

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 7: Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Vliv laických úprav na hladinu pesticidů na ovoci

Jiří Sukovatý
Jihomoravský kraj

Brno 2024

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 7: Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Vliv laických úprav na hladinu pesticidů na ovoci

**The influence of lay modifications on the level of
pesticides on fruit**

Autoři: Jiří Sukovatý

Škola: Gymnázium Brno, Křenová, příspěvková organizace Křenová
304/36, 602 00 Brno

Kraj: Jihomoravský kraj

Konzultant: Mgr. Simona Rozárka Jílková, Ph. D., Mgr. Veronika
Mačátová

Brno 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Brně dne 31.1. 2024

Jiří Sukovatý

Poděkování

Chtěl bych poděkovat mé konzultantce Mgr. Simoně Rozárce Jílkové, Ph. D. za spolupráci, trpělivost a nesmírnou obětavost. S prací mi pravidelně pomáhala, poskytla potřebné materiály a prostory pro laboratorní práci.

Chtěl bych rovněž poděkovat Mgr. Veronice Mačátové, díky které jsem se mohl soutěže SOČ zúčastnit.

Práce byla provedena za podpory výzkumné infrastruktury RECETOX (ID LM2023069, MŠMT, 2023–2026).

Anotace

Ve své práci SOČ jsem se zabýval vlivem pesticidů na lidské zdraví. V teoretické části jsem popsal jejich rozřídění, zástupce, vývoj v historii a rovněž regulaci jejich používání. Vyjmenoval jsem také některé laické úpravy, které lze provést v běžné domácnosti. V praktické části jsem popsal experiment, jehož náplní bylo určení účinnosti a spolehlivosti čtyř různých laických úprav, které byly provedeny na rajčatech kontaminovaných pesticidem. Z výsledků jsem vyvodil, že nejúčinnější a nejspolehlivější metodou byl slaný roztok, nejméně efektivní metodou bylo ponoření do teplé vody, které vykazovalo rovněž největší nejistotu.

Klíčová slova

Pesticidy, laické úpravy, lidské zdraví, rajčata

Annotation

I studied the effects of pesticides on human health in the presented work. In the theoretical part, I described their classification, representatives, historical development, and regulation of their use. I also listed some lay modifications for remove pesticide residues from vegetable and fruit that can be used in the home. In the practical part, I described an experiment to determine the effectiveness and reliability of four different lay modifications that were applied to tomatoes contaminated with pesticide. From the results, I concluded that the most effective and reliable method was a salt solution, while the least effective method was immersion in warm water, which also showed the greatest uncertainty.

Keywords

Pesticides, lay modifications, human health, tomatoes

Obsah

1	ÚVOD	8
2	TEORETICKÁ ČÁST	8
2.1	PESTICIDY	8
2.2	ROZDĚLENÍ PESTICIDŮ	8
2.2.1	INSEKTICIDY	9
2.2.2	HERBICIDY	10
2.2.3	FUNGICIDY	11
2.3	HISTORIE PESTICIDŮ	11
2.4	PROBLÉMY	12
2.5	VLIV PESTICIDŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ.....	13
2.6	REGULACE POUŽÍVÁNÍ.....	14
2.6.1	STOCKHOLMSKÁ ÚMLUVA	14
2.6.2	MRL.....	14
2.7	LAICKÉ ÚPRAVY	15
2.7.1	SLANÝ ROZTOK	15
2.7.2	OCTOVÝ ROZTOK.....	15
2.7.3	ROZTOK JEDLÉ SODY.....	15
2.7.4	ODSTRANĚNÍ SLUPKY	16
2.7.5	KURKUMOVÁ VODA	16
2.7.6	OPLÁCHNUTÍ STUDENOU VODOU	16
3	PRAKTICKÁ ČÁST	16
3.1	POPIS PRÁCE.....	16
3.2	POMŮCKY A LÁTKY	16
3.3	PŘÍPRAVA A VÁŽENÍ	18
3.4	PRÁCE V LABORATOŘI	19
3.4.1	NANESENÍ PESTICIDU	19
3.4.2	LAICKÉ ÚPRAVY	20
3.4.3	HOMOGENIZACE VZORKU.....	22
3.4.4	EXTRAKCE	24
3.4.5	ČIŠTĚNÍ.....	26
3.4.6	KONCENTRACE VZORKŮ	29
3.4.7	ANALÝZA	31

3.5	ZAJIŠTĚNÍ KVALITY	31
3.6	VÝSLEDKY A DISKUZE	32
4	ZÁVĚR	35
5	POUŽITÁ LITERATURA	36
6	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	38

1 ÚVOD

V zemědělství se často používají látky zvané pesticidy, které pomáhají zajišťovat úrodu díky tomu, že dané plodiny chrání před nejrůznějšími škůdci a jinými neblahými vlivy. Jejich aplikace v zemědělství je efektivní a výsledky lze vypožorovat již při malém množství. Protikladem tohoto benefitu je však velký problém související s jejich toxicitou. Některé z pesticidů totiž mohou mít špatný vliv na lidské zdraví, a to nejen při vnějším styku s pesticidem, ale také při požití plodiny, která byla danou látkou kontaminována.

Aby lidé omezili svoji expozici pesticidům, používají různé laické úpravy. Tyto metody jsou snadno proveditelné a látky potřebné k jejich přípravě najdeme v běžné domácnosti. Takovou metodou je například i obyčejné opláchnutí ovoce či zeleniny vodou, ale i méně obvyklé způsoby, jako například ponoření do octového nálevu či slané roztoku. Zda jsou tyto metody opravdu účinné, však není vědecky dokázáno.

Z tohoto důvodu se budu ve své práci zabývat ověřením účinnosti několika vybraných laických úprav na základě experimentu. V teoretické části představím čtenáři základní informace o pesticidech, roztrídím je do několika kategorií a uvedu několik zástupců. Následně se zaměřím na historii jejich používání, zmíním problémy související s jejich toxicitou a špatným vlivem na lidské zdraví a regulaci jejich používání. Nakonec uvedu několik používaných laických úprav. V praktické části provedu experiment s cílem zjistit účinnost vybraných laických úprav. Z tohoto důvodu bude na rajčata nastříkán pesticid a následně provedeny laické úpravy, z jejichž výsledků vyvodím jejich efektivitu a spolehlivost.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 PESTICIDY

Pesticidy jsou látky, které chrání rostliny a úrodu, ale i živočichy, včetně lidí, před různými škůdci a chorobami. Proto se tyto látky hojně používají v zemědělství. Většina pesticidů obsahuje chemikálie, které mohou při následné konzumaci plodin poškozovat lidské zdraví. Z tohoto důvodu je nutné optimalizovat množství zemědělsky používaných pesticidů, čímž se mj. zabývá i legislativa EU. (*Chemické Látky v Zemědělství - Chemicals In Our Life - ECHA*, n.d.)

2.2 ROZDĚLENÍ PESTICIDŮ

Pesticidy můžeme podle jejich účelu použití dělit do několika základních kategorií:

- biocidy – hubí živočišné škůdce;
- fungicidy – hubí houby, plísňe a houbové choroby;
- herbicidy – hubí plevely.

Tyto tři skupiny vyjadřují základní dělení, avšak pesticidy můžeme rozdělit do spousty podskupin, zejména pak biocidy:

- insekticidy – hubí hmyz;
- akaracidy – hubí roztoče;
- moluskocidy – hubí plže;
- rodenticidy – hubí hlodavce.

Zajímavou kategorií jsou například repelenty, které škůdce svým působením odpuzují. (*Vysvětlení Pojmu PESTICIDY - AgroBio OPAVA, n.d.*)

Podle způsobu působení dále rozlišujeme pesticidy:

- kontaktní – látka působí na povrchu rostliny prostřednictvím dotyku;
- systémové – látka proniká do rostlinného systému a působí v něm;
- respirační – látka se přenáší vzduchem;
- požerové – látka se přenáší skrze trávicí ústrojí.

Pesticidy mohou mít přírodní původ, mohou však být vyrobeny i synteticky. Obě dvě zmíněné skupiny lze následně rozřadit do mnoha podskupin, které závisí na jejich chemickém složení. Pesticidy mají v neposlední řadě různou účinnost, mohou popřípadě napadat jen určitou část rostliny. (*Pesticid – Wikipedie, n.d.*)

2.2.1 INSEKTICIDY

Insekticidy chrání cílové organismy (např. rostliny) svým působením před hmyzem. Mohou hmyz pouze odpuzovat nebo i hubit. (*Insecticides: What Are Insecticides, It's Uses, Types & Advantages | UPL, n.d.*)

Hmyz narušuje rostliny různým způsobem, avšak především konzumuje některé její části. Nejčastěji se jedná o stonky, listy, nebo dokonce i kořeny. Při poškození rostliny hmyzem může dojít k tomu, že plodina uhynie, stane se nepoživatelnou nebo ji hmyz zkonzumuje celou. Naprostá absence insekticidů při pěstování tedy značně zredukuje zemědělské výnosy. (*Insecticides: What Are Insecticides, It's Uses, Types & Advantages | UPL, n.d.*)

Insekticidy můžeme podle složení dělit do několika kategorií, avšak těmi nejznámějšími jsou chlorované uhlovodíky, organofosfáty, karbamáty, pyretroidy a neonikotinoidy. (*Common Types of Insecticides, n.d.*)

Chlorované uhlovodíky jsou velmi silné a účinné toxiny, které snadno pronikají do těl hmyzu a postihují jejich nervový systém. V poslední době je jejich používání výrazně omezeno kvůli jejich neblahým a dlouhotrvajícím účinkům na životní prostředí, a jejich výskyt v zemědělství je tedy spíše historický. Mezi významné zástupce této skupiny patří například DDT, methoxychlor, aldrin, dieldrin, heptachlor, chlordan, lindan, BHC a chlorbenzilát. (*Common Types of Insecticides, n.d.*)

Organofosfáty jsou nepříjemně zapáchající insekticidy hubící především savý hmyz, jejichž potravou jsou rostlinné šťávy. Narozdíl od chlorovaných uhlovodíků nemají příliš neblahé environmentální účinky, ale jsou stále toxické pro organismy. Mezi nejznámější organofosfáty patří parathion a malathion a dalšími zástupci jsou například fenthion, fenitrothion, diazinon, naled, methylparathion a dichlorvos. (*Common Types of Insecticides*, n.d.)

