hespertine, hesperidin Narginina, naringenina, hespertyna, hesperydyna
	Chalkony	Chalkony	Delphinidine, cyanidin Delfinidyna, cyjanidyna
	Other flavonoids	Pozostałe flawonoidy	Pelargonidine, florin, floridzin, xanthohumol Pelargonidyna, florentyna, florydzyzna, ksantohumol
Xanthoness	Ksantony	Biflavonoids, chalcones, prenyloflavonoids, flavonoligns, flavonoid glycosidoesters Biflawonoidy, chalkony, prenyloflawonoidy, flawonolignany, glikozydoestry flawonoidowe	
Anthraquinones, stilbenes	Antrachinony, stilbeny	Garcinon, gartanin mangiferin Garcinon, gartanina mangiferyna	
Naphthoquinones	Naftochinony	Resveratrol Resweratrol	
Tannin	Taniny	Juglon, droseron Juglon, droseron	
Nitrogenous compounds	Związki azotowe	Proanthocyanidins Proantocyjanidyny	
Terpenoids	Terpenoidy	Glucosinolates, alkaloids, amines, glycosides Glukozynolany, alkaloidy, aminy, glikozydy	
		Terpenes, saponins Terpeny, saponiny	

and thus reduce the absorption of iron in the body, which can lead to anemia [20, 29].

Technologically speaking, polyphenolic compounds are substances that prevent the oxidation of fat, which leads to the formation of substances harmful to health [27]. They stabilize fats and slow down their oxidative deterioration. For this purpose, they are added in the form of extracts to mayonnaise, butter, margarines, fish and meat products. Taking into account the nutritional, health and technological importance that is attributed to these compounds and the growing consumers' interest in a healthy lifestyle and manufacturers introducing new food products with extended shelf life and innovative composition to the market, this paper aims to compare the content of different polyphenolic compounds in plant raw materials and processed foods. These data can be useful for balancing the diet in terms of the content of various polyphenolic compounds.

CONSUMPTION OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS

Polyphenolic compounds are widespread in the plant world, but their content is very diverse and depends on many factors. The majority of polyphenolic compounds in the diet come from vegetables and fruits (over 50%), followed by bread, tea, wine, coffee and chocolate [17]. In order to achieve health-promoting nutritional effects, it is recommended to consume polyphenolic compounds in a minimum total amount of 250 to 500 mg per day [37].

In 2009, the daily Polish ration provided approx. 440 mg of total polyphenolic compounds. For comparison, the average daily amount of polyphenolic compounds in the diet of Finland is approx. 200 mg (the result of consuming a large amount of blueberries), in Japan up to 68.2 mg.

This intake varies greatly from country to country and is often given into different groups of polyphenolic compounds. It is estimated that the intake of phenolic acids is significantly

Table 2. Types of polyphenol compounds in fruits and vegetables [1, 5, 9, 22]

Tabela 2. Rodzaje związków polifenolowych w owocach i warzywach [1, 5, 9, 22]

Polyphenolic compounds / Związki polifenolowe		Name of the compound this polyphenols / Nazwa związków polifenolowych	Fruits / Owoce	Vegetables / Warzywa
Phenolic acids / Kwasy fenolowe	Hydroxy-benzene / Hydroksy- benzenowe	protocaticacid-restocking, p-hydroxy-benzoic acid / kwas protokatechowy, p-hydroksy-benzoesowy	black currants, raspberries, strawberries, blackberries / czarne porzeczki, maliny, truskawki, jeżyny	red onion, radish / czerwona cebula, rzodkiewka
		gallic acid / kwas galusowy		(-)
	Hydroxy- cinnamon / Hydroksy- cynamonowe	caffeic acid, p-coumar, Chlorogenic / kwas kawowy, p-kumarowy, chlorogenowy	plums, apples, pears, black currant, strawberries, cherries, peaches / śliwki, jabłka, gruszki, czarna porzeczka, truskawki, czereśnie, brzoskwinie	lettuce, cabbage, spinach, potatoes, squash, alfalfa, spinach, tomatoes, squash, potatoes, turnips, carrots, tomatoes, spinach, squash / sałata, kapusta, szpinak, ziemniaki, kabaczek, lucerna, szpinak, pomidory, kabaczek, ziemniaki, rzepa, marchew, pomidory, szpinak, kabaczek, lucerna
		ferulic ferulowy	(-)	
Flavonoids / Flawonoidy	Flavonols / Flawonole	quercetin, kempferol / kwercetyna, kempferol	cranberries, berries, dark grapes, wild rose, apples, elderberry żurawina, owoce jagodowe, ciemne winogrona, dzika róża, jabłka, czarny bez	cabbage, kale, broccoli, peppers, chives kapusta włoska, jarmuż, brokuły, papryka, szczypiorek
	Flavannols / Flawanole	catechin, epicatechin, epigallocatechin / katechina, epikatechina, epigalokatechina	red grapes, apples, peaches, apricots, quince fruits / czerwone winogrona, jabłka, brzoskwinie, morele, owoce pigwowca	beets, broccoli, asparagus, garlic, peppers / buraki, brokuły, szparagi, czosnek, papryka
	Flavanones / Flawanony	hesperidin, hesperetine, naringin, naringin / hesperydyna, hespertyna, naringenina, naringina	oranges, grapefruits / pomarańcze, grejpfruty	Tomatoes / Pomidory
	Flavones / Flawony	apigenin luteolin / apigenina luteolina	wild rose, elderberry, apples, lemons, cherries, grapes / dzika róża, owoce bzu, jabłka, cytryny, wiśnie, winogrona	parsley, celery red pepper, spinach / pietruska, seler czerwona papryka, szpinak
		losmetine / diosmetyna	(-)	
	Anthocyanins / Antocyjany	cyanidin, pelargonidin, peonidine, delphinidine / cyjanidyna, pelargonidyna, peonidyna, delfinidyna	strawberries, chokeberry, grapes, raspberries, blackberries, blueberries, elderberry, cherries, cranberries, black currants, / truskawki, aronia, winogrona, maliny, jeżyny, borówka, bez czarny, wiśnie, żurawina, czarne porzeczki,	beets, red onions, red cabbage, radish, red lettuce / buraki, czerwona cebula, czerwona kapusta, rzodkiewka, czerwone sałaty
Stilben / Stilben	resveratrol / resweratrol	grapes, mulberry fruits, red currant / winogrona, owoce morwy, czerwona porzeczka		
Tannin / Taniny	Proanthocyanidins / proantocyjanidyny	grapes, chokeberry fruits, sloe fruits / winogrona, owoce aronii, owoce tarniny	legumes, peanuts / warzywa strączkowe, orzechy ziemne	
Lignans Lignany	pyrorenizole, laricyrenizol enterodiol / pirorenizol, laricyrenizol enterodiol		flax seeds, legumes, garlic, onions, fennel, carrots, asparagus / nasiona lnu, rośliny strączkowe, czosnek, cebula, koper włoski, marchew, szparagi	

