

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Iontové nápoje – charakterizace a vliv na lidské zdraví  
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Andrea Baxantová**  
Osobní číslo: **C21083**  
Studijní program: **B0531A130024 Hodnocení a analýza potravin**  
Téma práce: **Iontové nápoje – charakterizace a vliv na lidské zdraví**  
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

## Zásady pro vypracování

1. Provedte literární rešerši zaměřenou na iontové nápoje, jejich charakterizaci a vliv na lidské zdraví.
2. Uveďte základní druhy iontových nápojů a specifikujte oblasti, kde se s těmito nápoji lze běžně setkat.
3. Diskutujte zdravotní aspekty související s iontovými nápoji, a to jak benefity, tak především i možná zdravotní rizika spojená s nevhodnou konzumací iontových nápojů.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:  
Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.**  
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2024**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2024**

LS.

---

**prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. Ing. Petr Česla, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2024

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 15. 6. 2024

Andrea Baxantová v. r.

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat doc. Ing Martinu Adamovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na iontové nápoje. V první části se zabývá jejich kategorizací a popisem hlavních složek. Popisuje klíčové složky, které přispívají k jejich účinnosti. Ve druhé části poskytuje informace o regulaci homeostázy a tělesných tekutin ve vztahu k iontovým nápojům, stejně jako výhody a nevýhody těchto nápojů pro lidské zdraví. Na závěr se práce zabývá marketingovými strategiemi výrobců a jejich vlivem na spotřebitelské chování.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Iontové nápoje, voda, elektrolyty, hydratace, lidské zdraví

## **TITLE**

Ionic drinks – Characterization and Impact on Human Health

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis focusses on ionic drinks. The first part deals with their categorisation and description of the main components. It describes the key ingredients that contribute to their effectiveness. In the second part, the thesis provides information on homeostasis and body fluids in relation to ionic drinks, as well as the advantages and disadvantages of these drinks for human health. In the end, the thesis deals with the marketing strategies of manufacturers and their influence on consumers behaviour.

## **KEYWORDS**

Ionic drinks, water, electrolytes, hydratation, human health

# Obsah

Seznam obrázků .....	10
Seznam zkratk a značek .....	11
Úvod.....	12
1 Definice iontových nápojů.....	13
1.1 Historie iontových nápojů.....	13
1.2 Rozdělení iontových nápojů .....	14
1.2.1 Hypotonické nápoje .....	14
1.2.2 Izotonické nápoje .....	14
1.2.3 Hypertonické nápoje .....	14
1.2.4 Nízkoenergetické iontové nápoje.....	15
1.2.5 Sportovní nápoje .....	15
1.2.6 Vytrvalostní sportovní nápoje .....	15
2 Složení iontových nápojů.....	16
2.1 Voda .....	16
2.1.1 Voda jako rozpouštědlo .....	16
2.1.2 Pitná voda .....	17
2.1.3 Příjem a výdej vody .....	18
2.1.3.1 Příjem vody .....	18
2.1.3.2 Výdej vody.....	18
2.2 Elektrolyty .....	19
2.2.1 Stanovení elektrolytů .....	20
2.2.2 Sodík .....	20
2.2.3 Draslík.....	21
2.2.4 Vápník.....	22
2.2.5 Hořčík .....	23
2.2.6 Chlor .....	24
2.3 Sacharidy .....	24
2.3.1 Rozdělení sacharidů.....	25
2.3.1.1 Glukóza .....	25
2.3.1.2 Fruktóza .....	27
2.3.1.3 Sacharóza .....	27
2.3.1.4 Maltodextrin.....	28
2.3.1.5 Izomaltulóza.....	28

2.3.2	Doporučený denní příjem sacharidů .....	29
2.3.3	Stanovení sacharidů .....	29
2.4	Přidatné látky .....	30
2.4.1	Umělá sladidla .....	30
2.4.1.1	Acesulfam K .....	31
2.4.1.2	Aspartam .....	32
2.4.1.3	Sukralóza .....	32
2.4.2	Vitamíny.....	33
2.4.2.1	Vitamín A .....	34
2.4.2.2	Vitamín E .....	35
2.4.2.3	Vitamín C .....	35
2.4.2.4	Vitamín B <sub>1</sub> .....	36
2.4.2.5	Vitamín B <sub>2</sub> .....	37
2.4.2.6	Vitamín B <sub>3</sub> .....	38
2.4.2.7	Vitamín B <sub>5</sub> .....	38
2.4.2.8	Vitamín B <sub>6</sub> .....	39
2.4.2.9	Vitamín B <sub>7</sub> .....	40
2.4.2.10	Vitamín B <sub>9</sub> .....	40
2.4.2.11	Vitamín B <sub>12</sub> .....	41
2.4.3	Aminokyseliny a jejich deriváty .....	42
2.4.3.1	Taurin .....	42
2.4.3.2	L-karnitin .....	43
2.4.3.3	β-alanin .....	43
2.4.3.4	Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem .....	44
2.4.4	Kokosová voda .....	44
2.4.5	Barviva.....	44
2.4.6	Aromata.....	45
2.4.7	Konzervanty .....	45
2.4.8	Stabilizátory .....	45
2.4.9	Regulátory kyselosti a protispěkové látky .....	46
3	Homeostáza.....	47
4	Tělní tekutiny .....	48
4.1	Rozdělení tělních tekutin .....	48
4.1.1	Extracelulární tekutina .....	48
4.1.2	Intracelulární tekutina .....	49



4.2	Transport látek .....	49
4.3	Osmóza .....	50
4.3.1	Osmolalita, osmolarita .....	50
4.3.2	Tonicita .....	50
4.3.3	Bilance vody .....	51
5	Negativní vliv iontových nápojů na zdraví .....	52
5.1	Nadváha a obezita .....	52
5.2	Diabetes 2. typu .....	52
5.3	Kardiovaskulární onemocnění .....	53
5.3.1	Hypertenze .....	53
5.3.2	Arytmie .....	53
5.4	Dentální zdraví .....	54
5.4.1	Zubní kaz .....	54
5.4.2	Zubní eroze .....	54
5.5	Hyperaktivita .....	55
5.6	Hyponatrémie .....	55
5.7	Dehydratace .....	55
5.7.1	Hypertonická dehydratace .....	56
5.7.2	Hypotonická dehydratace .....	56
5.7.3	Izotonická dehydratace .....	56
6	Výhody pro spotřebitele a benefity užívání iontových nápojů .....	57
7	Marketing a konzumace iontových nápojů mezi adolescenty .....	58
	Závěr .....	60
	Použitá literatura .....	61

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vzorec vody .....	16
Obrázek 2 – Glukóza .....	26
Obrázek 3 – Fruktóza.....	27
Obrázek 4 – Sacharóza .....	28
Obrázek 5 – Maltodextrin .....	28
Obrázek 6 – Izomaltulóza .....	29
Obrázek 7 – Acesulfam K.....	31
Obrázek 8 – Aspartam.....	32
Obrázek 9 – Sukralóza.....	33
Obrázek 10 – $\beta$ -karoten.....	34
Obrázek 11 – Retinol .....	34
Obrázek 12 – $\alpha$ -tokoferol.....	35
Obrázek 13 – Kyselina L-askorbová .....	36
Obrázek 14 – Thiamin .....	37
Obrázek 15 – Riboflavin.....	38
Obrázek 16 – Kyselina nikotinová.....	38
Obrázek 17 – Kyselina pantothenová .....	39
Obrázek 19 – Biotin.....	40
Obrázek 20 – Kyselina listová.....	41
Obrázek 21 – Kyanokobalamin .....	42
Obrázek 22 – Taurin.....	42
Obrázek 23 – L-karnitin.....	43
Obrázek 24 – $\beta$ -alanin.....	44

## Seznam zkratk a značek

AAS	Atomic absorption spectroscopy (Atomová absorpční spektrometrie)
ADHD	Attention deficit hyperactivity disorder (Porucha pozornosti s hyperaktivitou)
ADI	Acceptable daily intake (Akceptovatelný denní příjem)
AES	Atomic emission spectroscopy (Atomová emisní spektrometrie)
AMK	Aminokyselina
BMI	Body mass index (Index tělesné hmotnosti)
DDD	Doporučená denní dávka
DNA	Deoxyribonucleic acid (Deoxyribonukleová kyselina)
ECF	Extracellular fluid (Extracelulární tekutina)
ICF	Intracellular fluid (Intracelulární tekutina)
ISE	Iontově-selektivní elektrody
LD	Letální dávka
MK	Mastné kyseliny
PP	Pellagra Preventive (Prevence proti pelagře)

## Úvod

Ve světě sportu dochází v posledních desetiletích k velkému vývoji. Sportovci se snaží dostat svoje výkony na co nejvyšší možnou úroveň, chtějí se posunout až téměř k úrovni dokonalosti. Důsledkem toho musí docházet u sportovců k optimální hydrataci a dokonalé nutriční strategii, aby bylo možné dosáhnout jejich cílů. Mezi jednu z nejdůležitějších složek k podpoře sportovního výkonu jsou řazeny iontové nápoje.

Ačkoli jsou iontové nápoje vytvářeny tak, aby podporovaly výkon sportovců, tyto produkty stále více přitahují mladistvé. Navzdory tomu, že se stávají stále populárnější, začíná se projevovat větší zájem o jejich účinnost a bezpečnost. Na trhu se vyskytuje nespočet značek těchto nápojů, avšak všechny propagují pouze podporu výkonnosti a již se nezmiňují o možných negativních efektech na lidské zdraví.

Tato práce si klade za cíl prozkoumat a charakterizovat iontové nápoje a jejich účinky na lidské zdraví a poskytnout informace o této problematice, která bude řešena prostřednictvím dostupné odborné literatury.

# 1 Definice iontových nápojů

Iontové nápoje jsou nápoje speciálně vytvořené pro sportovce. Slouží ke konzumaci během fyzické aktivity, aby nahradily vodu a elektrolyty, které se ztratily potem z těla. Zásobí také aktivní kosterní svaly, mozek a další důležité orgány glukózou, což zajišťuje udržení celkové hladiny glukózy v krvi, doplnění celkové zásoby glykogenu, spolu s udržením rovnováhy tělesných tekutin a elektrolytů pro zabránění nebo snížení rozsahu dehydratace. Požití dostatečného objemu správně připraveného iontového nápoje může pomoci udržet fyziologické funkce a napomoci fyzickému a kognitivnímu výkonu, během intenzivní aktivity [1]. Kardiiovaskulární, termoregulační a metabolické reakce na cvičení jsou významně ovlivněny stavem hydratace těla sportovce. Optimální výkon vyžaduje správný hydratační mechanismus pro doplnění ztrát vody, elektrolytů a glukózy, ke kterým dochází v důsledku cvičení [2].

Úlohou iontových nápojů je dodávání nezbytných minerálních látek, které se ztrácejí pocením, během provádění fyzicky náročných aktivit a při vystavení těla vyšším teplotám. Mezi tyto látky patří především sodík a draslík. Sodík je hlavním elektrolytem, který se ztrácí z těla potem. Draslík je hlavním elektrolytem uvnitř buněk a z těla se ztrácí také potem, ale v daleko menší míře než sodík. Dohromady by tyto dvě látky měly tvořit hlavní složky iontových nápojů. Kromě těchto látek lze v iontových nápojích nalézt také vápník, hořčík, chlor (ve formě chloridů), sacharidy, vitamíny a další přidané látky. Na trhu lze najít iontové nápoje ve formě prášku, tablet, koncentrovaných sirupů nebo nápojů. Údaje pro přípravu vhodně koncentrovaného nápoje uvádějí výrobci na obalu [3].

## 1.1 Historie iontových nápojů

Iontové nápoje byly v historii představeny jako nápoje, které podporovaly léčbu pacientů. Poprvé byly představeny anglickým chemikem Williamem Owenem v roce 1927. Připravil nápoj obsahující glukózu a vodu, který podával nemocným lidem, za účelem rychlejšího zotavení. Tento nápoj byl pojmenován Glucozade a o pár let později přejmenován na Lucozade.

V roce 1952 Kirsch Bottling v New Yorku uvedl na trh zázvorové pivo, které bylo bez kalorií a neobsahovalo žádný cukr. Primárně byl tento nápoj směřován na jedince s cukrovkou. Několik společností se tímto inspirovalo a začátkem 90. let už byla známa celá škála dietních nápojů [4].

## **1.2 Rozdělení iontových nápojů**

Obecně je vhodné používat iontové nápoje během zvýšené fyzické aktivity. Jsou především určeny rekreačním, výkonnostním a vrcholovým sportovcům. Základním měřítkem iontových nápojů je osmolalita. Jednotkou osmolality je osmol na kilogram, ale častěji se vyjadřuje jednotkou odvozenou, a to miliosmol na kilogram. Podle obsahu minerálních látek jsou děleny na hypotonické, izotonické a hypertonické. Podle obsahu energie jsou děleny na nízkenergetické iontové nápoje, sportovní a vytrvalostní sportovní nápoje [3].

### **1.2.1 Hypotonické nápoje**

Osmolalita hypotonických nápojů činí 250 nebo méně miliosmolů v 1 litru nápoje připraveného ke spotřebě [5]. Ve srovnání s krevní plazmou je osmolalita iontového nápoje nižší, obsahuje méně soli a cukru ve srovnání s lidským tělem, buňky tak vodu přijímají. Obsahují méně než 6 % sacharidů a jsou nejrychleji vstřebatelné. Tyto nápoje rychle nahrazují elektrolyty ztracené pocením a jsou vhodné pro sportovce, jako jsou například gymnasti. Z toho lze usoudit, že slouží pro sportovce, kteří potřebují přijmout tekutiny bez většího obsahu sacharidů. Tyto iontové nápoje mohou být užívány i v průběhu letních dní pro udržení optimální hydratace [6]. Jelikož pot, který je při sportovní aktivitě produkován, je hypotonický, je ideální konzumace hypotonických nápojů během zátěže [7].

### **1.2.2 Izotonické nápoje**

Osmolalita izotonických nápojů činí  $290 \pm 15$  miliosmolů v 1 litru nápoje připraveného ke spotřebě [5]. Mají podobnou osmolalitu jako krevní plazma. Obsahují 6–8 % sacharidů, což odpovídá 13–19 gramům cukru na 250 mililitrů nápoje, a malé množství elektrolytů ve formě solí – hlavně sodíku. Slouží k rychlému doplnění tekutin, minerálních látek i sacharidů během i po zátěži. Nejčastěji se používají při sportovních a silových aktivitách s vyšší intenzitou, trvající déle než 60 minut. Řadí se sem i běh na delší a střední tratě. Jsou vhodné i pro kolektivní sporty typu fotbal, hokej nebo volejbal. Jsou nejpreferovanější volbou sportovců [8]. Často se užívají zejména k regeneraci po sportovním výkonu, pokud došlo k výrazné ztrátě minerálních látek potem [7].

### **1.2.3 Hypertonické nápoje**

Osmolalita hypertonických nápojů činí 340 nebo více miliosmolů v 1 litru nápoje připraveného ke spotřebě [5]. Ve srovnání s lidským tělem mají vyšší osmolalitu než krevní plazma, větší obsah minerálních látek a cukru. Obsahují více než 8 % sacharidů a jsou pomaleji vstřebatelné.

Běžně se konzumují po tréninku k doplnění sacharidů a k doplnění zásob svalového glykogenu. Mohou být užívány během velmi dlouho trvajících aktivit, jako jsou maratony nebo triatlon. Musí však být konzumovány s vodou, nebo izotonickými nápoji, aby došlo k nahrazování ztracených tekutin [9]. V praxi se tyto nápoje moc nepoužívají, vlivem hypertonického prostředí dochází k přesunu vody z organismu do střevního prostoru a může tak dojít k akutní dehydrataci, pokud je nápoj podáván bez dalších tekutin. Tyto nápoje jsou vhodné spíše až po rehydrataci organismu k doplnění minerálních látek a sacharidů [3].

#### **1.2.4 Nízkoenergetické iontové nápoje**

Nízkoenergetické iontové nápoje jsou též nazývány jako rehydratační nápoje. Vyskytují se ve formě prášku a tablet obsahujících sodík, draslík, vápník, hořčík, chloridy a případně i vitamíny. Míchají se s vodou a mají minimální množství sacharidů, které se pohybuje v rozsahu 2–3 %, což odpovídá 10–15 g/l. Nejsou určeny pro déletrvajících aktivit. Jejich užití je vhodné při kratších sportovních aktivitách nebo v aktivitách konaných při vysoké teplotě. Ochucovací složku tvoří umělá sladidla a jejich hlavní úlohou je zajištění rovnováhy a vstřebatelnosti minerálních látek a zabránění svalovým křečím [3,7]. Mohou být prodávány i v lahvích, připraveny k přímé spotřebě.

#### **1.2.5 Sportovní nápoje**

Sportovní nápoje jsou též nazývány jako rehydratačně-energetické nápoje. Jsou klasickou pomůckou při vytrvalostních sportech. Obsahují větší množství sacharidů, a to 4–8 % (odpovídá 20–40 g/l), draslíku i sodíku a případně dalších minerálních látek. Tato kombinace zajistí dodání potřebné energie a hydratuje tělo během zátěže. Tato koncentrace sacharidů ještě významně neovlivňuje vstřebávání vody a slouží přitom i jako dobrý zdroj energie. Dávkování závisí na druhu a intenzitě zátěže. Sportovní nápoje jsou vhodné pro běh a sportovní aktivity přesahující 60 minut [3,7].

#### **1.2.6 Vytrvalostní sportovní nápoje**

Vytrvalostní sportovní nápoje jsou též známé jako energetické nápoje. Tyto nápoje obsahují o zhruba 50 % více elektrolytů a 25 % více sacharidů než klasické sportovní nápoje. Jsou složeny buď z více druhů sacharidů, nebo z izomaltulózy. Kombinace více druhů sacharidů pomáhá k jejich lepšímu vstřebávání, což dodává větší množství energie a může prodloužit výkon. Jsou vhodné pro dlouho trávající aktivity, trávající déle než 2 hodiny [3].

## 2 Složení iontových nápojů

Ve většině dostupných variant nejsou tyto nápoje tvořeny pouze vodou a potřebnými minerálními látkami, ale z velké části obsahují i různá sladidla a sacharidy, které jsou v nápoji pro podporu lepší rehydratace a doplnění energie při sportovním výkonu. V menší míře zde mohou být zastoupeny také vitamíny, aminokyseliny a další přídatné látky [3].

### 2.1 Voda

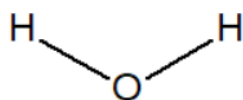
Voda slouží jako rozpouštědlo, transportní medium, katalyzátor a účastník téměř všech chemických reakcí. Je to nutná podmínka pro život a jeden z nejdůležitějších zdrojů pro člověka. Je to velice komplexní látka. Struktura vody závisí na elektronové struktuře vody v kapalném a tuhém stavu. Vodíkové vazby mezi jednotlivými molekulami mají vliv na fyzikální i chemické vlastnosti vody [10].

#### 2.1.1 Voda jako rozpouštědlo

V porovnání s jinými rozpouštědly voda a vodné roztoky v několika ohledech vykazují jedinečné chování. Jsou vysoce citlivé na změnu tlaku a teploty, což je výsledkem struktury a rozložení náboje v molekule vody. Voda je vysoce polární rozpouštědlo [11].

