

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav zdravotnického managementu a ochrany veřejného zdraví

Tereza Valentová

Fortifikace potravin

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Martina Kovalová, Ph.D.

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 3. května 2024

Tereza Valentová

Ráda bych poděkovala Mgr. Martině Kovalové, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování mé bakalářské práce věnovala. Poděkování patří také mé rodině a přátelům za podporu během celého studia.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Fortifikace potravin

Název práce: Fortifikace potravin

Název práce v AJ: Food fortification

Datum zadání: 2023-11-24

Datum odevzdání: 2024-05-03

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav zdravotnického managementu a ochrany

veřejného zdraví

Autor práce: Tereza Valentová

Vedoucí práce: Mgr. Martina Kovalová, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Ondřej Machaczka, Ph.D.

Abstrakt v ČJ: Cílem této práce je sumarizace dohledaných poznatků o fortifikaci potravin, jakožto metodou prevence malnutrice spojené s mikronutrienty. Práce stručně popisuje typy malnutrice se zaměřením na malnutrici spojenou s deficiencí mikronutrientů a význam konkrétních mikroživin pro lidské zdraví. V práci je popsán základní princip a druhy fortifikace potravin, formy fortifikovaných mikronutrientů a legislativní rámec fortifikace potravin pro země Evropské unie. Rešeršní činností bylo v databázích Web of Science, PubMed a Scopus nalezeno 30 článků a studií, pro závěrečnou diskuzi bylo použito 10 z nich. V diskuzi jsou shrnuty výsledky těchto studií, zaměřených na efekt programů fortifikace potravin ve světě.

Abstrakt v AJ: The aim of this thesis is to summarize findings on food fortification as a method of preventing micronutrient malnutrition. The thesis briefly describes types of malnutrition with a focus on the micronutrient malnutrition and the importance of specific micronutrients for human health. Basic principle, types of food fortification, forms of fortified micronutrients and legislative framework of food fortification for the countries of the European Union. of food fortification are described in this thesis. Thirty systematic reviews and studies were found in

the Web of Science, PubMed and Scopus databases by research activity and ten of them were used for a final discussion. In the discussion are summarized the outcomes of these studies, focused on the effect of food fortification programmes in the world.

Klíčová slova v ČJ: fortifikace potravin, vitaminy, minerály, mikronutrienty, mikronutrientová malnutrice

Klíčová slova v AJ: food fortification, vitamins, minerals, micronutrients, micronutrient malnutrition

Rozsah: 48 stran / 0 příloh

Obsah

ÚVOD.....	8
1. MALNUTRICE.....	9
1.1 Podvýživa.....	9
1.2 Podvýživa související s mikronutrienty.....	9
1.3 Nadváha a obezita.....	10
2. MIKRONUTRIENTY.....	11
2.1. Minerály.....	11
2.1.1. Železo.....	11
2.1.2. Jód.....	11
2.1.3. Zinek.....	12
2.1.4. Vápník.....	12
2.1.5. Selen.....	12
2.1.6. Fluor.....	12
2.2. Vitaminy.....	13
2.2.1. Vitamin A.....	13
2.2.2. Vitamin B1.....	13
2.2.3. Vitamin B2.....	13
2.2.4. Vitamin B3.....	13
2.2.5. Vitamin B6.....	14
2.2.6. Vitamin B9.....	14
2.2.7. Vitamin B12.....	14
2.2.8. Vitamin C.....	15
3 FORTIFIKACE POTRAVIN.....	16
3.1 Obecný princip a druhy fortifikace potravin.....	17
3.2 Podmiňující kritéria pro volbu fortifikace potravin.....	19
3.3 Vybrané fortifikované mikronutrienty, jejich formy a vhodné nosiče.....	20
3.3.1 Fortifikace potravin železem.....	22
3.3.2 Fortifikace potravin vitaminem A a beta-karotenem.....	24
3.3.3 Fortifikace potravin jódem.....	26
3.3.4 Fortifikace potravin zinkem.....	26
3.3.5 Fortifikace potravin vitaminy skupiny B.....	27
3.3.6 Fortifikace potravin vitaminem C.....	29
3.3.7 Fortifikace potravin vitaminem D.....	29
3.3.8 Fortifikace potravin vápníkem.....	29
3.3.9 Fortifikace potravin selenem.....	30
3.3.10 Fortifikace potravin fluorem.....	31

3.4	Legislativní opora fortifikace potravin v EU a ČR.....	31
4	REŠERŠNÍ STRATEGIE	33
4.1	Sumarizace aktuálních dohledaných poznatků v oblasti fortifikačních programů	35
4.2	Diskuze	39
	ZÁVĚR.....	42
	REFERENČNÍ SEZNAM.....	43
	SEZNAM ZKRATEK	48

Úvod

Strava, ačkoliv považována značnou částí populace za zcela běžnou součást každodenního života, stále vyvolává v rozvojových i vyspělých částech našeho světa řadu kontroverzí. Tu tvoří i oblast dostatku a rozmanitosti stravy. Nedostatečná výživa neboli malnutrice, je totiž i přes značnou snahu mnoha vládních i nevládních organizací o zlepšení situace stále významným globálním problémem. Malnutrice může mít několik podob a jednou z nich je nedostatečný příjem mikroživin. Mezi mikroživiny jsou řazeny vitaminy a minerály, jejichž význam pro správný vývoj a fungování lidského těla je signifikantní. Deficience mikroživin může být způsobena nedostatečným příjmem potravin, konzumací málo rozmanité stravy, potravin chudých na tyto živiny, nebo vlivem chronických onemocnění. V práci je stručně popsán význam těchto mikronutrientů, příčiny a dopady jejich nedostatku v lidském těle. Hlavním tématem práce je pak fortifikace potravin, jako efektivní možnost řešení této problematiky. Fortifikace potravin je metoda obohacování potravin o vitaminy a minerály, což může zajistit navýšení příjmu deficientních mikroživin. Obsah živin v základních potravinách se ztrácí procesem výroby, což může být důvodem k fortifikačním opatřením, aby hodnoty těchto živin ve výsledném produktu dosahovaly požadovaných hodnot. Dále je možné fortifikaci využít v programu prevence nedostatků mikroživin, konkrétně doplněním vybraných nutrientů do zvolené potraviny, která je hojně konzumována skupinou populace, na kterou je program cílen. Závěrečnou částí práce je rešerše formou diskuze dohledaných studií za posledních 10 let a interpretace získaných výsledků.

1. Malnutrice

Malnutrice neboli nedostatečná výživa je celosvětovým problémem, postihujícím především země s nižšími a středními příjmy, ve kterých je téměř polovina všech úmrtí dětí do pěti let asociována právě s podvýživou. V roce 2022 bylo na světě u osob starších 18 let téměř 390 milionů případů podváhy a 2,5 miliardy případů nadváhy, z toho 890 milionů tvořili lidé s obezitou (World Health Organization, © 2024). Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů uvádí, že v roce 2022 byla ve světě celková prevalence všech forem podvýživy u dětí do pěti let 230 milionů (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023). Mezi hlavní rizikové faktory patří chudoba, špatné socioekonomické podmínky, chronická onemocnění, nedostatečný přístup k potravinám, častá nemocnost a špatné hygienické podmínky. Malnutrice pak může způsobit celou řadu onemocnění, jako jsou vývojové poruchy, chronická onemocnění, poruchy imunity, onemocnění pohybového aparátu a podobně. Na základě mechanismu vzniku a projevu může být malnutrice rozdělena na tři základní kategorie. Ty tvoří podvýživa, podvýživa z nedostatku mikronutrientů a malnutrice spojená s nadváhou a obezitou.

1.1 Podvýživa

Podvýživu lze rozdělit dle vztahu antropometrických ukazatelů na chřadnutí, zakrnění a podváhu. Chřadnutí jako forma podvýživy je definována nízkou hmotností vůči výšce. Příčinou může být například nedostatek potravy, nebo náhlá ztráta hmotnosti, způsobená kupříkladu infekčním průjmovým onemocněním. Následkem chřadnutí může být až smrt. Jako zakrnění je označován stav, kdy je výška jedince vzhledem k věku neúměrně nízká. Může být důsledkem nedostatečné péče a výživy dítěte v raném věku, chronické či recidivující podvýživy, často spojených se špatným socioekonomickým prostředím a špatným zdravotním stavem matek během mateřství. Rizikem je nedosažení kognitivního a fyzického potenciálu u dětí. O podváhu se jedná v případě, kdy má dítě vzhledem ke svému věku neadekvátně nízkou hmotnost. Může tak dojít ke chřadnutí, zakrnění, nebo ke kombinaci těchto dvou stavů.

1.2 Podvýživa související s mikronutrienty

Mikroživiny jsou pro lidské tělo nepostradatelné, a protože si většinu z nich tělo nedokáže samo vytvořit, je nutné je přijímat ze stravy. Nevhodná, nebo nedostatečná strava může vést k nedostatečným hladinám jedné či více mikroživin, a to pak může způsobit řadu zdravotních problémů. Podvýživa z nedostatku mikronutrientů může vést k méně klinicky významným potížím, jako je nadměrná únava, pokles energetického i duševního výkonu, či zvýšenému riziku infekčních a chronických onemocnění. Závažnější formy mikronutrientové

podvýživy mají negativní vliv na produkci enzymů, hormonů a dalších látek, nezbytných pro zdravý růst a vývoj těla a činnost jednotlivých tělních soustav. Nejčastěji k deficientním stavům dochází u jódu, vitamínu A, a železa, zejména u dětí a těhotných žen (World Health Organization, © 2024).

1.3 Nadváha a obezita

Nadměrné ukládání tuku může vést k rozvoji nadváhy a obezity, které jsou rizikovým faktorem pro vznik onemocnění diabetes mellitus 2. typu a kardiovaskulárních onemocnění. Tyto stavy rovněž mohou negativně ovlivnit pohybový aparát, reprodukční zdraví, kvalitu života či zvýšit riziko vzniku některých druhů rakoviny. Jsou definovány nerovnováhou mezi příjmem energie ze stravy a jejím výdejem, kdy příjem energie převyšuje výdej a vede k nadměrnému ukládání tuku v těle. Faktory, vedoucími k nadváze a obezitě jsou například nezdravý životní styl, psychosociální prostředí, genetické predispozice, imobilizace, různá onemocnění, léky, nebo obezitogenní prostředí. Přestože jsou případy nadváhy a obezity častější v zemích s vyššími příjmy, prevalence nadváhy v zemích s nižšími a středními příjmy je na vzestupu, a nadváha je tak celosvětovým problémem. Rostoucí trend těchto onemocnění potvrzuje srovnání let 1990 a 2022, kdy v roce 1990 mělo celosvětově nadváhu 25% dospělé populace starší 18 let, zatímco v roce 2022 trpělo nadváhou 43% dospělé populace nad 18 let. Nárůst byl zaznamenán rovněž u dětské populace, u níž procentuální zastoupení nadváhy vzrostlo během let 1990–2022 z 8 % na 20 % dětské populace (World Health Organization, 2024).

2. Mikronutrienty

Nenahraditelnou roli ve výživě člověka zastávají mikronutrienty, jež většinu z nich si není organismus schopen sám syntetizovat, tudíž je třeba je získávat z pestré a vyvážené stravy. Některé mikroživiny, jako například riboflavin, jsou zastoupeny v široké škále potravin, jiné lze získat pouze z několika přirozených potravinových zdrojů – například vitamín A. Strava chudá na nutrienty pak vede k deficienci živin a zdravotním komplikacím. Je tedy nutné konzumovat potraviny bohaté na mikronutrienty, a v opačném případě se snažit látky doplnit, aby organismus nestrádal. Odlišné požadavky na množství mikronutrientů jsou specificky charakterizovány organismem muže, ženy a dítěte. Kupříkladu zvýšené nároky na množství určitých živin mají děti, gravidní a kojící ženy (World Food Programme, 2005, s. 6).

2.1. Minerály

2.1.1. Železo

Významným minerálem pro správný vývoj kognitivních a motorických funkcí lidského organismu, je železo. Podílí se na přenosu kyslíku v těle, účastní se energetického metabolismu a významně se podílí na dalších buněčných procesech (Food fortification, 2022, s. 7). Nevhodnými stravovacími návyky, jako je například vyřazování masa a ryb ze stravy je organismus vystavován riziku deficitních stavů železa v těle. Významným predispozičním faktorem k nízkým hladinám železa v organismu je pohlaví. Kdy u žen vlivem menstruačních procesů a případného těhotenství dochází ke zvýšeným potřebám organismu na množství železa. Dalším rizikovým faktorem mohou být úrazové stavy či parazitární onemocnění, kterou mohou zapříčinit významné krevní ztráty, a tedy i úbytek železa v těle. Důsledkem pak může být zhoršení kognitivních funkcí mozku, narušené vstřebávání vitamínu A, a jódu, zvýšená únava a snížená pracovní výkonnost, či rozvoj některých onemocnění, jako je anémie (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 6).

