

Stanovení toxických prvků v rajčatech

Klára Procházková

Bakalářská práce
2024

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Klára Procházková
Osobní číslo: T21276
Studijní program: B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace: Technologie potravin
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Stanovení toxických prvků v rajčatech

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Charakterizovat rajčata jako nutriční zdroj zeleniny pro výživu s důrazem na stopové prvky.

Stručně popsat technologie pro zpracování rajčat.

II. Experimentální část

Připravit mineralizáty plodů rajčat pocházejících z odlišných zemí původu či různých odrůd a stanovit toxické prvky. Naměřené výsledky diskutovat.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

[1] Ciudad-Mulero, M. et al. (2022). Biocessibility of macrominerals and trace elements from tomato (*Solanum lycopersicum* L.) farmer´s varieties. *Foods*, 11(13), 1968

[1] Papa, S. et al. (2009). Trace elements in fruit and vegetable traces de métaux dans les fruits et légumes metalli in traccia in fruta e verdura. *Environmental Quality*, 2, 79-83

[1] Sager, M. (2017). Main and trace element contents of tomatoes grown in Austria. *Journal of Food Science and Engineering*, 7, 239-248

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **1. ledna 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 19. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORKY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studentky:

.....
podpis studentky

ABSTRAKT

Cílem práce bylo ve vybraných vzorcích stanovit obsah toxických prvků (Al, Ni, As, Cd, Sn, Hg, Pb) a vyhodnotit index znečištění kovy. Teoretická část se zabývá charakteristikou a botanickým popisem rostliny rajčete, možnostech pěstování, chemickým složením a technologickým zpracováním rajčat. Vzorky rajčat byly v kvalitě bio i konvenčního pěstování. V praktické části byly prvky měřeny metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Byla měřena i aktivní kyselost a refraktometrická sušina. Naměřené hodnoty byly přehledně zpracovány a porovnány.

Klíčová slova: rajče, zelenina, toxické prvky, index MPI, ICP-MS

ABSTRACT

The aim of the work was to determine the content of toxic elements (Al, Ni, As, Cd, Sn, Hg, Pb) in selected samples and to evaluate the metal pollution index. The theoretical part deals with the characteristics and botanical description of tomato plant, cultivation possibilities, chemical composition and technological processing of tomato. The tomato samples were of organic and conventional cultivation quality. In the practical part, the elements were measured by inductively coupled plasma mass spectrometry. Active acidity and refractometric dry weight were also measured. The measured values were clearly processed and compared.

Keywords: tomato, vegetables, toxic elements, MPI index, ICP-MS

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za její odborné vedení, cenné rady, trpělivost a vstřícnost. Dále také laborantům za pomoc při zpracování praktické části na UACHP.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a partnerovi za podporu a trpělivost během doby mého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 CHARAKTERISTIKA ROSTLINY RAJČETE	11
1.1 BOTANICKÝ POPIS ROSTLINY	11
1.2 TYPY RAJČAT A ODRŮDY	12
1.3 MOŽNOSTI PĚSTOVÁNÍ	12
1.3.1 HYDROPONIE	13
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ RAJČAT	18
2.1 VODA A REFRAKTOMETRICKÁ SUŠINA	18
2.2 SACHARIDY	18
2.2.1 VLÁKNINA	18
2.3 BÍLKOVINY A AMINOKYSELINY	19
2.4 ORGANICKÉ KYSELINY	19
2.5 BARVIVA	19
2.5.1 KAROTENOIDY	19
2.5.2 ANTHOKYANOVÁ BARVIVA	20
2.6 VITAMÍNY	21
2.7 MINERÁLNÍ A STOPOVÉ PRVKY	22
2.8 ALKALOIDY	23
3 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ RAJČAT A JEJICH KONEČNÉ PRODUKTY	24
3.1 KEČUP	24
3.2 PROTĽAK	24
3.3 KONZERVOVANÁ RAJČATA	25
3.4 PASÍROVANÁ RAJČATA	26
3.5 SUŠENÝ PRÁŠEK	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
4 METODIKA	28
4.1 POMŮCKY A POUŽITÝ MATERIÁL, PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ	28
4.2 CHARAKTERISTIKA VZORKŮ	29
4.3 ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ	32
4.3.1 LYOFILIZACE VZORKŮ	32
4.3.2 STANOVENÍ pH A REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY	34

4.3.3	PŘÍPRAVA MINERALIZÁTU	34
4.4	MĚŘENÍ NA ICP-MS.....	35
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	36
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ HODNOT AKTIVNÍ KYSELOSTI A REFRAKTOMETRICKÉ SUŠINY	36
5.2	VÝSLEDKY OBSAHU TOXICKÝCH PRVKŮ STANOVENÉ METODOU ICP-MS.....	38
5.3	INDEX ZNEČIŠTĚNÍ KOVY MPI.....	42
	ZÁVĚR	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	46
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	SEZNAM TABULEK.....	53
	SEZNAM PŘÍLOH.....	54

ÚVOD

Rajčata jsou celosvětově oblíbeným druhem zeleniny. Díky rozvoji hydroponického pěstování a možnosti sklízet plody rajčat celoročně, se řadí na druhé místo nejkonzumovanější zeleniny, hned po bramborech. Spotřeba v České republice, dle průzkumu z roku 2021, činí 12,6 kg rajčat na osobu. Odrůdy rozdělujeme dle možnosti pěstování na tyčkovité a keříčkovité.

Rajčata mohou mít různé tvary a barvy. Jsou významným zdrojem prospěšných látek, které mají pozitivní vliv na lidské zdraví. Obsahují velké množství antioxidantů, vitamínů, minerálních látek a vlákniny. Antioxidanty přispívají k lepší obranyschopnosti organismu, bojují proti zánětům, chrání před kardiovaskulárními a nádorovými onemocněními. Z vitamínů je hojně zastoupen vitamin C, jeho funkcí je zvyšování imunity, vyhlazování stěn cév a vylučování volných radikálů jako prevence před vznikem nádorů.

V rajčatech mohou být zastoupeny i toxické prvky, které se do plodů dostávají hnojivem, půdou, vzduchem nebo vodou. Přírodními zdroji toxických prvků může být vulkanická činnost, lesní požáry nebo zvětrávání hornin. Rostliny hromadí prvky v listech nebo kořenech. Nejrizikovějšími toxickými prvky jsou: Al, Ni, As, Cd, Sn, Pb, Hg u kterých se hlídají limitní koncentrace.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA ROSTLINY RAJČETE

Předpokládá se, že divoce rostoucí druh pochází z And severní a střední části Jižní Ameriky. Když bylo rajče okolo roku 1523 poprvé dovezeno do Evropy, považovali je lidé kvůli výrazné vůni a jasně bílému, červenému nebo žlutému zbarvení za jedovaté, a proto se pěstovalo pouze pro okrasu. V Evropě se začaly pěstovat ve Španělsku v 17. století, střední Evropa s pěstováním začala až po 1. světové válce. V konzumaci rajčat začali Italové. Francouzi převzali italský název *pomme dei mori* na *pomme d'amour* v překladu „jablko lásky“, neboť se věřilo, že povzbuzují vášně.[1] V Evropě má základ ze slova „tomato, které pochází z aztéckého názvu „tomatl“.[2]

Prostřednictvím intenzivního šlechtění a činností přirozeného výběru vytvořili vědci, šlechtitelé a farmáři z celého světa širokou škálu kultivarů a odrůd z jediného druhu *Solanum lycopersicum*. Odrůdy vykazují různé morfologické a agronomické vlastnosti spolu s organoleptickými vlastnostmi, které určují jejich použití. Většina rostlin produkuje červené plody, ale existují jedinci se žlutými, oranžovými, růžovými, zelenými, černými nebo i vícebarevnými plody.[3]

Rajčata jsou oblíbenou zeleninou na světě a hrají klíčovou roli v lidské stravě. Po bramboru je druhou nejvýznamnější plodinou s přibližně 182 mil. tun plodů rajčat vyprodukovaných na 5 mil. ha ročně. Asie představuje 61 % celosvětové produkce rajčat, zatímco Evropa, Amerika a Afrika vyprodukovaly 13,5; 13,4 a 11,8 % z celkového výnosu. V Itálii a v Řecku přesahuje i 55–60 kg na osobu.[4] Spotřeba čerstvých a zpracovaných rajčat v různých zemích a regionech po celém světě se značně liší. Podle Českého statistického úřadu se roční spotřeba v roce 2021 odhaduje na 12,6 kg/osobu, což posunuje rajčata na první pozici v konzumaci zeleniny. Celková roční spotřeba zeleniny je v ČR odhadována na 97 kg/osobu.[5] Podle evropské komise se očekává, že spotřeba čerstvých rajčat ve státech EU zůstane stabilní do roku 2031. S převahou konzumace cherry rajčat by to mělo být okolo 15 kg/osobu/rok.[6]

1.1 Botanický popis rostliny

Rajče je řazeno mezi dvouděložné rostliny (*Dicotyledoneae*), čeledi lilkovitých (*Solanaceae*), rodu *Lycopersicon* a druhu *esculentum*. Rajče je vytrvalá bylina, často pěstovaná jako jednoletá. Čeleď *Solanaceae* zahrnuje několik dalších hospodářsky důležitých plodin, jako jsou brambory (*Solanum tuberosum*), pepř (*Capsicum annuum*) a lilek (*Solanum melongena*), které představují jednu z nejcennějších rostlinných čeledí pro

zeleninové a ovocné plodiny. Jeho plody mohou mít velkou škálu vůní, barev a tvarů. Existují rajčata ve tvaru hrušky, srdce, vejce, některá jsou oválná, kulatá či špičatá. Kromě typicky červené barvy existují odrůdy bělavé, žluté, fialové i černé. Plody mohou být masité a velké nebo naopak malá „cherry“ rajčátka.[2]

1.2. Zelenina nebo ovoce

Botanicky ovoce je produkt obsahující semena, která vyrůstají z plodu kvetoucí rostliny. Rajčata rostou na rostlině a jakmile je rostlina zralá pro opylení, rostou na ní žluté květy. Po opylení květy opadají a místo nich začne růst rajče. V dozrávajícím plodu jsou po rozříznutí semena. Jsou zde splněny botanické požadavky, aby mohly být klasifikovány jako ovoce. Zelenina v botanických termínech zahrnuje všechny ostatní jedlé části rostliny: kořeny, stonky a listy. Jsou to také rostliny, které nemají tak vysoký obsah fruktózy. Zatímco ovoce má jemnou texturu, bývá sladké nebo kyselé a často se konzumuje syrové, v dezertech nebo džemech. Další botanické ovoce, které je nutričně považováno za zeleninu jsou: avokádo, olivy, dýně, cuketa, okurek, chilli a lilek.[7]

1.2 Typy rajčat a odrůdy

Pro šlechtění nových odrůd byly použity tyto původní druhy: *L. hirsutum* a *L. peruvianum* s odolností vůči virům, *L. pimpinellifolium* s odolností proti virové mozaice tabáku, *L. cerasiforme* a *L. humboldtii* proti houbovým chorobám, *L. cheesmanii* používané ve šlechtění na vysoký obsah karotenu. Dnes se pěstují F1 hybridy. Už v letech 1994 se na trhu v USA objevily GMO (geneticky modifikované) odrůdy rajčat, konkrétně „Flavr Savr“.[2]

1.3 Možnosti pěstování

Rajčata se podle možnosti pěstování dělí na tyčkovitá a keříčková. U tyčkových odrůd dochází k neomezenému prodlužovacímu růstu terminálního výhonku. U keříčkových odrůd se vytváří postranní výhony a růst terminálního výhonu se ukončí květenstvím. Tímto se mezi tyčkovými odrůdami liší. Květenství se zakládá za každým druhým listem. Mezi nejmenší rajče na světě patřící do kategorie keříčkových odrůd je „Micro Tom“, jejíž rostliny dorůstají výšky 13–20 cm a tvoří drobné plody.[2] Pěstování je ovlivněno mnoha parametry, jako jsou: teplota vzduchu i půdy, vlhkost, světlo, doba výsevu a genotyp rostliny. Hmotnost jednotlivých odrůd se dělí podle hmotnosti a velikosti v mm. Cherry

