

Biogenní aminy v ovoci, zelenině a bramborech

Bc. Eva Pechlátová

Diplomová práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Eva Pechlátová**
Osobní číslo: **T16574**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Biogenní aminy v ovoci, zelenině a bramborách**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika a výskyt biogenních aminů.
2. Biogenní aminy v ovoci, zelenině a bramborách a možnosti jejich detekce.

II. Praktická část

1. UHPLC biogenních aminů.
2. Vyhodnocení a zpracování výsledků.
3. Diskuze a formulace závěrů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] CZAJKOWSKA-MYSŁEK, Anna a Joanna LESZCZYŃSKA. Risk assessment related to biogenic amines occurrence in ready-to-eat baby foods. *Food and Chemical Toxicology*. 2017, 105, 82–92 [cit. 2017-09-06]. DOI: 10.1016/j.fct.2017.03.061. ISSN 02786915.

[2] MORET, Sabrina, Dana SMELA, Tiziana POPULIN a Lanfranco S. CONTE. A survey on free biogenic amine content of fresh and preserved vegetables. *Food Chemistry*. 2005, 89(3), 355–361. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.02.050. ISSN 03088146.

[3] DRAISCI, R, L GIANNETTI, P BORIA, L LUCENTINI, L PALLESCHI a S CAVALLI. Improved ion chromatography-integrated pulsed amperometric detection method for the evaluation of biogenic amines in food of vegetable or animal origin and in fermented foods. *Journal of Chromatography A [online]*. 1998, 798(1-2), 109–116. DOI: 10.1016/S0021-9673(97)01198-9. ISSN 00219673.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Pleva, PhD.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání diplomové práce:

2. února 2019

Termín odevzdání diplomové práce:

3. května 2019

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jiří Miček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1)Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2)Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3)Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce byla zaměřena na zjištění přítomnosti vybraných biogenních aminů (BA) v různých druzích zakoupeného ovoce, zeleniny a brambor. Teoretická část se zaměřuje na charakteristiku biogenních aminů, jejich výskyt v potravinách rostlinného původu a vlivy, které působí na obsah BA v rostlinných produktech. Cílem praktické části bylo stanovení konkrétních biogenních aminů metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) s UV detekcí po předchozí derivatizaci danzylchloridem. Nejvíce produkovaným biogenním aminem v potravinách rostlinného původu tohoto typu je putrescin. Nejvyšší koncentrace putrescinu se vyskytovala u citrusů, a to u mandarinky v množství $259,0 \pm 2,2$ mg/kg. Druhým nejvíce produkovaným BA byl fenylethylamin, jehož množství přesahovalo u hrušky hodnoty i 50 mg/kg. Histamin a kadaverin byly u 60 vzorků ovoce i zeleniny pod 10 mg/kg.

Klíčová slova: biogenní amin, ovoce, zelenina, brambory, HPLC

ABSTRACT

This thesis examines of selected biogenic amines (BA) in various kinds of purchased fruits, vegetables and potatoes. The theoretical part focuses on the characteristics of biogenic amines, their occurrence in food of plant origin and influences that affect the BA content in plant products. The aim of the practical part was to determine specific biogenic amines by high performance liquid chromatography (HPLC) with UV detection after previous derivatization with dansyl chloride. The most produced biogenic amine in food of plant origin of this type is putrescine. The highest concentration of putrescine was found in citrus, 259.0 ± 2.2 mg/kg for mandarin. The second most produced BA was phenylethylamine, the amount of phenylethylamine in the pear exceeded 50 mg/kg. Histamine and cadaverine were below 10 mg/kg in 60 fruit and vegetable samples.

Keywords: biogenic amin, fruits, vegetables, potatoes, HPLC

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Plevovi, Ph.D. za projevenou trpělivost, cenné rady a podnětné připomínky, které mi poskytnul při zpracování mé práce.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. *et* Ing. Ludmile Zálešákové za její cenné rady a pomoc při práci v laboratoři. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za trpělivost a podporu během doby mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	10
1 CHARAKTERISTIKA BIOGENNÍCH AMINŮ	12
1.1 ROZDĚLENÍ BIOGENNÍCH AMINŮ	12
2 ZPŮSOBY VZNIKU BIOGENNÍCH AMINŮ	14
2.1 REAKCE BIOGENNÍCH AMINŮ	14
3 PODMÍNKY PRO VZNIK BIOGENNÍCH AMINŮ	16
3.1 MIKROORGANIZMY PRODUKUJÍCÍ BIOGENNÍ AMINY	16
3.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ AKTIVITU DEKARBOXYLAČNÍCH ENZYMŮ	17
3.2.1 TEPLOTA A pH.....	17
3.2.2 PŘÍTOMNOST SOLI.....	17
3.2.3 PŘÍSTUPNOST KYSLÍKU.....	17
3.2.4 PŘÍDAVNÉ LÁTKY.....	18
3.3 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA OBSAH BIOGENNÍCH AMINŮ V OVOCI A ZELENINĚ	18
3.3.1 TEPLOTA.....	18
3.3.2 KULINÁŘSKÁ ÚPRAVA.....	18
3.3.3 DÉLKA SKLADOVÁNÍ.....	19
3.3.4 VÝROBNÍ OPERACE.....	19
3.3.5 ZPŮSOB BALENÍ.....	19
4 LEGISLATIVNÍ LIMITY PRO BIOGENNÍ AMINY	21
4.1 LEGISLATIVA V EVROPSKÉ UNII	21
4.1.1 NAŘÍZENÍ EVROPSKÉ KOMISE (ES) Č. 2073/2005.....	21
4.1.2 CODEX ALIMENTARIUS.....	21
4.2 LEGISLATIVA V ČESKÉ REPUBLICE	21
5 VÝSKYT BIOGENNÍCH AMINŮ V POTRAVINÁCH	23
5.1 NEFERMENTOVANÉ POTRAVINY	23
5.1.1 OVOCE A ZELENINA.....	23
5.1.2 POTRAVINY ŽIVOČIŠNÉHO PŮVODU.....	27
5.2 FERMENTOVANÉ POTRAVINY	28
5.2.1 FERMENTOVANÁ ZELENINA.....	28
5.2.2 POTRAVINY ŽIVOČIŠNÉHO PŮVODU.....	28
6 FYZIOLOGICKÉ FUNKCE A TOXIKOLOGICKÉ ÚČINKY BIOGENNÍCH AMINŮ NA ORGANIZMUS	29
6.1 HISTAMIN	29
6.1.1 ÚČINKY A TOXICITA.....	29
6.2 TYRAMIN	30
6.2.1 ÚČINKY A TOXICITA.....	30
6.3 SEROTONIN	30
6.3.1 ÚČINKY A TOXICITA.....	30
6.4 KATECHOAMINY (DOPAMIN, NORADRENALIN, ADRENALIN)	31
6.4.1 ÚČINKY A TOXICITA.....	31
6.5 2-FENYLETHYTLAMINY	31

6.5.1 ÚČINKY A TOXICITA.....	31
6.6 POLYAMINY.....	31
6.6.1 ÚČINKY NA ČLOVĚKA.....	31
6.6.2 POLYAMINY V ROSTLINÁCH.....	32
6.7 TOXIKOLOGICKÉ PŮSOBENÍ BIOGENNÍCH AMINŮ.....	32
7 DEGRADACE BIOGENNÍCH AMINŮ.....	34
8 VYUŽÍVANÉ METODY KE STANOVENÍ BIOGENNÍCH AMINŮ.....	35
8.1 ANALYTICKÉ METODY STANOVENÍ BIOGENNÍCH AMINŮ.....	35
8.1.1 CHROMATOGRAFICKÉ METODY.....	35
9 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	38
10 MATERIÁL A METODIKA.....	39
10.1 MATERIÁL.....	39
10.2 METODIKA A PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	39
10.2.1 EXTRAKCE BIOGENNÍCH AMINŮ.....	39
10.2.2 DERIVATIZACE A HPLC.....	39
11 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	41
11.1.1 OBSAH BIOGENNÍCH AMINŮ VE VZORCÍCH OVOCE.....	41
11.1.2 OBSAH BIOGENNÍCH AMINŮ VE VZORCÍCH ZELENINY.....	48
ZÁVĚR.....	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	63
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	64
SEZNAM TABULEK.....	65

ÚVOD

Biogenní aminy (BA) představují přirozenou složku téměř všech organismů. Jedná se o bazické dusíkaté sloučeniny, které vznikají dekarboxylázovou aktivitou mikroorganismů. V malých množstvích mají mnoho prospěšných fyziologických funkcí, avšak jejich vysoké dávky mohou přivodit nežádoucí toxické účinky. Biogenní aminy se vyskytují v potravinách jako jejich přirozené součásti. Lze je nalézt jak v potravinách živočišného původu, tak v potravinách rostlinného původu. Výskyt BA závisí na délce skladování potraviny, její kuchyňské úpravě, samotném složení potraviny a dalších faktorech, které umožňují růst mikroorganismů během výrobních operací. BA jsou nikoli jen ukazatelem kvality a čerstvosti potravin, ale také jakosti vstupních surovin a stupně hygieny během výrobního procesu. Z hlediska bezpečnosti a zdravotní nezávadnosti potravin jsou stanoveny legislativní limity pro jejich výskyt v potravinách. Dle Nařízení Evropské komise (ES) č. 2073/2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny se stanovují maximální hodnoty histaminu, avšak pouze v rybách a rybích produktech.

Teoretická část diplomové práce se zabývá charakteristikou biogenních aminů, možnostmi vzniku biogenních aminů a jejich reakcemi, způsoby ovlivnění výskytu BA v potravinách a legislativními předpisy, které se k nim vztahují. Dále je popisován výskyt BA v potravinách rostlinného a živočišného původu, fyziologické funkce biogenních aminů a jejich toxikologické působení na organismus a vybrané metody stanovení BA.

Praktická část se věnuje stanovení přítomnosti a množství vybraných biogenních aminů (fenylethylaminu, kadaverinu, tyraminu, putrescinu, histaminu, spermidinu a sperminu) v jednotlivých vzorcích ovoce a zeleniny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA BIOGENNÍCH AMINŮ

Biogenní aminy jsou nízkomolekulární bazické dusíkaté látky odvozené od aminokyselin. Tvoří různorodou skupinu biologicky aktivních látek. Dříve označovanou jako ptomainy (mrtvolné jedy), jelikož byly nalezeny ve zkaženém mase. BA jsou antinutriční složky potravin a krmiv, považují se za indikátory stupně čerstvosti a kvality potravin a zároveň se BA stávají zdrojem dusíku, neuromediátory, prekurzory pro syntézu hormonů, alkaloidů, nukleových kyselin a proteinů. Některé BA slouží k regulaci tělesné teploty, k udržování tonu krevních cév nebo působí jako nositelé chuti. Jejich přítomnost je prokázána ve všech živých organismech (v živočišných, rostlinných i mikrobiálních) [1, 2, 3, 4]

1.1 Rozdělení biogenních aminů

Na základě chemického složení se rozdělují biogenní aminy na alifatické, aromatické, heterocyklické a polyaminy. [5, 6]:

- Alifatické BA : putrescin (PUT), kadaverin (CAD), spermin (SPM) a spermidin (SPD)
- Aromatické BA : tyramin (TYR) , 2-fenylethylamin (PEA)
- Heterocyklické BA : histamin (HIS), tryptamin (TRY)
- Polyaminy : putrescin, kadaverin, agmatin (AGM), spermin, spermidin

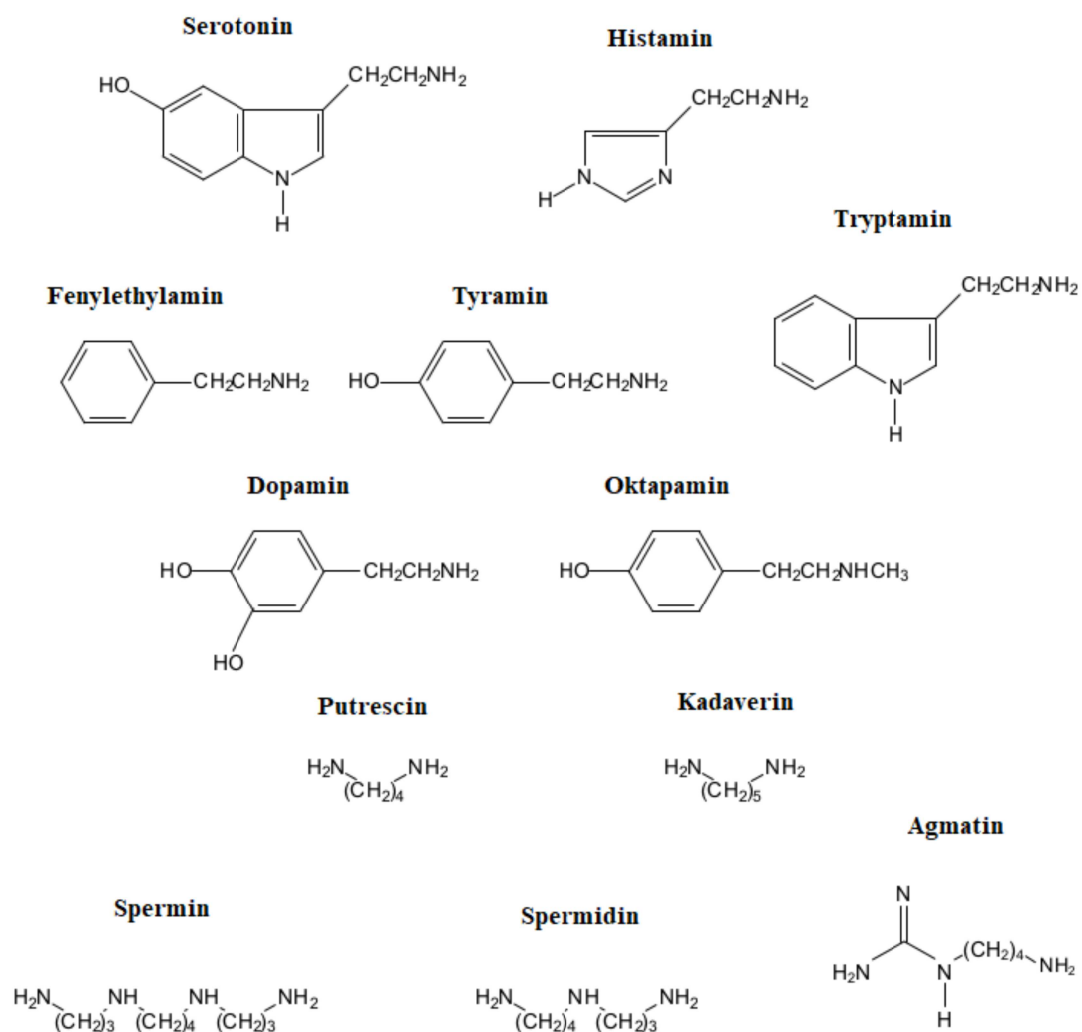
Podle počtu aminových skupin jsou řazeny na [7]:

- Monoaminy : tyramin, 2 – fenylethylamin
- Diaminy : histamin, serotonin, tryptamin, putrescin a kadaverin
- Polyaminy : spermin, spermidin a agmatin

Dle funkce, kterou zastávají v organismu, se řadí na skupiny [5, 7]:

- Vazoaktivní : tyramin, tryptamin, 2-fenylethylamin, histamin a serotonin
- Psychoaktivní : noradrenalin, dopamin a serotonin

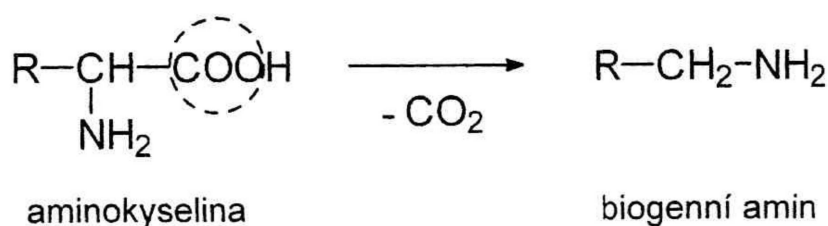
Struktura jednotlivých biogenních aminů je uvedena na obrázku č. 1.



Obrázek 1: Struktura biogenních aminů [8]

2 ZPŮSOBY VZNIKU BIOGENNÍCH AMINŮ

Jedna z možností vzniku BA je dekarboxylace aminokyselin. Dekarboxylací se rozumí děj, ve kterém dochází k odbourávání karboxylové skupiny za současného uvolnění CO_2 , jak je vidět na obrázku č. 2 Tato reakce vyžaduje specifický enzym (dekarboxylázu) obsahující kofaktor (pyridoxalfosfát). [9. 10] Další možnost vzniku BA je z aminokyselin a karboxylových sloučenin (aldehydů a ketonů) působením transamináz. [5]



Obrázek 2: Schéma obecné dekarboxylace [9]

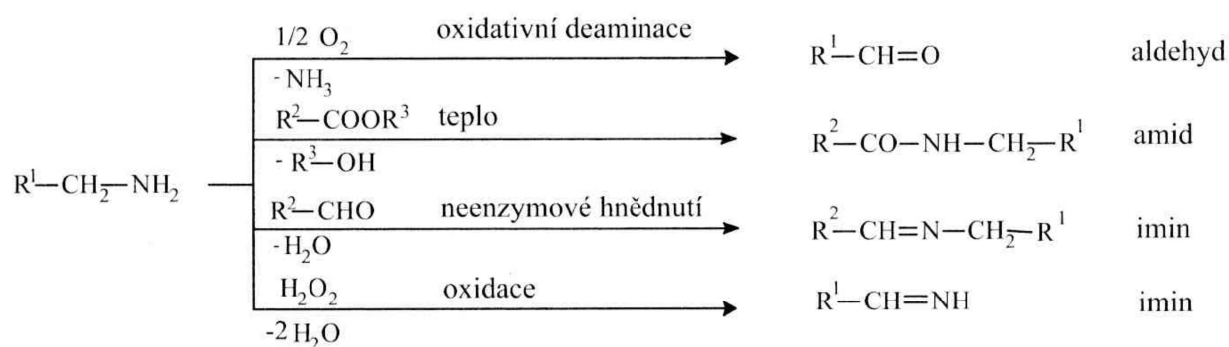
Téměř všechny eukaryotické organizmy syntetizují putrescin z ornithinu. Reakce je katalyzována enzymem ornithindekarboxylázou (ODC). U rostlin však existuje alternativní způsob syntézy putrescinu a to z argininu pomocí enzymu arginindekarboxylázy (ADC) následované dvěma po sobě jdoucími kroky katalyzovanými agmatinemiminohydrolázou (AIH) a N-karbamoyl-amidohydrolázou (CPA). [11] Koexistence cest ADC a ODC může mít souvislost s rozdílným přístupem ke stresu a odlišným přístupem vývoje a odlišnou specifitou tkání. [12]

Při přeměně BA na další biologicky aktivní produkty se uplatňují oxygenázy, methyltransferázy a další enzymy. Vzniklé produkty transformace BA mají nejenom rozmanité uplatnění, ale i různorodý výskyt. Ať už je jedná o oktopamin, který vzniká oxidací tyraminu, s funkcí neurohormonu u bezobratlých živočichů. Nebo o N-methyltyramin vznikající methylací, který je prekurzorem hordeninu v ječmeni. Oxidací dopaminu vznikají nejenom katecholaminy živočichů, ale také hormony dřene nadledvinek (noradrenalin i adrenalin). Serotonin vzniká dekarboxylací tryptofanu na tryptamin a jeho následnou oxidací nebo oxidací tryptofanu na serotin následovanou dekarboxylací a vznikem serotoninu. [5] Přehled biogenních aminů, jejich prekurzorů a dekarboxyláz, včetně hlavních produktů transformace uvádí tabulka č. 1.

