

MAŁGORZATA MISZTAŁ-SZKUDLIŃSKA, JUSTYNA OŚKO,
JOANNA BRZEZIŃSKA-ROJEK, SVITLANA SAGATOVYCH,
MAŁGORZATA GREMBECKA

SUPLEMENTY DIETY I ŻYWNOŚĆ WZBOGACANA JAKO ŚRODKI UMOŻLIWIAJĄCE UZUPEŁNIENIE DIETY W ŻELAZO

Streszczenie

Wprowadzenie. Niedokrwistość z niedoboru żelaza jest chorobą o zasięgu globalnym, dotyczy głównie kobiet, małych dzieci i osób starszych. W artykule podano charakterystykę omawianego pierwiastka, zapotrzebowanie organizmu na ten składnik oraz informacje na temat ryzyka niedoborów i nadmiarów, omówiono czynniki wpływające na biodostępność żelaza z dietą oraz zasady suplementacji. Ponadto, scharakteryzowano suplementy diety oraz żywność wzbogacaną żelazem pod względem obowiązujących wymagań prawnych. Produkty te są popularne wśród konsumentów, głównie ze względu na łatwość podania.

Wyniki i wnioski. Wśród suplementów diety można znaleźć preparaty przeznaczone dla odpowiednich grup wiekowych: dzieci, kobiet w ciąży czy osób starszych, które zawierają adekwatną dla nich dawkę żelaza. Suplementy diety zgodnie z wymaganiami prawnymi występują w formie umożliwiającej dawkowanie, tj. w postaci tabletek, kapsułek, drażetek, saszetek z proszkiem, ampulek z płynem i innych. Zarówno suplementy diety, jak i żywność wzbogacana mogą być wykorzystywane jako uzupełnienie diety w żelazo. Żywność wzbogacana żelazem jest przeznaczona głównie dla osób wykluczających ze swojej diety produkty pochodzenia zwierzęcego, które są szczególnie narażone na niedobory żelaza. Najczęściej są to produkty przeznaczone bezpośrednio do spożycia w postaci gotowych dań lub występują w formie płatków śniadaniowych, deserowych, burgerów roślinnych, kiełbasek i innych. Zarówno w przypadku suplementów diety, jak i żywności wzbogacanej należy zwrócić uwagę na ilość i formę chemiczną, w jakiej występuje ten pierwiastek w danym produkcie. Warto zaznaczyć, że nie wszystkie produkty podlegają stałej kontroli jakości i mogą stanowić zagrożenie dla konsumentów.

Słowa kluczowe: żelazo, anemia, suplementy diety, żywność wzbogacana, rekomendacje żywieniowe

Wprowadzenie

Prawidłowa, dobrze zbilansowana dieta powinna dostarczać wszystkich składników odżywczych, witamin i składników mineralnych. Jednak zdarza się, że z różnych

Dr M. Miształ-Szkudlińska, ORCID: 0 000-0001-5614-196X; dr J. Ośko, ORCID: 0000-0002-1898-4381; mgr J. Brzezińska-Rojek, ORCID: 0000-0001-8159-5517, Katedra i Zakład Bromatologii; S. Sagatowych ORCID: 0009-0001-5572-6461, Studenckie Koło Naukowe przy Katedrze i Zakładzie Bromatologii, dr hab. M. Grembecka, ORCID: 0000-0002-9298-059X, Katedra i Zakład Bromatologii, Wydział Farmaceutyczny, Gdański Uniwersytet Medyczny, al. Gen. J. Hallera 107, 80-416 Gdańsk; Kontakt: malgorzata.grembecka@gumed.edu.pl

przyczyn nie jest to możliwe i prowadzi do wystąpienia niedoborów np. składników mineralnych – problem ten dotyczy szczególnie żelaza. Anemia wynikająca z niedoboru tego pierwiastka dotyka w głównej mierze wcześniaki, noworodki i kobiety w ciąży. Zgodnie z raportem WHO szacuje się, że 42 % dzieci poniżej 5. roku życia i 40 % kobiet w ciąży na całym świecie cierpi na anemię [27]. Na przestrzeni lat 2000 – 2019 tę jednostkę chorobową stwierdzono u około 20 % kobiet w wieku 15 ÷ 49 lat w społeczeństwie polskim [27]. Zarówno w światowej polityce zdrowotnej, jak i krajowej, prowadzonych jest szereg działań mających zapobiegać tym niedoborom. Ustanawiane są m.in. szczegółowe zasady suplementacji oraz zalecenia dietetyczne dotyczące spożywania produktów będących dobrym źródłem żelaza. Oprócz zbilansowanej diety, osoby cierpiące na niedobory tego składnika mineralnego mogą sięgnąć po odpowiednie suplementy diety lub żywność wzbogacaną.

Celem niniejszej pracy było scharakteryzowanie żelaza i jego funkcji w organizmie wraz z omówieniem aktualnych rekomendacji żywieniowych, czynników wpływających na biodostępność oraz konsekwencji potencjalnych nadmiarów i niedoborów tego pierwiastka. Ponadto porównano suplementy diety zawierające żelazo oraz żywność wzbogacaną tym mikropierwiastkiem pod względem aktualnej sytuacji prawnej, zastosowania i dostępnych w handlu postaci.