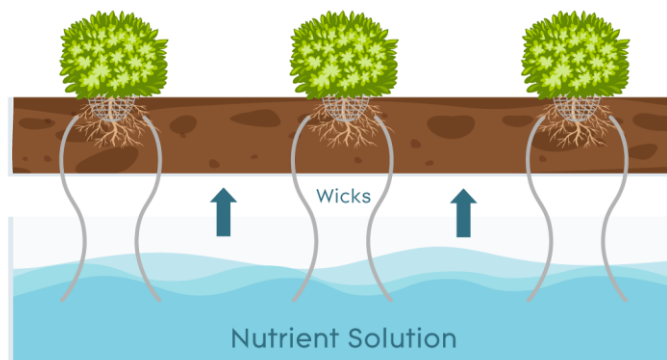
rajčata mají 16–25 mm a 8–25 g. Kulaté nebo odrůdy vejčitého tvaru mají 80–100 g a 47–67 mm. Velkoplodé odrůdy mohou mít hmotnost až 250 g. [8]

1.3.1 Hydroponie

Při hydroponii se živiny ke kořenům musí dostávat ve vodě. Pokud používáme nějaký substrát, musí být inertní, slouží pouze jako fyzická podpora. Hydroponie je spojení dvou slov z řečtiny: „hydro“ znamená voda a „ponos“ práce. Díky hydroponii můžeme méně zatěžovat životní prostředí při pěstování. Existují dva způsoby pěstování ve vodě: buďto s kořeny rostoucími v živném roztoku nebo v inertním substrátu. Živný roztok vyžaduje stálou teplotu, u plně funkčního hydroponického systému musí mít voda neustálý přísun kyslíku.[18] Rostliny se mohou pěstovat pomocí otevřeného systému v rockwoolových rohožích, kdy jsou několikrát denně prolévány roztokem s živinami. Při každém zalití vyteče zhruba 30 % roztoku ven. Zabrání se tak usazování solí do substrátu. Druhý způsob pěstování je tzv. uzavřený systém. Živný roztok cirkuluje z nádrže k rostlinám a zpět do nádrže. Při tomto způsobu rostliny absorbují všechnu použitou vodu, která je využita efektivněji. Sklizené produkty (listy nebo plody) obsahují méně půdních částic, což vede k menšímu množství chorob přenášovaných půdou nebo poskytují výnos plodin i v oblastech s nepříznivými podmínkami pro pěstování.[9]

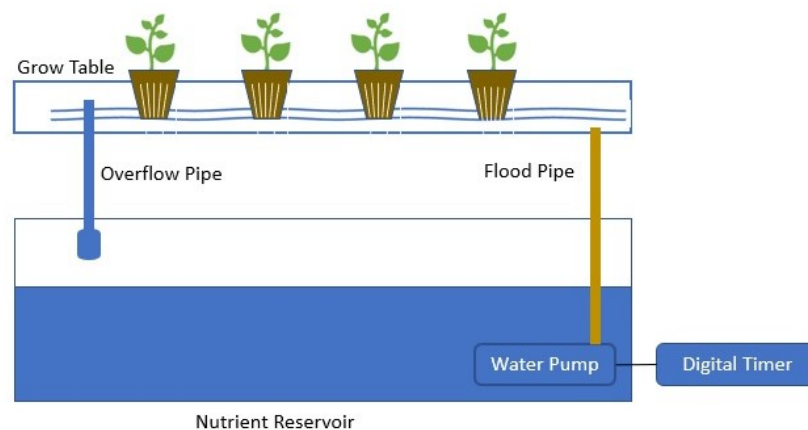
1.3.1.1 Druhy hydroponických systémů

Wick system – jedná se o knotový pasivní systém. Jeden konec knotu je ponořen do nádoby a živný roztok se nasává do druhého konce v kořenové zóně. Tento způsob není příliš vhodný, protože se do zálivky musí přidávat minerální sůl, která časem zablokuje a přerušuje cirkulaci vody přes knot.[9]



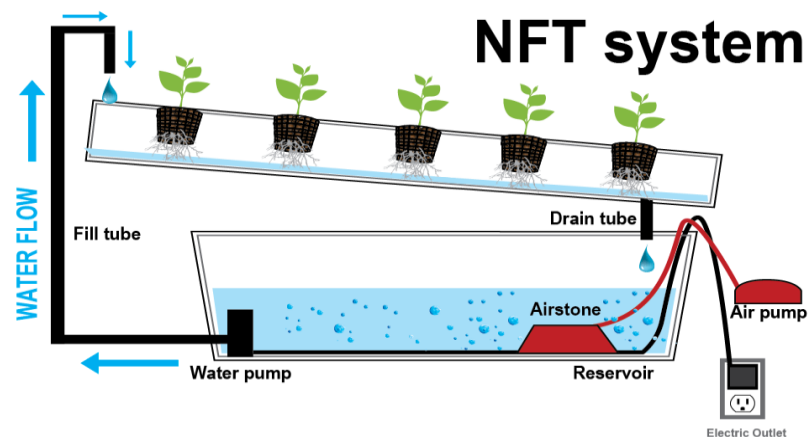
Obrázek 1 Wick systém (Foto: 1)

Flood and drain – substrát je zaplavován živným roztokem, který je následně odváděn. Systém se skládá z pěstební nádoby a nádrže s vodou, která je pod pěstební nádobou. Živný roztok je přiváděn skrze trubici spojující obě nádoby k rostlinám. Kromě dodávání živin se zde víří i vzduch, který pročistí kořenové zóny. Po vypnutí čerpadla začne roztok s živinami stékat zpět do nádrže stejným otvorem, jako se dostal nahoru. Během toho se do substrátu dostane kyslík a s vysokou vlhkostí vzniká ideální prostředí pro kořeny. Otvor v pěstební nádobě je umístěn 0,5 cm ode dna.[9]



Obrázek 2 Flood and drain systém (Foto: 2)

NFT – metoda živné vrstvy. Roztok se přivádí do pěstební nádoby, kde vytváří pomalu tekoucí vrstvu. Hlavní výhodou NFT je dokonalé okysličování. Na mírně nakloněný rám se umístí deska a na ni se položí netkaná textilie. Mladé rostliny se nechávají zakořenit v rockwoolových kostkách a následně se rozmístí po desce. Jednotlivé pruhy textilie se připevní ke kostkám kolem stonků tak, aby z nich vznikl jeden dlouhý kanál, kterým bude cirkulovat roztok. Na horní konec kanálu se přivádí živný roztok, který bude otvorem na spodním konci odtékat zpět do nádrže. Touto technikou se nejčastěji pěstují saláty a koření.[9]



Obrázek 3 NFT system (Foto: 3)

DFT – metoda tekoucího roztoku. Spodní strana kanálu se přehradí, aby hladina roztoku byla vyšší, okolo 4 cm. To je hlavní rozdíl oproti NFT. Vyšší vrstva vody zvyšuje stabilitu a pufrací kapacitu roztoku, co se týče pH, teploty a rozpuštěných iontů. Nevýhodou může být nerovnoměrný růst. Rostliny, které jsou na začátku kanálu jsou více okysličovány než ty, které jsou na konci.[9]

Drip Systems – kapková závlaha. Velké rockwoolové rohože se pokládají vedle sebe v dlouhých řadách na podložku, která je vyvýšená. Na jedné straně se nachází žlab, kam odtékají zbytky roztoku. Podél každé řady vede hlavní hadice s živným roztokem. Z ní vedou další malé hadičky ke každé rostlině, které zajišťují kapáním závlahu. Ztráty zde tvoří třetinu použitého živného roztoku, který končí v odpadních vodách. V dnešní době se začínají používat vhodnější substráty jako kokosové vlákno, které se rozloží a nezatěžuje životní prostředí jako rockwoolové substráty. Tato metoda je používána pro pěstování velkých a pomalu zrajících plodin ve velkokapacitních sklenících, např. jahod nebo rajčat. [9]

1.3.1.2 Druhy substrátů

Rockwool-Glasswool – je směsí čediče, koksu a vápence, které jsou roztaveny a poté slity dohromady. Je to lehký materiál s max. objemovou hustotou $0,1 \text{ g/cm}^3$ a velkou propustností až 98 %. Při reakci s živným roztokem je neutrální.[9]

Keramzit – expandovaný jílový granulát. Vyrábí se z cypřišových jílu. Expanzí zvětší svůj objem až $3\times$ a vytvoří průduchy. Objemová hustota se pohybuje od $0,5$ do 1 g/cm^3 .

Neupravené kamínky mají lepší propustnost, více místa na kontakt kořenů s kyslíkem, a proto se prodávají jako hydroponické substráty. Keramzit je možné pouze propláchnout vodou a použít opakovaně.[9]

Kokosové vlákno – vyráběný ze slupek kokosových ořechů. Jedná se o vedlejší produkt při výrobě dlouhých vláken zpracovávaných na výrobu lan a rohoží. Vlákna jsou sušena a lisována do cihel, kuliček nebo rohoží. Nevýhodou používání kokosu je to, že obsahuje velké množství chloridu sodného. Doporučuje se jej používat v kombinaci s dalšími suššími substráty, nejlépe s keramzitem, protože samotný udržuje velkou vlhkost.[9]

1.3.1.3 Hnojiva

Na trhu najdeme hnojiva organická nebo syntetická. Organické hnojivo je vyrobeno z přírodních složek, jako je hnůj nebo kompost. Syntetická se vyrábí umělým způsobem a jejich účinek je často rychlejší než u hnojiv organických. Nejpoužívanějšími hnojivy jsou však minerální, velmi často jsou používána pro plodiny pěstované hydroponicky. V minerálním hnojivu bývá součástí také organická složka, která může být tvořena rozemletou rohovinou nebo kokosovým vláknem určeným k provzdušnění půdy a mohou také zvyšovat schopnost udržovat vlhkost. Organickou složkou může být i TerraLut, ten vzniká výluhem z organické hmoty těžené v hloubi země. TerraLut obsahuje huminové kyseliny, fulvo kyseliny a mikroprvky. Draselné soli těchto kyselin stimulují lepší příjem a využití dodávaných živin. Minerální složka je tvořena dusíkem, fosforem a draslíkem. Způsobují nárůst rostliny a větší násadu květů.[11] Bohužel bylo zjištěno, že používání minerálních hnojiv zvyšuje v půdě obsah stopových prvků (As, Cd, Pb).[12]

Dusík (N) je důležitým prvkem pro růst rostliny. Ovlivňuje vnější morfologii a vnitřní metabolické procesy. Metabolity dusíku poskytují primární materiály k sestavení struktury buněk, dodávání energie a k fyziologickým a biochemickým reakcím. N bývá zastoupen ve formě dusičnanu amonného nebo dusičnanu vápenatého. Při nedodržení dávkování může docházet k nadměrnému růstu listů na úkor plodů. Naopak nedostatek dusíku může způsobovat žloutnutí listů a zpomalení růstu rostliny.[13] Vysoký obsah organického dusíku zůstane v půdě po „zeleném hnojení“.[14] Fosfor (P) v organické formě zvyšuje dostupnost P v půdě více než ve formě anorganické. Nedostatek se může projevit pomalým růstem nebo zelenomodrým zbarvením listů. Je také zodpovědný za rozvoj kořenového systému rajčat a při zrání plodů.[15] Draslík (K) je nezbytný pro růst, ovlivňuje metabolismus vody

v rostlině díky zvyšování turgoru v listech při vodním stresu a zlepšuje celkovou odolnost vůči stresovým faktorům a chorobám [16], zlepšuje spolu s aktivací enzymů konečné chemické a senzorké vlastnosti rajčat. Dlouhodobý nedostatek K může ovlivnit růst stonku, finální velikost i chuť rajčat.[17] Železo (Fe) a mangan (Mn) ovlivňují rostlinu při růstu. Podílejí se na základních biochemických procesech, jako je dýchání, fotosyntéza, transport kyslíku a syntéza DNA. Fe je v půdě málo, proto jeho nedostatek je jedním z nejčastějších. Dochází k chloróze, což je onemocnění rajčat projevující se horším růstem, opadáváním plodů a žloutnutím listů.[18] Rajčata potřebují i další prvky jako je Cu, Zn, Mn, S, B. Při nedostatku může docházet k chloróze, ale velká úroda není závislá jen na hnojení, neméně důležité je také zalévání.[19]

