Charakterystyka dostępnych w Polsce suplementów diety zawierających w swoim składzie glutation (GSH)

Hanna Czczot¹, Joanna Witwicka¹

¹ Katedra i Zakład Biochemii, Wydział Lekarski, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

Farmacja Polska, ISSN 0014-8261 (print); ISSN 2544-8552 (on-line)

Adres do korespondencji

Hanna Czczot, Katedra i Zakład
Biochemii, Wydział Lekarski,
Warszawski Uniwersytet Medyczny,
ul. Banacha 1, 02-097 Warszawa,
e-mail: hanna.czczot@wum.edu.pl

Źródła finansowania

Nie wskazano źródeł finansowania.

Konflikt interesów:

Nie istnieje konflikt interesów.

Otrzymano: 2020.04.30

Zaakceptowano: 2020.04.30

Opublikowano on-line: 2020.06.12

DOI

10.32383/farmpol/123815

ORCID

Hanna Czczot

(ORCID ID: 0000-0001-8541-6619)

Joanna Witwicka

(ORCID ID: 0000-0001-7700-7786)

Copyright

© Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne

To jest artykuł o otwartym dostępie,
na licencji CC BY NC

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Characteristics of dietary supplements containing in its composition glutathione (GSH) available in Poland

Glutathione (GSH) is an endogenous, low molecular weight thiol compound. It has a wide spectrum of biological activity in the body. It is an important element of the antioxidant system that protects cells against the effects of oxidative stress. As an antioxidant, GSH inactivates free radicals and reactive forms of oxygen and nitrogen in enzymatic and non-enzymatic reactions, regenerates other antioxidants, e.g. vitamins C and E, maintains –SH groups in proteins in a reduced state, participates in the detoxification of xenobiotics. The decrease in GSH concentration occurs in many diseases and in the aging process. Increasing the level of GSH in the body's cells is possible by consuming dietary components containing GSH or amino acids (especially cysteine) for its endogenous synthesis and supplementation with GSH pharmaceutical preparations. The aim of the study was to characterize dietary supplements available in Poland containing glutathione (GSH).

The analysis covered 39 supplements with GSH, which were available in Poland. Their characteristics include: place / country of production; type of preparation (single- and multi-component); bioavailability of GSH contained therein – preparations in the liposome formula (lipophilic GSH) and in the non-liposome formula (non-lipophilic GSH); pharmaceutical form in which these preparations were available in the commercial offer and GSH content in supplements. Among 39 GSH supplements, there were 24 single-component and 15 multi-component preparations. The largest number of GSH supplements available in Poland came from the USA and Great Britain. Among GSH supplements, there were 15 liposome (lipophilic) formula preparations, of which 12 were one-component and 3 multi-component and 24 non-liposome (non-lipophilic) formula preparations – 12 single- and 12 multi-component. Capsules, gel, liquid and tablets were the most common pharmaceutical form among all analyzed GSH supplements. The rarest pharmaceutical form was lozenges, aerosol, powder and ampoule. Analysis of GSH supplements available in Poland showed that in one single dose of the preparation was from 18 mg to 750 mg GSH. The most common dose was 250, 450 and 500 mg GSH in a single dose. One-component supplements most often contained 450 mg, then 250 and 500 mg GSH, while multi-component supplements – 250 mg GSH.

Keywords: dietary supplements, glutathione, body support.

© Farm Pol, 2020, 76(4): 195–202

Wstęp

W celu ochrony przed skutkami toksycznego działania czynników oksydacyjnych/utleniających, komórki organizmu syntetyzują różne związki o właściwościach przeciwutleniających. Jednym z nich jest niskocząsteczkowy, nieenzymatyczny antyoksydant – glutation (GSH). Ma on największy potencjał antyoksydacyjny w utrzymaniu fizjologicznej równowagi między procesami oksydacyjno-redukcyjnymi, zachodzącymi w hydrofilnym środowisku komórek organizmu [1–5].