Karbamáty jsou velmi oblíbené díky svému malému vlivu na životní prostředí, avšak intenzivnímu působení na hmyz. Problémem je, že působí toxicky také na savce. Mezi zástupce karbamátů patří kupříkladu karbamyl, karbarylmetomyl, propoxur, karbofuran a karbaryl, který se hojně využívá soukromém zemědělství. (*Common Types of Insecticides*, n.d.)

Pyretroidy jsou rychle se rozkládající látky, které hubí hmyz, ale narozdíl od jiných insekticidů mají pouze nepatrný vliv na savce. Nevýhodou jsou především špatné environmentální účinky a vysoká cena. K pyretroidům patří například allethrin, bifenthrin, cyfluthrin, lambda-cyhalothrin, cypermethrin, deltamethrin, permethrin, d-fenothrin, resmethrin a tetramethrin. (*Common Types of Insecticides*, n.d.)

Neonikotinoidy jsou velmi účinné látky, které i v malém množství velmi účinně hubí hmyz a zároveň jsou pro člověka takřka neškodné. Neonikotinoidy však bohužel nehubí jen škůdce, ale i rostlinám prospěšný hmyz, jako například včely. Mezi nejznámější zástupce patří acetamiprid, dinotefuran, thiamethoxam, klothianidin a imidacloprid, což je nepoužívanější insekticid světa. (*Common Types of Insecticides*, n.d.)

2.2.2 HERBICIDY

Herbicidy jsou látky používané především v zemědělství, které hubí nežádoucí rostliny neboli plevel. Pokud se plevel při pěstování neodstraňuje, může značně zpomalovat růst a snižovat úrodu dané plodiny, protože se s plevelem musí dělit o půdní živiny, vodu a další látky. (*Herbicides: What Are Herbicides, It's Uses, Types & Advantages* | UPL, n.d.)

Dříve bylo k odstraňování plevelu hojně užíváno ruční plení. To bylo však velmi namáhavé a pro velké plochy zemědělských polí také zdoluhavé, dnes se s ním proto setkáme spíše v soukromém zemědělství. (*Herbicides: What Are Herbicides, It's Uses, Types & Advantages* | UPL, n.d.)

Snad nejdůležitějším rozdělením herbicidů je na selektivní a neselektivní. Selektivní herbicidy mají svou účinnost zaměřenou pouze na určitý plevel a pěstovanou plodinu nepoškodí téměř vůbec, zatímco neselektivní herbicidy zneškodňují jakoukoliv rostlinu, se kterou přijdou do styku. Mezi úplně nejznámější herbicidy pak patří glyfosát a atrazin. (*Herbicides - Uses, Types, Differences and Side Effects*, n.d.)

Glyfosát je nejpoužívanějším herbicidem v USA, kde byl také poprvé použit. Tento herbicid se nanáší na listy určité rostliny a svými účinky pak rostlinu neselektivně zneškodňuje. Jeho užívání je hojné například v zemědělství, lesnictví, ale i v soukromých zahradách. Požití

glyfosátu může způsobit pálení úst, nevolnost, průjem, nebo dokonce smrt. (*Herbicides - Uses, Types, Differences and Side Effects*, n.d.)

Atrazin se nejčastěji používá k hubení plevelů vyskytujícího se při pěstování řádkových plodin, například kukuřice, čiroku či cukrové třtiny a odstraňuje též obvyklé travnaté plevely. Může však v pěstitelských oblastech kontaminovat podzemní vodu a má neblahý vliv na lidské zdraví. (*Herbicides - Uses, Types, Differences and Side Effects*, n.d.)

2.2.3 FUNGICIDY

Fungicidy hubí houby, které svým růstem škodí rostlinám. Nejčastěji se jedná o nejružnější druhy plísní způsobující choroby rostlin. Fungicid může buďto inhibovat (zpomalovat) růst houby nebo ji zcela zneškodnit. Díky používání fungicidů můžeme zvyšovat zemědělské výnosy a odstraňovat vadné plodiny. (*What Are Fungicides*, n.d.)

Fungicidy bychom mohli rozdělit mnoha způsoby. Jedním z příkladů může být dělení na základě chemikálie, která je signifikantní při odstraňování plísně či jiné škodlivé houby. Touto základní látkou může být například substitovaný benzen, různé thiokarbamáty, thioftalimidové sloučeniny mědi či další sloučeniny organické chemie. (*Fungicide - Examples, Benefits, Types, Resistance and FAQs*, n.d.)

Chlorothalonil je nesystémový fungicid, jehož chemický vzorec tvoří substitovaný benzen. Aplikuje se především na plodiny, které jsou napadeny rzemi a plísněmi napadající obiloviny a zeleninu, především rajčata, brambory a zástupce z čeledi brukvovitých. (*Fungicides - SIPCAM OXON*, n.d.)

Tebukonazol je fungicid ze skupiny triazolů. Při aplikaci na danou plodinu se dostává do buněčné stěny hub a zabraňuje tím jejich růstu, což po určité době způsobí úplné zastavení růstu plísně. Vzhledem k tomu, že jeho účinky nejsou příliš agresivní, a tak se používá nejen jako přípravek proti plísním, ale také jako látka zajišťující prevenci před vznikem určité plísňové choroby. Tebukonazol se používá nejen na obiloviny, olejnaté plodiny a další zeleninu, ale i na okrasné rostliny a obyčejný trávník, který může po napadení plísní hnědnout. Fungicid musíme však používat v doporučené míře, abychom předešli znehodnocení a toxicitě dané plodiny. (*Tebuconazole Information and Products | Fungicide Active Ingredient | Solutions Pest & Lawn*, n.d.)

2.3 HISTORIE PESTICIDŮ

Pokud bychom definovali pesticid jako jakoukoli látku, která je určena k regulaci škůdců, mohli bychom počátek používání pesticidů najít již v letech před naším letopočtem. Odhaduje se, že takové pesticidy se začali používat již před 10000 lety. První důkazy, které jsou až 4500 let staré, nám s jistotou dokládají, že Sumerové používali sloučeniny síry k potlačení vlivu rostlinných škůdců. O více než tisíc let později začali s používáním pesticidů také Číňané a později i Řekové a Římané, kteří mj. vyráběli lepkavé pásy, které se připevňovaly na stromy,

aby zachytávali létavý hmyz a které používáme dodnes. (*Pesticides - A Brief History and Analysis* | Pitchcare, n.d.)

Vývojem pesticidů se zabývali především Číňané, kteří již v roce 300 n. l. zaměřovali tyto své technologie zejména na škodlivé housenky a brouky. Soudobá Evropa však v tomto odvětví značně zaostávala, neboť měla své priority v náboženství, zatímco věda zůstávala v ústranní. Velký zvrat přišel v renesančním 17. století, kdy se lidé začali o pesticidy více zajímat. (*Pesticides - A Brief History and Analysis* | Pitchcare, n.d.)

V 18. a 19. století probíhala v Evropě zemědělská revoluce, která však s sebou nesla spoustu problémů, jako například plísňě brambor ve Spojeném království a Belgii, houbové choroby listů kávy na Cejlonu, kde se musel vývoz začít soustřeďovat na čaj, expanze invazních druhů z Ameriky, škůdce vinné révy ve Francii aj. Proto se začaly rozvíjet nejrůznější technologie potlačující vliv zemědělských škůdců. Jednalo se o prostředky biologické či chemické a kontrola probíhala také mechanicky (například používáním již zmíněných lepivých pásků). Regulaci pomohlo také celkové zlepšení hygieny a neúrodě se předcházelo vysazováním odolnějších odrůd. (*Pesticides - A Brief History and Analysis* | Pitchcare, n.d.)

Po vypuknutí druhé světové války došlo k masovému rozšíření používání pesticidů. DDT, vyráběné ve Švýcarsku, se začalo ve velkém používat v USA a do povědomí se dostaly také další chlorované uhlovodíky. V Německu měly velký úspěch organofosfáty a karbamáty našly své uplatnění ve svém rodném Švýcarsku. Pesticidy zajistily zemědělství úspěch, který byl okamžitý. Byly levné, jejich účinek byl znát již při malém množství a jejich používání bylo snadné. Na jejich toxicitu však prozatím nikdo nebral ohled. (*Pesticides - A Brief History and Analysis* | Pitchcare, n.d.)

2.4 PROBLÉMY

Nebezpečí související s toxicitou pesticidů si všímali již v roce 1945 entomologové Strickland a Wiggleworth a v roce 1962 své pochybnosti vyslovila i Rachel Carsonová ve své publikaci *Tiché jaro*. Lidé nebrali jejich názory na velkou váhu a zejména Rachel Carsonová byla za své výroky značně kritizována. (*Pesticides - A Brief History and Analysis* | Pitchcare, n.d.)