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ RAJČAT

Plody obsahují velké množství vitamínů, minerálních a stopových prvků a vlákniny. Vyváženost těchto prospěšných látek posiluje obranyschopnost, pomáhá předcházet vzniku kardiovaskulárních a nádorových onemocnění v našem těle. Rozsáhlé studie prokázaly, že karotenoidní sloučenina lykopen, která se ve velkém množství vyskytuje u rajčat, je jedním z neúčinnějších inhibitorů rakoviny.[20]

2.1 Voda a refraktometrická sušina

Zelenina je vodou tvořena převážně ze 70–90 %. Množství vody v zelenině je ovlivněno druhem, odrůdou, stářím a vegetačními podmínkami.[21] Čerstvé plody obsahují okolo 94 % vody. Zbývajících 6 % je tvořeno 0,4 % tuků, 1 % bílkovin a 3 % sacharidů.[20] Sušina je tvořena monosacharidy, oligosacharidy, polysacharidy, organickými kyselinami, dusíkatými látkami, minerálními látkami, fenoly, enzymy, pigmenty a vitaminy.[21] Refraktometrická sušina je udávána v procentech sacharózy ve vodném roztoku, který má za daných podmínek stejnou refrakci jako analyzovaný výrobek. Zráním se obsah refraktometrické sušiny zvyšuje. Hodnoty pro refraktometrickou sušinu rajčat jsou 4–6 %.[21]

2.2 Sacharidy

Sacharidy jsou důležitou složkou ovoce a zeleniny. Glukóza a fruktóza tvoří v plodech až 70 %, poměr se liší dle odrůdy. Ze skupiny polysacharidů jsou v rajčatech škrob, celulóza a hemicelulózy. Celkově tvoří sacharidy v rajčeti 4–5 %.[22]

2.2.1 Vlákna

Vlákna je složka potravy nehydrolyzovatelná endogenními enzymy trávicího traktu, rozdělujeme ji na rozpustnou a nerozpustnou. Rozpustná vlákna jsou pektiny, glukany a inulin. Ve střevě působí jako probiotikum, váže na sebe cholesterol nebo žlučové kyseliny a odvádí je z těla. Společně s vodou bobtná, zvyšuje pocit plnosti, v tenkém střevě zpomaluje vstřebávání glukózy. Nerozpustnou vlákninu tvoří některé hemicelulózy, celulóza a lignin. Podporuje peristaltiku, urychluje průchod tráveniny, váže na sebe vodu a čistí střeva. Rajčata obsahují ve slupce cca 1,5 g vlákniny na 100 g rajčat. Spolu s ní se ve slupkách vyskytují i antioxidanty.[23]

2.3 Bílkoviny a aminokyseliny

Podle počtu navázaných aminokyselin rozlišujeme oligopeptidy, polypeptidy a proteiny (vlastní bílkoviny). [21], [22] Zelenina obsahuje velmi malé množství bílkovin, u rajčat je to cca 1 %.[21]

2.4 Organické kyseliny

V plodech rajčat je nejvíce zastoupena kyselina citronová, zbývající část pokrývá kyselina jablečná. S přibývajícím zralostí obsah kyseliny citronové mírně klesá a roste obsah kyseliny jablečné. Ve 100 g dužiny je dle odrůdy a stupně zralosti 0,3–0,7 g kyselin.[20]

2.5 Barviva

Nezralá rajčata obsahují chlorofyl, jeho obsah je okolo 1 % v sušině. Není rozpustný ve vodě a zahříváním se Mg, který je centrem molekuly chlorofylu, nahrazuje H a vzniká zelenožluté zbarvení, které můžeme sledovat u sterilovaných okurků.[22] Během zrání je chlorofyl nahrazován červeným barvivem, které je z 85 % tvořeno lykopenem, dále také β -karotenem a xantofylovými barvivy.[8]

2.5.1 Karotenoidy

Nejčastějšími zdroji provitaminů jsou mrkev, paprika, rajčata, špenát nebo broskve.[24] Nejčastěji se β -karoten (provitamin vitamínu A) vyskytuje v ovoci a zelenině. Přehled obsahu karotenů můžeme vidět v Tabulce 1. Široké rozmezí je způsobeno exogenními i endogenními vlivy, např. složením půdy, odrůdou, zralostí atd.[24]

Tabulka 1 Obsah β -karotenu ve vybraných potravinách (Autor: 1)

Potravina	Obsah β -karotenu (mg/100 g)
Mrkev	2000–9600
Rajčata	300–3500
Zelí	12–7400
Špenát	5000–48200
Maliny	80–310
Višně	30–550

Lykopen nemá uzavřený β -jononový kruh, tudíž nepůsobí jako provitamin A. Má antioxidační účinek. Nejvíce lykopenu přijme člověk z rajčat a z produktů z nich vyrobených (Tabulka 2). Je poměrně stabilní během zpracování suroviny i při vaření.[24]

Tabulka 2 Obsah lykopenu ve výrobcích z rajčat (Autor: 1)

Rajčata	Obsah lykopenu (mg/100 g)
Čerstvá	0,88–4,20
Vařená	3,70
Rajská omáčka	6,20
Rajský protlak	5,40–150
Rajčatová šťáva	5,00–11,6
Kečup	9,90–13,4

2.5.2 Anthokyanová barviva

Anthokyanany se řadí do třídy flavonoidů, jsou to ve vodě rozpustné pigmenty, vyskytující se ve všech částech rostliny, ve stonku, kořeni, listech, květech a zralých plodech. Jejich barevnost se odvíjí od pH prostředí, jsou to zbarvení červené, fialové, žluté nebo modré. Působí jako antioxidanty, bojují proti zánětům, podporují imunitní systém, snižují riziko kardiovaskulárních onemocnění, onemocnění související s věkem a používají se i ve farmakologii, potravinářství nebo kosmetickém průmyslu.[25] Plodiny rodu *Solanum* jako jsou papriky a lilek mají detekovatelné množství těchto barviv, u běžných odrůd rajčat bohužel anthokyanany detekovat nedokážeme.[26] Šlechtěním došlo ke vzniku odrůdy s vysokým obsahem anthokyanů, odrůdy Indigo Rose, která je typická fialovým zbarvením na povrchu plodu a na řezu je rajče červené. Obsah anthokyanů byl ve slupce 300 $\mu\text{g/g}$ čerstvé hmoty, přestože slupka tvoří jen 5 % z celkové hmotnosti plodu.[27]



Obrázek 4 Indigo Rose (Foto: 4)

2.6 Vitamíny

Vitamín E je rozpustný v tucích, odvozený od tokolu a tokotrienolu, odvozuji se pak α -, β -, γ - a δ -tokoferoly a tokotrienoly. Jsou přírodními antioxidanty. Dobrymi rostlinnými zdroji tokoferolů jsou oleje (z obilných klíčků, slunečnicový, řepkový, sójový), ořechy, kukuřice, hrášek i rajčata.[24] Vitamín C (kyseliny askorbová a dehydroaskorbová) je esenciální, ve vodě rozpustný vitamín. Nachází se v čerstvém ovoci, zelenině a nejčastěji v citrusech (Tabulka 3). Je termolabilní, rychle podléhá destrukci při povaření a dalších kulinárních úpravách.[24] Jeho hlavní funkcí je posilování pojivové tkáně, vyhlazuje stěny cév, vychytává volné radikály, které by mohly podporovat vznik nádorů. Čtyři větší rajčata nám pokryjí denní potřebu 100 mg vitamínu C.[20]

Tabulka 3 Obsah vitamínu C ve vybraných potravinách (Autor: 1)

Potravina	Obsah vitamínu C (mg/100g jedlého podílu)
Brokolice	1130
Paprika	1620
Rajčata	224
Citron	443
Pomeranč	513
Černý rybíz	1360

Kyselina listová je vitamín ze skupiny B, ve 100 g rajčat je jeho množství cca 0,05 mg. Zajišťuje produkci nervového stimulantu – serotoninu. Abychom pokryli referenční doporučené množství kyseliny listové (0,4 mg), museli bychom zkonsumovat zhruba 5 kg rajčat, u špenátu pouze 300 g.[20]

2.7 Minerální a stopové prvky

Prvky dělíme na makrobiogenní (K, Ca, Na, P, S, Cl, Mg), mikrobiogenní (Fe a Zn) a stopové prvky (Mn, I, F, Cu, Se, Cr, Mo, Pb, As, Sn, Hg a další) (Tabulka 4). Nejčastějšími makroprvky v rajčatech jsou K, Mg a Na. U žlutých odrůd rajčat bývá větší zastoupení Fe a Cu, u ostatních je to Zn a Mn. Minerální prvky jsou životně důležité pro zdravý vývoj člověka a prevenci nemocí. Obsah minerálních prvků se liší mezi odrůdami a metodami pěstování.[6] K nám reguluje obsah vody v těle a snižuje krevní tlak. Čtvrtinu denního příjmu by nám mohly doplnit dvě sklenice nesolené rajčatové šťávy, ty dokáží předejít i vzniku nervozity, bolestem hlavy, únavy, zácpě nebo poruchám spánku. Při nedostatcích Zn a Cr může docházet k podrážděnosti, apatii, nespavostem, lámavosti vlasů a šedivění. Konzumace rajčat je doporučována u onemocnění srdce a ledvin, šťáva z nich může působit proti špatné produkci žaludečních šťáv a při slabosti pankreatu.[20]

Tabulka 4 Minerální a stopové prvky v mg ve 100 g čerstvých rajčat (Tabulka: 2)

Draslík	235
Sodík	3
Hořčík	11
Vápník	9
Fosfor	22
Železo	0,4
Zinek	0,1

Rostliny přijímají a zadržují vyšší množství cizorodých prvků. Zvířata jsou kontaminována sekundárně, po spasení rostliny bohaté na toxické prvky a jejich metabolismus lépe inaktivuje a vylučuje cizorodé látky ven z těla. Rostliny hromadí prvky v tkáních nebo na svém povrchu v důsledku adaptace na změny chemických vlastností prostředí. Proto jsou považovány za rezervoár, přes který dokáží cizorodé prvky přecházet z půdy, vody a vzduchu do lidského organismu. Nejrizikovějšími cizorodými prvky mohou být: Cd, Be, Ni, Pb, Al, Sn, As, Hg.[22]

Cd lze snížit použitím fosforečné výživy nebo vápněním rostlin, kdy pokles Cd v listech lze snížit o 20–70 %. Největší kumulace Cd je v listové zelenině (špenát, salát) a kořenové zelenině. Příčinou toxicity je narušení enzymatické aktivity a snížení produkce chlorofylu a antokyanových barviv.[22] Dle údajů z roku 1996 byla půda v České republice kontaminována Ni na více než 21 tisících ha. Rostliny, které vstřebávají Ni mohou mít

snížený růst a nižší výnosy. Ve vysokých koncentracích Ni poškozuje v lidském těle cévy, srdce, ledviny, centrální nervový systém, způsobuje alergie, ekzémy a celkově oslabuje imunitu.[28] As se vyskytuje v rostlinách v množství 0,09–0,8 mg/kg sušiny. Zvýšené množství může být v zrnech obilovin, pokud jsou pěstovány na půdě se zvýšenými hodnotami As. Listová zelenina a žampiony mají také vyšší schopnost kumulace tohoto prvku. Pro zabránění vstupu As do rostliny se doporučuje hnojení S nebo P.[22] Be se řadí mezi nejtoxičtější a pro člověka nejnebezpečnější prvky. Dokáže působit na metabolismus DNA, má karcinogenní účinky a vyvolává chronickou beryliózu. V rostlinách se obvykle vyskytuje ve stopovém množství 0,001–0,4 mg/kg sušiny. Vysoké koncentrace Be se vyskytují v zrnech luskovin, listech salátu a plodech rajčat. Mohou se několikanásobně zvýšit, pokud se plodiny pěstují v okolí tepelných elektráren. Kontaminace probíhá hlavně z ovzduší než z půdy.[22]

Pb je v přírodě biologicky nerozložitelné. V těle člověka má kumulační schopnost a může způsobovat problémy s reprodukcí, s ledvinami, centrální nervovou soustavou a u dětí může docházet k retardaci. Spíše se kontaminují listy rostlin než plody samotné.[29]