Żelazo i jego funkcje w organizmie człowieka

Organizm dorosłego człowieka zawiera od 3500 do 4500 mg żelaza, które gromadzone jest głównie w wątrobie i śledzionie, przy czym od 60 do 75 % znajduje się w aktywnych związkach, takich jak hemoglobina, mioglobina, różne enzymy i transferyna. Pozostała pula stanowi materiał zapasowy, zgromadzony w postaci np. ferrytyny czy homosyderyny [4,11]. Jako składnik związków aktywnych i enzymów, żelazo odpowiada za transport i przechowywanie tlenu. Uczestniczy w procesie tworzenia krwinek czerwonych w szpiku kostnym, syntezie DNA, wspomaga układ odpornościowy organizmu. Reguluje pracę enzymów, np. oksydazy cytochromu c, katalazy, peroksydazy tarczycowej i innych. Bierze udział w biosyntezie prostaglandyn, katabolizmie tryptofanu oraz detoksykacji związków obcych jako składnik cytochromu P-450. Żelazo jest niezbędne prawie we wszystkich szlakach metabolicznych [10].

Żelazo w organizmie ludzkim magazynowane jest głównie w erytrocytach, wątrobie, mięśniach, osoczu krwi oraz szpiku kostnym [14]. U zdrowych, dojrzałych osób obieg tego pierwiastka w organizmie może odbywać się w cyklu zamkniętym. Związane jest to z ciągłymi procesami starzenia się erytrocytów, jego odzyskiem z hemu i wielokrotnym wykorzystaniem [1]. Straty tego składnika mineralnego u zdrowych osób wynoszą dziennie od 1 do 1,5 mg i związane są m.in. z usuwaniem złuszczonego się nabłonka jelit [14]. W celu uzupełniania prawidłowych ilości tego pierwiastka

w organizmie niezbędna jest zbilansowana dieta obfitująca w produkty będące jego dobrym źródłem.

Źródła żelaza i rekomendacje żywieniowe

W żywności żelazo występuje w dwóch formach, tj.: hemowej, pochodzenia zwierzęcego i niehemowej, pochodzenia roślinnego. Pokarmy zawierające stosunkowo duże ilości tego pierwiastka obejmują podroby, zwłaszcza wątrobę i nerki, mięso, natkę pietruszki, ryby, zboża, ciemne pieczywo, nasiona roślin strączkowych, fasolę, orzechy, żółtka jaj, ciemnozielone warzywa, ziemniaki i wzbogacone produkty spożywcze [10].

Zapotrzebowanie organizmu człowieka na żelazo jest zróżnicowane w zależności od wieku, płci i diety. Ograniczenie spożycia mięsa, nabiału, owoców morza wpływa na blisko dwukrotne zwiększenie zapotrzebowania. W Tabeli 1 zestawiono rekomendowane dzienne spożycie (RDA) dla żelaza w zależności od płci i grupy wiekowej. Dopuszczalny górny poziom spożycia (UL) żelaza nie został wyznaczony dla populacji europejskiej przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) [5].

Tabela 1. Rekomendowane dzienne spożycie żelaza (RDA) [mg/dobę] wg Norm żywienia dla populacji Polski [10]

Table 1. Recommended daily intake of iron (RDA) [mg/day] according to the Nutrition Standards for the Polish population [10]

Grupa / Group	Wiek / Age	Zalecane dzienne spożycie / Recommended daily intake [mg/dobę]	
		Płeć / Sex	
		Żeńska / Female	Męska / Male
Niemowlęta / Infants	0-6 miesięcy / months	0,3 (AI*)	
	7-11 miesięcy / months	11	
Dzieci / Kids	1-3 lata / years	7	
	4-9 lat / years	10	
Młodzież / Youth	10-12 lat / years	10(15**)	10
	13-18 lat / years	15	12
Dorośli / Adults	19-50 lat / years	18	10
	>50 lat / years	10	10
Kobiety w ciąży / Pregnant women	≥19 lat / years	27	

Objaśnienia / Explanatory notes:

* AI - poziom wystarczającego spożycia (stosowany w normach EFSA, IOM/HMD i normach dla populacji Polski) / AI - Adequate intake (used in EFSA, IOM/HMD recommendations and standards for the Polish population)

** przed wystąpieniem menstruacji (po wystąpieniu menstruacji) / before menstruation starts (after menstruation starts)

Wchłanianie żelaza

Wchłanianie tego pierwiastka z pożywienia zachodzi w dwunastnicy i bliższym odcinku jelita cienkiego [24, 25]. Żelazo występuje w żywności w połączeniach hemowych (głównie produkty mięsne) oraz niehemowych (produkty roślinne), a wyższą biodostępnością charakteryzuje się jego hemowa forma [10]. Przy fizjologicznym pH, pierwiastek ten występuje w stanie utlenionym, żelazowym (Fe^{3+}). Aby zostać wchłoniętym, musi znajdować się w stanie żelazowym (Fe^{2+}) lub być związany przez białko, takie jak hem. Wychwył enterocytów jest inicjowany przez przemianę Fe^{3+} w Fe^{2+} przez reduktazę cytochromu B (DcytB/reduktaza żelazowa), która znajduje się na powierzchni enterocytów. Następnie jest on współtransportowany z protonami (Na^+/H^+) przez transbłonowy transporter metali dwuwartościowych (DMT1) przez błonę wierzchołkową cytoplazmy [7]. Z kolei w przypadku żelaza hemowego, jego mechanizm wchłaniania pozostaje wciąż niejasny.