2.1.2. Jód

Jód se významně podílí na prenatálním i postnatálním vývoji jedince (Food fortification, 2022, s. 7), reguluje normální funkci štítné žlázy a orgánový vývoj člověka (European Food Safety Authority, 2019). Průkazně jsou rizikovým prostředím pro život oblasti s nedostatkem jódu v půdě a vodě, jejichž následkem mohou být vrozené defekty, zvýšené riziko novorozenecké a kojenecké mortality, poruchy nervové soustavy a kognitivních funkcí, nebo zvětšení štítné žlázy a poruchám její funkce (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 7).

2.1.3. Zinek

Zinek hraje významnou roli při expresi genů a tvorbě struktury bílkovin (European Food Safety Authority, 2019). Má pozitivní vliv na těhotenství, funkce mozku a obranné mechanismy organismu proti infekčním agens (Food fortification, 2022, s. 7). Nedostatečná konzumace živočišných produktů, parazitární střevní infekce, průjmy, vysoký podíl kyseliny fytové ve stravě a genetické vady jsou rizikem pro rozvoj karence zinku v těle. Důsledkem pak může být větší náchylnost k infekčním nemocem, poruchy růstu a vývoje, záněty kůže a průjmy. Následky závisí na závažnosti deficiencie (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 7).

2.1.4. Vápník

Kalcium ve vnitřním prostředí napomáhá fungování buněk a tkání, je nepostradatelné pro zdraví kostí a zubů (European Food Safety Authority, 2019). Při nedostatku se zvyšuje riziko snižování denzity kostí, rozvoje onemocnění rachitis či špatné mineralizace kostí. (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 10).

2.1.5. Selen

Jako součást selenoproteinů je selen esenciálním minerálem pro lidské tělo a podílí se na metabolismu hormonů štítné žlázy (European Food Safety Authority, 2019). Nedostatek selenu se projevuje zejména u obyvatel zemí s nízkou konzumací živočišných produktů (například území Číny, Japonska, Koreje a Nového Zélandu). Při nedostatku se zvyšuje riziko vzniku rakoviny a nemocí oběhové soustavy, nebo zhoršení onemocnění štítné žlázy vyvolané nedostatkem jódu (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 10).

2.1.6. Fluor

Fluor patří mezi stopové prvky, jež musí lidský organismus přijímat z vnějšího prostředí, jeho význam spočívá v prevenci zubního kazu (European Food Safety Authority, 2019). Příčinou nedostatečného příjmu fluoru může být přirozeně nízký obsah fluoru ve vodě, jakožto hlavního zdroje tohoto nutrientu (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 10).

2.2. Vitaminy

2.2.1. Vitamin A

Význam retinolu (vitamin A) spočívá v podpoře správné funkce imunitního systému a zraku (Food fortification, 2022, s. 7). Z potravin je získáván jako provitamin A, ze kterého si tělo výsledný vitamin syntetizuje, či je přijata již jeho syntetizovaná forma (European Food Safety Authority, 2019). Patří do skupiny vitaminů rozpustných v tucích, tudíž je pro jeho správné vstřebání důležitá přítomnost mastných kyselin. Nedostatek retinolu může být způsoben parazitární infekcí (škrkavka, helminti), nedostatečným příjmem ovoce, zeleniny a živočišných výrobků (mléčné výrobky, vejce). Deficience se projevuje šeroslepostí či suchostí očí (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 6).

2.2.2. Vitamin B1

Thiamin patří do skupiny vitaminů B, které jsou rozpustné ve vodě. Významně ovlivňuje činnost nervové soustavy a metabolické procesy přeměny energie ze stravy. Přírodně je obsažen v masných produktech, luštěninách, obilovinách a skořápkových plodech. Karence vitaminu B1 může být způsobena chronickým abúzem alkoholu, nadměrným zvracením, nebo poruchou metabolismu thiaminu, či jiným onemocněním trávicí soustavy. Jako u ostatních mikronutrientů může být jeho nedostatek způsoben nevyváženým stravováním. Důsledkem nedostatečnosti může být onemocnění Beri – beri, metabolické a nervové poruchy, dále bolesti hlavy, nauzea a nadměrná únava (Národní zdravotnický informační portál, © 2024).

2.2.3. Vitamin B2

Riboflavin se uplatňuje při metabolismu aminokyselin, sacharidů, a rovněž přispívá k tvorbě krevních elementů a zárodečných buněk. Bohatým zdrojem riboflavinu jsou živočišné výrobky, zejména vejce, vnitřnosti a výrobky z mléka. Z rostlinných zástupců jsou to luštěniny, kvasnice a obiloviny. Nedostatek pramení z nevyvážené stravy, nebo chronického alkoholismu. Projevuje se kožními a očními onemocněními, onemocněními dutiny ústní, anémií a může vést až ke zpomalenému vývoji u dětí, či neurologickým poruchám.

2.2.4. Vitamin B3

Lidské tělo je schopné si niacin syntetizovat z aminokyseliny tryptofanu, což snižuje nároky na příjem jeho plně syntetizované formy. Je podstatný pro metabolické procesy aminokyselin, tuků a steroidních látek v těle. Je obsažen

v masných produktech, luštěninách a kvasnicích. Jeho nedostatek se projevuje jako onemocnění pelagra, známé též jako dna, dále může vést k poruchám přenosu iontů a glukózy v krvi, nebo k narušení tvorby kyseliny chlorovodíkové v žaludku. Při vyšších dávkách může být niacin pro tělo toxický, a proto je stanovena hranice toxické dávky vitamínu B3. Hypervitaminóza se projevuje například bolestmi hlavy, závratěmi, zvracením, pocity horka a průjmy (Hlúbik, 2001, s. 564-567).

2.2.5. Vitamin B6

Vitamin B6, nazývaný také jako pyridoxin, příznivě ovlivňuje funkce nervové soustavy, tvorbu erytrocytů, regulaci hormonálních procesů a napomáhá energetickému metabolismu (European Food Safety Authority, 2019). Nedostatek pyridoxinu je následkem nízkého příjmu živočišné stravy, a naopak vysokého příjmu průmyslově zpracovaných obilných výrobků, jež jsou následkem zpracování ochuzeny o řadu živin. K nedostatku může vést i nadužívání alkoholických nápojů. Mezi příznaky pyridoxinové deficience patří například dermatitidy, neurologické křečové poruchy, nebo zvýšený homocystein (jeho patologické hodnoty naznačují zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění, vývojových vad a potratů) (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 9).

2.2.6. Vitamin B9

Vitamin B9 se vyskytuje ve dvou základních formách, a to ve formě folátu, či kyseliny listové. Vitamin je významný zejména v počátečních fázích růstu a vývoje lidského plodu, kde se podílí na zdravém rozvoji mozku a páteře. Navýšení příjmu kyseliny listové u žen má velký přínos v prevenci defektů neurální trubice u novorozenců a snížení novorozenecké úmrtnosti (Food fortification, 2022, s. 7). Příčinou sníženého příjmu může být nízká konzumace ovoce, zeleniny, luštěnin a mléčných výrobků, střevní parazitární infekce, nebo vrozená porucha metabolismu kyseliny listové. Následkem deficience může být megaloblastická anémie, která je rizikovým faktorem pro defekty neurální trubice a vrozené vady u dětí, předčasný porod, onemocnění srdce, zhoršené kognitivní funkce, nebo deprese (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 7).

2.2.7. Vitamin B12

Kobalamin je nepostradatelný pro hematopoézu (krvetvorbu), pro metabolické děje organismu, jako například látkovou přeměnu vitamínu B9 a aminokyselin. Bohatým zdrojem jsou živočišné výrobky, naopak v rostlinných zdrojích je obsah

kobalaminu velmi nízký. Nedostatek kobalaminu může způsobit strava chudá na živočišné produkty, obzvláště rizikový je veganský typ stravování. Nedostatečnost kobalaminu může vzniknout také vlivem různých onemocnění trávicího traktu (například zánět žaludku). Nedostatek kobalaminu se projevuje megaloblastickou anémií, nebo poruchami nervového systému. Kobalaminová deficience může být skrytá i několik let, jelikož si tělo ukládá tento vitamin do jaterní tkáně, odkud jej v případě sníženého příjmu čerpá. Po vyčerpání veškerých zásob se objevují příznaky deficiencie.

2.2.8. Vitamin C

Patří mezi antioxidanty, zapojuje se do přeměny látek, napomáhá tvorbě tkání a účastní se syntézy hormonů. Zdrojem kyseliny askorbové je především čerstvé ovoce a zelenina. Při nevhodné manipulaci a tepelné úpravě potravin, obsahujících vitamin C, dochází k jeho významným ztrátám, tudíž je důležitá šetrná manipulace a úprava. Stres, kouření, nedostatečná konzumace ovoce a zeleniny, silná fyzická zátěž, nebo zvýšená konzumace alkoholu, jsou rizikovými faktory pro vznik deficiencie kyseliny askorbové. Nedostatečný příjem vitaminu C se projevuje oslabenou imunitou, únavou, potížením se zuby a dásněmi, pomalejším hojením. Výrazné deficiencie způsobují onemocnění nazývané kurděje (Národní zdravotnický informační portál, © 2024).

3 Fortifikace potravin

Dle WHO je Fortifikace potravin definována jako záměrné navyšování podílu mikronutrientů v potravinách. Fortifikace tak může zvýšit již přítomné množství vitamínů či minerálů v produktu, nebo nahradit živiny ztracené během výrobního procesu. Zároveň by se neměly výrazně změnit organoleptické vlastnosti¹ potraviny, ani příliš navýšit cena potraviny (World Health Organization, © 2024).

Účelem obohacování potravin je jednak nahrazení nutričních látek ztracených při výrobních procesech, dále dorovnání nutričních hodnot u potravinových substituentů (například obohacení rostlinných margarínů o vitamíny rozpustné v tucích, ve srovnání s přirozeným výskytem v živočišných tucích), a také zvýšení výživové hodnoty potraviny (Bezpečnost potravin, 2003). Světový potravinový program uvádí, že více než dvě miliardy lidí na světě má nedostatek mikroživin. Nejvíce jsou mikronutriční podvýživou (nebo také „skrytým hladem“) postiženy Asie, Afrika a Latinská Amerika. Fortifikace byla světovými ekonomickými experty označena jako klíčová a nákladově výhodná a byla určena jednou ze tří hlavních priorit mezinárodního rozvoje (World Food Programme, © 2024).

Nízký obsah mikronutrientů v potravinách a ve stravě může vést k malnutrici z nedostatku jedné, nebo více nutričních látek. Podvýživa z nedostatku mikronutrientů se projevuje zdravotními problémy, specifickými v závislosti na nedostatku daného vitamínu nebo minerálu. Fortifikace potravin je tak důležitým prostředkem v prevenci i léčbě malnutrice ve světě (Food fortification, 2022, s. 5). Ke stejnému závěru dospěla ve své práci i autorka Jelínková (2022), která uvádí, že nízká, nebo nedostatečná hladina jedné, nebo více mikroživin v těle se často projeví až po určité době, a ne vždy jsou projevy jednoznačné, takže strádající jedinec může přisuzovat potíže například pracovní únavě, dokud se neobjeví vážnější zdravotní komplikace a příznaky specifické pro určitou deficienci.

V populaci nejčastěji chybějícími vitamíny a minerály jsou železo, vitamín A, a jód. Problémem jsou zejména rozvojové země a země s nižšími příjmy, kde je strava chudá nejen na samotné mikronutrienty, ale také například na tuky, které jsou důležité pro řádné vstřebání vitamínů rozpustných v tucích. Nedostatkem stopových prvků může trpět i populace průmyslově rozvinutých zemí, pokud je strava složená ze zpracovaných produktů a vysokoenergetických pokrmů, ve kterých je obsah živin velmi nízký.

Obohacování potravin, společně se suplementací, zvyšováním povědomí v oblasti výživy a dalšími postupy, je významnou strategií v boji s výše zmíněnými situacemi, vedoucími

¹ organoleptické vlastnosti – chuť, barva, aroma, struktura potraviny

k nedostatku živin v těle. I přesto zůstává nejvhodnější a nejdéle udržitelnou možností dostatečného příjmu živin pestrá a vyvážená strava (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 3-13).

3.1 Obecný princip a druhy fortifikace potravin

Při fortifikaci potraviny lze přidat jeden mikronutrient, nebo více najednou. Přidaná hladina stopového prvku by měla být natolik vysoká, aby podstatně ovlivnila výživovou hodnotu potraviny, ale neměla by překročit nejvyšší bezpečný limit příjmu (World Food Programme, 2005, s. 18).

Fortifikaci potravin lze dle zamýšleného účelu rozdělit na tři druhy – hromadnou, cílenou a řízenou trhem.

Hromadná fortifikace – bývá indikována a řízena vládou státu, aplikována na potraviny běžné spotřeby, jako například koření (jodizace soli), mléko a obiloviny. Podnětem k masovému obohacování je prokázán, či hrozící nedostatek určitého mikronutrientu. I bez předchozího podlimitního záchytu konkrétního mikronutrientu v populaci může vést jeho zvýšený příjem obecně k prospívání populace, a tudíž k důvodu hromadné fortifikace. Obecný přínos vyššího příjmu určité živiny populaci (bez výskytu podlimitního příjmu), je rovněž motivem pro zavedení masového obohacování. Příkladem hromadného obohacení je program v Severní Americe a Kanadě, kde se fortifikuje pšeničná mouka o vitamin B9 s cílem snížení prevalence vrozených defektů.