2.1 Reakce biogenních aminů

Biogenní aminy patří k reaktivním látkám (obrázek č. 3). Kromě enzymových reakcí, které vedou ke vzniku derivátů BA a dalších sloučenin, mohou BA oxidativní deaminací poskytovat aldehydy, vedlejším produktem je peroxid vodíku. Jedná se o biologicky významnou reakci, neboť při ní do-

cháží k inaktivaci některých BA. Reakce je katalyzována monoaminoxidázami. [9] Dlouhodobým skladováním nebo za zvýšené teploty reagují s triacylglyceroly (TAG) za vzniku amidů masných kyselin. Také vstupují do reakcí neenzymového hnědnutí, kde vznikají příslušné iminy. [5] Polyaminy se stávají potenciálními prekurzory pro tvorbu karcinogenních N-nitrososloučenin. [13] Nitrozovatelné sekundární BA (agmatin, spermin, spermidin) v reakcích s dusitany tvoří nitrosaminy. [14] Spermidin nebo putrescin mohou reagovat v kyselém prostředí v přítomnosti kyseliny dusité za vzniku karcinogenního N-nitrosopyrolidinu. [15, 4]



Obrázek 3: Hlavní reakce biogenních aminů [5]

Tabulka 1: Biogenní aminy, jejich dekarboxylázy a prekurzory a produkty transformace. Upraveno dle [5, 16]

Prekurzory biogenních aminů	Dekarboxylázy aminokyselin	Biogenní amin	Další produkty aminokyselin a transformace aminu
histidin	histidindekarboxyláza	histamin	-
lysin	lysindekarboxyláza	kadaverin	-
arginin via ornithin nebo citrullin	arginindekarboxyláza	putrescin	N-methylputrescin, spermidin, spermin
arginin	arginindekarboxyláza	agmatin	putrescin, N-methylputrescin, spermidin, spermin
fenylalanin	fenylalanindekarboxyláza	fenylethylamin	tyramin, dopamin, adrenalin, noradrenalin
tyrosin	tyrozindekarboxyláza	tyramin	dopamin, adrenalin, noradrenalin, synefrin, hordenin
tryptofan	tryptofandekarboxyláza	tryptamin	serotonin, melatonin

3 PODMÍNKY PRO VZNIK BIOGENNÍCH AMINŮ

Z hlediska vzniku je možné rozlišit dvě skupiny BA. Exogenní BA vznikají v potravinách důsledkem mikrobiální kontaminace a při kvasných procesech, jejich vyšší koncentrace lze nalézt u potravin v pokročilém stupni kažení [5] a endogenní BA vznikají endogenní biosyntézou nebo činností intestinální mikroflóry. [15]

Základní předpoklady pro vznik BA [17, 2]:

- přítomnost volných tj. biologicky dostupných aminokyselin a bílkovin v potravine
- přítomnost mikroorganismů s dekarboxylázovou aktivitou
- vhodné podmínky umožňující růst, množení mikroorganismů a syntézu dekarboxyláz

3.1 Mikroorganismy produkující biogenní aminy

Volné aminokyseliny se vyskytují přirozeně v potravine nebo mohou být uvolňovány činností mikroorganismů s vysokou proteolytickou aktivitou, čímž se zvyšuje riziko vzniku BA v potravinách. [4]

Zastoupení jednotlivých mikroorganismů v ovoci a zelenině je odlišné a to z toho důvodu, že pH ovoce je převážně kyselé, proto i v ovoci převažují mikroorganismy, které jsou odolné vůči kyselému prostředí (bakterie mléčného kvašení). [14]

Dekarboxylační aktivitu vykazují bakterie rodů *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Photobacterium* a rody čeledi *Enterobacteriaceae* jako jsou *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella*, z dalších bakterií *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Kocuria* a zástupci rodů bakterií mléčného kvašení. [4, 2]

Někteří konkrétní zástupci mikroorganismů s dekarboxylázovou aktivitou vyskytující se v potravinách. [6, 7, 18]:

- v ovoci a zelenině – *Pseudomonas* spp., *Clostridium* spp., *Enterococcus faecium*, *enterococcus mundtii*, *Enterococcus casseliflavus*,
- v rybím mase – *Morganella morganii*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumoniae*, *Clostridium perfringens*, *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus* spp.,
- v sýrech – *Lactobacillus buchneri*, *L. bulgaricus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. Acidophilus*, *Enterococcus faecium*, *Bacillus macerans*, *Propionibacterium* spp.,

- Ve fermentovaných masných výrobcích – *Pediococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptococcus* spp., *Micrococcus* spp., čeleď *Enterobacteriaceae*
- ve fermentovaných nápojích – *Pediococcus cerevisiae*,
- ve fermentované zelenině – *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* spp., *Leuconostoc mesenteroides*

Některé bakterie mají schopnost vytvořené BA v potravíně odbourávat – *Pseudomonas* spp., *Serratia mercenscens*, *Serratia lutea*, ovšem není možné je použít k sanitaci potravin, neboť je jejich proteolytická aktivita vyšší, než aktivita rozkládat BA a mohlo by v první řadě dojít především ke kažení potravin. [17, 4]

3.2 Faktory ovlivňující aktivitu dekarboxylačních enzymů

Tvorba biogenních aminů je považována za složitý proces závisející na mnoha faktorech, kterými je možné ovlivnit činnost mikroorganismů a jejich enzymovou aktivitu. Tyto faktory zahrnují: aktivitu vody, pH, teplotu, redoxní potenciál, přístup vzduchu a působení přídatných látek. [10]

3.2.1 Teplota a pH

Optimální teplotní rozmezí pro růst bakterií s dekarboxylázovou aktivitou je 20 - 37 °C při pH 4,0 - 5,5. [14, 4] také dostupnost vhodného substrátu má vliv na aktivitu mikrobiálních dekarboxylačních enzymů. [6]

3.2.2 Přítomnost soli

Přítomnost chloridu sodného na jedné straně obecně způsobí omezení aktivity tvorby BA (histaminu), na druhé straně podporuje aktivitu tyrosindekarboxylázy. Zatímco koncentrace 3,5 % NaCl částečně inhibuje schopnost *Lactobacillus buchneri* tvořit histamin, tak koncentrace 5 % NaCl tvorbu zcela zastaví. [4, 2]

3.2.3 Přístupnost kyslíku

Dostupnost kyslíku je individuální, neboť na tvorbě BA se mohou podílet aerobní mikroorganismy (MO), fakultativně anaerobní i anaerobní MO. Jako příklad lze uvést zástupce rodu *Enterobacteriaceae* - *Enterobacter cloacae*, který za aerobních podmínek vyprodukuje přibližně o polovinu více putrescinu, než za podmínek anaerobních. Jiným příkladem je zástupce *Klebsiella pneumoniae*, která za aerobních podmínek syntetizuje výrazně méně kadaverinu, ale získá schopnost syntetizovat

putrescin za anaerobních podmínek. Snížení redoxního potenciálu stimuluje produkci histaminu. [14, 4]

3.2.4 Přídavné látky

Omezit tvorbu některých BA je možné přidáním aditiv a konzervačních látek způsobujících inhibici růstu a dekarboxylázové aktivity mikroorganismů v produktech (makrela). Lze použít tyto potravinářské přídatné látky (sorban sodný, sorban draselný, kyselinu citronovou, kyselinu jantarovou, D - sorbitol a kyselinu jablečnou). [19] Kyselina citronová (1 %) v kombinaci s použitou solí (6 % - 10 %) přidaná během fermentace kysaného zelí ovlivnila mírný pokles tvorby BA. [20]

Nejenom synteticky vyráběné přídavné látky mohou ovlivnit tvorbu BA, ale i látky přírodního charakteru. [21] Mezi takové patří kurkumin (kurkuma), kapsaicin (červený pepř) a piperin (pepř černý). [19] Nevýhodou těchto látek může být skutečnost, že dochází ke ztrátě jejich účinnosti během vaření. Je možné použít i tymol. Jedná se o fenolický monoterpen, který se přirozeně vyskytuje v éterických olejích. Má nejenom antioxidační a antimikrobiální vlastnosti, ale také pronikavou vůni, kterou nemusí spotřebitelé přijmout, ačkoliv jde o další látku snižující BA v potravinách. [22]

3.3 Vlivy působící na obsah biogenních aminů v ovoci a zelenině

Složení potraviny (včetně přídatných látek), mikrobiální flóra a další faktory, které umožňují růst bakterií při zpracování a skladování potravin (teplota, vlhkost, doba zrání a primární balení) mohou ovlivnit množství a typ vytvořených BA. [23]

3.3.1 Teplota

Vliv tepelného ošetření při konzervaci byl studován u potravin jako jsou ryby, maso a fermentované potraviny, ale ne v potravinách rostlinného původu. Variabilita množství BA pozorovaná u vzorků téhož produktu může být přičítána zejména podmínkám výroby, přepravy a skladování. Skladovací teplota je jedním z nejdůležitějších faktorů při tvorbě biogenních látek. [24] Chlazení zpomaluje nebo snižuje činnost mikroorganismů, ačkoliv byla popsána tvorba BA i při teplotách chlazení (4-10 °C). [25] Moret *et al.* se zabýval studiem vlivu teploty skladování na obsah BA v různých druzích zeleniny (petržel, cuketa, brokolice a okurka). Ani po třech týdnech nebyly pozorovány žádné významné změny hodnot histaminu, tyraminu, putrescinu ani kadaverinu. [26]

3.3.2 Kulinářská úprava

Latorre-Moratalla *et al.* vyhodnotil účinek vaření špenátu ve vodě a ve vodě s přidanou solí na množství biogenních aminů. Procesem vaření se snížila hodnota histaminu ve vzorcích bez přidané

soli průměrně o 83 %. [27] Podobně také Kumar *et al.* pozoroval ztrátu histaminu v lilku procesem vaření při 100 °C po dobu 10 minut. Jednalo se však pouze o ztrátu 10 - 14 %, histamin je tedy při tepelném opracování stabilní. [28] Veciana *et al.* dospěl k závěru, že se obsah putrescinu u některé zeleniny (špenátu, květáku, mangoldu, brambor a zelených fazolí) procesem vaření sníží. Tato tepelná úprava však neměla žádný vliv na putrescin v jiné zelenině jako hrách, chřest a paprika. [27] Naopak Preti *et al.* zaznamenal významný nárůst putrescinu po vaření v zelených fazolích, kdežto vařením v páře se obsah nezměnil. [29]

Další tepelná úprava, smažení, podle Chunga *et al.* způsobila nárůst histaminu 2,5 - 4 násobně u mrkve a mořské řasy. Avšak hodnoty histaminu před smažením byly velice nízké (< 1 mg/kg). BA jsou termostabilní látky, proto mohou být jejich změny v množství vyvolané pouze jejich vyluhováním do vody. [30]

Obsah BA se tepelným ošetřením potravin nikterak významně nesnižuje, výjimku tvoří houby, u kterých je možné varem snížit množství BA až o 80 %. [2, 18]

3.3.3 Délka skladování

V obecné rovině lze konstatovat, že při delším skladování roste úměrně počtu dní i množství BA. [31]

Simon – Sarkadi *et al.* popsala změny obsahu BA během skladování čínského zelí, čekanky a ledového salátu. Zelenina byla skladována po dobu šesti dní při teplotě 5 °C. Během této doby se zvýšila pouze hodnota putrescinu (ze 2 µg/g na 16 µg/g) a to 3 - 8 krát od počátečního stavu, kdežto hodnoty sperminu a spermidinu se významně nezměnily. Histamin přítomný v čínském zelí ve velmi nízké koncentraci zůstal stabilní. Hodnoty BA v čínském zelí vzrostly ze 20 µg/g na 34 µg/g, u ledového salátu ze 14 µg/g na 24 µg/g, u čekanky z 19 µg/g na 26 µg/g. Autoři dospěli k závěru, že existuje pozitivní korelace mezi obsahem putrescinu a hygienickým stavem těchto surovin v případě působení čeledi *Enterobacteriaceae*. Tyramin také vykazoval mírný nárůst. [25]

3.3.4 Výrobní operace

Také použité technologické operace při výrobě potravin mají vliv na obsah BA v produktech. Jako příklad lze uvést pražení zelené kávy, při kterém došlo k eliminaci putrescinu a sperminu nebo ozařování korejské pasty ze sóji před fermentací, které výrazně potlačilo tvorbu putrescinu a snížilo i obsah spermidinu. [32]

3.3.5 Způsob balení

Používání obalů s modifikovanou atmosférou v kombinaci s nízkými skladovacími teplotami se běžně používá k prodloužení čerstvosti zeleniny a ovoce. I tento typ obalů může ovlivnit množství mikroorganismů za vzniku BA. Esti *et al.* sledoval obsah BA během dozrávání třešní a meruněk v modifikované atmosféře při teplotě skladování 0 °C. Zjistil, že po dvaceti dnech skladování se obsah BA – především putrescinu, snížil o 20 % ve srovnání s původní hodnotou. Možná z toho důvodu, že putrescin posloužil jako substrát pro vznik dalších polyaminů. Lavizzari *et al.* zaznamenal pokles histaminu v posledních dnech skladování. Autoři naznačili, že tento pokles by mohl být způsobený působením bakterií s diaminoxidázovou aktivitou, stejně jako vlivem hodnot pH, které dosáhly hodnot nad pH 8. Jiná studie oznámila úplnou degradaci histaminu ve vzorku špenátu (61 mg/kg) po třech týdnech skladování při 4 °C. [27, 33]

4 LEGISLATIVNÍ LIMITY PRO BIOGENNÍ AMINY

Toxické množství biogenních aminů a jejich přípustné limity v potravinách je velmi problematické stanovit, neboť záleží na mnoha faktorech. Dochází ke značnému kolísání těchto látek v potravinách, ale především záleží na individuálních rozdílech mezi lidmi. [6] Při hodnocení toxického účinku je tedy nutné zvažovat nejenom přítomnost konkrétního BA, ale i další vlivy, jakými jsou množství spotřebované potraviny, přítomnost jiných toxických látek apod. Z tohoto důvodu je velmi obtížné stanovit hranici toxicity biogenních aminů. [5]

4.1 Legislativa v Evropské unii

4.1.1 Nařízení Evropské komise (ES) č. 2073/2005

Specifická legislativa týkající se mikrobiálních kritérií pro biogenní aminy v potravinách je Nařízení Evropské komise (ES) č. 2073/2005, jakož i jeho pozměňovací návrh Nařízení Evropské komise (ES) č. 1441/2005. Nařízením se stanoví kritéria bezpečnosti potravin pro histamin ve dvou různých rybích produktech. První je pro druhy ryb rodů *Scrombridae*, *Clupeidae*, *Engraulidae*, *Coryphenidae*, *Pomatomidae*, a *Scromberesocidae* uváděné na trh během doby jejich údržnosti. Plán odběru vzorků obsahující 9 jednotek, z čehož dvě jednotky mohou být v rozmezí 100 - 200 mg/kg histaminu a žádná jednotka nad hodnotu 200 mg/kg. Nařízení se také vztahuje na produkty rybolovu zvláště u výše uvedených rodů ryb, které jsou ošetřeny enzymatickým zráním ve slaném nálevu a jsou uváděny na trh během doby jejich údržnosti. Plán odběru vzorků je 9 jednotek, z čehož dvě jednotky mohou být v rozmezí 200 - 400 mg/kg histaminu a žádná jednotka nad hranici 400 mg/kg. Pro oba tyto produkty je uvedena analytická metoda stanovení pomocí HPLC.

4.1.2 Codex Alimentarius

Standardy Codex Alimentarius pro ryby rodů *Clupeidae*, *Scrombridae*, *Scromberesocidae*, *Pomatomidae* a *Coryphaenidae* udávají limity pro histamin jako ukazatele kažení a ukazatele pro hygienu a manipulaci. V případě ukazatele pro kažení uvádí norma, že produkty nesmí překročit limit více než 10 mg/100 kg histaminu. Ve druhém případě není žádoucí překročení úrovně vyšší než 200 mg/kg. [34]

4.2 Legislativa v České republice

V České republice byly do roku 2004 dané legislativní limity pro vybrané biogenní aminy. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví 298/1997 Sb. uváděla nejvyšší přípustná množství histaminu pro ryby a rybí výrobky (200 mg/kg) a přípustné množství histaminu v pivu a vínu (20 mg/kg) a zároveň při-

pustná množství tyraminu v sýrech, vínu a v potravinách obecně. Také další v minulosti platná vyhláška vydaná Ministerstvem zdravotnictví 305/2004 Sb., která stanovovala přípustné množství histaminu v rybách a v rybích výrobcích, byla zrušená. V současné době je platný pouze hygienický limit pro histamin v rybách a výrobcích z ryb uvedený v Nařízení komise (ES) č. 2073/2005 o mikrobiologických kriteriích pro potraviny. Legislativa neurčuje deklarovat přítomnost biogenních aminů na obale. [35]

Pro ostatní BA nebyly v současnosti stanoveny hygienické limity, neboť jsou stanovitelné velmi obtížně vzhledem k individuálním dispozicím každého jedince. [36]

5 VÝSKYT BIOGENNÍCH AMINŮ V POTRAVINÁCH

Z hlediska způsobu vzniku BA v potravinách je vhodné rozdělit potraviny na fermentované a nefermentované potraviny. V nefermentovaných potravinách vznikají BA především činností hnilobných bakterií, zatímco ve fermentovaných potravinách má rozhodující vliv na vznik BA působení bakterií mléčného kvašení. [10]

Výskyt BA v potravinách je důležitým ukazatelem nejenom jejich čerstvosti a kvality, ale také ukazatelem jakosti vstupní suroviny, úrovně hygieny během výrobního procesu a skladování. Byl tedy stanoven index biogenních aminů pro maso a mořské plody (BAI). Čím vyšší je hodnota indexu biogenních aminů, tím je kvalita rybiho a jiného masa horší. [6]

$$\text{BAI} = (\text{histamin} + \text{putrescin} + \text{kadaverin}) / (1 + \text{spermin} + \text{spermidin}) \text{ (mg/kg)} \text{ [4]}$$

V nefermentovaných potravinách je považován výskyt BA nad určitou úroveň jako indikátor nežádoucí mikrobiální aktivity resp. kažení potravin. Hodnoty některých BA v průběhu kažení rostou (histamin, putrescin, kadaverin), hodnoty sperminu a spermidinu klesají. [2] Ovšem zvýšený nárůst mikroorganismů v kazící se potravine neznamena nutně přítomnost BA, neboť ne všechny mikroorganismy jsou dekarboxyláza pozitivní. [2, 17] Ve fermentovaných potravinách má rozhodující vliv na výskyt BA mikrobiální aktivita, tedy enzymová dekarboxylace odpovídajících aminokyselin. [18]