Biodostępność jest miarą wchłaniania i wykorzystania (w przypadku żelaza – wbudowania do hemoglobiny) pierwiastka z pożywienia, przez co wyrażana jest jako procent lub ułamek całkowitego jego spożycia [4]. Dostępność wchłanianego żelaza zależy od jego postaci chemicznej w dwunastnicy i jelicie cienkim oraz fizjologicznego zapotrzebowania, które określa ilość dostępnego pierwiastka wchłanianego oraz transportowanego do krwi. Czynniki pożywienia, które ułatwiają lub utrudniają biodostępność tego składnika mineralnego przez jelita, stają się ważniejsze wraz ze wzrostem potrzeb ogólnoustrojowych. Ze względu na niską przyswajalność żelaza z diety wynoszącą około 10 %, konieczne jest spożycie jego większej ilości w celu zaspokojenia zapotrzebowania [9].

Inhibitorami wchłaniania żelaza niehemowego są fityniany, szczawiany oraz polifenole, będące substancjami pochodzenia roślinnego. Z kolei za hamowanie początkowej fazy wchłaniania formy niehemowej przez enterocyty odpowiada wapń. Białka mleka, białka jaj i białka roślinne (białko sojowe) mogą również ograniczać wchłanianie tego pierwiastka u ludzi [2]. Z kolei promotorem wchłaniania żelaza niehemowego, jest głównie kwas askorbinowy (witamina C), który wykazuje zdolność do redukcji Fe^{3+} do Fe^{2+} przy niskim pH żołądka (tworzy chelat z Fe^{3+}) [2]. Ponadto kwasy takie jak: kwas cytrynowy, jabłkowy, winowy, mlekowy w większym lub mniejszym stopniu odpowiadają za zwiększoną biodostępność pierwiastka [16]. Na biodostępność żelaza ma wpływ także fruktoza, która odpowiada za zwiększanie wchłaniania niehemowej formy, prawdopodobnie poprzez chelatowanie i/lub redukcję tego pierwiastka [3]. Promotorami wchłaniania żelaza są również aminokwasy takie jak: histydyna, cysteina, metionina, glutamina, kwas asparaginowy czy glicyna [15]. Wśród interakcji jakie zachodzą pomiędzy żelazem a innymi pierwiastkami, można wymienić konkurencyjne działanie z miedzią oraz cynkiem. Prawdopodobnie spowodowane jest ono

konkurencyjnym wiązaniem tych metali z białkiem transportowym DMT1, który uczestniczy w transporcie metali dwuwartościowych [7].

Ryzyko wynikające z nadmiarów i niedoborów żelaza

Grupami najbardziej narażonymi na niedobory tego pierwiastka są kobiety w okresie ciąży i laktacji, dzieci i młodzież w czasie intensywnego wzrostu i rozwoju oraz osoby starsze. Czynniki wpływające na ryzyko niedoboru żelaza zestawiono w Tabeli 2. Głównymi przyczynami niedoborów w organizmie jest niewystarczająca podaż z pożywieniem lub źle zbilansowana dieta, która obfituje w składniki ograniczające biodostępność. Jest to zjawisko często spotykane u osób stosujących restrykcyjne diety, wegetariańskie, wegańskie lub inne. Konsekwencją długotrwałego narażenia na niewystarczającą podaż żelaza z pożywieniem jest rozwój niedokrwistości, którą rozpoznaje się, gdy stężenie hemoglobiny osiąga wartość 12 g/dL (u kobiet), u mężczyzn 14 g/dL, a u osób starszych, niezależnie od płci, 12 g/dL [10]. Często za rozwój niedokrwistości odpowiadają zaburzenia we wchłanianiu i dostępności kwasu foliowego i witaminy B₁₂, co można zaobserwować poprzez charakterystyczne zmiany kształtu krwinek czerwonych oraz gęstości hemu [6,21].

Szczególnie niebezpieczna jest niewystarczająca podaż żelaza dla niemowląt i małych dzieci, ponieważ jej skutki mogą być nieodwracalne i wpływać na dalszy rozwój oraz zdrowie. We wczesnych okresach życia, przy długotrwałym narażeniu na niedobory pokarmowe, obserwuje się obniżoną masę ciała, słabą wydajność poznawczą i behawioralną, związaną z ograniczoną pamięcią i orientacją przestrzenną oraz upośledzonymi interakcjami społecznymi [4].

Ponadto do częstych skutków niedoboru żelaza można zaliczyć [1,6,21]:

- zmiany w obrębie tkanki łącznej, objawiające się bledością i szorstkością skóry, zapaleniem języka, zajądami w kącikach ust, koilonychią, dodatkowo zaburzeniami w syntezie kolagenu, co może prowadzić do rozwoju osteoporozy;
- obniżoną zawartość mioglobiny w mięśniach, co powoduje zmniejszoną siłę mięśniową i sprawność fizyczną;
- ograniczoną aktywność oksydazy cytochromu c w mięśniach i błonie śluzowej jelit, zaburzony metabolizm witaminy A i prostaglandyn, co może prowadzić do obniżonej odporności i stanów zapalnych w organizmie;
- upośledzenie w funkcjonowaniu układu nerwowego przejawiające się zaburzeniami w neuroprzekaznictwie, czego konsekwencją mogą być opóźnione reakcje na bodźce słuchowe, wzrokowe, zaburzenia pamięci i orientacji przestrzennej, wzrost ryzyka rozwoju depresji.