Tyto domněnky však byly pravdivé a o několik let později se opravdu prokázalo, že organochlorované pesticidy jsou zejména ve velkém množství velice škodlivé. Problém byl zaznamenán zejména u DDT. Tento druh pesticidů dlouhodobě přetrvává v životním prostředí a je velmi složité je z něj odstranit (jedná se o perzistentní chemické sloučeniny). Dobrá schopnost biokumulace, dána jejich lipofilním charakterem, pak zapříčiňuje hromadění chemických látek v živých organismech a dalších rostlinách. Přestože je pesticid zpravidla cílen na jednoho konkrétního škůdce, ve většině případů se dostane i do ostatních druhů. Tyto toxické látky se pak usazují především v tuku a tkáních. (*Pesticides - A Brief History and Analysis* | Pitchcare, n.d.)

Dalším problémem je zdánlivě paradoxní jev, a to opětovný výskyt škůdců navzdory používání pesticidů. Při používání těchto látek totiž hynou nejen škůdci, ale i jejich predátoři, kteří se kvůli absenci své potravy nemají čím živit, a proto hynou také. Predátoři potřebují k životu své škůdce, zatímco škůdci predátory nepotřebují a stačí jim většinou pouze rostlinná potrava. Proto přežije vždy více škůdců než predátorů. Důsledkem toho je pak opětovný výskyt daných škůdců, protože se povětšinou dokáží rychle rozmnožovat. (*Pesticides - A Brief History and Analysis* | Pitchcare, n.d.)

Nemalým problémem je také rezistence škůdců proti pesticidům. Jedná se o jev, kdy si škůdci vytvoří obranný mechanismus vůči danému pesticidu a „zvyknou“ si na něj. Po určité době tedy pesticid ztrácí na své účinnosti. To může vést například ke zvýšení množství používání daného pesticidu, což však může zapříčinit zvýšení jeho toxicity. (*Pesticides - A Brief History and Analysis* | Pitchcare, n.d.)

Negativním důsledkem používání pesticidů je kontaminace vody, pokles celkové diverzity rostlin a ohrožení některých živočichů. Postiženými druhy jsou nejen někteří ptáci, motýli, žáby, ryby a včely, ale i nejrůznější savci, jako například ježci, hraboši a rejsci. Pesticidy však znehodnocují také užitkové rostliny a plodiny, po jejichž požití mohou tyto chemikálie značně poškozovat lidské zdraví. (*Effects of Pesticides on Our Wildlife* | Policy and Insight, n.d.)

2.5 VLIV PESTICIDŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ

Pesticidy mohou lidskému zdraví škodit při požití plodiny, která je kontaminovaná nějakou chemickou látkou, ale zejména lidé pracující v zemědělství mohou být pesticidy postiženi, jelikož s nimi často přicházejí do styku. Tyto látky můžeme dostat do těla také konzumací kontaminované vody či vdechnutím znečištěného vzduchu (*Exposure to Pesticides, Herbicides, & Insecticides: Human Health Effects* | The Institute for Functional Medicine, n.d.). Při jakémkoli styku s pesticidy hrozí riziko podráždění, ale i vzniku závažnějších a dlouhodobějších onemocnění. (*Toto Způsobují Pesticidy a Herbicidy Našemu Tělu*, n.d.)

Mezi akutní účinky pesticidů na lidské zdraví patří například vyrážka, puchýře, nevolnost, závratě, průjem a podráždění očí, které může vést až ke zrakovým vadám. Tyto následky jsou zapříčiněny zejména vnějším stykem s těmito chemickými látkami. Potíže způsobené vlivem pesticidů se však mohou objevit až několik měsíců po expozici. Nevyhledá-li postižená osoba lékařskou pomoc, i takovéto drobné účinky mohou vést k její smrti. (*Pesticides & Human Health* | Californians for Pesticide Reform, n.d.)

Tyto toxické látky napadají nejčastěji nervovou soustavu. Kromě ní mohou pesticidy poškozovat lidský metabolismus, endokrinní, imunitní a reprodukční systém, jehož důsledkem může být až neplodnost. Mohou také prohlubovat stres a omezovat svalovou pohyblivost. Lidé pracující v zemědělství mohou mít kvůli znečištěnému ovzduší respirační potíže, zejména pokud trpí astmatem. (*Exposure to Pesticides, Herbicides, & Insecticides: Human Health Effects* | The Institute for Functional Medicine, n.d.)

U dětí jsou rizika ještě větší. Některé pesticidy jsou podezřelé z podpory rozvoje hyperaktivity a autismu, což vede k následné poruše pozornosti. Tyto chemické látky mohou rovněž negativně ovlivňovat dětské tělo v průběhu dospívání a poškozovat lidské vnímání a chování. (*Are Pesticides in Foods Harming Your Health?*, n.d.)

Snad nejzávažnějším důsledkem působení pesticidů na lidský organismus je vznik některých nemocí, jako je Parkinsonova choroba, Alzheimerova choroba a některé typy rakoviny. Jedná se například o rakoviny prsu, štítné žlázy a vaječníků, které byly prokázány především na organofosfátových pesticidech. Rizikem může být také vznik rakoviny prostaty, plic nebo jater (*Are Pesticides in Foods Harming Your Health?*, n.d.). Karcinogenitu pesticidů potvrdila také leukémie, která byla vypořádována především u dětí (*How Pesticides Impact Human Health and Ecosystems in Europe — European Environment Agency*, n.d.).

2.6 REGULACE POUŽÍVÁNÍ

Regulace používání pesticidů v zemědělství nastala v době, kdy se prokázalo, že používání těchto látek škodí jak životnímu prostředí, tak i lidskému zdraví. Tímto problémem se již dlouho let zabývá EU, která se snaží omezit negativní dopady těchto toxických látek, ale zároveň zachovat výnosy a zvýšit efektivitu v zemědělství. V rámci SZP (Společenské zemědělské politiky) vydává EU mnoho pravidel a opatření, které mají za cíl produkci bezpečných potravin, podporu zemědělců a ochranu přírody. (*Pesticides - European Commission*, n.d.)

2.6.1 STOCKHOLMSKÁ ÚMLUVA

Stockholmská úmluva je mezinárodní dohoda, která svým souborem opatření reguluje používání perzistentních organických polutantů, látek, které nepříznivě ovlivňují životní prostředí a pod které spadají též organochlorované pesticidy. Cílem této úmluvy je chránit lidské zdraví před těmito látkami. (*Stockholm Convention*, n.d.)

Úmluva byla podepsána 22. května 2001 ve Stockholmu a v platnost vstoupila 17. května 2004. Dohodu se rozhodlo dodržovat celkem 185 zemí světa a také Evropská unie. Česká republika se stala signatářem Stockholmské úmluvy již 5. února 2002. (*Stockholmská Úmluva – Wikipedie*, n.d.)

Tato dohoda se zaměřuje na perzistentní látky, jejichž účinky je nutné regulovat. Na seznamu je těchto látek celkem 30. Jedná se například o DDT, chlordan, lindan, heptachlor, aldrin a mnoho dalších. V současné době existuje spousta dalších kandidátů a je zkoumáno několik dalších látek a jejich vliv na lidské zdraví. (*Stockholmská Úmluva – Wikipedie*, n.d.)

2.6.2 MRL

MRL neboli maximální limit reziduí (maximum residue limits) je maximální koncentrace pesticidu, která smí zůstat na výsledném a dále požitelném živočišném či rostlinném výrobku. MRL se vztahuje na většinu potravinářských komodit. (*Maximum Residue Levels (MRLs) and Import Tolerances*, n.d.)

Tyto limity stanovuje Evropský parlament a jejich seznam lze najít také v internetové databázi. MRL má za cíl zajistit bezpečnost všech spotřebitelů, a proto jsou tyto limity uznávány mezinárodně a vztahují se na tuzemské i zahraniční dodavatele. (*MRL – Bezpečnost Potavin*, n.d.)

2.7 LAICKÉ ÚPRAVY

Přestože je regulace používání pesticidů v zemědělství poměrně vysoká, není stále dokonalá. Navzdory tomu, že Česká republika používá ve srovnání s ostatními státy EU poměrně malé množství pesticidů, se podle Státního zdravotnického ústavu ve 41 % zkoumaných potravinách vyskytují rezidua pesticidů. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze také zjistila, že v České republice je nejvíce pesticidových reziduí přítomno na jablkách, hroznovém vínu, jahodách, broskvích, nektarinkách, řapíkatém celeru, salátech, citronech a v další zelenině a ovoci. Řešením tohoto problému může být například kupování biopotravin. Existuje také spousta laických úprav, díky kterým lze odstranit rezidua pesticidů s pomocí potřeb dostupných v běžné domácnosti. (*5 Způsobů, Jak Se Zbavit Pesticidů v Ovoci a Zelenině - Zdravý Čech*, n.d.)

2.7.1 SLANÝ ROZTOK

Potravinu lze ponořit do 10% roztoku soli libovolného druhu. Tento roztok odstraňuje běžné zbytky pesticidů z potravin. Po dvaceti minutách, kdy je plodina ponořena do slané vody, opláchneme potravinu vodou a můžeme ji nadále konzumovat. (*How to Remove Pesticides From Your Produce - CNM College of Naturopathic Medicine*, n.d.)

2.7.2 OCTOVÝ ROZTOK

Potravinu lze ponořit do roztoku octa a vody v poměru 1 : 4. Ocet pomáhá odstranit z dané potravin nejen zbytky pesticidů, ale i některé bakterie. Po 20 minutách můžeme plodinu z nádoby vytáhnout, omýt ji vodou a následně konzumovat. Tato metoda však není vhodná pro ovoce a zeleninu s tenkou slupkou, která by mohla být octem poškozena a mohla by být narušena její struktura a chuť. (*5 Způsobů, Jak Se Zbavit Pesticidů v Ovoci a Zelenině - Zdravý Čech*, n.d.)