2.8 Alkaloidy

Alkaloidy jsou nejvíce zastoupeny v nezralých částech rostliny. Jelikož se zelená rajčata běžně nekonzumují, nebyla věnována problematice alkaloidů pozornost. V rajčatech se vyskytují glykoalkaloidy, které jsou odvozeny od aglykonu spiroolanu. Hlavním zástupcem je α -tomatin a dehydrotomatin. Množství α -tomatinu se odvíjí od druhu a stupně zralosti rajčat, neboť čím zralejší rajče, tím nižší dávku obsahuje. Zelené plody rajčat obsahují 30–150 mg/kg α -tomatinu, zralé plody jen okolo 10 mg/kg a přezrálé cca 1 mg/kg. Ve výsledku jsou obsahy nižší než poměr alkaloidů v bramborách. Snížení těchto látek lze docílit také vhodným skladováním. α -Tomatin a dehydrotomatin jsou součástí ochranného systému rostlin proti škůdcům, od virů po býložravce. Toxicita je nevýznamná u zralých plodů, které konzumujeme.[30]

3 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ RAJČAT A JEJICH KONEČNÉ PRODUKTY

3.1 Kečup

Dle vyhlášky č. 397/2021 Sb. Vyhlášky o požadavcích na konzervované ovoce a konzervovanou zeleninu, skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich a banány je kečupem potravina vyrobená z rajčatového protlaku, vody, přírodních sladidel, kvasného octa, jedlé soli, popřípadě koření a dalších přísad pouze v technologicky nezbytném případě a množství.[31] Jedná se o zahuštěnou dřen z rajčat s přísadkou soli, octa nebo koření. Protlak, voda a cukr se míchají v tanku na 50 °C, ostatní suroviny se přehřívají ve vakuové odparce na 65 °C, přidává se sůl, ocet, extrakt koření a směs se dohřeje na 90 °C. Směs se propasíruje, dojde k deaeraci a plnění do obalů.[32] Mohou se přidávat i stabilizátory jako modifikovaný škrob nebo pektin pro upravení konzistence výrobku. Následně dochází ke sterilaci a aseptickému plnění do obalů. Pro výrobu se používá protlak nikoli čerstvá rajčata. Kečup musí obsahovat minimálně 140 g rajčat na 100 g výrobku, pokud obsahuje výrobek méně rajčat, nemůže se nazývat kečup, jedná se o nahrazení rajčatového protlaku například jablečnou dřeví a výrobek se nazývá kečupová omáčka.[33] „U kečupů činí refraktometrická sušina vnesená rajčatovou surovinou nejméně 7 %. U kečupů s označením Prima, Extra, Speciál činí nejméně 10 % refraktometrické sušiny refraktometrická sušina vnesená rajčatovou surovinou.[31]

3.2 Protlak

Dle vyhlášky č. 397/2021 Sb. je zeleninovým protlakem potravina řídké až kašovitě konzistence s případnými jemnými nebo hrubšími kousky použitých surovin vyrobená z jedlých částí zeleniny bez slupek a jader propasírováním nebo obdobným procesem, konzervovaná snížením obsahu vody, přidáním soli, pasterací, sterilací nebo přidáním konzervačního prostředku, popřípadě kombinací uvedených způsobů, přidání vody nebo zeleninové šťávy není přípustné.[31]

Protlak se vyrábí z rajčat, která mají stejnou vyzrállost a vyšší obsah sušiny. Rajčata se před zpracováním omyjí pitnou vodou v naplavovacích vanách nebo v pračkách, vytrídí se plesnivě nebo nahnílé kusy a ostatní se spaří a rozdrť. Směs se zahřívá až na teplotu varu, kdy dojde k inaktivaci mikroorganismů a prodlouží se trvanlivost. Rozvařená rajčata se protírají přes síta, aby se zbavila slupek nebo semen, která by mohla později způsobit

žluknutí, protože mohou obsahovat až 25 % tuku. Pasírování se provádí třikrát a dochází ke zmenšování otvorů v sítích pasírek až na 0,4 mm. Směs musí být homogenní a jemná. Po pasírování dochází k zahuštění na obsah sušiny minimálně 29 %. Protlak se před naplněním do obalů tepelně steriluje při teplotách okolo 85 °C a následně se asepticky plní do plechovek.[33] Rozdělujeme výrobu protlaku „hot-break“ nebo „cold-break“. Hot-break bude tmavší a více hustý. Cold-break výrobek se liší teplotou při drcení, která je okolo 20–30 °C a před zahříváním je dlouho skladován v tanku, chladnější teploty mohou způsobit oxidační změny za vzniku chinoidních produktů, Maillardových reakcí nebo oxidace karotenoidů. Tepelný záhřev nepřesahuje teplotu 65 °C. Výsledný produkt je světlejší a řidší než „hot-break“.[32] Rajčatový protlak rozředěný vodou na roztok o koncentraci 8 % hm. nesmí obsahovat více než 60 mg/kg nerozpustných minerálních nečistot. Protlaky koncentrované obsahují nejméně 24 % refraktometrické sušiny vnesené rajčatovou sušinou. A rajčatové protlaky nekoncentrované obsahují nejméně 4,2 % refraktometrické sušiny vnesené rajčatovou surovinou.[31] Výroba protlaku by měla proběhnout bez dodání přídatných látek (cukr, kyseliny, barviva, zahušřovadla), protože nejsou povolena. Jedinou použitou přídatnou látkou může být sůl, která se v České republice používá, ale v jiných zemích může být použita jako konzervant. V jiných zemích se můžeme setkat s různým stupněm zahuštění např. polokoncentrovaný protlak s minimálně 12 % sušiny, koncentrovaný protlak s 18 % sušiny, dvakrát koncentrovaný protlak s 28 % sušiny nebo tři až šestkrát koncentrovaný protlak, ten může dosahovat až 55 % sušiny.[32]

3.3 Konzervovaná rajčata

Dle vyhlášky je konzervovanou zeleninou zelenina zdravá, s vegetačními změnami a mechanickým poškozením nejvýše u 20 % kusů, očištěná bez tmavých skvrn, konzistence je měkká až polotuhá, odpovídající zpracované zelenině, nerozpadavá, bez semen a jejich částí, bez zdřevnatělých a tuhých částí, bez cizích příměsí rostlinného původu vyjma koření, zbytků slupek, jde-li o zeleninu loupanou, nálev čirý, opalizující až mírně zakalený s uvolněnými částicemi dužiny.[31]

Rajčata se nejdříve důkladně vytřídí a omyjí čistou vodou. Dalším technologickým krokem je odstranění slupky, to se provádí pomocí páry, horké vody nebo NaOH. Rajčata se krájí na menší kusy a jsou pasterována teplotou 71 °C po dobu 10 minut a následně se plní se šťávou nebo bez ní do plechovek. Tepelné ošetření může probíhat i pomocí páry, když jsou rajčata již v obalech. Konzervovaná rajčata nemusí být vždy krájená, můžou se vyrábět i celá nebo

půlená a pH v obalu nesmí být vyšší než 4,6. Mohou obsahovat sůl, koření, kyselinu citronovou, sladidla nebo různé příchutě.[34]

3.4 Pasírovaná rajčata

Pasírovaná rajčata neboli „passata“ jsou jednou ze základních ingrediencí italské kuchyně. Vyrábí se ze zralých rajčat, která jsou pečlivě vytržena a umyta. Následuje vakuové loupání slupky pomocí páry, vakuu způsobí prasknutí slupky, ta je pomocí válcových pásů zachycena a odstraněna. Touto technologickou operací získáme správně očištěné rajče. Očištěná rajčata prochází procesem krájení a enzymatické deaktivace prostřednictvím šnekového dopravníku. Následuje protlačování přes síta, kdy se oddělují semínka, která by mohla v produktu způsobovat žluknutí. Výsledný produkt se tepelně ošetřuje pasterací a plní se do sterilovaných lahví.[35]

3.5 Sušený prášek

Pro výrobu sušeného prášku z rajčat jsou používána zralá rajčata kvůli lepší chuti a vůni. Přezrálé, shnilé nebo poškozené kusy jsou odstraněny. Následně dochází k mytí nečistot. Mikroorganismy jsou odstraněny přidávkem chlornanu sodného, dojde k oplachu vodou, přidavku hydrogenuhličitanu sodného a opět se rajčata oplachují pitnou vodou. Rajčata se krájí na tenké plátky pro rychlejší odstranění vody při sušení. Sušení probíhá při 70–80 °C cca 5 hodin a výsledný produkt má obsah vlhkosti nižší než 6 %. Po vychladnutí se plátky melou na prášek, dávkuje se do polyethylenových sáčků nebo skleněných obalů, aby nedocházelo k navlhnutí produktu. Tento produkt je typický pro Itálii.[36]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 METODIKA

Cílem experimentální práce je připravit lyofilizáty rajčat, které následně budou zmineralizovány, aby v nich mohly být stanoveny toxické prvky a vyhodnocen MPI index (index znečištění kovy). Kromě toho je úkolem stanovit pH a refraktometrickou sušinu vzorku.

Příprava mineralizátu ze vzorků lyofilizovaných rajčat a měření pH i refraktometrické sušiny bylo provedeno v laboratoři Univerzity Tomáše Bati, na Ústavu analýzy a chemie potravin ve Zlíně.






4.1 Pomůcky a použitý materiál, přístrojové vybavení

- Tyčový mixér Sencor
- Nádoba na mixování
- Misky na vzorky pyré
- Mrazák Trigon Plus
- Refraktometr Kern ORF 45BE (výrobce Kern & Sohn GmbH, Německo).
- pH metr Foodcare HI 99161 (Hanna Instruments, USA)
- Lyofilizátor Alpha 1-4 LSC
- Kádinky
- Teflonové nádoby na mineralizaci
- Mineralizátor EthosONE (Solisole, Itálie)
- Analytické váhy AFA 210 LC, Schoeller, ČR
- PURE kyselina dusičná 67 %, Penta, ČR
- PURE peroxid vodíku 30 %, Penta, ČR
- Přístroj Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS






4.2 Charakteristika vzorků

Pro stanovení toxických prvků bylo vybráno 10 vzorků rajčat různých odrůd a původu. Vzorky byly zakoupeny v obchodních sítích Albert, Tesco, Kaufland, Lidl, Billa a jeden byl zakoupen v bezobalovém obchodu. Doba od zakoupení po zpracování byla 3 dny, během této doby byly vzorky skladovány v originálním obalu v suchu a temnu, při teplotě cca 15 °C. Pro experiment bylo použito 5 vzorků bio a 5 vzorků nebio rajčat. Pro analýzu musela být rajčata rozmixována tyčovým mixérem. Pro měření refraktometrické sušiny, musely být rozmixované vzorky přefiltrovány přes gázu. Balení měla hmotnost 250–500 g a rajčata byla umístěna v papírových a plastových obalech. Vzorky jsou prezentovány v Tabulce 5 a 6.

Tabulka 5 Použité vzorky I

	Vzorek	Původ	Odrůda a kalibr	Fotografie
1	Bio cherry rajčata (Natures promise)	Španělsko		
2	Bio rajčata (Kaufland)	Španělsko	(47–57 mm)	
3	Bio rajčata datlová	Řecko	VALDO	
4	Bio cherry keříková	Španělsko	KORINO (35–45 mm)	
5	Bio cherry Billa	Španělsko		

Tabulka 6 Použité vzorky II

	Vzorek	Původ	Odrůda a kalibr	Fotografie
6	Rajčata cherry Nelinka (3)	ČR	NELINKA (21–35 mm)	
7	Rajčata keříčková (Naše rajče) (4)	ČR	SIRANZO (47–67 mm)	
8	Rajčata oválná (Tesco) (5)	Španělsko	CANILES (47–57 mm)	
9	Tesco rajčata koktejlová (6)	Holandsko	BRIOSO (35–55 mm)	
10	Rajčata Adora (7)	Španělsko	ADORA (57–67 mm)	

4.3 Zpracování vzorků

4.3.1 Lyofilizace vzorků

Každý rozmixovaný vzorek rajčat byl plněn do 4 mističek a byl umístěn do mrazícího boxu, kde byla teplota $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zde byly vzorky 5 dnů, poté byly umístěny na 2 dny do lyofilizátoru, kde došlo k vymražení přirozeně přítomné vody pomocí nízké teploty a tlaku. Voda sublimovala a přešla z pevného skupenství na plynné. Touto metodou nedochází ke změnám ve složení vzorku. Byl připraven vzorek rajčat ve formě lyofilizátoru a tento byl použit ke stanovení minerálních a stopových prvků. Fotografie rozmixovaných a lyofilizovaných vzorků jsou prezentovány na Obr. 5 až 22.