Do niedoborów żelaza poza nieprawidłową dietą mogą doprowadzać krwotoki, utrata krwi z dróg moczowo-płciowych, dróg oddechowych, przewodu pokarmowego oraz zaburzenia wchłaniania. Ryzyko wystąpienia takiego stanu może być również

spowodowane zwiększonym narażeniem na stężenia metali ciężkich w środowisku, zwłaszcza kadmu i ołowiu. W niedoborze żelaza podwyższona zawartość kadmu wynika prawdopodobnie ze zwiększonego wchłaniania jelitowego w obecności podwyższonego poziomu transportera metali dwuwartościowych 1 (DMT1). Natomiast w przypadku narażenia na ołów wystąpienie objawów chorobowych najprawdopodobniej jest związane z uwarunkowaniem genetycznym [4].

Nadmiar żelaza w organizmie jest rzadko spotykany, może być związany z dużym spożyciem, powyżej 20 mg/kg masy ciała, z transfuzjami krwi oraz z przedawkowaniem preparatów leczniczych z tym pierwiastkiem. Spożywanie 100 - 200 mg żelaza dziennie może wywołać skutki uboczne związane z przewodem pokarmowym (zaparcia, ból żołądka, nudności, wymioty, omdlenie). Jeśli taki stan utrzymywany jest przez dłuższy okres, może to doprowadzić do uszkodzeń narządów wewnętrznych, zwłaszcza wątroby, rozwoju miażdżycy, kardiomiopatii oraz nowotworów [28].

Jednym ze schorzeń związanych z nadmierną kumulacją żelaza jest hemochromatoza. Jest to choroba uwarunkowana genetycznie, dziedziczna, często występująca u ludzi rasy kaukaskiej. Wywoływana jest przez mutacje genów, których produkty ekspresji zaburzają metabolizm żelaza doprowadzając do patologicznego gromadzenia się tego pierwiastka w organizmie. Stres oksydacyjny towarzyszący temu procesowi doprowadza do destrukcji komórek, wywołuje stan zapalny, a w konsekwencji doprowadza do zwłóknienia narządów, marskości wątroby, rozwoju nowotworu wątrobowo-komórkowego, cukrzycy i niewydolności krążeniowej [2, 13, 23]. Osoby cierpiące na hemochromatozę, powinny unikać dodatkowej suplementacji żelaza ze względu na upośledzenie metabolizmu tego mikropierwiastka przez organizm [2].

Suplementacja żelaza – zalecenia żywieniowe

Prawidłowa dieta powinna dostarczać takie ilości żelaza, aby zaspokoić potrzeby organizmu związane ze wzrostem, stratami fizjologicznymi czy zmianami objętości krwi i stężenia hemoglobiny. Tylko w przypadku stwierdzenia występowania niedokrwistości związanej z niedoborem tego pierwiastka wskazana jest jego suplementacja. Najczęściej występuje ona u kobiet i dzieci do 5 r. ż., ale także jest jednym z podstawowych typów niedokrwistości u osób starszych na całym świecie [22]. Dodatkowo zaleca się suplementację żelazem u niemowląt urodzonych przedwcześnie, z niską masą urodzeniową, pochodzących z ciąż bliźniaczych lub gdy u matki stwierdzona była anemia [26]. W celu uzupełnienia diety, można sięgać po różnego rodzaju produkty wzbogacane, suplementy diety lub leki. Uzupełnianie żelaza różnymi preparatami powinno odbywać się pod kontrolą lekarza, ponieważ przyjmowanie zbyt dużych jednorazowych dawek, zwłaszcza na czczo, może doprowadzić do wystąpienia niepożądanych skutków ubocznych, takich jak zaparcia, ból żołądka, nudności czy wymioty [28]. Na polskim rynku obecnych jest bardzo wiele suplementów diety i żywności

wzbogacanej, z tym składnikiem mineralnym. A ich powszechność i ogólna dostępność niosą za sobą ryzyko niekontrolowanego spożycia różnego rodzaju preparatów zawierających żelazo.

Tabela 2. Czynniki ryzyka niedoboru żelaza i niedokrwistości z niedoboru żelaza u niemowląt, dzieci i osób dorosłych (opracowanie własne na podstawie [22])

Table 2. Risk factors for iron deficiency and iron deficiency anemia in infants, children and adults (own elaboration based on [22])