2.7.3 ROZTOK JEDLÉ SODY

Potravinu lze ponořit do roztoku jedlé sody a vody, jehož množství odpovídá zhruba jedné čajové lžici tohoto sypkého materiálu a dvěma šálkům studené vody. Jedlá soda je nejen velmi účinná, ale také bezpečná i pro lidský organismus. Bylo prokázáno, že v krajních případech odstraňuje z plodiny až 98,9 % reziduí pesticidů. Po několika minutách můžeme potravinu z roztoku vyjmout, opláchnout a konzumovat. (*How to Remove Pesticides From Fruits and Vegetables - Environment Co*, n.d.)

2.7.4 ODSTRANĚNÍ SLUPKY

Má-li daná potravina slupku, můžeme jí odstranit a tím se zbavit pesticidů, které se na ní zachytily. Plodinu následně nezapomeneme omýt vodou. Nevýhodou této metody je však fakt, že odstraněním slupky se zbavíme i některých výživných látek, které jsou pro lidský organismus příznivé. (5 *Způsobů, Jak Se Zbavit Pesticidů v Ovoci a Zelenině - Zdravý Čech*, n.d.)

2.7.5 KURKUMOVÁ VODA

Potravinu lze ponořit také do hrnce s vroucí vodou a přidat pět čajových lžic kurkumového koření, o kterém je známo, že dokáže hubit různé mikroorganismy. Jakmile voda vychladne, můžeme do „kurkumové vody“ vložit danou plodinu. Po několika minutách můžeme ošetřovanou plodinu z hrnce vytáhnout, opláchnout ji vodou a konzumovat. (*Jak Odstranit Pesticidy v Ovoci a Zelenině? Jak Se Jim Vyhnout? | Rehabilitace.Info*, n.d.)

2.7.6 OPLÁCHNUTÍ STUDENOU VODOU

Pesticidů se můžeme zbavit i opláchnutím plodiny pod tekoucí studenou vodou. Po třiceti sekundách můžeme potravinu rovnou konzumovat. Tato metoda je zajisté nejjednodušší a nejkratší, ale oproti ostatním metodám nejméně spolehlivá. Tekoucí voda je však dobrá i pro odstranění jednoduchých nečistot. (5 *Způsobů, Jak Se Zbavit Pesticidů v Ovoci a Zelenině - Zdravý Čech*, n.d.)

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 POPIS PRÁCE

Výzkumnou částí mé Středoškolské odborné činnosti je posouzení vlivu laických úprav provedených na ovoci, které bylo kontaminováno pesticidem. Po nanesení pesticidu na dané ovoce jsem každý vzorek této plodiny ošetřil čtyřmi různými laickými metodami. Následnou analýzou pak bylo zjištěno, do jaké míry jsou jednotlivé laické úpravy pro odstranění pesticidu z ovoce účinné.

V mé práci jsem tyto účinky zkoumal na 18 koktejlových rajčatech. Pesticidem, který jsem na tuto plodinu nanášel, byl fungicid značky Luna Experience, jehož účinnými látkami jsou tebukonazol a pendimethalin.

Výzkum jsem zpracovával na fakultě RECETOX Masarykovy univerzity v Brně během 9. a 10. srpna 2023. Analýza proběhla v průběhu října.

3.2 POMŮCKY A LÁTKY

Pro výzkum byly použity následující pomůcky (vyjma 18 rajčat):

- Analytické váhy;
- Plastová krabice;
- Rozprašovač;
- Ostřejší kuchyňský nůž;
- Ruční mixér;
- Plastové lžíce;
- Hliníková folie;
- Kádinky (500 ml);
- 15 ml polypropylenové zkumavky;
- 50 ml polypropylenové zkumavky;
- Držák na zkumavky;
- Automatická pipeta;
- Sklopná pipeta („špaček“);
- Varná konvice;
- Třepačka;
- Centrifuga;
- Koncentrátor LabEva;
- 2 ml tmavé vialky;
- Digestor;
- Mrazák;
- Dusíkový odpařovač;
- Teploměr;
- Černý popisovač;
- Ochranné pomůcky (brýle, plášť, gumové rukavice).

Pro výzkum byly použity následující chemikálie a jiné látky:

- Methanol (MeOH);
- Ethanol (EtOH);
- Voda;
- Acetonitril (ACN);
- Kyselina octová;
- Síran hořečnatý (MgSO₄);
- Chlorid sodný (NaCl);
- Primární a sekundární aminy (PSA);
- 0,05 µg interních standardů (tj. látky s obdobnými vlastnostmi zkoumaného vzorku, v tomto případě se jedná o: acetochlor-D11, alachlor-D13, atrazin-D5, karbendazim-D4, chlorpyrifos-D10, chlortoluron-D6, dimethoát-D6, diuron-D6, fenitrothion-D6, isoproturon-D3, metamitron-D5, metazachlor-D6, metolachlor-D6, metribuzin-D3, pendimethalin-D5, fosmet-D6, prochloraz-D7, propikonazol-D5, simazin-D10, tebukonazol-D6, terbuthylazin-D5;
- Fungicid Luna Experience s účinnou látkou tebukonazolem a pendimethalinem;
- 8% lihový ocet;
- Jedlá soda.

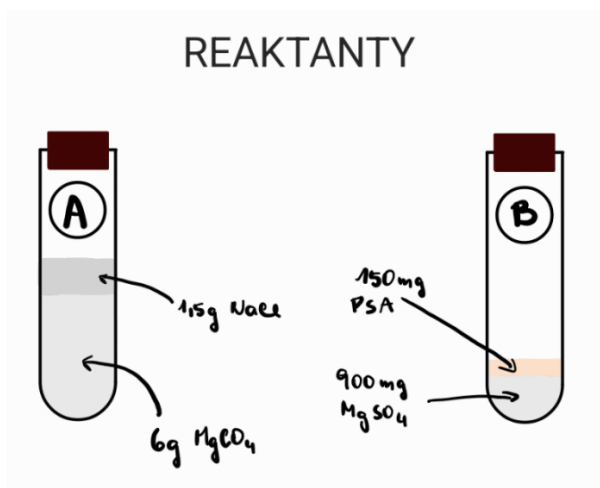
3.3 PŘÍPRAVA A VÁŽENÍ

Pro experiment bylo nutné navážít reaktanty (Obrázek 1), které byly potřeba k následné analýze pesticidů na rajčatech. První den v laboratoři jsem tedy všechny potřebné látky zvažil na analytických váhách a uchoval je pro další den. Při vážení jsem užíval ochranné pomůcky.

První reakční směs se skládala z 6 g síranu hořečnatého a 1,5 g chloridu sodného. Dané množství obou sloučenin jsem navážil pomocí analytických vah do zkumavky (dále jen jako zkumavka A). Celkově jsem tuto směs navážil do 21 zkumavek z důvodu 21 vzorků.

Druhá reakční směs se skládala z 150 mg PSA a 900 mg síranu hořečnatého. Dané množství obou sloučenin jsem navážil pomocí analytických vah do zkumavky (dále jen jako zkumavka B). Celkově jsem tuto směs navážil opět do 21 zkumavek.

Všechny připravené zkumavky jsem uložil do držáku na zkumavky a uchoval v dostatečně chladném a temném místě.



Obrázek 1: navážené reaktanty

3.4 PRÁCE V LABORATOŘI

Druhý den jsem udělal veškerou zbývající práci, jejíž výsledkem byly vzorky obsahující pesticidy, které zůstaly na rajčeti po ošetření určitou laickou úpravou a které byly dále zpracovány. Veškerou práci jsem prováděl za používání ochranných pomůcek a za dozoru povolané osoby.

3.4.1 NANESENÍ PESTICIDU

Patnáct koktejlových rajčat jsem umístil do plastové krabice. 25 ml roztoku fungicidu značky Luna Experience o koncentraci 0,008 g/ml jsem přelil do rozprašovače a celý jeho objem jsem rovnoměrně nastříkal na rajčata v krabici (Obrázek 2). Tento proces jsem provozoval venku před laboratoří, abych se vyhnul kontaminaci interiéru. Rajčata jsem nechal v uzavřené krabici několik minut oschnout.



Obrázek 2: nanášení pesticidu pomocí rozprašovače

3.4.2 LAICKÉ ÚPRAVY

V laboratoři jsem si připravil plochu, na níž jsem následně prováděl laické úpravy. Prostor jsem očistil ethanolem a položil jsem na něj hliníkovou fólii.

Laickými úpravami, které jsem na rajčatech prováděl, byly octový roztok, roztok jedlé sody, slaná roztok a ponoření v teplé vodě. Úpravy byly provedeny na 12 rajčatech formou triplikátů, tzn. po trojicích. Přebývajících tři rajčata byla zkoumána bez ošetření laickou úpravou a další zbylá tři nebyla podrobena ani pesticidovému postřiku (Tabulka 1).

Tabulka 1: popis a očíslování jednotlivých vzorků

ČÍSLO VZORKU	POPIS VZORKU/POUŽITÁ METODA
1	Blank 1
2	Blank 2
3	Blank 3
4	Bez postřiku 1
5	Bez postřiku 2
6	Bez postřiku 3
7	S postřikem 1
8	S postřikem 2
9	S postřikem 3
10	Octový roztok 1
11	Octový roztok 2
12	Octový roztok 3
13	Roztok jedlé sody 1
14	Roztok jedlé sody 2
15	Roztok jedlé sody 3
16	Slaný roztok 1
17	Slaný roztok 2
18	Slaný roztok 3
19	Ponoření do teplé vody 1
20	Ponoření do teplé vody 2
21	Ponoření do teplé vody 3

První triplikát byl octový roztok, který byl připraven ze 100 ml octa a 400 ml deionizované vody.