higher than the intake of flavonols, flavones, isoflavones and other flavonoids combined together [30]. A lot of data concerns the consumption of flavonoids. The average daily intake of flavonoids on a global scale is approx. 1 g/person (including approx. 170 mg flavones and flavanones). In Western countries, it is estimated that flavonoids are consumed in the amount of 50 – 800 mg / day / person, while in Eastern countries this intake may be up to 2 g. In Mediterranean countries, the intake of flavonoids equals approx. 100 – 1000 mg per day, and in Scandinavian countries less than 50 mg / day.

THE CONTENT OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS IN RAW MATERIALS AND IN PROCESSED FOOD

The types of polyphenolic compounds contained in various fruits and vegetables are compiled in a tab. 2.

A rich source of flavonoids are green, yellow and red vegetables (m.in lettuce, squash, onion, broccoli, legume seeds, tomatoes, peppers), fruits (grapefruits, oranges, apples, chokeberry), green tea, cocoa and red wine. The source of flavones is considered to be parsley and thyme, flavonols – onions, cabbage, broccoli, apples, cherries, blueberries, tea and red wine. Flavans in significant quantities are found in citrus, catechins in tea, cocoa, apples, apricots and cherries. Sources of isoflavones are legume seeds and soy products [2].

Table 3 presents the average content of different polyphenolic compounds in fruits and vegetables. This content is quite diverse, as it depends on many factors. The most important of these are agrotechnical and climatic conditions as well as genetic and varietal factors [6]. Vegetables usually contain fewer polyphenolic compounds than fruits. Cherries, lilac, rosehips and apples are characterized by a relatively high content of flavanols, which account for 19 – 30% of the total polyphenol content [5, 34].

Table 3. The content of polyphenolic compounds in selected fruits [5]

Tabela 3. Zawartość związków polifenolowych w wybranych owocach [5]

Fruit Owoc	Polyphenolic compounds / Związki polifenolowe		Content / Zawartość mg/100g
	Group / Grupa	Rodzaj / Kind	
Aronia / Aronia	Flavonols, Anthocyanins / Kwasy fenolowe, Antocyjany	Hydroksycyna-monowe Cyjanidyna	422 79 1041
Cranberry / Żurawina	Flavonols / Flawonole	Kwercetyna Epikatechina	14,02 4,2
Red grapes / Winogrona czerwone	Flavonols / Flawonole	Kwercetyna Katechina Epikatechina	2,54 8,94 8,64
Strawberries / Truskawki	Flavonols / Flawonole	Katechina Kemferol Kwercetyna	4,47 0,79 0,65
Blackberries / Jeżyny	Flavonols / Flawanole	Kwercetyna Katechina, epikatechina	1,03 18,74
Black blueberry / Czarna borówka	Anthocyanins / Flavonols / Flavanoles Antocyjany / Flawonole / Flawanole	Cyjanidyna, Malwidyna Kwercetyna Epikatechina	64,23 3,11 1,11
Elderberry / Czarny bez	Flavonols / Anthocyanins Flawonole / Antocyjany	Kwercetyna Cyjanidyna	42 749,24
Black currants / Porzeczki czarne	Avonols / Flawonole	Myricetyna Kwercetyna	7,81 5,69
Apple / Jabłko	Flavonols / Flavans Flawonole / Flawanole	Kwercetyna Katechina Epikatechina	4,42 0,95 8,14
Grapefruit / Grejpfrut	Flavanones / Flavonols Flawanony / Flawonole	Hesperydyna, Naringenina Kempferol Kwercetyna	1,50 53,0 0,40 0,50
Orange / Pomarańcza	Flavanones Flawanony	Hesperydyna Naringenina	32,73 11,15
Cherries / Wiśnie	Anthocyanins / Flavonols / Flavanoles Antocyjany / Flawonole / Flawanole	Cyjanidyna Kwercetyna Katechina Epikatechina	111,43 1,25 2,17 9,53

Table 4. Total content of polyphenolic compounds in selected vegetables in terms of (+)-catechin and gallic acid [6]
Tabela 4. Całkowita zawartość związków polifenolowych w wybranych warzywach w przeliczeniu na (+)-katechinę i kwas galusowy [6]

Vegetables / Warzywa		Polyphenol content in mg/100 g of product / Zawartość polifenoli w przeliczeniu na mg/100 g produktu,	
		gallic acid / kwas galusowy	(+)-catechin / (+)-katechinę
Papryka	Papsee	59,4 – 424	30,1
Brokuły	Broccoli	80,8 – 337	61,1
Kalafior	Cauliflower	274	29,7
Pomidor	Tomato	274	17,5
Kapusta czerwona	Red cabbage	254	–
Burak ćwikłowy	Beetroot	244	182,8
Szpinak	Spinach	79,6 – 217	22,4
Kapusta biała	White cabbage	36,7 – 203	20,6
Ziemniaki	Potatoes	23,3 – 163	14,7
Szparagi	Asparagus	141	54,1
Salata	Lettuce	22,6 – 131	12,3
Cebula czerwona	Red onion	126	24
Marchew	Carrot	35,2 – 125	18,6
Seler	Celery	15 – 56	16,2
Ogórki	Cucumbers	14,4 – 27	2,9
Cebula żółta	Yellow onion	68,9 – 92	14
Czosnek	Garlic	–	54

Table 4 shows the total content of polyphenolic compounds in selected vegetables (expressed as (+)-catechin and gallic acid) [6].