Etap/ Stage		Czynnik ryzyka / Risk factors	Efekt w organizmie / Effect in the body
NIEMOWLĘTA I DZIECI / INFANTS AND CHILDREN	Okres prekoncepcyjny i prenatalny / Preconception and prenatal period	Niski status socjoekonomiczny matki / Low socioeconomic status of the mother Szybko następujące po sobie ciąży Rapid succession of pregnancies Niedokrwistość w czasie trwania ciąży Anemia during pregnancy	Zmniejszone zasoby żelaza u matki / Decreased maternal iron stores
		Palenie papierosów / Smoking Nadciśnienie tętnicze / Hypertension Cukrzyca / Diabetes Otyłość w trakcie ciąży Obesity during pregnancy / Inne choroby przewlekłe ciężarnej Other chronic diseases of pregnant women	Zaburzenia wchłaniania żelaza, zaburzenia transportu przezłożyskowego żelaza, zwiększona erytropoeza u płodu w odpowiedzi na przewlekłe niedotlenienie / Iron malabsorption, transplacental iron transport disorder, increased fetal erythropoiesis in response to chronic hypoxia
		Ciąża wielopłodowa / Multiple pregnancy	Zwykle zasoby żelaza u kobiety są zbyt małe dla kilkorga dzieci / Normally, a woman's iron reserves are too small for several children
		Zbyt szybkie odpiętnienie po urodzeniu / Unclinging too soon after birth	Strata krwi w łożysku / Blood loss in the placenta
	Okres pourodzeniowy / The postnatal period	Wcześnieactwo (szczególnie noworodki urodzone przed 32 tygodniem ciąży) / Prematurity (especially newborns born before 32 weeks of gestation)	Skrócony okres gromadzenia zasobów żelaza / Reduced period of gathering iron resources
		Hipotrofia wewnątrzmaciczna / Intrauterine hypotrophy	Zaburzenia transferu przezłożyskowego wszystkich składników odżywczych na skutek chorób matki lub płodu / Disorders of transplacental transfer of all nutrients due to maternal or fetal diseases
		Niska masa urodzeniowa (2000 ÷ 2500 g) / Low birth weight (2000 ÷ 2500 g)	Zmniejszone zgromadzone zasoby żelaza (w przeliczeniu na kg masy ciała) / Decreased iron stores (per kg of body weight)

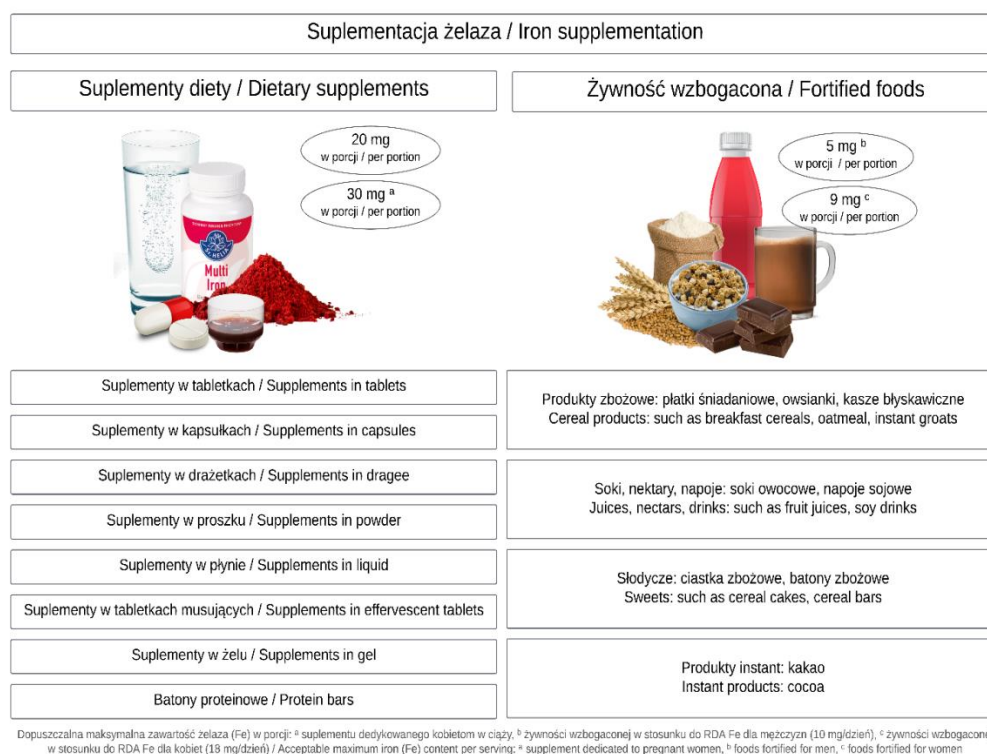
Etap/ Stage	Czynnik ryzyka / Risk factors	Efekt w organizmie / Effect in the body
	Dzieci matek z niedokrwistością ciążową / Children of mothers with gestational anemia	Zmniejszone zasoby żelaza u matki i dziecka / Decreased iron stores in mother and child
	Dzieci wymagające pobrań krwi we wczesnym okresie niemowlęcym / Children requiring blood donations in early infancy Dzieci z krwawieniami we wczesnym / okresie niemowlęcym Children with bleeding in early infancy	Zwiększone straty żelaza / Increased iron losses
	Niemowlęta szybko zwiększające masę / Infants gaining weight rapidly	Zwiększone zapotrzebowanie na żelazo / Increased need for iron
	Niemowlęta >3. miesiąca życia karmione wyłącznie pokarmem matki / Infants >3 months of age exclusively breastfed	Dieta nie pokrywa zapotrzebowania na żelazo / The diet does not cover the need for iron
	Biegunki, nieprawidłowości anatomiczne jelit (wrodzone, nabyte) / Diarrhea, anatomical abnormalities of the intestines (congenital, acquired)	Zaburzenia wchłaniania żelaza / Iron absorption disorders
	Zakażenia / Infections	Zwiększone straty żelaza, zaburzenia wchłaniania żelaza związane ze stanem zapalnym / Increased iron loss, iron malabsorption associated with inflammation
	Alergia na białko mleka krowiego / Cow's milk protein allergy Alergie i inne choroby wymagające restrykcyjnej diety / Allergies and other diseases requiring a restrictive diet	Mikrouszkodzenia jelita z przewlekłym krwawieniem i straty żelaza drogą przewodu pokarmowego, ograniczenie ilości dostarczanego żelaza na skutek restrykcyjnej diety / Intestinal microdamage with chronic bleeding and iron loss through the gastrointestinal tract, reduced iron intake due to a restrictive diet
	Okres wzrostu dzieci i młodzieży Allergies and other diseases requiring a restrictive diet	Zwiększone zapotrzebowanie na żelazo / Increased need for iron
DOROŚLI ADULTS	Ciąża, okres laktacji i karmienia piersią / Pregnancy, lactation and breastfeeding	Zwiększone zapotrzebowanie na żelazo / Increased need for iron
	Zaburzenia wchłaniania związane z chorobami przewodu pokarmowego Absorption disorders associated with diseases of the gastrointestinal tract	Zaburzenia wchłaniania i transportu żelaza Iron absorption and transport disorders