Działanie antyoksydacyjne GSH wynika z jego zdolności do redukcji, która umożliwia mu udział w bezpośrednich (nieenzymatycznych) reakcjach z czynnikami utleniającymi, jak i w reakcjach pośrednich (enzymatycznych) – jako kosubstrat antyoksydacyjnych enzymów GSH-zależnych (peroksydazy, reduktazy i S-transferazy glutationowej). Stąd kluczowa rola GSH w unieczynianiu wolnych rodników oraz innych reaktywnych form tlenu i azotu (RFT i RFA), regeneracji innych niskocząsteczkowych antyoksydantów, takich jak witamina C czy E, a także w detoksykacji toksycznych ksenobiotyków. GSH pełniąc funkcję wewnątrzkomórkowego „buforu tiolowego”, odpowiedzialnego za utrzymanie grup tiolowych (–SH) w białkach w stanie zredukowanym, chroni w ten sposób białka przed nieodwracalną utratą aktywności biologicznej. GSH odgrywa również ważną rolę w procesie podziału i różnicowania komórek, regulacji metabolizmu i w apoptozie [6–12].

Zapewnienie właściwego poziomu GSH w organizmie jest ważne dla zachowania jego biologicznych funkcji. Jest to możliwe poprzez włączanie do diety właściwych produktów żywnościowych zasobnych w GSH oraz jego prekursorów (metioniny i cysteiny), które limitują (szczególnie cysteina) szybkość endogennej biosyntezy GSH, czy też poprzez przyjmowanie odpowiednich suplementów zawierających w swoim składzie te związki [6, 13–19].

Liczne badania naukowe potwierdzają skuteczność przyjmowania suplementów zawierających GSH, w celu zwiększenia jego stężenia w komórkach organizmu, szczególnie w sytuacjach zwiększonego zapotrzebowania organizmu, co ma miejsce w wielu schorzeniach, np. chorobach układu immunologicznego (AIDS), chorobach neurodegeneracyjnych czy cukrzycy. Działania profilaktyczne czy terapeutyczne prowadzące do wzrostu stężenia GSH w organizmie mogą spowalniać i łagodzić przebieg tych schorzeń [20–28].

Celem pracy była charakterystyka dostępnych w Polsce suplementów diety zawierających w swoim składzie GSH.

Material i metody

Badanie zostało przeprowadzone w miesiącach styczeń–kwiecień 2019 r. Materiał do badań stanowiły suplementy diety – preparaty zawierające w swoim składzie glutation (GSH), które były dostępne w Polsce (możliwe do pozyskania w sprzedaży stacjonarnej lub wysyłkowej) w badanym okresie. Ich charakterystyka została opracowana w oparciu o informacje podane przez producenta suplementu/preparatu na opakowaniu produktu lub w dołączonej do niego ulotce, a także pozyskane ze strony internetowej producenta lub sprzedawcy, zawierającej pełne dane. W kilkunastu przypadkach informacje uzupełniające, nie umieszczone w opisie produktu, zostały pozyskane drogą bezpośredniej korespondencji z producentem lub sprzedawcą (poczta mailowa).

Narzędziami badawczymi były arkusze obserwacyjne, w których zostały zebrane informacje wykorzystane do opracowania charakterystyki o dostępnych w Polsce suplementach diety, zawierających w swoim składzie GSH.

Z analizy zostały wyłączone: preparaty odżywcze, koncentraty roślinne i zioła lecznicze zawierające GSH, ale dedykowane innemu działaniu niż bezpośredni wpływ na wzrost stężenia GSH lub wzrost syntezy GSH; preparaty z zawartością GSH ≤ 18 mg oraz ilością pozostałych składników powyżej 8, wśród których GSH nie był składnikiem dominującym, preparaty o składzie trudnym do jednoznacznej identyfikacji oraz preparaty zawierające 1 lub 2 prekursor GSH (np. acetylocysteinę). Ostatecznie do analizy włączonych zostało 39 wybranych suplementów diety zawierających w swoim składzie GSH.

Do opracowania wyników został użyty program MS Office Excel 2016.