The biggest quantity of polyphenols among cruciferous vegetables can be found in broccoli and red cabbage, solanaceous vegetables – red pepper, root vegetables – beets, and onion – red onions and garlic. A good source of polyphenolic compounds is parsley (13600 mg / 100 g) and its root (310 mg / 100 g) and capers [5, 6].

Table 5 presents the content of flavonoids: flavones and flavonols in selected vegetables. Flavonol glycosides such as quercetin 4'-glucoside and quercetin 3,4'-diglucoside (they account for 83-93% of the polyphenol content) have been found in onions. The quercetin content of red onions is approx. 117.4 – 1917 mg/kg, and in shallots 53.4 – 1187 mg/kg. Quercetin derivatives in the form of 3-glucuronide and 3-glucoside were also found in lett. In broccoli, the dominant flavonols are kempherol 3-sophoroside and 3-sophoroside-quercetin. Based on studies conducted on tomatoes, it was found that almost all flavonols are located in the skin of these vegetables and therefore it is more beneficial to eat tomatoes with peel. In white cabbage and peppers, higher amounts of kempherol and quercetin compounds were detected compared to other vegetables [6].

In vegetables, in addition to flavonols and flavones, there may also be other flavonoids, but in very small quantities and these are, for example, naringenin in tomatoes, or anthocyanins in red vegetables (cabbage, onions, lettuce). Cyanidin is an

anthocyanin present mainly in onions, red cabbage and radish, pelargonidine in the largest quantities is found in potatoes and radish, while delphinidin in eggplant.

Vegetables are a rich source of phenolic acids, because in the total content of polyphenolic compounds, the share of flavonoids is smaller than the share of phenolic acids. It has been proven that the dominant flavonols in vegetables are derivatives of catemerol, myrrecetin and quercetin, and flavones – luteolin and apigenin. In unprocessed vegetables, flavonoids are quite rarely found in the form of aglycones. An example would be tomatoes, where free quercetin and kempherol levels have been determined [6].

The content of anthocyanin dyes in red cabbage is the highest and amounts to approx. 25 – 495 mg/100 g of product. Less of these compounds contain radish (4.7 – 38.8 mg / 100 g) and onion (25 mg / 100 g). The largest amounts of anthocyanins are found in the skin of vegetables, e.g. potatoes have 175 – 500 mg / 100 g, and eggplant 750 mg / 100 g. So far, 34 anthocyanins have been found in radish, 23 in red cabbage, 10 in red onions, and about 5 dyes have been identified in potatoes and eggplant [6, 35].

Among phenolic acids, hydroxycinnamic acids are the most widespread (tab. 6). Chlorogenic acids dominate primarily in potatoes and account for 90% of the total polyphenol content. In carrots, the content of these acids is highest in dark-colored vegetables. In addition to potatoes and carrots, chlorogenic acids are also found in turnips, tomatoes and eggplant. The characteristic thing about broccoli is a very

Table 5. The content of flavonoids in selected vegetables [6]

Tabela 5. Zawartość flawonoidów w wybranych warzywach [6]

Product (vegetable) / Produkt (warzywo)		Flavonoids (content in mg/100 g of product) / Flawonoidy (zawartość w mg/100 g produktu)				
		Flavones / Flawony		Flavonols / Flawonole		
		apigenin apigenina	luteolin luteolina	quercetin kwercetyna	myricetin mirycetyna	kempferol kemferol
Kapusta biała	White cabbage	0,09–0,8	0,02	5,1	0	0
Kapusta czerwona	Red cabbage	0,01–0,11	0,2–0,4	0,02–0,46	1,1–1,3	< 0,01
Kapusta włoska	Italian cabbage	0	0	11–12	0	21,1–47,0
Brukselka	Brussels sprouts	0	0	0–0,6	0	0,74–0,9
Kalafior	Cauliflower	0,2	0	3,9	0	1,2
Brokuły	Broccoli	< 0,01	< 0,03	0,1–13,7	< 0,04	0,3–7,2
Burak ćwikłowy	Beetroot	–	–	–	–	–
Marchew	Carrot	0	0,8	1,5	0,4	0,6
Seler	Celery	1,6–6,1	0,5–2,0	0	0	0
Ziemniaki	Potatoes	0,02	0	< 0,01	< 0,01	0,05
Szparagi	Asparagus	–	–	–	–	–
Ogórki	Cucumbers	< 0,01	0,01	< 0,01	0	0
Salata	Lettuce	< 0,01–2,3	< 0,03	0,04–7,9	0,02–0,9	0,1–0,6
Szpinak	Spinach	< 0,01	< 0,03	<0,02–1,96	0,04	0,06–9
Cebula czerwona	Red onion	< 0,01	< 0,03	7,7–19,5	1,8–5,9	0,3–0,6
Cebula żółta	Yellow onion	2,1	0,02–1,1	2,6–34,7	0,02–3,2	0,06–4,5
Czosnek	Garlic	–	–	–	–	–
Papryka	Paprika	0	0,5–1,1	0	0	0
Pomidor	Tomato	< 0,01	< 0,03	0,2–3,8	< 0,04	< 0,01–0,7

Table 6. The content of phenolic acids in selected vegetables [1]

Tabela 6. Zawartość kwasów fenolowych w wybranych warzywach [1]

Product (vegetable) / Produkt (warzywo)		Phenolic acids / Kwasy fenolowe		Content in mg/kg of product / Zawartość w mg/kg produktu
Brokuły	Marrow	Sinapinowy	Sinapin	100
Kabaczek	Lucerne	Ferulowy p-kumarowy kawowy	Ferulic p-coumar coffee	220 200 80
Lucerna	Carrot	Ferulowy p-kumarowy kawowy	Ferulic p-coumar coffee	2100 1000 500
Marchew	Tomatoes	Chlorogenowy	Chlorogenic	80
Pomidory	Lettuce	Ferulowy sinapinowy p-kumarowy	Ferulic sinapin p-coumar	700 130 70
Salata	Spinach	Cykoriowy kawoilojałkowy	Chicory Cavoyl	100 30
Szpinak	Turnip	p-kumarowy ferulowy	p-coumar ferulic	350 110
Rzepa	Potatoes	chlorogenowy	Chlorogenic	60
Ziemniaki	Marrow	chlorogenowy	Chlorogenic	1400

high content of neochlorogenic acid. Carrots, in addition to chlorogenic acid, have been proven to contain dicavoylquinic and p-kumaroylquinic acids as well while broccoli – were proven to contain synapinic acid. Significant amounts of ferulic acid have been found in alfalfa and tomatoes [1, 6].