Cílená fortifikace – je zaměřena na specifickou skupinu populace, jíž je třeba dodat určité živiny. Není aplikována plošně na celou společnost. Příkladem jsou kojenci, malé děti, těhotné ženy a uprchlíci. Zacílení vybraných skupin probíhá prostřednictvím nouzových potravinových balíčků a potravinových programů do škol.

Fortifikace řízená trhem – do potravinového produktu je přidán jeden, nebo více mikronutrientů, jakožto o obchodní manévru, který má zároveň přinést benefit osloveným zákazníkům. Příkladem produktů jsou obohacené cereální tyčinky, cereálie a nápoje. Jedná se o dobrovolné obohacení, ale i tak je podřízeno vládním regulacím. Trhem řízená fortifikace je rozšířená spíše v rozvinutých zemích a je podstatným zdrojem určitých mikronutrientů, jako například vitamíny A, D, C, a B2; dále také železo a vápník. Očekává se nárůst tohoto typu obohacování i v rozvojových zemích. Úskalím těchto produktů je nižší příjem vlákniny, a naopak vyšší příjem cukru. Další obavou je nedostatečně kontrolovaná regulace těchto potravin v rozvojových zemích (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 26-29).

Jiné možnosti fortifikace potravin

Fortifikace v domácnostech a komunitě – jedná se o doplňkovou suplementaci potravin, již lze přidat do složek potravy přímo v domácnosti. Tato metoda je využívána zejména pro kojence a děti. Fortifikant může být ve formě prášku, tablety (kterou lze rozpustit, či rozmělnit), nebo pomazánky s vysokým obsahem nutričních látek. Tento způsob je velmi efektivní pro lokální cílenou potřebu obohacení, nicméně v porovnání s hromadnou fortifikací, je finančně nákladnější. Komunitní fortifikace, například v podobě přidávání obohacujících sypkých směsí do mouky během mletí, se rovněž potýká s výraznějšími finančními náklady, a navíc jsou zde vysoké nároky na monitorování, udržení kvality a distribuci.

Biofortifikace základních potravin – zahrnuje genetickou modifikaci a šlechtění, což má vést ke zvýšení obsahu mikronutrientů, nebo ke zlepšení jejich vstřebávání. U biofortifikace je ovšem nutné objasnit otázku nákladů, bezpečnosti a vlivu na životní prostředí (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 29-30). WHO uvedla jako příklady biofortifikačních opatření obohacení rýže, batátů, obilovin a fazolí železem, obohacení pšenice, rýže, kukuřice, batátů a fazolí zinkem; kukuřice a batátů provitaminem A, a obohacení čiroku pomocí aminokyselin a bílkovin (World Health Organization, © 2024).

Mandatorní neboli povinná fortifikace je řízená zmocněnými orgány jednotlivých zemích, která rozhodnou o povinnosti výrobců potravin přidávat do určitých potravin specifikované mikronutrienty. Nutností je zajistit především bezpečnost, efektivitu a stálost kvality obohacování potravin. Povinná fortifikace cílí na základní složky potravy, jako je například mouka, cukr, nebo sůl, které jsou běžnou populací běžně konzumovány buď přímo, nebo jako součást hotového produktu. Použití běžných potravinových komodit, jakožto nosiče fortifikantů, je vhodné zejména při hromadné fortifikaci, která má pozitivně ovlivnit co největší množství obyvatel. Naopak pro cílenou fortifikaci je vhodnější použít jako nosiče fortifikantu složky potravy adekvátní potřebám dané komunitní skupiny, na kterou má toto obohacení cílit. V rámci povinné fortifikace je nejčastěji přidáván vitamín A, vitamín B9, jód a železo. Limity a označení výsledných obohacených produktů se v jednotlivých státech liší, ale celosvětově nejrozšířenější povinnou fortifikací je jodizace soli. Povinná fortifikace je zaváděna v případech, kdy populaci hrozí, nebo je již prokázána deficiencie určitého mikronutrientu, nebo při prokázání pozitivního přínosu jedincům prostřednictvím vyššího příjmu konkrétní živiny.

Dobrovolná fortifikace nastává v případě, kdy výrobce přidá do produktu jeden, nebo více mikronutrientů na základě vlastního rozhodnutí, případně na základě doporučení vlády, či poptávky spotřebitelů. Obecně je dobrovolná fortifikace používána jako doplňkový

zdroj živin jejichž míra nedostatečnosti v populaci není závažně nízká, jelikož cílem dobrovolného obohacení není zamezit rizikům deficience, které lze označit jako závažné – taková rizika jsou řešena prostřednictvím povinné fortifikace (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 31-34). Účelem dobrovolné fortifikace je pozitivně ovlivnit zdraví spotřebitelů, přesto musí být takto obohacené produkty pravidelně kontrolovány a v souladu s vládními předpisy a regulacemi, aby byly pro spotřebitele bezpečné. Rovněž je důležité zamezit jakékoliv klamavé praktice a neuvádět spotřebitele v omyl, pokud by výrobce například falešně uváděl produkt jako součást zdravého stravování, nicméně by se tento produkt neshodoval s národní politikou zdravého stravování. Rozmanitost potravin, vhodných k dobrovolné fortifikaci, se v jednotlivých zemích liší, stejně jako jednotlivé mikronutrienty a jejich limity. Ve Spojených státech amerických je například dobrovolná fortifikace užívána mnohem hojněji než ve skandinávských zemích. Přínos dobrovolného obohacování závisí na frekvenci konzumace obohacených produktů a také na skladbě základní stravy jednotlivců. Se zvyšující se četností konzumace obohacených potravin, se zvyšuje pozitivní dopad těchto produktů.

3.2 Podmiňující kritéria pro volbu fortifikace potravin

Volbu druhu fortifikace ovlivňuje následujících 5 kritérií:

Prevalence a míra deficience konkrétní živiny a její význam pro zdraví člověka – význam pro zdraví jedinců je prioritní a měl by být definován územními specifiky a mírou zasažení populačních skupin. Kupříkladu četností nedostatku mikroživiny v populaci, nebo prokázaným přínosem zvýšeného příjmu mikronutrientu. V případě vyššího zdravotního rizika z nedostatečnosti, a vyšší míry prevalence nedostatku živiny, je vhodnější povinná fortifikace. U méně frekventní a zdravotně méně závažné deficience, je vhodnějším řešením dobrovolná fortifikace, stejně tak v případech potenciálního přínosu při navýšení příjmu určité mikroživiny.

Dobrovolnou fortifikací lze dosáhnout obdobně efektivních výsledků při správné fortifikační politice, jež oproti povinné fortifikaci nevyžaduje náročné legislativní regulace.

Charakter potravinového průmyslu, zodpovědného za výrobu produktu – pro úspěšnou fortifikaci je důležité dostatečné rozložení, počet a kapacitní možnosti výrobce; dále tržní prostředí a podpora ze strany vlády. Při menším množství hlavních výrobců potravin, jež má být nosičem fortifikantu, je lepší použít povinnou fortifikaci, protože prostřednictvím centralizovaného sektoru průmyslu se výsledný produkt lépe rozšíří mezi obyvatelstvo. V případě většího počtu menších výrobců, kteří mohou být různě územně

rozprostření, je aplikace povinné fortifikace, a s ní se pojící kontroly plnění programu, poměrně obtížná.

Současná znalost a zájem dané populace o konzumaci a důležitost konzumace fortifikovaných potravin – povědomí i poptávka po fortifikovaných produktech je rovněž zásadní při volbě typu obohacení. Pro nízký zájem a informovanost je vhodnější povinná fortifikace, která tak zacílí i na jedince, kteří by například pro neznalost obohacený produkt v případě dobrovolné fortifikace nevyhledávali. Dobrovolné obohacení je vhodné aplikovat na základě poptávky spotřebitelů, která může být ovlivněna mnoha aspekty, například stravovacími návyky, kulturními zvyklostmi, nebo reklamou. Pro zvýšení povědomí populace o obohacených produktech je důležitá osvěta v oblasti výživy.

Politická oblast obohacování potravin – zásahy vlády a ohled na volbu spotřebitele jsou v otázce rozhodnutí o typu obohacení velmi významnými faktory. Na základě spotřebiteli preferovaných značek produktů, je také cíleno povinné obohacování právě na tyto výrobky. Dobrovolná fortifikace bývá aplikována na více produktů a přináší tak spotřebitelům možnost výběru z více druhů, což ovšem není řešením v rozvojových zemích, ve kterých jsou dobrovolně obohacené produkty pro většinu obyvatel finančně nedostupné.

Míra spotřeby potravin – zásadní roli při volbě fortifikační strategie zastává frekvence konzumace potravin, jako potenciálního nosiče fortifikantu. Povinné obohacení dosáhne většího vlivu, pokud bude nosičem pravidelně konzumovaná potravin, rozšířená v cílové populaci. Zejména při snaze zasáhnout více vrstev populace současně. Dobrovolná fortifikace stejné mikroživiny by v tomto případě neovlivnila dostatečné množství lidí, protože jednotlivé skupiny obyvatel se stravují odlišně a dobrovolně obohacený produkt nemusí být dostupný, nebo vhodný pro všechny skupiny obyvatel. Dobrovolné obohacení by tak bylo efektivnější v případě deficiencie u konkrétní skupiny obyvatel, pro kterou je specifická konzumace určité potravin, jež by tak byla vhodným nosičem fortifikantu (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 33-37).

3.3 Vybrané fortifikované mikronutrienty, jejich formy a vhodné nosiče

Složky potravy, které se obohacují, se spolu s vývojem technologických možností rozšiřovaly o další produkty a v dnešní době lze fortifikovat téměř všechny potraviny. Historický význam fortifikace potravin je značný a již v minulosti bylo obohacování potravin velkým přínosem v boji s některými onemocněními, způsobenými deficiencí živin. Obohacení solí jódem pomohlo snížit prevalenci onemocnění štítné žlázy, přidání vitaminů skupiny B do obilovin pomohlo v boji s epidemií pelagry a obohacení obilovin kyselinou listovou

napomohlo ke snížení počtu defektů neurální trubice u novorozenců (Fletcher et al., 2007, s. 606).

Potraviny byly tedy historicky obohacovány o nejčastěji deficientní mikronutrienty – vitamín A, D, vitamíny skupiny B, jód a železo. Tyto nutrienty převažují ve fortifikaci dodnes, v potravinách ale najdeme přidané i ostatní výše zmíněné mikroživiny. Druhy potravin, které lze těmito složkami obohatit, se liší dle vhodnosti k obohacení, vlivu na doplňovaný mikronutrient, legislativního rámce a dle účelu a druhu fortifikace (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 14-15).

Pro úspěšnou fortifikaci, jejímž účelem je pozitivně ovlivnit hladinu mikronutrientů v těle jedince, je velmi důležitá volba správné potraviny, jako nositele fortifikantu, a také chemická forma přidávaného nutrientu. Vhodně složená kombinace potraviny a fortifikantu může pozitivně ovlivnit vstřebatelnost stopového prvku a zacílit na širokou veřejnost, či na konkrétní požadovanou skupinu populace, dle druhu a cíle programu fortifikace (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 95). Fortifikanty v potravinách, které jsou konzumovány širokou veřejností a spotřebovávány relativně brzy po zakoupení, navíc v takovém případě nenesou známky sensorických změn a přidané vitamíny a minerály si rovněž po tuto dobu udrží své vlastnosti.

Faktory ovlivňující volbu formy fortifikantu:

Potenciální sensorické změny – míra obohacení fortifikantem nesmí v potravině způsobovat nepřijatelné změny chuti, barvy, vůně, struktury, nebo se od původního potravinového základu oddělovat. Přidané nutrienty rovněž musí být v potravině stabilní v rámci daných limitů. Stabilitu přidaných látek může podpořit speciální balení, které by ovšem nemělo výrazně ovlivnit cenu výsledného produktu, který se pak pro konzumenty může stát finančně nedostupným.

Případné reakce fortifikantu a potraviny, včetně jejich přirozeně i nepřirozeně obsažených složek – veškeré nechtěné interakce, které by mohly negativně ovlivnit složky potraviny, nebo metabolické využití fortifikantu, jsou nežádoucí a je třeba je předem zkontrolovat a odstranit.

Cena – obohacená potravina by finančně neměla omezovat dostupnost tohoto produktu, stejně tak by neměla ovlivňovat konkurenceschopnost neobohacené alternativy této potraviny.

Biologická dostupnost – přidané živiny musí být z potraviny dobře absorbovány do těla se schopností zvýšit hladinu mikronutrientů v cílené populaci.

Dalším důležitým kritériem je také bezpečnost – pro pozitivní přínos z konzumace obohacené potravin, je třeba určité množství potravin. Toto množství ovšem nesmí být v rozporu se zásadami zdravé výživy.

3.3.1 Fortifikace potravin železem

Biologicky dobře dostupné formy železa často způsobují organoleptické změny v potravině, proto je poněkud obtížné najít kompromis ve vstřebatelnosti a ceně takové formy železa, která zároveň nebude způsobovat nežádoucí organoleptické změny.