Voda se chová jako neobvyklá kapalina. Má teplotu varu 100 °C, vysoké výparné teplo, voda v tuhém skupenství – led má bod tání 0 °C. Maximální hodnota hustoty vody je blízko 4 °C. Má velmi vysoké povrchové napětí, slouží jako výborné rozpouštědlo polárních molekul a solí, a to vše je důsledkem polárního charakteru molekuly. Má vysokou hustotu kladného náboje v blízkosti atomů vodíku a vysokou hustotu záporného náboje v blízkosti atomu kyslíku [10].

Molekula vody se skládá ze dvou atomů vodíku a jednoho centrálního atomu kyslíku (viz obrázek 1). Atomy vodíku jsou kovalentně vázané a svírají úhel 105 °. Vodíkové vazby jsou kovalentní sigma vazby. Voda může mít až 33 variant molekul HOH, zahrnuje izotopy <sup>16</sup>O, <sup>17</sup>O, <sup>18</sup>O, a také <sup>1</sup>H, <sup>2</sup>H a <sup>3</sup>H. Dále se skládá z iontových částic, které zahrnují hydroniové (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) a hydroxylové (OH<sup>-</sup>) ionty a jejich izotopy [12].



Obrázek 1 – Vzorec vody [autorský obrázek]



Vazebný úhel  $105^\circ$  udává tetraedrickou strukturu molekuly vody. Atomy vodíku se nacházejí podél dvou os čtyřstěnu a dva volné páry atomu kyslíku jsou umístěny přibližně tam, kde by se nacházely další dvě osy čtyřstěnu. Tato rovnováha dvou donorových a akceptorových míst umožňuje trojrozměrnou vodíkovou vazbu s maximálně čtyřmi dalšími molekulami vody [12].

### 2.1.2 Pitná voda

Pitná voda musí splňovat takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu, které překračují počet nebo koncentraci, které by zdraví ohrozit mohly. U pitné vody se sledují mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele.

Získání a poskytování nezávadné čisté vody je cílem distributorů. Ideální je odebírat surovinu z místa vodního cyklu, ve kterém je voda nejméně kontaminovaná, v dostatečném množství a geograficky dobře lokalizovaná. Jako zdroje pitné vody mohou sloužit hluboké podzemní vrty, mělké podzemní vody (prameny), povrchové vody shromažďované ve vodních nádržích z nížinných a horských oblastí nebo přímo z říčních toků [13].

V České republice jsou zdrojem pro výrobu pitné vody z 80 % vody povrchové, méně vody podzemní. Přírodní vody nemohou být považovány za chemicky čisté, podle původu jsou v těchto vodách rozpuštěny různé látky. Povrchové vody obsahují více organických látek a mikroorganismů, naopak podzemní vody více látek anorganických. Povrchové vody se podle jakosti zařazují do pěti tříd, což vychází z hodnocení závazných ukazatelů jakosti vody. Voda, která se řadí do I. Třídy, klasifikována jako velmi čistá voda, je vhodná pro potravinářský průmysl.

Podle druhu a kvality vodního zdroje se výroba pitné vody uskutečňuje různými technologickými postupy. Některé vody se upravovat nemusí, protože požadavkům přímo vyhovují, jiné vyžadují pouze dezinfekci nebo odkyselení provzdušněním a některé jsou pro úpravu na pitnou vodu zcela nevhodné. Mnohé zdroje však vyžadují složitější úpravu vody, kam se řadí čiření, zvyšování nebo snižování koncentrace iontů při různé tvrdosti vody ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Mn}^{2+}$ ), odstraňování iontů amonných, těžkých kovů a radioaktivních látek, a tak dále [14].

## **2.1.3 Příjem a výdej vody**

### **2.1.3.1 Příjem vody**

Příjem vody je především realizován prostřednictvím příjmu potravin a nápojů. Zhruba 300 mililitrů vody za den může vznikat jako metabolická voda, která vzniká jako vedlejší produkt metabolických reakcí [15]. Je řízen pocitem žízně, ale také vůlí člověka. Zásadní úlohu v udržování objemu tělních tekutin mají do jisté míry ledviny, které mohou měnit množství vody ztrácené z organismu [16].

U zdravých dospělých a dospívajících jedinců by měl být příjem vody 30–40 mililitrů na kilogram tělesné váhy. Minimálně by měl člověk vypít 1,5 litru vody denně, přičemž optimální množství přijaté vody se pohybuje v rozmezí od 2,5 do 3 litrů za den. Vhodné nápoje, které dostatečný příjem vody zajistí, jsou voda, vody s obsahem minerálů, neslazené ovocné nebo bylinné čaje a silně zředěné ovocné nebo zeleninové šťávy. Intoxikace vodou je velmi vzácná, zdravý člověk by musel přijmout více než 10 litrů vody za den. U akutní intoxikace by člověk musel vypít 6 litrů za velmi krátkou chvíli. Mezi příznaky problémů způsobených nadměrnou konzumací vody se řadí dýchací potíže, otoky, křeče a tachykardie. Naopak při nedostatku tekutin se dle závažnosti může jednat o žízeň, suchost v ústech, bolesti hlavy, potíže s polykáním, zácpu, zmatenost až kolaps oběhového systému [17,18].

### **2.1.3.2 Výdej vody**

Výdej vody je realizován řadou cest – močí, stolicí, pocením a dýcháním. Těmito cestami se ztrácí přibližně 1,5–2,5 litru vody denně. Tento výdej se může individuálně lišit. Například při intenzivním pocení (sportování, fyzicky náročná práce), krvácení, zvracení a průjmu je výdej vody výrazně vyšší [15].

Kůže se ochlazuje odpařováním potu, speciálního zředěného roztoku, vylučovaného potními žlázami, které se aktivují, když se zvýší teplota krevních receptorů v mozku. Vylučování potu je řízeno především potřebou zabránit přehřátí mozku. Maximální pocení může dosahovat až 1 litru za hodinu a lidé, kteří pracují ve vysokých teplotách, vykonávají těžkou fyzickou práci nebo aktivně cvičí, mohou ztratit tělních tekutin daleko více, v krajních případech až 15 litrů tekutin za den [19].

Ke ztrátám vody dochází i dýcháním, jelikož vzduch, který je vdechován, je sušší než ten, který je vydechován. Vydechovaný vzduch je nasycený vodními parami. Takové ztráty se pohybují kolem 0,5 litru vody denně. Další nevyhnutelná ztráta vody je ve formě páry, kdy se voda

odpařuje z pokožky. Činí také asi 0,5 litru denně. Výjimkou může být pohyb ve vyšších nadmořských výškách, kde jako příklad mohou být uvedeni horolezci, kteří dýchají velké objemy řídkého vzduchu a mohou takto ztratit až 2 litry vody denně. V poslední řadě se jedná o ztráty vody stolicí a močí. Ztráty vody stolicí nejsou tak významné, pokud se nehovoří o závažnějších potížích, například průjmu, který může vést až k dehydrataci organismu. Nicméně jedním z nejdůležitějších způsobů výdeje vody je výdej močí, kdy dochází i k odstraňování odpadních látek z těla. Množství koncentrované moči se pohybuje kolem 0,5 litru za den, popřípadě až 2 litrů denně při poškozené funkci ledvin [19].

## 2.2 Elektrolyty

Elektrolyty jsou kapalné nebo tuhé sloučeniny, které jsou rozpuštěné ve vodě, nebo při kontaktu s vodou disociují na ionty. Elektrolyty jsou schopné vést elektrický proud a hrají důležitou roli při řízení rovnováhy tělesných tekutin. Tvoří běžnou složku iontových sportovních nápojů [20]. Jsou klasifikovány jako kationty nebo anionty v závislosti na směru jejich pohybu v elektrickém poli.

V tělních tekutinách existují hlavní elektrolyty jako volné ionty, zatímco stopové prvky jsou často v komplexu s bílkoviny. Elektrolyty hrají velmi důležitou roli ve fyziologii organismů. Prakticky každý metabolický proces, který se v lidském těle odehrává, je závislý na elektrolytech nebo je jimi ovlivněn. Podílejí se na udržování tělesného osmotického tlaku, distribuci vody v různých částech tělních tekutin, na oxidačně-redukčních reakcích, udržování optimálního pH, působí jako kofaktory pro enzymy a regulují nervosvalovou dráždivost nebo excitabilitu.

Abnormální hladiny elektrolytů mohou být příčinou několika fyziologických poruch, proto je stanovování elektrolytů jednou z nejdůležitějších funkcí klinických laboratoří. Hlavními elektrolyty, které jsou zastoupeny v lidském těle, jsou sodné, draselné, vápenaté, hořečnaté, chloridové, hydrogenuhličitanové, fosforečnanové a síranové ionty [21].

K doplnění elektrolytů, které jsou ztraceny potem během zátěže a za zvýšené teploty, byly vytvořeny iontové nápoje. Přidávání hořčiku a vápníku hraje roli v podpoře svalových kontrakcí a zajištění optimální svalové funkce [22]. Nejdůležitější přísadou iontových nápojů je sodík, který se potem ztrácí nejvíce. Draslík, vápník, hořčík a další přísady se potem již tolik neztrácejí, a proto jejich přísun v průběhu tréninku není nezbytný [23]. V nejnovější generaci iontových nápojů se jako zdroj elektrolytů přidává mořská sůl nebo kokosová voda [22].

### 2.2.1 Stanovení elektrolytů

Existuje mnoho metod, kterými lze elektrolyty stanovit. Mezi tyto metody se řadí atomová emisní spektrometrie (AES), atomová absorpční spektrofotometrie (AAS), elektrochemické stanovení za použití iontově-selektivních elektrod (ISE), redoxní titrace, kolorimetrie a stanovení za použití fluorescenčních sond. Nejčastěji se využívají AES, ISE a kolorimetrie [21].

Sodík, draslík a vápník se nejlépe stanoví plamenovou fotometrií, chelatometricky se často stanovuje hořčík a vápník. Nově se pro stanovení vápníku a hořčíku využívá také atomová absorpční spektrometrie [24].

### 2.2.2 Sodík

Sodík je alkalický kov. Řadí se mezi prvky I.A skupiny v periodické tabulce. Značení Na pochází z latinského názvu *Natrium*. Je chemicky poměrně reaktivní, má relativně nízký bod tání (97,82 °C), vysoký bod varu (881,4 °C) a dobré tepelné a elektrické vlastnosti. Je to měkká tvárná tuhá látka, obvykle potažena bílou vrstvou oxidu, uhličitanu nebo hydroxidu sodného, v závislosti na stupni a druhu atmosférické expozice. V bezvodé inertní atmosféře má povrch slabě růžový, jasný kovový lesk [25]. Elementární sodík lze považovat jak za čistou chemikálii, jejíž vlastnosti jej činí nepostradatelným v průmyslu, tak za snadno zk kapalnitelný kov se širokou škálou metalurgických a fyzikálních použití. Vlastnosti sodíku souvisejí s jeho strukturou. Jeho elektronová konfigurace je  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . Alkalické kovy poskytují charakteristické zbarvení plamene. Jejich vnější elektrony se snadno dostávají do excitovaného stavu, což je základem pro stanovení plamenovou fotometrií a AAS. Sodné soli barví plamen žlutě [26].

Sodík je řazen mezi jeden z esenciálních prvků. Podílí se na bilanci tekutin a elektrolytů. Vyskytuje se přirozeně jako běžná složka potravin. Jeho hlavním zdrojem jsou zpracované potraviny, což tvoří zhruba 70–75 % celkového příjmu sodíku. Běžně se přidává do potravin hlavně jako chlorid sodný, známý jako sůl. Může se vyskytovat i ve formě dusičnanu, fosforečnanu nebo glutamátu sodného [27,28].

Pomáhá regulovat rovnováhu tekutin a acidobazickou rovnováhu, nervový přenos, podporuje příjem tekutin a zlepšuje hydrataci. Sportovci mají oproti běžné populaci vyšší nároky na příjem sodíku. Ztráta sodíku v krajních situacích může vyvolat svalové křeče a hyponatrémii. Iontové nápoje, které obsahují sodík, mají lepší chuť a spouštějí mechanismus žízně, čímž selepší

příjem tekutin, hydratace, a tím dojde i ke zlepšení výkonu. Sodík v nápojích tak nahradí sodík ztracený potem a pomůže udržet rovnováhu elektrolytů [22].

Průměrný denní příjem evropské populace činí 3–5 gramů sodíku, což odpovídá 8–11 gramům soli. Denní potřeba odpovídá 1,5 gramu sodíku u dospělé osoby [28]. Minimální potřebná denní dávka sodíku pro dospělé osoby činí 500 miligramů, pro děti do jednoho roku 120–200 miligramů a pro děti do 9 let 225–400 miligramů. Skutečně přijímané dávky jsou často podstatně vyšší. S výjimkou těžce pracujících osob a sportovců by neměla denní dávka překročit 2,4 gramu sodíku za den, což činí asi 6 gramů soli [14].

Vzhledem k hojnému výskytu sodíku ve zpracovaných potravinách je jeho deficit velmi zřídka. Naopak nepříznivým účinkem vysokého příjmu sodíku je zvýšený krevní tlak [28].

Ve stravě se sodík vyskytuje v hladinách od 50 miligramů na 100 gramů téměř ve všech potravinách živočišného původu, včetně mléka, masa a ryb, ale i vejcích. V zelenině a obilovinách v syrovém stavu se sodíku nachází do 10 miligramů na 100 gramů, ale během vaření se přidavkem soli obsah zvyšuje na podobnou hladinu, jako u živočišných produktů [29].

### **2.2.3 Draslík**

Draslík se také řadí mezi alkalické kovy. Název prvku je odvozen od potaše. Značí se K, podle německého názvu Kalium. Je měkký, stříbrně zbarvený kov s nízkou hustotou, má vysokou elektrickou a tepelnou vodivost a nízkou ionizační energii. Tvoří kapalné slitiny s jinými alkalickými kovy, které mají nízký tlak par a teplotu tání. Bod tání má 63,7 °C a bod varu 760 °C. Jeho elektronová konfigurace je  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ . Je dobrým redukčním činidlem [30]. Draselné ionty barví plamen charakteristickou světle fialovou barvou [31].

Stejně jako sodík hraje draslík důležitou roli ve stravě. Vyskytuje se v potravinách rostlinného i živočišného původu. Téměř ve všech potravinách, kromě olejů a tuků, se pohybuje v rozmezí 100–350 miligramů draslíku na 100 gramů potravin [32].

Požadovaný příjem draslíku se liší dle pohlaví a věku. Pro kojence do jednoho roku je denní dávka stanovena na 400–700 miligramů. S věkem se tato hladina zvyšuje až na 3500 miligramů za den pro dospělé. Draslík pochází především z ovoce a zeleniny. Největším zdrojem jsou brambory, banány, rozinky, švestky, fazole lima a například špenát. Ve velké míře je přijímán i z mléka, kávy, kuřecího masa, z džusů a džemů. Na porci obsahují více jak 40 miligramů draslíku [33,34].

Ionty draslíku a sodíku fungují společně při udržení potenciálu buněčné membrány, který je velice důležitý pro kontrakce kosterních svalů a srdečního svalu, přenos nervových impulsů a regulaci krevního tlaku. Draslík hraje také důležitou roli v metabolismu. Je to kofaktor nezbytný pro aktivitu pyruvátkinázy. Pyruvátkináza je enzym v metabolické dráze, který vytváří energii z glukózy a dalších sacharidů [34].

Draslík je nezbytný pro kardiovaskulární, svalový, respirační, nervový, endokrinní, trávicí a ledvinový systém. Během intenzivního cvičení se ze svalových buněk uvolňuje draslík, což zvyšuje jeho extracelulární koncentraci. To usnadňuje probíhající svalovou kontrakci a indikuje vazodilataci, čímž se zvyšuje lokální průtok krve. Uvolnění draslíku vede ke svalové únavě. Trénování snižuje zátěží vyvolaný nárůst koncentrace draselných iontů v plazmě a také zvyšuje celkovou aktivitu Na-K pump ve svalu. Vnitřní rovnováha draslíku pomáhá oddálení nástupu únavy při cvičení a obnovuje homeostázu při zotavování [35].

Vysoká hladina draslíku v krvi se nazývá hypokalémie a může způsobovat svalovou slabost, srdeční arytmii a neurologické dysfunkce. Může mít mírný přínos při snižování krevního tlaku. Vysoká hladina draslíku v krvi se nazývá hyperkalémie a může zvýšit srdeční tepovou frekvenci na velmi vysokou a nebezpečnou úroveň. V krajních případech může dojít až k zástavě srdce a smrti [34].

#### **2.2.4 Vápník**

Vápník je členem II.A skupiny periodické tabulky. Je klasifikován jako kov alkalických zemin. Značení Ca je odvozeno od latinského slova pro vápno, *calx*. Používá se hlavně jako redukční činidlo. Čistý vápník je jasně stříbrně bílý kov, často se velmi rychle pokrývá vrstvou oxidu. Je extrémně měkký a tažný. Jeho elektronová konfigurace je  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ . Jeho bod tání je 839 °C a bod varu 1484 °C. Vápenaté ionty barví plamen cihlově červeně [36].

Denní potřeba vápníku se u dětí do 1 roku pohybuje od 400 do 600 miligramů. Ve věku do 10 let je denní potřeba 800 miligramů a ve věku 11–24 let je potřeba vápníku nejvyšší, odpovídá 1200 miligramů. Nad 25 let se pohybuje v rozmezí od 800 do 900 miligramů. Nejvíce se vápník ve stravě vyskytuje v mléčných a obilných výrobcích, dále pak v zelenině a ovoci, rybách a bílkovinných zdrojích. Laktóza zvyšuje vstřebávání vápníku, avšak vláknina a tuk snižují jeho biologickou dostupnost [37].

Jednou z nejdůležitějších funkcí vápníku je mineralizace skeletu. Většina vápníku v těle, téměř 99 %, se nachází v kostech. Zajišťuje zde pevnost a poskytuje dynamické zásoby. Jeho další

funkce jsou intracelulární a extracelulární signalizace, přenos nervových impulsů a svalové kontrakce [38].

Konzumace potravin bohatých na vápník může zlepšit jeho biologickou dostupnost. Takový příjem zajistí rovnováhu mezi potřebami vápníku v těle a následně může snížit riziko chorob s vápníkem spojených, které jsou často zodpovědné i za mortalitu. Může mít příznivé účinky na tělesnou hmotnost a obezitu, krevní tlak, syndrom inzulínové rezistence i kardiovaskulární zdraví. Mezi nejčastější onemocnění spojená s vápníkem se řadí osteoporóza, která je charakterizována kostní křehkostí a zvýšeným rizikem vzniku zlomenin [39].

### 2.2.5 Hořčík

Hořčík patří do II.A skupiny periodické tabulky. Řadí se mezi kovy alkalických zemin, značí se Mg, podle latinského názvu *Magnesium*. Jeho konfigurace je  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ . Bod varu hořčíku je 1090 °C a bod tání se pohybuje kolem 650 °C. Hořčnaté ionty na vzduchu hoří bílým plamenem [40].

Je důležitou složkou kostí a je také důležitý intracelulární kationt, který působí jako nezbytný kofaktor v mnoha enzymatických reakcích. Nedostatek hořčíku může způsobit kalcifikaci měkkých tkání, gastrointestinální syndromy, nerovnováhu elektrolytů až změnu osobnosti. Při nadměrném užívání se může projevovat nevolnost, zvracení, neurologické změny a hypotenze [20].