5.1 Nefermentované potraviny

Mezi nejvýznamnější potraviny z hlediska obsahu BA ze skupiny rostlinného původu patří zelenina, ovoce, šťávy a džusy, čokoláda a houby. Do skupiny nefermentovaných potravin živočišného původu se řadí ryby, maso a masné výrobky, mléko a mléčné výrobky. [17]

5.1.1 Ovoce a zelenina

Ovoce a zelenina jsou pestrým zdrojem velkého množství živin včetně vitamínů, minerálních látek, vlákniny, fytochemikálií a dalších biologicky aktivních složek. Volné BA vyskytující se v ovoci a zelenině vytvářejí typickou a charakteristickou chuť zralých plodů a jsou prekurzory některých aromatických sloučenin. [26]

Hlavním biogenním aminem v ovoci a zelenině bývá tyramin. V menším množství se vyskytuje řada dalších BA. Často se vyskytují konjugáty BA se skořicovými kyselinami nebo masnými kyselinami. V některých rostlinách se nacházejí ve významné koncentraci různé deriváty biogenních aminů, mezi které se řadí mezi protoalkaloidy (gramin u trav rodu lesknice, který může způsobovat otravy pasoucího se dobytka). [5]

Nejčastěji se vyskytujícím BA v pomerančích, v grepfruitech, citronech, malinách, mandarinkách, vinné révě, jahodách a v rybízu je putrescin. Průměrný obsah putrescinu je vyšší než 40 mg/kg. Vysoké hladiny putrescinu jsou stanoveny i v zelí a ve fermentovaných produktech ze sóji. Lilek, sladká kukuřice, zelené a fialové fazole, špenát, sojové boby, hrášek a kečup z rajčat měly ve studii provedené Sanchez *et al.* překvapivě vysoké hodnoty putrescinu, více než 200 mg/kg. [27]

Obecně je obtížně stanovitelné, do jaké míry je přítomnost putrescinu v potravinách rostlinného původu daná fyziologicky a kdy je výsledkem bakteriální aktivity. [37] Nízké hladiny putrescinu v rostlinách jsou zřejmě fyziologického původu, jelikož putrescin vyskytující se v rostlinách zaujímá různé funkce od procesu organogeneze až po ochranu rostliny před stresem. Na druhé straně může přítomnost putrescinu souviset s dekarboxylázovou aktivitou bakterií čeledi *Enterobacteriaceae* a *Clostridiaceae*. [38]

Putrescin byl nalezený v nejvyšších množstvích v pomerančích, mandarinkách, grapefruitu, banánech, plodu mučenky a v pistáciích. Rozmezí hodnot putrescinu v citrusových plodech se pohybovalo od nedetekovatelných hodnot až po hodnotu 200 mg/kg. [27] Jak uvádí Gonzalez-Aguilar *et al.* obsah putrescinu v mandarince vzrůstá v důsledku zvýšené mikrobiální činnosti po předchozím mechanickým poškození nebo v případě vyšší teploty v době sklizně ovoce. [39]

Studii, kterou provedl Preti *et al.*, dospěl k závěru, že přítomnost histaminu v grapefruitové, pomerančové a ananasové šťávě má původ v nedostatečné hygieně během zpracování nebo během skladování, neboť tento BA se v původním ovoci nenachází. [29]

Podle Kalače *et al.* je vysoké množství putrescinu ve zmrzlém hrášku způsobeno bakteriální aktivitou v období mezi sklizní a zmrazením nebo během rozmrazování. [40]

Toro-Funes *et al.* naznačil, že značné množství putrescinu v sojových klíčcích pochází z období klíčení, neboť tento BA působí jako růstový faktor. [37]

Méně běžným biogenním aminem vyskytujícím se v plodech amerických hořkých pomerančů (*Citrus aurantium*, rod Rutovité) je synefrin. [5]

Květák, brokolice a hrušky jsou potraviny s vysokým obsahem spermidinu (vyšším než 30 mg/kg). [32]

V rajčatech je detekovatelná skupina BA tyramin, tryptamin a histamin. Rajčata (do 17,1 mg/kg) a špenát (9,5 - 69,7 mg/kg) jsou zdrojem histaminu. Histamin se vyskytuje přirozeně v některých potravinách, což vysvětluje, proč byl nalezený téměř ve všech vzorcích špenátu a rajčat. [27]

Slupka i dužina banánů zahrnují množství katecholaminů (dopamin, serotonin, adrenalin a noradrenalin). Dále banány obsahují tyramin a tryptamin. Serotonin v dužině se pohybuje v rozmezí

od 8 - 50 µg/g. Dopamin se vyskytuje ve slupce v koncentraci od 80 - 560 mg/100 g a v dužině v rozmezí od 2,5 - do 10 mg/100 g. Antioxidační vlastnosti banánů jsou přičítány právě vyššímu obsahu dopaminu v dužině, ačkoliv se ukázalo, že slupka má ještě větší antioxidační schopnosti než dužina. Hnědnutí banánů způsobují BA dopamin a noradrenalin. [41, 42] V banánech byl prokázán i obsah kadaverinu, Nishimura *et al.* uvádí průměrné hodnoty kadaverinu pouze ze dvou vzorků (11 mg/kg a 22 mg/kg). [43]

V plodech tropického ovoce (ananas, papája, mango, plod mučenky a guáva) jsou nalezeny v různých koncentracích tyto BA: spermin, spermidin, putrescin, serotonin a agmatin. Celkové rozmezí BA se značně liší od 0,77 mg/100 g v mangu až do 7,53 mg/100 g v plodu mučenky. Lze říci, že u každého ovoce je detekován spermidin. Agmatin je nalezen ve vzorcích ananasu, papáje a mučenky. V ananase, mučence a papáji (0,99 mg/100 g) je přítomen také serotonin. Mango a guáva obsahují ve vyšších koncentracích pouze spermin, v nízkých koncentracích i spermidin a putrescin. Plod mučenky je hlavním zdrojem sperminu (3,05 mg/100 g) a spermidinu (2,43 mg/100 g). Z dalších BA je možné nalézt v exotickém ovoci serotonin a agmatin v ananase, papáji a opět v plodech mučenky. Agmatin je BA, který je distribuován do tkání, především do žaludku, ale je také přítomen v míše, což naznačuje, že plní funkci endogenního modulátoru regulace bolesti tzv. neuromodulátoru. [7] Lze říci, že vzhledem k rozmanitosti BA v těchto druzích ovoce nabízí jeho konzumace uspokojení různých nutričních potřeb konzumenta. [44]

Kalač *et al.*, který cituje studii Zieglera *et al.*, uvádí, že část polyaminů při vaření přechází do vody. Stává se, že se 20 - 25 % putrescinu přítomného v brokolici a v celeru vyluhuje do vody, u květáku a chřestu je toto číslo ještě vyšší, až 40 % putrescinu. Co se týká spermidinu, i ten uniká do vody při vaření brokolice a celeru ve výši 10 - 20 %, zatímco z květáku a z chřestu se vyluhovává 20 - 30 % spermidinu. [32]

V lilku se vyskytují putrescin, spermidin a histamin (4,2 - 100,6 mg/kg). [45] Dle studie Kumar *et al.*, kterou cituje Sánchez-Peres *et al.* existuje závislost mezi množstvím histaminu v různých odrůdách lilku. [27] Vzorky rajčat, lilku, špenátu mangoldu a chřestu obsahovaly také tyramin (< 10 mg/kg). Ačkoliv je velmi málo informací o původu tyraminu v nefermentované zelenině, zdá se, že jeho přítomnost je spojená s mikrobiální aktivitou bakterií rodu *Enterococcus*. [27]

Lima *et al.* se zabýval množstvím polyaminů (putrescinu, sperminu a spermidinu) v rostlinách, které byly pěstované způsoby konvenčního zemědělství versus ekologického zemědělství. Měřil obsah polyaminů ve slupce (cukety, banánu, brambor, lilku, pomeranče, limetky, manga, ředkve a plodu mučenky), v listech (kapusty, ředkve, manioku, mrkve, kapusty, brokolice) a v semenech cukety. Z výsledků bylo zřejmé, že plodiny pěstované v ekologickém zemědělství obsahovaly více polyami-

nů, než z konvenčního zemědělství z důvodu jejich delší životnosti. Obecně však platí, že polyaminy jsou považovány za možné inhibitory stárnutí a během zrání dokonce některé z nich klesají. Jejich obsah v plodině velice závisí na době sklizně plodiny. [46]

V případě chřestu, dýně a mangoldu byl nalezen histamin pouze v několika vzorcích a ve velmi nízkých hladinách (< 2 mg/kg). [27] Přítomnost vysokého množství histaminu v rostlinných produktech by mohla být spojená s nežádoucí mikrobiální aktivitou. Lavizzari *et al.* připsal vysoký obsah histaminu v rostlinných potravinách aktivitě kontaminujících bakterií čeledi *Enterobacteriaceae* a *Pseudomonadaceae* při nesprávnému způsobu skladování. [33]

V ananasu není serotonin rozložený stejnoměrně. Nejméně se ho nachází v dužnině ananasu, naopak nejvíce se vyskytuje na slupce. Zráním ananasu se obsah serotoninu snižuje, ačkoliv pro ostatní druhy (rajčata) je zřejmý opak. Syntéza serotoninu je úzce spojená se zráním a procesem stárnutí ovoce. [47]

Hodnota melatoninu v třešních u odrůd Hongdeng a Rainer byla nejvyšší v brzkých ranních hodinách a pozdě odpoledne, což koreluje s intenzitou světla. Podobný vztah obsahu melatoninu a denní doby představuje odrůda jablek Red Fuji jak uvádí Lei *et al.* [47, 48]

Rajčata, jahody, třešně a granátová jablka odrůd Wonderful, Mollar de Elche a Coupage jsou zdrojem melatoninu. [49]

Avokádo je ovoce bohaté na přítomnost tyraminu a histaminu (23 mg/kg). Švestky obsahovaly také tyramin a histamin. [50]

Ve zmrazeném špenátovém pyré byla naměřená koncentrace histaminu pod detekční hranici 2,1 mg/kg a maximálně v jednom vzorku špenátového pyré dosahovala hodnoty 18,0 mg/kg. Srovnáním výsledků této studie, kterou provedl Kalač *et al.* se studií provedenou Haberlem a Smithem a která je Kalačem citována, hodnoty histaminu ve špenátovém pyré ležely v rozmezí 36 - 400 mg/kg. Vzorek zmrazeného zeleného hrášku vykazoval maximální hodnotu spermidinu (46,6 mg/kg). Koncentrace kadaverinu, sperminu ve zmrazeném špenátovém pyré, zmrazeném zeleném hrášku byly pod detekčními limity, neměly by tedy pro spotřebitele představovat zdravotní riziko. [40]

Hodnoty kadaverinu byly zjištěny ve velmi nízké koncentraci (< 8 mg/kg) v několika druzích zeleniny a luštěnin. Hodnoty kadaverinu uváděné podle Nishimury *et al.* u cibule (29 mg/kg) byly výjimkou. [27, 43]

Binh *et al.* uvádí, že koncentrace putrescinu v asijských potravinách byly nejvyšší u kukuřice, citrusových plodů, hrachu a fazolí. [51] Hunter *et al.* cituje studii, kterou provedl Farriol *et al.*, ta se

zabývá obsahem polyaminů v kukuřici, hrachu a bramborech. Tato studie prokázala, že zmíněné plodiny jsou bohaté zdroje putrescinu a navíc i spermidinu. Hrách mimo jiné obsahuje i spermin. [52]

Hrušky obsahují relativně vysoké množství putrescinu a spermidinu. [52]

5.1.2 Potraviny živočišného původu

V plnotučném a polotučném kravském mléce lze nalézt pouze nízké koncentrace BA - sperminu, spermidinu a putrescinu. Čerstvé mléko obvykle obsahuje velmi nízké hodnoty histaminu, zatímco mléko pasterované a mléko ošetřené vysokou teplotou vykazuje jeho vyšší hodnoty. Nízká úroveň histaminu v potravinách je ukazatelem jejich čerstvosti a způsobů správného skladování. Avšak přítomnost histaminu nemá vliv na organoleptické vlastnosti potraviny a dokonce ani vysoké koncentrace neovlivňují svou přítomností její chuť. [17, 31]

Samotná tvorba BA v masě záleží především na kvalitě a čerstvosti původní suroviny, na hygienickém zacházení se surovinou a především na podmínkách během skladování (na teplotě a hygieně produktů). [17, 18] V čerstvém i zpracovaném vepřovém masě zaujímají nejvyšší koncentrace adrenalin, spermin, spermidin, zatímco hodnoty putrescinu, histaminu, tyraminu a kadaverinu jsou nízké. [14] V hovězím masě byl zjištěn též histamin a kadaverin, který se v hovězím masě vyskytuje z důvodu předešlé kontaminace mikroorganismy z čeledi *Enterobacteriaceae*. [4]

Průměrný obsah histaminu ve svalovině čeledi *Scrombridae* se pohybuje v rozmezí od 1 - 15 mg/100 g. Na zvýšení obsahu histaminu v rybách má veliký vliv následná teplota při skladování. [2] V nesprávně skladovaném produktu může obsah histaminu přesáhnout i 100 mg/100 g. [6] Po požití produktu, který obsahuje histamin v nadlimitním množství dochází k otravě histaminem. Mimořádně bohaté na histamin jsou také sušené, marinované a nasolené ryby, neboť dlouhý výrobní proces poskytuje velkému množství histidinu dostatek času pro přeměnu na histamin. Z dalších biogenních aminů, které se vyskytují v mořských rybách lze jmenovat putrescin, kadaverin, tyramin, spermin a spermidin. [2]

Mezi další nefermentované potraviny, které se považují za zdroj BA lze zařadit kakaové boby. Jejich přirozenou součástí je 2-fenylethylamin, který se tak vyskytuje i v čokoládě, v čokoládových výrobcích a v cukrovinkách obsahujících čokoládu. 2-fenylethylamin se vyskytuje ve vysokých koncentracích i v některých druzích hub. I konzervované houby obsahují BA a to tyramin, putrescin a 2-fenylethylamin. Také v bílém a černém pepři i v sojové omáčce lze zjistit biogenní aminy, konkrétně přítomnost pyrrolidinu. [2, 31]

5.2 Fermentované potraviny

Nejvýznamnější skupinou potravin z hlediska výskytu BA je fermentovaná zelenina, sýry, fermentované masné výrobky (fermentované salámy) a alkoholické nápoje (pivo a víno). [17]

5.2.1 Fermentovaná zelenina

Obzvláště rizikovou se fermentovaná zelenina stává ve chvíli, kdy je produkována spontánní fermentací. V kyselém zelí lze očekávat putrescin, který se koncentruje v solném láku. Výroba kyselého zelí je rozdělena do několika výrobních částí, z nichž každá je ovlivněna aktivitou jiného mikroorganismu. *Leuconostoc mesenteroides* vyprodukuje přibližně 250 mg/kg putrescinu. *Lactobacillus sp.* produkuje putrescin a tyramin. Histamin je vytvářen *Pediococcus cerevisiae*. Sojové fermentované boby, ze kterých se vyrábí tradiční japonská polotuhá pasta miso, obsahují tyramin a histamin. Oproti tomu japonská nakládaná zelenina kimchi se vyznačuje nízkými koncentracemi tyraminu. [2, 4]

5.2.2 Potraviny živočišného původu

Zatímco v mléce je koncentrace BA nepatrná, sýry představují vhodný substrát pro výskyt BA. A to nejenom z důvodu existence vysoké koncentrace bílkovin a volných aminokyselin v sýrech, ale i z důvodu přítomnosti proteáz kontaminující mikroflóry a dlouhé doby zrání sýrů. Vyšší obsah histaminu a tyraminu se nachází v sýrech zrajících pod mazem – typu tvarůžků nebo romaduru a dále v sýrech poloměkkých a plísňových. Dále je možné nalézt v sýrech putrescin, tryptamin, kadaverin a 2-fenyethylamin. [2, 10, 17]

Výskyt BA ve fermentovaných salámech závisí především na vhodném výběru bakteriální startovací kultury. Její správné použití má za následek výskyt mnohem nižších množství BA, než pokud je za fermentaci zodpovědná přirozená mikroflóra. [17] Ve fermentovaných masných výrobcích se po době zrání nacházejí tyramin (100 mg/kg) a histamin a spermin. [14, 2]

6 FYZIOLOGICKÉ FUNKCE A TOXIKOLOGICKÉ ÚČINKY BIOGENNÍCH AMINŮ NA ORGANIZMUS

6.1 Histamin

6.1.1 Účinky a toxicita

Histamin je jeden z mediátorů zánětlivé a alergické reakce kůže a dýchacích cest. V CNS působí jako neurotransmitter. Tvoří se v žírných buňkách, v bazofilních leukocytech, v enterochromafinních buňkách žaludku a v histaminergních neuronech centrální nervové soustavy. Stimuluje žaludeční sekreci kyseliny chlorovodíkové, podílí se na řízení mozkových funkcí (spánek a bdění, paměť a učení), kontroluje chemotaxi v žírných buňkách a v bílých krvinkách a vyvolává bronchokonstrikci hladkých svalů, vazokonstrikci nebo vazodilataci malých cév a zvýšení jejich permeability. [18, 53, 9, 54]

Scombroidní otrava

Otrava nastává po požití potravy bohaté na histamin. Jedná se především o konzumaci ryb z čeledi *Scombridae* – makrely, tuňák, sajry, ale i jiné ryby nepatřící do této čeledi – sardinky, ančovičky, sledi a marlín. Příznaky scrombroid intoxikace se mohou projevit během několika minut nebo až do jedné hodiny po požití potravy. [7] Zahrnují kožní projevy jako je vyrážka, kopřivka, edém a lokalizovaný zánět. Postižení GIT je charakterizováno nevolnostmi, průjmem, břišními křečemi. Dalšími příznaky otravy jsou silné bolesti hlavy, hypotenze, zarudnutí, brnění končetin, těžké dýchání, a bronchospasmus, tachykardie, dilatace hladké svaloviny periferních krevních cév. Nebyly popsány žádné otravy histaminem po konzumaci piva. Pokud se tvorbě histaminu nezabrání, ze surovin, produktů i finálních výrobků je histamin prakticky neodstranitelný a to především v důsledku jeho termostability. Jeho obsah roste s rostoucí teplotou ve skladovaných produktech. [19, 6, 55]