Fortifikanty železa se tak dělí na tři skupiny: sloučeniny rozpustné ve vodě, sloučeniny špatně rozpustné ve vodě, ale rozpustná ve zředěné kyselině, sloučeniny ve vodě nerozpustné a ve zředěné kyselině špatně rozpustné (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 96-97).

Sloučeniny železa rozpustné ve vodě

Tyto sloučeniny jsou nejpreferovanější formou fortifikantu, protože jsou levné, velmi dobře rozpustné v žaludečních šťávách a mají ze všech sloučenin železa nejvyšší biologickou dostupnost. Nevýhodou je nepříznivý vliv na organoleptické vlastnosti potravin, zejména při delším skladování může způsobit například změny barvy, chuti, žluknutí a zápach. V případě fortifikace železem a dalšími nutrienty, může volné železo, vyrobené z degradace sloučenin železa, zoxidovat některé vitamíny, přítomné ve fortifikační směsi. Sloučeniny rozpustné ve vodě jsou vhodné k fortifikaci potravin relativně rychlé spotřeby, například obilná mouka, těstoviny a sušené mléko, včetně sušené směsi kojeneckého mléka. Je zde možnost zapouzdření formy, které může zpomalit, nebo zabránit smyslovým změnám. Vůbec nejpoužívanější fortifikant železa je síran železnatý.

Sloučeniny železa špatně rozpustné ve vodě, ale rozpustné ve zředěné kyselině

Právě díky rozpustnosti ve zředěné kyselině jsou tyto formy dobře vstřebávány z potravy, protože v žaludku dospělého člověka jsou rozpuštěny pomocí přirozeně se vyskytujících žaludečních šťáv. U zdravých jedinců tak vstřebatelnost dosahuje téměř stejného výsledku, jako u ve vodě rozpustných sloučenin. Příkladem je fumarát železnatý, který nezpůsobuje tolik organoleptických změn, jako síran železnatý, a je tak alternativou při nemožnosti použití sloučenin ve vodě rozpustných. Fumarát železnatý lze použít v zapouzdřené formě, pro minimalizaci nežádoucích změn na potravinu. Dalším zástupcem je sacharát železitý, který je rovněž dobře vstřebáván pomocí žaludečních šťáv.

Sloučeniny železa, které jsou nerozpustné ve vodě a špatně rozpustné ve zředěné kyselině

Tyto formy železa vykazují v porovnání se síranem železnatým nižší vstřebatelnost (rozmezí absorpce je přibližně 20 % až 75 %). Navzdory tomu byly tyto sloučeniny široce používány jako fortifikanty, protože ve srovnání s rozpustnými sloučeninami způsobují menší sensorické změny potravin a jejich cena je nižší. Nicméně jsou nerozpustné sloučeniny považovány za poslední možnost při volbě fortifikantu, právě kvůli nízké vstřebatelnosti, která je důležitým faktorem při řešení deficience a malabsorpce železa. Podmínkou použití nerozpustných sloučenin je naměřená absorpce odpovídající alespoň 50 % vstřebatelnosti síranu železnatého, a zároveň přidání dvojnásobného množství fortifikantu, aby byla kompenzována nižší absorpce. Nerozpustnými sloučeninami, používanými k obohacování, jsou fosforečnan železitý, ortofosforečnan železitý a pyrofosforečnan železitý. Používají se k fortifikaci rýže, kojeneckých cereálií a potravin obsahujících čokoládu (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 98-100).

Možnosti zvýšení biodostupnosti železa

Biologickou dostupnost jednotlivých sloučenin železa lze zvýšit přidáním, nebo odstraněním látek ze složek potravy. Vstřebatelnost zvyšuje například přidání kyseliny askorbové, nebo sodné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové (dále sodík EDTA). Kyselina askorbová je ovšem méně stabilní a v případě ztrát kyseliny během přepravy a skladování se tak tato možnost stává finančně nákladnější. Sodík EDTA není účinný u sloučenin nerozpustných ve vodě. Další metodou je odstranění fytátů, které fungují jako inhibitory vstřebávání železa.

Alternativní fortifikanty železa

Pro zlepšení vstřebatelnosti železa z fortifikantů byly zkoumány další sloučeniny, které je možné použít k obohacení potravin. Tyto deriváty by měly lépe odolávat inhibitorům absorpce železa než předešlé jmenované formy. Řadí se zde sodná sůl železa EDTA, bisglycinát železnatý a zapouzdřené formy železa.

NaFeEDTA (sodná sůl železa EDTA) je vhodná k fortifikaci potravin s vysokým obsahem fytátů, protože vstřebatelnost je zde až třikrát vyšší než u fumarátu železnatého, či síranu železnatého. Sodná sůl EDTA nezpůsobuje oxidaci tuků u obohacených cereálií během skladování, ale je hůře rozpustná ve vodě, což může u některých potravin způsobit nežádoucí barevné změny. Další nevýhodou jsou zde vyšší finanční náklady.

Bisglycinát železnatý je chelátová sloučenina, která je díky této vazbě chráněna před inhibitory absorpce. Vstřebatelnost této formy je tak u potravin s vysokým obsahem fytátů

až třikrát vyšší než u síranu železnatého. Je vhodný při fortifikaci plnotučného mléka, u obilných produktů může ale způsobit žluknutí oxidací tuků v potravinách. Použití bisglycinátu železnatého je v porovnání s jinými deriváty železa finančně nákladnější.

Zapouzdřený síran železnatý a fumarát železnatý

Zapouzdřená forma zajistí oddělení fortifikantu od ostatních složek potravy, což brání nežádoucím sensorickým změnám. V případě fortifikace soli jódem a zapouzdřenou formou železa tak došlo ke zpomalení barevných změn soli a rovněž byly omezeny ztráty jódu. K zapouzdření železných sloučenin jsou používány především hydrogenované rostlinné oleje, monoglyceridy, diglyceridy, maltodextriny a ethylcelulóza. Tyto pouzdra by neměly negativním způsobem ovlivňovat stabilitu a biologickou dostupnost fortifikantu. Zapouzdřené formy síranu železnatého a fumarátu železnatého jsou používány zejména u suchých kojeneckých směsí a kojeneckých cereálií. Nevýhodou je vysoká cena, která se díky zapouzdření v porovnání s nezapouzdřenou formou, zvyšuje až desetinásobně.

Mikronizovaný pyrofosfát železitý

Mikronizace tohoto fortifikantu železa pomocí chemického procesu až na průměr 0,5 mikronu může zlepšit vstřebatelnost v porovnání s běžnou velikostí pyrofosfátu železitého (8 mikronů) až čtyřnásobně. Tento derivát je nerozpustný ve vodě, takže je nízká pravděpodobnost sensorických změn v potravině. Nevýhodou je vysoká cena fortifikantu (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 100-104).

3.3.2 Fortifikace potravin vitamínem A a beta-karotenem

Při volbě fortifikantu vitamínu A se zvažují vlastnosti obohacované potravy, a dále technologické, náboženské a regulační aspekty. Kvůli stabilitě je vitamín A esterifikován na stabilnější formy, jako jsou například retinylacetát a retinylpalmitát. Spolu s beta-karotenem jsou tyto formy nejpoužívanějšími k fortifikaci potravin. Beta-karoten, kvůli svému oranžovému zbarvení, nelze použít v řadě potravin. Vitamín A, jakožto vitamin rozpustný v tucích, se snadno přidává do tučných a olejnatých potravin. Pro kapalné a suché složky potravy je nutné použít zapouzdřenou formu vitamínu A.

Fortifikanty vitamínu A se tak rozdělují na olejové formy, které mohou být přidány přímo do potravin na bázi tuku, nebo emulgovány do potravin na bázi vody; a suché formy, které je možné přimíchat do potravin za sucha, nebo rozptýlit ve vodě.

Oleje a margaríny, jako nosiče pro fortifikanty vitaminu A

Pro hromadné obohacení jsou margaríny a rostlinné oleje vhodnými potravinami k fortifikaci, protože obsažený olej chrání vitamin A před oxidací během skladování a forma vitaminu rozpustná v oleji je nejlevnější dostupnou variantou. Do tučných a olejnatých potravin se používá beta-karoten a retinylacetát, nebo retinylpalmitát, které jsou rozpustné v tucích a mají v těchto potravinách dobrou stabilitu. Celosvětově jsou obohacovány margaríny daleko více než oleje. Fortifikant je v oleji dobře stabilní, ale při opakovaném použití ke smažení (například ve fritéze), jsou ztráty vitaminu až 60 %.

Sypké potraviny, jako nosiče fortifikantu vitaminu A

Obilné výrobky a mouky jsou docela dobrými nosiči fortifikantu vitaminu A, nicméně obohacování zde není zdaleka tak časté, jako u margarínů, které jsou většinou k doplnění vitaminu A v populaci, dostačující. V rozvojových zemích jsou mouky obohacovány suchou formou retinolpalmitátu. Nicméně 30-50 % vitaminu A je ztraceno během přepravy a skladování, protože stabilita retinolu v suché směsi není tak dobrá, jako olejnatá forma v margarínu, nebo oleji (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 111–15).

Cukr – obohacování cukru vitaminem A se uplatňovalo zejména v programech, cílených pro chudší vrstvy obyvatelstva, kde byl cukr vhodným nosičem právě kvůli finanční dostupnosti. Taková opatření napomohla ke zvýšení příjmu tohoto vitaminu hlavně u dětské populace a v mateřském mléce kojících matek. Takto obohacený cukr je používán také při výrobě cukrovinek a nealkoholických nápojů. V nerafinovaném cukru retinol zůstává stabilní i po procesu pečení, ale při procesu výroby a skladování nealkoholických slazených nápojů se ztrácí, a nakonec v nápoji zůstává jen malé množství. Z finančního hlediska tak není použití obohaceného cukru k výrobě nápojů příliš výhodné.

Dále je vitamin A doplňován to těchto potravin – sušené mléko, doplňková strava pro kojence, jogurty, instantní nudle, sušenky a případně nápoje v rámci potravinových programů v rozvojových zemích (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 116-117).

Nejvyšší tolerovaný denní příjem vitaminu A pro děti od 1 do 3 let je 800 μ g/den; pro děti od 4 do 6 let 1100 μ g/den; pro děti od 7 do 10 let 1500 μ g/den; pro děti od 11 do 14 let 2000 μ g/den; pro děti od 15 do 17 let 2600 μ g/den a pro dospělé muže i ženy 3000 μ g/den (European Food Safety Authority, 2019).

3.3.3 Fortifikace potravin jódem

K obohacení potravin či tekutin jódem jsou používány formy jódu, zvané jodičnan a jodid, často jako draselná, vápenatá a sodná důl (jodid draselný a jodičnan draselný). Jodičnany jsou v porovnání s jodidy finančně nákladnější, ale stabilnější při nepříznivých klimatických podmínkách, nevyžadují přidávání stabilizátorů, jsou odolnější vůči oxidaci, a proto jsou jodičnany upřednostňovány pro fortifikaci.

Jodizace soli – sůl je skvělým prostředkem pro fortifikaci jódem, protože samotné obohacení není finančně nákladné, sůl je konzumována po celém světě a dostupná všem vrstvám obyvatel, přidání jódu nemá negativní vliv na organoleptické vlastnosti soli a produkce soli je dobře kontrolovatelná. Stabilita jódu v soli je závislá na čistotě soli, obsahu vody a kyselosti. Pro snížení ztrát během skladování je nezbytné sůl dobře zabalit a skladovat na suchém místě. K zamezení průniku vlhka jsou používány obaly z polyethylenu. Jodizace soli je úspěšnou fortifikační metodou, která je používána po celém světě s jednoznačným prospěšným efektem. Dále je jodizován například chléb, voda, nebo mléko.

Voda, jelikož je konzumována denně, má velmi dobrý potenciál pro fortifikaci. Stabilita jódu ve vodě je ovšem daleko horší, než například u soli (pouze 24 hodin), navíc vzhledem k početnosti zdrojů vody je velmi obtížné toto opatření kontrolovat. I tak bylo toto opatření v několika zemích světa díky několika regulacím úspěšné. Je zde ovšem několik limitujících faktorů, zejména finanční hledisko, které svědčí o výhodách jodizace soli.

Nadměrným přísunem jódu do těla může vzniknout hypertyreóza. Ta může být následkem jodové profylaxe a výskyt tohoto onemocnění byl spojován právě s jodizačními programy. Komplikace se vyskytovaly zejména u starších lidí a v rané fázi suplementačního programu, jako důsledek dlouhodobého nedostatku jódu a jeho náhlým zvýšeným příjmem. Po několika letech tohoto opatření se ovšem výskyt hypertyreózy opět snížil. Rizikem je rovněž nadměrná jodizace soli, proto je v rámci prevence hladina přidávaného jódu v soli pečlivě sledována (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 117-123).

Nejvyšší přípustný denní příjem jódu děti od 1 do 3 let je stanoven na 200µg/den; pro děti od 4 do 6 let 250µg/den; pro děti od 7 do 10 let 300µg/den; pro děti od 11 do 14 let 450µg/den; pro děti od 15 do 17 let 500µg/den a pro dospělé muže a ženy 600µg/den (European Food Safety Authority, 2019).