Wyniki i ich omówienie

Charakterystyka suplementów zawierających w swoim składzie GSH

Przy charakterystyce dostępnych w Polsce suplementów zawierających w swoim składzie GSH uwzględniono: miejsce/kraj ich produkcji; typ preparatów (jedno- i wieloskładnikowe); biodostępność zawartego w nich GSH (preparaty w formie liposomowej/lipofilny GSH i w formie nieliposomowej/nielipofilny GSH; postać farmaceutyczną, w jakiej preparaty te są dostępne w ofercie handlowej (kapsułki, tabletki, żel, płyn, proszek, aerozol i inne) oraz zawartość GSH w suplementach.

Miejsce/kraj produkcji suplementów

W okresie przeprowadzania badań (styczeń–kwiecień 2019 r.) w Polsce było dostępnych 39 suplementów diety zawierających w swoim

składzie GSH, z czego, udział polskich suplementów wyniósł 5% (n-2), a suplementów z pozostałych 6 krajów – 95% (n-37).

Wśród analizowanych preparatów największy udział miały suplementy z USA (n-19; 49%), duży z Wielkiej Brytanii (n-7; 18%), mniejszy z Niemiec (n-5; 13%), mały z Włoch (n-3; 8%), niewielki z Holandii i Polski (n-3; 8%), a najmniejszy z Japonii (n-1; 3%) (**rycina 1**).

Rodzaj/Typ suplementów

Spośród 39 analizowanych suplementów GSH dostępnych w Polsce, jednoskładnikowe preparaty (n-24) stanowiły 62%, a wieloskładnikowe (n-15) – 38% (**rycina 2**). Suplementy jednoskładnikowe zawierały w swoim składzie tylko GSH, natomiast wieloskładnikowe, oprócz GSH, zawierały: witaminy C i E, B₁, B₂, B₃, B₆, B₉, B₁₂, kwas alfa-liponowy, koenzym Q10, L-karnitynę, ostrypest płamisty, kielki brokuła, N-acetylocysteinę, L-cysteinę, L-glutaminę, sód oraz mikroelementy: cynk, selen, mangan, molibden.

Biodostępność GSH w suplementach

Wśród 39 analizowanych suplementów zawierających GSH znalazły się preparaty opracowane według dwóch receptur technologicznych – formuły liposomowej (lipofilnej) i tradycyjnej nieliposomowej (nielipofilnej). W preparatach lipofilnych, substancja aktywna – GSH została ulokowana w formule lipidowej (technologia kapsułkowania liposomowego), niedostępnej dla enzymów hydrolitycznych przewodu pokarmowego, co podnosi biodostępność – nienaruszona cząsteczka GSH zostaje dostarczona do wnętrza komórki. Tradycyjna formuła nielipofilna, prosta i wygodna w użyciu, jest jednak narażona na potencjalne straty hydrolityczne w przewodzie pokarmowym i stąd – możliwe zmniejszenie biodostępności.

W grupie analizowanych suplementów 38% stanowiły preparaty lipofilne (n-15) i 62% – preparaty nielipofilne (n-24), z czego lipofilnych jednoskładnikowych było 12, a wieloskładnikowych 3, co stanowi odpowiednio 80% i 20% preparatów lipofilnych (**rycina 3**).

Natomiast wśród preparatów nielipofilnych, jednoskładnikowych i wieloskładnikowych suplementów było tyle samo – po 12 preparatów z każdego rodzaju, stanowiąc równy udział po 50% (**rycina 4**).

Postać farmaceutyczna suplementów

Suplementy GSH dostępne w Polsce występowały w 8 rodzajach postaci farmaceutycznych. Najczęściej występującą postacią farmaceutyczną wśród wszystkich analizowanych suplementów GSH były kapsułki (n-18; 46%), kolejną – żel (n-10;

Rycina 1. Suplementy GSH dostępne w Polsce wg kraju pochodzenia.
Figure 1. GSH supplements available in Poland by country of origin.

Rycina 2. Udział preparatów jedno- i wieloskładnikowych wśród suplementów GSH dostępnych w Polsce.
Figure 2. Participation of single and multi-component preparations among GSH supplements available in Poland.

Rycina 3. Udział preparatów jedno- i wieloskładnikowych wśród lipofilnych suplementów GSH.
Figure 3. Participation of single and multi-component preparations among GSH lipophilic supplements.

Rycina 4. Udział preparatów jedno- i wieloskładnikowych wśród nielipofilnych suplementów GSH.