The sources of polyphenolic compounds, apart fruits and vegetables, also include cereals (oats, wheat, rye, barley, buckwheat). These cereals contain polyphenolic compounds such as e.g. phenolic acids, flavonoids and lignans. Phenolic acids can mostly be found in the outer layers of the grain and are the most important group of antioxidants of cereals. The total content of phenolic acids in cereals can reach up to 500 mg/kg [34].

The dominant phenolic acids in wheat are ferulic, vanillic, p-coumaric and syringic acids, while in barley – p-coumaric and ferulic acids. In buckwheat, phenolic acids are usually present in the form of glycosides and esters of p-hydroxybenzoic, p-coumaric, vanillin and syringic acids and in the form of aglycones of hydroxycinnamic acids. In rye grains, ferulic, caffeic, synapine, p-coumaric and vanillin acids have been identified, and they exist primarily in the form of glycosides and esters. Of all cereals, the richest source of phenolic acids are rye and oats. In oats, apart from caffeic and ferulic acids, there are other acids usually occurring in the form of esters combined with long-chain dialcohols, glycerol and ω -hydroxy acids [6, 34].

Other polyphenols that occur in cereal grains are flavonoids. These compounds occur in small amounts in aleuron cells, fruit and seed cover and scales. An exception here is barley, which contains more flavonoids than in other cereals and these are mainly catechins, proanthocyanidins and flavonols constituting 58 – 68% of the total content of polyphenols. In buckwheat there are 6 flavonoids: quercetin, rutin, vixin, isowiteksin, orientin and isoorientin (in the amount of approx. 93 mg/100 g). The content of the above compounds varies depending on the type. In cereal grains, apart from phenolic acids and flavonoids, there are also the following phytoestrogens: lignans and isoflavones (genistein, daidzein). The lignan content is approx. 2 – 7 mg / kg and the largest amounts of lingans are to be found in rye [34].

Phenolic compounds occurring in legumes are phenolic acids, isoflavones, anthocyanins, tannins and flavonols (glycosidicempferol, quercetin and myricetin) and flavanols (catechin). It has been shown that the said compounds are located mainly in the seed covers of plants. Of all legumes, soy is the one that contains most isoflavones (37,300 – 140,300 μ /100 g) and daidzein and genistein [11, 34].

Apart from the above plants, polyphenolic compounds can also be found in oilseeds (lignans: sekoizolaricirezinol and matairezol in flax and sunflower seeds, sesamine in sesamus, caffeic, ferulic, coumar and sinapa acids in rape seeds), nuts, herbs and coffee and tea. The content of polyphenols in tea can

Table 7. Total polyphenolic compounds content in selected food products [5, 37]

Tabela 7. Zawartość związków polifenolowych ogółem w wybranych produktach spożywczych [5, 37]

Produkt spożywczy / Food product		Content of polyphenolic compounds / Zawartość związków polifenolowych [mg/100 g products / produktu]
Ryż	Rice	20
Pieczywo	Bread	40
Makaron	Pasta	30
Tofu	Tofu	28
Miso	Miso	43
Mąka sojowa	Soy flour	199
Prażone ziarno soi	Roasted soybeans	128
Mąka pszenna	Wheat flour	5
Kasze i płatki zbożowe	Groats and cereals	23
Oleje i tłuszcze jadalne	Edible oils and fats	2
Czekolada mleczna	Milk chocolate	303,8 – 809,52
Czekolada biała	White chocolate	209,21
Czekolada deserowa	Dessert chocolate	2080,11
Czekolada gorzka	Dark chocolate	2163,9 – 3128
Herbata	Tea	500
Kawa naturalna prażona	Roasted natural coffee	700
Soki owocowe	Juices	6
Wino czerwone	Red wine	140
Miód	Honey	0,1 – 40
Dżemy	Jams	27 – 320

reach up to 35 % of leaf dry mass. The phenolic compounds present in tea include catechins, thearubigins and theaflavins. Green tea contains predominantly catechins (epigallocatechin gallate, epicatechin gallate, epigallocatechin) while black tea and oolong – thearubigins and theaflavins. Herbs and spices also contain many phenolic compounds and these involve phenolic soxaxes, flavonoids and phenolic diterpenes. Herbs such as horsetail, tricolor violet, chamomile or nettle owe their dioxidizing properties to flavones [9, 34].

THE INFLUENCE OF FRUIT AND VEGETABLE PROCESSING ON THE CONTENT OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS

Polyphenolic compounds can also be found in many food products processed to various degrees (cereal products, soy products, honey, jams, chocolate, coffee, tea, wine, juices), but their content varies and depends primarily on the processing applied and on the share of plant raw materials in the product.

The technological processes used in food processing may contribute to an increase (by thickening the ingredients, e.g. due to water loss) or to the lowering (as a result of transformations occurring in plants during their processing) of the amount of polyphenolic compounds found in the raw material [21]. Table 7 shows the polyphenol content of selected foods.

An important factor here is heat treatment (pasteurization, baking, roasting). The processing of cereals can have a favourable or adverse effect on the content of polyphenolic compounds found in them. It has been proven that heat treatment applied during the production of pasta leads to the destruction of certain polyphenols, as these are thermolabile compounds that decompose at high temperature. Therefore, pasta contains the smallest amounts of said compounds. The highest content of polyphenols was found in bran and groats. It was discovered that the drying resulting from the roasting process of buckwheat granuloiacs, causes an increase in the content of rutin in them [4, 39].

The type of chocolate definitely differentiates them in terms of the content of polyphenolic compounds. This is because of the amount of cocoa pulp included in chocolate, but a higher percentage does not always result in a higher content of polyphenolic compounds [7].