Důležité procesy v těle, které zprostředkovává hořčík, jsou například syntéza bílkovin, nukleových kyselin a tuků, využití glukózy, svalové kontrakce, neuromuskulární přenos a transport přes buněčné membrány. Je nezbytný pro kardiovaskulární systém. Je také potřebný k udržení normálního gradientu draslíku a vápníku na buněčných membránách. Je to nezbytný aktivátor pro syntézu c-AMP, což je vazodilatátor [41].

Potraviny rostlinného původu představují asi 50 % příjmu hořčíku. Mezi jeho bohaté zdroje patří obiloviny, ořechy a luštěniny a některé druhy zeleniny, jako je například špenát. Část může být konzumována požíváním kávy, piva nebo vína. Maso tvoří přibližně 15 % příjmu a mléčné výrobky asi 34 % [42].

Absorpce hořčíku z potravy může být ovlivňována příjmem dalších živin, jako jsou vápník, fosfáty a vitamín D. Je přímý antagonist vápníku, soutěží s vápníkem o vazebná místa v hladkém svalstvu cév a tím snižuje jeho účinek. Absorpce může být ovlivněna i některými klinickými stavy, jako jsou alkoholismus a cukrovka [41,20].

Evropský úřad pro bezpečnost potravin udává doporučený denní příjem hořčíku 170–300 mg/den pro děti, 300 mg/den pro ženy a 350 mg/den pro muže. Obecně je příjem hořčíku nižší, než je doporučovaná denní dávka [43].

### 2.2.6 Chlor

Chlor je za normálních podmínek zelenožlutý plyn. Má bod tání  $-101,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a bod varu  $-34,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Řadí se mezi halogeny. Název pochází z latinského *Chlorum* [44].

Nedostatek nebo nadbytek chloru, ve formě chloridu, je ve stravě vzácný, může se projevit při velmi vysokých ztrátách vody v důsledku těžkého průjmu. Jeho hlavním zdrojem je chlorid sodný, který se přidává do potravin při jejich zpracování a konzervaci [45]. Nejvíce se vyskytuje v sýrech, mléce, vejcích, čaji, čokoládě, celozrnném pečivu, v rybách a játrech [14].

Jelikož příjem chloridu úzce souvisí s příjmem sodíku, jeho doporučené denní dávky jsou velice podobné. Činí 1,7–2,6 g/den pro děti, dle věku, a 3,1 g/den pro dospělé [45].

Spolu se sodnými ionty se nachází v cytoplazmě buněk a extracelulárních tekutinách. Jeho hlavní úlohou je udržování osmotického tlaku. Nachází se v žaludeční šťávě jako součást kyseliny chlorovodíkové, která se vylučuje žaludeční stěnou [14].

## 2.3 Sacharidy

Optimální druh a koncentrace sacharidů v iontovém nápoji závisí na několika individuálních okolnostech a hraje hlavní úlohu při cvičení. Vysoká koncentrace zpomalí vyprazdňování žaludku, čímž se sníží množství tekutiny, kterou by bylo možné absorbovat. Velmi vysoké koncentrace také vedou k sekreci vody do střeva, což zvyšuje riziko dehydratace. Naopak zvýšený příjem cukrů v iontových nápojích zvýší dodávku sacharidů do místa absorpce v tenkém střevě, což dodá organismu potřebnou energii [46].

Z žaludku se rychleji vyprazdňují roztoky, které obsahují fruktózu. Roztoky s ekvimolárním obsahem sacharidů se vyprazdňují z žaludku pomaleji. Při přidání 2–3% fruktózy do roztoků obsahujících glukózu dojde také ke zrychlení vyprazdňování. To může být důvodem kombinování více druhů sacharidů [47,48].

Četné množství iontových nápojů je vyvíjeno tak, aby kombinaci sacharidů obsahovalo. Mezi nejčastěji používané druhy patří glukóza, fruktóza, sacharóza, maltodextrin a izomaltulóza. Vyšší koncentrace různých druhů nám zajistí vyšší příjem sacharidů, aniž by nápoj byl příliš sladký [2].



Obecně sacharidy patří k nejdůležitějším zdrojům energie pro optimální sportovní výkon. Měly by tvořit největší podíl ze všech přijatých živin. Jsou dobře dostupné a vstřebatelné, jedná se o hlavní zdroj energie při fyzické aktivitě, záleží na nich funkce tkání, jako jsou například mozek, sítnice a erytrocyty, a ovlivňují činnost střev [7].

### 2.3.1 Rozdělení sacharidů

Základní molekuly jsou tvořeny aldehydovou nebo ketonovou a hydroxylovými skupinami. Chemicky jsou také definovány jako (poly)hydroxyaldehydy nebo (poly)hydroxyketony [49].

Monosacharidy jsou běžně označovány jako jednoduché cukry. Jsou to sacharidy, které nelze rozložit hydrolyzou. Jsou to základní stavební jednotky, tvořeny jednou cukernou jednotkou. Klasifikují se podle druhu karbonylové skupiny a podle počtu atomů uhlíku v molekule. Počet atomů uhlíku je označován číselnou předponou (tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta-, ...). Aldehydové cukry se označují jako aldózy a ketonové cukry jako ketózy. Monosacharidy se nejčastěji spojují do řetězců. Mezi nejznámější monosacharidy se řadí glukóza, fruktóza a galaktóza [7,49].

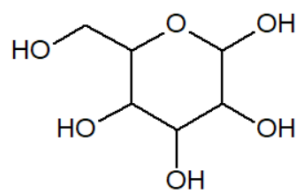
Oligosacharidy jsou řetězce sacharidů, které po hydrolyze poskytují 2–10 molekul monosacharidů. Klasifikují se podle počtu monosacharidových jednotek. Mezi nejznámější oligosacharidy se řadí sacharóza (z glukózy a fruktózy), laktóza (z glukózy a galaktózy) a maltóza (ze dvou jednotek glukózy). Do skupiny trisacharidů patří například rafinóza [49].

Polysacharidy jsou řetězce, které obsahují více než 10 monosacharidových jednotek. Mohou být lineární nebo rozvětvené a mohou obsahovat jeden nebo více druhů monosacharidových jednotek. Mezi nejznámější polysacharidy se řadí celulóza, škrob a glykogen [49]. Narozdíl od monosacharidů jsou téměř bez chuti [7].

#### 2.3.1.1 Glukóza

Na konci 19. století byla Emilem Fischerem objasněna struktura glukózy. Bylo zjištěno, že šest atomů molekuly je spojeno v přímém řetězci. Nejprve byla glukóza považována za otevřený polyhydroxyaldehyd, ale více jak 99 % molekul však existuje v cyklické formě poloacetalu. Poloacetal vzniká reakcí aldehydové skupiny s hydroxyskupinou na pátém uhlíku. V přírodě ji nejčastěji najdeme ve formě D-enantiomeru [50].

Glukóza patří mezi nejhojněji se vyskytující monosacharid. D-glukóza (D-glukopyranóza),  $C_6H_{12}O_6$ , je šestiuhlíkový cukr (viz obrázek 2), taktéž nazývaný jako hexóza. Značnou část lidské stravy tvoří glukóza ve volném nebo polymerizovaném stavu [50,51].



Obrázek 2 – Glukóza [autorský obrázek]

Glukóza je redukující cukr, což znamená, že reaguje s oxidačními činidly, jako je hydroxid měďnatý. Je také rychle a úplně fermentována kvasinkami a jinými organismy. Její důležitou vlastností je rozpustnost, protože je komerčně krystalizována z vodných roztoků [50]. Je to sladký, bezbarvý (bílý) cukr, je nejběžnější v přírodě [51]. Glukóza je monomerní jednotka, která komerčně vzniká hydrolýzou škrobu. Z glukózy se syntetizuje škrob a celulóza.

Volná glukóza je přirozeně přítomna v ovoci a medu. Je to hlavní zdroj energie pro živé buňky. Glukóza je 0,7–0,8krát sladší než sacharóza. Je součástí sacharózy a používá se ve sladidlech [20].

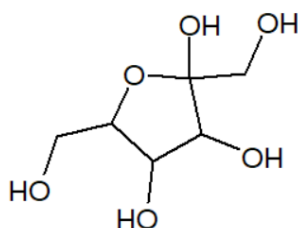
Glukóza vzniká ze sacharidů ve stravě, je hlavním metabolickým palivem, které poskytuje 50–75 % energie. Pokud je v těle glukózy příliš, používá se k syntéze rezervního glykogenu ve svalech a v játrech. Když je glukóza hojně dostupná, stává se palivem všech tkání [52]. Je nejdůležitějším energetickým substrátem pro člověka a tvoří primární zdroj energie pro všechny buňky lidského těla. Bývá využívána třemi způsoby, a to přímo buňkami pro získání energie, uskladněním v podobě glykogenu ve svalech a játrech nebo bývá přeměněna na tukové zásoby [7].

V rostlinách je glukóza produktem fotosyntézy a v lidském těle je v malém množství zastoupena v krvi a ve formě glykogenu v játrech a svalech, což činí 250–400 gramů glykogenu na osobu. U sportujících osob může množství glykogenu dosahovat až dvojnásobku. Tvoří stavební jednotku pro celou řadu disacharidů, oligosacharidů a polysacharidů – je základním stavebním kamenem škrobu a celulózy. Je pro organismus nezbytná, zejména pro červené krvinky a mozek. Řadí se mezi nejrychlejší a nejzákladnější zdroje energie, obzvláště při sportu a náročnějších pohybových aktivitách. Z potravy je přijímána ze sacharózy, případně škrobu nebo ve formě samotné glukózy. Při nedostatku glukózy v organismu je glukóza získávána glukoneogenezí. Hladina glukózy v krvi se nazývá glykemie a její hodnoty by se měly pohybovat v rozsahu 3,5–5,6 mmol/l [53].

### 2.3.1.2 Fruktóza

Fruktóza je také známá jako ovocný cukr. Je to ketohexóza se vzorcem  $C_6H_{12}O_6$ . Řadí se mezi monosacharidy, je to nejsladší přirozeně se vyskytující cukr. Ve volné formě je přítomna v medu a ovoci jako jsou jablka, hrozny, datle, fíky, bobuloviny a tak dále. Fruktóza se vyrábí ze škrobu, sacharózy nebo inulinu. Používá se často v potravinářské a nápojové výrobě jako sladidlo.

Fruktóza je 2-ketohexóza (viz obrázek 3), obsahuje ketonovou skupinu a působí jako redukující cukr. Tyto redukující vlastnosti jsou spojeny s tautomerizací, kdy z ketózy vzniká aldóza. V roztocích se nachází v cyklické formě pětičlenného kruhu, který je znám jako furanóza [54].



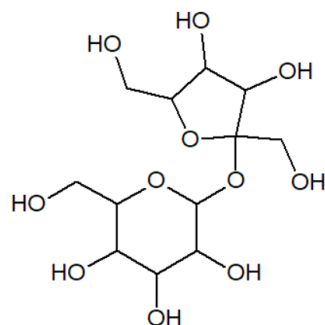
Obrázek 3 – Fruktóza [autorský obrázek]

### 2.3.1.3 Sacharóza

Sacharóza (viz obrázek 4) je disacharid složený z molekuly fruktózy a glukózy. Je extrahována z cukrové třtiny nebo cukrové řepy za vzniku krystalické bílé látky – sladidla, které se uvádí na trh jako cukr. Sladkost sacharózy má hodnotu jedna a je mezníkem, se kterým se porovnává sladivost ostatních cukrů [20].

Sacharóza se kromě poskytování sladkosti v potravinářství používá k několika dalším funkcím. Působí jako konzervační látka, používá se k regulaci aktivity vody, poskytuje uhlík k fermentaci, slouží k úpravě chuti a křupavosti, vytvoření povrchové glazury, dodání textury a viskozity. Může vyrovnávat kyselost v nesladkých potravinách.

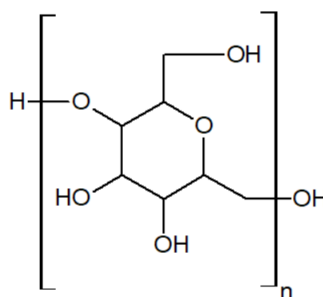
Sacharóza a další sacharidy s nízkou molekulární hmotností tvoří vysoce koncentrované roztoky s vysokou osmolalitou, díky velké rozpustnosti a hydrofilitě. Kvůli vysoké osmotické síle a nízké aktivitě vody proto nepotřebují koncentrované sirupy další konzervační látky. Sacharóзовые sirupy mají koncentraci 66 %, k zabránění krystalizaci sacharózy se přidávají glukóзовые sirupy nebo invertní cukr [55].



Obrázek 4 – Sacharóza [autorský obrázek]

### 2.3.1.4 Maltodextrin

Hydrolýzou škrobu  $\alpha$ -amylázami vznikají maltodextriny (viz obrázek 5). Ve skutečnosti se jedná spíše o ztekucování škrobu, za účelem výroby snadno stravitelných produktů s nižším obsahem sacharidů a s nízkým osmotickým tlakem. Maltodextriny umožňují zahuštění, dodávají hladkost a působí jako pojivo. Nejčastěji se používají jako texturizační činidlo [56]. Maltodextrin se v iontových nápojích užívá především pro dodání větší koncentrace sacharidů, aniž by vzrostla příliš sladkost nápoje [2].

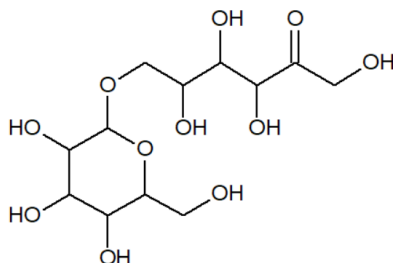


Obrázek 5 – Maltodextrin [autorský obrázek]

### 2.3.1.5 Izomaltulóza

Izomaltulóza (viz obrázek 6) je také známá pod obchodním názvem palatinóza. Je to disacharid složený z glukózy a fruktózy, přirozeně se vyskytuje v malém množství medu a extraktu cukrové třtiny. Má podobné složení jako sacharóza, ale liší se fyziologickými vlastnostmi, jako je šetrnost k zubům a nízká glykemická odezva. Je to izomer sacharózy a celý chemický název je 6-*O*- $\alpha$ -D-glukopyranosyl-D-fruktófuanoza. V izomaltulóze je glukózová a fruktózová část spojena  $\alpha(1-6)$  namísto  $\alpha(1-2)$  glykosidickou vazbou nacházející se v sacharóze. Vazba je stabilní a nemůže být snadno přerušena enzymy, které se nacházejí v lidském těle. Hydrolyzuje se a pomalu vstřebává v tenkém střevě, což poskytuje energii vyváženě

a udržitelně. Komerčně je získávána enzymatickým přeskupením funkčních skupin (izomerizací). Může být používána k částečnému nebo úplnému nahrazení snadno dostupných sacharidů [57].



Obrázek 6 – Izomaltulóza [autorský obrázek]

### 2.3.2 Doporučený denní příjem sacharidů

Pro sportovce je vhodné konzumovat stravu obsahující 55–66 % sacharidů, což znamená 5–8 g/kg/den. Doporučená denní dávka (DDD) cukru by neměla převyšovat 10 % celkového denního příjmu potravy, což je průměrně 50 gramů cukru na osobu, u sportovců se ale tyto hodnoty individuálně liší, dle potřeby doplňování energie. 1–3 hodiny před zátěží je vhodné konzumovat 1–1,5 g/kg sacharidů a při zátěži je potřeba přijímat sacharidy velice individuální. Závisí na druhu a délce zátěže. Organismus může oxidovat až 60 gramů sacharidů během hodiny. Ideální příjem během fyzické zátěže je 0,7 g/kg/hod ve formě 6–8% roztoků jednoduchých cukrů. Do 30 minut po zátěži se doporučuje přijmout 1,2–1,5 gramu sacharidů. Jak již bylo zmíněno, různé sacharidy využívají různé metabolické dráhy, a proto při jejich kombinaci dochází k efektivnějšímu využití a rychlejšímu vstřebávání [7,23].

### 2.3.3 Stanovení sacharidů

Pro kvalitativní i kvantitativní analýzu sacharidů je k dispozici mnoho různých postupů. Dříve se používala reakce monosacharidů s fenyldrazinem za vzniku osazonového derivátu, který je identifikován stanovením bodu tání a specifické krystalické struktury. Problémem u této metody však je, že není dostatečně specifická. V iontových nápojích se často nevyskytuje pouze jeden druh cukru, ale směsi. Pro stanovení jednotlivých druhů a množství je často vyžadována separace. Kvalitativní a semikvantitativní analýzu lze provádět pomocí tenkovrstvé nebo papírové chromatografie s použitím vhodného rozpouštědla. Směsi sacharidů lze rozdělit a stanovit iontově výměnnou chromatografií na katexové koloně nebo vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií. Pokud jsou sacharidy přítomny v menších množstvích, může být vhodná i plynová chromatografie po vhodné derivatizaci [58].

Často používané jsou i stanovení založená na redukci pomocí sacharidů. Sacharidy obsahují potenciálně volné aldehydové nebo ketonové skupiny (redukující sacharidy), a tak mohou působit jako redukční činidlo. Například sacharóza má oba anomerní uhlíkové atomy obou monosacharidů zapojené do glykosidické vazby a z tohoto důvodu je sacharóza neredukující cukr. Testy založené na redukci lze zjistit i to, zdali jsou sacharidy redukující, nebo neredukující. Řada testů je založena na redukci měďnaté soli (např. Fehlingova nebo Benedictova činidla), která tvoří v zásaditých roztocích při zahřívání červenou sraženinu oxidu měďného. Pro zabránění srážení měďnatých solí se používá vlnan sodno-draselný (Fehlingovy roztoky) a citrát sodný (Benedictova činidla).

Aldózy a ketózy reagují s *o*-toluidinem a řadou aromatických aminů v ledové kyselině octové za vzniku barevných produktů. Reagují i s fenolem a silnými kyselinami za vzniku barevných produktů, ačkoliv tento test lze využít pouze ke kvalitativní analýze a určení, zdali se jedná o pentózy nebo hexózy. Existuje řada variací této reakce, mezi nejznámější se řadí Molischův test, kdy za použití kyseliny sírové a  $\alpha$ -naftolu dochází ke vzniku červených sloučenin v přítomnosti sacharidů [58].

## 2.4 Přídavné látky

Aby byly nápoje komerčně životaschopné, musí být vyrobené tak, aby vyvážily fyziologickou účinnost s přijatelnou chutí. K navození takové chuti se často používají umělá sladidla. Mohou být přidávány i aminokyseliny (AMK) a vitamíny. Chutný nápoj bude atraktivnější než nápoj, který je sice účinný, ale není zdaleka tak dobrý. Z těchto důvodů jsou do iontových nápojů přidávány látky, které napomůžou dosáhnout lepší chuti a prodlouží trvanlivost výrobku. Například sodík, což je hlavní složka, ve vysokých koncentracích negativně ovlivňuje chuť těchto nápojů.

Mnoho iontových nápojů se vyrábí s využitím tepelných konzervačních postupů (pasterace nebo sterilace), avšak vysoké teploty mohou vést k hydrolyze sacharidů a ztrátě termolabilních látek. Výroba za studena si tak žádá přidání látek konzervačních. Konzervační látky však mohou negativně ovlivňovat chuť iontových nápojů. Například sorbáty mohou vyvolávat pocity pálení v krku [59].