Histaminová intolerance

Množství histaminu, které může vyvolat u citlivých jedinců zdravotní obtíže nelze jednoznačně určit. Někteří lidé mají nízkou hladinu DAO a HNMT, potom se hovoří o histaminové intoleranci. Jedná se o pseudoalergickou reakci. Mezi příznaky patří silná bolest hlavy, bolesti břicha, svědivé vyrážky a kopřivka, ekzém, průjem a zvracení, astma, rýma, hypertenzní krize, teplota, ale i úzkost a dokonce záchvaty paniky, poruchy menstruačního cyklu. Pro někoho tím může být již 15 µg histaminu, pro jiného pacienta i dvojnásobné množství. Léčba histaminové intolerance spočívá v eliminační dietě. Při nízko-histaminové dietě je doporučováno volit takové potraviny, které patří mezi méně rizikové a tím mohou být veškeré obiloviny (lepkové i bezlepkové), kořenová zelenina, bram-

bory, luštěniny (hrách a fazole), jablka, hrušky, nepřežralé banány a čerstvé maso (kromě kuřecího masa). [55,56]

6.2 Tyramin

6.2.1 Účinky a toxicita

Jedná se o biogenní amin působící nepřímo na uvolnění noradrenalinu ze sympatiku, který následně vyvolá periferní vazokonstrikci, tachykardii a zvýšení krevního tlaku. Mezi další nežádoucí účinky způsobené tyraminem patří zvýšená hladina krevního cukru, rozšířené zorničky, zvýšená lakrimace a salivace. [26]

Hypertenzní krize

Tyramin ochotně reaguje s inhibitory monoaminoxidáz (MAO), což může vyvolat hypertenzní krizi. Jedná se o velmi častý jev u pacientů léčených inhibitory MAO a zároveň konzumujících potraviny bohaté na tyramin – některé druhy uzrálých sýrů (čedar, sýr Wensleydale, Cheshire, Caerphilly), pivo, víno, zelí, avokádo a bob obecný. Mezi MAO inhibitory náleží některé léky proti bolesti, léky používané k léčbě deprese a stresu, léky na Parkinsonovu chorobu a látky známé jako efedrin, pseudoefedrin a fenylpropanolamin, vyskytující se u několika dekonjestantů a v lécích proti kašli. [57] Hypertenzní krize se může projevit silnou bolestí hlavy, bušením srdce, subarachnoidním a intrakraniálním krvácením, srdeční arytmií, plicním edémem, vznikem hemoragií nebo dokonce srdečním selháním. K léčbě hypertenzní krize se využívají prostředky na snížení krevního tlaku jako fenolamin nebo blokátory kalciového kanálu. [18]

6.3 Serotonin

6.3.1 Účinky a toxicita

Serotonin je strukturně blízký tryptaminu, který vzniká z tryptofanu. [9] Serotonin je lokální tkáňový hormon s komplexním působením na kardiovaskulární systém. Serotonin je schopen vyvolat na různých místech prostřednictvím mnoha receptorových subtypů různé, částečně i protichůdné účinky. Vazokonstrikčně účinkuje na hladkou svalovinu cév, snižuje krevní tlak. Zvyšuje střevní motilitu a sekreci enterální tekutiny v gastrointestinálním traktu. [53, 3] Snižuje riziko trombózy. Serotonin je přeměňován v epifyze pomocí enzymů na melatonin. Melatonin patří k látkám, které mají schopnost v závislosti na době užití fázově posunout cirkadiánní rytmy. Mimo jiné stimuluje aktivitu antioxidantních enzymů a reguluje metabolismus kostí. [9, 58]

6.4 Katechoaminy (dopamin, noradrenalin, adrenalin)

6.4.1 Účinky a toxicita

Dekarboxylací DOPA (3,4-dihydrofenylalanin) vzniká dopamin. Z něj dalšími přeměnami vznikají hormony dřeně nadledvin noradrenalin a adrenalin. Dopamin se vyskytuje v sympatických neuronech a ve dřeni nadledvin. V centrální nervové soustavě působí jako přenašeč vzruchů, ve čtvrté mozkové komoře v oblasti zvané area postrema zprostředkovává dráždění ke zvracení a v předním laloku hypofýzy inhibuje uvolňování prolaktinu. Možnost využití dopaminu při léčbě neurodegenerativních chorob. [53, 59]

V rostlinách katecholaminy plní ochrannou úlohu před škodlivým hmyzem a před potencionálním zraněním. Bylo prokázáno, že podporují růst rostlinných tkání a kvetení. Vykazují synergické působení s rostlinnými fytohormony. [60]

6.5 2-Fenylethylaminy

6.5.1 Účinky a toxicita

Syntetické a rostlinné deriváty 2-fenylethylaminu jsou fenethylaminy. Jejich společným znakem je výrazný centrálně stimulační účinek a snadný vznik psychické závislosti. Efedrin patří mezi rostlinné deriváty (*Efedra vulgaris*). Sůl efedrinu se společně s kyselinou chlorovodíkovou se používá k dekongenci nosní sliznice. Pseudoefedrin tvoří součást přípravků proti chřipce a alergické rýmě. Amfetamin je syntetická látka s výraznými stimulačními účinky. Methamfetamin je nelegální stimulační droga vyráběná z efedrinu a pseudoefedrinu. 2-fenylethylamin při vysokém příjmu může způsobit bolesti hlavy až migrénu a zvýšený krevní tlak. [9]

6.6 Polyaminy

6.6.1 Účinky na člověka

Pool polyaminů v těle člověka je možné udržovat třemi mechanismy a to endogenní syntézou, syntézou de novo nebo příjmem vhodné potravy. S věkem klesá v některých orgánech (v mozku, ledvinách, slezině a slinivce břišní) obsah polyaminů, proto je žádoucí u starších osob udržovat v organizmu stabilní hladinu polyaminů. Větší množství polyaminů je možné přijímat spíše potravou, než využitím syntézy. Polyaminy mají důležitou roli při regulaci buněčného růstu, při stabilizaci negativních nábojů kyseliny deoxyribonukleové (DNA) a při regulaci imunitní odpovědi. Zjistilo se, že jejich množství roste se zvýšenou intenzitou dělení buněk (v hojících se ranách) a zároveň je prokázáno, že zvýšené množství polyaminů může negativně souviset s vyšší proliferací buněk,

stejně jako s expresí genů ovlivňujících invazi nádorů a metastáz. [61, 10] Vysoká koncentrace putrescinu je spojována s podporou růstu nádorových buněk v tlustém střevě. [62]

V průběhu prvního roku života dětí může souviset příjem polyaminů mateřským mlékem s prevencí proti potravinové alergii. [63] Odhadovaný denní příjem polyaminů v severní Evropě se pohybuje v rozmezí mezi 250 - 500 $\mu\text{mol}/\text{den}$. Ve srovnání s oblastí Středomoří, kde se denní příjem pohybuje až okolo 700 $\mu\text{mol}/\text{den}$. Tento rozdíl v příjmu by mohl korelovat se sníženým výskytem kardi-ovaskulárních onemocnění právě v oblasti Středozemního moře. [61]

Putrescin, kadaverin a spermidin mohou působit v organismu jako volné radikály mající negativní vliv na zdraví jedince. [4] U člověka souvisí výskyt kadaverinu ve slinách s parodontálním onemocněním nebo s chronickým zápachem z úst (halitóza). [7]

6.6.2 Polyaminy v rostlinách

Polyaminy vyskytující se v rostlinách zde plní různorodé funkce. Jsou zapojeny do fyziologických procesů zahrnující organogenezi, embryogenezi, předčasný opad listů, buněčné dělení a diferenciaci, účastní se syntézy nukleových kyselin a proteinů, poskytují odpověď na osmotický a tepelný stres rostliny, účastní se procesů kvetení i stárnutí. [26] Další funkcí polyaminů je účast na zrání ovoce a na růstu pylové láčky. [64] Ve Spojených státech amerických se využívají vlastnosti polyaminů k prodloužení doby trvanlivosti ovoce a zeleniny. [26]

Flores *et al.* uvádí zvýšení množství polyaminů v rostlině, jakožto odpověď na různé typy stresových faktorů. Studované rostliny možná trpěly nějakým druhem poškozením a to buď způsobeným patogeny nebo mechanickým působením. [65]

Studie, kterou provedl Bal prokázala, že použití putrescinu (1mM) v kombinaci s ultrazvukovým ošetřením (32 kHz/10 min.) broskví má vliv na zlepšení jejich kvalitativních vlastností jako je minimální ztráta hmotnosti během doby skladování, zpomalení procesu dozrávání a tím prodloužení životnosti broskví a získání větší odolnosti vůči chorobám a větší pevnosti ovoce. Tato metoda ošetření lze s úspěchem aplikovat i na citrony, meruňky, třešně, jahody a švestky. [66]

6.7 Toxikologické působení biogenních aminů

Nízké hodnoty BA se nepovažují za rizikové, ale konzumace takové potraviny v nadměrném množství již může vyvolat výrazné fyziologické a dokonce toxické účinky na organismus. [23] Nelze s přesností určit obecné rozmezí toxického působení BA na metabolismus, což je to dáno faktem, že každý metabolismus je zcela individuální. [6]

Toxická dávka histaminu pro jedince vnímavé je zhruba 10 mg/kg a pro ostatní jedince je to 70 - 100 mg/kg histaminu. [6]

Toxická dávka tyraminu pro zdravé jedince je 10 mg/kg, zatímco pro pacienty léčené inhibitory MAO to může být již 6 mg/kg. [7]

Toxické množství 2-fenylethylaminu je 30 mg/kg. [25]

Ke zjištění akutní orální toxicity jednotlivých polyaminů byly použity vyšlechtěné laboratorní krysy typu Wistar a zjistilo se, že pro putrescin se jedná o hodnotu 2000 mg/kg, pro spermidin 600 mg/kg a pro spermin 600 mg/kg. Takový extrémní příjem polyaminů však nelze potravou předpokládat. [32]

BA mezi sebou vykazují synergické působení, což znamená, že výsledný účinek současně působících biogenních aminů je větší, než souhrn účinků jednotlivých BA. Nejenom putrescin a kadaverin inhibují působení deaminooxidázy a zvyšují tak toxické působení histaminu, ale i anserin, karnosin, agmatin a tyramin účinkují podobně. [2, 7]

Stanovené množství pro tyramin, kadaverin a putrescin, které nezpůsobí nežádoucí účinky je 180 mg/kg za den. Pro spermidin 83 mg/kg/den a pro spermin 19 mg/kg/den. [7]

Do budoucna je třeba provedení více studií zaměřujících se na určení toxických hladin pro další BA. [7]

7 DEGRADACE BIOGENNÍCH AMINŮ

Systém degradace BA tvoří specifické enzymy aminooxidázy s prostetickou skupinou FAD (flavinadenindinukleotid). Nejdůležitějšími enzymy jsou mitochondriální monoaminooxidázy (MAO), diaminooxidázy (DAO) a polyaminooxidázy (PAO), které katalyzují oxidační deaminaci, při níž dochází k přeměně BA na aldehydy, přičemž se uvolňuje amoniak a peroxid vodíku. MAO odbourávají především aromatické monoaminy. Jsou součástí nejenom střevního epitelu (tenkého střeva a vzestupného tračníku), ale jsou exprimovány i v játrech, ve slezině, ledvinách, mozku a v plicích. DAO odbourávají především diaminy (putrescin, kadaverin). Největší aktivitu vykazují nejenom ve střevě a v ledvinách, ale i v placentě. PAO odbourávají polyaminy, ale také monoaminy a diaminy. Při běžném příjmu BA potravou jsou aminooxidázy schopny detoxikace biogenních aminů z organismu. Při příjmu BA ve vysokých dávkách není tento systém schopný eliminace BA. Lidé s poruchami funkce gastrointestinálního traktu jsou ohroženi, neboť aktivita enzymů aminooxidáz ve střevech je nižší, než u zdravých jedinců. Poruchy gastrointestinálního traktu mohou být způsobeny genetickými chorobami gastrointestinálního traktu, zánětlivým nespecifickým onemocněním trávicího traktu (Crohnovou chorobou), inhibicí aktivity aminooxidáz z důvodu působení sekundárních účinků léčivých přípravků. Na degradaci působí negativně i konzumace alkoholu a užívání některých léků (mukolytika, psychofarmaka, antihistaminika). Také kouření snižuje činnost aminooxidáz až o 40 %. Pokud je detoxikační systém neúčinný, BA se kumulují v organismu a mohou se snadno vstřebat do krevního systému, což vede následně k rozvoji toxických účinků. [2, 10, 15, 31, 67, 34]

U polyaminů nastává degradace acetylací, kterou zprostředkovává působením koenzymu A enzym polyamin N-acetyl-transferáza a dalšímu štěpení polyaminů nastává prostřednictvím PAO. [63]

Za degradaci histaminu jsou zodpovědné dva enzymy – histamin-N-methyltransferáza (HNMT), která způsobí demethylaci histaminu a diaminooxidáza (DAO), která histamin inaktivuje mechanismy oxidační deaminace. Enzym diaminooxidáza štěpí jak histamin endogenní, tak histamin přijatý z potravy bohaté na histamin. Degradace histaminu probíhá ve střevě, pravděpodobně působením bakteriálních enzymů, které převedou histamin na jeho inaktivní formu acetylhistamin. Degradabilita acetylhistaminu probíhá methylací v ledvinách a následně je vyloučen močí. Putrescin a kadaverin ovlivňují toxicitu histaminu, jelikož inhibují funkci DAO a NHMT. [55]

8 VYUŽÍVANÉ METODY KE STANOVENÍ BIOGENNÍCH AMINŮ

Existují dva důvody pro stanovení BA v potravinách. Prvním z nich je jejich potenciální toxicita a druhým je možnost jejich použití jako ukazatele stupně čerstvosti nebo kažení potravin. Bylo vyvinuto několik použitelných metod k určení BA.

8.1 Analytické metody stanovení biogenních aminů

Analytické metody použité pro kvantifikaci biogenních aminů se zakládají především na chromatografických metodách, z nichž lze jmenovat chromatografii na tenké vrstvě, plynovou chromatografii, kapilární elektroforézu a vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii (HPLC). Nejčastěji se používá pro analýzu BA metoda HPLC. Většina metod používá fluorimetrickou detekci s předkolonovou nebo postkolonovou derivatizační technikou. Z analytického hlediska není jednoduché stanovit BA v potravinách, jelikož tyto látky mají různou chemickou strukturu a jejich koncentrace jsou často nízké s variabilním množstvím. [68, 69]

8.1.1 Chromatografické metody

Chromatografické metody jsou obecně založené na extrakci a derivatizaci, s následnou separací vzorku a kvantifikací. Jelikož vzorek obsahuje nejenom biogenní aminy, ale i další látky, které mohou se vzájemně ovlivňovat, je třeba provést extrakci vzorku. Při extrakci pevné matrice se používají různá organická rozpouštědla jako kyselina chlorovodíková, kyselina chloristá, kyselina trichloroctová nebo kyselina metansulfonová. Následujícím krokem je derivatizace potřebná pro zvýšení absorpance a v důsledku toho se zvyšuje citlivost detekce a selektivita. Nejčastěji používaná činidla k derivatizaci jsou dansyl-, benzoyl-, dibsylechlorid, fluorescein a orto-ftalaldehyd, 9-fluorenylmethylchlorformiát (FMOC), naftalen 2,3-dikarboxaldehyd a další. K detekci se užívají fluorescenční detektory, elektrochemické nebo UV detektory. Vyhodnocení se provádí pomocí zapsavačů nebo vhodným počítačovým softwarem. [70, 69]

K efektivní analýze BA je možné využít i spojení HPLC a kapilární elektroforézy. Mezi další separační techniku, kterou je možné využít k detekci BA s nízkými náklady a jednoduchým provedením, patří tenkovrstevná chromatografie. [71, 7]

Vzhledem k tomu, že BA patří mezi látky s nízkou těkavostí a s nedostatkem chromoforů pro absorpaci elektromagnetického záření, je třeba před stanovením používat derivatizaci. Existují i metody, u kterých není třeba derivatizaci provádět, například při použití HPLC s konduktometrickým detektorem, kapilární elektroforézy s amperometrickou detekcí nebo při použití kapilární elektroforézy s elektrochemiluminiscencí. [71]

Kromě separačních technik lze použít i enzymovou imunochemickou metodu (ELISA). Výhodou imunologických metod je jejich rychlost a mnohem jednodušší provedení ve srovnání s vysoce účinnou kapalinovou chromatografií. [2] Pokroky ve vývoji analytických metod umožnily pro stanovení BA jako další z možností aplikovat metodu průtokové vstříkovací analýzy (FIA) a její modifikaci využívající biosenzorů. [16]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovení přítomnosti a zjištění množství vybraných biogenních aminů v různých druzích ovoce, zeleniny a brambor získaných z běžné obchodní sítě. Jmenovitě se jedná o 2-fenylethylamin, putrescin, kadaverin, histamin, tyramin, spermidin a spermin. V návaznosti na získaných výsledcích bylo provedeno vyhodnocení výskytu jednotlivých biogenních aminů ve vzorcích a vzájemné porovnání vzorků jednotlivých odrůd s ohledem na rozdíly ve výskytu biogenních aminů a také zhodnocení výskytu BA ve slupce či dužnině u vybraných vzorků.

10 MATERIÁL A METODIKA

10.1 Materiál

V rámci experimentu byly analyzovány vzorky různých odrůd ovoce, zeleniny a brambor. Vzorky byly zakoupeny v obchodní síti a do okamžiku zpracování skladovány v chladničce v rozmezí teploty 0 - 8 °C. Pro vlastní vyhodnocení byly vzorky rozděleny na skupinu ovoce a zeleniny.