3.3.4 Fortifikace potravin zinkem

K obohacení jsou používány sloučeniny zinku v podobě síranu, chloridu, glukonátu, oxidu a stearátu. Jsou bílé, nebo bezbarvé a jejich rozpustnost ve vodě je rozdílná. Finančně

nejméně nákladnou variantou je oxid zinečnatý, který je špatně rozpustný ve vodě, ale lépe rozpustný v žaludeční kyselině. V porovnání se síranem zinečnatým, který je ve vodě lépe rozpustný, je tak vstřebatelnost totožná. Zhoršená absorpce pak může nastat u jedinců s nízkou produkcí žaludeční kyseliny.

Stejně jako u fortifikantů železa, je i u zinku možné navýšit absorpci pomocí snížení obsahu kyseliny fytové v potravine. Zinek byl přidáván například do mouky, snídaňových cereálií a kojeneckých směsí (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 124-125).

Nejvyšší tolerovaný denní příjem zinku pro děti od 1 do 3 let je 7mg/den; pro děti od 4 do 6 let 10mg/den; pro děti od 7 do 10 let 13mg/den; pro děti od 11 do 14 let 18mg/den; pro děti od 15 do 17 let 22mg/den a pro dospělé muže i ženy 25 mg/den (European Food Safety Authority, 2019).

3.3.5 Fortifikace potravin vitaminy skupiny B

Kyselina listová, riboflavin, niacin, pyridoxin, kobalamin a thiamin se často přidávají do stejných potravin současně, protože mají podobné vlastnosti. Tyto vitaminy skupiny B jsou v rámci obohacení docela dobře stabilní, pouze thiamin je citlivý na vysoké teploty a syntetická kyselina listová je náchylná k oxidačním a redukčním reakcím. Vitaminové ztráty závisí na podmínkách zpracování a skladování potravin, zejména na úrovni vlhkosti, teplotě, přítomnosti dalších mikronutrientů v obohacovací směsi, nebo potravine a na předpokládané době spotřeby produktu. Například v případě fortifikace chleba se po veškeré přípravě i pečení v konečném produktu zachová 70-95 % niacinu a 75-95 % thiaminu a pyridoxinu. Ztráty kyseliny listové nebývají vyšší, než 20 %.

Sloučeniny vitaminů skupiny B vhodných k fortifikaci potravin

Vitamin B1 – thiamin hydrochlorid a thiamin mononitrát jsou soli bílé barvy a obě dobře odolávají kyslíku a vlhkosti, ale jsou nestabilní v zásaditých roztocích a v přítomnosti siřičitanů. Thiamin hydrochlorid je lépe rozpustný ve vodě, proto je mononitrát užívaný spíše v suchých směsích.

Vitamin B2 – ve formě riboflavinu, který má žlutou barvu, je téměř nerozpustný ve vodě a je citlivý na světlo. Při obohacení mléka touto formou jsou při vystavení světlu ztráty vysoké, ale v bílém chlebu je riboflavin stabilní. Sloučenina riboflavin-5fosfát sodná sůl má rovněž žlutou barvu a je rozpustná ve vodě.

Niacin (vitamin B3) – kyselina nikotinová a nikotinamid – obě sloučeniny jsou bílé, dobře odolávají působení kyslíku, světlu a teple. Použití možné v suchých směsích, i vodných

roztocích. Nikotinamid je dobře rozpustný ve vodě; kyselina nikotinová naopak špatně rozpustná ve vodě, ale je rozpustná v alkalických roztocích (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 126-127).

Nejvyšší tolerovaný denní příjem pro nikotinamid u dětí od 1 do 3 let je 150 mg denně, u kyseliny nikotinové jsou to 2 mg denně; u dětí od 4 do 6 let 220 mg nikotinamidu denně, nebo 3 mg kyseliny nikotinové denně; u dětí od 7 do 10 let 350 mg nikotinamidu denně, nebo 4 mg kyseliny nikotinové denně; u dětí od 11 do 14 let 500 mg nikotinamidu denně, nebo 6 mg kyseliny nikotinové; u dětí od 15 do 17 let 700 mg nikotinamidu denně, nebo 8 mg kyseliny nikotinové; pro dospělou populaci 900 mg nikotinamidu denně, nebo 10 mg kyseliny nikotinové (European Food Safety Authority, 2019).

Vitamin B6 – pyridoxin hydrochlorid je téměř bílý, nebo bílý, odolný vůči kyslíku a teple, relativně nestabilní vůči UV světlu a je k dispozici i v zapouzdřené formě (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 127).

Nejvyšší tolerovaný denní příjem vitamínu B6 u dětí od 1 do 3 let je 5 mg/den; u dětí od 4 do 6 let 7 mg/den; u dětí od 7 do 10 let 10 mg/den; u dětí od 11 do 14 let 15 mg/den; u dětí od 15 do 17 let 20 mg/den a u dospělých žen a mužů 25 mg pyridoxinu denně (European Food Safety Authority, 2019).

Kyselina listová – ve formě kyseliny pteroylmonoglutamové je špatně rozpustná ve vodě, ale rozpustná ve zředěné kyselině a zásaditém roztoku. Mírně odolná vůči teple, nestabilní na UV světlo a v roztoku s příliš vysokým, nebo příliš nízkým pH, ale stabilní v roztoku s neutrálním pH. Má žlutooranžovou barvu.

Kobalamin – sloučenina kyanokobalamin je ve vodě špatně rozpustná, ale po zředění je rozpustná velmi dobře. V neutrálním a kyselém prostředí je docela stabilní vůči kyslíku a teple, ale na silnějším světlo, v zásaditých roztocích při teplotě nad 100 stupňů, v zásaditém, nebo velmi kyselém prostředí, je nestabilní. Má tmavě červenou barvu (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 127).

Vitaminy skupiny B byly přidávány hlavně do obilovin a rýže v rozvojových i vyspělých zemích. Při mletí mouky se vytrácí až 80 % vitaminů skupiny B a fortifikace těchto produktů se prokázala jako velice efektivní a stále napomáhá k dodržení doporučeného denního příjmu těchto nutrientů. Vitaminy skupiny B je možné přidávat do různých druhů mouky přímo, jako jednotlivé nutrienty, nebo jako součást premixu (směs fortifikantů určená k obohacení, často obsahuje i vitaminy jiných skupin, nebo minerály). Dále je možné je smíchat s menším množstvím mouky před přidáním do finálního produktu. Fortifikace snídaňových cereálií může probíhat přidáním vitaminů do suché směsi před dalším zpracováním, nebo ve formě

vitaminového roztoku či suspenze rozprášením na hotový produkt. Vitaminy s potenciálem změny barvy nebo chuti jsou běžně přidávány v takovém množství, ve kterém jsou organoleptické změny potravin minimální. Případně je možné použít zapouzdřené formy těchto vitaminů.

3.3.6 Fortifikace potravin vitaminem C

Ve formě kyseliny askorbové, nebo askorbylpalmitátu je možné vitamin C přidávat do složek potravy pro jeho schopnost zlepšit vstřebávání železa a stabilitu dalších přidaných mikronutrientů. Jedná se například o nealkoholické nápoje, tuky a olejnaté složky potravy. Kvůli citlivosti kyseliny askorbové na kyslík, kov, vlhkost a vysokou teplotu je důležité, aby potravina obohacená vitaminem C byla patřičně zabalena a skladována ve vhodných podmínkách. Lepší stabilitu může zajistit zapouzdřená forma kyseliny askorbové. Právě kvůli citlivosti na vysoké teploty je vhodnější použít jako nosiče vitaminu C potravin, které nejsou určeny k tepelné úpravě. Zapouzdřená forma vitaminu C zajistí stabilitu během přepravy i skladování, ale neochrání nutrient před ztrátami vlivem tepelné úpravy. Dobré výsledky v rámci potravinových programů na doplnění tohoto nutrientu měly naopak obohacené potraviny ve formě sušeného mléka, dále práškové nápojové směsi bez tepelné úpravy, cereálie a nápoje. Možným vhodným nosičem fortifikantu vitaminu C je také cukr, kvůli jeho protektivním účinkům na kyselinu askorbovou v obohacených nealkoholických nápojích.

3.3.7 Fortifikace potravin vitaminem D

Může být přidáván ve formě ergokalciferolu (neboli vitaminu D₂), nebo cholekalciferolu (vitamin D₃). Obě formy jsou nestabilní ve vlhkém prostředí, citlivé na kyslík a reagují s minerály. Nejčastěji je používána stabilizovaná suchá forma s obsahem antioxidantu, nejčastěji v podobě tokoferolu (vitamin E), kterým je vitamin D chráněn před interakcí s minerály. Nejčastěji jsou tímto nutrientem obohacovány margaríny, mléko včetně sušených variant, a mléčné výrobky. Dobré výsledky byly shledány zejména u fortifikace mléka a margarínu (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 128-131).

Nejvyšší tolerovaná dávka vitaminu D pro kojence je 35 µg/den; pro děti od jednoho roku do 10 let 50 µg/den; pro děti od 11 let a dospělé ženy a muže je nejvyšší přípustná dávka 100 µg/den (European Food Safety Authority, 2019).

3.3.8 Fortifikace potravin vápníkem

Vzhledem k denní potřebě vápníku, která je oproti ostatním mikroživinám vyšší, je obohacení vápníkem poměrně rozšířené a existuje řada sloučenin vhodných k fortifikaci.

Vápník je možné přidat ve formě uhličitanu, síranu, chloridu, oxidu, hydroxidu, glukonátu, citrátu, citrátu – malátu, laktátu, orthofosfátu, monobazického/dibazického a tribazického fosfátu, nebo glycerolfosfátu. Většina těchto sloučenin je bez chuti a bez zápachu, bílé nebo bezbarvé barvy. U některých solí se může objevit neutrální, nevýrazná, nebo vápenatá chuť, výjimkou je hydroxid vápenatý, který má nahořklou chuť a citrátová forma, jenž má chuť kyselou. Přestože většina těchto solí nemá výrazné chuťové a pachové vlastnosti, mohou v potravině způsobit nežádoucí změny barvy, textury a stability. Jednotlivé formy mají různý obsah vápníku, a to ovlivňuje finální volbu fortifikantu. Například glukonátová forma má koncentraci vápníku jen 9 %, kdežto koncentrace v oxidu vápenatém je 71 %. Sloučeniny s nižší koncentrací je třeba přidávat ve větším množství v závislosti na cílech konkrétního fortifikačního programu. Vstřebatelnost vápníku prostřednictvím fortifikace je téměř totožná se vstřebatelností z přirozených potravinových zdrojů. Důležitým faktorem je inhibiční vliv vápníku na vstřebatelnost železa, zejména při vyšším obsahu vápníku. Zde může být řešením doplnění kyseliny askorbové, která vstřebání železa podpoří i přes obsah vápníku. Protože denní potřeba vápníku je vysoká, je často přidáván samostatně a není tedy součástí premixu. Fortifikace vápníkem je častá například u mouky, která procesem mletí vitamíny a minerály včetně vápníku ztrácí. Dále jsou obohacovány nápoje, pro které jsou vhodnější rozpustné vápenaté sloučeniny, jako je malát, citrát, nebo glukonát. K fortifikaci mléka, tvarohu a jogurtů je vhodné použít laktátovou formu, uhličitan vápenatý, nebo tribazický fosfát vápenatý. Pro zabránění sedimentace soli vápníku v mléku je nutné přidat karagenan, nebo guarovou gumu. Náhrady mléka (například sójové mléko) jsou rovněž obohacovány vápníkem, zde je vhodná forma glukonátu, nebo laktoglukonátu, kterou je žádoucí doplnit stabilizačními složkami, jako je citrát draselný, nebo hexametrafosfát sodný (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 131-132).

U vápníku je stanoven nejvyšší denní tolerovaný příjem pro dospělé ženy a muže 2500mg/den (European Food Safety Authority, 2019).

3.3.9 Fortifikace potravin selenem

Pro účely obohacení selenem jsou vhodnou formou sodné soli. Selenan sodný je stabilní, hůře rozpustný ve vodě a velmi dobře vstřebatelný. Je bezbarvý, bez chuti a může být použit do hnojiv, sportovních nápojů a kojenecké stravy. Seleničitan sodný má bílou barvu, je ve vodě dobře rozpustný a jeho absorpce je asi 50 %. Je méně stabilní než selenan sodný a může se redukovat na neabsorbovatelný elementární selen (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 133).

Nejvyšší tolerovaný denní příjem selenu je pro děti od 1 do 3 let 60 μ g/den; pro děti od 4 do 6 let 90 μ g/den; pro děti od 7 do 10 let 130 μ g/den; pro děti od 11 do 14 let 200 μ g/den; pro děti od 15 do 17 let 250 μ g/den a pro dospělé ženy i muže 300 μ g/den (European Food Safety Authority, 2019).

3.3.10 Fortifikace potravin fluorem

Obohacení fluorem je časté u zubních past, jako prevence zubního kazu. U potravin se jedná o obohacení vody, soli a mléka. V případě vody lze kyselinu hexa-fluoro-křemičitou přidávat přímo do míst dodávek vody. Do soli bylo přidáváno 225-175 miligramů fluoru na kilogram soli. Fortifikace fluorem byla cílena zejména na děti předškolního věku, kterým bylo v rámci preventivního programu podáváno 0,25 – 0,6 miligramů fluoru v mléce denně. Děti školního věku pak konzumovaly v 200 mililitrech mléka denně po dobu 5 let 1,5 miligramu fluoru. Výsledky studií zde nebyly jednotné, jelikož některé země udávaly výrazně nižší výskyt zubního kazu, kdežto jiné naopak takové výsledky nepotvrdily (Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, s. 134).