Etap/ Stage	Czynnik ryzyka / Risk factors	Efekt w organizmie / Effect in the body
	Palenie papierosów / Smoking Nadciśnienie tętnicze / Hypertension Cukrzyca / Diabetes Otyłość / Obesity	
	Przewlekłe biegunki / Chronic diarrhea Krwotoki i obfite krwawienie miesięczne / Hemorrhages and heavy menstrual bleeding	Zwiększona utrata żelaza / Increased iron loss
	Choroby przewlekłe o etiologii zapalnej lub nowotworowej np. Autoimmunologiczne / Chronic diseases of inflammatory or neo- plastic etiology, e.g. autoimmune	Przewlekły stan zapalny i wydzielanie prozapalnych cytokin prowadzą do supresji hematopoezy w szpiku / Chronic inflammation and the secretion of pro-inflammatory cytokines lead to the suppression of hematopoiesis in the bone marrow

Suplementy diety i żywność wzbogacana

Do produktów, które mogą uzupełniać niedobory żelaza w diecie, należą przede wszystkim suplementy diety i żywność wzbogacana. Produkty te jednak różnią się między sobą znacząco zarówno pod względem postaci, jak i ilości żelaza, którą mogą zawierać (Ryc. 1). Według definicji, „suplement diety to środek spożywczy, którego celem jest uzupełnienie normalnej diety, będący skoncentrowanym źródłem witamin lub składników mineralnych lub innych substancji wykazujących efekt odżywczy lub inny fizjologiczny, pojedynczych lub złożonych, wprowadzany do obrotu w formie umożliwiającej dawkowanie, w postaci: kapsułek, tabletek, drażetek i w innych podobnych postaciach, saszetek z proszkiem, ampułek z płynem, butelek z kroplomierzem i w innych podobnych postaciach płynów i proszków przeznaczonych do spożycia w małych, odmierzonych ilościach jednostkowych, z wyłączeniem produktów posiadających właściwości produktu leczniczego w rozumieniu przepisów prawa farmaceutycznego” [12]. Z kolei żywność wzbogacana to środki spożywcze, do których dodawane są witaminy, składniki mineralne lub substancje, o których mowa w rozporządzeniu (UE) nr 1925/2006 [19]. Najczęściej jest to żywność, którą można przygotować poprzez dodanie wody np. zupa, makaron lub ryż z dodatkami, napoje i inne. Pozostałe produkty to: płatki śniadaniowe i deserowe, burgery roślinne, kiełbaski, kotlety lub inne rodzaje żywności przeznaczone przede wszystkim dla wegan. Sprzedaż produktów z obu tych grup powinna być poprzedzona notyfikacją o chęci pierwszego wprowadzenia do obrotu złożoną do Głównego Inspektoratu Sanitarnego (GIS). Jest to także organ sprawujący nadzór nad rynkiem tych wyrobów, który przeprowadza wybiórcze kontrole celem zapewnienia bezpieczeństwa konsumentom. Zgodnie z ustawą o bezpieczeństwie żywności i żywienia (art. 28 ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 roku)

[12] dopuszcza się wzbogacanie żywności w witaminy i składniki mineralne lub inne substancje takie jak aminokwasy, niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe, kwasy tłuszczowe, błonnik pokarmowy, rozmaite rośliny i ekstrakty roślinne. Formę, ilość, sposób, warunki dodawania różnych substancji regulowane są ustawodawstwem krajowym i Unii Europejskiej [12, 17, 18, 20]. Żelazo może być wykorzystywane w następujących formach chemicznych: węglan żelaza(II), cytrynian żelaza(II), cytrynian amonu-żelaza(II), glukonian żelaza(II), fumaran żelaza(II), difosforan sodu-żelaza(II), mleczan żelaza(II), siarczan żelaza(II), difosforan żelaza(III) (pirofosforan żelaza(III)), cukrzan żelaza(III), żelazo elementarne (karbonyl + elektrolit + zredukowane wodorem), diglicynian żelaza(II), L-pidolan żelaza(II), fosforan żelaza(II), fosforan amonu-żelaza(II), etylodiaminotetraoctan sodu-żelaza (III) oraz taurynian żelaza(II) [18]. Maksymalna ilość tego pierwiastka w zalecanej dziennej porcji suplementów