The polyphenol content in tea depends mainly on the growing area, as well as on the method of leaf treatment (red, green, black tea), and the method and time of tea brewing [24].

Polyphenolic compounds occurring in soy products (soy flour, soy milk, miso, tofu) are primarily isoflavones: daidzein and genistein. The largest amounts of isoflavones among soy products are found in soy flour and roasted soybeans. Smaller amounts occur in soy products, e.g. in miso or tofu [5].

A rich source of polyphenolic compounds are honeys and jams. The content of polyphenols in honey ranges from 0.01 to several dozen mg / 100 g of the product and depends on the following factors: botanical origin, environmental conditions and the process of obtaining honey. No less than 32 flavonoids and large amounts of phenolic acids (p-hydroxybenzoic, ferulic, p-coumara, sirin) have been detected in honeys. The highest content of polyphenolic compounds occurs in dark honeys: buckwheat, heather and honeydew [36, 37].

Jams contain more polyphenols than honey and their content ranges from 27 mg (low-sweetened peach jam) to 320 mg / 100 g of a complete product (low-sweetened berry jam). Jams made from dark fruits have been proven to contain more anthocyanins (e.g. blueberry jam, blackcurrant). In addition, jams were found to contain fewer polyphenols compared to fresh fruit [21]. The content of polyphenolic compounds in fruit juices and wines is presented in tab. 8 below.

Particularly rich in phenolic compounds is grape juice, containing as much as 1700 mg of these compounds in 1 litre of juice, including approx. 1100 flavonoids. The total content of polyphenols in orange juice (370 – 7100 mg / l) is higher

Table 8. Polyphenol content in fruit juices and wines [5]

Tabela 8. Zawartość polifenoli w sokach owocowych i winach [5]

Type of juice / wine Rodzaj soku / wina		Content of polyphenolic compounds* / [mg/l] Zawartość związków polifenolowych* / [mg/l]								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jabłkowy	Apple	6–52	8							
Pomarańczowy	Orange			215–685	15–20		98			
Cytrynowy	Lemon			50–300						
Grejfrutowy	Grapefruit			100–650	15–24					
Porzeczkowy	Currant					130–400				
Wiśniowy	Cherry				124					
Z czerwonych winogron	From red grapes							79		
Z białych winogron	From white grapes							110		
Wino czerwone	Red wine	98					281		375	3
Wino białe	White wine						7,1		210	0,3

*/ 1 – Flavonols; 2 – Flavanols; 3 – Flavanones; 4 – Cinnamic acid derivatives; 5 – Anthocyanins; 6 – Anthocyanidins / proanthocyanidins; 7 – Benzoic acid derivatives; 8 – Phenolic acids; 9 – Resveratrol

*/ 1 – Flawonole; 2 – Flawanole; 3 – Flawanony; 4 – Pochodne kwasu cynamonowego; 5 – Antocjany; 6 – Antocyjanidyny / proantocyjanidyny; 7 – Pochodne kwasu benzoowego; 8 – Kwasy fenolowe; 9 – Resweratrol

than in apple juice (23 – 250 mg / l). Chokeberry drinks have been proven to be more rich in phenolic compounds than apple drinks [5].

During the production of concentrated juices, significant amounts of good antioxidants are removed as a result of the clarifying process, which is why fresh juices contain higher amounts of polyphenols than concentrated ones. Apart from the processing, the reduction of the content of polyphenolic compounds in juices also takes place as the result of long storage.

The most important wine polyphenols are flavonoids (catechin, myricetin, quercetin, kempherol), tannins and resveratrol. The highest content of polyphenolic compounds is found in red wine, which contains a range of 493.5 – 1155.9 mg/dm³. Rosé wine contains much less of these compounds (162.0 – 258.6 mg/dm³), and in white wine the content of polyphenols is as much as ten times lower than in red wines (92.4 – 168.9 mg / dm³). The polyphenolic content of wines is significantly influenced by their country of origin, which is due to the quality of the vegetable raw material [16, 28].

SUMMARY

The largest group of polyphenolic compounds identified in plant raw materials are phenolic acids (almost 1/3 of all polyphenolic compounds), among them derivatives of benzoic and hydroxybenzoic acid and cinnamic acid derivatives and flavonoids covering at least 7 different groups, including flavonols, flavanols, flavones, isoflavones, flavanones, anthocyanins and chalcones. Polyphenolic compounds are widespread in the plant world, but their content is very diverse and depends on many factors. The majority of polyphenolic compounds in the diet come from vegetables and fruits (over 50%), followed by bread, tea, wine, coffee and chocolate. This intake varies greatly from country to country and is often given into different groups of polyphenolic compounds. It is estimated that the intake of phenolic acids is significantly higher than the intake of flavonols, flavones, isoflavones and other flavonoids combined together. Vegetables are a rich source of phenolic acids, because in the total content of polyphenolic compounds, the share of flavonoids is smaller than the share of phenolic acids. The sources of polyphenolic compounds, apart fruits and vegetables, also include cereals (oats, wheat, rye, barley, buckwheat). Polyphenolic compounds can also be found in many food products processed to various degrees (cereal products, soy products, honey, jams, chocolate, coffee, tea, wine, juices), but their content varies and depends primarily on

the processing applied and on the share of plant raw materials in the product. The processing of cereals can have a favourable or adverse effect on the content of polyphenolic compounds found in them. During the production of concentrated juices, significant amounts of good antioxidants are removed as a result of the clarifying process, which is why fresh juices contain higher amounts of polyphenols than concentrated ones. Apart from the processing, the reduction of the content of polyphenolic compounds in juices also takes place as the result of long storage.