Figure 4. Participation of single- and multi-component preparations among non-lipophilic GSH supplements.

26%) i płyn (n-5; 13%), następnie tabletki (n-2; 5%). Najrzadziej występującą postacią farmaceutyczną były pastylki do ssania, aerozol, proszek i ampułka (każda postać: n-1; 3%) (**rycina 5**).

Wśród lipofilnych suplementów GSH (n-15) najczęściej występującą postacią farmaceutyczną był żel (n-9; 60%), następnie płyn (n-5; 33%) (**rycina 6**), a wśród nielipofilnych (n-24) – kapsułka (n-17; 71%) (**rycina 7**).

Najrzadziej występującą postacią farmaceutyczną wśród lipofilnych suplementów GSH była kapsułka (n-1; 7%). Natomiast, wśród nielipofilnych suplementów GSH, najrzadziej występował żel (n-1; 4%) – typowa postać dla lipofilnych suplementów GSH.

Rycina 6. Postać farmaceutyczna lipofilnych suplementów GSH.
Figure 6. Pharmaceutical form of lipophilic GSH supplements.

Rycina 5. Postać farmaceutyczna suplementów zawierających w swoim składzie GSH.

Figure 5. Pharmaceutical form of supplements containing GSH in their composition.

Oprócz żelu, w grupie najrzadziej występujących postaci farmaceutycznych nielipofilnych suplementów GSH, były tabletki (n-2; 8%) oraz pastylki do ssania (n-1; 4%) zwiększające wchłanianie GSH, aerozol (n-1; 4%), proszek (n-1; 4%) i ampułka (n-1; 4%) przeznaczona do iniekcji domięśniowej lub wlewu dożylnego – jedyna

Rycina 7. Postać farmaceutyczna nielipofilnych suplementów GSH.

Figure 7. Pharmaceutical form of non-lipophilic GSH supplements.

Tabela 1. Zawartość GSH (mg) w suplementach dostępnych w Polsce.

Table 1. GSH content (mg) in supplements available in Poland.

Zawartość GSH w preparacie (mg)	Liczba preparatów jednoskładnikowych (n)	Liczba preparatów wieloskładnikowych (n)	Odsetek preparatów zawierających GSH	Odsetek preparatów jednoskładnikowych	Odsetek preparatów wieloskładnikowych
18	0	1	3%	0%	7%
50	0	2	5%	0%	13%
100	2	0	5%	8%	0%
175	1	0	3%	4%	0%
180	1	0	3%	4%	0%
200	1	2	8%	4%	13%
250	4	4	21%	17%	27%
300	1	2	8%	4%	13%
360	0	1	3%	0%	7%
400	1	0	3%	4%	0%
450	6	1	18%	25%	7%
500	4	2	15%	17%	13%
600	2	0	5%	8%	0%
750	1	0	3%	4%	0%
Razem:	24	15			

forma o ograniczonym, samodzielnym użyciu (**rycina 7**).

Szczegółowa analiza rodzaju postaci farmaceutycznych typowych dla jedno- i wieloskładnikowych lipofilnych suplementów z GSH wykazała, że najczęściej występującą postacią, zarówno dla jednoskładnikowych, jak i wieloskładnikowych preparatów, był żel. Wszystkie lipofilne wieloskładnikowe suplementy GSH (n-3) miały postać żelu. Natomiast lipofilne preparaty jednoskładnikowe (n-12), poza żelem (n-6, 50%), występowały także jako płyn (n-5; 42%) i kapsułki (n-1; 8%).

Najczęściej występującą postacią farmaceutyczną nielipofilnych suplementów GSH, zarówno jednoskładnikowych (n-12), jak i wieloskładnikowych, (n-12) były kapsułki (n-9; 75% i n-8; 67% odpowiednio). Nielipofilne jednoskładnikowe suplementy GSH występowały również w postaci tabletek (n-1; 8%), proszku (n-1; 8%) i ampulek (n-1; 8%). Natomiast nielipofilne wieloskładnikowe suplementy GSH poza kapsułkami występowały także w postaci tabletek (n-1; 8%) pastylek do ssania (n-1; 8%), żelu (n-1; 8%) i aerozolu (n-1; 8%).