Ryc. 1. Przykładowe grupy produktów z obszaru suplementów diety oraz żywności wzbogaconej zawierające dodatek żelaza. Opracowanie własne na podstawie Rejestru produktów objętych powiadomieniem o pierwszym wprowadzeniu do obrotu (GIS) oraz literatury [29]

Fig. 1. Examples of product groups among dietary supplements and fortified foods containing iron. Own elaboration based on the Register of products covered by the first marketing notification (GIS) and literature [29]

diety powinna być utrzymana na poziomie 20 mg lub 30 mg w preparatach oznaczonych jako przeznaczone dla kobiet w ciąży [28]. Natomiast żywność wzbogacona może zawierać nie więcej niż 50 % zalecanego dziennego spożycia na 100 g lub 100 cm³ lub na jedną porcję, jeśli jest ona niższa niż 100 g albo 100 cm³ [17].

Wnioski

1. Zarówno suplementy diety, jak i żywność wzbogacona mogą być efektywnym sposobem uzupełniania diety w żelazo pod warunkiem stosowania ich zgodnie z rekomendacjami producenta. Należy jednak zadbać o prawidłowe zbilansowanie diety zapewniające różne źródła tego pierwiastka z uwzględnieniem warunków wpływających na poprawę jego biodostępności. Warto zaznaczyć, że suplementy diety nie podlegają stałej kontroli jakości, a obecna weryfikacja jest niewystarczająca i nie zapewnia w pełni bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów.
2. W przypadku żywności wzbogacanej w żelazo należy zauważyć istotny fakt, iż najczęściej są to produkty pochodzenia roślinnego, płatki zbożowe, żywność wegetariańska, wegańska itp. Produkty te naturalnie zawierają duże ilości substancji takich jak: szczawiany, błonnik, flawonoidy i inne, które ograniczają wchłanianie żelaza, co negatywnie będzie oddziaływać na jego biodostępność z diety.
3. Najważniejsza w zachowaniu prawidłowego bilansu zawartości żelaza w organizmie jest zrównoważona, prawidłowa, urozmaicona dieta, obfitująca w ten pierwiastek w formie biodostępnej dla naszego organizmu. Produkty takie jak suplementy diety czy żywność wzbogacona mogą stanowić jedynie okresowe uzupełnienie diety, przy niewystarczającej podaży tego mikroelementu. Natomiast przy wyborze produktów należy się kierować przede wszystkim informacjami zawartymi na etykiecie, tj. zawartością żelaza, jego formą oraz zastanowić się nad jego potencjalną biodostępnością dla organizmu.

Literatura

- [1] Anderson G., Frazer DM.: Current understanding of iron homeostasis. *Am. J. Clin. Nutr.* 2017, 106(C), 1559S-1566S.
- [2] Beck K., Conlon C., Kruger R., Coad J.: Dietary Determinants of and Possible Solutions to Iron Deficiency for Young Women Living in Industrialized Countries: A Review. *Nutrients*, 2014, 6(9), 3747-3776.
- [3] Christides T., Sharp P.: Sugars increase non-heme iron bioavailability in human epithelial intestinal and liver cells. *PLoS One*, 2013, 8(12), #83031.
- [4] EFSA (European Food Safety Authority): Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Iron.; 2015. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4254> (dostęp 16.06.2023)
- [5] EFSA (European Food Safety Authority): Overview on Tolerable Upper Intake Levels as derived by the Scientific Committee on Food (SCF) and the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and