### 2.4.1 Umělá sladidla

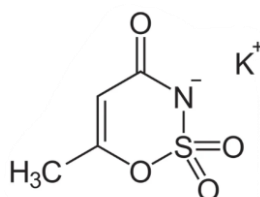
Ve variantách iontových nápojů s nižším obsahem sacharidů, respektive cukru, se často k navození sladké chuti používají umělá sladidla. Jsou to syntetická sladidla bez nutriční

hodnoty, která se používají ke slazení. Jejich sladivost je velmi intenzivní, mnohonásobně větší, než je sladivost sacharózy, proto se používají ve velmi malých množstvích. Používají se k přípravě nízkokalorických a nealkoholických nápojů bez cukru. Mezi nejčastěji používané v iontových nápojích se řadí aspartam, acesulfam K a sukralóza [20].

Umělá sladidla se řadí mezi kontroverzní látky. Jsou udávány nepříznivé zdravotní účinky na lidský organismu, mezi které se v krajních případech řadí karcinogenita a mutagenita, avšak studie dosud neprokázaly tyto účinky při konzumaci normálních dávek [4].

#### 2.4.1.1 Acesulfam K

Draselná sůl acesulfamu (viz obrázek 7) patří do třídy dihydro-oxathiazinových dioxidů. Značí se E 950. Bývá uměle syntetizován. Kyselina sulfamová a diketen reagují za vzniku acetoacetamid-*N*-sulfonové kyselina, která cyklizuje v přítomnosti oxidu sirového na acesulfamový kruhový systém. Chová se jako kyselina, proto při reakci s hydroxidem draselným tvoří draselnou sůl acesulfam draselný [60].



Obrázek 7 – Acesulfam K [60]

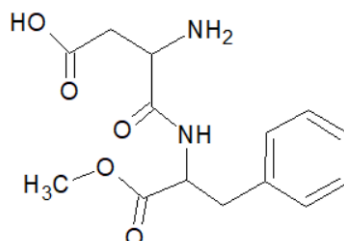
Je to bílý krystalický prášek, bezkalorická náhražka cukru, která je 180–200krát sladší než sacharóza. Má čistou sladkost, ale má nahořklou pachut', proto se často používá v kombinaci s jinými sladidly [3,61].

Acesulfam K se nepovažuje za škodlivou látku, za dobu jeho používání v doporučené míře nebyly zjištěny žádné reprodukovatelné mutagenní účinky. Akceptovatelný denní příjem (ADI) se pohybuje v rozmezí 0–9 mg/kg tělesné hmotnosti [62]. Jeho letální dávka (LD) byla stanovena na 7431 mg/kg [60].

V lidském těle se acesulfam K rychle vstřebává i rychle vylučuje. Prakticky do 24 hodin po jednom použití je z těla močí v nezměněné podobě zcela vyloučen. Z tohoto důvodu se považuje za nekalorické sladidlo [60].

### 2.4.1.2 Aspartam

Aspartam (viz obrázek 8) je syntetický dipeptid sladké chuti. Je 180–200krát sladší než sacharóza a její chuti je velmi blízký. Obsahuje asi 4 kcal/g, ale vzhledem k obrovskému sladicímu účinku se používá v tak malém množství, že je jeho kalorická hodnota prakticky zanedbatelná. Je stabilnější v kyselějších podmínkách a je vhodný jako sladidlo do nápojů. ADI je 40 mg/kg [3,48].



Obrázek 8 – Aspartam [autorský obrázek]

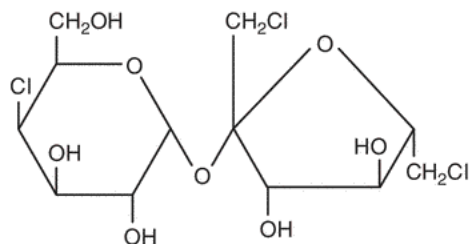
Aspartam patří mezi jedno z nejvíce testovaných sladidel, dá se ovšem považovat za bezpečný. Výjimkou jsou lidé, kteří trpí metabolickým onemocněním zvaným fenylketonurie, kteří neumí metabolizovat fenylalanin [3].

Je vyroben spojením aminokyselin L-fenylalaninu a kyseliny L-asparagové methylesterovou vazbou. Je popisován jako methylester L-aspartyl-L-fenylalanin. Lze jej najít pod zkratkou E 951. Při výrobě lze používat chemicky syntetizované aminokyseliny, které jsou chemicky nebo enzymaticky spojeny a poté probíhá řada krystalizačních a čistících kroků. Techniky krystalizačních metod mohou být statické nebo míchané. Použité techniky ovlivní typ, velikost a tvar i další vlastnosti vytvořeného krystalu [63].

### 2.4.1.3 Sukralóza

Sukralóza (viz obrázek 9) je nízkokalorické sladidlo. Lze ji najít pod označením E 955. Je termostabilní, rozpustná ve vodě, netoxická a chemicky inertní. Je považována za bezpečné sladidlo pro všechny okruhy osob, i pro diabetiky. Je průměrně 600krát sladší než sacharóza a má příjemnou sladkou chuť, bez zbytkového hořkého tónu [3,64].





Obrázek 9 – Sukralóza [60]

Vyrábí se ze sacharózy selektivní substitucí tří hydroxylových skupin atomy chloru, což vede k velkému zvýšení sladkosti. Po substituci vzniká 1,6-dichlor-1,6-dideoxy- $\beta$ -D-fruktofuranosyl-4-chlor-4-deoxy- $\alpha$ -D-galaktopyranosid. Po chloraci dochází k deblokaci a čištění. Sukralóza může být krystalizována z vodného roztoku a může být vyrobena na vysokou úroveň čistoty i konzistence [65].

ADI je 9 mg/kg tělesné váhy. Nezávadnost sukralózy byla prokazována ve více než 100 studiích. I přesto, že řada sloučenin chlóru je toxická, sukralóza je prakticky nerozpustná v tuku a neakumuluje se v něm. Přímo se vylučuje stolicí, není tudíž štěpena a nedochází k uvolňování chloru. Malé množství, které se absorbuje, se z krve odstraní ledvinami a následně močí [66].

#### 2.4.2 Vitamíny

Vitamíny se řadí mezi základní živiny, které potřebuje lidské tělo. Dělí se na základě jejich rozpustnosti. Mezi rozpustné ve vodě se řadí vitamíny B a C a mezi vitamíny rozpustné v tucích se řadí A, D, E a K. Vitamíny mají mnoho fyziologických funkcí a jsou důležité pro správný růst a vývoj. Nejčastěji se vitamíny stanovují kapalinovou chromatografií s hmotnostní spektrometrií [67].

Jsou to esenciální složky výživy, nízkomolekulární organické sloučeniny, které se podílejí na biochemických procesech v lidském organismu jako katalyzátory. Podílejí se na metabolismu sacharidů, tuků i bílkovin, syntéze látek a tvorbě energie z živin. Působí také jako antioxidanty, které v těle eliminují vznikající volné radikály. Jsou často velmi labilní [3].

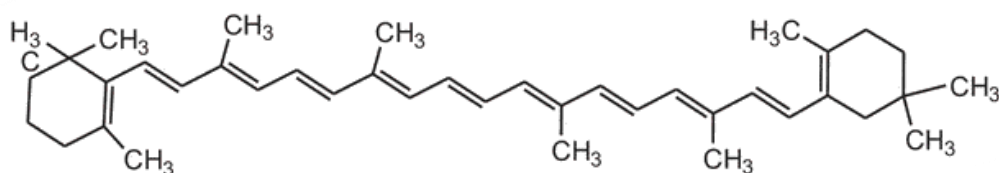
Běžně se ve sportovních produktech nacházejí také vitamíny B komplexu a antioxidanty jako jsou vitamíny A, C a E. Vzhledem k rozpustnosti vitamínu B a C ve vodě může být jejich nadbytek vyloučen močí [22]. Vitamíny B jsou často spojovány s metabolismem sacharidů [68].

Vitamíny řady B tvoří komplexy, protože mají mnoho společného. Často se v produktech nenachází samostatně, ale právě v komplexech. Při průmyslovém zpracování často dochází ke ztrátám vitamínů a následné fortifikaci výrobků [69].

Vitamíny v iontových nápojích mají však sporný přínos, protože se většinou nestihnou včas vstřebat tak, aby byly schopny napomoci výkonu [23].

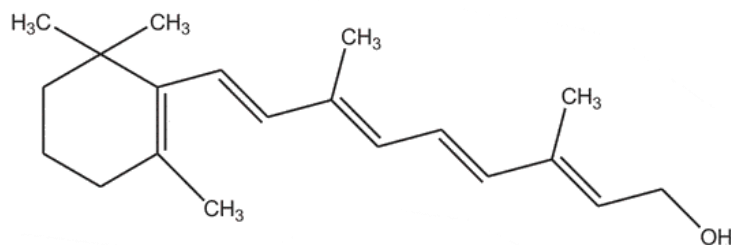
### 2.4.2.1 Vitamín A

Vitamín A je souhrnný název pro řadu sloučenin, jako jsou retinol, retinal a karotenoidy provitaminu A. Mají také různé zdroje. Retinol je především živočišného původu (játra, maso, žloutek, rybí tuk, mléčné výrobky a tak dále), zatímco  $\beta$ -karoten (viz obrázek 10) je původu rostlinného (ovoce a zelenina). Funkční forma vitamínu A, která je přijímána stravou, je forma  $\beta$ -karotenu nebo retinylesterů. Podléhají hydrolyze a ve střevě jsou přeměněny na retinol, který je absorbován [70]. Vitamín A se do iontových nápojů také přidává často jako betakaroten, provitamin vitamínu A, jelikož se v těle na vitamín A přeměňuje [68].



Obrázek 10 –  $\beta$ -karoten [70]

Retinol (forma vitamínu A) je izoprenoid s pěti konjugovanými dvojnými vazbami v molekule. Chemická struktura je charakterizována přítomností dvou skupin, iononového kruhu a retinylou skupinou, izoprenoidní stranou (viz obrázek 11) [70].



Obrázek 11 – Retinol [70]

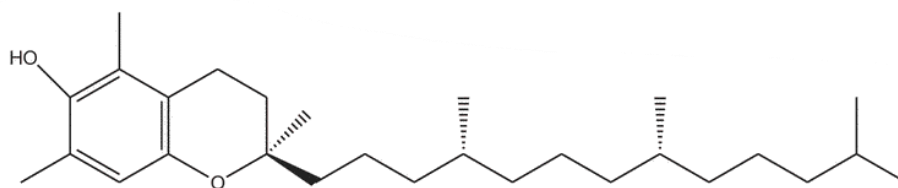
Vitamín A zastupuje v těle funkce spojované se zrakem a systémovými funkcemi, jako jsou buněčná diferenciaci, reprodukce, růst a vývoj kostí a imunitní systém. Mezi projevy nedostatku se řadí šeroslepost, únava organismu, lámavost nehtů a vlasů, zhoršení stavu pokožky, snížení činnosti imunitní funkce a vyšší úrovně oxidačního stresu. Mezi projevy nadbytku se řadí únava, apatie, vypadávání vlasů, bolest kloubů a teratogenní účinky [3,70].

Doporučená denní dávka u dětí je 0,4–0,6 miligramů a u dospělých 0,8–1,0 miligram za den. U těhotných a kojících žen se DDD pohybuje od 1–2 miligramů. Absorpce závisí na způsobu přípravy pokrmu a zejména na přítomnosti tuků [14].

#### 2.4.2.2 Vitamín E

Vitamín E je v tucích rozpustný vitamín, který má v lidském těle mnoho důležitých funkcí. Chrání tkáň a buněčné struktury před oxidačním poškozením, zajišťuje stabilitu membrán, je nejvýznamnější antioxidant v lidském těle. Společně s vitamínem C se podílí na regeneraci svalové hmoty. Podílí se na genové expresi a má i další neurologické funkce. Při nedostatku hrozí svalová únava, zhoršené reflexy a soustředěnost, anémie a neplodnost [3,70].

V přírodě se vyskytuje v řadě forem, z nichž nejznámější jsou  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tokoferoly. Strukturální základ společný všem derivátům je tokoferol a tokotrienol, které obsahují chromanový cyklus s nasyceným nebo nenasyceným izoprenoidním postranním řetězcem o 16 C (viz obrázek 12). Adekvátní denní příjem (ADI) je 10–15 miligramů. U těhotných a kojících žen se tato hodnota navyšuje o 2–5 miligramů za den [14].



Obrázek 12 –  $\alpha$ -tokoferol [70]

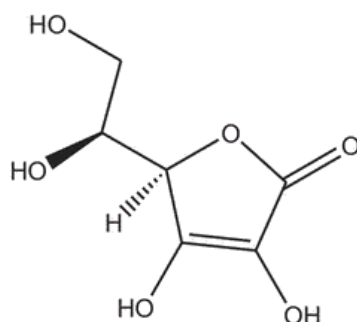
Vitamín E se vyskytuje především v potravinách rostlinného původu, jako jsou špenát, mrkev, rajčata, pomeranče, obilí, ale nachází se i v produktech živočišných, jako jsou ryby, maso a vejce [14].

#### 2.4.2.3 Vitamín C

Vitamín C, též nazýván kyselina L-askorbová, je vitamín rozpustný ve vodě. Je přítomen v široké škále potravin. Kromě citrusových plodů se vyskytuje v rybízu, jahodách, paprikách,

bramborách a dalším ovoci a zelenině. Je to významný antioxidant, je nezbytný pro růst kostí a zubů, pro hojení ran a udržení pevnosti cévních stěn a tkání. Při nedostatku vitamínu C dochází k nemoci zvané kurděje, k lámavosti vlasů, krvácivosti a špatnému hojení ran. Nadbytek vitamínu je vyloučen močí. Často se používá k obohacování potravin a jako potravinářský přípravek, který má konzervační účinky, inhibuje hnědnutí v ovoci a funguje jako stabilizátor v nápojích [20].

Kyselina L-askorbová je organická sloučenina, která se řadí k nenasyceným polyhydroxyalkoholům. Je to ketolakton, jehož střed je tvořen pětičlenným uhlíkovým kruhem (viz obrázek 13). Má silné redukční vlastnosti. Podílí se na regulaci reaktivních forem kyslíku a účinnosti dalších antioxidantů [71].



Obrázek 13 – Kyselina L-askorbová [70]

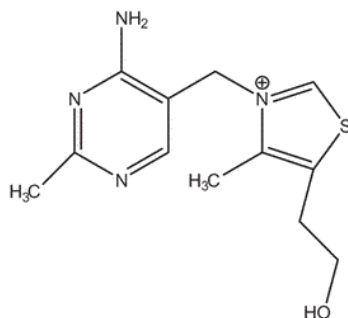
Doporučená denní dávka vitamínu C se pohybuje v rozmezí 60–200 miligramů. Dávka je kryta z potravy, nejsou potřeba žádné speciální doplňky stravy [14].

#### 2.4.2.4 Vitamín B<sub>1</sub>

Vitamín B<sub>1</sub> je též známý jako thiamin. Mezi hlavní zdroje z potravy patří fazole, ořechy, ovoce, kvasnice, živočišné produkty a potraviny (játra, vepřové maso, ...), obilniny a fortifikované potraviny a tak dále. Nedostatek (hypovitaminóza) až avitaminóza thiaminu způsobuje onemocnění beri beri s neurologickými příznaky a postižením srdce. Může způsobit špatnou koncentraci, nespavost, změny tlaku, brnění končetin a poruchy senzorických a motorických funkcí [72]. Množství potřebného vitamínu souvisí s příjmem sacharidů. Na každých 1000 kcal je třeba přijmout 0,4–0,6 miligramů thiaminu [14].

Enzymy, které jsou závislé na thiaminu, se podílejí na metabolismu sacharidů a tvorbě energie. Slouží jako koenzym. Je důležitý pro nervový systém a podílí se na metabolismu AMK. Udržuje optimální stav srdeční svaloviny a nervové tkáně. Má důležitou roli při růstu. Je citlivý na teplo a kyslík [73].

Thiamin obsahuje pyrimidinový cyklus spojený methylenovou skupinou na pátém uhlíku s dusíkem thiazolového cyklu (viz obrázek 14). Vyskytuje se jako volná látka a ve formě fosforečných esterů, monofosfátu, difosfátu a trifosfátu. Rostliny a řada mikroorganismů thiamin syntetizují, člověk ho však syntetizovat nedokáže, a proto musí být přijímán ze stravy [74].



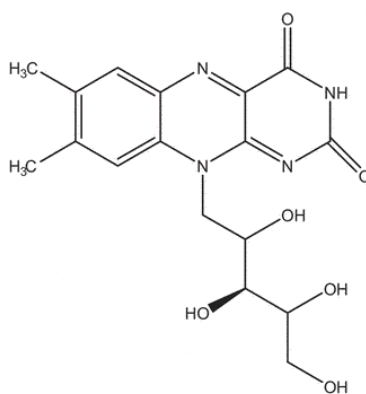
Obrázek 14 – Thiamin [70]

#### 2.4.2.5 Vitamín B<sub>2</sub>

Vitamín B<sub>2</sub>, též známý jako riboflavin, se nachází v játrech, ledvinách, mléce a mléčných výrobcích, rostlinných i živočišných produktech, kvasnicích a fortifikovaných potravinách. Jeho nedostatek může způsobit nervové poruchy, zánět spojivek, suché sliznice, praskání rtů a chudokrevnost [72].

Denní potřeba je v rozmezí 0,4–1,7 miligramů od kojenců až po dospělé jedince. V těhotenství se potřeba vitamínu B<sub>2</sub> zvyšuje [14]. Je prekurzorem flavinmononukleotidu a flavinadenindinukleotidu, které slouží jako proteické skupiny i jako kofaktory pro enzymy, které jsou důležité pro  $\beta$ -oxidaci, oxidační fosforylaci, metabolismus vitamínů, antioxidační obranu, syntézu hormonů, využití AMK a mnoho dalších [75].

Základem struktury riboflavinu (viz obrázek 15) je izoalloxazinové jádro, na které je v poloze N-10 vázán ribitol, alditol odvozený od D-ribózy. Převážně se vyskytuje ve formě riboflavin-5'-fosfátu a flavinadenindinukleotidu. Jsou to kofaktory flavoproteinů [74].

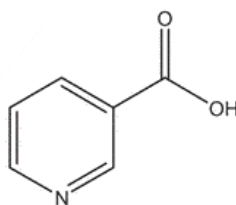


Obrázek 15 – Riboflavin [70]

### 2.4.2.6 Vitamín B<sub>3</sub>

Vitamín B<sub>3</sub>, též známý jako niacin, se nachází ve vnitřnostech, mase, sóji, ořechích a fortifikovaných potravinách [72]. Odhadovaná denní potřeba niacinu činí zhruba 10 miligramů [14]. Je součástí metabolismu ve formě nikotinamidadeninukleotidu a nikotinamidadeninukleotidfosfátu, které často fungují ve spojení s koenzymy thiaminu a riboflavinu k produkci energie v buňkách. V rostlinných tkáních se nachází jako kyselina nikotinová a v živočišných tkáních jako nikotinamid. Nedostatek nikotinamidu vede k pelagře, intestinálním poruchám a depresivním psychózám [20]. Pelagra se projevuje především kožními příznaky, projevují se i poruchy trávicí soustavy a duševní poruchy, jako je například demence [76].

Niacin je společný název pro kyselinu nikotinovou (viz obrázek 16) a její amid, nikotinamid. Obě sloučeniny mají stejnou biologickou účinnost. Dříve byl také nazýván jako vitamín PP (Pellagra Preventive) [74].