10.2 Metodika a příprava vzorků

10.2.1 Extrakce biogenních aminů

Před samotným stanovením biogenních aminů byly vzorky zlyofilizovány. Vzorek byl navážen (15 - 20 g) do hliníkového kelímku, který byl na 48 hodin umístěn do mrazicího boxu o teplotě -18 °C (Electrolux ECM 3855, Švédsko) a následně zlyofilizován (ALPHA 1-4 LSC, CHRIST, Německo). Po lyofilizaci byly vzorky dezintegrovány a 1 g lyofilizátu byl navážen (analytická váha LAG 214i, VWR International s. r. o., Itálie) do centrifugačních zkumavek. K navážce bylo přidáno 10 ml kyseliny chloristé $c = 0,6 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Zkumavky byly umístěny do laboratorní třepačky (Promax 1020, Heidolph, Německo) na dobu 40 min, poté byly odstředěny na odstředivce (odstředivka EBA 21, Hettich ZENTRIFUGEN, Germany) při 6000 g, po dobu 10 min. Supernatant byl převeden do 25 ml odměrné baňky a sediment resuspendován dalšími 7 ml kyseliny chloristé $c = 0,6 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Postup extrakce byl opakován a oba supernatanty byly převedeny do 25 ml odměrné baňky, která byla kyselinou chloristou doplněna po rysku. Vzorek byl následně přefiltrován přes papírový filtr a napipetován do eppendorfových zkumavek a umístěn do mrazicího boxu. Upraveno dle Buňková *et al.* a Dadáková *et al.* [72, 73]

10.2.2 Derivatizace a HPLC

Další krok přípravy vzorků zahrnoval provedení derivatizace vzorků pomocí dansylchloridu (Sigma-Aldrich, Švýcarsko). Derivatizace byla upravena a provedena podle Buňková *et al.* a Dadáková *et al.* a. [72, 73]

Do derivatizační nádoby bylo napipetováno 100 μl vnitřního standardu 1,7-diaminoheptanu (Sigma-Aldrich, Německo) v koncentraci 500 mg/l. K němu byl přidán 1 ml vzorku. Dále byl přidán 1,5 ml karbonátového pufru s pH 11,0 - 11,1 a 2 ml čerstvě připraveného roztoku dansylchloridu (Sigma-Aldrich, Švýcarsko) v acetonu (Sigma-Aldrich, Izrael) o koncentraci 5 g/l. Nádoby byly uzavřeny a nechaly se třepat (laboratorní třepačka LT2, Kavalier a.s., ČR) 20 hodin v temnu. Po uplynutí této doby bylo přidáno 200 μl prolinu (Merck, Japonsko) a nádoby

byly opět uzavřeny a třepány 1 hodinu. Poté byly přidány 3 ml heptanu (Sigma-Aldrich, Německo) a následovalo tří minutové ruční třepání. Z heptanové vrstvy byl odpipetován 1 ml do vialky a odpařen při teplotě 60 °C do sucha pod proudem dusíku (koncentrátor dusíku LabEva, Model NK200-1B, Labicom s.r.o., ČR). Suchý odparek byl zředěn 1,5 ml acetonitrilu (Honeywell, Izrael) a uchováván v mrazicím boxu při teplotě -18 °C do doby analýzy. Bezprostředně před analýzou byly vzorky přefiltrovány přes stříkačkový filtr s porozitou 0,22 μm. Biogenní aminy byly stanoveny pomocí kapalinové chromatografie s předkolonovou derivatizací dalsylchloridem a UV detekcí ($\lambda = 254$ nm). Analýza biogenních aminů byla provedena pomocí vysoceúčinného kapalinového chromatografu (Dionex HPLC UltiMate 3000, Německo). Separace byla provedena na koloně Agilent Zorbax Eclipse C18 s parametry 50 x 3,0 mm, 1,8 μm (Agilent, Paolo Alto, USA) při teplotě 30 °C.

11 VÝSLEDKY A DISKUZE

Biogenní aminy analyzované ve vzorcích ovoce, zeleniny a brambor jsou uvedeny v tabulkách č. 2, 3, 4. Celkový obsah biogenních aminů u vzorků ovoce se pohyboval v rozmezí pro fenylethylamin 0,1 - 20,4 mg/kg, pro putrescin 0,5 - 249,0 mg/kg, pro kadaverin 0,1 - 9,4 mg/kg, pro histamin 0,1 - 11,0 mg/kg, pro tyramin 0,7 - 32,5 mg/kg, pro spermidin 0,1 - 11,0 mg/kg a pro spermin 0,2 - 34,9 mg/kg.

11.1.1 Obsah biogenních aminů ve vzorcích ovoce

Putrescin

Nejvyšší obsah putrescinu byl zaznamenán u citrusů, konkrétně u vzorku mandarinky odrůdy Satsumas $259,0 \pm 2,2$ mg/kg, další vysoké koncentrace byly stanoveny u pomeranče odrůdy Navel $206,4 \pm 16,5$ mg/kg a u grepu červeného $105,8 \pm 4,1$ mg/kg. Existují také rozdíly v množství putrescinu mezi jednotlivými odrůdami citrusů. Mandarinka (Satsumas) měla hodnotu PUT $259,0 \pm 2,2$ mg/kg, zatímco mandarinka (Orri) obsahovala PUT $21,1 \pm 1,5$ mg/kg. Gonzalez-Aguilar *et al.* udává, že v mandarinkách může v důsledku mechanického poškození docházet k mikrobiální kontaminaci a následné dekarboxylázové aktivitě s následným růstem obsahu PUT. [39] Také mezi odrůdami pomerančů byly rozdíly v hodnotách putrescinu. Pomeranč (Navel) obsahoval $206,4 \pm 16,5$ mg/kg PUT, pomeranč (Lane Late) $38,1 \pm 0,2$ mg/kg PUT. Oproti tomu Sonia Sanchez Perez *et al.* uvádí rozmezí pro hodnotu putrescinu v mandarinkách 12,29 - 200 mg/kg, pro PUT v pomerančích uvádí rozmezí 11,35 - 40 mg/kg a pro PUT v grapefruitech 46,52 - 64,57 mg/kg. [27] Tyto koncentrace PUT jsou nižší, což může být způsobeno tím, že se jedná o jinou odrůdu ovoce, rozdílný stupeň zralosti, odlišné stanoviště pěstování, různé složení půdy nebo jiné klimatické podmínky, případně je třeba zohlednit i poškození plodů. [74] Obsah PUT v banánu u odrůdy Cavendish je shodný s rozmezím hodnoty pro PUT u Sonia Sanchez Perez *et al.* [27] Z tabulky č. 2 je patrné, že vyšší množství putrescinu obsahuje odrůda jablek Gala $13,8 \pm 0,6$ mg/kg a odrůda Pink Lady $13,7 \pm 1,0$ mg/kg, zatímco nižší množství PUT má odrůda Rubinola 1,5 mg/kg a odrůda Topaz 1,4 mg/kg. Zjištěné výsledky se shodují s uvedeným rozmezím hodnot pro PUT v jablkách, které uvádí Kalač *et al.* 5,8 - 34,9 mg/kg. [13] Nicméně Sonia Sanchez Perez *et al.* předkládá rozmezí PUT v jablkách 0,4 - 1,7 mg/kg. [27] Rozdíl v množství BA u obou autorů může být způsobený tím, že není známa odrůda a zralost sledovaných jablek, případně i další způsoby jejich skladování. Z grafu č. 2 je patrné, že nejvyšší zastoupení PUT je u hrušek odrůdy Coscia $21,3 \pm 0,5$ mg/kg, tato hodnota se shoduje s rozmezím PUT pro hrušky, které zmiňuje Sonia Sanchez Perez *et al.* [27] Naopak nejmenší množství PUT bylo u odrůd Migo 1,5 mg/kg a Red Bart-

lett $1,4 \pm 0,1$ mg/kg. Nízké hladiny putrescinu v rostlinách mohou být i fyziologického původu, protože putrescin zaujímá funkci v procesu organogeneze rostliny až po její ochranu před stresem. [27]

Fenylethylamin

Nejvyšší obsah fenylethylaminu byl stanoven ve vzorku broskve žlutomasé (Royal Jim) $20,4 \pm 0,8$ mg/kg. Vyšší množství fenylethylaminu jsou změřené také v nektarince žlutomasé (Morsiani 60) $19,7 \pm 0,8$ mg/kg a v hruškách (Coscia) $14,2 \pm 0,4$ mg/kg. Tabulka č. 2 uvádí, že nejvyšší zastoupení PEA bylo u hrušek odrůdy Coscia, méně u odrůdy Migo $1,9$ mg/kg a nejméně u odrůdy Red Bartlett $0,2$ mg/kg. Z tabulky č. 2 vyplývá, že největší rozdíly v obsahu PEA byly mezi odrůdami jablek Pink Lady, která obsahovala nejvíce PEA $14,9 \pm 0,2$ mg/kg a odrůdami Topaz $0,7 \pm 0,1$ mg/kg a Karmína $0,2$ mg/kg. Tyto skutečnosti mohou být ovlivněny rozdílným složením půdy nebo odlišným stupněm zralosti ovoce (sklizňová versus konzumní zralost). [74] Velmi nízké hladiny PEA (<1 mg/kg) se objevují u avokáda, plodu opuncie, fíku, mučenky, blumy.

Tyramin

Nejvyšší obsah tyraminu byl analyzován ve vzorcích pomeranče (Navel) $32,5 \pm 1,9$ mg/kg. Vysoké hodnoty tyraminu byly stanoveny též u hrušek (Coscia) $26,1 \pm 0,4$ mg/kg, broskve žlutomasé (Royal Jim) $24,6 \pm 1,0$ mg/kg, grepu červeného $24,3 \pm 0,4$ mg/kg a hrušek (Lucasova) $23,1 \pm 0,1$ mg/kg. Koncentrace TYR v avokádu u odrůdy Hass je $3,5 \pm 0,2$ mg/kg, tento výsledek se shoduje s rozmezím koncentrací pro avokádo uvedených dle Sonia Sanchez Perez *et al.* [27] Množství TYR pro švestku je $3,8 \pm 0,2$ mg/kg, což je výsledek shodný s rozmezím, které popisuje Sonia Sanchez Perez *et al.* [27] Jednotlivá množství TYR v jablkách z tabulky č. 2 ukazují na vyšší koncentraci u odrůdy Pink Lady $23,2 \pm 0,2$ mg/kg a odrůdy Gala $19,1 \pm 0,6$ mg/kg, nízké koncentrace TYR jsou u odrůd Karmína $1,0 \pm 0,1$ mg/kg a Topaz $0,9 \pm 0,1$ mg/kg. Tabulka č. 2 popisuje rozdíly v množství tyraminu u hrušek různých odrůd. Nejvyšší koncentraci TYR obsahuje odrůda Coscia TYR $26,1 \pm 0,4$ mg/kg, další vyšší hodnoty TYR má hrušky odrůdy Lucasova $23,1 \pm 0,1$ mg/kg. Nejnižší zastoupení TYR je nalezeno v odrůdě Red Bartlett $0,7 \pm$ mg/kg.

Kadaverin

Maximální hodnotu kadaverinu měl vzorek hrušky odrůdy Coscia $9,4 \pm 0,9$ mg/kg. Množství kadaverinu se v ostatních vzorcích ovoce vyskytovalo pod touto hodnotou. Vysoké či zvyšující se množství CAD by mohlo znamenat průběh rozkladných procesů v ovoci [2], lze konstatovat, že vzorky byly čerstvé. Z tabulky č. 2 je patrné, že nejvíce CAD se vyskytovalo u jablka odrůdy Gala $3,7 \pm 0,3$ mg/kg. V odrůdě Pink Lady bylo CAD $3,3$ mg/kg. Ani tyto hodnoty nepřekračují maximální zjištěnou hranici CAD $9,4 \pm 0,9$ mg/kg ve všech vzorcích ovoce. Koncentrace CAD různých

odrůd hrušek je nejvyšší u odrůdy Coscia $9,4 \pm 0,9$ mg/kg, vyšší koncentrace CAD je stanovená u odrůdy Lucasova $6,1 \pm 0,5$ mg/kg. Nízké zastoupení měl CAD u odrůdy Migo $0,4$ mg/kg a Red Bartlett $0,1$ mg/kg. Je možné se domnívat, že zvýšené množství CAD mohlo být dáno nesprávným uskladněním vzorků jablek a hrušek. Ve vzorku banánu se objevuje koncentrace CAD $3,1 \pm 0,2$ mg/kg, oproti tomu Nishimura *et al.* analyzoval CAD v banánech u dvou vzorků a to v koncentracích řádově vyšších 11 mg/kg a 22 mg/kg. [43]

Spermidin

Nejvyšší množství spermidinu bylo nalezeno ve vzorku broskve donut (Platt Bell) $11,0 \pm 0,5$ mg/kg, vyšší množství spermidinu se vyskytovalo také ve vzorku broskve žlutomasé (Rome Star) $7,9$ mg/kg a avokádu (Hass) $4,6 \pm 0,3$ mg/kg. Z tabulky č. 2 je možné vyčíst, že velmi nízké hodnoty ($<1,0$ mg/kg) spermidinu byly zjištěny u mučenky, kaki, manga, fíku a broskve žlutomasé (Ryan Sun), blumy, švestky, mirabelky, plodu opuncie, jablek odrůd Gala, Topaz, Rubinola a hrušek odrůd Red Bartlett, Lucasova, Migo a Williams. Nejvíce spermidinu obsahuje hruška odrůdy Coscia $1,8$ mg/kg, jak lze vidět z tabulky č. 2, na druhé straně nejméně ($<1,0$ mg/kg) obsahují odrůdy hrušek Red Bartlett, Lucasova, Migo, Williams. Kalač *et al.* pro spermidin v jablkách stanovil zjištěný interval od hodnoty pod detekčním limitem po $2,1$ mg/kg. [13] Hodnoty spermidinu v jablkách všech sledovaných odrůd Nabella $1,7$ mg/kg, Karmína $1,6 \pm 0,1$ mg/kg, Pink Lady $1,2 \pm 0,1$ mg/kg, Gala $0,7 \pm 0,1$ mg/kg, Topaz $0,5$ mg/kg i Rubinola $0,3$ mg/kg se shodovaly s uvedeným intervalem.

Spermin

Maximální množství sperminu bylo nalezeno u nektarinky žlutomasé (Morsiani 60) $34,9$ mg/kg, vyšší hodnoty sperminu obsahovaly broskve žlutomasé (Royal Jim) $26,9$ mg/kg, jablko Gala $22,5 \pm 0,1$ mg/kg, avokádo $16,7 \pm 0,2$ mg/kg a broskev žlutomasá Rome Star $15,9 \pm 0,2$ mg/kg. Množství polyaminů v plodině obecně závisí na době její sklizně. [46] Spermin podle studie, kterou provedl Kalač *et al.* byl v jablkách pod detekčním limitem [13], zatímco v získaných výsledcích se množství sperminu v jablkách pohybovalo v širokém intervalu od $22,5 \pm 0,1$ mg/kg pro odrůdu Gala do $0,7 \pm 0,1$ mg/kg pro odrůdu Rubinola. Je možné z toho usuzovat na jinou analyzovanou odrůdu jablek, neboť Kalač *et al.* ji neuvádí. [13] Banán obsahoval $5,7 \pm 0,3$ mg/kg sperminu, jde o nižší hodnotu, než $19,164 \pm 3,218$ mg/kg, která je napsaná ve studii. [75] Mezi vzorky s velmi nízkou koncentrací sperminu (<1 mg/kg) patřily zástupci švestky, blumy (Angelena, Casselman), hrušky (Migo, Williams, Lucasova), pomeranče (Lane Late), manga, fíku, limetky, plodu mučenky, mandarinky (Orri).

Histamin

Nejvyšší koncentrace histaminu se objevuje v hruškách odrůdy Lucasova $11,0 \pm 0,3$ mg/kg, vyšší hodnoty obsahoval také vzorek grepu červeného $10,9 \pm 0,7$ mg/kg. Histamin se jako přirozená součást ovoce ve velmi nízkých koncentracích ($<1,0$ mg/kg) objevuje ve vzorcích hrozna bílého, švestek, blum, plodu opuncie, mandarince (Satsumas, Orri), pomeranče (Lane Late), kiwi, fíku, hruškách odrůd Red Bartlett, Migo, jablkách odrůd Rubinola, Topaz, Karmína, kaki a mučence jedlé.

Obsah biogenních aminů ve slupce a dužnině

Kromě sledování zastoupení dílčích BA ve vzorcích ovoce, lze také porovnat množství BA ve slupce a v dužnině. Pro tento účel jsem vybrala vzorek hrušky odrůdy Red Bartlett a jablka odrůdy Nabella. Z tabulky č. 3 je vidět, že jednotlivé BA jsou různě ve vzorku zastoupené. Obsah PEA v dužnině jablka je $42,5 \pm 1,2$ mg/kg, zatímco ve slupkách je množství PEA $4,2$ mg/kg, PUT v dužnině je $28,6 \pm 0,5$ mg/kg, na druhé straně ve slupkách je PUT $2,8 \pm 0,2$ mg/kg, histamin i kadaverin se ve slupkách nenacházejí, v dužnině je HIS $29,4 \pm 0,1$ mg/kg a CAD $69,9 \pm 1,5$ mg/kg, spermidin v dužnině je zastoupený v množství $0,9 \pm 0,1$ mg/kg a ve slupkách je $2,5 \pm 0,1$ mg/kg, spermin převažuje ve slupce $7,2 \pm 0,6$ mg/kg, v dužnině je $4,8 \pm 0,1$ mg/kg sperminu. Celkový obsah BA v dužnině jablka je vyšší ($206,4$ mg/kg), než ve slupce ($21,1$ mg/kg).

Z tabulky č. 3 je patrné, že obsah PEA v dužnině hrušky je vyšší $10,8 \pm 0,6$ mg/kg, než množství PEA ve slupkách $3,8 \pm 0,1$ mg/kg. PUT je v dužnině $36,4 \pm 0,8$ mg/kg, oproti tomu je nižší koncentrace PUT ve slupkách $9,7 \pm 0,4$ mg/kg. Vyšší množství CAD je v dužnině $14,7 \pm 0,8$ mg/kg, než ve slupkách $2,1 \pm 0,1$ mg/kg. HIS je v dužnině ve velmi nízké koncentraci $0,7 \pm 0,1$ mg/kg, HIS ve slupkách $1,4 \pm 0,1$ mg/kg. Obsah tyraminu v dužnině je vyšší $19,9 \pm 0,1$ mg/kg, než je tomu ve slupce $5,6 \pm 0,5$ mg/kg. Hodnota spermidinu je nepatrně vyšší ve slupce $3,6$ mg/kg. Spermin se nachází v nepatrně vyšším množství ve slupce $5,2$ mg/kg. Celkový obsah BA v dužnině hrušky je vyšší ($89,2$ mg/kg), než ve slupce ($31,4$ mg/kg).