Obrázek 5 Vzorek 1 (Foto: vlastní)



Obrázek 6 Vzorek 1 (Foto: vlastní)



Obrázek 7 Vzorek 2 (Foto: vlastní)



Obrázek 8 Vzorek 2 (Foto: vlastní)



Obrázek 9 Vzorek 3 (Foto: vlastní)



Obrázek 10 Vzorek 2 (Foto: vlastní)



Obrázek 11 Vzorek 4 (Foto: vlastní)



Obrázek 52 Vzorek 4 (Foto: vlastní)



Obrázek 6 Vzorek 5 (Foto: vlastní)



Obrázek 7 Vzorek 5 (Foto: vlastní)



Obrázek 15 Vzorek 6 (Foto: vlastní)



Obrázek 16 Vzorek 6 (Foto: vlastní)



Obrázek 8 Vzorek 8 (Foto: vlastní)



Obrázek 9 Vzorek 8 (Foto: vlastní)



Obrázek 19 Vzorek 9 (Foto: vlastní)



Obrázek 20 Vzorek 9 (Foto: vlastní)



Obrázek 10 Vzorek 10 (Foto: vlastní)



Obrázek 11 Vzorek 10 (Foto: vlastní)

4.3.2 Stanovení pH a refraktometrické sušiny

Pro měření hodnot refraktometrické sušiny musely být čerstvé rozmixované vzorky rajčat filtrovány přes gázu, protože kousky rajčat by mohly ovlivnit výsledky měření. Refraktometrická sušina je hodnota obsahu rozpustné sušiny ve vzorku. Udává se v % sacharózy ve vodném roztoku, který má za daných podmínek stejnou refrakci jako analyzovaný vzorek. Měří se refraktometrem, který měří index lomu v procházejícím nebo odražejícím světle při konstantní teplotě 20 °C. Jsou různé typy, zde byl použitý digitální refraktometr (Kern ORF 45BE, výrobce Kern & Sohn GmbH, Německo).

Hodnoty pH byly měřeny pH metrem přímo v rozmixovaném vzorku. Oba ukazatele byly měřeny 4× a ze získaných hodnot byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

4.3.3 Příprava mineralizátu

Mineralizát byl připraven mineralizací lyofilizátu za podmínek mikrovlnného rozkladu v přístroji EthosOne (Soriso, Itálie). Jedná se o destruktivní cestu přípravy vzorku, a to mokrou cestou. Nejprve došlo k odvážení 0,2 mg lyofilizovaného vzorku rajčat do

polytetrafluorethylenových (PTFE) nádob, ke vzorku bylo přidáno 7 ml PURE HNO₃ a jeden mililitr PURE H₂O₂. Pure sloučeniny se přidávají z důvodu, že nedojde k ovlivnění složení směsi případnými nečistotami z řad prvků. Směs byla mineralizována 50 minut při teplotě 200 °C a energii 1500 W. V průběhu došlo ke zničení organické matrice a zůstala zachována matrice anorganická. Mineralizát byl kvantitativně převedený do plastových zkumavek a její objem byl upraven ultra pure čistou vodou na 25 ml.

4.4 Měření na ICP-MS

Obsah toxických prvků byl stanovován metodou ICP-MS (metoda hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem). K analýze byl použit hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem ICP-MS ThermoScientific iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA) vybaveného technologií QCell (CCT – Collision Cell Technology, využívá He jako kolizní plyn). Pracovní parametry byly nastaveny následovně: výkon 1550 W, hloubka vzorkování 5 mm, průtok chladícího plynu 14,0 l.min⁻¹, průtok pomocného plynu 0,8 l.min⁻¹, průtok zmlžovacího plynu 1,015 l.min⁻¹, průtoková rychlost He 4,1 ml.min⁻¹, rychlost zmlžovače 40,00 ot.min⁻¹ a teplota uvnitř komory byla nastavena na 2,7 °C [37].

Série kalibračních standardů byly nachystány ve dvou sadách, kdy se čekal určitý koncentrační rozsah měřených prvků ve vzorcích rajčat. Řada standardů s očekávanou vyšší koncentrací prvků byla následující: ⁹Be, ²⁰⁹Bi, ⁶⁶Zn, ⁶³Cu, ⁶⁰Ni, ²⁷Al, ⁷¹Ga, ⁷³Ge, ²⁴Mg, ⁵⁹Co, ⁷Li, ¹⁰⁷Ag, ⁵⁵Mn, ⁹⁵Mo, ⁸⁸Sr, ¹³⁷Ba, ¹⁴⁰Ce, ¹³³Cs, ¹⁶⁵Ho, ¹²¹Sb, ⁴⁵Sc, ¹⁸¹Ta, ¹⁵⁹Tb, ²⁰⁵Tl, ²³⁸U, ⁵¹V, ⁸⁹Y a ⁹⁰Zr v koncentraci 3–35 µg/; sada s nižší očekávanou koncentrací byla následující: ⁷⁵As, ¹¹B, ⁴⁴Ca, ¹¹¹Cd, ⁵²Cr, ⁵⁷Fe, ²⁰²Hg, ³⁹K, ³¹P, ²³Na, ²⁰⁸Pb, ³²S, ⁷⁷Se, ¹¹⁸Sn a ⁴⁸Ti v koncentraci 0,5–1,0 µg/l. Tyto řady standardů jsou komerčně zakoupenými sadami. Kalibrace jednotlivých prvků, evaluovaných v této práci byly využity z interních kalibrací uložených již v softwaru ICP-MS a využívaných pro měření. V této práci nebyly použity referenční certifikované materiály.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky stanovení hodnot aktivní kyselosti a refraktometrické sušiny

pH je záporný dekadický logaritmus látkové koncentrace oxoniových kationtů, který udává kyselost roztoku. U rajčat je udáván okolo 4,3. pH měří kyselost z hlediska H^+ iontů přítomných ve vzorku, proto hodnotu pH můžeme nazvat také jako aktivní kyselost potraviny [33]. Dle výsledků našeho měření, které můžeme vidět v Tabulce 7 a 8, měla bio rajčata hodnotu aktivní kyselosti od 3,73 do 4,16 a konvenčně pěstovaná rajčata měla hodnotu aktivní kyselosti od 3,97 do 4,14. To může souviset s nedostatečnou zralostí plodu, hodnoty pH se mohou lišit i dle odrůd. Nejnižší pH měl vzorek č. 5 (Bio cherry Billa) a to 3,73. U nebio byla nejvyšší hodnota pH 3,97, u vzorku č.6 (Rajčata cherry Nelinka).

Tabulka 7 Přehled vzorků I

	Vzorek	Původ	Odrůda a kalibr	pH	Refraktometrická sušina (%)
1	Bio cherry rajčata (Natures promise)	Španělsko		4,13±0,02 ^a	4,80±0,01 ^a
2	Bio rajčata (Kaufland)	Španělsko	(47–57 mm)	4,16±0,02 ^a	4,88±0,04 ^b
3	Bio rajčata datlová	Řecko	VALDO	4,02±0,07 ^b	6,73±0,04 ^c
4	Bio cherry keříková	Španělsko	KORINO (35–45 mm)	4,07±0,03 ^b	5,35±0,09 ^d
5	Bio cherry Billa	Španělsko		3,73±0,08 ^c	5,43±0,04 ^e

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr ± SD (n=4). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Hodnota refraktometrické sušiny je pro rajčata mezi 4–6 hm.%. Naše vzorky tyto hodnoty nespĺňovaly. Vzorky č. 7 (Rajčata keřičková Naše rajče) s hodnotou refraktometrické sušiny 3,45 hm.% a vzorek č. 8 (Rajčata oválná (Tesco)) s hodnotou refraktometrické sušiny 3,78 hm. % měla hodnotu refraktometrické sušiny nižší, než se uvádí. Takové plody jsou kyselé a po zakoupení by se měly při pokojové teplotě nechat dozrát, protože se trhají nezralé a dozrávají cestou do tržní sítě. Vyšší hodnoty refraktometrické sušiny měly vzorky č. 6 (Rajčata cherry Nelinka) s hodnotou 7,00 a vzorek č. 10 (Rajčata Adora) s hodnotou 9,23. Tato odrůda je charakteristická svým hnědým zbarvením, svou intenzivní sladkokyselou chutí a vynikající trvanlivostí [38].

Tabulka 8 Přehled vzorků II

6	Rajčata cherry Nelinka	Česká republika	NELINKA (21–35 mm)	3,97±0,01 ^{a,d}	7,00±0,01 ^a
7	Rajčata keřičková (Naše rajče)	Česká republika	SIRANZO (47–67 mm)	4,07±0,01 ^b	3,45±0,05 ^b
8	Rajčata oválná (Tesco)	Španělsko	CANILES (47–57 mm)	4,14±0,01 ^c	3,78±0,04 ^c
9	Rajčata koktejlová (Tesco)	Holandsko	BRIOSO (35–55 mm)	4,04±0,04 ^{b,d}	4,43±0,04 ^d
10	Rajčata Adora	Španělsko	ADORA (57–67 mm)	4,00±0,03 ^d	9,23±0,04 ^e

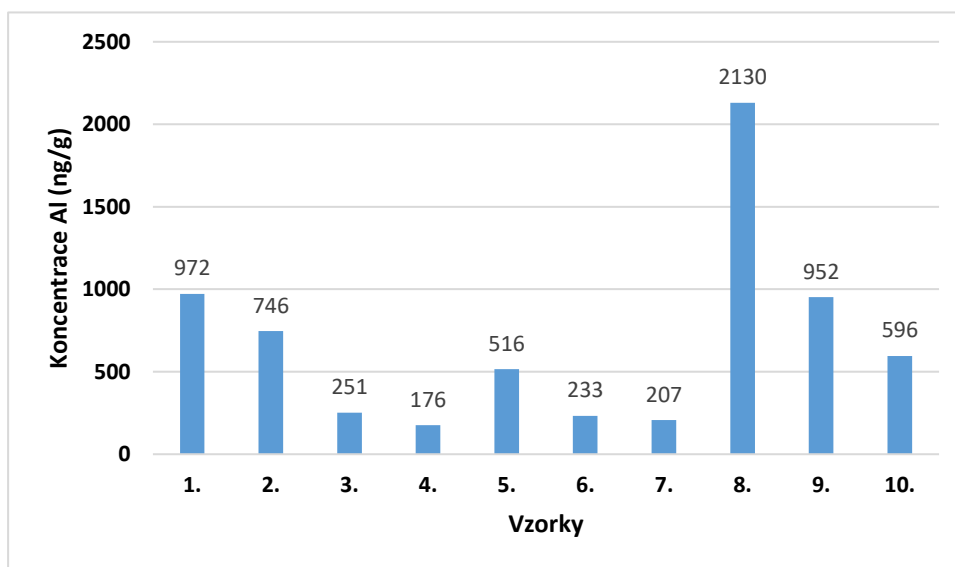
Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr ± SD (n=4). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou statisticky významné rozdíly nevykazují ($p \geq 0,05$).

Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

5.2 Výsledky obsahu toxických prvků stanovené metodou ICP-MS

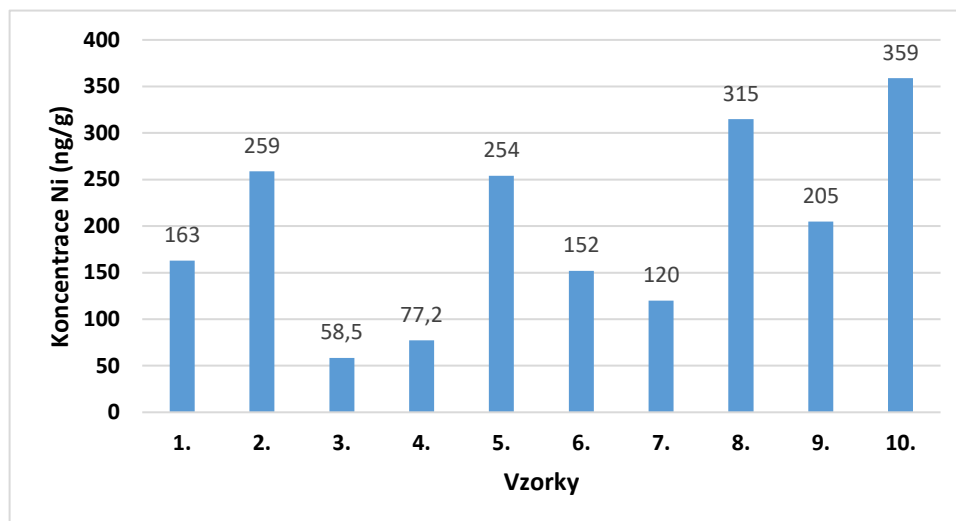
Měření bylo zaměřeno na toxické prvky, mezi které se řadí: Al, Ni, As, Cd, Sn, Hg a Pb. V jednotlivých grafech (Obr. 23 až 28) můžeme vidět zastoupení jednotlivých prvků. Koncentrace jednotlivých prvků jsou prezentovány na 1 g lyofilizátu rajčat.