PODSUMOWANIE

Największą grupę związków polifenolowych zidentyfikowanych w surowcach roślinnych stanowią kwasy fenolowe (prawie 1/3 wszystkich związków polifenolowych), a wśród nich pochodne kwasu benzoowego, hydroksybenzoowego i pochodne kwasu cynamonowego oraz flawonoidy obejmujące co najmniej 7 różnych grup, w tym flawonole, flawanole, flawony, izoflawony, flawanony, antocyjany i chalkony. Związki polifenolowe są szeroko rozpowszechnione w świecie roślin, ale ich zawartość jest bardzo zróżnicowana i zależy od wielu czynników. Najwięcej związków polifenolowych w diecie pochodzi z warzyw i owoców (ponad 50%), a następnie z pieczywa, herbaty, wina, kawy oraz czekolady. Spożycie ich jest bardzo zróżnicowane w poszczególnych krajach i często podawane jest w przeliczeniu na różne grupy związków polifenolowych. Szacuje się, że spożycie kwasów fenolowych jest znacząco wyższe niż spożycie flawonoli, flawonów, izoflawonów i innych flawonoidów łącznie. Warzywa są bogatym źródłem kwasów fenolowych, gdyż w całkowitej zawartości związków polifenolowych, udział flawonoidów jest mniejszy niż udział fenolokwasów. Źródłem związków polifenolowych, poza owocami i warzywami są także zboża (owies, pszenica, żyto, jęczmień, gryka). Związki polifenolowe zawarte są także w wielu produktach spożywczych o różnym stopniu przetworzenia (produkty zbożowe, produkty sojowe, miody, dżemy, czekolada, kawa, herbata, wino, soki), ale ich zawartość jest zróżnicowana i uzależniona przede wszystkim od zastosowanego procesu przetworzenia oraz udziału surowców roślinnych w produkcji. Przetwarzanie zbóż może korzystnie lub niekorzystnie wpływać na zawartość w nich związków polifenolowych. Podczas produkcji soków zagęszczonych, w wyniku procesu klarowania, zostają usunięte znaczne ilości cennych antyoksydantów, dlatego też świeże soki zawierają większe ilości polifenoli niż zagęszczone. Oprócz procesów przetwarzania na obniżenie zawartości związków polifenolowych w sokach, wpływa także ich długie przechowywanie.

REFERENCES

- [1] **BUDRYN G., E. NEBESNY 2006.** „Fenolokwasy – ich właściwości, występowanie w surowcach roślinnych, wchłanianie i przemiany metaboliczne”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 39(2): 103–109.
- [2] **CIEŚLIK E., A. GRĘDA, W. ADAMUS. 2006.** „Contents of polyphenols in fruit and vegetables”. *Food Chemistry* 94: 135–142.

REFERENCES

- [1] **BUDRYN G., E. NEBESNY 2006.** „Fenolokwasy – ich właściwości, występowanie w surowcach roślinnych, wchłanianie i przemiany metaboliczne”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 39(2): 103–109.
- [2] **CIEŚLIK E., A. GRĘDA, W. ADAMUS. 2006.** „Contents of polyphenols in fruit and vegetables”. *Food Chemistry* 94: 135–142.

- [3] **CROZIERA., I.B. JAGANATH, M.N. CLIFFORD. 2009.** „Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health”. *Natural Products Reports* 26(8): 1001–1043.
- [4] **DZIEDZIC K., A. DOROŹDŹYŃSKA, D. GÓRECKA. 2009.** „Zawartość wybranych związków przeciwutleniających w gryce i produktach powstałych podczas ich przerobu”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6(67): 81–90.
- [5] **GHERIBI E. 2011.** „Związki polifenolowe w owocach i warzywach”. *Medycyna Rodzinna* 4(60): 111–115.
- [6] **GRAJEK W. 2007.** *Przeciwutleniacze w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne: 141–157, 187–193, 201–215.
- [7] **JABŁOŃSKA-RYŚ E. 2012.** „Zawartość polifenoli w czekoladach”. *Nauka Przyroda Technologie* 6(2): 5–9.
- [8] **JANECZKO Z. 2004.** „Polifenole roślinne w terapii schorzeń układu krążenia”. *Panacea* 3(8): 22–26.
- [9] **JESZKA M., E. FLACZYK. 2010.** „Związki fenolowe – charakterystyka i znaczenie w technologii żywności”. *Nauka Przyroda Technologie* 4(2): 1–9.
- [10] **JESZKA M., J. KOBUS-CISOWSKA, E. FLACZYK. 2009.** „Liście morwy jako źródło naturalnych substancji biologicznie aktywnych”. *Postępy Fitoterapii* 3: 175–179.
- [11] **KAŁĘDKIEWICZ E., E. LANGE. 2013.** „Znaczenie wybranych związków pochodzenia roślinnego w diecie zapobiegającej chorobom nowotworowym”. *Postępy Fitoterapii* 1: 42–47.
- [12] **KLEPACKA A. 2013.** „Przeciwglukacyjne właściwości ekstraktów bogatych w polifenole”. *Postępy Fitoterapii* 2: 127–131.
- [13] **KOSIOREK A., J. OSZMIŃSKI, J. GOLAŃSKI. 2013.** „Podstawy do zastosowania polifenoli roślinnych jako nutraceutyków o właściwościach przeciwpłytkowych”. *Postępy Fitoterapii* 2: 108–117.
- [14] **KOSZOWSKA A., A. DITTFELD, A. PUZON-BONCZYK. 2013.** „Polifenole w profilaktyce chorób cywilizacyjnych”. *Postępy Fitoterapii* 4: 263–266.
- [15] **KOWALSKA K., A. OLEJNIK. 2010.** „Rozmaryn – roślina zielarska o potencjale terapeutycznym”. *Postępy Fitoterapii* 2: 114–122.
- [16] **KRÓLD., M. GREGORCZYK, A. SZYMAŃSKA. 2013.** „Substancje antyoksydacyjne w czerwonym winie”. *Postępy Fitoterapii* 4: 260–262.
- [17] **KWIATKOWSKA E., S. BAWA. 2007.** „Znaczenie substancji uznanych za antyodżywcze w profilaktyce chorób cywilizacyjnych”. *Medycyna Rodzinna* 2: 36–40.
- [18] **MAJEWSKA M., H. CZECZOT. 2009.** „Flawonoidy w profilaktyce i terapii”. *Terapia i Leki* 65(5): 369–377.
- [3] **CROZIERA., I.B. JAGANATH, M.N. CLIFFORD. 2009.** „Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health”. *Natural Products Reports* 26(8): 1001–1043.
- [4] **DZIEDZIC K., A. DOROZDZYNSKA, D. GORECKA. 2009.** „Zawartosc wybranych zwiatkow przeciwutleniających w gryce i produktach powstałych podczas ich przerobu”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 6(67): 81–90.
- [5] **GHERIBI E. 2011.** „Związki polifenolowe w owocach i warzywach”. *Medycyna Rodzinna* 4(60): 111–115.
- [6] **GRAJEK W. 2007.** *Przeciwutleniacze w zywnosci: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne: 141–157, 187–193, 201–215.
- [7] **JABLONSKA-RYS E. 2012.** „Zawartosc polifenoli w czekoladach”. *Nauka Przyroda Technologie* 6(2): 5–9.
- [8] **JANECZKO Z. 2004.** „Polifenole roslinne w terapii schorzen układu krazenia”. *Panacea* 3(8): 22–26.
- [9] **JESZKA M., E. FLACZYK. 2010.** „Związki fenolowe - charakterystyka i znaczenie w technologii zywnosci”. *Nauka Przyroda Technologie* 4(2): 1–9.
- [10] **JESZKA M., J. KOBUS-CISOWSKA, E. FLACZYK. 2009.** „Liscie morwy jako zrodlo naturalnych substancji biologicznie aktywnych”. *Postepy Fitoterapii* 3: 175–179.
- [11] **KALEDKIEWICZ E., E. LANGE. 2013.** „Znaczenie wybranych zwiatkow pochodzenia roslinnoego w diecie zapobiegającej chorobom nowotworowym”. *Postepy Fitoterapii* 1: 42–47.
- [12] **KLEPACKA A. 2013.** „Przeciwglukacyjne wlasciwosci ekstraktow bogatych w polifenole”. *Postepy Fitoterapii* 2: 127–131.
- [13] **KOSIOREK A., J. OSZMIANSKI, J. GOLANSKI. 2013.** „Podstawy do zastosowania polifenoli roslinnych jako nutraceutykw o wlasciwosciach przeciwpłytkowych”. *Postepy Fitoterapii* 2: 108–117.
- [14] **KOSZOWSKA A., A. DITTFELD, A. PUZON-BONCZYK. 2013.** „Polifenole w profilaktyce chorob cywilizacyjnych”. *Postepy Fitoterapii* 4: 263–266.
- [15] **KOWALSKA K., A. OLEJNIK. 2010.** „Rozmaryn – roslina zielarska o potencjale terapeutycznym”. *Postepy Fitoterapii* 2: 114–122.
- [16] **KROLD., M. GREGORCZYK, A. SZYMANSKA. 2013.** „Substancje antyoksydacyjne w czerwonym winie”. *Postepy Fitoterapii* 4: 260–262.
- [17] **KWIATKOWSKA E., S. BAWA. 2007.** „Znaczenie substancji uznanych za antyodzywcze w profilaktyce chorob cywilizacyjnych”. *Medycyna Rodzinna* 2: 036–40.
- [18] **MAJEWSKA M., H. CZECZOT. 2009.** „Flawonoidy w profilaktyce i terapii”. *Terapia i Leki* 65(5): 369–377.