Zawartość GSH w wybranych suplementach diety dostępnych w Polsce

Analiza suplementów GSH dostępnych w Polsce wykazała, że glutation występował w nich w 14 różnych stężeniach (18, 50, 100, 175, 180, 200, 250, 300, 360, 400, 450, 500, 600 i 750 mg),

a w jednej, pojedynczej dawce preparatu znajdowało się od 18 mg do 750 mg GSH (**tabela 1**).

Spośród 39 analizowanych suplementów, najczęściej w jednorazowej dawce preparatu znajdowało się 250 mg (n-8; 21%), 450 mg (n-7; 18%) i 500 mg (n-6; 15%) GSH (**tabela 1**).

Preparaty jednoskładnikowe najczęściej zawierały 450 mg (n-6; 25%), następnie 250 mg (n-4; 17%) i 500 mg (n-4; 17%) GSH, natomiast wieloskładnikowe – 250 mg (n-4; 27%) GSH (**tabela 1**).

W analizowanych suplementach została również porównana zawartość glutationu z uwzględnieniem jego biodostępności – formuła nieliposomowa (nielipofilny GSH) i formuła liposomowa (lipofilny GSH) (**tabela 2**).

Nielipofilny GSH (różna zawartość) był obecny w 12 preparatach jednoskładnikowych i 12 preparatach wieloskładnikowych. Natomiast lipofilny GSH był obecny w 12 preparatach jednoskładnikowych i tylko w 3 wieloskładnikowych.

Wśród suplementów jednoskładnikowych największa zawartość nielipofilnego GSH w preparacie wynosiła 500 mg (n-4; 33%), natomiast w suplementach wieloskładnikowych – 250 mg (n-4; 33%) (**tabela 2**).

W przypadku 12 preparatów zawierających lipofilny GSH, najwyższą jego zawartość 450 mg stwierdzono w 6 suplementach jednoskładnikowych. Wieloskładnikowych suplementów zawierających lipofilny GSH dostępnych w Polsce było tylko 3 (na 15 badanych) o zawartości GSH – 200 mg (n-1), 450 mg (n-1) i 500 mg (n-1) (**tabela 2**).

Tabela 2. Zawartość GSH w nielipofilnych i lipofilnych suplementach.

Table 2. GSH content in non-lipophilic and lipophilic supplements.

Stężenie GSH w preparacie (mg)	Preparaty nielipofilne		Preparaty lipofilne		Liczba (n) preparatów nielipofilnych i lipofilnych	Odsetek (%) preparatów nielipofilnych i lipofilnych
	Liczba preparatów jednoskładnikowych (n)	Liczba preparatów wieloskładnikowych (n)	Liczba preparatów jednoskładnikowych (n)	Liczba preparatów wieloskładnikowych (n)		
18	0	1	0	0	1	3%
50	0	2	0	0	2	5%
100	2	0	0	0	2	5%
175	1	0	0	0	1	3%
180	0	0	1	0	1	3%
200	0	1	1	1	3	8%
250	3	4	1	0	8	21%
300	1	2	0	0	3	8%
360	0	1	0	0	1	3%
400	0	0	1	0	1	3%
450	0	0	6	1	7	18%
500	4	1	0	1	6	15%
600	1	0	1	0	2	5%
750	0	0	1	0	1	3%
Razem:	12	12	12	3	39	100%
Razem:	24		15			

Najczęściej jedno- i wieloskładnikowe suplementy (n=24) zawierały w jednorazowej dawce 250 mg (n=7; 29%), 500 mg (n=5; 21%) i 300 mg (n=3; 13%) nielipofilnego GSH (**rycina 8**).

Natomiast w przypadku jedno- i wieloskładnikowych preparatów (n=15) najczęściej zawartość

lipofilnego GSH w jednorazowej dawce wynosiła 450 mg (n=7; 47%) i 200 mg (n=2; 13%) (**rycina 9**).

W suplementach jednoskładnikowych (n=12) nielipofilny GSH występował najczęściej w postaci kapsułek (n=9), które zawierały 250 mg (n=3) i 500 mg (n=3), natomiast rzadziej jako tabletki, proszek czy ampułki (**tabela 3**).