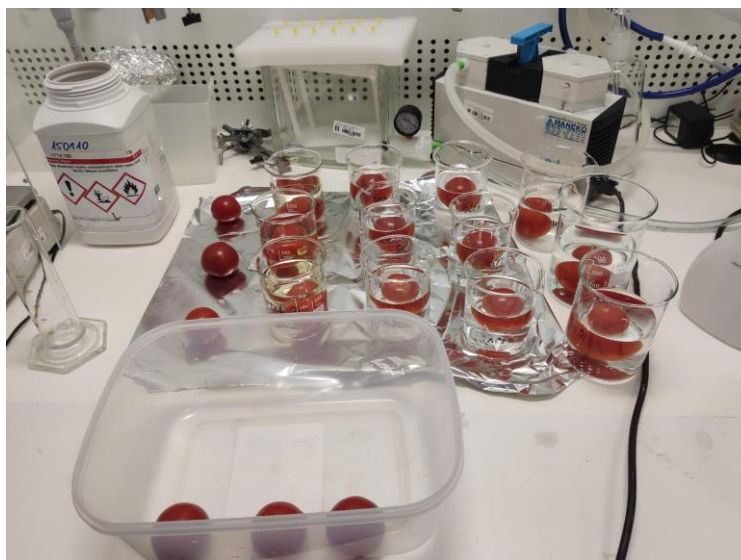
Druhým triplikátem byl roztok jedlé sody, který se skládal z 26,5 g jedlé sody a 500 g deionizované vody.

Jako třetí triplikát jsem zvolil slaný roztok, jehož složení bylo 50 g chloridu sodného a 450 g deionizované vody.

Ve varné konvici jsem slabě ohřál vodu a teploměrem jsem změřil její teplotu na 38,1 °C. Vodu jsem přelil do tří kádinek tak, aby se její hladina ustálila přibližně 2 cm pod okrajem.

Na připravenou hliníkovou fólii jsem rovněž položil tři rajčata, která nebyla postříkána pesticidem.

Následně jsem do všech 12 zkumavek rychle, ale opatrně vložil postříkaná rajčata a nechal je v kádinkách 10 minut (Obrázek 3). Po uplynutí této doby jsem chvatně rajčata z kádinek vyjmul a položil je na hliníkovou fólii. Pro další výzkum jsem využíval i 3 zbylá postříkaná rajčata, která nebyla ošetřena žádnou laickou úpravou. Výsledkem bylo tedy 18 rajčat, která byla využita pro další zkoumání.

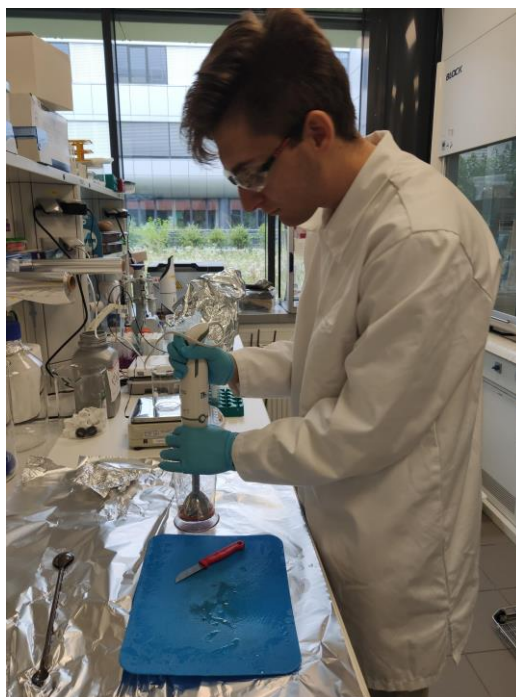


Obrázek 3: rajčata pod vlivem laických úprav (v kádinkách), rajčata bez postřiku (vlevo) a s postřikem (v krabici)

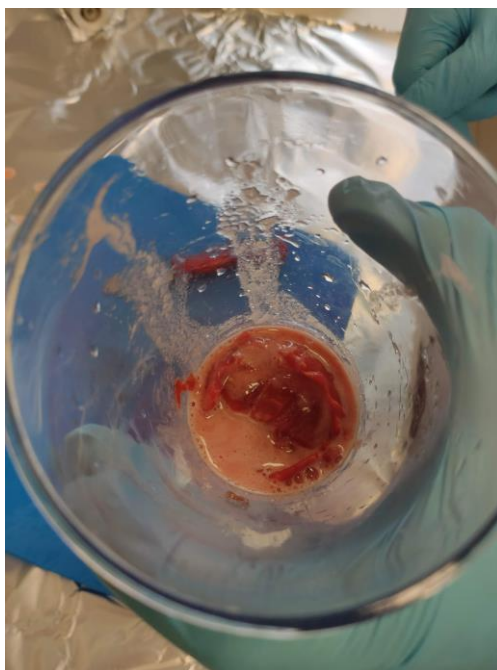
3.4.3 HOMOGENIZACE VZORKU

Připravil jsem si pracovní plochu, kterou jsem opět očistil ethanolem a položil jsem na ni hliníkovou fólii. Každé rajče jsem zvlášť nakrájel na menší kusy a následně jsem jej rozmixoval ručním mixérem (Obrázek 4), abych vzorek homogenizoval (Obrázek 5). Následně jsem s pomocí analytických vah přidal 15 g rajčatové směsi do 50 ml zkumavky (Obrázek 6; dále jen jako zkumavka C) a uzavřel jsem ji.

Tento postup jsem zopakoval s každým rajčetem, přičemž jsem si po každém vzorku vyčistil pracovní plochu a pomůcky ethanolem, především pak ruční mixér. Každou zkumavku jsem rovněž očísloval černým popisovačem, abych od sebe jednotlivé vzorky rozeznal.



Obrázek 4: mixování rajčata ručním mixérem



Obrázek 5: homogenizované rajče v mixéru

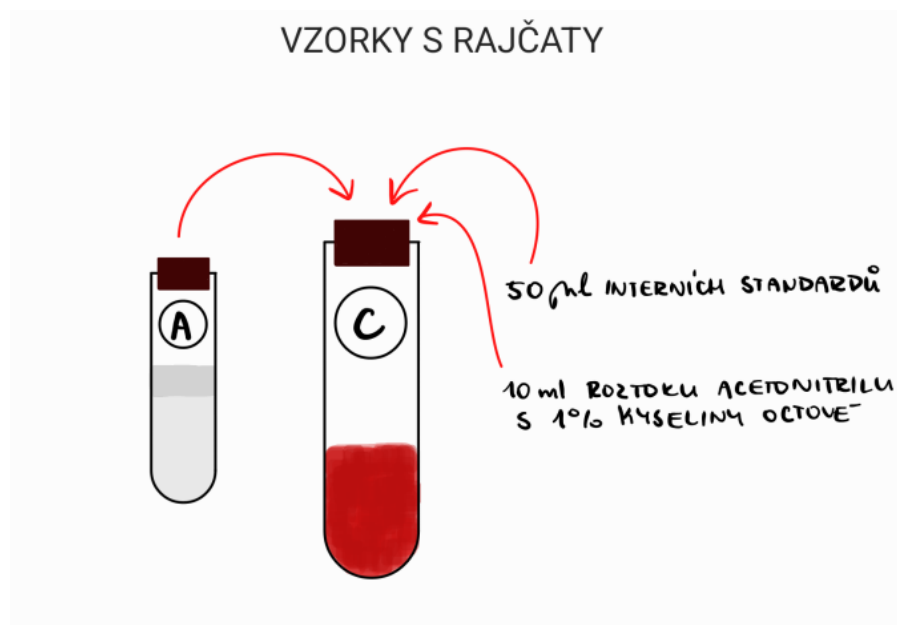


Obrázek 6: vážení 15 g rajčatové směsi do 50 ml zkumavky

3.4.4 EXTRAKCE

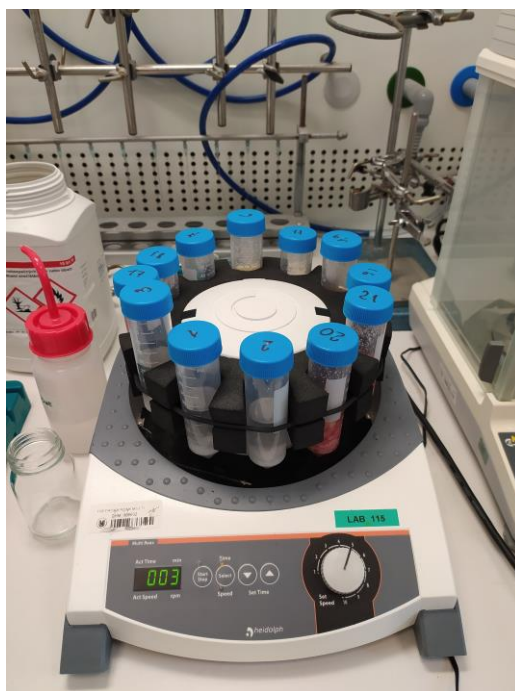
Jakmile jsem měl ve všech 18 popsaných zkumavkách naváženou přibližně patnáctigramovou rajčatovou směs, přidal jsem do každé z nich pomocí automatické pipety 50 μl interních standardů (konkrétně se jednalo o následující látky v množství 0,05 μg na vzorek: acetochlor-D11, alachlor-D13, atrazin-D5, karbendazim-D4, chlorpyrifos-D10, chlortoluron-D6, dimethoát-D6, diuron-D6, fenitrothion-D6, isoproturon-D3, metamitron-D5, metazachlor-D6, metolachlor-D6, metribuzin-D3, pendimethalin-D5, fosmet-D6, prochloraz-D7, propikonazol-D5, simazin-D10, tebukonazol-D6, terbuthylazin-D5) a následně i 10 ml roztoku acetonitrilu s 1 % kyseliny octové (to odpovídá 198 ml acetonitrilu a 2 ml dané kyseliny. Tento roztok jsem přidal také do třech nově popsáných prázdných zkumavek, které byly v následujícím výzkumu použity jako slepé vzorky (blanky), tedy jako vzorky, které upozorňují na případnou kontaminaci, jež se může během přípravy a měření vyskytnout. Všechny zkumavky jsem ručně protřepal.