- [19] **MAKOWSKA-WĄS J., Z. JANECZKO. 2004.** „Biodostępność polifenoli roślinnych”. *Postępy Fitoterapii* 3: 126–137.
- [20] **MENNEN L.I, R. WALKER, C. BENNETAU-PELISERRO. 2005.** “Risks and safety of polyphenol consumption”. *Journal of Clinical Nutrition* 81(1): 3265–3295.
- [21] **MIRONCZUK-CHODAKOWSKA I., A. WITKOWSKA, E.M. ZUJKO. 2011.** „Zawartość polifenoli oraz aktywność antyoksydacyjna przetworów owocowych o znacznym stopniu przetworzenia”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(3)*: 905–910.
- [22] **MITEK M., A. GASIK. 2007.** „Polifenole w żywności. Właściwości przeciwutleniające”. *Przemysł Spożywczy* 61(9): 36–39.
- [23] **NOWAK A., A. KLIMOWICZ. 2013.** „Zdrowotne oddziaływanie polifenoli zielonej herbaty”. *Kosmos* 62(1): 81–93.
- [24] **OSTROWSKA J. 2008.** „Herbaty – naturalne źródło antyoksydantów”. *Gazeta Farmaceutyczna* 1: 46–49.
- [25] **OSZMIĄSKI J. 1995.** „Polifenole jako naturalne przeciwutleniacze w żywności”. *Przemysł Spożywczy* 46(3): 94–96.
- [26] **PASZKIEWICZ M., A. BUDZYŃSKA, B. RÓŻALSKA. 2012.** „Immunomodulacyjna rola polifenoli roślinnych”. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 66: 637–646.
- [27] **PIĄTKOWSKA E., A. KOPEĆ, T. LESZCZYŃSKA. 2011.** „Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4(77): 24–35.
- [28] **PIESZKOC., E. OGRODOWCZYK. 2010.** „Zawartość garbników i polifenoli w winach”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLIII(4)*: 512.
- [29] **ROSICKA-KACZMAREK J. 2004.** „Polifenole jako antyoksydanty w żywności”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 52(6): 12–16.
- [30] **SADOWSKA A., F. ŚWIDERSKI. 2011.** „Polifenole: źródło naturalnych przeciwutleniaczy”. *Postępy Techniki i Przetwórstwa Spożywczego* 21(1): 108–111.
- [31] **SCALBERT A., T.I. JOHNSON, M. SALTMAERSCH. 2005.** “Polyphenols antioxidant and beyond”. *Journal of Clinical Nutrition* 81(1): 2155–2175.
- [32] **SIEWIERA K., M. ŻABIENIEC-WATAŁA. 2013.** „Rola polifenoli roślinnych w łagodzeniu niekorzystnego wpływu cukrzycy na homeostazę funkcjonowania mitochondriów”. *Postępy Fitoterapii* 1: 36–41.
- [33] **SIKORA J., M. MARKOWICZ, E. MIKCIUK-OLASIK. 2009.** „Rola i właściwości aronii czerwono owocowej w profilaktyce chorób cywilizacyjnych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(1)*: 10–17.
- [19] **MAKOWSKA-WAS J., Z. JANECZKO. 2004.** „Biodostępność polifenoli roślinnych”. *Postępy Fitoterapii* 3: 126–137.
- [20] **MENNEN L.I, R. WALKER, C. BENNETAU-PELISERRO. 2005.** “Risks and safety of polyphenol consumption”. *Journal of Clinical Nutrition* 81(1): 3265–3295.
- [21] **MIRONCZUK-CHODAKOWSKA I., A. WITKOWSKA, E.M. ZUJKO. 2011.** „Zawartość polifenoli oraz aktywność antyoksydacyjna przetworów owocowych o znacznym stopniu przetworzenia”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(3)*: 905–910.
- [22] **MITEK M., A. GASIK. 2007.** „Polifenole w żywności. Właściwości przeciwutleniające”. *Przemysł Spożywczy* 61(9): 36–39.
- [23] **NOWAK A., A. KLIMOWICZ. 2013.** „Zdrowotne oddziaływanie polifenoli zielonej herbaty”. *Kosmos* 62(1): 81–93.
- [24] **OSTROWSKA J. 2008.** „Herbaty – naturalne źródło antyoksydantów”. *Gazeta Farmaceutyczna* 1: 46–49.
- [25] **OSZMIANSKI J. 1995.** „Polifenole jako naturalne przeciwutleniacze w żywności”. *Przemysł Spożywczy* 46(3): 94–96.
- [26] **PASZKIEWICZ M., A. BUDZYŃSKA, B. ROZALSKA. 2012.** „Immunomodulacyjna rola polifenoli roślinnych”. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 66: 637–646.
- [27] **PIATKOWSKA E., A. KOPEC, T. LESZCZYŃSKA. 2011.** „Antocyjany – charakterystyka, występowanie i oddziaływanie na organizm człowieka”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 4(77): 24–35.
- [28] **PIESZKOC., E. OGRODOWCZYK. 2010.** „Zawartość garbników i polifenoli w winach”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLIII(4)*: 512.
- [29] **ROSICKA-KACZMAREK J. 2004.** „Polifenole jako antyoksydanty w żywności”. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 52(6): 12–16.
- [30] **SADOWSKA A., F. SWIDERSKI. 2011.** „Polifenole: źródło naturalnych przeciwutleniaczy”. *Postępy Techniki i Przetwórstwa Spożywczego* 21(1): 108–111.
- [31] **SCALBERT A., T.I. JOHNSON, M. SALTMAERSCH. 2005.** “Polyphenols antioxidant and beyond”. *Journal of Clinical Nutrition* 81(1): 2155–2175.
- [32] **SIEWIERA K., M. ZABIENIEC-WATAŁA. 2013.** „Rola polifenoli roślinnych w łagodzeniu niekorzystnego wpływu cukrzycy na homeostazę funkcjonowania mitochondriów”. *Postępy Fitoterapii* 1: 36–41.
- [33] **SIKORA J., M. MARKOWICZ, E. MIKCIUK-OLASIK. 2009.** „Rola i właściwości aronii czerwono owocowej w profilaktyce chorób cywilizacyjnych”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(1)*: 10–17.