Nejvyšší tolerovaný denní příjem fluoru činí pro děti od 1 do 3 let 1,5mg/den; pro děti od 4 do 8 let 2,5 mg/den; pro děti od 9 do 14 let 5 mg/den; pro děti od 15 let a dospělou populaci 7 mg/den (European Food Safety Authority, 2019).

3.4 Legislativní opora fortifikace potravin v EU a ČR

Fortifikace potravin je právně ukotvena evropskou legislativou, která je dále implementována do právních řádů členských zemí vlastními právními předpisy. Výchozím unijním legislativním dokumentem, upravujícím problematiku fortifikace potravin je Nařízením evropského parlamentu a rady (ES) č. 1925/2006 o přidávání vitaminů a minerálních látek a některých dalších látek do potravin. Toto nařízení definuje podmínky, požadavky, omezení, kritéria, ochranná opatření, monitoring, hodnocení dopadu přidávání vitaminů a minerálů do potravin a seznam živin, které lze přidávat do potravin, včetně jejich povolených forem (Evropská unie, 2006).

Nařízením evropského parlamentu a rady (ES) č. 1925/2006 o přidávání vitaminů a minerálních látek a některých dalších látek do potravin je do českého právního řádu implementováno Vyhláškou č. 58/2018 Sb. O doplňcích stravy a složení potravin (Česká republika, 2018).

Značení obohacených produktů je pak vymezeno v Nařízením evropského parlamentu a rady (ES) č. 1924/2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin (Evropská unie, 2006).

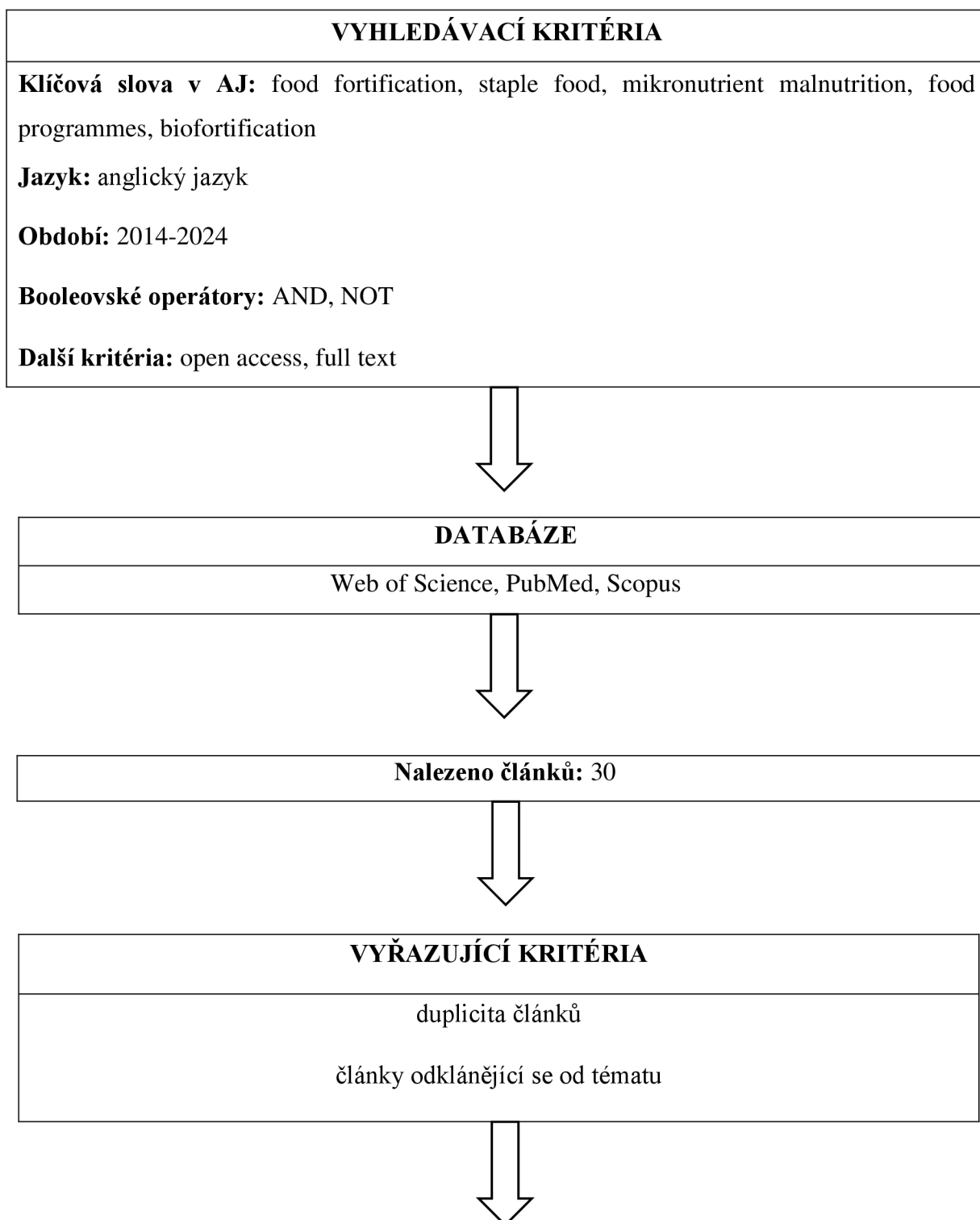
Nařízení evropského parlamentu a rady č. 1925/2006 je dále upraveno Nařízením komise č. 1170/2009, které upravuje seznamy vitaminů a minerálů, včetně jejich sloučenin, kterými je možné obohacovat potraviny (Evropská unie, 2009); Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům (Evropská unie, 2011); Nařízením Komise (EU) č. 1161/2011, které upravuje seznamy minerálních látek, které se mohou přidat do potravin (Evropská unie, 2011).

Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1924/2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin je dále upraveno v Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům (Evropská unie, 2011).

4 Rešeršní strategie

Pro dohledání validních informací byl použit standardní postup rešeršní činnosti s použitím vhodných klíčových slov a s pomocí booleovských operátorů, jehož sumarizaci uvádí obr. č. 1.

Obr. č. 1 Sumarizace údajů k popisu rešeršní činnosti

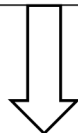


SUMARIZACE VYUŽITÝCH DATABÁZÍ A DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ

Web of Science - 5

PubMed - 4

Scopus - 1

**SUMARIZACE DOHLEDANÝCH PERIODIK A DOKUMENTŮ**

The Journal of nutrition	1
The Cochrane database of systematic reviews	2
Nutrients	3
The American journal of clinical nutrition	1
Food and nutrition bulletin	1
Foods	1
Journal of experimental botany	1

**PRO TVORBU PŘEHLEDU PUBLIKOVANÝCH POZNATKŮ BYLO POUŽITO 10 DOHLEDANÝCH ČLÁNKŮ**

4.1 Sumarizace aktuálních dohledaných poznatků v oblasti fortifikačních programů

Bourassa et al. (2023) se v jejich přehledovém článku zabývají nedostatky programů LSFF (large scale food fortification – fortifikace široké škály potravin), konkrétně nevhodně zvolenými nosiči fortifikantů, nízkým pokrytím programu, otázkou skutečné hladiny deficientních mikroživin u jednotlivců a nedostatečnou monitorací intervence. Bylo shledáno, že LSFF programy mají významný potenciál pro zlepšení problematiky malnutrice ve světě a tato intervence je využívána ve 161 zemích světa, jež mají legislativně opatřenou povinnou či dobrovolnou fortifikaci alespoň jedné potraviny. Důkazem účinnosti LSFF programů je například obohacení mouky kyselinou listovou v zemích po celém světě, což vedlo ke snížení defektů neurální trubice až o 58 %. Dále se osvědčil program na jodizaci soli, který pomohl snížit pravděpodobnost výskytu strumy o 74 %. Průzkum vyzdvihuje důležitost vstupních dat o nedostatku mikroživin, vykázanou ideálně pomocí biomarkerů, případně zdravotních výstupů a údajů o stravovacích návycích, jenže ne vždy jsou tyto údaje v zemích s nižšími a středními příjmy dostupné. Aby se předešlo nevhodné volbě nosiče fortifikantu, je využíván Fortification Assessment Coverage Toolkit, což je nástroj, který zkoumá spotřebu potenciálního potravinového nosiče, spotřebu fortifikovatelného nosiče a spotřebu fortifikovaného nosiče. Zkoumání těchto tří aspektů v několika afrických zemích ukázalo hlavní nedostatky fortifikačních programů, které spočívají v nerovnostech konzumace obohacené potraviny mezi obyvateli a nevhodnosti forem potraviny k fortifikaci. Bylo prokázáno, že geografické faktory a socioekonomický status jsou důležitými aspekty, které je třeba při aplikaci fortifikačního programu brát v potaz. Populace s vysokým rizikem chudoby a obyvatelé venkovských oblastí jsou často skupinami, které trpí mikronutrientovou malnutricí nejvíce. Nicméně jsou to právě tyto populační skupiny, které k obohaceným potravinám nemají přístup z finančních důvodů, či kvůli produkci vlastních potravin a nízké konzumaci obohacených průmyslově zpracovaných produktů. Je proto nutné při intervenci postupovat tak, aby pokrytí programu bylo spravedlivé a byly tak zasaženy všechny cílové skupiny. Studie dále upozorňuje na překrývající se intervenční programy fortifikace a suplementace mikronutrientů, což kvůli nedostatečné koordinaci těchto různých programů může vést k nadměrným příjmům daných nutrientů. Příkladem je konzumace potravin přirozeně bohatých na vitamin A, společně s překrývajícími se suplementačními a fortifikačními programy vitaminem A v Zambii, Malawi a Jižní Africe u dětské populace, což vedlo k riziku vzniku hypervitaminózy.

Neufeld et. al (2017) ve své studii rovněž zmiňují nedostatky v implementaci fortifikačních programů, jako je nevhodná volba nosiče, nepropracovanost programu v otázkách spravedlivého dopadu na cílovou populaci, nedostatečnost kontrol a koordinace s ostatními opatřeními. Studie upozorňuje na důležitost propracování programu před implementací, což by mělo zahrnovat zajištění dostatku informací o cílové skupině, zvážení socioekonomických a geografických podmínek, dále stravovací návyky, individuální charakteristiky a zajištění dostupnosti potencionálního nosiče fortifikantu pro cílovou populaci, aby program přinesl benefit zejména nejvíce ohroženým skupinám. Nedílnou součástí by měla být následná analýza ukazatelů hladiny mikronutrientů v populaci pro kontrolu efektivity programu. Jako možný příklad pochybení fortifikačního programu je ve studii uveden průzkum domácí spotřeby pšeničné mouky ve státě Guateng v Jižní Africe, jehož výsledek byl pouhých 4,3 %. Potravina s tak malou spotřebou na domácí úrovni se pro intervenční program jeví jako nevhodná, nicméně je třeba brát zřetel na množství potravin, které je z takto obohacené pšeničné mouky průmyslově zpracováno a prodáváno například v podobě pečiva. V takových případech může dojít k podhodnocení a zkreslení výstupů průzkumu. Za velmi důležitou část je označeno monitorování výsledků programu během implementace a neustálý sběr informací a kontrola úspěšnosti programu u cílové skupiny. Studie rovněž uvádí, že je třeba vzít v úvahu příjem mikronutrientů z přirozených zdrojů a jiných intervenčních programů (například suplementace nebo biofortifikace). Právě kvůli nedostatečné koordinaci podobně cílených intervenčních programů na snížení prevalence deficience vitamínu A v 60. letech v Guatemale byla sice velmi efektivně potlačena deficience tohoto vitamínu, nicméně byly naměřeny vysoké dávky retinolu v játrech, což by mohlo vést k hypervitaminóze.