Rycina 8. Zawartość nielipofilnego GSH w preparatach jedno- i wieloskładnikowych.

Figure 8. Non-lipophilic GSH content in single- and multi-component preparations.

Rycina 9. Zawartość lipofilnego GSH w preparatach jedno- i wieloskładnikowych.

Figure 9. Lipophilic GSH content in single- and multi-component preparations.

Spośród analizowanych suplementów wieloskładnikowych z nielipofilnym GSH (n-12), jego najczęściej występującą postacią farmaceutyczną były kapsułki (n-8) zawierające GSH w różnym stężeniu (50, 200, 250, 300, 360, 500 mg). Najczęściej w kapsułkach preparatów wieloskładnikowych, nielipofilny GSH występował w stężeniu 250 mg (n-3). Na kolejnym miejscu były tabletki, pastylki do ssania, żel i aerozol zawierające GSH w stężeniu 300 (n-1), 50 (n-1), 250 (n-1) i 18 mg (n-1) odpowiednio (**tabela 4**).

W przypadku suplementów jednoskładnikowych (n-12), zawierających w swoim składzie lipofilny GSH (n-12), jego najczęściej występującą postacią farmaceutyczną był żel (n-6) i płyn (n-5). W postaci żelu, lipofilny GSH występował w stężeniach: 450 (n-4), 200 (n-1) i 750 mg (n-1), a w postaci płynu, w stężeniach: 180 (n-1), 400 (n-1), 450 (n-2) i 600 mg (n-1) w jednorazowej dawce (**tabela 5**).

W przypadku suplementów wieloskładnikowych z lipofilnym GSH, jego jedyną postacią farmaceutyczną był żel – 3 preparaty zawierające GSH w stężeniach: 200, 450 i 500 mg.

Podsumowanie

Charakterystyka 39 dostępnych w Polsce w okresie styczeń – kwiecień 2019 r. suplementów zawierających w swoim składzie GSH wykazała, że w ofercie rynkowej zdecydowanie dominowały preparaty pochodzenia zagranicznego, głównie z USA i Wielkiej Brytanii. Preparatów jednoskładnikowych było więcej niż wieloskładnikowych, a preparatów z nielipofilnym GSH więcej niż z lipofilnym GSH. Lipofilny GSH częściej występował w suplementach jednoskładnikowych niż wieloskładnikowych. Natomiast nielipofilny GSH występował zarówno w suplementach jedno-, jak i wieloskładnikowych. We wszystkich

Tabela 3. Zawartość nielipofilnego GSH w różnych postaciach farmaceutycznych preparatów jednoskładnikowych.

Table 3. Non-lipophilic GSH content in various forms of pharmaceutical single-component preparations.

Postać farmaceutyczna preparatu	Preparaty nielipofilne jednoskładnikowe					
	Stężenie GSH					
	100 mg	175 mg	250 mg	300 mg	500 mg	600 mg
Kapsułki	2	1	3	0	3	0
Tabletki	0	0	0	1	0	0
Proszek	0	0	0	0	1	0
Ampułka	0	0	0	0	0	1

Tabela 4. Zawartość nielipofilnego GSH w różnych postaciach farmaceutycznych preparatów wieloskładnikowych.

Table 4. Contents of non-lipophilic GSH in various forms of pharmaceutical multi-component preparations.

Postać farmaceutyczna preparatu	Preparaty nielipofilne wieloskładnikowe						
	Stężenie GSH						
	18 mg	50 mg	200 mg	250 mg	300 mg	360 mg	500 mg
Kapsułki	0	1	1	3	1	1	1
Tabletki	0	0	0	0	1	0	0
Pastylki do ssania	0	1	0	0	0	0	0
Żel	0	0	0	1	0	0	0
Aerozol	1	0	0	0	0	0	0

Tabela 5. Zawartość lipofilnego GSH w różnych postaciach farmaceutycznych preparatów jednoskładnikowych.