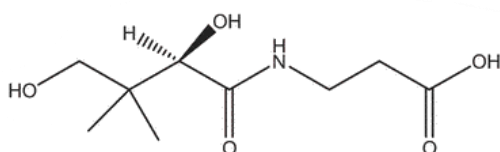
Obrázek 16 – Kyselina nikotinová [70]

### 2.4.2.7 Vitamín B<sub>5</sub>

Vitamín B<sub>5</sub>, též známý jako kyselina pantothenová, se nachází ve všech rostlinných, a především živočišných tkáních (ryby, játra, žloutky, ...) [72]. Žádoucí denní příjem kyseliny

pantothenové činí 6–8 miligramů, s výjimkou těhotných a kojících žen a adolescentů, kde je denní potřeba 6–12 miligramů [14]. Je složkou koenzymu A, jehož nejdůležitější složkou je acetylkoenzym A. Podílí se na celé řadě metabolických pochodů, mezi něž patří cyklus kyseliny citrónové a odbourávání mastných kyselin [24].

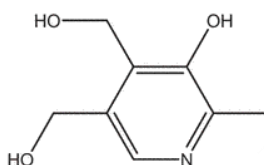
Pantothenová kyselina (viz obrázek 17) se v přírodě vyskytuje pouze jako D-(+)-forma, skládá se z (R)-pantoové kyseliny vázané amidovou vazbou na 3-aminopropionovou kyselinu. L-(-)-izomer není biologicky aktivní a je antimetabolitem kyseliny pantothenové [74].



Obrázek 17 – Kyselina pantothenová [70]

#### 2.4.2.8 Vitamín B<sub>6</sub>

Vitamín B<sub>6</sub>, též známý jako pyridoxin, je souhrnný název pro tři strukturně podobné látky, a to pyridoxal, pyridoxol (viz obrázek 18) a pyridoxamin. Nachází se v mléce, droždí, mase, luštěninách a rostlinných a živočišných produktech. Nedostatek může u kojenců způsobit křeče a u dospělých jedinců neuropatii a poruchy trávicího traktu [72]. DDD se pohybuje v rozmezí 0,3–2,6 miligramů [14]. Podílí se na správném fungování mnoha procesů v lidském těle a je nezbytný pro činnost mnoha enzymů. Účastní se pochodů probíhajících v nervovém a imunitním systému, tvorby hemoglobinu a metabolismu AMK. Je důležitý jako koenzym při odbourávání homocysteinu, jehož zvýšená hladina v krvi souvisí s kardiovaskulárními onemocněními a žilními trombózami [77].



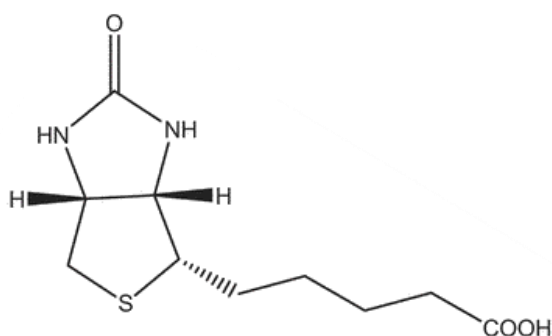
Obrázek 18 – Pyridoxin (pyridoxol) [70]

Zahrnuje tři strukturně příbuzné, biologicky aktivní deriváty, které se liší substitucí v poloze 4-pyridinového kruhu, a tři příslušné 5'-fosfáty. Hydroxymethylderivát se nazývá pyridoxol, formylderivát se nazývá pyridoxal a aminomethylderivát se nazývá pyridoxamin [74].

### 2.4.2.9 Vitamín B<sub>7</sub>

Vitamín B<sub>7</sub>, též známý jako biotin nebo vitamín H, se nachází ve většině rostlinných a živočišných zdrojích (játra, ledviny, žloutek, ...), avšak v nízké koncentraci, případně mohou být jeho zdrojem střevní bakterie. Nedostatek biotinu může způsobit vypadávání vlasů a vyrážku [72]. Denní potřeba se odhaduje na 50–100 mikrogramů a je kryta z potravy nebo tvorbou vitamínu střevními bakteriemi [14]. Je nezbytný pro metabolismus sacharidů, štěpení aminokyselin a doplňuje meziprodukty cyklu trikarboxylových kyselin. Při avitaminóze může způsobovat slabost, nauzeu nebo kožní projevy [78]. Katalyzuje přeměnu acetylkoenzymu A na malonylkoenzym a pyruvátu na oxalacetát [76].

Biotin (viz obrázek 19) je složen z ureidového kruhu spojeného s tetrahydrothiofenovým kruhem substituovaným valerovou kyselinou. Obsahuje tři asymetrické atomy uhlíku. Jeden z osmi možných izomerů se vyskytuje v přírodě a vykazuje biologickou aktivitu – D-biotin neboli (+)-biotin [74].

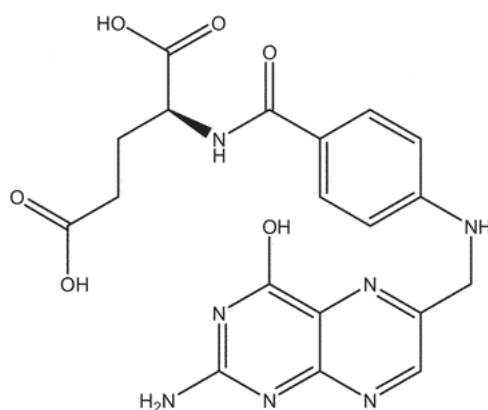


Obrázek 19 – Biotin [70]

### 2.4.2.10 Vitamín B<sub>9</sub>

Vitamín B<sub>9</sub>, též známý jako kyselina listová (viz obrázek 20) nebo folacin, se nachází v sytě zelené zelenině ve fortifikovaných obilných výrobcích, játrech a v droždí. Nedostatek kyseliny listové způsobuje megaloblastickou anémií nebo nedostatek tvorby DNA (deoxyribonukleová kyselina). Je třeba dbát na dostatečný příjem v těhotenství. Chronický příjem alkoholu může narušovat vstřebávání vitamínu B<sub>9</sub> [72]. DDD je 0,2–0,9 miligramů, většinou je ve výživě nedostatkovým vitamínem [14]. Je důležitá pro metabolismus nukleových kyselin, aminokyselin a methylační reakci. Kyselina listová pomáhá produkovat a udržovat nové buňky a předcházet změnám DNA [79].





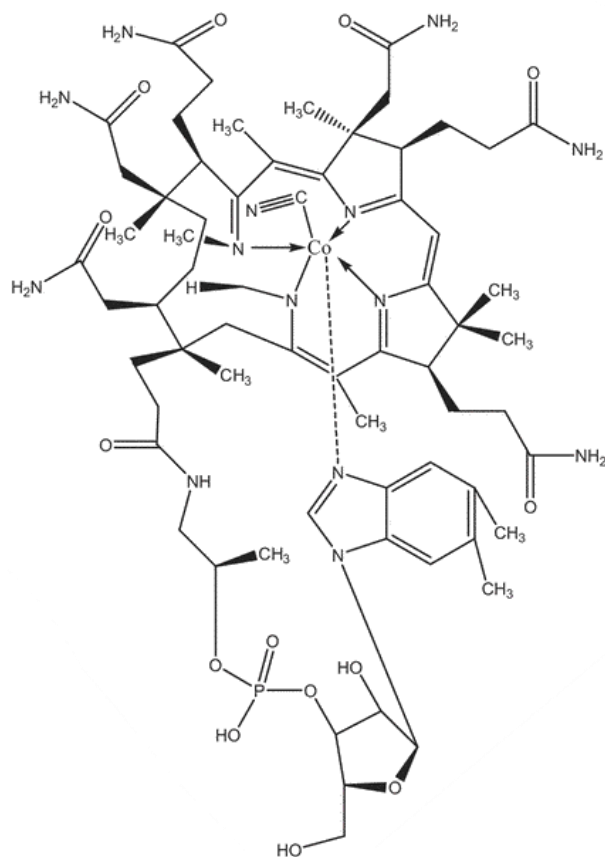
Obrázek 20 – Kyselina listová [70]

Folacin je název pro biologicky aktivní deriváty kyseliny listové. Základem její struktury je pteroová kyselina. Na její karboxylovou skupinu je amidovou vazbou navázána L-glutamová kyselina, ale běžně spíše molekuly této aminokyseliny. Tyto glutamylpeptidy jsou nazývány konjugáty. Aktivní formou folátů je tetrahydrofolová kyselina neboli tetrahydropteroylglutamová kyselina s redukováným pteridinovým cyklem [74].

#### 2.4.2.11 Vitamín B<sub>12</sub>

Vitamín B<sub>12</sub> je též známý jako kobalamin. Mezi hlavní zdroje patří maso a živočišné produkty. Nedostatek může způsobovat anémii a neuropatii, halucinace až poruchy hybnosti [72]. Denní potřeba se pohybuje v rozmezí 0,5–4 mikrogramů od kojenců po těhotné a kojící ženy [14]. Je potřebný při buněčném dělení a růstu. V některých tkáních může být ukládán v množství, které vystačí lidskému tělu na delší období nedostatku. Jelikož se vyskytuje především v živočišných produktech, mohou mít lidé, kteří tyto výrobky nekonzumují, nedostatečný příjem tohoto vitamínu. Tento nedostatek lze kompenzovat příjmem doplňků stravy. Nízký stav vitamínu B<sub>12</sub> omezuje syntézu DNA, přispívá k homocysteinémii a zhoršuje metabolické využití kyseliny listové [80].

Má nejsložitější strukturu ze všech vitamínů. Jeho základem je korrinový cyklus, částečně hydrogenovaná, téměř planární tetrapyrrolová struktura, která připomíná porfyrinový cyklus hemových barviv, od kterých se liší tím, že neobsahuje methylenový můstek mezi pyrrolovými jádry A a D. Substituenty jsou většinou methylové skupiny a amidové zbytky. Centrální atom je kobalt, který může tvořit až 6 koordinačních vazeb s ligandy (viz obrázek 21) [74].



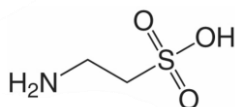
Obrázek 21 – Kyanokobalamin [70]

### 2.4.3 Aminokyseliny a jejich deriváty

Je předpokládáno, že aminokyseliny dokáží zlepšit výkon několika způsoby. Mezi tyto způsoby může patřit zvýšení sekrece anabolických hormonů a prevence únavy a přetrénování. Do iontových nápojů se přidávají především látky odvozené nebo syntetizované z aminokyselin [22].

#### 2.4.3.1 Taurin

Taurin (viz obrázek 22), též kyselina 2-aminoethansulfonová, pochází ze stravy nebo je syntetizován z cysteinu především v játrech. Nachází se v krevních buňkách sítnice, srdci a krevních destičkách v mozku. Je odvozována od cysteinu, který je nejhojnější intracelulární aminokyselinou v lidském těle [81,82].



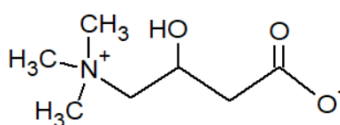
Obrázek 22 – Taurin [autorský obrázek]

Mezi zdroje taurinu se řadí maso, mořské produkty nebo mléčné výrobky. Může být také syntetizován, ale lidské tělo má omezenou schopnost syntézy z prekurzorů methioninu a cysteinu. Bývá popisován jako semi-esenciální AMK. Průměrný denní příjem se pohybuje v rozmezí 40–400 miligramů na osobu. Za posledních deset let se zvýšil přídavek taurinu do energetických a iontových nápojů a tím se stal jednou z nejvíce používaných a také studovaných aminokyselin [81,82].

Taurin má regulační účinky na transport iontů sodíku a draslíku v srdci a je antiarytmický. Redukuje poškození DNA, neuromodulaci, stabilizuje buněčnou membránu, je antihypertenzní a má antioxidační a protizánětlivé účinky na tělo [81].

### 2.4.3.2 L-karnitin

L-karnitin (viz obrázek 23) je endogenní sloučenina, kyselina 3-hydroxy-4*N*-trimethylaminomáselná. Pochází ze zdrojů živin a biosyntézy. Mezi zdroje L-karnitinu se řadí červené maso a mléčné výrobky. Přidává se i do některých energetických a iontových nápojů. Zajišťuje transport mastných kyselin do mitochondrií, zprostředkovává  $\beta$ -oxidaci mastných kyselin, což zajišťuje energii zejména pro srdeční a kosterní svalstvo. Nachází se v buňkách živočišných těl a navazuje na sebe krátké a dlouhé řetězce MK. Krátké řetězce jsou biologicky vysoce účinné a dlouhé řetězce jsou naopak škodlivé až toxické, pokud nejsou v mitochondriích odbourávány. V těle se karnitin tvoří z aminokyselin lysinu a methioninu. Má dobré vstřebávání, a proto lze dobře dosáhnout zvýšení koncentrace v krvi, avšak průnik do svalů je velmi pomalý [81,83].



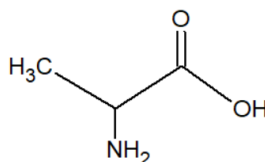
Obrázek 23 – L-karnitin [autorský obrázek]

Tvrzení, že zlepšuje výkonnost při cvičení, nejsou zcela pravdivá. Neexistuje studie, která by toto tvrzení potvrdila. Příjem karnitinu bez kofeinu nemá pozitivní vliv na svalový metabolismus [81,83].

### 2.4.3.3 $\beta$ -alanin

$\beta$ -alanin (viz obrázek 24) je přidáván do iontových nápojů za účelem zvýšení výkonu. Je to prekurzor karnosinu, funguje jako pufr pro udržení intracelulárního pH během vysoce intenzivních aktivit [84]. Je to aminokyselina, která je endogenně produkována v játrech.

Nachází se i v potravinách jako jsou drůbež a jiné maso.  $\beta$ -alanin byl identifikován jako rychlost omezující prekurzor syntézy karnosinu. Bylo prokázáno, že zvyšuje hladinu karnosinu v lidském kosterním svalstvu [85,86].



Obrázek 24 –  $\beta$ -alanin [autorský obrázek]

#### 2.4.3.4 Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem

Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem, neboli Branched Chain Amino Acids, jsou esenciální aminokyseliny, které musí lidské tělo získávat ze stravy, protože si je nedokáže samo syntetizovat. Jsou častou součástí doplňků stravy pro sportovce a mají potenciální přínos pro výkon. Mohou stimulovat syntézu svalových bílkovin, snižovat poškození svalů vzniklé cvičením, snižovat únavu a zabraňovat rozkladu svalových bílkovin. Ve spojení se sportem souvisejí s regenerací [87].

Jedná se o tři esenciální aminokyseliny – valin, leucin a izoleucin. Nachází se ve svalové tkáni, kde tvoří přibližně 35 % všech esenciálních aminokyselin. Suplementace u sportovců lze doporučit při silových trénincích trvajících déle než dvě hodiny, za těchto podmínek mají vliv na snížení kortizolu a katabolismu bílkovin. Suplementace je vhodná i při specifických situacích, například při dlouhých vytrvalostních závodech, jako jsou maraton a triatlon, kdy po vyčerpání glykogenových zásob dochází ke zvýšenému užívání aminokyselin jako zdroje energie pro svalovou práci [3].

#### 2.4.4 Kokosová voda

Kokosová voda z kokosových ořechů je osvěžující a přirozeně rehydratační médium pro tělo. Obsahuje velké množství elektrolytů, jako jsou hořčík a draslík. Může být považována za přírodní izotonický nápoj. Může být také bohatá na bílkoviny, aminokyseliny, cukry, vitamíny a další minerály. Pomáhá doplnit ztracenou vodu z těla a rehydratuje pokožku [88].

#### 2.4.5 Barviva

Vzhled patří k jednomu z faktorů, ke kterému při koupi lidé přihlížejí. Spotřebitelé se zajímají o nápoje, které mají pěknou barvu a vypadají pro ně přitažlivě. Může zde však platit pravidlo, že čím více je nápoj barevný a chutný, tím více v něm může být přidaných látek.

Barviva patří mezi nejpoužívanější přídatné látky. Jsou to látky, které udělují potravině barvu, kterou by sama o sobě neměla, anebo obnovují poškozenou a zeslabenou barvu, která vznikla během technologického procesu [89].

Existují barviva syntetická a přírodní, ale je třeba se zamyslet, zda jsou tato barviva v produktech vůbec potřebná. To je řízeno požadavky a vnímáním produktu očima spotřebitele. V posledních letech došlo k významnému snížení spotřeby umělých barviv a jejich povolený rozsah je omezený. Výběr barviv záleží na celé řadě faktorů, mezi které se řadí i cena a dostupnost, odstín barvy, preference umělých nebo přírodních barviv a rozpustnost ve vodě. Žlutý odstín dodá nápoji kurkumin, žlutozelený riboflavin nebo potravinářská žluť, karmíny červený, potravinářská a brilantní modř modrý odstín a tak dále. [90].

#### **2.4.6 Aromata**

Mezi jeden z hlavních faktorů při výběru nápoje patří jeho chuť a vůně. Čím chutná nápoj lépe, tím více ho člověk vypije a tím více se hydratuje [23].

Aromata spadají do tří hlavních skupin, a to přírodní, přírodně identická a syntetická. Slouží k dodání chuti a vůně, popřípadě k jejich obnovení po technologickém zpracování. Přírodní aromatické složky se získávají z přírodních zdrojů fyzikálními, enzymatickými nebo mikrobiologickými procesy. Jsou-li odvozeny chemickou syntézou, ale jinak jsou totožné s látkami přírodními, nazývají se přírodně identické. Umělá aromata jsou syntetizována a nemají žádný přírodní protějšek. Nejčastěji se používají ovocná a sladká aromata [90].

#### **2.4.7 Konzervanty**

Konzervace potravin se provádí za účelem zachování kvality, fyzikálně chemických vlastností, funkčnosti a nutriční hodnoty. Existují klasická umělá konzervační činidla nebo přirozeně se vyskytující biomolekuly, tzv. přírodní konzervační činidla [70]. Chrání potraviny před znehodnocením mikroorganismy, zastavují růst mikrobů a brání kažení potravin. Mezi nejčastěji používané konzervanty se řadí kyselina citrónová, L-askorbová a benzoová [91].

#### **2.4.8 Stabilizátory**

Stabilizátory se používají k udržení rovnoměrného rozptýlení více než jedné složky v potravině a poskytují vhodnou texturu. Jako stabilizátory se používají polysacharidy, škrob, pektiny nebo například želatina [91].

#### **2.4.9 Regulátory kyselosti a protispékavé látky**

Regulátory kyselosti se používají ke kontrole pH potravin, aby zajistily jejich stabilitu. Mezi nejčastěji používané se řadí kyselina jablečná, octová a mléčná nebo například oxid uhličitý.

Protispékavé látky se používají k prevenci tvorby hrudek a přidávají se hlavně do práškovitých potravin a doplňků stravy. Mezi hlavní tři používané látky se řadí uhličitan vápenatý, vlnan draselný nebo fosforečnany vápenaté [91].

### 3 Homeostáza

Termín homeostáza označuje stálost vnitřního prostředí organismu. Ve vnitřním i vnějším prostředí organismu probíhají neustále procesy, které homeostázu narušují. U zdravých jedinců zaznamenávají změny v homeostáze imunitní soustava, nervová soustava a endokrinní žlázy. Základním předpokladem pro fyziologickou funkci buněk jsou relativně stálé podmínky, které buňkám zajišťuje tkáňový mok (vnitřní prostředí buňky). Tkáňový mok buňkám zprostředkovává optimální teplotu, osmolalitu, pH, přísun anorganických a organických látek, živin, kyslíku, látkových regulačních signálů a odvod produktů metabolismu [92].