Keats et al. (2019) se v přehledové studii věnují efektu LSFF základních potravin železem, jódem, kyselinou listovou a vitamínem A na zdravotní a nutriční výstupy v zemích s nízkými příjmy. Bylo zjištěno, že fortifikační program vitamínu A cílený na děti do 9 let a na ženy reprodukčního věku v Indonésii, Jižní Africe, Guatemale a Nikaragui, vedl ke zvýšení hladiny retinolu v séru u všech zkoumaných skupin. Program trval 12-24 měsíců a nosičem fortifikantu byl cukr, kukuřičná mouka a olej. Program jodizace soli v afrických a asijských zemích, který trval 10 měsíců až 14 let, přinesl významné snížení prevalence nedostatku jódu a strumy u zkoumané populace, kterou tvořily děti školního věku a dospívající. Obohacení kukuřičné a pšeničné mouky, rýže, sójové omáčky, rybí omáčky a mléka železem v zemích Asie a Jižní Ameriky u dětí do 18 let, žen produktivního věku a těhotných žen, které trvalo 18 měsíců až 16 let, přineslo významné zvýšení koncentrace hemoglobinu a pokles prevalence anémie u sledované populace. Nejvýznamnější efekt byl zpozorován u žen

produktivního věku a dětí školního věku. Snížení prevalence anémie bylo významnější u negravidních žen v porovnání s těhotnými ženami. Úspěšným programem byla rovněž fortifikace pšeničné a kukuřičné mouky kyselinou listovou ve Střední a Jižní Americe u kojenců a žen reprodukčního věku. Intervence trvaly 12 měsíců až 11 let a prokazatelně snížily prevalenci defektů neurální trubice a prevalenci nedostatku folátu. Studie nicméně upozorňuje na problematiku přípustných koncentrací mikronutrientů v legislativních dokumentech upravujících fortifikaci potravin, jež je vhodné sladit s doporučeními Světové zdravotnické organizace. V rámci průzkumů byl prokázán obsah mikronutrientů v obohacených potravinách, který byl nižší než doporučená hladina a celý program tak nepřinesl požadovaný efekt. Příkladem je neúspěšný program obohacení folátem v Peru pro prevenci defektů neurální trubice, jehož příčinou byla právě nízká hladina nutrientu v nosiči. Dalším zjištěným nedostatkem byla nevyvážená distribuce obohacených potravin a volba nevhodného nosiče, což vedlo ke znevýhodnění rizikových skupin populace, u kterých je kvůli geografickým a socioekonomickým faktorům prevalence deficiencí vyšší a ze stejných důvodů jsou pro ně obohacené produkty méně dostupné. Pro snížení rizika nadměrného příjmu Keats et al. ve své studii upozorňují na důležitost monitorování a koordinace všech intervenčních programů a možných příjmů živin. V neposlední řadě bylo zmíněno, že různé formy fortifikantů mají různou biodostupnost a hladinu živiny, což je třeba zvážit při volbě množství a nosiče.

Autor Siwela et al. (2020) ve studii, zabývající se biofortifikací plodin, upozorňují na nedostupnost obohacených potravin v rámci fortifikačních programů pro obyvatele venkovských oblastí a navrhuje doplnit tyto programy dalšími strategiemi, jako je právě biofortifikace.

Blancaert et al. (2014) se ve studii rovněž věnují biofortifikaci plodin, konkrétně biofortifikaci kyseliny listové, jakožto prevence defektů neurální trubice. Uvádí, že fortifikace potravin folátem byla úspěšná v Kanadě a Spojených státech, ale v chudých a venkovských oblastech tyto programy úspěšné nebyly, anebo chybí. Podotýká, že obohacování potravin vyžaduje specifickou infrastrukturu, což komplikuje implementaci potravinových programů v oblastech venkova a nižšího ekonomického statusu. Autoři dále upozorňují na narůstající obavy týkající se nežádoucích účinků kyseliny listové při nadměrném příjmu z nepřírodních zdrojů a na zvažování úskalí plošné fortifikace folátem, při níž dochází k riziku vystavení široké populace nadměrnému příjmu. Dostatečný příjem kyseliny listové je důležitý zejména v prvním měsíci těhotenství a suplementace folátu v rámci prevence defektů neurální trubice by tak měla být cílená spíše na tuto úzkou skupinu populace.

Peña-Rosas et al. (2019) se v analýze sedmnácti studií provedených v různém počtu v Indii, Thajsku, Filipínách, Brazílii, Bangladéši, Burundi, Kambodži, Indonésii, Mexiku a USA zabývají fortifikací rýže železem samotným a železem s přidaným zinkem, kyselinou listovou a vitamínem A. Studie byly provedeny u dětí předškolního a školního věku a u nekojících a netěhotných žen a trvaly 2 týdny až 48 měsíců. Účastníků studií bylo celkem 10 483. Bylo zjištěno, že konzumace fortifikované rýže železem, případně železem a dalšími mikronutrienty, může zvýšit hladinu hemoglobinu, snížit riziko deficiencie železa, nicméně pravděpodobnost anémie byla v porovnání s účastníky neobohacené rýže stejná. U účastníků konzumujících obohacenou rýži bylo upozorováno mírné zvýšení koncentrace retinolu a folátu v séru. Významnější zvýšení průměrného hemoglobinu a snížení rizika nedostatku železa bylo zjištěno u skupiny konzumující rýži obohacenou pouze železem, bez přidaných dalších nutrientů.

Darnton-Hill a Mkparu (2015) se ve svém přehledu o mikronutrientech během těhotenství v zemích s nízkými a středními příjmy věnují důležitosti vybraných vitaminů a minerálů u žen reprodukčního věku a těhotných žen. Zmiňuje potíže související s nedostatky těchto mikroživin a možnostmi řešení těchto deficiencí. Jako výhodu obohacování potravin autor uvedl fakt, že nutrienty se prostřednictvím fortifikovaných potravin mohou dostat ještě před otěhotněním a mít tak větší efekt ve srovnání s cílenou suplementací nutrientů po otěhotnění. Fortifikace potravin tak byla označena za velmi efektivní způsob dodání chybějících živin u žen produktivního věku a těhotných žen.

Studie Leyvraze et al. (2018) reagovala na nedostatečný příjem potravin bohatých na mikronutrienty u dětí ve věku 6–23 měsíců ve vybraných čtvrtích Nairobi. Průzkum se zabýval využitím mikroživinových prášků a fortifikovaných potravin, jakožto řešením této problematiky. Bylo prokázáno, že olej obohacený vitamínem A poskytl 23,9 % referenčního příjmu, kukuřičná mouka obohacená o železo pokryla studované populaci 50,7 % doporučeného příjmu. Výsledné pokrytí denní potřeby jódu pomocí jodizované soli nebylo uvedeno, nicméně 96 % dotázaných respondentů v rámci výzkumu ve vybraných čtvrtích potvrdilo používání jodizované soli namísto neobohacené soli při vaření.

Přehledový článek autorů Das et al. (2020) je zaměřený na vliv fortifikace potravin více živinami v zemích s nižším středním příjmem, vyšším středním příjmem a v zemích s vysokými příjmy. Zkoumanou populaci tvořily převážně děti předškolního a školního věku, dospívající, dále těhotné ženy a dospělí jedinci. (celkem 19 585 účastníků) Jako nosiče fortifikantů byly využity základní potraviny, jako například rýže, mouka, mléko a mléčné výrobky, nemléčné nápoje, sušenky, pomazánky a sůl. K porovnání sloužily studie skupiny

bez intervence fortifikovanými potravinami, nebo s podávaným placebem. Bylo zjištěno, že fortifikace potravin více nutrienty může snížit riziko anémie o 32 %, snížit riziko anémie z nedostatku železa o 72 %, snížit deficienci železa o 56 %, snížit nedostatek vitamínu A o 58 %, vitamínu B2 o 64 %, vitamínu B6 o 91 % a nedostatek vitamínu B12 o 58 %. Dále je možný pozitivní vliv na sérový hemoglobin, folát, feritin, a vitamín A a B12. Efekt na hladinu sérového zinku, sérového vitamínu B1 a B6 byl nejasný a nelze ho dostatečně specifikovat. Jako možnou příčinu neprůkaznosti autor uvedl nedostačující počet účastníků, vysokou heterogenitu a možnou chybovost průzkumu. Neprůkazné byly rovněž výsledky hladin sérového vitamínu A, D, E a sérového vápníku u dětí.

Studie autora Kuong et al. (2019) zkoumá na vliv rýže obohacené o více mikroživin na hladinu zinku a folátu v séru u dětí školního věku v Kambodži. Jednalo se o dvojnásobně zaslepenou, randomizovanou studii ve spolupráci se Světovým potravinovým programem, který fortifikovanou rýži distribuoval do šestnácti náhodně rozdělených škol v kambodžské provincii. Školy byly rozděleny do 4 skupin, přičemž jedna skupina dostávala obohacenou rýži značky UltraRice Original, druhá UltraRice New, třetí NutriRice a poslední skupině bylo podáváno placebo ve formě neobohacené rýže. Průzkumu se zúčastnilo celkem 1950 dětí od 6 do 16 let. Měření probíhalo formou odběru krve před intervencí, po třech měsících programu a po šesti měsících, tedy na konci intervence. Jednotlivé značky rýže byly vyráběny odlišnými způsoby a obsahovaly kromě zinku a folátu i další živiny v různých koncentracích. Rýže dodávaná programem byla ve školách připravována dle pokynů programu a rovněž byla zaznamenávána školní docházka pro kontrolu možných nedostatků studie.

Výsledkem studie bylo významné zvýšení sérové koncentrace zinku, snížení rizika deficience zinku ve skupinách, jež dostávaly fortifikovanou rýži. U skupiny, která dostávala NutriRice, byl měřen sérový folát, jehož koncentrace v porovnání se skupinou dostávající placebo byla vyšší. Byly uváženy rovněž změny stravování dětí mimo fortifikační opatření, které se pojí s jednotlivými obdobími, což zapříčinilo zlepšení výsledků při měření po třetím měsíci opatření u skupiny dostávající neobohacenou rýži. Studie dále upozorňuje na důležitost volby vhodného nosiče, jelikož potravina s vysokým obsahem fytátů může inhibovat vstřebatelnost zinku a ovlivnit výsledek intervence.

4.2 Diskuze

Cílem této diskuze je zhodnocení efektivity a přínosu fortifikace potravin jako řešení malnutrice způsobené nedostatkem mikronutrientů na základě získaných poznatků z dohledaných studií.

Jako úspěšné fortifikační programy lze označit intervence popsané v průzkumech autorů Kuong et al. a Keats et al., které obsahovaly podrobnější informace a ucelenější závěry a výstupy provedených intervencí. Za velmi propracovanou studii lze označit průzkum autorů právě Kuong et al., ve kterém byla metodika programu a monitoring popsány velmi detailně, včetně možných vlivů na konečný výstup studie. Vhodně zvolený nosič fortifikantu, úzká cílová skupina, zahrnutí kontrolní skupiny, analýza stravování mimo intervenční program a dobrý monitoring celého programu jsou pravděpodobně důvody úspěchu tohoto průzkumu. Keats et al. uvedli příklady úspěšných programů obohacení retinolem, kyselinou listovou a železem, přičemž v případě obohacení železem vyzdvihli výsledek nižšího rizika anémie u netěhotných žen v porovnání s těhotnými, což lze přisoudit vyšším nárokům gravidních žen na příjem železa. Účinkem fortifikace železem se zabývali také autoři Peña – Rosas et al., kteří uvedli, že skupina, která přijímala během intervence potraviny obohacené pouze železem, měla výstupní výsledky lepší než skupina, která přijímala potraviny obohacené železem a dalšími nutrienty současně, z čehož lze vyvodit možné nežádoucí interakce mezi nutrienty ve vícenásobně obohacené potravine, která může vést k inhibici vstřebatelnosti železa.

Obohacením potraviny několika nutrienty současně se ve svém článku zabývali také Das et al., jenž zkoumali výsledky několika studií s vysokou heterogenitou účastníků. Autoři uvedli možný přínos vícenásobného obohacení ke snížení prevalence anémie, nedostatku železa, některých vitaminů B a vitamínu A. Výstupy hladin nutrientů byly v některých studiích rozdílné a nelze tak jasně prokázat skutečný jednoznačný přínos provedených intervencí. Samotní autoři článku tyto nejasnosti přikládají širokému rozmezí zkoumaných populačních skupin, nízkému počtu jedinců a nepřesnostem studií.

Leyvraz et al. popsali míru pokrytí denní potřeby mikronutrientů pomocí mikroživinových prášků a fortifikovaných potravin. Přínos byl prokázán významnou mírou pokrytí denní potřeby jódu, železa a vitamínu A u deficientních kojenců.

Bourassa et al. ve svém článku zmínili dlouhodobě prokázaný přínos jodizace soli ve světě v rámci prevence nedostatku jódu a s tím se pojícího onemocnění štítné žlázy, což ve svém článku zmínili rovněž Keats et al. Autoři dále upozornili na možné nedostatky fortifikačních programů, které mohou negativně ovlivnit efekt těchto intervencí. Jedná se zejména o nedostatečný průzkum stravovacích návyků, socioekonomických a geografických podmínek cílové populace, volbu vhodného nosiče fortifikantu, dostupnost obohacených potravin cílové populaci a špatnou koordinaci s podobně cílenými intervencemi. Současně probíhající programy zaměřené na doplnění mikroživin mohou, při nedostatečné

kontrole přijímaných hladin nutrientu, vést k nadměrným příjmům. Těmito nedostatky se zabývali také Neufeld et al. a Siwela et al., jenž rovněž upozorňují na nerovnoměrnou dostupnost obohacených produktů, zejména pro venkovské a chudší oblasti, ze stejných důvodů, jaké uvedli Bourassa et al. a nevhodnou volbu nosiče, která je často zapříčiněna nedostatečnou analýzou stravovacích návyků cílené populace. Neufeld et al. a Keats et al. se zabývali stejným problémem jako Bourassa et al. při nedostatečné koordinaci jednotlivých intervenčních programů, jako jsou například stravovací doporučení aplikované na konkrétní oblast, fortifikační program, biofortifikace a suplementace stejného nutrientu. Překrytí takových programů například při řešení nedostatku vitamínu A prokazatelně vedlo hypervitaminóze A. Riziko nadměrného příjmu zmiňují ve svém článku také Blancquaert et al., kteří v rámci implementace biofortifikace plodin zvažili přínos fortifikačních programů, včetně jejich nedostatků. Jako možné riziko uvedli plošnou preventivní fortifikaci kyselinou listovou, která je potřebná ve specifických stádiích životního vývoje jedince, tudíž by bylo vhodnější obohacení fytátem cílit na konkrétní jedince se zvýšenou potřebou tohoto nutrientu, jako jsou těhotné ženy. Plošné obohacení by mohlo vést k nadměrnému příjmu fytátu a souvisejícím komplikacím. Darnton – Hill a Mkparu naopak označili preventivní fortifikaci potravin fytátem za efektivní, jelikož kyselina listová je potřebná zejména v počáteční fázi těhotenství a vlivem preventivního obohacení by se tak zajistil dostatečný přísun fytátu již před otěhotněním. Na základě těchto poznatků se jeví jako vhodné řešení cílit program fortifikace kyselinou listovou zejména na těhotné ženy a ženy reprodukčního věku.