Table 5. Lipophilic GSH content in various forms of pharmaceutical single-component preparations

Postać farmaceutyczna preparatu	Preparaty lipofilne jednoskładnikowe						
	Stężenie GSH						
	180 mg	200 mg	250 mg	400 mg	450 mg	600 mg	750 mg
Kapsułki	0	0	1	0	0	0	0
Płyn	1	0	0	1	2	1	0
Żel	0	1	0	0	4	0	1

analizowanych suplementach zawierających GSH, najczęściej występującą postacią farmaceutyczną były kapsułki oraz żel. Kapsułki najczęściej zawierały nielipofilny GSH, a żel – lipofilny GSH. Zawartość GSH w dostępnych w Polsce suplementach diety wahała się od 18 do 750 mg GSH w jednorazowej dawce preparatu. Najczęściej w jednorazowej dawce preparatu jedno- czy wieloskładnikowego znajdowało się 250 mg, 450 mg i 500 mg GSH.

Ze względu na funkcje biologiczne, jakie pełni GSH, istotne jest utrzymanie takiego jego stężenia w komórkach i płynach ustrojowych, które zapewni prawidłowe funkcjonowanie organizmu człowieka.

Analiza dostępnych w Polsce suplementów zawierających w swoim składzie GSH wykazała stosunkowo dużą liczbę dostępnych w Polsce preparatów, co daje możliwość uzupełniania naturalnej diety w GSH oraz zastosowania ich zarówno w profilaktyce, jak i terapii wielu chorób cywilizacyjnych.

Różnorodność postaci farmaceutycznej suplementów (kapsułka, tabletki, płyn, pastylki do ssania, proszek, żel, ampułka i aerozol) zawierających GSH oraz różne jego stężenia w preparatach umożliwia wybór dopasowany do indywidualizowanych preferencji użycia. Stosowanie suplementów diety zawierających GSH wydaje się być uzasadnione w chorobach związanych ze spadkiem stężenia GSH w organizmie. Konieczne są jednak szczegółowe badania kliniczne mające na celu ustalenie/opracowanie terapii z zastosowaniem preparatów zawierających w swoim składzie odpowiednie ilości glutationu.