Poté jsem do každé z těchto zkumavek přisypal chemikálie obsažené v předem připravené zkumavce A (Obrázek 7). Výsledkem bylo tedy 21 zkumavek C s dalšími přidanými látkami. Díky této syntéze jsem docílil extrakce, konkrétně vysolování, které spočívá v tom, že kyselina a soli posouvají rovnováhu tak, že pesticidy jsou více přítomny v organické fázi (acetonitrilu) než ve vodě.



Obrázek 7: zkumavka C s přidanými látkami

Všechny zkumavky jsem následně vložil do třepačky na jednu minutu pro lepší homogenizaci látek (Obrázek 8).

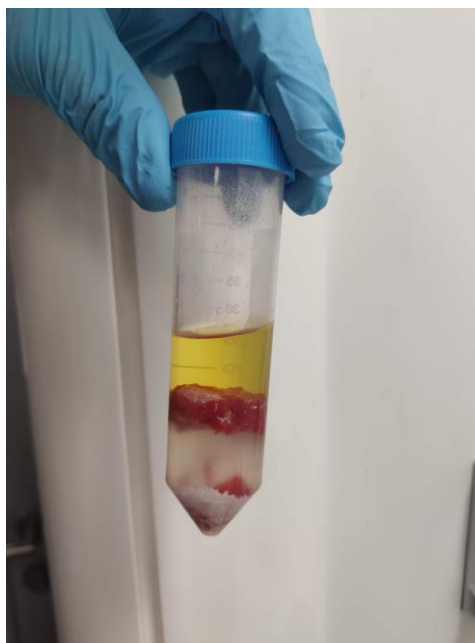


Obrázek 8: zkumavky C ve třepačce

Dále jsem všechny zkumavky ze třepačky vyjmul a přesunul je do centrifugy (Obrázek 9). Centrifugace v mém případě trvala 3 minuty při 3000 otáčkách za minutu (rpm). Po dokončení tohoto procesu jsem zkumavky z centrifugy vyjmul a mohl jsem pozorovat jejich oddělené složky – naspodu soli a voda, potom vláknina rajčete a nvrchu acetonitrilová fáze s vyextrahovanými analyty (Obrázek 10).



Obrázek 9: centrifuga se vzorky



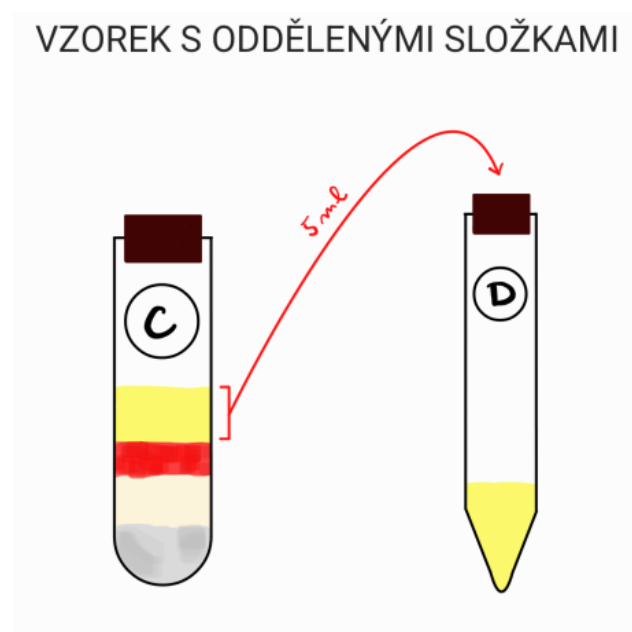
Obrázek 10: vzorek s oddělenými složkami

3.4.5 ČIŠTĚNÍ

Látky ve zkumavce se oddělily do několika složek. S pomocí automatické pipety jsem odebral z každé zkumavky 5 ml nejsvrchnější žluté vrstvy (acetonitril s vyextrahovanými analyty) do 15 ml zkumavky (dále jen jako zkumavka D; Obrázek 11; Obrázek 12). Pro lepší orientaci jsem opět každou z nich označil černým popisovačem.

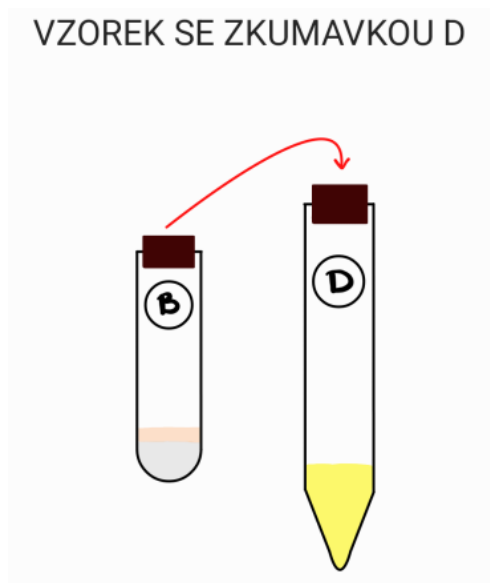


Obrázek 11: odebrání 5 ml z nejsvrchnější části vzorku pomocí automatické pipety



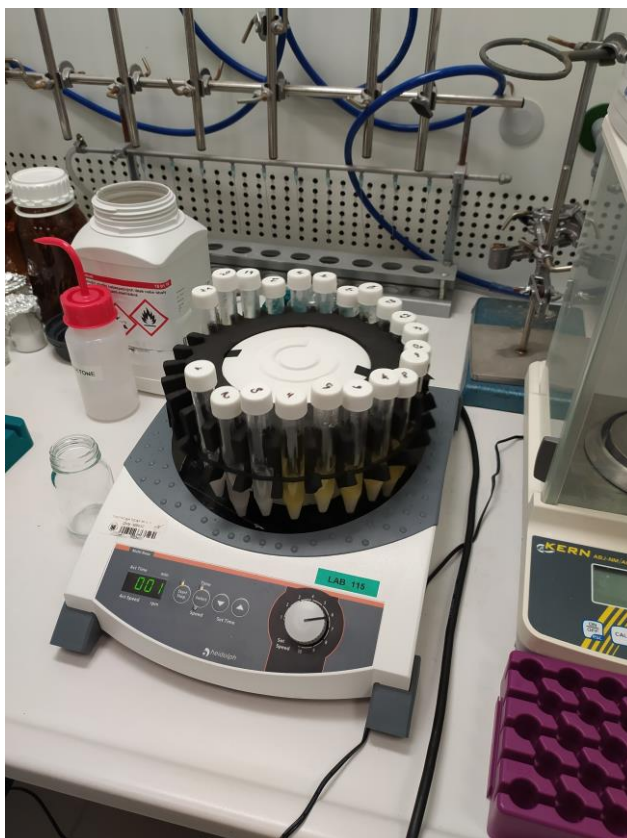
Obrázek 12: odebrání 5 ml z nejsvrchnější části vzorku

Následně jsem do každé z těchto zkumavek přisypal chemikálie obsažené v předem připravené zkumavce B (Obrázek 13), abych vzorky vyčistil. Díky tomu mohly být odstraněny především případné lipidy a proteiny.



Obrázek 13: zkumavka D s přidanými látkami

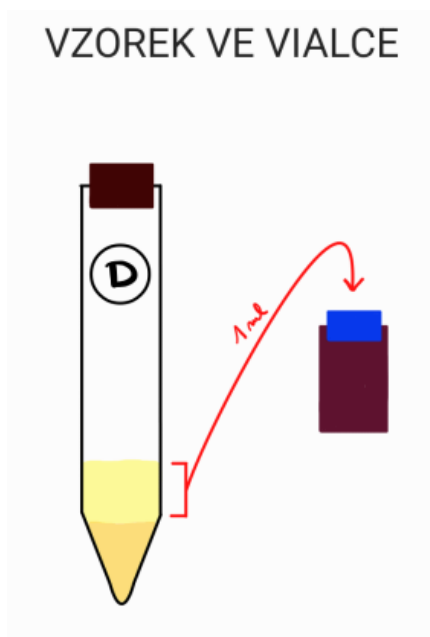
Poté jsem všechny zkumavky přesunul do třepačky a stroj jsem nechal pracovat opět jednu minutu pro homogenizaci daných chemikálií (Obrázek 14).



Obrázek 14: zkumavky D ve třepačce

Dále jsem všechny zkumavky ze třepačky vyjmul a přesunul je do centrifugy. Centrifugaci jsem nyní nastavil na 5 minut při 3000 otáčkách za minutu (rpm). Po této době jsem zkumavky z centrifugy vyjmul a pozoroval jejich oddělené složky.

Oddělené složky byly v tomto případě pouze dvě, kapalná a pevná. Automatickou pipetou jsem přesunul z každé zkumavky 1 ml horní kapalné vrstvy do 2 ml vialky (Obrázek 15). Černým popisovačem jsem opět každou z nich popsal (Obrázek 16).