Z bio vzorků rajčat měl nejvyšší obsah Al vzorek č.1 (BIO cherry Nature Promise), a to 972 ng/g. Nejnižší hodnotu měl z bio vzorků vzorek č.4 (BIO rajče keříkové), u kterého byla koncentrace Al pouze 176 ng/g. Zároveň tento vzorek měl nejnižší koncentraci napříč všemi analyzovanými vzorky. U nebio vzorků byla nejvyšší koncentrace u vzorku č.8 (rajče oválné Tesco), a to 2,13 µg/g. EFSA v roce 2008 stanovila přípustný týdenní příjem (TWI) pro Al na 1 mg/kg tělesné hmotnosti ze všech zdrojů potravin obsahujících Al [38]. Až na jeden vzorek nebio je možno říci, že koncentrační profil Al je vyrovnaný mezi skupinou bio i nebio.



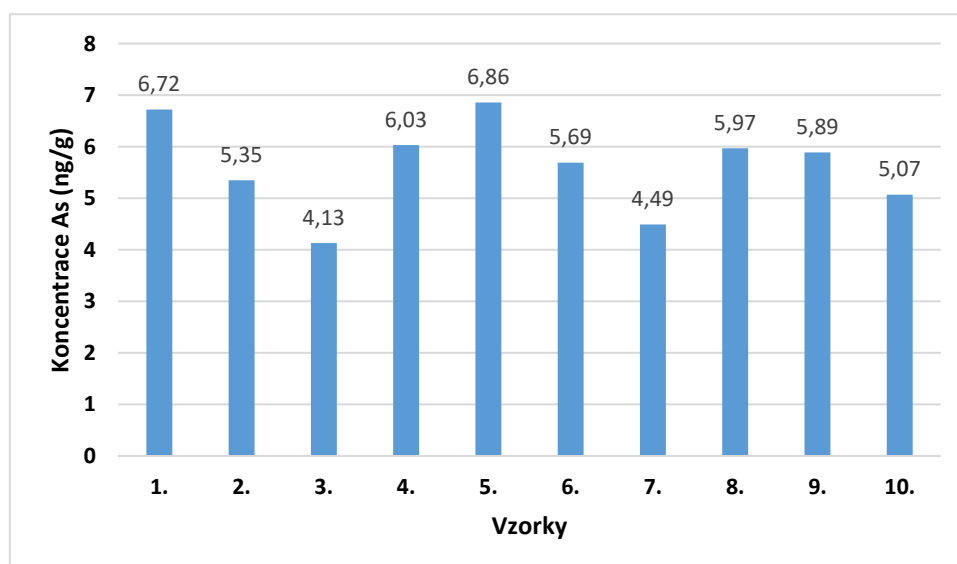
Obrázek 12 Koncentrace Al

Koncentrace Ni byla u bio vzorků nejvyšší u vzorku č.2 (BIO rajče Kaufland) s hodnotou 259 ng/g. Nejnižší hodnotu měl pro bio i nebio vzorky vzorek č.3 (BIO rajče datlové), a to 58,5 ng/g. Nejvyšší koncentrace Ni u nebio vzorků byla u č. 10 (Rajče Adora) s hodnotou 359 ng/g. Tolerovaný denní příjem (TDI) je nastaven Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA) na 13 µg/kg tělesné hmotnosti [40]. Zdá se, že Ni byl více koncentračně zastoupen u nebio vzorků.



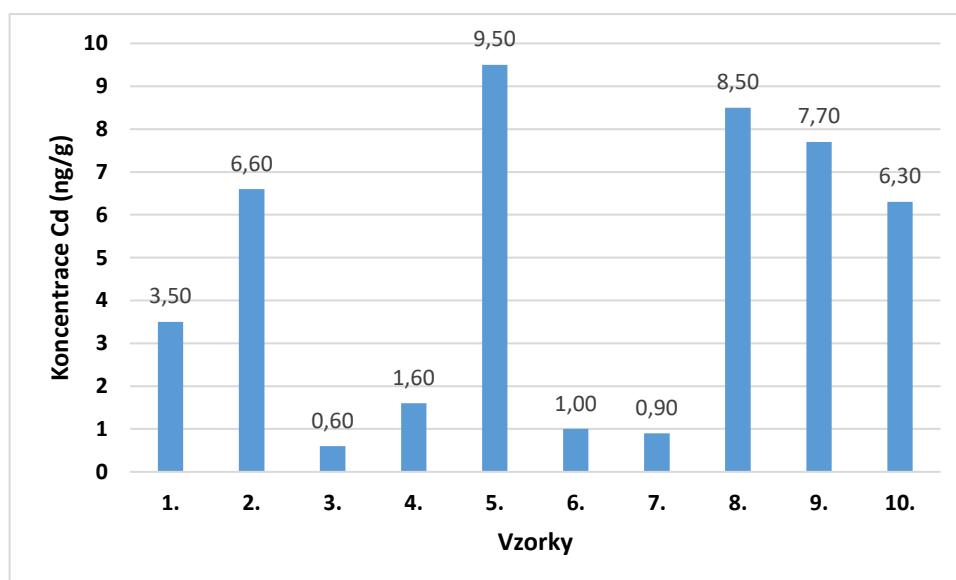
Obrázek 24 Koncentrace Ni

Koncentrace As byla u nebio vzorků nejvyšší u vzorku č.5 (BIO cherry Billa) s hodnotou 6,86 ng/g. Nejnižší byl pro bio i nebio vzorek č.3 (BIO rajče datlové), a to 4,13 ng/g. Z nebio vzorků měl nejvyšší koncentraci As vzorek č.8 (Rajče oválné Tesco) s hodnotou 5,97 ng/g. Pro arsen nejsou uvedeny limitní koncentrace, ale panel EFSA pro kontaminanty v potravinovém řetězci (panel CONTAM) stanovil tolerovatelný týdenní příjem (TWI) 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tělesné hmotnosti [41]. Z profilu koncentrací se zdá, že o něco vyšší hodnoty koncentrací tohoto prvku byly stanoveny u bio vzorků.



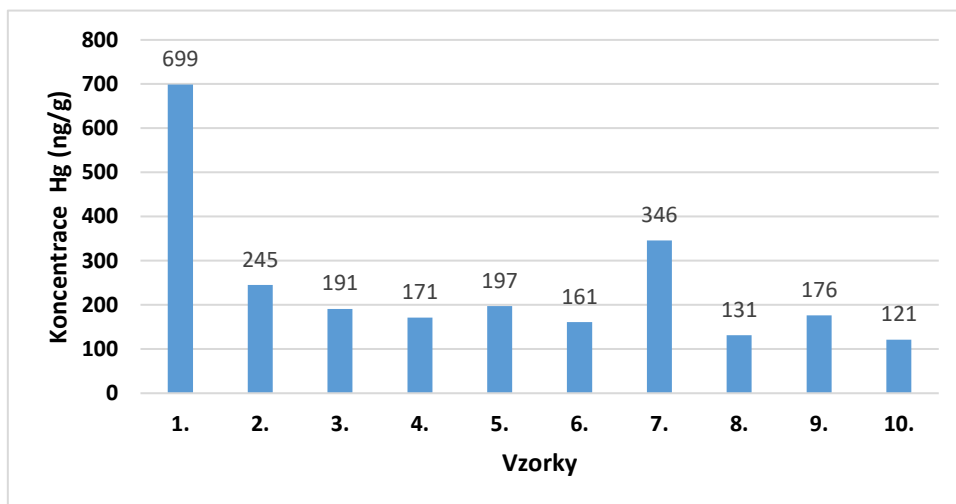
Obrázek 25 Koncentrace As

Koncentrace Cd u bio vzorků byla nejvyšší u vzorku č.5 (BIO cherry Billa), a to 9,50 ng/g. Nejnižší pro bio i nebio byl vzorek č.3 (BIO rajče datlové) s hodnotou 0,60 ng/g. U nebio byla nejvyšší koncentrace u vzorku č.8 (Rajče oválné Tesco) s hodnotou 8,50 ng/g. FAO a WHO výzkumem potvrdili, že největší přítomnost Cd bývá v rýži, pšenici, zelenině a měkkých a stanovili dočasný tolerovatelný týdenní příjem na 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tělesné hmotnosti. Ukládá se do jater, ledvin a svalů. Může se vylučovat močí, s čímž může souviset renální tubulární dysfunkce [42]. Nařízení komise (EU) 2023/915 o maximálních limitech některých kontaminujících látek v potravinách, stanovuje pro Cd limit 0,020 mg/kg [43]. Vzali bychom-li nejvyšší hodnotu 9,5 ng Cd na g lyofilizátu, v čerstvé hmotě to odpovídá koncentraci 0,52 ng/g, což je 520 ng/kg. To je významně méně, než je daný limit.



Obrázek 13 Koncentrace Cd

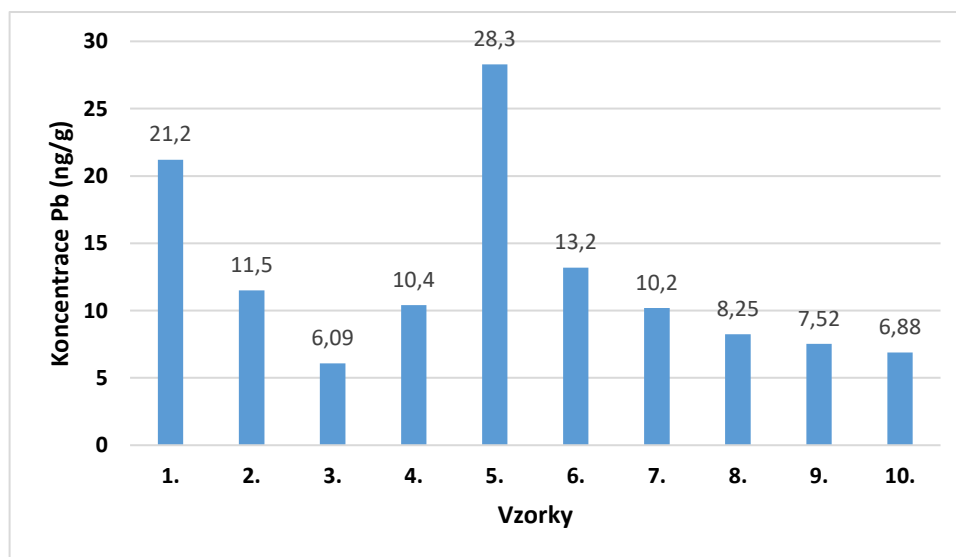
Koncentrace Hg u bio vzorků byla nejvyšší u č.1 (BIO cherry Nature Promise) s hodnotou 699 ng/g. Nejnižší hodnota byla u bio vzorku č.4 (BIO rajče keříčkové). Nejvyšší koncentrace Hg u nebio vzorků byla u č.7 (Naše rajče keříčkové), a to 346 ng/g. Nejnižší koncentrace byla u vzorku č.10 (Rajče Adora), a to 121 ng/g. Komise CONTAM stanovila pro rtuť tolerovatelný týdenní příjem (TWI) 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tělesné hmotnosti [43]. Limit pro max. koncentrace Hg v rajčatech stanoven není. Zdá se, že rajčata bio obsahují o něco vyšší koncentrace Hg, než skupina vzorků nebio.