Homeostáza vnitřního prostředí je udržována systémem regulačních mechanismů, receptorů a orgánových systémů, které zprostředkovávají napojení na zevní prostředí. Jejich činnost je řízena hormonálními a nervovými faktory na základě informací o stavu vnitřního prostředí poskytovaných specifickými receptory. Pomocí působení zpětné vazby jsou regulovány odchylky různých parametrů vnitřního prostředí.

Tepelná energie a různé látky (voda, kyslík, oxid uhličitý, živiny a ionty) jsou přijímány z okolí organismu anebo vylučovány prostřednictvím určitých orgánů. Jedná se o respirační a cirkulační aparát, gastrointestinální trakt, ledviny a kůži [16].

## 4 Tělní tekutiny

Tělní tekutiny jsou tekutiny, které se nacházejí v lidském těle. Nejdůležitějším stavebním kamenem tělních tekutin je voda [93]. Mezi tyto tekutiny se řadí tkáňové a synoviální tekutiny, krev, lymfu, moč, žluč a pot. Obecně se podílejí na transportu a vylučování látek. Umožňují distribuci kyslíku a živin do tkání a orgánů a transport odpadních látek a jejich vyloučení z těla [94].

### 4.1 Rozdělení tělních tekutin

Tělní tekutiny lze rozdělit na intracelulární tekutinu (ICF), která se nachází uvnitř buněk, a extracelulární tekutinu (ECF), která se nachází mimo buňky [93].

Difúzní látky, jako jsou močovina, ethanol nebo izotopické formy vody poskytují, vysoké množství vody v organismu. U dospělého jedince tvoří voda 35–45 litrů nebo 50–70 % tělesné hmotnosti, ale její podíl se individuálně liší v závislosti na pohlaví, věku, hmotnosti, obsahu svalové a tukové tkáně a dalších faktorech. Rozdíly ve složení jednotlivých částí tělních tekutin závisí především na propustnosti membrán, které je oddělují [19,95]. Proteiny a jiné koloidní látky, které nemohou odejít z krve, tvoří krevní plazmu, jejíž objem se pohybuje kolem 3 litrů nebo 4–5 % tělesné hmotnosti. Látky se střední velikostí molekul, které nemohou proniknout do buňky, tvoří 12–20 litrů nebo 16–30 % tělesné hmotnosti. Výsledkem tedy je, že voda v těle se nenachází v jednom homogenním stavu [19].

#### 4.1.1 Extracelulární tekutina

Extracelulární tekutina je kontinuální medium, ve kterém buňky žijí a které poskytuje prostor pro jejich komunikaci mezi sebou a prostřednictvím krve s vnějším prostředím. Je tvořena tělní vodou, která se nachází mimo buňky a činí přibližně 20 % tělesné hmotnosti. Je tvořena tkáňovým mokem (intersticiální tekutinou) a plazmou (intravaskulární tekutinou). Tkáňový mok je představován tekutinou, která obklopuje buňky různých tkání a tvoří 75 % extracelulární tekutiny, tedy asi 15 % hmotnosti člověka. Intravaskulární tekutina se nachází uvnitř cév krevního oběhu a tvoří zbylých 25 % mimobuněčné tekutiny, tedy asi 5 % tělesné hmotnosti [19,95].

Tkáňový mok i plazma jsou odděleny endotelovými buňkami krevních kapilár, které volně propouštějí vodu i nízkomolekulární látky. Jejich složení je proto velmi podobné. Rozdílem



je obsah vysokomolekulárních látek, konkrétně plazmatických bílkovin, které se nacházejí v intravaskulární, nikoliv však v intersticiální tekutině [95].

Extracelulární tekutina je podobná jako zředěná mořská voda. Hlavní rozpuštěné látky v této tekutině jsou sodík a chlor, s malými, ale důležitými koncentracemi draslíku, vápníku, hydrogenuhličitanu, a dalších, spolu s organickými živinami, jako jsou například glukóza, aminokyseliny a odpadní produkty – močovina [19].

#### **4.1.2 Intracelulární tekutina**

Intracelulární tekutina je nespojitá, je tvořena vodou obsaženou v buňkách a dohromady činí 40 % tělesné hmotnosti člověka. Skládá se většinou z vody, rozpuštěných iontů, malých a velkých, ve vodě rozpustných, molekul. Voda je zde zastoupena asi ze 70 %. Je zde velice malá koncentrace sodných iontů. Naopak je zde vysoká koncentrace draselných iontů, které tvoří hlavní intracelulární kationt. Je od extracelulární tekutiny oddělena buněčnou membránou, která tvoří nepropustnou stěnu pro všechny molekuly, které jsou rozpuštěny ve vodě a hrají tak klíčovou roli v rozdílném složení obou tekutin. Touto membránou však mohou procházet látky přes specializované kanálky a pumpy během pasivního a aktivního transportu [93,95].

#### **4.2 Transport látek**

Transport molekul přes buněčnou membránu je velmi důležitý pro buněčnou funkci. Buněčná stěna funguje jako bariéra, která odděluje vnitřek buňky od jeho okolí. Kromě kyslíku a vody neprojde do buňky takové množství ostatních látek, aby pokrylo potřebu růstu buněk. Všechny živiny jsou transportovány a vylučovány pomocí svých transportérů.

Buňka se velmi často může vyskytovat v prostředích s velmi odlišnými chemickými podmínkami, ale své intracelulární prostředí musí udržovat ve velmi úzkém rozmezí. Je důležité, aby pH, osmolalita a koncentrace hlavních iontů byla téměř konstantní. Toho je dosaženo vyrovnáváním intracelulárních reakcí s extracelulárním prostředím prostřednictvím výměny. Transportéry se podílejí na transportu živin a produktů, ale také přijímání a vylučování mnoha dalších látek, aby byla udržena homeostáza buňky [58].

Polopropustné membrány tvoří rozhraní mezi jednotlivými druhy tekutin. Mají pozoruhodně nízkou a vysoce selektivní propustnost. Membrány nejsou zcela propustné pro sodné, draselné a další ionty. V důsledku toho je důležité vyrovnávat odchylky od charakteristického uspořádání intracelulární a extracelulární tekutiny. Je zapotřebí poskytnutí energie k odčerpání sodíku, který neustále difunduje do buněk, a k obnově draslíku, který uniká nebo se ztrácí

během aktivit, jako jsou svalové kontrakce nebo vedení nervových vzruchů. Membrány jsou zcela propustné pro vodu, která slouží k dosažení osmotické rovnováhy. Přenos látek mezi buněčnou, mezibuněčnou a mimobuněčnou tekutinou zajišťují různé mechanismy od pasivního transportu, závisícího na koncentračním spádu a hydrostatickém tlaku, až po aktivní transport, který spotřebovává energii [19].

Voda se mezi jednotlivými tekutinami pohybuje volně, její pohyb je určován hydrostatickým a osmotickým tlakem. Na rozdíl od vody pohyb iontů přes obě bariéry není stejný. Přes kapilární stěnu procházejí ionty volně, přes membránu jsou transportovány specifickými transporty [95].

### **4.3 Osmóza**

Membrána je používána k oddělení dvou roztoků o různých koncentracích rozpuštěných látek. Voda skrz tuto membránu prochází. Přejíždí z místa s vysokou koncentrací vody do místa s nižší koncentrací vody, což má za následek vyrovnávání koncentrace na obou stranách membrány. Tento pohyb vody se obecně nazývá osmóza [96]. Obecně lze říci, že osmóza je v podstatě difúze vody podél osmotického gradientu přes semipermeabilní membránu. Aby byla zajištěna normální funkce, musí být udržována vhodná koncentrace rozpuštěných látek uvnitř a vně buňky [93].

#### **4.3.1 Osmolalita, osmolarita**

Osmolalita udává koncentraci všech rozpuštěných osmoticky aktivních látek v jednom litru vody. Osmolarita udává koncentraci všech rozpuštěných osmoticky aktivních látek v jednom litru roztoku [97].

Osmolarita je ve všech částech tělních tekutin stejná (290 miliosmol/l), kromě některých částí ledvin a v moči. Pokud se v některé části osmolarita změní, způsobí to přesun vody v těle. Dojde tak k vyrovnání osmolarity. Pokud koncentrace rozpuštěných látek vzroste, jedná se o hyperosmolaritu, pokud se sníží, o hypoosmolaritu [16].

#### **4.3.2 Tonicita**

Tonicita vyjadřuje rozdíl osmotického tlaku mezi dvěma roztoky, které jsou vzájemně odděleny membránou (například buněčnou membránou). Tonicitu ovlivňují pouze látky, které jsou nepropustné přes membránu [98].

### 4.3.3 Bilance vody

Existuje ustálený stav osmolarity tělních tekutin, který je dán rovnováhou mezi výdejem a příjmem vody. Ustálený stav trvá tak dlouho, dokud trvá i rovnováha mezi příjmem a výdejem. Příjem může být také nazýván vstupem a výdej výstupem. Za normálních okolností během dne kolísá příjem vody značně, což vede ke změnám osmolarity. Právě změna osmolarity spouští regulační systémy, které způsobí, že změny osmolarity budou co nejmenší. Výsledkem tedy je, že i přes výrazné rozdíly v příjmu tekutin během dne je kolísání osmolarity drženo ve velmi úzkém rozmezí hodnot. Převažuje-li příjem tekutin nad výdejem, jedná se o pozitivní bilanci. Převažuje-li výdej nad příjmem, jedná se o negativní bilanci. Cílem je navození stavu, kterému se říká vyrovnaná bilance, kdy jsou příjem i výdej vody v rovnováze [99].

## 5 Negativní vliv iontových nápojů na zdraví

Konzumace iontových nápojů v rozumném množství má sice pozitivní účinky, ale mohou se zde objevovat i účinky negativní. Nadměrná konzumace iontových nápojů bývá spojována s nadváhou a obezitou, cukrovkou a kardiovaskulárními onemocněními. Pokud nápoj obsahuje přebytek cukrů, může být konzumace riziková i ve spojení se zubním kazem. Vyšší množství sodíku může také způsobovat vysoký krevní tlak. Přídavné látky mohou způsobovat hyperaktivitu u dětí. Mohou být zodpovědné za hyperhydrataci i dehydrataci organismu. V případě sportovců iontové nápoje podporují výkon, ale v běžné populaci, zejména mezi adolescenty, jejich pravidelné užívání není doporučováno [100–102].

### 5.1 Nadváha a obezita

Obezitu a nadváhu lze definovat jako nadměrné množství tuku, které zvyšuje riziko onemocnění a předčasné smrti. Nejčastěji je definice založena na indexu tělesné hmotnosti (BMI). BMI lze získat vydělením hmotnosti v kilogramech druhou mocninou výšky v metrech. BMI mezi 25–29,9 kg/m<sup>2</sup> je považováno za nadváhu a obezita je definována jako BMI vyšší nebo rovno 30 kg/m<sup>2</sup> [103].

Na vzniku nadváhy nebo obezity se podílí celá řada faktorů, ať už to jsou nesprávné stravovací návyky, psychologické poruchy, onemocnění nebo genetické faktory. Nadváha vzniká tím, že tělo přijímá více energie, než vydává. Tudíž jednu ze zásadních rolí při vzniku nadváhy hraje nedostatek pohybu a nadbytek jídla.

Užitečnost BMI pro posouzení nadváhy je omezená, neboť tato hodnota nevypovídá o rozložení a procentu tělesného tuku. Například velmi svalnatí lidé budou mít BMI také větší, nemá to však nic společného s obezitou jako takovou [104].

Slazené nealkoholické nápoje zvyšují hlad, snižují sytost a nastavují organismus na vysokou sladkost. Konzumace tekutých kalorií nezasytí tolik, jako konzumace stejného množství kalorií z tuhé stravy. Lidé tak přijmou více energie a zvyšují se jim chutě.

Nadváha a obezita zvyšují riziko vzniku diabetu 2. typu, vzniku kardiovaskulárních onemocnění a dvojnásobně zvyšují riziko předčasného úmrtí [4].

### 5.2 Diabetes 2. typu

Diabetes druhého typu je onemocnění z narušeného metabolismu sacharidů, které je charakterizováno hyperglykemií. Jedná se o absolutní nebo relativní pokles sekrece inzulínu,

který je způsobený špatnou funkcí buněk pankreatu a inzulínovou rezistencí v játrech, svalech a tukových buňkách. Jedná se o multifaktoriální patogenezi s genetickými faktory, jako je zhoršená sekrece inzulínu, a faktory prostředí, jako je inzulínová rezistence způsobená sedavým způsobem života a přejídáním se. Osoby trpící diabetem jsou vedeny ke zdravému životnímu stylu zaměřenému na snížení hyperglykémie. Diagnóza se stanoví pomocí laboratorních krevních vyšetření, kde hladina glukózy v krvi překračuje hodnoty 7 mmol/l nalačno [105].

Slazené nápoje mohou přispět k diabetu druhého typu především tendencí nabírání na váze. Jelikož některé nápoje obsahují vysoké množství rychle vstřebatelných sacharidů, jako je sacharóza, a vyšší obsahy fruktózy, mohou vést k vysoké glykemické zátěži a jaterní lipogenezi, což může mít za následek inzulínovou rezistenci a zhoršenou funkci B-buněk. Toto všechno může vést k rozvoji diabetu druhého typu [4].

### **5.3 Kardiovaskulární onemocnění**

Další hrozbu představují vrozená nebo získaná onemocnění srdce a srdečních cév, včetně koronárních chorob a mrtvice. Existuje mnoho rizikových faktorů vzniku kardiovaskulárních onemocnění, včetně životního stylu, nemocí a stravy. Jedná se v přední řadě o kouření, nedostatek pohybu, obezitu a nevyvážený jídelníček. Riziko lze upravit snížením příjmu tuků, úpravou složení mastných kyselin, zvýšením spotřeby celozrnných výrobků, vlákniny, ovoce a zeleniny. Mezi nejčastěji se vyskytující onemocnění, která jsou způsobená konzumací iontových nápojů, patří hypertenze a arytmie [20].

#### **5.3.1 Hypertenze**

Arteriální hypertenze je definovaná jako krevní tlak vyšší než 140/90 mmHg. Patří mezi jeden z nejčastějších rizikových faktorů kardiovaskulárních chorob v populaci [106].

Nadměrný příjem soli ve stravě, ve formě chloridu sodného, bývá spojován se zvýšeným rizikem hypertenze. Hypertenze může být rizikovým faktorem pro rozvoj dalších kardiovaskulárních onemocnění i obezity. Ne každý člověk reaguje na změny slanosti stravy změnou krevního tlaku, což rozděluje lidi na skupiny citlivé a necitlivé na sůl. Citlivost se mimo jiné může zvyšovat i u obézních lidí [107].

#### **5.3.2 Arytmie**

Srdeční tep poskytuje mechanickou sílu pro pumpování okysličené krve do a odkysličené krve z periferních tkání. To kriticky závisí na řádné aktivaci a obnově elektrické excitace přes

myokard. Poruchy v uspořádaném vzoru této excitační vlny mohou vést k arytmií. Jedná se tedy o poruchu srdečního rytmu [108].

## **5.4 Dentální zdraví**

Potížemi s dentálním zdravím, jako jsou zubní kaz a zubní eroze, trpí téměř každý. Jedná se o jedno z nejrozšířenějších chronických onemocnění [109].

### **5.4.1 Zubní kaz**

Konzumace cukrů a sladkých potravin jsou hlavním faktorem vzniku zubního kazu [110]. Zubní kaz je destrukce tvrdých zubních tkání. Běžné slazené nápoje obsahují cukry, které jsou častěji zadržovány na zubní sklovině a je tudíž méně pravděpodobné, že je odstraní sliny [4]. Jedná se o bakteriální onemocnění, kterému lze do značné míry předcházet [109].

Vzniká důsledkem demineralizace zubů kyselinami, které jsou produkovány během fermentace sacharidů bakteriemi zubního plaku. Konzumace sacharidů vede vždy k produkci kyselin, ale ne vždy k zubnímu kazu. Sliny mohou neutralizovat a odplavit kyseliny a dodat vápenaté a fosfátové soli pro remineralizaci skloviny, než dojde k jejímu poškození. Kaz vzniká pouze v případech, že je frekvence a velikost konzumace tak velká, že dojde ke snížení pH plaku významně a dostatečně dlouho na to, aby byly překonány přirozené reparační procesy slin [111].

### **5.4.2 Zubní eroze**

Zubní eroze je rozpuštění zubní skloviny a dentinu kyselinou, která může být vnitřního nebo vnějšího původu. Od kazu se liší tím, že kyselina nevzniká fermentací cukrů bakteriemi v zubním plaku. Různé kyseliny a jejich vlastnosti určují její erozivní potenciál. Jedná se o pH, titrovatelnou kyselost, pufrční kapacitu a schopnost chelatovat vápník. Důležité pro rozvoj eroze jsou i biologické faktory, jako například vlastnosti slin a behaviorální faktory, jako například načasování a pravidelnost konzumace kyselých nápojů [111].

Vnější kyseliny mohou pocházet i z léků, jako je aspirin, nebo vystavováním se kyselinám na pracovišti. Zubní eroze může přispět k významné ztrátě povrchu zubu jak u dospělých, tak u dětí. Pokud v ústní dutině klesne pH pod 5,5, dojde k rozpouštění zubní skloviny. U většiny slazených nápojů se pH pohybuje kolem 2,5–3,5 a také obsahují kyseliny s acidogenním potenciálem [4].

## 5.5 Hyperaktivita

Porucha pozornosti neboli hyperaktivita (ADHD) je neurobehaviorální porucha, která se často vyskytuje v dětství a dospívání. Průměrně se vyskytuje u 5 % populace, ale projevuje se různě podle věku, pohlaví a etnického původu. Vyznačuje se nepozorností, impulzivitou a příznaky hyperaktivity [112]. Mezi příznaky hyperaktivity patří neklid, nesoustředěnost, zapomnětlivost, mluvnost nebo rušivé chování [113].

Vzhledem k tomu, že slazené nápoje obsahují vysoké množství cukru, mohly by vést k sekreci inzulínu, podnícení produkce adrenalinu a stimulaci hyperaktivity [114]. Tyto nápoje se navíc považují za významný zdroj potravinářských barviv a konzervačních látek, které jsou spojovány se zvýšeným rizikem ADHD [115].

## 5.6 Hyponatrémie

Při hyponatrémii dochází k buněčné hyperhydrataci, což je odborný termín pro předávkování organismu vodou. I nadměrný příjem vody může ovlivnit negativně sportovní výkon. Předávkování vodou je rizikové zejména u déletrvajících sportovních výkonů, obvykle nad 4 hodiny. Excesivní příjem čisté vody nebo hypotonického nápoje nabourá vnitřní prostředí a dojde k poklesu koncentrace sodného iontu v krvi a krevní plazmě. Mezi příznaky patří nevolnost, křeče, dezorientace až bezvědomí. Pokud člověk zvrací čistou tekutinu, indikuje to nevstřebání většího množství vody a je příznakem právě předávkování vodou. Množství tekutin, které dokáže tělo zadržet, je dané, a proto se nejde ani vodou předzásobit před výkonem [7,23].