Piśmiennictwo

- Winiarska K. Glutathione: niezwykle funkcje popularnego tripeptydu. *Post Bioch.* 2000; 46(4): 318–326.
- Bukowska B. Funkcje glutationu oraz czynniki zmniejszające jego stężenie. *Med Pr.* 2005; 56(1): 69–80.
- Bilska A, Kryczyk A, Włodek L. Różne oblicza biologicznej roli glutationu. *Post Hig i Med. Dośw.* 2007; 61: 438–453.
- Karwicka E. Rola glutationu w oporności wielolekowej nowotworów. *Post Biol Kom.* 2010; 37(2): 323–341.
- Kamińska A, Kumański K. Alkohol a glutathione. *Kosmos Ser A.* 2012; 61(1): 105–120.
- Winiarska K, Drożak J. Glutathione w terapii. *Post Hig i Med Dośw.* 2002; 56(4): 521–536.
- Czeczot H. Antyoksydacyjne działanie glutationu. *Farm Pol.* 2003; 59 Supl: 4–9.
- Łukaszewicz-Hussain A. Rola glutationu i enzymów z nim związanych w procesach antyoksydacyjnych organizmu. *Med Pr.* 2003; 54(5): 473–479.
- Karpińska A, Gromadzka G. Stres oksydacyjny i naturalne mechanizmy antyoksydacyjne – znaczenie w procesie neurodegeneracji. Od mechanizmów molekularnych do strategii terapeutycznych. *Post Hig Med Dośw.* 2013; 67: 43–53.
- Włodek L, Iciek M. S-tiolacja białek jako mechanizm antyoksydacyjny i regulacyjny. *Post Bioch.* 2003; 49(2): 77–84.
- Karolczak K, Olas B, Kołodziejczyk J. Rola tioli w aktywacji płytek krwi. *Post Biol Kom.* 2009; 36(1): 101–120.
- Rodacka A, Gerszon J, Puchala M. Biologiczne znaczenie oksydacyjnych modyfikacji reszt cysteinowych w białkach na przykładzie dehydrogenazy aldehydu 3-fosfoglicerynowego. *Post Hig Med Dośw.* 2014; 68: 280–290.
- Bukowska B. Glutathione: biosynteza, czynniki indukujące oraz stężenie wybranych jednostkach chorobowych. *Med Pracy.* 2004; 55(6): 501–509.
- Ballatori N, Krance SM, Notenboom S, Shi S, Tieu K, Hammond CL. Glutathione dysregulation and the etiology and progression of human diseases. *Biol Chem.* 2009; 390(3): 191–214.
- Allen J, Bradley RD. Effects of Oral Glutathione Supplementation on Systemic Oxidative Stress Biomarkers in Human Volunteers. *J Altern Complement Med.* 2011; 17(9): 827–833.
- Fitzpatrick AM, Jones DP, Brown LA. Glutathione Redox Control of Asthma: From Molecular Mechanisms to Therapeutic Opportunities. *Antioxid Redox Signal.* 2012; 17(2): 375–408, doi: 10.1089/ars.2011.4198.
- Aoyama K, Nakaki T. Impaired glutathione synthesis in neurodegeneration. *Int J Mol Sci.* 2013; 14(10): 21021–21044.
- Schmitt B, Vicenzi M, Garrel C, Denis FM. Effects of N-acetylcysteine, oral glutathione (GSH) and a novel sublingual form of GSH on oxidative stress markers: A comparative crossover study. *Redox Biol.* 2015; 6: 198–205.
- Teskey G, Abraham R, Cao R, Gyurjian K, Islamoglu H, Lucero M, Martinez A, Paredes E, Salaiz O, Robinson B, Venketaraman V. Glutathione as a Marker for Human Disease. *Adv Clin Chem.* 2018; 87: 141–159. doi: 10.1016/bs.acc.2018.07.004.
- Allen J, Bradley RD. Effects of Oral Glutathione Supplementation on Systemic Oxidative Stress Biomarkers in Human Volunteers. *J Altern Complement Med.* 2011; 17(9): 827–833.
- Zeevalk GD, Bernard LP, Guilford FT. Liposomal-glutathione provides maintenance of intracellular glutathione and neuroprotection in mesencephalic neuronal cells. *Neurochem Res.* 2010; 35(10): 1575–1587.
- Morris D, Guerra C, Khurasany M, Guilford F, Saviola B, Huang Y, Venketaraman V. Glutathione Supplementation Improves Macrophage Functions in HIV. *J. Interferon Cytokine Res.* 2013; 33: 1–10, doi: 10.1089/jir.2012.0103.
- Kovacs-Nolan J, Rupa P, Matsui T, Tanaka M, Konishi T, Sauchi Y, Sato K, Ono S, Mine Y. In vitro and ex vivo uptake of glutathione (GSH) across the intestinal epithelium and fate of oral GSH after in vivo supplementation. *J Agric Food Chem.* 2014; 62(39): 9499–9506, doi: 10.1021/jf503257w.
- Park EY, Shimura N, Konishi T, Sauchi Y, Wada S, Aoi W, Nakamura Y, Sato K. Increase in the protein-bound form of glutathione in human blood after the oral administration of glutathione. *J Agric Food Chem.* 2014; 62(26): 6183–6189, doi: 10.1021/jf501338z.
- Richie JP, Nichenametla S, Neidig W, Calcagnotto A, Haley JS, Todd D, Schell TD, Muscat JE. Randomized controlled trial of oral glutathione supplementation on body stores of glutathione. *Eur J Nutr.* 2015; 54(2): 251–263.
- Guilford FT. Commentary to „Randomized controlled trial of oral glutathione supplementation on body stores of glutathione“. *Eur J Nutr.* 2015; 54(5): 859–860.
- Mischley LK, Mischley LK, Vespignani MF, Finnell JS. Phase IIb Study of Intranasal Glutathione in Parkinson's Disease. *J Parkinsons Dis.* 2017; 7(2): 289–299.
- Sinha R, Sinha I, Calcagnotto A, Trushin N, Haley JS, Schell TD, Richie JP. Oral supplementation with liposomal glutathione elevates body stores of glutathione and markers of immune function. *Eur J Clin Nutr.* 2018; 72(1): 105–111.