Obrázek 15: odebrání 1 ml z kapalné části vzorku do vialky



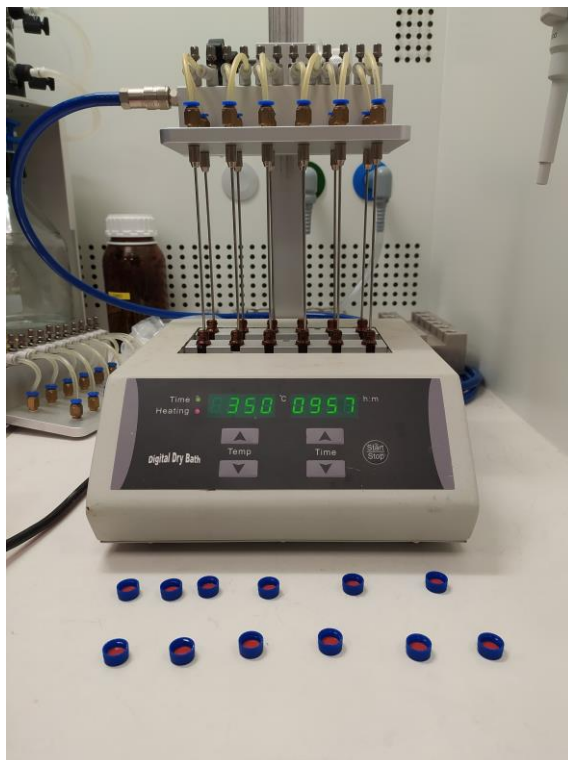
Obrázek 16: popisování vialek

3.4.6 KONCENTRACE VZORKŮ

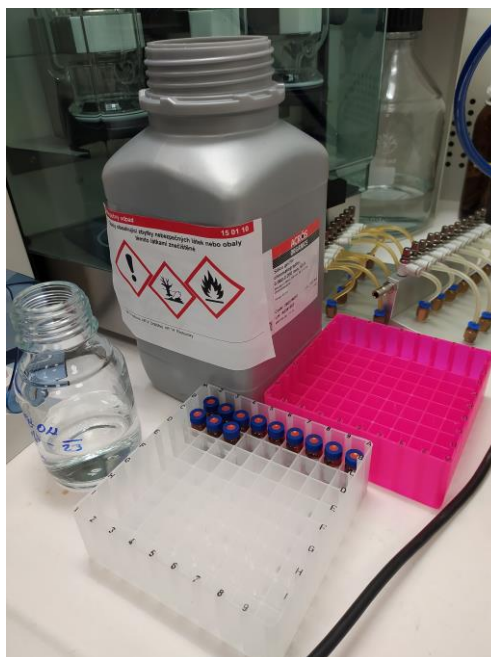
Jakmile jsem měl připravených všech 21 vialek s extraktem, přesunul jsem je do dusíkového odpařovače, kde se pod proudem dusíku a při zahřívání na teplotu 35 °C odpařil každý vzorek do sucha (Obrázek 17). Tento proces trval přibližně 30 minut, odpařování bylo však nutné

neustále kontrolovat, aby nedocházelo k odfoukávání za sucha příliš dlouho a nevypařily se tak analyty.

Následně jsem do každé vialky přidal automatickou pipetou 0,5 ml methanolu a jednotlivé vialky jsem důkladně uzavřel (Obrázek 18).



Obrázek 17: odpařování vialek dusíkovým odpařovačem



Obrázek 18: hotové odpařené vialky

Po dokončení celého experimentu jsem přesunul všech 21 vzorků do mrazáku, kde byly uloženy až do procesu analýzy.

3.4.7 ANALÝZA

Obsah pesticidů v rajčatech byl změřen prostřednictvím ultra vysokotlaké kapalinové chromatografie (UHPLC). Použit byl kapalinový chromatograf Agilent 1290 Series Gradient HPLC System (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA) s kolonou Luna C-18 (Phenomenex, CA, USA). Objem injekce činil 5 μ l, mobilní fáze byly (A) 0,1% roztoku vody kyseliny mravenčí a (B) 0,1% roztoku methanolu a kyseliny mravenčí při průtoku 0,25 ml/min. Proces separace trval 11,5 minuty.

Detekce proběhla na základě vysokorozlišovací hmotnostní spektrometrie (HRMS) na přístroji SCIEX QTrap 5500+ MS (ABSciex, CA, USA). Ionizace proběhla v pozitivním módu s použitím elektrosprejové ionizace při napětí 5500 V a při teplotě 400 °C a výsledky byly zpracovány v programu Analyst (SCIEX, CA, USA).

3.5 ZAJIŠTĚNÍ KVALITY

Pro zajištění kvality experimentu bylo provedeno několik strategií, díky kterým jsem mohl následně stanovit výsledky a účinnost jednotlivých laických úprav tak, aby byly správné a přesné.

Spolu se vzorky jsem zpracovával i slepé vzorky (tzv. blanky), které upozorňují na případnou kontaminaci, jež se může během přípravy a měření vyskytnout. Slepé vzorky dosahovaly zpravidla hodnot, které byly pod limitem detekce (tj. menší než 0,01 ng/vzorek;

Tabulka 2). Pouze druhý blank zkoumaný u tebukonazolu byl vyměřen na hodnotu 0,09 ng/vzorek.

Tabulka 2: hodnoty blanků

VZOREK	PENDIMETHALIN [ng/vzorek]	TEBUKONAZOL [ng/vzorek]
Blank 1	<0,0100	<0,0100
Blank 2	<0,0100	0,0900
Blank 3	<0,0100	<0,0100

Druhou strategií byla aplikace izotopických (interních) standardů, které zajišťovaly správnou kvantifikaci.

Třetí strategií bylo provádění laických úprav prostřednictvím triplikátů. Díky nim jsem mohl nejen určit co nejpřesnější hodnoty díky průměru, ale mohly mě také upozornit na případné odchylky, díky kterým lze následně vyvodit spolehlivost a nejistotu dané laické úpravy.

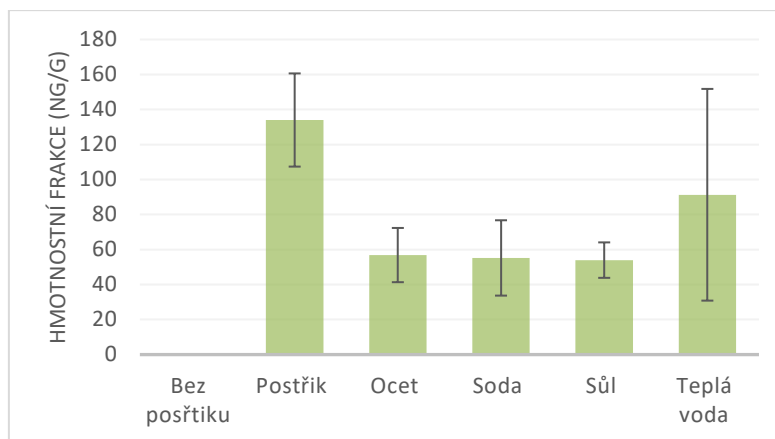
3.6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Ve všech 21 zkoumaných vzorcích bylo analyzováno celkem 36 pesticidů (alachlor, acetochlor, atrazin, azinfos-metyl, karbaryl, diazinon, dimethachlor, dimethoát, disulfoton, diuron, fenitrothion, fenoxaprop-ethyl, fenpropimorf, fluroxypyr, fonofos, chlorpyrifos, chlorsulfuron, chlortoluron, isoproturon, malathion, metamitron, metazachlor, metolachlor, metribuzin, methyl-parathion, pendimethalin, pirimikarb, prochloraz, propikonazol, pyrazon, simazin, tebukonazol, temefos, terbufos, terbutylazin a karbendazim), z nichž pouze dva byly nad limitem detekce, a to pendimethalin a tebukonazol (Tabulka 3). Maximální hmotnostní frakce u pendimethalinu byla v průměru naměřena u triplikátu s jedlou sodou, i přesto se však všechny hodnoty tohoto pesticidu pohybovaly v nízkých hodnotách (až o pět řádů níže než sledovaný tebukonazol), některé hodnoty byly dokonce pod limitem detekce.

Tabulka 3: hmotnostní frakce pendimethalinu a tebukonazolu

VZOREK	PENDIMETHALIN [ng/vzorek]	TEBUKONAZOL [ng/vzorek]
Blank 1	<0,0100	<0,0100
Blank 2	<0,0100	0,0900
Blank 3	<0,0100	<0,0100
Bez postřiku 1	0,210	0,140
Bez postřiku 2	0,270	<0,0100
Bez postřiku 3	0,220	0,260
Postřik 1	0,180	1670
Postřik 2	0,170	2480
Postřik 3	0,240	2000
Ocet 1	<0,0100	750
Ocet 2	0,290	1140
Ocet 3	0,210	775
Soda 1	0,150	627
Soda 2	0,0700	1250
Soda 3	0,220	691
Sůl 1	<0,0100	675
Sůl 2	<0,0100	972
Sůl 3	0,150	866
Teplá voda 1	0,110	1810
Teplá voda 2	0,110	2030
Teplá voda 3	<0,0100	336

Cílem mé práce bylo zjistit vliv laických úprav konkrétně na hladiny tebukonazolu obsažených v roztoku fungicidu značky Luna Experience aplikovaného na rajčata. Z toho důvodu budu v mém dalším výkladu hovořit pouze o hladinách tebukonazolu, který mj. dosahuje mnohem vyšších hodnot a je pro vyhodnocení experimentu směrodatnější.



Graf 1: rezidua tebukonazolu po provedení laických úprav, chybové úsečky znázorňují výběrovou směrodatnou odchylku

Přiložený Graf 1 ukazuje dva důležité typy dat. Jednotlivé sloupce vyjadřují hmotnostní frakci tebukonazolu a chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku jednotlivých triplikátů.