Preventivní opatření je měření hmotnosti před a po tréninku. Ideálně by hmotnost měla být stejná. Pokud je však větší, značí to předávkování. Doplnování tekutin během výkonu by tudíž mělo být úměrné výdeji. Mezi nejčastěji postižené jedince se řadí maratonští běžci, triatlonisté a jedinci, kteří při cvičení ztrácejí velké množství sodíku potem. Avšak při opakujícím se cvičení si tělo zvykne a začne lépe hospodařit se sodíkem, který se poté ztrácí potem méně [7,23].

## 5.7 Dehydratace

Dehydratace je ztráta a nedostatek vody v organismu. Vzniká v důsledku ztráty tekutin a minerálů při nedostatečném doplňování tekutin. Nebezpečná je hlavně u dětí, protože nemají dostatečně vyvinuté způsoby, jak by tuto ztrátu kompenzovaly [116].

Dehydratace má negativní účinky, jako jsou hypertermie, zvýšená kardiovaskulární zátěž, změněná funkce centrální nervové soustavy a metabolismu nebo jejich kombinace, které mohou

ovlivnit výkonnost jedince při cvičení. Dehydratace bývá spojována se zvýšeným vnímáním námahy během cvičení [117].

### **5.7.1 Hypertonická dehydratace**

Hypertonická dehydratace snižuje objem mimobuněčné i vnitrobuněčné tekutiny. Její příčinou je nedostatečná konzumace tekutin, nebo jejich větší ztráta u různých onemocnění. Projevuje se sníženým turgorem tkání, žízní, suchou sliznicí, hypotenzí, tachykardií a hypovolemií se snížením centrálního žilního tlaku [116].

### **5.7.2 Hypotonická dehydratace**

Hypotonická dehydratace snižuje objem mimobuněčné tekutiny a zvětšuje objem buněk (vnitrobuněčné tekutiny). Současně dochází ke ztrátám sodíku. Příčinou může být zvracení, průjem nebo velké pocení. Projevuje se většinou poklesem krevního tlaku až křečemi [116].

### **5.7.3 Izotonická dehydratace**

Izotonická dehydratace je izolovaná ztráta izotonické mimobuněčné tekutiny, kdy tekutina vnitrobuněčná zůstává neměnná. Jedná se o souběžný deficit vody a sodíku, přičemž koncentrace draslíku je zachována. Dochází ke zmenšování objemu extracelulární tekutiny. Objevuje se u ledvinových onemocnění a těžkých průjmů nebo zvracení [116].



## **6 Výhody pro spotřebitele a benefity užívání iontových nápojů**

Správně vyrobený iontový nápoj může sloužit pro široké spektrum populace. Primárně jsou však určovány fyzicky aktivním lidem. Nejčastěji slouží sportovcům, vojákům, ale i dělníkům. Výhoda, kterou poskytují, je přímo úměrná množství fyziologicky potřebné vody, cukru, soli a také intenzitě fyzického rozsahu aktivity a ztrátě potu.

Jak již bylo výše zmíněno, konzumace iontových nápojů v průběhu intenzivní aktivity je spojena se zlepšeným výkonem v důsledku udržení hydratace a kardiovaskulárních funkcí, které s výkonem souvisejí. Mezi tyto funkce se řadí objem plazmy, průtok krve do svalů a kůže a srdeční činnost. Je důležité i dodávání metabolizovaných zdrojů sacharidů do svalů a mozku. Dodávané sacharidy během cvičení zvyšují rychlost oxidace sacharidů.

Příjem iontových nápojů je taky spojen se snížením vnímáním únavy během aktivity. Přítomnost sodíku pomáhá zvyšovat osmotický impuls pití, který pomáhá většímu příjmu tekutin.

Po cvičení mohou být iontové nápoje použity k rehydrataci organismu. Sodík dále pomáhá obnovit objem krevní plazmy, snížit tvorbu moči a tím zvýšit retenci tekutin. Narozdíl od jiných doplňků stravy, iontové nápoje mají krátkodobé přínosy pro hydrataci a výkon [59].

## 7 Marketing a konzumace iontových nápojů mezi adolescenty

Iontové nápoje se v posledních letech stávají stále populárnějšími u mladších generací. Tyto nápoje jsou primárně určeny ke zvýšení sportovního výkonu a hydrataci sportujících osob, avšak čím dál častěji bývají zařazovány do běžného pitného režimu adolescentů [118].

Výhody používání iontových nápojů jsou pouze u dospělých osob, které se intenzivně pohybují, a také u lidí, trénujících ve vysoké teplotě a vlhkosti, nikoli u dětí a dospívajících. U dětí a dospívajících není potřebné užívání těchto nápojů. Dostatečné živiny jim dodá voda a nutričně vyvážená strava. Iontové nápoje při užívání mohou vytlačovat živiny, které jsou nezbytné pro růst a vývoj dětí a dospívajících [119,120].

Prodej iontových a energetických nápojů se stále zvyšuje. Iontové nápoje bývají považovány za zdravější varianty běžných limonád, a proto jsou jimi limonády nahrazovány [121].

Marketing těchto produktů stále vzrůstá. Hlavními spotřebiteli těchto nápojů se stávají osoby od 15–24 let. Marketingové kampaně ignorují možný škodlivý dopad iontových nápojů na celkové zdraví [118].

Reklama je mířena přímo na mladé lidi. Reklamy často obsahují jasné vzorce přesvědčovacích strategií. Náznaky a přesvědčení v reklamách ukazují, že jsou navrženy tak, aby podporovaly zavádějící představy o účincích těchto nápojů na zdraví a sportovní výkon. Podporují tak tvrzení, pro která existuje pouze málo důkazů. Mezi jeden z hlavních podnětů patří spotřeba iontových nápojů na obrazovkách. Zobrazení a jeho konzumace v reklamě může podporovat přesvědčivost reklamy. Jako hlavní důvod nákupu těchto nápojů dětem rodiče uvádějí jejich hydrataci. Další strategický krok je propagace iontových nápojů v reklamách profesionálními sportovci, což může mít za následek zvýšení nákupů a spotřeby. Reklamy posilují představu, že tyto nápoje nabízejí konkurenční výhodu a pomáhají dosáhnout skvělých sportovních výkonů. Přestože se v reklamách vyskytuje důraz na sport, konzumace u adolescentů je rozšířená i bez ohledu na to, zda sportují nebo ne. Adolescenti mají tendenci důvěřovat reklamám a mají pozitivní vnímání, co se chuti a vhodnosti týká, a to vede ke zvýšené konzumaci [122].

Pokud jsou tyto nápoje konzumovány společensky a ve velkém množství, mohou způsobit závažné problémy jmenované výše. Ve většině případech nesportovci tyto nápoje konzumují z důvodu příjemné chuti [118].

Rodiče si většinou nejsou vědomi, nebo dokonce podporují, konzumaci těchto nápojů dětmi. V několika nápojích se mohou vyskytovat stimulanty, které jsou spojovány s rizikem užívání návykových látek. Lidé by v tomto ohledu měli být více edukováni, aby se dalo předcházet únavě a celkovým zdravotním rizikům, které užíváním těchto nápojů hrozí [121].

## Závěr

Tato práce byla zaměřena na charakterizaci iontových nápojů a poukázání na možná zdravotní rizika spojená s jejich konzumací. Prostřednictvím přehledu odborné literatury bylo prokázáno, že iontové nápoje mají pozitivní vliv na sportovní výkon a mohou hrát zásadní roli při udržování rovnováhy tekutin a hladin elektrolytů při dlouhotrvajících a vysoce intenzivních aktivitách.

Skrze tato zjištění je jasné, že iontové nápoje mohou optimalizovat sportovní výkon a podpořit zdraví a pohodu sportovce, ale nejsou vhodné k denní spotřebě běžnou populací. Největším problémem těchto nápojů jsou jejich negativní účinky na zdraví, mezi které se řadí nadváha a obezita, hyperaktivita, riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění a diabetes druhého typu. Je nezbytné, aby tyto nápoje byly konzumovány společně s pestrou a vyváženou stravou, optimální hydratací a v přiměřené míře.

Uživatelé iontových nápojů musí brát ohled na to, jaké nápoje konzumují. Nápoje se liší obsahem elektrolytů, cukru, a především obsahem přidaných látek. Ideální iontový nápoj by měl obsahovat vodu, zdroj rychle dostupného cukru a sodíku. Přidávání dalších látek, které by mohly podpořit výkon, nebylo zatím dostatečně prostudováno. Z dostupných studií vychází najevo, že přidané látky mohou sloužit pro lepší regeneraci a doplnění živin po tréninku spíše než během něj.

Vzhledem k tomu, že dochází ke stále většímu rozšiřování a vývinu tohoto odvětví, je nutné pokračovat v inovacích a výzkumu, aby bylo zabezpečeno co nejlepší využití a bezpečnost těchto nápojů. Budoucí studie by se měly zaměřit na vývoj udržitelnějších a efektivnějších forem iontových nápojů, které by se přizpůsobovaly individuálním potřebám sportovců.

## Použitá literatura

- [1] MURRY, R. Authorised EU health claims for carbohydrate-electrolyte solutions. In: SADLER, M. J. ed. *Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims*. Cambridge (United Kingdom): Woodhead Publishing (Elsevier), 2014, s. 349–372. Vol.11. ISBN 978-0-85709-842-9.
- [2] QAZI, Haroon Jamshaid a AHMED, Waqas. Nutraceuticals in sports medicine. In: ANANDHARAMAKRISHNAN, C. a SUBRAMANIAN, Parthasarathi, ed. *Industrial Application of Functional Foods, Ingredients and Nutraceuticals – Extraction, Processing and Formulation of Bioactive Compounds*. London: Elsevier, 2023, s. 583–625. ISBN 987-0-12-824312-1.
- [3] ROUBÍK, Lukáš, ŠINDELÁŘ, Miloslav a VAŠÍK, Radomil. *Moderní výživa ve fitness a silových sportech*. Praha: Erasport, 2018. 552 s. ISBN 978-80-905685-5-6.
- [4] BANIHANI, Alaa a TAHMASSEBI, Jinous F. What is the Cost of Soft Energy Drinks to Our Health and Economy. In: GRUMEZESCU, Alexandru Mihai a HOLBAN, Alina Maria, ed. *Sports and Energy Drinks*. Duxford: Woodhead Publishing, 2019, s. 39–63. Vol. 10. ISBN 978-0-12-815851-7.
- [5] Vyhláška MZ ČR č. 54/2004 Sb. Vyhláška o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití. In: *Sbírka předpisů České republiky* [online]. 2004, částka 17/2004 Sb., s. 810–855. [cit. 19.2.2024]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/vyhlaska-mz-cr-c-54-2004-o-potravinach-urcenyh-pro-zvlastni-vyzivu-a-o-zpusobu-jejich-pouziti/>
- [6] ROWLANDS, David S., BONETTI, Darrell L. a HOPKINS, Will G. Unilateral Fluid Absorption and Effects on Peak Power After Ingestion of Commercially Available Hypotonic, Isotonic, and Hypertonic Sports Drinks. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. **2011**, 21 (6), 480–491.
- [7] KLIMEŠOVÁ, Iva. *Základy sportovní výživy*. 1st ed. Olomouc:UPOL, 2016. 79 s. ISBN 978-80-244-4971-5.
- [8] COLAKOGLU, Filiz Fatma, CAYCI, Banu, YAMAN, Metin, KARACAN, Selma, GONULATES, Suleyman, IPEKOGLU, Gökhan a FATMANUR, Er. The effects of the Intake of an isotonic sport drink before orienteering competitions on skeletal muscle damage. *The Journal of Physical Therapy Science*. **2016**, 28, 3200–3204.
- [9] DE OLIVEIRA, Erick Prado a BURINI, Roberto C. Carbohydrate-Dependent, Exercise-Induced Gastrointestinal Distress. *Nutrients*. **2014**, 6 (10), 4191–4199.
- [10] MORGAN, James J., STUMM, Werner a HEM, John D. Water. In: BAILEY, Janet, ed. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 5th ed. Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons, 2007, s. 1–50. Vol. 26. ISBN-13 978-0-471-48495-0.

- [11] WEINGÄRTNER, Hermann, FRANCK, Ernsr Ulrich, WIEGAND, Gabriele, DAHMEN, Nicolaus, SCHWEDT, Georg, FRIMMEL, Fritz H. a GORDALLA, Birgit C. Water, 1. Properties, Analysis and Hydrological Cycle. In: ELVERS, Barbara, ed. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th completely rev. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011, s. 1–40. Vol. 39. ISBN 978-3-527-32943-4.
- [12] PIERCE, M. M. Water: Structure, Properties, and Determination. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford (United Kingdom): Elsevier, 2003, s. 6082–6086. Vol. 10. ISBN 0-12-227055-X.
- [13] MANNING, J. Water Supplies: Water Treatment. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford (United Kingdom): Elsevier, 2003, s. 6105–6111. Vol. 10. ISBN 0-12-227055-X
- [14] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. Tábor: Osis, 2002. 320 s. ISBN 80-86659-01-1.
- [15] OREL, Miroslav. *Anatomie a fyziologie lidského těla*. 1st ed. Praha: Grada, 2019. 448 s. ISBN 978-80-271-0531-1.
- [16] NEČAS, Emanuel. *Obecná patologická fyziologie*. 5th ed. Praha: Karolinum, 2021. 312 s. ISBN 978-80-246-4633-6.
- [17] NZIP. *Kolik tekutin potřebuje lidské tělo*. Národní zdravotnický informační portál [online]. [cit. 20.2.2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1404-kolik-tekutin-potrebuje-lidske-telo>
- [18] JELIGOVÁ, Hana a KOŽÍŠEK, František. Pitný režim: proč, kolik a co vlastně pít. *Interní medicína*. **2010**, 12 (7,8), 388–389.
- [19] ROBINSON, J. R. Water: Physiology. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford (United Kingdom): Elsevier, 2003, s. 6086–6089. Vol. 10. ISBN 0-12-227055-X.
- [20] International Food Information Service. *Dictionary of Food Science and Technology*. 2nd ed. Shinfield (United Kingdom): International Food Information Service (IFIS Publishing), 2009. ISBN 978-1-61583-120-3.
- [21] AHMED, G. R. a AHMED D. R. Electrolytes: Analysis. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford (United Kingdom): Elsevier, 2003, s. 2036–2039. Vol. 3. ISBN 0-12-227055-X.
- [22] RAIZEL, Raquel, COQUEIRO, Audrey Yule, BONVINI, Andrea a TIRAPEQUI, Julio. Sports and Energy Drinks: Aspects to Consider. In: GRUMEZESCU, Alexandru Mihai a HOLBAN, Alina Maria, ed. *Sports and Energy Drinks*. Duxford: Woodhead Publishing, 2019, s. 1–37. Vol. 10. ISBN 978-0-12-815851-7.
- [23] CLARK, Nancy. *Sportovní výživa*. 1st ed. Praha: Grada, 2009. 352 s. ISBN 978-80-247-2783-7.

- [24] DAVÍDEK, Jiří, JANÍČEK, Gustav a POKORNÝ Jan. *Chemie potravin*. Praha: SNTL/ALFA, 1983. 629 s.
- [25] LEMKE, Charles E. a MARKANT, Vernon H. Sodium and Sodium Alloys. In: BAILEY, Janet ed. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 5th ed. Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons, 2006, s. 760–786. Vol. 22. ISBN-13 978-0-471-48501-8.
- [26] KLEMM, Alfred, HARTMANN, Gabriele a LANGE, Ludwig. Sodium and Sodium Alloys. In: Barbara, ed. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th completely rev. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011, s. 275–297. Vol. 33. ISBN 978-3-527-32943-4.
- [27] EFSA. *EFSA provides advice adverse effects sodium*. Evropský úřad pro bezpečnost potravin [online]. 2005. [cit. 13.3.2024]. Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/cs/news/efsa-provides-advice-adverse-effects-sodium>
- [28] BEZPEČNOST POTRAVIN: *Tolerovatelný denní příjem sodíku*. 2005. [cit. 13.3.2024]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/tolerovatelnny-denni-prijem-sodik/>
- [29] COULTATE, Tom. *Food – The Chemistry of its Components*. 6th ed. Cambridge (United Kingdom): The Royal Society of Chemistry, 2016. ISBN 978-1-84973-880-4.
- [30] CHIU, Kuen-Wai. Potassium. In: BAILEY, Janet ed. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 5th ed. Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons, 2006, s. 597–608. Vol. 20. ISBN-13 978-0-471-48504-9.
- [31] BURKHARDT, Elizabeth R. Potassium and Potassium Alloys. In: ELVERS, Barbara, ed. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th completely rev. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011, s. 623–637. Vol. 29. ISBN 978-3-527-32943-4.
- [32] COULTATE, T. P. *Food – The Chemistry of its Components*. 5th ed. Cambridge (United Kingdom): The Royal Society of Chemistry, 2009. ISBN 978-0-85404-111-4.
- [33] HE, Feng J. a MACGREGOR, Graham A. Beneficial effects of potassium on human health. *Physiologia Plantarum*. **2008**, 133 (4), 725–735.
- [34] ZEECE, Michael. *Introduction to the Chemistry of Food*. London: Elsevier, 2020. ISBN 978-0-12-809434-1.
- [35] NAVARRO, M. P., VAQUERO, M. P. Potassium: Physiology. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford (United Kingdom): Elsevier, 2003, s. 4650–4657. Vol. 7. ISBN 0-12-227055-X.
- [36] VRANA, Lisa M. Calcium and Calcium Alloys. In: BAILEY, Janet ed. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 5th ed. Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons, 2004, s. 524–532. Vol. 4. ISBN 0-471-48519-5.
- [37] HLUCHAN, Stephen E. a POMERANTZ, Kenneth. Calcium and Calcium Alloys. In: ELVERS, Barbara, ed. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011, s. 483–494. Vol. 6. ISBN: 978-3-527-32943-4.