Závěr

Cílem práce bylo sumarizovat aktuální dohledané poznatky o fortifikaci potravin, jako metodě doplnění vitaminů a minerálů do potravin pro navýšení příjmu jednotlivých mikroživin v populaci. Konkrétní přínos fortifikace potravin v oblasti nedostatků mikroživin byl shrnut prostřednictvím rešeršní a diskuzní činnosti, na základě dohledaných studií a článků.

Vzhledem k výstupům přehledových článků a studií si myslím, že fortifikaci potravin lze označit za efektivní nástroj pro řešení mikronutrientové malnutrice, i pro prevenci deficiencí vitaminů a minerálů. Na základě dohledaných poznatků sledávám velmi důležitým faktorem vhodnou volbu nosiče fortifikantu tak, aby nedocházelo k ovlivňování vstřebatelnosti nutrientu a zároveň byl cílenou populací běžně konzumován v dostatečném množství. Před implementací fortifikačního programu by měl být zváženo možný příjem nutrientu z dalších zdrojů, aby nedocházelo k překrývání podobných programů a zabránilo se tak riziku nadměrného příjmu. Z výstupů lze dále vyvodit, že přestože se osvědčila plošná jodizace soli, tak fortifikační programy některých nutrientů cílené na úzce specifikovanou skupinu populace by mohly mít pro tyto jedince větší přínos než hromadné obohacení. Je důležité programy cílit zejména na jedince, kteří jsou v riziku nedostatku mikroživin a aplikovat intervenci tak, aby program přinesl efekt i socioekonomicky, geograficky, či jinak znevýhodněným jedincům. Za nedílnou součást úspěšného fortifikačního programu považuji kontrolu a dostatečný monitoring pro možnost interpretace výsledků intervence a případnou nápravu nedostatku programu.

REFERENČNÍ SEZNAM

- 1) BEZPEČNOST POTRAVIN, 2003. Projednávání evropské legislativy o fortifikovaných potravinách. *Bezpečnost potravin* [online]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/projednávání-evropske-legislativy-o-fortifikovaných-potravinach/> [cit. 2024-04-22].
- 2) BLANCQUAERT, Dieter; DE STEUR, Hans; GELLYNCK, Xavier a VAN DER STRAETEN, Dominique, 2014. Present and future of folate biofortification of crop plants. Online. *Journal of Experimental Botany*. 2014-3-01, roč. 65, č. 4, s. 895-906. ISSN 1460-2431. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/jxb/ert483>. [cit. 2024-04-30].
- 3) BOURASSA, Megan W.; ATKIN, Reed; GORSTEIN, Jonathan a OSENDARP, Saskia, 2023. Aligning the Epidemiology of Malnutrition with Food Fortification: Grasp Versus Reach. Online. *Nutrients*. Roč. 15, č. 9. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu15092021>. [cit. 2024-04-30].
- 4) ČESKÁ REPUBLIKA, 2018. *Vyhláška o doplňcích stravy a složení potravin*. In: . Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, ročník 2018, částka 29, číslo 58. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=NIM:289223>
- 5) DARNTON-HILL, Ian a MKPARU, Uzonna, 2015. Micronutrients in Pregnancy in Low- and Middle-Income Countries. Online. *Nutrients*. Roč. 7, č. 3, s. 1744-1768. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu7031744>. [cit. 2024-04-30].,
- 6) DAS, Jai K; SALAM, Rehana A; MAHMOOD, Salman Bin; MOIN, Anoosh; KUMAR, Rohail et al., 2020. Food fortification with multiple micronutrients: impact on health outcomes in general population. Online. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Roč. 2020, č. 2. ISSN 14651858. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011400.pub2>. [cit. 2024-04-30].
- 7) EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2019. *DRV Finder*. Online. Dietary Reference Values for the EU. Dostupné z: <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm>. [cit. 2024-04-21].
- 8) EVROPSKÁ UNIE, 2006. *Nariadení Evropského parlamentu a Rady (ES) o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin*. In: . Brusel: Úřední věstník Evropské unie, ročník 2006, číslo 1924. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=celex%3A32006R1924>
- 9) EVROPSKÁ UNIE, 2006. *Nariadení Evropského parlamentu a Rady (ES) o přidávání vitamínů a minerálních látek a některých dalších látek do potravin*. In: . Úřední věstník

- Evropské unie, ročník 2006, číslo 1925. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1925>
- 10) EVROPSKÁ UNIE, 2009. *Nařízení Komise (ES), kterým se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/46/ES a nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1925/2006, pokud jde o seznamy vitaminů a minerálních látek a jejich forem, které lze přidávat do potravin, včetně doplňků stravy*. In: . Úřední věstník Evropské unie, ročník 2009, číslo 1170. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=celex:32009R1170>
- 11) EVROPSKÁ UNIE, 2011. *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnice Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004 Text s významem pro EHP*. In: . Úřední věstník Evropské unie, ročník 2011, číslo 1169. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32011R1169>
- 12) EVROPSKÁ UNIE, 2011. *Nařízení Komise (EU), kterým se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/46/ES, nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1925/2006 a nařízení Komise (ES) č. 953/2009, pokud jde o seznamy minerálních látek, které lze přidávat do potravin Text s významem pro EHP*. In: . Úřední věstník Evropské unie, ročník 2011, číslo 1161. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32011R1161>
- 13) FLETCHER, Reginald J.; BELL, Ian P. a LAMBERT, Janet P., 2007. Public health aspects of food fortification: a question of balance. Online. *Proceedings of The Nutrition Society*. Roč. 2004, č. 63, s. 605-614. Dostupné z: <https://doi.org/DOI:10.1079/PNS2004391>. [cit. 2024-04-23].
- 14) FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. THE STATE OF FOOD SECURITY AND NUTRITION IN THE WORLD 2023. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *THE STATE OF FOOD SECURITY AND NUTRITION IN THE WORLD 2023: THE STATE OF NUTRITION: PROGRESS TOWARDS GLOBAL NUTRITION TARGETS* [online]. 2023 Dostupné z: <https://www.fao.org/3/cc3017en/online/state-food-security-and-nutrition-2023/global-nutrition-targets-trends.html> [cit. 2024-04-20].

- 15) *Food fortification: An effective and safe way to fight micronutrient malnutrition and its consequences*, 2022. Online. World Food Programme. Dostupné z: https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000139908/download/?_ga=2.57629410.991671048.1713638070-710573822.1713638070&_gac=1.251341556.1713639473.CjwKCAjwz42xBhB9EiwA48pT78ht5yBv2Ic-ix2jIBUw4NKeqiEB4gqmDStpht7qS6DmzABG-dYB_4BoC1pMQAvD_BwE. [cit. 2024-04-21].
- 16) Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006. Online. In: *Guidelines on food fortification with micronutrients*. France: World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, s. 6. ISBN ISBN 92 4 159401 2. Dostupné z: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43412/9241594012_eng.pdf?sequence=1. [cit. 2024-04-21].
- 17) HLÚBIK, Pavel, 2001. VITAMINY – DŮLEŽITÝ FAKTOR OVLIVŇUJÍCÍ ZDRAVÍ – 2. ČÁST – METABOLIZMUS HYDROSOLUBILNÍCH VITAMINŮ. Online. *Interní medicína pro praxi*. Roč. 2001, č. 12, s. 564-565. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/int/2001/12/06.pdf>. [cit. 2024-04-21].
- 18) JELÍNKOVÁ, Kristýna, 2022. *Zdraví*. Online. Institut funkční medicíny a výživy. Dostupné z: <https://ifmv.cz/co-je-to-skryty-hlad-a-jak-se-projevuje/>. [cit. 2024-04-22].
- 19) KEATS, Emily C; NEUFELD, Lynnette M; GARRETT, Greg S; MBUYA, Mduduzi N a BHUTTA, Zulfiqar A, 2019. Improved micronutrient status and health outcomes in low- and middle-income countries following large-scale fortification: evidence from a systematic review and meta-analysis. Online. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Roč. 109, č. 6, s. 1696-1708. ISSN 00029165. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz023>. [cit. 2024-04-30].
- 20) KUONG, Khov; TOR, Pety; PERIGNON, Marlene; FIORENTINO, Marion; CHAMNAN, Chhoun et al., 2019. Multi-Micronutrient Fortified Rice Improved Serum Zinc and Folate Concentrations of Cambodian School Children. A Double-Blinded Cluster-Randomized Controlled Trial. Online. *Nutrients*. Roč. 11, č. 12. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu11122843>. [cit. 2024-04-30].
- 21) LEYVRAZ, Magali; DAVID-KIGARU, Dorcus M.; MACHARIA-MUTIE, Catherine; AARON, Grant J.; ROEFS, Marlene et al., 2018. Coverage and Consumption of Micronutrient Powders, Fortified Staples, and Iodized Salt Among Children Aged 6 to 23

- Months in Selected Neighborhoods of Nairobi County, Kenya. Online. *Food and Nutrition Bulletin*. Roč. 39, č. 1, s. 107-115. ISSN 0379-5721. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0379572117737678>. [cit. 2024-04-30].
- 22) NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ PORTÁL. *Vitaminy*. Online. Národní zdravotnický informační portál. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/kategorie/169-vitaminy>. [cit. 2024-04-21].
- 23) NEUFELD, Lynnette M; BAKER, Shawn; GARRETT, Greg S a HADDAD, Lawrence, 2017. Coverage and Utilization in Food Fortification Programs: Critical and Neglected Areas of Evaluation. Online. *The Journal of Nutrition*. Roč. 147, č. 5, s. 1015S-1019S. ISSN 00223166. Dostupné z: <https://doi.org/10.3945/jn.116.246157>. [cit. 2024-04-30].
- 24) PEÑA-ROSAS, Juan Pablo; MITHRA, Prasanna; UNNIKRISHNAN, Bhaskaran; KUMAR, Nithin; DE-REGIL, Luz Maria et al., 2019. Fortification of rice with vitamins and minerals for addressing micronutrient malnutrition. Online. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Roč. 2019, č. 10. ISSN 14651858. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009902.pub2>. [cit. 2024-04-30].
- 25) SIWELA, Muthulisi; PILLAY, Kirthee; GOVENDER, Laurencia; LOTTERING, Shenelle; MUDAU, Fhatuwani N. et al., 2020. Biofortified Crops for Combating Hidden Hunger in South Africa: Availability, Acceptability, Micronutrient Retention and Bioavailability. Online. *Foods*. Roč. 9, č. 6. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9060815>. [cit. 2024-04-30].
- 26) WORLD FOOD PROGRAMME, © 2024. Food fortification. *World Food Programme* [online]. Dostupné z: <https://www.wfp.org/food-fortification> [cit. 2024-04-22].
- 27) WORLD FOOD PROGRAMME, 2005. *Food and nutrition handbook*. Online. World Food Programme. Dostupné z: https://www.unscn.org/web/archives_resources/files/Food_and_nutrition_handbook.pdf. [cit. 2024-04-21].
- 28) WORLD HEALTH ORGANIZATION, © 2024. Biofortification of staple crops. *Biofortification of staple crops* [online]. 9.8. 2023 Dostupné z: <https://www.who.int/tools/elena/interventions/biofortification> [cit. 2024-04-22].
- 29) WORLD HEALTH ORGANIZATION, © 2024. *Food fortification*. Online. World Health Organization. Dostupné z: https://www.who.int/health-topics/food-fortification#tab=tab_1. [cit. 2024-04-21].

- 30) WORLD HEALTH ORGANIZATION, © 2024. *Micronutrients*. Online. World Health Organization. Dostupné z: https://www.who.int/health-topics/micronutrients#tab=tab_1. [cit. 2024-04-23].
- 31) WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2024. *Obesity and overweight*. Online. World Health Organization. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. [cit. 2024-04-23].
- 32) WORLD HEALTH ORGANIZATION. Malnutrition. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Malnutrition* [online]. 2024 [cit. 2024-04-20]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>

SEZNAM ZKRATEK

WHO	Světová zdravotnická organizace
LSFF	Large scale food fortification – fortifikace široké škály potravin
EU	Evropská unie
UV	Ultrafialové