Z grafu lze vyčíst, že rajčata před umělým postřikáním daným roztokem fungicidu obsahovaly velmi malé množství tebukonazolu (průměr 0,00869 ng/g). Není však jisté, zda se v koupených rajčatech vyskytuje jiný pesticid mimo 36 analyzovaných analytů.

Z grafu je také patrné to, kolik tebukonazolu ubylo po provedení určité laické úpravy. Octový roztok, roztok jedlé sody a sláný roztok mají velmi podobné hodnoty, a to účinnost kolem 60 %. Laickou úpravou, která odstranila z rajčat nejméně tebukonazolu, byla teplá voda. Proto tedy tuto metodu vyhodnocuji jako nejméně efektivní.

Z chybových úseček znázorňujících směrodatnou odchylku lze vyvodit odlišnosti výsledků jednotlivých triplikátů. Podle grafu je hodnota směrodatné odchylky nejmenší u slané roztoku, proto tuto metodu vyhodnocuji jako nejspolehlivější. Stále malých, ale přece jen o něco větších hodnot nabývají octový roztok a následně i roztok jedlé sody. Největší chybovou úsečku pak lze zaznamenat u teplé vody. Proto také posuzuji tuto laickou úpravu jako nejméně spolehlivou vykazující největší nejistotu. Je však nutné podotknout, že odchylky během měření mohli vznikat i mými chybami, kterých si však nejsem vědom a kterých by se pravděpodobně dopsutil i laik.

Ačkoliv je z grafu patrné, že metody ponořování do určitých roztoků jsou neúčinnější, jsou také časově náročné a při dlouhodobějším používání také finančně nákladné. Některé z nich mohou zejména při vyšší koncentraci znehodnotit chuť a strukturu dané plodiny (např. ocet). Ačkoliv jsem tedy vyhodnotil teplou vodu jako nejméně efektivní a spolehlivou laickou úpravu, myslím si, že preventivní ošetření ovoce či zeleniny vodou před požíváním je alespoň něco (účinnost v rozmezí 0 % - 80 %) a nezabere mnoho času.

4 ZÁVĚR

Na základě výsledků provedeného experimentu bylo zjištěno že na zakoupeném ovoci byly změřené hladiny většiny pesticidů pod MRL. Výjimkou byl pendimethalin a tebukonazol. Na základě mého experimentu jsem určil, že nejúčinnější a nejspolehlivější laickou úpravou je použití slané roztoku s účinností 59,7 %. Podobných výsledků dosahoval i roztok jedlé sody a octový roztok (účinnost 58,8 % a 57,6 %). Nejméně efektivní naopak byla metoda s teplou vodou, která zároveň vykazovala největší nejistotu (účinnost v rozmezí 0 % - 80 %).

Doufám, že má práce dostatečně upozornila na problematiku týkající se používání pesticidů v zemědělství a že přinesla mnoho nových poznatků. Věřím, že v někom podnítila zájem si o tomto tématu zjistit více informací. Myslím si, že zkoumání pesticidů je v dnešní době velmi důležité a lidem prospěšné. Zdraví máme totiž jen jedno a je důležité s ním zacházet šetrně.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- 5 způsobů, jak se zbavit pesticidů v ovoci a zelenině - Zdravý Čech.* (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from <https://zdravycech.cz/5-zpusobu-jak-se-zbavit-pesticidu-z-ovoce-a-zeleniny/>
- Are Pesticides in Foods Harming Your Health?* (n.d.). Retrieved December 29, 2023, from <https://www.healthline.com/nutrition/pesticides-and-health#childrens-exposure>
- Chemické látky v zemědělství - Chemicals In Our Life - ECHA.* (n.d.). Retrieved May 20, 2023, from <https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/cs/chemicals-in-agriculture>
- Common types of insecticides.* (n.d.). Retrieved November 19, 2023, from <https://www.impehcm.org.vn/content/news-events/common-types-of-insecticides.html>
- Effects of pesticides on our wildlife | Policy and insight.* (n.d.). Retrieved December 28, 2023, from <https://policy.friendsoftheearth.uk/insight/effects-pesticides-our-wildlife>
- Exposure to Pesticides, Herbicides, & Insecticides: Human Health Effects | The Institute for Functional Medicine.* (n.d.). Retrieved December 29, 2023, from <https://www.ifm.org/news-insights/exposure-pesticides-herbicides-insecticides-human-health-effects/>
- Fungicide - Examples, Benefits, Types, Resistance and FAQs.* (n.d.). Retrieved December 27, 2023, from <https://www.vedantu.com/chemistry/fungicide>
- Fungicides - SIPCAM OXON.* (n.d.). Retrieved December 27, 2023, from <https://www.sipcam-oxon.com/en/products/plant-protection/fungicides>
- Herbicides - Uses, Types, Differences and Side Effects.* (n.d.). Retrieved November 27, 2023, from <https://www.vedantu.com/biology/herbicide>
- Herbicides: What are Herbicides, It's Uses, Types & Advantages | UPL.* (n.d.). Retrieved November 27, 2023, from <https://www.upl-ltd.com/agricultural-solutions/crop-protection/herbicides>
- How pesticides impact human health and ecosystems in Europe — European Environment Agency.* (n.d.). Retrieved December 29, 2023, from <https://www.eea.europa.eu/publications/how-pesticides-impact-human-health>
- How to Remove Pesticides From Fruits and Vegetables - Environment Co.* (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from <https://environment.co/how-to-remove-pesticides-from-fruits-and-vegetables/>
- How to Remove Pesticides From Your Produce - CNM College of Naturopathic Medicine.* (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from <https://www.naturopathy-uk.com/news/news-cnm-blog/blog/2020/05/22/how-to-remove-pesticides-from-vegetables-and-fruits-2/>

- Insecticides: What are Insecticides, It's Uses, Types & Advantages* | UPL. (n.d.). Retrieved November 19, 2023, from <https://www.upl-ltd.com/agricultural-solutions/crop-protection/insecticides>
- Jak odstranit pesticidy v ovoci a zelenině? Jak se jim vyhnout?* | Rehabilitace.info. (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from <https://www.rehabilitace.info/zdravotni/pozor-na-pesticidy-v-ovoci-a-zelenine-jak-se-jim-vyhnout/>
- Maximum residue levels (MRLs) and import tolerances.* (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from <https://www.hse.gov.uk/pesticides/mrls/index.htm>
- MRL – Bezpečnost potravin.* (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/mrl/>
- Pesticid* – Wikipedie. (n.d.).
- Pesticides - A brief history and analysis* | Pitchcare. (n.d.). Retrieved December 28, 2023, from <https://www.pitchcare.com/news-media/pesticides-a-brief-history-and-analysis.html>
- Pesticides - European Commission.* (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from https://agriculture.ec.europa.eu/sustainability/environmental-sustainability/low-input-farming/pesticides_en
- Pesticides & Human Health* | Californians for Pesticide Reform. (n.d.). Retrieved December 29, 2023, from <https://www.pesticidereform.org/pesticides-human-health/>
- Stockholm Convention.* (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from <https://onceliklikimyasallar.csb.gov.tr/en/stockholm-convention-i-5237>
- Stockholmská úmluva* – Wikipedie. (n.d.). Retrieved January 2, 2024, from https://cs.wikipedia.org/wiki/Stockholmsk%C3%A1_%C3%BAmluva
- Tebuconazole Information and Products* | Fungicide Active Ingredient | Solutions Pest & Lawn. (n.d.). Retrieved December 27, 2023, from <https://www.solutionsstores.com/tebuconazole>
- Toto způsobují pesticidy a herbicidy našemu tělu.* (n.d.). Retrieved December 29, 2023, from <https://www.nejfit.cz/1041-toto-zpusobuji-pesticidy-a-herbicidy-nasemu-telu>
- Vysvětlení pojmu PESTICIDY - AgroBio OPAVA.* (n.d.). Retrieved May 20, 2023, from <https://agrobio.cz/poradna/clanek/166>
- What Are Fungicides.* (n.d.). Retrieved December 21, 2023, from <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/Pages/Fungicides.aspx>

6 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek 1: navážené reaktanty	19
Obrázek 2: nanášení pesticidu pomocí rozprašovače.....	20
Obrázek 3: rajčata pod vlivem laických úprav (v kádinkách), rajčata bez postřiku (vlevo) a s postřikem (v krabici)	22
Obrázek 4: mixování rajčata ručním mixérem.....	23
Obrázek 5: homogenizované rajče v mixéru.....	23
Obrázek 6: vážení 15 g rajčatové směsi do 50 ml zkumavky	24
Obrázek 7: zkumavka C s přidanými látkami	25
Obrázek 8: zkumavky C ve třepačce	25
Obrázek 9: centrifuga se vzorky	26
Obrázek 10: vzorek s oddělenými složkami	26
Obrázek 11: odebrání 5 ml z nejsvrchnější části vzorku pomocí automatické pipety	27
Obrázek 12: odebrání 5 ml z nejsvrchnější části vzorku.....	27
Obrázek 13: zkumavka D s přidanými látkami.....	28
Obrázek 14: zkumavky D ve třepačce	28
Obrázek 15: odebrání 1 ml z kapalné části vzorku do vialky	29
Obrázek 16: popisování vialek.....	29
Obrázek 17: odpařování vialek dusíkovým odpařovačem	30
Obrázek 18: hotové odpařené vialky	31
 Tabulka 1: popis a očíslování jednotlivých vzorků.....	21
Tabulka 2: hodnoty blanků	32
Tabulka 3: hmotnostní frakce pendimethalinu a tebukonazolu.....	33
 Graf 1: rezidua tebukonazolu po provedení laických úprav, chybové úsečky znázorňují výběrovou směrodatnou odchylku	34