Dle Kalače *et al.* dochází ke zvýšení množství BA v hrášku v důsledku bakteriální aktivity v období mezi sklizní a zpracováním. [40] Možným důvodem zvýšeného množství BA v dužnině by mohlo být předchozí poškození ovoce s následnou mikrobiální aktivitou [39] nebo rozdílná zralost v době sklizně samotných plodů. Nejenom u jaderovin, ale také u ostatního ovoce, je možné rozeznat různé stupně zralosti plodů. Sklizňovou zralostí se rozumí optimální doba sklizně, k jejímu určení jsou potřebné odborné zkušenosti pro posouzení optimální barvy slupky, chuti či konzistence dužniny. Konzumní zralost je stav, kdy vykazují plody správný poměr biologických a nutričních složek a jsou tudíž nejvhodnější ke konzumaci za syrova. U letních odrůd ovoce dochází k jejich pře-

krývání, naopak u zimních odrůd je rozpětí mezi zralostmi široké. Stupeň zpracovatelské zralosti určuje technologická zralost. [76] Ve slupce banánu odrůdy Cavendish se nachází dopamin v množství od 80 mg/100g do 560 mg/100g, zatímco v jeho dužnině se pohybuje v intervalu 2,5 - 100 mg/100 g. Během zrání dochází ke zvýšení obsahu dopaminu jak ve slupce, tak v samotné dužnině. Nejedná se sice o jádrové ovoce, ale je možné se domnívat, že stupeň zralosti může mít určitý nezanedbatelný vliv na množství biogenních aminů v dužnině i slupce. [59]

Tabulka 2: Obsah biogenních aminů v ovoci (mg/kg)

Název	Odrůda	Fenylethylamin	Putrescin	Kadaverin	Histamin	Tyramin	Spermidin	Spermin
Avokádo	Hass	0,9 ± 0,1	5,2 ± 0,4	1,4 ± 0,1	0,6 ± 0,1	3,5 ± 0,2	4,6 ± 0,3	16,7 ± 0,2
Banán	Cavendish	2,4 ± 0,1	46,1 ± 3,2	3,1 ± 0,2	2,0 ± 0,1	11,5 ± 0,5	2,2 ± 0,2	5,7 ± 0,3
Bluma	Casselmann	0,4 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	1,3 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Blumy modré	Angeleno	3,0 ± 0,2	4,5 ± 0,2	2,5 ± 0,2	0,7 ± 0,0	4,0 ± 0,2	0,3 ± 0,0	1,0 ± 0,0
Broskev donut	Platt Bell	2,1 ± 0,0	2,2 ± 0,1	1,5 ± 0,0	0,7 ± 0,0	3,6 ± 0,3	11,0 ± 0,5	3,7 ± 0,3
Broskev žlutomasá	Rome Star	0	3,2 ± 0,0	1,5 ± 0,1	1,9 ± 0,0	16,6 ± 0,1	7,9 ± 0,0	15,9 ± 0,2
Broskev žlutomasá	Royal Jim	20,4 ± 0,8	11,6 ± 1,3	2,9 ± 0,3	4,8 ± 0,6	24,6 ± 1,0	2,4 ± 0,3	26,9 ± 0,0
Broskve žlutomasé	Ryan Sun	6,0 ± 0,5	15,9 ± 0,3	3,8 ± 0,3	5,7 ± 0,5	17,6 ± 0,3	1,0 ± 0,0	3,2 ± 0,3
Fík	Nigra	0,1 ± 0,0	1,9 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	1,3 ± 0,0	1,0 ± 0,1	0,6 ± 0,0
Grep červený	Star Ruby	12,7 ± 1,0	105,8 ± 4,1	1,7 ± 0,1	10,9 ± 0,7	24,3 ± 0,4	1,3 ± 0,0	5,4 ± 0,3
Hrozno bílé	Italia	1,9 ± 0,0	3,5 ± 0,2	1,8 ± 0,1	0,7 ± 0,0	5,0 ± 0,0	1,8 ± 0,2	12,0 ± 0,1
Hrozno bílé	Vittoria	5,4 ± 0,4	6,7 ± 0,4	2,7 ± 0,1	1,8 ± 0,2	8,5 ± 0,6	1,0 ± 0,1	4,9 ± 0,1
Hrušky	Coscia	14,2 ± 0,4	21,3 ± 0,5	9,4 ± 0,9	2,0 ± 0,1	26,1 ± 0,4	1,8 ± 0,0	6,6 ± 0,1
Hrušky	Lucasova	6,1 ± 0,2	11,0 ± 0,3	6,1 ± 0,5	11,0 ± 0,3	23,1 ± 0,4	0,5 ± 0,1	1,0 ± 0,0
Hrušky	Migo	1,9 ± 0,0	1,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,5 ± 0,0	2,6 ± 0,2	0,4 ± 0,0	1,0 ± 0,1
Hrušky	Red Bartlett	0,2 ± 0,0	1,4 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,7 ± 0,0	0,6 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Hrušky	Williams	4,4 ± 0,2	7,7 ± 0,8	3,9 ± 0,4	4,4 ± 0,2	11,7 ± 0,9	0,4 ± 0,0	1,0 ± 0,1
Jablko	Gala	3,6 ± 0,3	13,8 ± 0,6	3,7 ± 0,3	5,3 ± 0,3	19,1 ± 0,6	0,7 ± 0,1	22,5 ± 0,1
Jablko	Karmína	0,2 ± 0,0	4,3 ± 0,4	1,9 ± 0,2	0,1 ± 0,0	1,0 ± 0,1	1,6 ± 0,1	6,3 ± 0,1
Jablko	Nabella	6,8 ± 0,6	3,0 ± 0,2	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,2	14,9 ± 0,1	1,7 ± 0,0	6,2 ± 0,5
Jablko	Pink Lady	14,9 ± 0,2	13,7 ± 1,0	3,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	23,2 ± 0,2	1,2 ± 0,1	7,6 ± 0,7
Jablko	Rubinola	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	3,0 ± 0,2	0,3 ± 0,0	0,7 ± 0,1
Jablko	Topaz	0,7 ± 0,1	1,4 ± 0,0	0,8 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,9 ± 0,1	0,5 ± 0,0	3,2 ± 0,2
Kaki	Persimon	2,5 ± 0,3	0,8 ± 0,1	0,3 ± 0,0	0,6 ± 0,1	1,4 ± 0,2	1,0 ± 0,1	1,7 ± 0,1
Kiwi	Jenny Zwitter	2,0 ± 0,1	4,7 ± 0,5	1,3 ± 0,1	0,4 ± 0,0	3,9 ± 0,4	2,6 ± 0,1	6,8 ± 0,8
Limetka	Veracruzana	2,5 ± 0,2	7,1 ± 0,7	1,2 ± 0,1	3,0 ± 0,0	4,6 ± 0,4	0,3 ± 0,0	0,5 ± 0,0
Mandarinka	Orri	0,5 ± 0,0	21,1 ± 1,5	0,7 ± 0,1	0,5 ± 0,0	3,8 ± 0,3	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
Mandarinka	Satsumas	3,6 ± 0,4	259,0 ± 2,2	1,0 ± 0,1	0,8 ± 0,1	5,3 ± 0,4	1,2 ± 0,0	10,1 ± 0,6
Mango	Osteen	4,1 ± 0,4	6,0 ± 0,5	1,1 ± 0,0	1,5 ± 0,1	4,9 ± 0,5	1,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1
Mirabelka	Nancy	0	10,1 ± 0,0	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1	6,8 ± 0,2	0,8 ± 0,0	4,4 ± 0,0
Mučenka jedlá	Fialová odrůda	0,2 ± 0,0	1,8 ± 0,2	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,0	0,3 ± 0,0
Nektarinka žlutomasá	Morsiani 60	19,7 ± 0,8	9,8 ± 0,7	2,5 ± 0,2	2,4 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,4 ± 0,1	34,9 ± 0,0
Opuncie plod	Ficus-indica	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,9 ± 0,1	0,2 ± 0,0	1,3 ± 0,1
Pomeranč	Lane Late	0,9 ± 0,1	38,1 ± 0,2	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,1	18,5 ± 1,2	0,4 ± 0,0	0,9 ± 0,1
Pomeranč	Navel	3,4 ± 0,0	206,4 ± 16,5	2,7 ± 0,1	1,1 ± 0,1	32,5 ± 1,9	2,7 ± 0,2	6,9 ± 0,2
Švestka	Tophit	4,5 ± 0,3	1,3 ± 0,1	0,6 ± 0,0	0,9 ± 0,1	3,8 ± 0,2	0,1 ± 0,0	1,3 ± 0,0

Tabulka 3: Obsah biogenních aminů v slupce a dužnině (mg/kg)

Název	Odrůda	Fenylethylamin	Putrescin	Kadaverin	Histamin	Tyramin	Spermidin	Spermin
Cuketa – bez slupek	Zelina F1	4.2 ± 0.2	11.3 ± 0.3	16.9 ± 0.1	2.3 ± 0.2	5.2 ± 0.4	10.8 ± 0.6	16.7 ± 1.4
Cuketa – slupky	Zelina F1	3.1 ± 0.3	36.7 ± 1.7	1.2 ± 0.0	1.0 ± 0.1	11.2 ± 0.5	33.2 ± 1.8	85.9 ± 5.8
Hruška – bez slupek	Santa Maria	5.2 ± 0.3	8.4 ± 0.1	2.2 ± 0.0	0.8 ± 0.1	4.0 ± 0.1	0.8 ± 0.1	5.0 ± 0.5
Hruška – slupky	Santa Maria	3.2 ± 0.1	8.8 ± 0.2	1.4 ± 0.1	0.6 ± 0.0	2.4 ± 0.2	2.0 ± 0.1	4.0 ± 0.4
Hruška QTEE – bez slupek	Celina	51.1 ± 3.0	38.7 ± 1.2	4.1 ± 0.3	6.5 ± 0.6	26.8 ± 0.4	1.1 ± 0.0	19.0 ± 1.4
Hruška QTEE – slupky	Celina	21.4 ± 0.4	19.5 ± 1.6	5.5 ± 0.0	3.2 ± 0.3	20.7 ± 0.3	1.1 ± 0.0	33.4 ± 1.5
Hruška zelená – bez slupek	Limonera	28.2 ± 2.7	27.0 ± 2.1	4.1 ± 0.4	4.2 ± 0.4	27.7 ± 2.5	1.1 ± 0.1	30.1 ± 2.1
Hruška zelená – slupky	Limonera	4.3 ± 0.4	12.6 ± 0.0	2.3 ± 0.0	0.9 ± 0.1	5.2 ± 0.3	1.4 ± 0.1	6.8 ± 0.0
Hrušky – bez slupek	Coscia	6.2 ± 0.1	18.5 ± 1.6	5.3 ± 0.0	7.0 ± 0.3	25.7 ± 0.1	2.3 ± 0.1	7.8 ± 0.5
Hrušky – bez slupek	Lucasova	1.5 ± 0.1	0.5 ± 0.0	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1	1.0 ± 0.0	0.6 ± 0.0	0.5 ± 0.0
Hrušky – bez slupek	Migo	1.9 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.3 ± 0.0	0.5 ± 0.1	1.6 ± 0.1	0.4 ± 0.0	0.9 ± 0.1
Hrušky – bez slupek	Red Bartlett	10.8 ± 0.6	36.4 ± 0.8	14.7 ± 0.8	0.7 ± 0.1	19.9 ± 0.1	2.0 ± 0.1	4.7 ± 0.0
Hrušky – bez slupek	Williams	0.2 ± 0.0	1.7 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.0	1.2 ± 0.0	0.5 ± 0.0	0.2 ± 0.0
Hrušky – slupky	Coscia	1.1 ± 0.0	1.4 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.4 ± 0.0	1.4 ± 0.0
Hrušky – slupky	Lucasova	0.2 ± 0.0	0.8 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.1 ± 0.0	1.0 ± 0.0	0.9 ± 0.1	2.0 ± 0.1
Hrušky – slupky	Migo	3.6 ± 0.1	23.5 ± 1.4	1.6 ± 0.1	1.7 ± 0.1	5.7 ± 0.2	0.3 ± 0.0	1.4 ± 0.0
Hrušky – slupky	Red Bartlett	3.8 ± 0.1	9.7 ± 0.4	2.1 ± 0.1	1.4 ± 0.1	5.6 ± 0.5	3.6 ± 0.0	5.2 ± 0.0
Hrušky – slupky	Williams	11.9 ± 1.2	16.9 ± 0.5	4.7 ± 0.1	1.2 ± 0.0	17.0 ± 0.9	2.2 ± 0.1	2.3 ± 0.2
Jablko – bez slupek	Gala	49.6 ± 4.7	42.8 ± 0.3	2.5 ± 0.2	6.6 ± 0.2	1.5 ± 0.1	1.3 ± 0.2	29.1 ± 0.4
Jablko – bez slupek	Golden Delicious	42.9 ± 1.5	34.1 ± 1.8	6.6 ± 0.6	5.2 ± 0.3	18.1 ± 0.8	1.5 ± 0.1	4.3 ± 0.5
Jablko – bez slupek	Karmína	0.4 ± 0.0	7.1 ± 0.1	3.3 ± 0.2	1.4 ± 0.0	5.2 ± 0.5	0.2 ± 0.0	5.1 ± 0.5
Jablko – bez slupek	Nabella	42.5 ± 1.2	28.6 ± 0.5	69.9 ± 1.5	29.4 ± 0.1	30.3 ± 0.8	0.9 ± 0.1	4.8 ± 0.1
Jablko – bez slupek	Paula Red	35.2 ± 0.8	23.0 ± 0.1	1.5 ± 0.1	4.0 ± 0.2	19.1 ± 0.3	1.2 ± 0.0	16.4 ± 0.2
Jablko – bez slupek	Pink Lady	5.4 ± 0.3	4.3 ± 0.1	3.3 ± 0.1	1.9 ± 0.1	29.3 ± 0.0	0.7 ± 0.1	5.9 ± 0.6
Jablko – bez slupek	Rubinola	2.0 ± 0.1	1.1 ± 0.1	0.4 ± 0.0	0.7 ± 0.0	2.1 ± 0.2	0.3 ± 0.0	0.6 ± 0.0
Jablko – bez slupek	Topaz	4.5 ± 0.1	4.0 ± 0.3	2.8 ± 0.2	2.1 ± 0.0	5.1 ± 0.5	0.5 ± 0.0	5.5 ± 0.1
Jablko – slupky	Gala	27.3 ± 2.0	20.0 ± 0.3	2.0 ± 0.2	4.2 ± 0.3	16.5 ± 0.2	0.8 ± 0.1	34.1 ± 0.3
Jablko – slupky	Golden Delicious	7.1 ± 0.3	5.3 ± 0.2	4.4 ± 0.4	6.9 ± 0.6	11.0 ± 0.7	1.0 ± 0.1	19.3 ± 0.1
Jablko – slupky	Karmína	4.8 ± 0.4	3.4 ± 0.2	1.8 ± 0.1	1.0 ± 0.1	4.4 ± 0.4	1.9 ± 0.1	6.4 ± 0.4
Jablko – slupky	Nabella	4.2 ± 0.0	2.8 ± 0.2	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	4.4 ± 0.0	2.5 ± 0.1	7.2 ± 0.6
Jablko – slupky	Pink Lady	5.8 ± 0.4	4.2 ± 0.1	2.4 ± 0.1	1.7 ± 0.1	11.2 ± 0.2	2.8 ± 0.0	8.7 ± 0.6

11.1.2 Obsah biogenních aminů ve vzorcích zeleniny

Celkový obsah biogenních aminů u vzorků zeleniny byl stanovený v rozmezí u fenylethylaminu 0,2 - 25,9 mg/kg, u putrescinu 3,7 - 179,1 mg/kg, u kadaverinu 0,1 - 32,5 mg/kg, u histaminu 0,2 - 16,5 mg/kg, u tyraminu 0,2 - 28,9 mg/kg, u spermidinu 0,4 - 33,2 mg/kg a u sperminu 0,4 - 109,3 mg/kg.

Putrescin

Nejvyšší výskyt PUT byl zaznamenán u okurky polní (Lagos F1) $179,1 \pm 0,3$ mg/kg, oproti tomu Sonia Sanchez Perez *et al.* udává interval pro PUT v okurce nižší a to 5,5 - 10,62 mg/kg [27], ale také Moret *et al.* uvádí nižší hodnotu PUT v okurce 2,5 mg/kg. [50] Rozdíl ve stanoveném PUT by mohl být způsoben jinou odrůdou použitého vzorku okurky nebo dokonce jiným kontinentem pěstování. Další nejvyšší množství PUT obsahoval lilek pruhovaný (Rosa Bianca) $79,2 \pm 0,9$ mg/kg. Lilek má vyšší obsah PUT ve srovnání s intervalem pro lilek uváděný Soniou Sanchez Perez *et al.* 24,10 - 48,63 mg/kg. [27] Podle výsledků, které představil Moret *et al.* pro koncentraci PUT v rajčatech 23,0 mg/kg [50], je mnou stanovená hodnota PUT v rajčatech odrůdy Perun vyšší a to $33,0 \pm 0,8$ mg/kg. Pokud bych ovšem hodnoty PUT v rajčatech pro odrůdy Perun $33,0 \pm 0,8$ mg/kg a Brown Berry $30,5 \pm 0,8$ mg/kg porovnávala s rozmezím, které stanovila pro PUT v rajčatech Sonia Sanchez Perez *et al.* [27], dospěla bych k závěru, že jsem ve stejném intervalu 5,3 - 122 mg/kg. Paprika bílá měla více PUT $29,5 \pm 1,9$ mg/kg, než paprika červená, která obsahovala $5,8 \pm 0,3$ mg/kg. Dle Sonia Sanchez Perez *et al.* je pro papriku červenou je koncentrace PUT v intervalu 0,59 - 5,35 mg/kg. [27] Koncentrace PUT ve fenyklu byla $12,1 \pm 1,1$ mg/kg a tedy téměř srovnatelná s hodnotou udávanou Moretem *et al.* pro PUT ve fenyklu 11,0 mg/kg. [50] Koncentrace PUT v dýni u odrůdy Hokaido vyšla $8,6 \pm 0,4$ mg/kg, jedná se o nižší hodnotu v intervalu pro PUT u dýně podle Sonia Sanchez Perez *et al.* [27] Ta ovšem nezmiňuje, kterou odrůdu dýně analyzovala. Pro mangold zaznamenává Sonia Sanchez Perez *et al.* koncentraci PUT v intervalu 2,4 - 24,81 mg/kg. [27] Putrescin analyzovaný v mangoldu odrůdy Lucullus $6,5 \pm 0,1$ mg/kg spadá do tohoto rozmezí. Podle tabulky č. 4 lze odvodit, že PUT byl v hlízách brambor zastoupený v širokém rozpětí a to od maximálního množství u odrůdy Lilly $33,3 \pm 2,5$ mg/kg po minimální množství u odrůdy Krone 3,0 mg/kg. Také jednotlivá množství PUT ve studiích pro vzorky brambor jsou odlišná. Není zde uvedena analyzovaná odrůda brambor. Podle Moreta *et al.* je hodnota PUT v bramborech do 8,0 mg/kg [50], dle Sonia Sanchez Perez *et al.* je hodnota PUT v bramborech v intervalu 0,1 - 22,4 mg/kg. [27] Hunter *et al.* cituje studii Farriola *et al.*, ve které se uvádí, že právě brambory jsou bohatým zdrojem putrescinu. [52]

Fenylethylamin

Nejvyšší koncentrace fenylethylaminu byla stanovená u vzorku okurky polní (Lagos F1) $25,9 \pm 0,5$ mg/kg, následovaná vzorkem rajčete (Mini Roma) $13,6 \pm 0,8$ mg/kg. Z grafu č. 3 vyplývá, že nejvyšší množství PEA v bramborech obsahují shodně odrůdy brambor Rosara $6,1 \pm 0,3$ mg/kg a Marabel $6,1 \pm 0,3$ mg/kg, naopak nejmenší zastoupení PEA bylo u odrůdy Elfe $0,3$ mg/kg. Tabulka č. 4 ukazuje, že pro rajčata byly hodnoty PEA nejnižší u odrůd Brown Berry $0,3$ mg/kg, Zelená Zebra $0,3$ mg/kg a Lima $0,0$ mg/kg. Na druhé straně byla nejvyšší koncentrace PEA zjištěná v odrůdě rajčat Mini Roma $13,6 \pm 0,8$ mg/kg. Nejnižší koncentrace PEA byla u mangoldu $0,2$ mg/kg.