Obrázek 27 Koncentrace Hg

Koncentrace Pb u bio vzorků byla nejvyšší u č.5 (BIO cherry Billa) s hodnotou 28,3 ng/g. Nejnižší obsah pro bio i nebio měl vzorek č.3 (BIO rajče datlové), a to 6,09 ng/g. U nebio vzorků měl nejvyšší koncentraci vzorek č.6 (Cherry Nelinka) s hodnotou 13,2 ng/g. Pb existuje ve formě organické i anorganické, ale v potravinách se vyskytuje pouze anorganická forma. Vyšší koncentrace Pb se ukládají v játrech, ledvinách a v kostní tkáni, kde se s postupujícím věkem hromadí. V těhotenství může přecházet do mateřského mléka [44]. Pro Pb je legislativně stanovená hodnota 0,05 mg/kg [43]. Vezme-li v úvahu nejvyšší naměřenou koncentraci Pb 28,3 ng/g lyofilizátu na čerstvou hmotu to odpovídá koncentraci 1,54 ng/g, což je opět pod daným limitem.

Mezi toxické prvky se řadí i Sn, ale z výsledků hodnot množství nebylo detekováno.



Obrázek 28 Koncentrace Pb

Výsledky byly porovnány s prací, která se zabývala obsahem esenciálních a toxických prvků v domácí a kupované zelenině. V práci byly analyzovány vzorky brambor, cibule, mrkve a hlávkového salátu. Studoval se zde obsah As, Cd, Pb a obsahy byly vyjadřovány v mg/kg. As v našich vzorcích byl nejvíce zastoupen v množství 0,00686 mg/kg, ve srovnávané práci byl nejvyšší obsah 0,068 mg/kg, a to v hlávkovém salátu. U Cd byla naše nejvyšší naměřená hodnota 0,0095 mg/kg. U srovnávané práce to bylo množství 0,027 mg/kg, vyjádřené jako průměrná hodnota, která byla naměřena v hlávkovém salátu. Posledním srovnávaným prvkem bylo Pb, kterého bylo v našich vzorcích maximální množství 0,0283 mg/kg. Srovnávaná práce měla nejvyšší hodnotu Pb 0,012 mg/kg, vyjádřenou jako průměr a toto množství bylo naměřeno v mrkvi. As a Cd byly v naší práci v nižších koncentracích než v práci druhé. Kromě Pb, naše naměřená koncentrace byla vyšší [45].

5.3 Index znečištění kovy MPI

Obsah toxických prvků v rajčatech může souviset se znečištěním životního prostředí. Index znečištění kovy udává celkové znečištění kovy a hodnota indexu je porovnávána v jednotlivých vzorcích. Ne všechny kovy uváděné v MPI jsou nebezpečné, např. Co, Cu, Zn a Fe jsou prvky důležité pro lidský organizmus, ale mohou se stát toxickými, pokud se vyskytnou v těle ve vyšších koncentracích. As, Cd, Hg a Pb jsou toxickými prvky a nemají v organismu žádnou prospěšnou roli. Index se získává výpočtem jako geometrický průměr součinu koncentrací daných kovů ve vzorcích [44]. Index znečištění kovy MPI byl vypočten pomocí geometrického průměru koncentrací kovů obsažených v čerstvé hmotě rajčete dle vzorce 1.

$$\text{MPI} = (C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_n)^{1/2}, \quad (1)$$

kde C_1 až C_n jsou jednotlivé koncentrace kovů v čerstvé hmotě rajčete.

Tabulka 9 poukazuje na vypočtené hodnoty MPI přepočtené na čerstvou hmotu rajčete, která se nejčastěji konzumuje. U bio vzorků došlo k překvapivě vyšším výsledkům MPI než u nebio vzorků. Nejvyšší hodnotu měl vzorek č. 5 (Bio cherry Billa), a to 2,2, původem ze Španělska. Nejnižší výsledek z bio vzorků měl vzorek č. 3 (Bio rajče datlové), a to 1,9, původem z Řecka. Z nebio vzorků měl nejvyšší hodnotu MPI vzorek č.10 (Rajče Adora), a to 4,4, původem ze Španělska a nejnižší hodnota MPI pro nebio vzorky byla č.7 (Naše rajče), s hodnotou 0,9 a původem z České republiky.

Naše celkové hodnoty MPI byly seřazeny od nejvyšší po nejnižší následovně:

- Vzorek č.10 (Rajče Adora) – MPI 4,4
- Vzorek č. 5 (Bio cherry Billa) – MPI 2,9
- Vzorek č. 1 (Bio cherry rajčata Nature Promise) – MPI 2,4
- Vzorek č. 4 (Bio cherry keříkové) – MPI 2,2
- Vzorek č. 2 (Bio rajčata Kaufland) a Vzorek č. 6 (Rajčata cherry Nelinka) – MPI 2,0
- Vzorek č. 3 (Bio rajčata datlová) – MPI 1,9
- Vzorek č. 8 (Rajčata oválná) – MPI 1,6
- Vzorek č. 9 (Rajče koktejlové Tesco) – MPI 1,5
- Vzorek č. 7 (Rajčata keříčková Naše rajče) – MPI 0,9

Hodnoty můžeme porovnat s článkem, který se zaměřoval na index znečištění kovy pro různé druhy zeleniny (ředkvička, zelí, řepa, koriandr, špenát, špenát obyčejný, kapusta, pískavice řecké seno). Hodnoty se pohybovaly v rozmezí 6,10–10,28 (kapusta), 2,83–11,17 (ředkvička), 2,68–5,63 (špenát), 2,22–6,23 (špenát obyčejný), 4,38–8,35 (pískavice řecké zrno), 2,2–8,16 (řepa), 1,62–6,95 (koriandr) a 1,75–8,85 (zelí) [46].

Vyšší MPI ukazuje bohatost kovů v jedlých částech zeleniny, které mohou způsobit zdravotní problémy při dlouhodobé konzumaci. Rozdíly v koncentracích souvisí s různou akumulací schopností zeleniny. Liší se také dle druhu zeleniny, výměnné kapacity kořenů a půdy, pH nebo velikostí částic [46].

Tabulka 9 MPI hodnoty pro jednotlivé vzorky rajčat

Vzorek č.	As	Pb	Hg	Fe	Cu	Zn	Ni	Cd	Co	Se	Ag	Sb	Tl	Cr	MPI
1	0,3384	1,0176	23,232	228	190,08	50,88	7,968	0,16656	1,5456	6	0,43776	0,07536	0,002544	8,88	2,4
2	0,26108	0,5612	10,3456	297,192	110,288	54,656	12,6392	0,32208	1,54696	7,2224	0,083009	0,038747	0,006978	5,1728	2,0
3	0,277949	0,409857	12,3832	376,207	186,421	136,619	3,93705	0,039034	0,384956	8,8163	0,280641	0,18171	0,003971	7,2011	1,9
4	0,322605	0,535	8,6135	348,285	146,59	96,835	4,2372	0,08774	0,53072	7,276	0,23647	0,15943	0,025145	4,7294	2,2
5	0,372498	1,9005	8,8509	346,434	166,701	51,8022	13,2492	0,513678	1,66158	7,9821	0,337746	0,133578	0,008851	5,5386	2,9
6	0,3983	0,714	8,96	462	199,5	121,8	5,145	0,0483	0,5075	9,52	0,2555	0,07875	0,00238	8,68	2,0
7	0,154905	0,28221	4,8645	81,075	53,13	25,7715	5,6235	0,032085	0,76935	4,3125	0,05589	0,03381	0,004623	3,23265	0,9
8	0,225666	0,354942	5,2164	169,722	121,716	46,872	10,6218	0,322812	1,61028	5,292	0,295218	0,023436	0,003402	3,78	1,6
9	0,216627	0,274217	6,3349	233,904	112,079	51,388	7,5753	0,339338	0,78411	6,2906	0,109864	0,066893	0,001905	3,7655	1,5
10	0,529802	0,695942	11,1683	436,579	359,97	103,376	30,0898	0,456885	2,57517	11,5375	0,87685	0,95069	0,005538	7,73474	4,4

ZÁVĚR

Teoretická část se zabývala charakteristikou rajčete, botanickým popisem, možnostmi pěstování, hnojivy, ze kterých mohou do rostliny přecházet toxické prvky, chemickým složením, obsahem vitamínů, minerálních látek, barviv a také technologickým zpracováním rajčat na kečup, protlak nebo sušený prášek.

Metodou ICP-MS byly změřeny prvky v rajčatovém lyofilizátu, přednostně byly vyhodnoceny toxické prvky Al, Sn, Hg, Pb, Cd, Ni a As. Pro výpočet MPI indexu byly ještě vyhodnoceny koncentrace Fe, Cu, Zn, Co, Se, Ag, Sb, Tl a Cr.

Z toxických prvků nebyl stanoven Sn, jeho koncentrace byly nedetekovatelné. Vzorek č.3 měl ze všech analyzovaných vzorků nejnižší koncentrace toxických prvků. Nejvýše zastoupeným prvkem byl u tohoto vzorku Al. Celkově nejvýše zastoupeným prvkem byl taktéž hliník, u vzorku č.8 (Rajče oválné Tesco) dosahoval nejvyšší koncentrace až 0,2 µg/g. Nejméně koncentračně zastoupeným prvkem bylo Cd, a to ve vzorku č.3 (BIO rajče datlové).

Při porovnávání koncentrací mezi jednotlivými vzorky jsme dosáhly závěru, že u bio vzorků byly vyšší koncentrace As, Hg a Pb a u vzorků nebio byly vyšší koncentrace Al, Ni a Cd. V žádném ze vzorků nedošlo k překročení limitních koncentrací pro Pb a Cd, které jsou dány legislativně.

Z naměřených hodnot byl dále vypočten index znečištění kovy (MPI), který se zaměřil na prvky As, Pb, Hg, Fe, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Se, Ag, Sb, Tl, Cr. Bio vzorky měly index znečištění kovy vyšší než vzorky nebio. Nejvyšší hodnotu MPI, a to 2,9, měl právě BIO vzorek č.5 (Bio cherry Billa). Nejnižší hodnotu 0,9 MPI měl naopak nebio vzorek č.7 (Rajče keříčkové Naše rajče). Nejnižší index znečištění kovy měl z bio vzorků vzorek č. 3 (Bio rajčata datlová) s hodnotou 1,9.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠAPIRO, David Kopelevič, 1988. *Ovoce a zelenina ve výživě člověka*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- [2] POKLUDA, Robert a František KOBZA, 2022. *Rajčata a papriky: na zahradě, ve skleníku, hydroponicky*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-1760-4.
- [3] BIGGS, Matthew, 1997. *Zelenina: velká kniha zeleninových druhů*. Praha: Volvox Globator. ISBN 80-7207-053-3.
- [4] BRANDT, Sára et al., 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 86(4), 568-572 [cit. 2024-03-05]. ISSN 0022-5142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.2390
- [5] *Na jednoho obyvatele připadlo loni v průměru více mléčných výrobků, masa, ovoce a zeleniny* [online], 2022. [cit. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/na-jednoho-obyvatele-pripadlo-loni-v-prumeru-vice-mlecnych-vyrobku-masa-ovoce-a-zeleniny>
- [6] CIUDAD-MULERO, María et al., 2022. Bioaccessibility of Macrominerals and Trace Elements from Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Farmers' Varieties. *Foods* [online]. 11(13) [cit. 2024-03-05]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11131968
- [7] NATIONAL GEOGRAPHIC, 2015. Is a Tomato a Fruit? It Depends on How You Slice It. *National Geographic* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.com/culture/article/fruit-or-vegetable>
- [8] MANFRED SAGER, 2017. Main and Trace Element Contents of Tomatoes Grown in Austria. *Journal of Food Science and Engineering* [online]. 7(5) [cit. 2024-03-05]. ISSN 21595828. Dostupné z: doi:10.17265/2159-5828/2017.05.002
- [9] TEXIER WILLIAM, 2014, *Hydroponie pro každého*, ISBN 9782845940918
- [10] VERDOLIVA, Salvatore Gaetano et al., 2021. Controlled comparisons between soil and hydroponic systems reveal increased water use efficiency and higher lycopene and β -carotene contents in hydroponically grown tomatoes. *Scientia Horticulturae* [online]. 279 [cit. 2024-03-05]. ISSN 03044238. Dostupné z: doi:10.1016/j.scienta.2021.109896