- [38] PEACOCK, Munro. Calcium Metabolism in Health and Disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. **2010**, 5 (1), 23–30.
- [39] IBEAGHA-AWEMU, Eveline M., KGWATALALA, Patrick M. a ZHAO, Xin. Potential for Improving Health: Calcium Bioavailability in Milk and Dairy Products. In: PARK, Young W., ed. *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*. Hong Kong: Wiley-Blackwell, 2009, s. 363–377. ISBN 978-0-8138-1982-2.
- [40] AMUNDSEN, Ketil, AUNE, Terje KR., BAKKE, Per, EKLUND, Hans R., HAAGENSEN, Johanna Ö., NICOLAS, Carlos, ROSENKILDE, Christian, VAN DEN BREMT, Sia a WALLEVIK, Oddmund. Magnesium. In: Barbara, ed. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th completely rev. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011, s. 1–26. Vol. 22. ISBN 978-3-527-32943-4.
- [41] RUBENOWITZ-LUNDIN, Eva a HISCOCK, Kevin M. Water Hardness and Health Effects. In: SELINUS, Olle, ed. *Essentials of Medical Geology, Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Burlington (United States): Elsevier, 2005, s. 331–345. ISBN: 0-12-636341-2.
- [42] NIELSEN, Forrest Harold. Magnesium: Basic Nutritional Aspects. In: COLLINS, James F., ed. *Molecular, Genetic, and Nutritional Aspects of Major and Trace Minerals*. London: Elsevier, 2017, s. 307–317. ISBN 978-0-12-802168-2.
- [43] EFSA. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for magnesium. *EFSA Journal*. **2015**, 13 (7), 1–63.
- [44] YAWS, Carl L. *Yaws Handbook of Properties of the Chemical Elements*. Knovel, 2011. 588 s. ISBN 978-1-61344-399-6.
- [45] TURCK, Domonique, CASTENMILLER, Jacqueline, DE HENAUW, Stefaan, HIRSCH-ERNST, Karen-Ildico, KEARNEY, John, KNUTSEN, Helle Katrine, MACIUK, Alexandre, MANGELSDORF, Inge, MCARDLE, Harry, J., PELAEZ, Carmen, PENTIEVA, Kristina, SAINI, Alfonso, THIES, Frank, TSABOURI, Sophia, VINCETI, Marco, AGGETT, Peter, FAIRWEATHER-TAIT, Susan, MARTIN, Ambroise, PRZYREMBEL, Hildegard, DE SESMAISONS-LECARRÉ, Agnés a NASKA, Androniki. Dietary reference values for chloride. *EFSA Journal*. **2019**, 17 (9), 1–24.
- [46] EVANS, H. Gethin, SHIRREFFS, M. Susan a MAUGHAN, J. Ronald. Acute effects of ingesting glucose solutions on blood and plasma volume. *British Journal of Nutrition*. **2009**, 101 (10), 1503–1508.
- [47] ELIAS, E., GIBSON, G. J., GREENWOOD, F. L., HUNT, J. N. a TRIPP, J. H. The slowing of gastric emptying by monosaccharides and disaccharides in test meals. *The Journal of Physiology*. **1968**, 194 (2), 317–326.
- [48] NEUFER, P. Darrel, COSTILL, David L., FINK, William, KIRWAN, John P., FIELDING, Roger A. a FLYNN, Michael G. Effects of exercise and carbohydrate



- composition on gastric emptying. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. **1986**, 18 (6), 658–662.
- [49] BEMILLER, James N. Carbohydrates. In: BAILEY, Janet ed. *Kirk-Othmer Food and Feed Technology*. Hoboken (New Jersey): Wiley, 2008, s. 174–209. Vol. 1. ISBN 978-0-470-17448-7.
- [50] SCHENCK, Fred W. Glucose and Glucose-Containing Syrups. In: ELVERS, Barbara, ed. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th completely rev. ed. Weinheim: Wiley-VCH, © 2011, s. 45–66. Vol. 17. ISBN 978-3-527-32943-4.
- [51] CLEVELAND, Cutler J. a MORRIS, Christopher. *Dictionary of Energy*. Oxford (United Kingdom): Elsevier, 2009. 582 s. ISBN 978-0-08-096491-1.
- [52] BENDER, D. A. Glucose: Function and Metabolism. In: CABALLERO, Benjamin, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford (United Kingdom): Elsevier, 2003, s. 2904–2911. Vol. 5. ISBN 0-12-227055-X.
- [53] SPOLEČNOST PRO VÝŽIVU. Glukóza. *Encyklopedie výživy* [online]. Praha: SPV, 2015. [cit. 22.3.2024]. Dostupné z: <https://www.vyzivaspol.cz/glukoza/>
- [54] WACH, Wolfgang. Fructose. In: Barbara, ed. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 7th completely rev. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011, s. 103–117. Vol. 16. ISBN 978-3-527-32943-4.
- [55] BEMILLER, James N. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. 3rd ed. Duxford (United Kingdom): Woodhead Publishing, 2019. ISBN 978-0-12-812069-9.
- [56] LINDEN, Guy a LORIENT Denis. *New Ingredients in Food Processing*. Cambridge (United Kingdom): Woodhead Publishing, 1999. ISBN 978-1-85573-443-2.
- [57] SENTKO, Anke a WILLIBALD-ETTLE, Ingrid. Isomaltulose. In: O'DONNELL, Kay a KEARSKEY, Malcolm W., ed. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012, s. 397–415. ISBN 978-0-470-65968-7.
- [58] HIGSON, Séamus. *Analytical Chemistry*. New York: Oxford University Press, 2006. ISBN 978-0-19-850289-0.
- [59] MURRAY, R. Authorised EU health claims for carbohydrate-electrolyte solutions. In: SADLER, M. J., ed. *Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2014, s.349–372. Vol 1. ISBN 978-0-85709-842-9.
- [60] KLUG, Christian a VON RYMON LIPINSKI, Gert-Wolfhard. Acesulfame K. In: O'DONNELL, Kay a KEARSKEY, Malcolm W., ed. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012, s. 93–115. ISBN 978-0-470-65968-7.

- [61] BHATTACHARYA, Suvendu. *Snack Foods Processing and Technology*. London: Elsevier, 2023. ISBN 978-0-12-819759-2.
- [62] BEZPEČNOST POTRAVIN: Acesulfam K. [cit. 25.3.2024]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/acesulfam-k/>
- [63] O'DONNELL, Kay. Aspartame, Neotame and Advantame. In: O'DONNELL, Kay a KEARSKEY, Malcolm W., ed. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012, s. 117–136. ISBN 978-0-470-65968-7.
- [64] FAVARO-TRINDADE, Carmen Sílvia, ROCHA-SELMÍ, Glaucia Aguiar a DOS SANTOS, Milla Gabriela. Microencapsulation of Sweeteners. In: SAGIS, Leonard M. C., ed. *Microencapsulation and Microspheres for Food Applications*. London: Elsevier, 2015, s. 333–349. ISBN 978-0-12-800350-3.
- [65] MOLINARY, Samuel V. a QUINLAN, Mary E. Sucralose. In: O'DONNELL, Kay a KEARSKEY, Malcolm W., ed. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012, s. 167–183. ISBN 978-0-470-65968-7.
- [66] BEZPEČNOST POTRAVIN: Sukralóza. [cit. 26.3.2024]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/sukraloza/>
- [67] BAJKACZ, Sylwia a KYCIA-SLOCKA, Elzbieta. Liquid chromatography in food analysis. In: PICO, Yolanda, ed. *Chemical Analysis of Food: Techniques and Applications*. 2nd ed. London: Elsevier, 2020, s. 391–455. ISBN 978-0-12-813266-1.
- [68] ASHURST, Philip R., HARGITT, Robert a PALMER, Fiona. *Soft Drink and Fruit Juice Problems Solved*. 2nd ed. Duxford: Woodhead Publishing, 2017. ISBN 978-0-08-100918-5.
- [69] JORDÁN, Václav a HEMZALOVÁ, Marie. *Antioxidanty – záračné zbraně: vitamíny, minerály, stopové prvky, aminokyseliny a jejich využití pro zdravý život*. 1st ed. Brno: JOTA, 2001. 160 s. ISBN 80-7217-156-9.
- [70] MSAGATI, Titus A. M. *Chemistry of Food Additives and Preservatives*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013. ISBN 978-1-118-27414-9.
- [71] GEGOTEK, Agnieszka a SKRZYDLEWSKA, Elzbieta. Ascorb acid as antioxidant. In: LITWACK, Gerald, ed. *Vitamins and Hormones*. Cambridge: Elsevier, 2023, s. 247–270. Vol. 121. ISBN 978-0-443-15768-4.
- [72] BLOCK, John H. Vitamins. In: BAILEY, Janet ed. *Kirk-Othmer Food and Feed Technology*. Hoboken (New Jersey): Wiley, 2008, s. 590–616. Vol. 2. ISBN 978-0-470-17448-7.
- [73] NZIP. Vitamin B1 (thiamin). *Národní zdravotnický informační portál* [online]. [cit. 28.3.2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1134-vitamin-b1-thiamin>

- [74] VELÍŠEK, Jan a HAJŠLOVÁ, Jana. *Chemie potravin I*. 3rd ed. Tábor: OSSIS, 2009, 602 s. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [75] KOHLMEIER, Martin. *Nutrient Metabolism: Riboflavin*. Academic Press, 2003, s. 561–570. ISBN 978-0-12-417762-8.
- [76] PÁNEK, Jan, POKORNÝ, Jan, DOSTÁLOVÁ, Jana a KOHOUT, Pavel. *Základy výživy*. 1st ed. Praha: Svoboda-Servis, 2002. 210 s. ISBN 80-86320-23-5.
- [77] NZIP. *Vitamin B6 (pyridoxin)*. Národní zdravotnický informační portál [online]. [cit. 30.3.2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1138-vitamin-b6-pyridoxin>
- [78] KOHLMEIER, Martin. *Nutrient Metabolism: Biotin*. Academic Press, 2003, s. 613–618. ISBN 978-0-12-417762-8.
- [79] WATANABE, Hiroko a MIYAKE, Tomoko. Folic and Folate Acid. In: HUEDA, María Chávarri, ed. *Functional Food: Improve Health through Adequate Food*. Croatia: INTECH, 2017, s. 43–56. ISBN 978-953-51-3439-8.
- [80] CASTLE, W. B. a HAM, T. H. Vitamin B<sub>12</sub>. In: COMBS, Gerald F. a MCCLUNG, James, P., ed. *The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health*. 5th ed. London: Elsevier, 2017, s. 431–440. ISBN 978-0-12-802965-7.
- [81] INCEDAYI, Bige, COPUR, Omer Utku, KARABACAK, Azime Ozkan a BEKAR, Erturk. A Perspective on Consumption of Energy Drinks. In: GRUMEZESCU, Alexandru Mihai a HOLBAN, Alina Maria, ed. *Sports and Energy Drinks*. Duxford: Woodhead Publishing, 2019, s. 539–565. Vol. 10. ISBN 978-0-12-815851-7.
- [82] SCHOLEY, A., CAMFIELD, D., OWEN, L., PIPINGAS, A. a STOUGH, C. Functional foods and cognition. In: SAARELA, Maria, ed. *Functional foods: Concept to product*. 2nd ed. Cambridge (United Kingdom): Woodhead Publishing, 2011, s. 277–308. ISBN 978-1-84569-690-0.
- [83] BEZPEČNOST POTRAVIN: *Karnitin*. [cit. 4.4.2024]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/karnitin/>
- [84] SMITH, Charles R., HARTY, Patrick S., STECKER, Richard A. a KERKSICK, Chad M. A pilot study to examine the impact of-beta alanine supplementation on anaerobic exercise performance in collegiate rugby athletes. *Sports*. **2019**, 7 (11), 1–12.
- [85] HARRIS, R. C., TALLON, M. J., DUNNETT, M., BOOBIS, L., COAKLEY, J., KIM, H. J., FALLOWFIELD, J. L., HILL, C. A. a WISE, J. A. The absorption of orally supplied  $\beta$ -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*. **2006**, 30, 279–289.
- [86] DUNNETT, M. a HARRIS, R. C. Influence of oral  $\beta$ -alanine and L-histidine supplementation on the carnosine content of the gluteus medius. *Equine Exercise Physiology*. **1999**, 30, 499–504.

- [87] MARTÍNEZ SANZ, José Miguel, NORTE NAVARRO, Aurora, SALINAS GARCÍA, Elia a SOSPEDRA LÓPEZ, Isabel. An Overview on Essential Amino Acids and Branched Chain Amino Acids. *Nutrition and Enhanced Sports Performance: Muscle Building, Endurance, and Strength*. Elsevier, 2018, s. 509–519. ISBN 978-012813922-6.
- [88] PANDE, Anurag a SABINSA, Muhammed Majeed. *Multi-Functional Botanicals for Nutricosmetics Applications. Harry's Cosmeticology*. 9th ed. Chemical Publishing: 2015, s. 1587–1599. Vol. 3. ISBN 978-0-8206-01786.
- [89] ŠKRAMLÍKOVÁ, Jana. Zdravá strava jako životní styl. *Barviva* [online]. [cit. 15.4. 2024]. Dostupné z: <https://skramlikova.wordpress.com/2011/06/25/cim-se-barvi-potravin/>
- [90] ASHURST, Philip R. a HARGITT, Robert. *Soft drink and fruit juice problems solved*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. ISBN 978-1-84569-326-8.
- [91] MOUSUMI, Sen. *Food Chemistry: Role of Additives, Preservatives and Adulteration*. 1st ed. Hoboken: Wiley, 2022. ISBN 978-1-119-79161-4.
- [92] MERKUNOVÁ, Alena a OREL, Miroslav. *Anatomie a fyziologie člověka*. 1st ed. Praha: Grada, 2008. 304 s. ISBN 978-80-247-1521-6.
- [93] OSHIDA, Yoshiki a MIYAZAKI, Takashi. *Biomaterials and Engineering for Implantology: In Medicine and Dentistry*. Berlin: De Gruyter, 2022. ISBN 978-3-11-074011-0.
- [94] DAINTITH, John a MARTIN, Elizabeth. *A Dictionary of Science*. 6th ed. United States: Oxford University Press, 2010. ISBN 978-0-19-956146-9.
- [95] KITTNAR, Otomar, LANGMEIER, Miloš, MAREŠOVÁ, Dana a POKORNÝ, Jaroslav. *Základy lékařské fyziologie*. 1st ed. Praha: Grada, 2009. 320 s. ISBN 978-80-247-2526-0.
- [96] SINGH, R. Paul a HELDMAN, Dennis R. *Introduction to Food Engineering*. 4th ed. Burlington (USA): Elsevier, 2009. 841 s. ISBN 978-0-12-370900-4.
- [97] RASOULI, Mehdi. Basic concepts and practical equations on osmolality: Biochemical approach. *Clinical Biochemistry*. **2016**, 49 (12), 936–941.
- [98] CAMMACK, R., ATTWOOD, T. K., CAMPBELL, P. N., PARISH, J. H., SMITH, A. D., STIRLING, J. L. a VELLA, F. *Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology*. 2nd ed. Oxford (United States): Oxford University Press, 2006. ISBN 978-0-19-852917-0.
- [99] KITTNAR, Otomar a MLČEK, Mikuláš. *Atlas fyziologických regulací*. 1st ed. Praha: Grada, 2009. 320 s. ISBN 978-80-247-2722-6.
- [100] MALIK, Vasanti S. Sugar sweetened beverages and cardiometabolic health. *Current Opinion in Cardiology*. **2017**, 32 (5), 572–579.

- [101] The Scientific Advisory Committee. *SACN Carbohydrates and Health Report*. Public Health England. 2015. [cit. 19.4.2024]. Dostupné z: <https://www.gov.uk/government/publications/sacn-carbohydrates-and-health-report>
- [102] MUNOZ-URTUBIA, Nicolás, VEGA-MUNOZ, Alejandro, ESTRADA-MUNOZ, Carla, SALAZAR-SEPÚLVEDA, Guido, CONTRERAS-BARRAZA, Nicolás a CASTILLO, Dante. Healthy Behavior and Sports Drinks: A Systematic Review. *Nutrients*. **2023**, 15 (13), 2915.
- [103] FOCK, Ming Kwong a KHOO, Joan. Diet and exercise in management of obesity and overweight. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. **2013**, 28 (S4), 59–63.
- [104] NZIP. *Jak vzniká nadváha a obezita*. Národní zdravotnický informační portál [online]. [cit. 20.4.2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1494-jak-vznika-nadvaha-a-obezita>
- [105] LUIJKS, Hilde. Type 2 diabetes mellitus (T90). In: LUIJKS, Hilde, VAN DE LAAR, Floris a SCHERS, Henk, ed. *Morbidity in primary care: Epidemiologic data from Family Medicine Network*. Nijmegen: Radboud University Press, 2023, s. 99–102. ISBN 9789493296152.
- [106] MANDOVEC, Antonín. *Kardiovaskulární choroby u žen*. 1st ed. Praha: Grada, 2008. 136 s. ISBN 978-80-247-2807-0.
- [107] RUST, Petra a EKMEKCIOGLU, Cem. Impact of Salt Intake on the Pathogenesis and Treatment of Hypertension. In: ISLAM, M. S., ed. *Hypertension: from basic research to clinical practise*. Cham: Springer, 2017. Vol. 2. ISBN 978-3-319-44250-1.
- [108] TSE, Gary. Mechanism of cardiac arrhythmias. *Journal of Arrhythmia*. **2016**, 32 (2), 75–81.
- [109] COPELAND, Ari. *Water Fluoridation: Principles&Practice*. 6th ed. Denver: AWWA, 2016. ISBN-13 978-1-62576-170-5.
- [110] ZACHARIS, Christos. Lactitol. In: O'DONNELL, Kay a KEARSKEY, Malcolm W., ed. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012, s. 275–293. ISBN 978-0-470-65968-7.
- [111] ELLWOOD, Roger a HARPER, Scott. The Mouth and Oral Care. In: MEYER, Rosen R., ed. *Harry's Cosmeticology*. 9th ed. Chemical Publishing, 2015, s. 518–541. Vol. 1. ISBN: 978-0-8206-01762.
- [112] FARSAD-NAEIMI, Alireza, ASJODI, Foad, OMIDIAN, Mahsa, ASKARI, Mohammadreza, NOURI, Mehran, PIZARRO, Ana Beatriz a DANESHZAD, Elnaz. Sugar consumption, sugar sweetened beverages and Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A systematic review and meta-analysis. *Complementary Therapies in Medicine*. **2020**, 53, 102512.

- [113] NZIP. *ADHD u dětí: příčiny a diagnóza*. Národní zdravotnický informační portál [online]. [cit. 24.4.2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/675-adhd-u-deti-priciny-a-diagnoza>
- [114] DYKMAN, Kathryn D. a DYKMAN, Roscoe A. Effect of nutritional supplements on Attentional-Deficit Hyperactivity Disorder. *Integrative Physiological and Behavioral Science*. **1998**, 33, 49–60.
- [115] ARNOLD, L. Eugene, LOFTHOUSE, Nicholas a HURT, Elizabeth. Artificial Food Colors and Attention-Deficit/Hyperactivity Symptoms: Conclusions to Dye for. *Neurotherapeutics*. **2012**, 9, 599–609.
- [116] ŠEFČÍKOVÁ, Miroslava, SOCHOROVÁ, Nataša, HILŠEROVÁ, Stanislava a ŠARAPATKA, Jan. Tekutiny a lidský organismus. *Urologie pro Praxi*. **2014**, 15 (2), 86–88.
- [117] BEIGREZAEI, Sara, FORBES, Scott C., KAVIANI, Mojtaba, ROY, Brian D. a SALEHI-ABARGOUEI, Amin. Role of diary foods in sport nutrition. In: GOMEZ DA CRUZ, Adriano, RANADHEERA, C. Senaka, NAZZARO, Filomena a MORTAZAVIAN, Amir Mohammad, ed. *Dairy Foods Processing, Quality and Analytical Techniques*. Duxford: Elsevier, 2022, s. 339–364. ISBN 978-0-12-820478-8.
- [118] BROUGHTON, D., FAIRCHILD R. M. a MORGAN, M. Z. A survey of sports drinks consumption among adolescents. *British Dental Journal*. **2016**, 26, 639–643.
- [119] SIMULESCU, V., ILIA, G., MACARIE, L. a MERGHES, P. Sport and energy drinks consumptions before, during and after training. *Science&Sports*. **2019**, 37 (1), 3–9.
- [120] POUND, Catherine, M. a BLAIR, Becky. Energy and sports drinks in children and adolescents. *Pediatrics&Child Health*. **2017**, 22 (7), 406–410.
- [121] SCHNEIDER, Marcie Beth a HOLLY, J. Benjamin. Sports Drinks and Energy Drinks for Children and Adolescents: Are They Appropriate. *Pediatrics*. **2011**, 127 (6), 1182–1189.
- [122] BLEAKLEY, Amy, ELLITHORPE, Morgan E., JORDAN, Amy B., HENNESSY, Michael a STEVENS, Robin. A content analysis of sports and energy drink advertising. *Appetite*. **2022**, 174, 106010.