Tyramin

Nejvyšší množství TYR měla odrůda rajčat Mini Roma $38,9 \pm 0,8$ mg/kg. Z tabulky č. 4 lze také zjistit, že další nejvyšší množství TYR je stanovené v odrůdě rajčat Pollicino F1 $30,5 \pm 0,5$ mg/kg. Nejnižší koncentraci TYR obsahovalo rajče odrůdy Lima $0,9 \pm 0,1$ mg/kg. Okurka polní měla obsah TYR $21,3$ mg/kg, což je téměř dvojnásobné množství oproti hodnotě TYR pro okurku, kterou uvádí Moret *et al.* [50] Přítomnost TYR v zelenině je zřejmě spojená s mikrobiální aktivitou bakterií rodu *Enterococcus*. [27] V případě brambor je možné z tabulky č. 4 vyčíst, že odrůdy Rosara $14,7 \pm 0,1$ mg/kg a Marabel $14,6 \pm 1,0$ mg/kg měly téměř stejné množství TYR, zatímco nejnižší koncentraci TYR byla nalezena u odrůdy Elfe $1,4 \pm 0,1$ mg/kg. Pouze odrůda Elfe a odrůda Marena TYR $2,5 \pm 0,2$ mg/kg by vyhovovaly intervalu dle studie Sonii Sanchez Perez *et al.* [27] Zatímco dle studie Moreta *et al.* [50] by bylo možné hovořit ještě o vyhovující odrůdě brambor Lilly s množstvím TYR $9,3 \pm 0,2$ mg/kg nebo odrůdě Concordia s tyraminem $10,1 \pm 0,6$ mg/kg. U česneku byla analyzovaná koncentrace pro TYR $19,4 \pm 1,1$ mg/kg. U dýně odrůdy Hokaido byla hodnota TYR vyšší $13,7 \pm 0,6$ mg/kg, než jakou uvádí Sonia Sanchez Perez *et al.*, neboť přítomnost TYR nezjistila [27] Není ale známo, o jaký druh dýně se v analýze jedná. Nejnižší množství TYR bylo zjištěno v mangoldu $0,2$ mg/kg, toto množství je nižší, než interval pro tyramin $0,74 - 3,48$ mg/kg pro mangold dle S. Sanchez Perez *et al.* [27]

Kadaverin

Maximální množství CAD bylo nalezeno ve vzorku okurky polní (Lagos F1) $32,5 \pm 0,9$ mg/kg. A neboť je kadaverin ukazatelem rozkladných procesů, respektive kažení v potravinách, lze se na základě výsledků domnívat, že nebyly před vlastním stanovením dodrženy podmínky skladování vzorků (např. teplota). [2] Další vzorek mající zvýšený obsah CAD je cuketa (Zelina F1) $16,9 \pm 0,1$ mg/kg. Minimální množství CAD zastupoval vzorek mangoldu $0,1$ mg/kg. V tabulce č. 4 je možné sledovat nejvyšší koncentraci CAD v bramborech, u odrůdy Lilly $2,8 \pm 0,1$ mg/kg. Nižší koncentrace CAD je zjištěná u brambor odrůd Marena $0,6$ mg/kg, Krone $0,4$ mg/kg a Elfe $0,2$ mg/kg. Koncentrace CAD

analyzovaná v bramborech podle Moreta *et al.* je menší než 0,5 mg/kg. [50] Získané výsledky jsou tedy ve shodě s Moretem *et al.* [50] Odrůda Lilly uváděnou hodnotu převyšuje, stejně jako hodnotu pro CAD v bramborech dle S. Sanchez Perez *et al.* [27, 8]

Spermidin

Nejvyšší hodnota spermidinu byla analyzována ze vzorku rajčat odrůdy Tornádo F1 $33,2 \pm 0,1$ mg/kg. Vyšší množství spermidinu bylo stanoveno také ze vzorku slupek cukety $33,2 \pm 1,8$ mg/kg a ze vzorku okurky polní $28,3 \pm 0,4$ mg/kg. Lima *et al.* se zabývala závislostí mezi množstvím polyaminů a způsobem, jakým byly rostliny pěstované, zda způsoby konvenčního nebo ekologického zemědělství. Ze studie vyplývá, že plodiny pěstované v ekologickém způsobem obsahovaly více polyaminů a to z důvodu jejich delší životnosti. Z tohoto je možné se domnívat, že předchozí vzorky by mohly být i produkty ekologického zemědělství. [46] Vzorek cukety má spermidin v množství $10,8 \pm 0,6$ mg/kg, oproti tomu Moret *et al.* udává hodnotu spermidinu pro cuketu 19,0 mg/kg. [50] Z tabulky č. 4 je možné usuzovat, že brambory jsou cenným zdrojem spermidinu, jak uvádí Hunter *et al.* [52] a to zejména odrůdy Lilly $10,2 \pm 0,4$ mg/kg, Dali $7,9 \pm 0,4$ mg/kg, Concordia $7,5 \pm 0,6$ mg/kg, Rosara $7,4 \pm 0,3$ mg/kg a Marabel $6,0 \pm 0,4$ mg/kg. Moret *et al.* udává hodnotu spermidinu pro brambory 10 mg/kg. [50] Analyzované vzorky brambor se shodují s touto hodnotou.

Spermin

Spermin se v nejvyšší koncentraci objevuje v bramborech a to v odrůdě Rosara $109,3 \pm 4,4$ mg/kg. I další odrůdy brambor mají vyšší zastoupení sperminu a to odrůdy Concordia $94,7 \pm 0,6$ mg/kg, Dali $81,0 \pm 0,9$ mg/kg, Marabel $75,9 \pm 0,1$ mg/kg a Lilly $59,1 \pm 4,2$ mg/kg. Obecně jsou polyaminy považovány za možné inhibitory stárnutí a během zrání dokonce hodnoty některých z nich klesají. V plodině je jejich obsah závislý na době sklizně plodiny. [46] Moret *et al.* uvádí koncentraci sperminu v bramborech 0,7 mg/kg. [50] Tyto odrůdy brambor ji několikanásobně překročily. Pro koncentraci sperminu v rajčatech uvádí Moret *et al.* hodnotu 10,0 mg/kg. [50] Z výsledků v tabulce č. 4 lze usuzovat, že rajčata odrůd Býčí Srdce, Pollicino F1, Brown Berry a Perun se téměř shodují s uvedenou hodnotou. Nicméně odrůdy rajčat Tornádo F1 a Mini Roma tuto hodnotu překročily dvojnásobně. Nízký obsah sperminu ($< 1,0$ mg/kg) měly vzorky česneku, fenyklu, rajčat odrůdy Tomino, papriky bílé a mangoldu.

Histamin

Největší zastoupení histaminu měl vzorek okurky $16,5 \pm 0,2$ mg/kg. S. Sanchez Perez *et al.* ve své studii nestanovila žádný HIS v okurce. [27] Lze se domnívat, že přítomnost HIS v produktech rost-

linného původu by mohla být způsobená nežádoucí mikrobiální aktivitou bakteriemi čeledi *Enterobacteriaceae* nebo *Pseudomonadaceae* při nesprávném způsobu skladování. [33] Dalšími vzorky s vyšším obsahem HIS jsou rajčata odrůd Zelená Zebra $8,4 \pm 0,3$ mg/kg, Brown Berry $6,2 \pm 0,6$ mg/kg, Perun $5,7 \pm 0,4$ mg/kg, Býčí Srdce $4,1 \pm 0,3$ mg/kg, Pollicino $3,8 \pm 0,1$ mg/kg, Mini Roma $3,2 \pm 0,1$ mg/kg a Lima $3,1 \pm 0,1$ mg/kg. Dle S. Sanchez Perez *et al.* jsou jedním ze vzorků zeleniny, která obsahuje přirozeně HIS právě rajčata a to do hodnoty až 17,07 mg/kg. [27] Ráda bych také zmínila odlišnosti v obsahu HIS v lilku. Zde uvádí S. Sanchez Perez *et al.* interval pro HIS v lilku 4,17 - 100,6 mg/kg [27], hodnota stanoveného HIS v lilku vyšla $8,2 \pm 0,6$ mg/kg. Tento interval pro HIS v lilku má takové široké rozmezí, neboť existuje závislost mezi množstvím HIS a různými odrůdami lilků. [27] V případě mangoldu, dýně a brambor odrůd Efle, Krone, Marena, Lilly, Dali a Concordia byl nalezen ve velmi nízkých hladinách a to $< 1,3$ mg/kg, což je ve shodě se studiemi autorů S.Sanchez Perez *et al.* i Moret *et al.* [27, 50]

Tabulka 4: Obsah biogenních aminů v zelenině (mg/kg)

Název	Odrůda	Fenylethylamin	Putrescin	Kadaverin	Histamin	Tyramin	Spermidin	Spermin
Brambory polorané	Concordia	5.7 ± 0.4	17.0 ± 1.2	1.5 ± 0.1	1.3 ± 0.1	10.1 ± 0.6	7.5 ± 0.6	94.7 ± 0.6
Brambory polorané	Lilly	3.3 ± 0.2	33.3 ± 2.5	2.8 ± 0.1	0.7 ± 0.0	9.3 ± 0.2	10.2 ± 0.4	59.1 ± 4.2
Brambory polorané až polopozdní	Marena	1.6 ± 0.1	3.2 ± 0.2	0.6 ± 0.0	0.6 ± 0.0	2.5 ± 0.2	0.9 ± 0.1	1.0 ± 0.1
Brambory pozdní	Dali	4.8 ± 0.2	24.3 ± 1.2	1.3 ± 0.0	0.9 ± 0.1	11.3 ± 0.4	7.9 ± 0.4	81.0 ± 0.9
Brambory pozdní	Elfe	0.3 ± 0.0	3.8 ± 0.2	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	1.4 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.6 ± 0.0
Brambory pozdní	Krone	3.0 ± 0.2	3.0 ± 0.0	0.4 ± 0.0	0.5 ± 0.1	2.6 ± 0.3	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.1
Brambory rané	Marabel	6.1 ± 0.3	17.6 ± 1.1	1.6 ± 0.1	1.2 ± 0.0	14.6 ± 1.0	6.0 ± 0.4	75.9 ± 0.1
Brambory velmi rané	Rosara	6.1 ± 0.3	20.5 ± 0.4	1.6 ± 0.1	2.1 ± 0.1	14.7 ± 0.1	7.4 ± 0.3	109.3 ± 4.4
Čekanka červená	Radicchio	7.2 ± 0.0	13.4 ± 0.7	4.9 ± 0.6	3.2 ± 0.0	11.2 ± 0.0	4.8 ± 0.4	13.3 ± 1.2
Česnek	Vegan	3.2 ± 0.3	7.9 ± 0.3	3.5 ± 0.2	1.2 ± 0.0	19.4 ± 1.1	1.0 ± 0.0	1.1 ± 0.1
Dýně	Hokaido	2.2 ± 0.1	8.6 ± 0.4	4.3 ± 0.0	1.1 ± 0.1	13.7 ± 0.6	0.7 ± 0.0	1.3 ± 0.0
Fenykl	Leonardo	5.0 ± 0.2	12.1 ± 1.1	2.3 ± 0.1	3.0 ± 0.0	7.3 ± 0.0	0.9 ± 0.0	0.8 ± 0.1
Lilek pruhovaný	Rosa Bianca	5.5 ± 0.0	79.2 ± 0.9	0.6 ± 0.0	8.2 ± 0.6	4.6 ± 0.4	2.1 ± 0.1	8.0 ± 0.2
Mangold	Lucullus	0.2 ± 0.0	6.5 ± 0.1	0.1 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.4 ± 0.0	0.4 ± 0.0
Okurka polní	Lagos F1	25.9 ± 0.5	179.1 ± 0.3	32.5 ± 0.9	16.5 ± 0.2	21.3 ± 0.0	28.3 ± 0.4	32.6 ± 0.7
Paprika bílá	Pirouet F1	2.0 ± 0.0	29.5 ± 1.9	1.0 ± 0.1	0.4 ± 0.0	5.9 ± 0.6	3.0 ± 0.1	0.6 ± 0.0
Paprika červená	Magus F1	1.9 ± 0.2	5.8 ± 0.3	1.7 ± 0.1	1.0 ± 0.0	8.8 ± 0.5	2.6 ± 0.1	16.5 ± 0.6
Rajče	Býčí srdce	2.0 ± 0.1	24.9 ± 1.1	4.7 ± 0.2	4.1 ± 0.3	8.6 ± 0.5	2.5 ± 0.0	11.1 ± 0.3
Rajče	Lima	0.0 ± 0.0	10.0 ± 0.1	0.6 ± 0.0	3.1 ± 0.1	0.9 ± 0.1	2.5 ± 0.0	1.2 ± 0.1
Rajče	Mini Roma	13.6 ± 0.8	16.0 ± 1.3	5.1 ± 0.1	3.2 ± 0.1	38.9 ± 0.8	1.0 ± 0.1	24.9 ± 0.0
Rajče	Pollicino F1	6.6 ± 0.2	18.8 ± 1.0	0.4 ± 0.0	3.8 ± 0.1	30.5 ± 0.5	3.3 ± 0.1	10.6 ± 0.3
Rajče	Tomino	3.3 ± 0.3	3.7 ± 0.2	1.2 ± 0.1	1.1 ± 0.0	15.7 ± 0.6	4.7 ± 0.2	0.7 ± 0.0
Rajče	Tornado F1	1.9 ± 0.2	4.9 ± 0.5	2.2 ± 0.0	2.2 ± 0.1	5.0 ± 0.5	33.2 ± 0.1	26.2 ± 2.1
Rajče	Zelená zebra	0.3 ± 0.0	12.6 ± 0.5	0.4 ± 0.0	8.4 ± 0.3	1.8 ± 0.1	0.4 ± 0.0	1.1 ± 0.0
Rajče cherry	Brown Berry	0.3 ± 0.0	30.5 ± 0.8	0.6 ± 0.0	6.2 ± 0.6	6.5 ± 0.1	5.1 ± 0.3	10.4 ± 0.3
Rajče tyčkové	Perun	5.4 ± 0.5	33.0 ± 0.8	2.0 ± 0.1	5.7 ± 0.4	10.8 ± 0.6	4.5 ± 0.5	8.1 ± 0.1

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na stanovení přítomnosti a množství vybraných biogenních aminů v potravinách rostlinného původu. Použita byla metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie s UV detekcí po derivatizaci vzorků danzylchloridem. Biogenní aminy byly zjištěny téměř ve všech zkoumaných vzorcích. Putrescin byl nalezený v nejvyšším množství v citrusových plodech a to konkrétně u vzorku mandarinky odrůdy Satsumas $259,0 \pm 2,2$ mg/kg. Ve vyšší koncentraci byl PUT zjištěný také u pomeranče odrůdy Navel $206,4 \pm 16,5$ mg/kg. Histamin a kadaverin se u většiny vzorků ovoce a zeleniny vyskytoval ve velmi nízké koncentraci (<10 mg/kg). Fenylethylamin u hrušky odrůdy Coscia přesahuje i hodnotu 50 mg/kg. Spermin se vyskytuje v širokém rozmezí hodnot především v bramborech 0,6 - 109,3 mg/kg. Spermidin byl obsažený ve vyšších množstvích převážně v zelenině. Jeho maximální hodnota byla stanovena ve vzorku rajčete odrůdy Tornádo F1 $33,2 \pm 0,1$ mg/kg. Množství jednotlivých biogenních aminů v ovoci a zelenině je ovlivněno odrůdou plodiny, rozdílným stupněm zralosti plodů, odlišným stanovištěm pěstování, klimatickými podmínkami nebo případným mechanickým poškozením. Ve vyšších koncentracích mohou mít biogenní aminy negativní vliv nejenom na kvalitu potravin, ale především na zdraví konzumenta. Z tohoto důvodu jsou stanovené legislativní limity pro obsah histaminu v rybách a v rybích produktech, avšak nejsou zavedené legislativní předpisy pro potraviny rostlinného původu, které nadále mohou sloužit k přímé konzumaci či k výrobě dalších fermentovaných produktů, kdy při fermentaci dochází k několikanásobnému růstu některých biogenních aminů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VELÍŠEK, J. Chemie potravin. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-02-x.
- [2] SANTOS, M. H. S. Biogenic amines: their importance in foods. *International Journal of Food Microbiology* [online]. 1996, 29(2-3), 213-231 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1016/0168-1605(95)00032-1. ISSN 01681605. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0168160595000321>
- [3] OPLETAL, L., SKŘIVANOVÁ, V. Přírodní látky a jejich biologická aktivita. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1801-2.
- [4] KAROVICOVA, J., KOHAJDOVA, Z. Biogenic Amines in Food. *ChemInform* [online]. 2005, 36(34) [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1002/chin.200534338. ISSN 0931-7597. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/chin.200534338>
- [5] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.
- [6] KOMPRDA, T. Obecná hygiena potravin. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. ISBN 80-7157-757-x.
- [7] RODRIGUEZ, M. B. R., CARNEIRO, C. S., FEIJÓ, M. B. S., JÚNIOR, C. A. C., MANO, S. B. Bioactive Amines: Aspects of Quality and Safety in Food. *Food and Nutrition Sciences* [online]. 2014, 05(02), 138-146 [cit. 2019-03-04]. DOI: 10.4236/fns.2014.52018. ISSN 2157-944X. Dostupné z: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/fns.2014.52018>
- [8] BEATRIZ, M., GLÓRIA, A., VIEIRA, S.M. Technological and Toxicological Significance of Bioactive Amines in Grapes and Wines (2007)
- [9] TOMANDL, J. Základy lékařské chemie a biochemie. Brno: Masarykova univerzita, 2014. ISBN 978-80-210-6973-2.
- [10] KALHOTKA, L. Potravinářská mikrobiologie pro Zahradnickou fakultu Díl 2. Speciální část. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-016-4.
- [11] FUELL, CH., ELLIOTT, K. A., HANFREY, C. C., FRANCESCHETTI, M., MICHAEL, J. A. Polyamine biosynthetic diversity in plants and algae. *Plant Physiology and Biochemistry* [online]. 2010, 48(7), 513-520 [cit. 2019-03-04]. DOI: 10.1016/j.plaphy.2010.02.008. ISSN 09819428. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0981942810000380>

- [12] CARBONELL, J., BLÁZQUEZ, A. M. Regulatory mechanisms of polyamine biosynthesis in plants. *Genes & Genomics* [online]. 2009, 31(2), 107-118 [cit. 2019-03-04]. DOI: 10.1007/BF03191144. ISSN 1976-9571. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF03191144>
- [13] KALÁČ, P. Contents of polyamines in selected foods. *Food Chemistry* [online]. 2005, 90(4), 561-564 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.05.019. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814604003620>
- [14] HALÁSZ, A., BARÁTH, A., SIMON-SARKADI, L., HOLZAPFEL, W. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 1994, 5(2), 42-49 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1016/0924-2244(94)90070-1. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0924224494900701>
- [15] KALÁČ, P. Recent advances in the research on biological roles of dietary polyamines in man. *J Appl Biomed*. 2009;7(2):65-74.
- [16] RUIZ-CAPILLAS, C., HERRERO, A. Impact of Biogenic Amines on Food Quality and Safety. *Foods* [online]. 2019, 8(2) [cit. 2019-04-29]. DOI: 10.3390/foods8020062. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2304-8158/8/2/62>
- [17] KOMPRDA, T. *Hygiena potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997. ISBN 80-7157-276-4.
- [18] SHALABY, A. R. Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research International* [online]. 1996, 29(7), 675-690 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1016/S0963-9969(96)00066-X. ISSN 09639969. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096399699600066X>
- [19] NAILA, A., FLINT, S., FLETCHER, G., BREMER, P., MEERDINK, G. Control of Biogenic Amines in Food-Existing and Emerging Approaches. *Journal of Food Science* [online]. 2010, 75(7), R139-R150 [cit. 2019-03-04]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01774.x. ISSN 00221147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2010.01774.x>
- [20] YÜCEL, U., ÜREN, A. Biogenic amines in Turkish type pickled cabbage: Effects of salt and citric acid concentration. *Acta Alimentaria* [online]. 2008, 37(1), 115-122 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1556/AAlim.2007.0022. ISSN 0139-3006. Dostupné z: <http://www.akademiai.com/doi/abs/10.1556/AAlim.2007.0022>
- [21] KOMPRDA, T. Effect of starter culture, spice mix and storage time and temperature on biogenic amine content of dry fermented sausages. *Meat Science* [online]. 2004, 67(4), 607-616 [cit.