- [34] **SZAJDEKA., J. BOROWSKA. 2004.** „Właściwości przeciutleniające żywności pochodzenia roślinnego”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4(41): 8–19.
- [35] **WAWRZYŃIAK A., M. KRÓTKI, B. STOLARCZYK. 2011.** „Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw”. *Medycyna Rodzinna* 57(1): 19–23.
- [36] **WILCZYŃSKA A. 2012.** „Oznaczanie zawartości flawonoidów i fenolokwasów w odmianowych miodach pszczelich”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(3)*: 892–896.
- [37] **WILCZYŃSKA A., M. RETEL. 2011.** „Oszacowanie pobrania związków fenolowych z dietą z uwzględnieniem udziału miodów pszczelich”. *Problemy Higieny Epidemiologicznej* 92(4): 709–712.
- [38] **WOLSKIT., O. KALISZ, M. GERKOWICZ. 2007.** „Rola i znaczenie antyoksydantów w medycynie ze szczególnym uwzględnieniem chorób oczu”. *Postępy Fitoterapii*: 2: 82–90.
- [39] **WOROBIEJ E., M. WOCIAŁ, M. PIECYK. 2009.** „Porównanie zawartości i aktywności wybranych związków przeciwutleniających w produktach z orkisz”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLII(3)*: 890–894.
- [40] **ZALEGA J., D. SZOSTAK-WĘGIEREK. 2013.** „Żywnie w profilaktyce nowotworów. Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy”. *Problemy Higieny Epidemiologicznej* 94(1): 41–49.

- [34] **SZAJDEKA., J. BOROWSKA. 2004.** „Właściwości przeciutleniające żywności pochodzenia roślinnego”. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc* 4(41): 8–19.
- [35] **WAWRZYŃIAK A., M. KROTKI, B. STOLARCZYK. 2011.** „Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw”. *Medycyna Rodzinna* 57(1): 19–23.
- [36] **WILCZYŃSKA A. 2012.** „Oznaczanie zawartości flawonoidów i fenolokwasów w odmianowych miodach pszczelich”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLV(3)*: 892–896.
- [37] **WILCZYŃSKA A., M. RETEL. 2011.** „Oszacowanie pobrania związków fenolowych z dietą z uwzględnieniem udziału miodów pszczelich”. *Problemy Higieny Epidemiologicznej* 92(4): 709–712.
- [38] **WOLSKIT., O. KALISZ, M. GERKOWICZ. 2007.** „Rola i znaczenie antyoksydantów w medycynie ze szczególnym uwzględnieniem chorób oczu”. *Postępy Fitoterapii*: 2:82–90.
- [39] **WOROBIEJ E., M. WOCIAŁ, M. PIECYK. 2009.** „Porównanie zawartości i aktywności wybranych związków przeciwutleniających w produktach z orkisz”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLII(3)*: 890–894.
- [40] **ZALEGA J., D. SZOSTAK-WĘGIEREK. 2013.** „Żywnie w profilaktyce nowotworów. Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy”. *Problemy Higieny Epidemiologicznej* 94(1): 41–49.