- Allergies (NDA); 2018.
https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/UL_Summary_tables.pdf (dostęp 19.06.2023)
- [6] Ergul A., Turanoglu C., Karakukcu C., Karaman S., Altuner Torun Y.: Increased Iron Deficiency and Iron Deficiency Anemia in Children with Zinc Deficiency. *Eurasian J. Med.*, 2018, 50(1), #17237.
- [7] Ginzburg Y.: Hcpidin-ferroportin axis in health and disease. *Vitam Horm.*, 2019, 110, 17-45.
- [8] Gunshin H., Mackenzie B., Berger U., Gunshin Y., Romero M.F., Boron W.F., Nussberger S., Gollan J.L., Hediger M.A. Cloning and characterization of a mammalian proton-coupled metal-ion transporter. *Nature*, 1997, 388(6641), 482-488.
- [9] Hamułka J., Wawrzyniak A., Piatkowska D., Górnicka M.: Ocena spożycia żelaza, witaminy B12 i folianów w grupie kobiet w wieku prokreacyjnym. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.*, 2011, 62(3), 263-270.
- [10] Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J.: Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. (Jarosz M, Rychlik E, Stoś K, Charzewska J, red.). Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, 2020.
- [11] Kabata-Pendias A., Szeke B.: Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments. CRC Press; 2015.
- [12] Kancelaria Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej: Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia Dz.U. 2006 r. Nr 171 poz. 1225 z późn. zm. 2006.
- [13] Kościńska-Ilczyzyn K., Zuchowski P., Wojciechowski R., Jeka S.: Hemochromatoza pierwotna z zajęciem stawów. *Reumatologia*, 2013, 51(4), 308-312.
- [14] Kuras M., Zielińska-Pisklak M., Perz K., Szeleszczuk Ł.: Żelazo i cynk-główne mikroelementy niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu. *Farmakoterapia*, 2015, 25(05), 6-13.
- [15] Li Y., Jiang H., Huang G.: Protein Hydrolysates as Promoters of Non-Haem Iron Absorption. *Nutrients*, 2017, 9(6), #609.
- [16] Milman N.: A Review of Nutrients and Compounds, Which Promote or Inhibit Intestinal Iron Absorption: Making a Platform for Dietary Measures That Can Reduce Iron Uptake in Patients with Genetic Haemochromatosis. *J. Nutr. Metab.*, 2020, 14, 7373498.
- [17] Minister Zdrowia: Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 września 2010 r. w sprawie substancji wzbogacających dodawanych do żywności (Dz. U. poz. 1184), 2010.
- [18] Parlament Europejski i Rada (UE): Dyrektywa 2002/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 10 czerwca 2002 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do suplementów żywnościowych (Dz. Urz. UE L 183/51 z 10.06.2002), 2002.
- [19] Parlament Europejski i Rada (UE): Rozporządzenie (WE) nr 1925/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie dodawania do żywności witamin i składników mineralnych oraz niektórych innych substancji (Dz.U.U.E.L.2006.404.26.), 2006.
- [20] Parlament Europejski i Rada (UE): Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności (Dz. Urz. UE L 304/18 z 22.11.2011, z późn. zm.), 2011.
- [21] Percy L., Mansour D., Fraser I.: Iron deficiency and iron deficiency anaemia in women. *Best. Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.*, 2017, 40, 55-67.
- [22] Pleskaczyńska A.: Zapobieganie niedoborowi żelaza i leczenie niedokrwistości z niedoboru żelaza u niemowląt i małych dzieci. *Pediatrics po Dyplomie*, 2017, 6. <https://podyplomie.pl/pediatrics/29325,zapobieganie-niedoborowi-zelaza-i-leczenie-niedokrwistosci-z-niedoboru-zelaza-u-niemowlat-i-malych> (dostęp 16.06.2023)
- [23] Sikorska K., Bielawski K., Romanowski T., Stalke P.: Hemochromatoza dziedziczna-najczęstsza choroba genetyczna człowieka. *Postepy Hig. Med. Dosw.*, 2006, 60, 667-676.
- [24] Silvestri L.: Iron Metabolism in Aging. In: Malovolta M., Mocchegiani E. (eds.) *Molecular Basis of Nutrition and aging*. Academic Press. 2016, 523-536.

- [25] Tian Y., Tian Y., Yuan Z., Zeng Y, Wang S, Fan X, Yang D, Yang M.: Iron Metabolism in Aging and Age-Related Diseases. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23(7), # 3612.
- [26] Weker H., Barańska M.: Żywnienie niemowląt i małych dzieci. Zasady postępowania w żywieniu zbiorowym. Instytut Matki i Dziecka; 2014.
- [27] WHO: Prevalence of anaemia in women of reproductive age (aged 15-49). [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-anaemia-in-women-of-reproductive-age\(-\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-anaemia-in-women-of-reproductive-age(-)) (dostęp 16.06.2023)
- [28] Zespół do spraw suplementów diety: Uchwała nr 20/2019 Zespołu do spraw Suplementów Diety z dnia 13 grudnia 2019 r. w sprawie wyrażenia opinii dotyczącej maksymalnej dawki żelaza w zalecanej dziennej porcji w suplementach diety; 2019. Główny Inspektor Sanitarny; 2019.
- [29] Żuk E., Skrypnik K., Suliburska J.: Analiza wybranych grup produktów spożywczych wzbogaconych w żelazo. *Forum Zaburzeń Metabl.*, 2018, 9(3), 103-111.

DIETARY SUPPLEMENTS AND FORTIFIED FOODS AS MEANS OF DIET SUPPLEMENTATION WITH IRON

S u m m a r y

Background. Iron (Fe) deficiency anaemia is a global disease that affects mainly women, young children, and the elderly. The article provided information on Fe characteristics, discussed the body's requirement for Fe, the risk of Fe deficiency and excess, factors affecting the bioavailability of this element in the diet and the principles of supplementation. Moreover, dietary supplements (DSs) and Fe-fortified food were characterized in consideration of the legal requirements in force. These products are popular among consumers mainly due to the fact that they can be easily served.

Results and conclusion. Both of them can be used to supplement the diet with Fe. Some DSs enriched with Fe are dedicated to various age groups: children, pregnant women or the elderly, and thus can contain particular doses of Fe. DSs, in accordance with legal requirements, are in the form that allows dosing, i.e. in the form of tablets, capsules, draggers, sachets with powder, ampoules with liquid and others. Iron-fortified foods are mainly recommended for people who exclude animal products from their diet and are at risk of Fe deficiency. Most often, these are products intended for direct consumption in the form of ready meals or breakfast, dessert cereals, vegetable burgers, sausages and others. Both in the case of DSs and fortified food, however, attention should be paid to the amount and chemical form in which this element occurs in each product to provide optimal supplementation. Furthermore, it is worth noting that not all products are subject to constant quality control and might be potentially dangerous for consumers.

Keywords: iron, anemia, dietary supplements, fortified foods, nutritional recommendations ✎