2019-03-06]. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.01.003. ISSN 03091740. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174004000178>

[22] SURESH, D., MANJUNATHA, H., SRINIVASAN, K. Effect of heat processing of spices on the concentrations of their bioactive principles: Turmeric (*Curcuma longa*), red pepper (*Capsicum annum*) and black pepper (*Piper nigrum*). *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2007, 20(3-4), 346-351 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.10.002. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157506001773>

[23] SAAID, M. B., HASHIM, N. H., MOHAMED ALI, A. S., SALEH, I. M. Determination of biogenic amines in selected Malaysian food. *Food Chemistry* [online]. 2009, 113(4), 1356-1362 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.08.070. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814608010509>

[24] GARDINI, F., ÖZOGUL Y., SUZZI G., TABANELLI G., ÖZOGUL F. Technological Factors Affecting Biogenic Amine Content in Foods: A Review. *Frontiers in Microbiology* [online]. 2016, 7 [cit. 2019-05-12]. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01218. ISSN 1664-302X. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fmicb.2016.01218/abstract>

[25] SIMON-SARKADI, L., HOLZAPFEL, W. H., HALASZ, A. BIOGENIC AMINE CONTENT AND MICROBIAL CONTAMINATION OF LEAFY VEGETABLES DURING STORAGE AT 5C. *Journal of Food Biochemistry* [online]. 1993, 17(6), 407-418 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1111/j.1745-4514.1993.tb00483.x. ISSN 0145-8884. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4514.1993.tb00483.x>

[26] MORET, S., SMELA, D., POPULIN, T., CONTE, L. S. A survey on free biogenic amine content of fresh and preserved vegetables. *Food Chemistry* [online]. 2005, 89(3), 355-361 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.02.050. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814604002079>

[27] SÁNCHEZ-PÉREZ, S., COMAS-BASTÉ, O., RABELL-GONZÁLEZ, J., VECIANA-NOGUÉS, M., LATORRE-MORATALLA, M., VIDAL-CAROU, M. Biogenic Amines in Plant-Origin Foods: Are They Frequently Underestimated in Low-Histamine Diets?. *Foods* [online]. 2018, 7(12) [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.3390/foods7120205. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2304-8158/7/12/205>

[28] KIRAN, K., MUDNAKUDU, N., BHEEMANAPALLI, N. H. B., VENKATESH, P. Y. Higher Histamine Sensitivity in Non-atopic Subjects by Skin Prick Test May Result in Misdiagnosis of Eggplant Allergy. *Immunological Investigations* [online]. 2009, 38(1), 93-103 [cit. 2019-03-06].

DOI: 10.1080/08820130802608295. ISSN 0882-0139. Dostupné z:
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08820130802608295>

[29] PRETI, R., RAPA, M., VINCI, G. Effect of Steaming and Boiling on the Antioxidant Properties and Biogenic Amines Content in Green Bean (*Phaseolus vulgaris*) Varieties of Different Colours. *Journal of Food Quality* [online]. 2017, 2017, 1-8 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1155/2017/5329070. ISSN 0146-9428. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/jfq/2017/5329070/>

[30] CHUNG, B. Y., PARK, S. Y., BYUN, Y. S., SON, J. H., CHOI, Y. W., CHO, Y. S., KIM, H. Y., PARK, CH.W. Effect of Different Cooking Methods on Histamine Levels in Selected Foods. *Annals of Dermatology* [online]. 2017, 29(6) [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.5021/ad.2017.29.6.706. ISSN 1013-9087. Dostupné z: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.5021/ad.2017.29.6.706>

[31] BODMER, S., IMARK, C., KNEUBÜHL, M. Biogenic amines in foods: Histamine and food processing. *Inflammation Research* [online]. 1999, 48(6), 296-300 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1007/s000110050463. ISSN 1023-3830. Dostupné z:
<http://link.springer.com/10.1007/s000110050463>

[32] KALACĚ, P., KRAUSOVÁ, P. A review of dietary polyamines: Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chemistry* [online]. 2005, 90(1-2), 219-230 [cit. 2019-03-08]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.03.044. ISSN 03088146. Dostupné z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814604002961>

[33] LAVIZZARI, T., VECIANA-NOGUÉS, M. T., WEINGART, O., BOVER-CID, S., MARINÉ-FONT, A., VIDAL-CAROU, M. C. Occurrence of Biogenic Amines and Polyamines in Spinach and Changes during Storage under Refrigeration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2007, 55(23), 9514-9519 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1021/jf0713071. ISSN 0021-8561. Dostupné z:
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0713071>

[34] Scientific Opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journal* [online]. 2011, 9(10) [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.2903/j.efsa.2011.2393. ISSN 18314732. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2011.2393>

[35] STANDAROVÁ, E., BORKOVCOVÁ, I., VORLOVÁ, L. Obsah biogenních aminů v sýrech z české obchodní sítě. *Veterinářství: Odborný a stavovský měsíčník*. Praha: Profi Press, 2008, 58(11), 735-739. ISSN 0506 8231.

[36] BOVER-CID, S., HOLZAPFEL, W. H. Improved screening procedure for biogenic amine production by lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* [online]. 1999, 53(1),

33-41 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1016/S0168-1605(99)00152-X. ISSN 01681605. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016816059900152X>

[37] TORO-FUNES, N., BOSCH-FUSTE, J., LATORRE-MORATALLA, M.L., VECIANA-NOGUÉS, M.T. a VIDAL-CAROU, M.C. Biologically active amines in fermented and non-fermented commercial soybean products from the Spanish market. *Food Chemistry* [online]. 2015, 173, 1119-1124 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.10.118. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814614016823>

[38] KALAČ, P. Health effects and occurrence of dietary polyamines: A review for the period 2005–mid 2013. *Food Chemistry* [online]. 2014, 161, 27-39 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.102. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814614005056>

[39] GONZALEZ-AGUILAR, G. A., ZACARIAS, L., PEREZ-AMADOR, M. A., CARBONELL, J., LAFUENTE, M. J. Polyamine content and chilling susceptibility are affected by seasonal changes in temperature and by conditioning temperature in cold-stored 'Fortune' mandarin fruit. *Physiologia Plantarum* [online]. 2000, 108(2), 140-146 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1034/j.1399-3054.2000.108002140.x. ISSN 0031-9317. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1034/j.1399-3054.2000.108002140.x>

[40] KALAČ, P., ŠVECOVÁ, S. a PELIKÁNOVÁ, T. Levels of biogenic amines in typical vegetable products. *Food Chemistry* [online]. 2002, 77(3), 349-351 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/S0308-8146(01)00360-0. ISSN 03088146. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814601003600>

[41] KANAZAWA, K. a SAKAKIBARA, H. High Content of Dopamine, a Strong Antioxidant, in Cavendish Banana. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2000, 48(3), 844-848 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1021/jf9909860. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf9909860>

[42] SINGH, B., SINGH, J. P., KAUR, A. a SINGH, N. Bioactive compounds in banana and their associated health benefits – A review. *Food Chemistry* [online]. 2016, 206, 1-11 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.03.033. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814616303831>

[43] NISHIMURA, K., SHIINA, R., KASHIWAGI, K. a IGARASHI, K. Decrease in Polyamines with Aging and Their Ingestion from Food and Drink. *The Journal of Biochemistry* [online]. 2006,

139(1), 81-90 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1093/jb/mvj003. ISSN 1756-2651. Dostupné z: <http://academic.oup.com/jb/article/139/1/81/1050555/Decrease-in-Polyamines-with-Aging-and-Their>

[44] SANTIAGO-SILVA, P., LABANCA, R. A. a GLORIA, M. B. A. Functional potential of tropical fruits with respect to free bioactive amines. *Food Research International* [online]. 2011, 44(5), 1264-1268 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.11.026. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096399691000459X>

[45] LO SCALZO, R., FIBIANI, M., FRANCESE, G., D'ALESSANDRO, A., ROTINO, G., L., CONTE, P., a MENNELLA, G. Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Food Chemistry* [online]. 2016, 194, 835-842 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.08.063. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615012613>

[46] LIMA, G. P. P., DA ROCHA, S. A., TAKAKI, M., RAMOS, P. R. R. a ONO, E. O. Comparison of polyamine, phenol and flavonoid contents in plants grown under conventional and organic methods. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2008, 43(10), 1838-1843 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2008.01725.x. ISSN 09505423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2008.01725.x>

[47] RAVISHANKAR, G. A. a RAMAKRISHNA, A. Serotonin and melatonin: their functional role in plants, food, phytomedicine, and human health. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2017]. ISBN 9781498739054.

[48] ZHAO, Y., TAN, D., LEI, Q., CHEN, H., WANG, L., LI, Q., GAO, Y. a KONG, J. Melatonin and its potential biological functions in the fruits of sweet cherry. *Journal of Pineal Research* [online]. 2013, 55(1), 79-88 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1111/jpi.12044. ISSN 07423098. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/jpi.12044>

[49] MENA, P., ASCACIO-VALDÉS, J. A., GIRONÉS-VILAPLANA, A., DEL RIO, D., MORENO, D. A. a GARCÍA-VIGUERA, C. "Assessment of Pomegranate Wine Lees as a Valuable Source for the Recovery of (Poly)Phenolic Compounds." *Food Chemistry* 145 (2014): 327-34. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2013.08.039.

[50] MORET, S., SMELA, D., POPULIN, T. a CONTE, L. S. A survey on free biogenic amine content of fresh and preserved vegetables. *Food Chemistry* [online]. 2005, 89(3), 355-361 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.02.050. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814604002079>

- [51] BINH, P. N. T., SODA, K., MARUYAMA, CH. a KAWAKAMI, M. Relationship between food polyamines and gross domestic product in association with longevity in Asian countries. *Health* [online]. 2010, 02(12), 1390-1396 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.4236/health.2010.212206. ISSN 1949-4998. Dostupné z: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/health.2010.212206>
- [52] HUNTER, D. C. a BURRITT, D. J. Polyamines of Plant Origin - An Important Dietary Consideration for Human Health. RAO, Venketeshwer, ed. *Phytochemicals as Nutraceuticals - Global Approaches to Their Role in Nutrition and Health* [online]. InTech, 2012, 2012-03-23 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.5772/26902. ISBN 978-953-51-0203-8. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/phytochemicals-as-nutraceuticals-global-approaches-to-their-role-in-nutrition-and-health/polyamines-of-plant-origin-an-important-dietary-consideration-for-human-health>
- [53] LÜLLMANN, H., MOHR, K. a HEIN, L. Barevný atlas farmakologie. Vyd. 4., české. Ilustroval Jürgen WIRTH, přeložil Maxmilián WENKE. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3908-3.
- [54] KOOLMAN, J. a RÖHM, K-H. Barevný atlas biochemie. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-2977-0.
- [55] FUCHS, M., ŠVARCOVÁ, I., MACKOVÁ, L. a MYNAŘÍKOVÁ, H. Histaminová intolerance, snížená aktivita diaminooxidázy. *Alergie: Časopis pro kontinuální vzdělávání v alergologii a klinické imunologii*. Praha: Tigis, 2011, 13(3), 229-233. ISSN 1212-3536.
- [56] SCHLEIP, T. Histaminová intolerance. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-666-3.
- [57] YERAGANI, V. K. a RAO, T. S. S. Hypertensive crisis and cheese. *Indian Journal of Psychiatry* [online]. 2009, 51(1) [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.4103/0019-5545.44910. ISSN 0019-5545. Dostupné z: <http://www.indianjpsychiatry.org/text.asp?2009/51/1/65/44910>
- [58] LEDVINA, M., STOKLASOVÁ, A. a CERMAN, J. *Biochemie pro studující medicíny*. Vyd. 2. V Praze: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1416-8.
- [59] SIDHU, J. S. a ZAFAR, T. A. Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits. *Food Quality and Safety* [online]. 2018, 2(4), 183-188 [cit. 2019-03-08]. DOI: 10.1093/fqsafe/fyy019. ISSN 2399-1399. Dostupné z: <https://academic.oup.com/fqs/article/2/4/183/5164297>
- [60] KUKLIN, A. I. a CONGER, B. V. Catecholamines in plants. *Journal of Plant Growth Regulation* [online]. 1995, 14(2), 91-97 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1007/BF00203119. ISSN 0721-7595. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF00203119>

- [61] ATIYA ALI, M., POORTVLIET, E., STRÖMBERG, R. a YNGVE, A. Polyamines in foods: development of a food database. *Food & Nutrition Research* [online]. 2017, 55(1) [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.3402/fnr.v55i0.5572. ISSN 1654-6628. Dostupné z: <http://foodandnutritionresearch.net/index.php/fnr/article/view/595>
- [62] FARRIOL, M., SEGOVIA-SILVESTRE, T., CASTELLANOS, J. M., VENEREO, Y. a ORTA, X. Role of putrescine in cell proliferation in a colon carcinoma cell line. *Nutrition* [online]. 2001, 17(11-12), 934-938 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/S0899-9007(01)00670-0. ISSN 08999007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900701006700>
- [63] LARQUÉ, E., SABATER-MOLINA, M. a ZAMORA, S. Biological significance of dietary polyamines. *Nutrition* [online]. 2007, 23(1), 87-95 [cit. 2019-03-07]. DOI: 10.1016/j.nut.2006.09.006. ISSN 08999007. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900706003583>
- [64] KUSANO, T., BERBERICH, T., TATEDA, C. a TAKAHASHI, Y. Polyamines: essential factors for growth and survival. *Planta* [online]. 2008, 228(3), 367-381 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.1007/s00425-008-0772-7. ISSN 0032-0935. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00425-008-0772-7>
- [65] SLOCUM, R. D. a FLORES, H. E. *Biochemistry and physiology of polyamines in plants*. Boca Raton: CRC Press, 1991. ISBN 0849368650.
- [66] BAL, E. Effects of exogenous polyamine and ultrasound treatment to improve peach storability. *Chilean journal of agricultural research* [online]. 2013, 73(4), 435-440 [cit. 2019-03-06]. DOI: 10.4067/S0718-58392013000400016. ISSN 0718-5839. Dostupné z: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392013000400016&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- [67] KOMPRDA, T. Biogenní aminy a polyaminy ve fermentovaných potravinách živočišného původu. *Veterinářství: Odborný a stavovský měsíčník*. Praha: Profi Press, 2005, 55(10), 646-650. ISSN 0506 8231.
- [68] LATORRE-MORATALLA, M. L., BOVER-CID, S., VECIANA-NOGUÉS, T. a VIDAL-CAROU, M. C. Thin-layer chromatography for the identification and semi-quantification of biogenic amines produced by bacteria. *Journal of Chromatography A* [online]. 2009, 1216(18), 4128-4132 [cit. 2019-04-29]. DOI: 10.1016/j.chroma.2009.02.045. ISSN 00219673. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967309002908>
- [69] ÖNAL, A. A review: Current analytical methods for the determination of biogenic amines in foods. *Food Chemistry* [online]. 2007, 103(4), 1475-1486 [cit. 2019-04-29]. DOI: 10.1016/j.food-

chem.2006.08.028. ISSN 03088146. Dostupné z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814606006972>

[70] LÁZARO, C. a CONTE JUNIOR, C. A. Chromatographic methods for biogenic amines determination in foods of animal origin. (2013). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 50. 430-446.

[71] KVASNICĀKA, F. a VOLDŘICH, M. Determination of biogenic amines by capillary zone electrophoresis with conductometric detection. *Journal of Chromatography A* [online]. 2006, 1103(1), 145-149 [cit. 2019-04-29]. DOI: 10.1016/j.chroma.2005.11.005. ISSN 00219673. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002196730502114X>

[72] BUŇKOVÁ, L., ADAMCOVÁ, G., HUDCOVÁ, K., VELICHOVÁ, H., PACHLOVÁ, V., LORENCOVÁ, E. a BUŇKA, F. Monitoring of biogenic amines in cheeses manufactured at small-scale farms and in fermented dairy products in the Czech Republic. *Food Chemistry* [online]. 2013, 141(1), 548-551 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.03.036. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613003397>

[73] DADÁKOVÁ, E., KRÍŽEK, M. a PELIKÁNOVÁ, T. Determination of biogenic amines in foods using ultra-performance liquid chromatography (UPLC). *Food Chemistry* [online]. 2009, 116(1), 365-370 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.02.018. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814609002040>

[74] UDENFRIEND, S., LOVENBERG, W. a SJOERDSMA, A. Physiologically active amines in common fruits and vegetables. *Archives of Biochemistry and Biophysics* [online]. 1959, 85(2), 487-490 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1016/0003-9861(59)90516-8. ISSN 00039861. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0003986159905168>

[75] TANASA, V., MOISE, D., STANCA, M. Separation and quantification of biogenic amines in bananas by high performance liquid chromatography. *FOOD AND ENVIRONMENT SAFETY*. (2015). XIV.

[76] DVOŘÁK, A. Pěstování jabloní. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1980. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství)

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADC	Arginin dekarboxyláza
AGM	Agmatin
AIH	Agmatin iminohydroláza
BA	Biogenní amin
BAI	Index biogenních aminů
CAD	Kadaverin
CPA	N-karbamoyl-amidohydroláza
DNA	Kyselina deoxyribonukleová
DOPA	3,4-dihydrofenylalanin
ELISA	Enzymová imunochemická metoda
FAD	Flavinadenindinukleotid
HIS	Histamin
HNMT	Histamin-N-methyltransferáza
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
MAO	Monoaminoxidáza
MO	Mikroorganismus
ODC	Ornithin dekarboxyláza
PAO	Polyaminoxidáza
PEA	2-fenylethylamin
PUT	Putrescin
SPD	Spermidin
SPM	Spermin
TAG	Triacylglycerol
TRY	Tryptamin
TYR	Tyramin

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Struktura biogenních aminů [8].....	13
Obrázek 2: Schéma obecné dekarboxylace [9].....	14
Obrázek 3: Hlavní reakce biogenních aminů [5].....	15

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Biogenní aminy, jejich dekarboxylázy a prekurzory a produkty transformace. Upraveno dle [5, 16].....	15
Tabulka 2: Obsah biogenních aminů v ovoci (mg/kg).....	46
Tabulka 3: Obsah biogenních aminů v slupce a dužnině (mg/kg).....	47
Tabulka 4: Obsah biogenních aminů v zelenině (mg/kg).....	52