- [11] BAUMAN, Zygmunt, 2000. *Myslet sociologicky: netrاديční uvedení do sociologie*. Vyd. 2. Praha: Sociologické nakladatelství. Studijní texty (Sociologické nakladatelství). ISBN 80-85850-90-7.
- [12] WYSZKOWSKI, Mirosław a Marzena S. BRODOWSKA, 2020. Content of Trace Elements in Soil Fertilized with Potassium and Nitrogen. *Agriculture* [online]. 10(9) [cit. 2024-04-04]. ISSN 2077-0472. Dostupné z: doi:10.3390/agriculture10090398
- [13] MA, Yichao et al., 2022. Metabolic Variations in Brown Rice Fertilised with Different Levels of Nitrogen. *Foods* [online]. 11(21) [cit. 2024-04-04]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11213539
- [14] DE LUCA, S., M. FAGNANO a F. QUAGLIETTA CHIARANDÀ, 2006. THE EFFECT OF ORGANIC FERTILIZATION ON YIELDS OF TOMATO CROPS IN THE SELE RIVER PLAIN. *Acta Horticulturae* [online]. (700), 103-106 [cit. 2024-04-04]. ISSN 0567-7572. Dostupné z: doi:10.17660/ActaHortic.2006.700.13
- [15] KULHÁNEK, Martin et al., 2019. Changes of soil bioavailable phosphorus content in the long-term field fertilizing experiment. *Soil and Water Research* [online]. 14(4), 240-245 [cit. 2024-04-04]. ISSN 18015395. Dostupné z: doi:10.17221/175/2018-SWR
- [16] ABDELHAMEED, ahmed a mahmoud ABD EL-HADY, 2018. Response of tomato plant to foliar application of calcium and potassium nitrate integrated with different phosphorus rates under sandy soil conditions. *Egyptian Journal of Soil Science* [online]. 0-0 [cit. 2024-04-04]. ISSN 2357-0369. Dostupné z: doi:10.21608/ejss.2017.1645.1126
- [17] JAVARIA S., Effect of potassium on chemical and sensory attributes of tomato fruit, 2013. *JOURNAL OF ANIMAL AND PLANT SCIENCES*. 2012(4), 1081-1085
- [18] TAVALLALI, Vahid, Shabnam ESMAILI a Soheil KARIMI, 2018. Nitrogen and potassium requirements of tomato plants for the optimization of fruit quality and antioxidative capacity during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization* [online]. 12(2), 755-762 [cit. 2024-04-04]. ISSN 2193-4126. Dostupné z: doi:10.1007/s11694-017-9689-9
- [19] KLEIBER, Tomasz, 2014. Changes of Nutrient Contents in Tomato Fruits Under The Influence of Increasing Intensity of Manganese Nutrition. *Ecological Chemistry and Engineering S* [online]. 21(2), 297-307 [cit. 2024-04-04]. ISSN 1898-6196. Dostupné z: doi:10.2478/eces-2014-0023

- [20] BUCHTER-WEISBRODT, Helga, 2022. *Pěstujeme rajčata*. Přeložil Václav VĚTVIČKA. Praha: Vašut. ISBN 978-80-7541-301-7
- [21] HRABĚ, Jan, František BUŇKA a Ignác HOZA, 2007. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7318-520-6.
- [22] ROP, Otakar, Pavel VALÁŠEK a Ignác HOZA, 2005. *Teoretické principy konzervace potravin I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 80-7318-339-0.
- [23] NAVARRO-GONZÁLEZ, Inmaculada et al., 2011. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International* [online]. 44(5), 1528-1535 [cit. 2024-04-11]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2011.04.005
- [24] HLÚBIK, Pavol a Libuše OPLTOVÁ, 2004. *Vitaminy*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-0373-4
- [25] YOON, Hyuk Sung et al. Mechanical stress-induced anthocyanin regulatory genes involved in anthocyanin accumulation in tomato plants. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* [online]. [cit. 2024-03-05]. ISSN 2211-3452. Dostupné z: doi:10.1007/s13580-023-00556-5
- [26] SUN, Chuanlong et al., 2020. A Transcriptional Network Promotes Anthocyanin Biosynthesis in Tomato Flesh. *Molecular Plant* [online]. 13(1), 42-58 [cit. 2024-03-05]. ISSN 16742052. Dostupné z: doi:10.1016/j.molp.2019.10.010
- [27] LIU, Xiaoxi et al., 2020. Comparative transcriptome analysis of differentially expressed genes between the fruit peel and flesh of the purple tomato cultivar 'Indigo Rose'. *Plant Signaling & Behavior* [online]. 15(6) [cit. 2024-03-05]. ISSN 1559-2324. Dostupné z: doi:10.1080/15592324.2020.1752534
- [28] POULIK, Zdenek, 1999. Influence of nickel contaminated soils on lettuce and tomatoes. *Scientia Horticulturae* [online]. 81(3), 243-250 [cit. 2024-04-19]. ISSN 03044238. Dostupné z: doi:10.1016/S0304-4238(99)00023-0
- [29] HERALDY, Eddy et al., 2018. Biosorbent from tomato waste and apple juice residue for lead removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [online]. 6(1), 1201-1208 [cit. 2024-04-19]. ISSN 22133437. Dostupné z: doi:10.1016/j.jece.2017.12.026

- [30] STRUNECKÁ, Anna a Jiří PATOČKA, 2012. *Doba jedová*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-469-8.
- [31] Vyhláška 397/2021 Sb. Vyhláška o požadavcích na konzervované ovoce a konzervovanou zeleninu, skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich a banány
- [32] DOBIÁŠ, Jaroslav, 2004. *Technologie zpracování ovoce a zeleniny II*. Praha. Provizorní učební text
- [33] KADLEC, Pavel, 2002. *Technologie potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-7080-509-9.
- [34] SMITH, Durward S., 1997. *Processing Vegetables* [online]. Boca Raton: Routledge [cit. 2024-04-25]. ISBN 9780203741863. Dostupné z: doi:10.1201/9780203741863
- [35] *Macchine per la lavorazione del concentrato di pomodoro* [online]. [cit. 2024-04-30]. Dostupné z: <https://ingarossi.com/it/il-tuo-prodotto/pomodoro/concentrato>
- [36] CASTOLDI, M. et al., 2015. Production of Tomato Powder by Refractance Window Drying. *Drying Technology* [online]. 33(12), 1463-1473 [cit. 2024-04-20]. ISSN 0737-3937. Dostupné z: doi:10.1080/07373937.2014.989327
- [37] SUMCZYNSKI, Daniela et al., 2018. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry* [online]. 264, 386-392 [cit. 2024-05-06]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2018.05.061
- [38] COLLEN, Carl. *FLIA 2018 in focus: Adora* [online]. [cit. 2024-05-06]. Dostupné z: <https://www.fruitnet.com/eurofruit/flia-2018-in-focus-adora/174562.article>
- [39] Dietary exposure to aluminium-containing food additives, 2013. *EFSA Supporting Publications* [online]. 10(4) [cit. 2024-05-07]. ISSN 23978325. Dostupné z: doi:10.2903/sp.efsa.2013.EN-411
- [40] European Food Safety Authority. Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. *EFSA J* 2020, 18, 6268. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.6268>
- [41] Scientific Opinion on Arsenic in Food, 2009. *EFSA Journal* [online]. 7(10) [cit. 2024-05-07]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2009.1351

- [42] *Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*, c2011. Geneva: World Health Organization. WHO technical report series. ISBN 978-92-4-120960-1
- [43] Nařízení Komise (EU) 2023/915 ze dne 25. dubna 2023 o maximálních limitech některých kontaminujících látek v potravinách
- [43] Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food, 2012. *EFSA Journal* [online]. 10(12) [cit. 2024-05-07]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2012.2985
- [44] *Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*, c2011. Geneva: World Health Organization. WHO technical report series. ISBN 978-92-4-120960-1
- [45] *Domácí zelenina: obsah esenciálních a toxických prvků*, 2023. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita
- [46] Kumar, D.; Prijanka, Shukla, V.; Kumar, S.; Ram, R.B.; Kumar, N. Metal pollution index and daily dietary intake of metals through consumption of vegetables. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **2020**, *17*, 3271–3278. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-019-02594-y>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR Česká republika

Např. Například

ICP-MS Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

EFSA Evropský úřad pro bezpečnost potravin

TWI Tolerovaný týdenní příjem

TDI Tolerovaný denní příjem

kg, t, hm. kilogram tělesné hmotnosti

MIP index znečištění kovy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Wick systém	13
Zdroj: https://www.agrowtronics.com/different-hydroponics-systems-and-how-they-work/wick-system/	
Obrázek 2 Flood and drain systém	14
Zdroj: https://yourgardenbuddy.com/flood-and-drain-system/	
Obrázek 3 NFT systém	15
Zdroj: https://medium.com/@HydroponicsName/nutrient-film-technique-ebd1f7e5676c	
Obrázek 4 Indigo Rose	21
Zdroj: https://seedsnsuch.com/products/indigo-rose-tomato-seeds	
Obrázek 5-22 Vzorky rajčat	32, 33,34
Obrázek 23 Koncentrace Al	38
Obrázek 24 Koncentrace Ni	39
Obrázek 25 Koncentrace As	39
Obrázek 26 Koncentrace Cd	40
Obrázek 27 Koncentrace Hg	41
Obrázek 28 Koncentrace Pb	41

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Obsah β -karotenu ve vybraných potravinách	19
Tabulka 2 Obsah lykopenu ve výrobcích z rajčat	20
Tabulka 3 Obsah vitamínu C ve vybraných potravinách	21
Zdroj: HLÚBIK, Pavol a Libuše OPLTOVÁ, 2004. <i>Vitaminy</i> . Praha: Grada. ISBN 80-247-0373-4.	
Tabulka 4 Minerální a stopové prvky v mg ve 100 g čerstvých rajčat	22
Zdroj: BUCHTER-WEISBRODT, Helga, 2022. <i>Pěstujeme rajčata</i> . Přeložil Václav VĚTVIČKA. Praha: Vašut. ISBN 978-80-7541-301-7	
Tabulka 5 Použité vzorky I	30
Tabulka 6 Použité vzorky II	31
Tabulka 7 Přehled vzorků I	36
Tabulka 8 Přehled vzorků II	37
Tabulka 9 MPI hodnoty pro jednotlivé vzorky rajčat	44

SEZNAM PŘÍLOH



Obrázek 29 Rajče 1 (Foto: vlastní)



Obrázek 30 Rajče 1 (Foto: vlastní)



Obrázek 31 Rajče 1 (Foto: vlastní)



Obrázek 32 Rajče1 (Foto: vlastní)



Obrázek 33 Rajče 2 (Foto: vlastní)



Obrázek 34 Rajče 2 (Foto: vlastní)



Obrázek 35 Rajče 2 (Foto: vlastní)



Obrázek 36 Rajče 2 (Foto: vlastní)



Obrázek 37 Rajče 3 (Foto: vlastní)



Obrázek 38 Rajče 3 (Foto: vlastní)



Obrázek 39 Rajče 3 (Foto: vlastní)



Obrázek 40 Rajče 3 (Foto: vlastní)



Obrázek 41 Rajče 4 (Foto: vlastní)



Obrázek 42 Rajče 4 (Foto: vlastní)



Obrázek 43 Rajče 4 (Foto: vlastní)



Obrázek 44 Rajče 4 (Foto: vlastní)



Obrázek 45 Rajče 5 (Foto: vlastní)



Obrázek 46 Rajče 5 (Foto: vlastní)



Obrázek 47 Rajče 5 (Foto: vlastní)



Obrázek 48 Rajče 5 (Foto: vlastní)



Obrázek 49 Rajče 6 (Foto: vlastní)



Obrázek 50 Rajče 6 (Foto: vlastní)



Obrázek 51 Rajče 6 (Foto: vlastní)



Obrázek 52 Rajče 6 (Foto: vlastní)



Obrázek 53 Rajče 7 (Foto: vlastní)



Obrázek 54 Rajče 7 (Foto: vlastní)



Obrázek 55 Rajče 7 (Foto: vlastní)



Obrázek 56 Rajče 8 (Foto: vlastní)



Obrázek 57 Rajče 8 (Foto: vlastní)



Obrázek 58 Rajče 8 (Foto: vlastní)



Obrázek 59 Rajče 8 (Foto: vlastní)



Obrázek 60 Rajče 9 (Foto: vlastní)



Obrázek 61 Rajče 9 (Foto: vlastní)



Obrázek 62 Rajče 9 (Foto: vlastní)



Obrázek 63 Rajče 9 (Foto: vlastní)



Obrázek 64 Rajče 10 (Foto: vlastní)



Obrázek 65 Rajče 10 (Foto: vlastní)



Obrázek 66 Rajče 10 (Foto: vlastní)



Obrázek 67 Rajče 10 (Foto: vlastní)