

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

TOMÁŠ MACEK

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav technologie potravin



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



Biogenní aminy v potravinách
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
MVDr. Olga Cwиковá, Ph.D.

Vypracoval:
Tomáš Macek

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci.....

.....
vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

Na tomto místě bych chtěl poděkovat MVDr. Olze Cwиковé, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a trpělivost při zpracování mé bakalářské práce.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou biogenních aminů, vyskytujících se v potravinách. Je zde popsán vznik biogenních aminů, jejich charakteristika, faktory ovlivňující obsah biogenních aminů, toxické účinky z hlediska lidského zdraví a také odbourávání organismem. Dále se práce zaměřuje na výskyt biogenních aminů v jednotlivých potravinách, jsou zde popsány i mikroorganismy, které se podílejí na jejich vzniku. Nakonec je věnována pozornost zabránění výskytu biogenních aminů v potravinách v koncentracích, které mohou vyvolat zdravotní obtíže.

Klíčová slova: biogenní aminy, mikroorganismy, potraviny

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with an issue of biogenic amines occurring in food. It describes of biogenic amines formation, characteristics, factors influencing their content, toxic effects on human health and also their degradation in the human body. Then the thesis focuses on biogenic amines occurrence in various types of food. It also describes microorganisms which are involved in biogenic amines formation. At the end of the thesis there is paid attention to prevention of biogenic amines occurrence in food at levels that may cause health problems.

Keywords: biogenic amines, microorganisms, foods

OBSAH

1 ÚVOD.....	8
2 CÍL PRÁCE	9
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1 Biogenní aminy	10
3.1.1 Charakteristika biogenních aminů	10
3.1.2 Rozdělení biogenních aminů	10
3.1.3 Vznik biogenních aminů.....	11
3.1.4 Funkce biogenních aminů.....	12
3.1.5 Toxicita biogenních aminů	13
3.1.6 Detoxikace biogenních aminů v organismu	13
3.1.7 Legislativní limity	14
3.2 Faktory ovlivňující obsah biogenních aminů v potravinách.....	14
3.2.1 Aktivita vody	14
3.2.2 Teplota prostředí.....	15
3.2.3 pH	15
3.2.4 Koncentrace soli	16
3.2.5 Koncentrace sacharidů.....	16
3.2.6 Přítomnost kyslíku.....	16
3.2.7 Startovací kultury	16
3.2.8 Další faktory	17
3.3 Mikroorganismy s dekarboxylační činností	17
3.3.1 Charakteristika mikroorganismů podílející se na tvorbě biogenních aminů ..	18
3.3.1.1 <i>Bakterie mléčného kvašení</i>	18
3.3.1.2 <i>Čeď Enterobacteriaceae</i>	20
3.3.1.3 <i>Čeď Vibrionaceae</i>	21
3.3.1.4 <i>Rod Pseudomonas</i>	22
3.3.1.5 <i>Rod Micrococcus</i>	22

3.3.1.6 <i>Rod Kocuria</i>	22
3.3.1.7 <i>Rod Staphylococcus</i>	22
3.3.1.8 <i>Rod Bacillus</i>	23
3.3.1.9 <i>Rod Clostridium</i>	23
3.3.1.10 <i>Další mikroorganismy</i>	23
3.4 Výskyt biogenních aminů v potravinách.....	23
3.4.1 Nefermentované potraviny	24
3.4.1.1 <i>Ryby</i>	24
3.4.1.2 <i>Maso a masné výrobky</i>	25
3.4.1.3 <i>Mléko</i>	25
3.4.1.4 <i>Čokoláda</i>	25
3.4.1.5 <i>Ovoce a zelenina</i>	26
3.4.2 Fermentované potraviny	26
3.4.2.1 <i>Fermentované mléčné výrobky</i>	26
3.4.2.2 <i>Sýry</i>	27
3.4.2.3 <i>Fermentované salámy</i>	28
3.4.2.4 <i>Víno</i>	29
3.4.2.5 <i>Pivo</i>	30
3.4.2.6 <i>Fermentovaná zelenina</i>	30
3.5 Snížení obsahu biogenních aminů v potravinách.....	31
4 ZÁVĚR	32
5 LITERATURA	34

1 ÚVOD

Potravinová bezpečnost může být ohrožována mnohými nebezpečími biologického, fyzikálního nebo chemického původu. Do posledně zmiňovaných zařazujeme i biogenní aminy, protože mohou být původcem alimentárního onemocnění.

Pozornost o biogenní aminy vzrostla v šedesátých letech minulého století, kdy po konzumaci sýrového sendviče zemřel liverpolský přístavní dělník. Jeho smrt byla způsobena interakcí tyraminu a léků inhibující monoaminoxidázy (antidepresiva). Tato interakce byla způsobena nedostatečnou metabolizací tyraminu, což vyústilo v hypertenzní krizi.

V odborných literaturách v zásadě shledáváme dva důvody monitoringu biogenních aminů v potravinách. Hlavním důvodem je nebezpečnost těchto látek ohrožující zdraví konzumenta. Druhou příčinou je snaha o objevení souvislosti mezi obsahem a jakostí potraviny.

Biogenní aminy se označují také jako biologicky aktivní aminy. Jsou to dusíkaté nízkomolekulární sloučeniny odvozené od aminokyselin, které mají biologický původ a vyskytují se v širokém množství potravin.

Biogenní aminy jsou pro živé organismy nepostradatelné, na druhou stranu jejich vysoké dávky mohou přivodit psychoaktivní a vazoaktivní potíže. Ve vysokých koncentracích mohou způsobovat pocení, dýchací potíže, zvracení, bušení srdce, hypotenzi nebo hypertenzi a migrény. Biogenní aminy také vedle negativních zdravotních účinků zhoršují kvalitu potravin a potravinových surovin.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši pod titulem biogenní aminy v potravinách, obsahující:

- Problematiku vzniku biogenních aminů.
- Charakteristiku mikroorganismů, podílející se na vzniku biogenní aminů, dále popis faktorů, které ovlivňují obsah biogenních aminů v potravinách.
- Výčet potravin, ve kterých se biogenních aminy nachází.
- Opatření vedoucí ke snížení obsahu biogenních aminů v potravinách.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Biogenní aminy

3.1.1 Charakteristika biogenních aminů

Biogenní aminy (BA) jsou nízkomolekulární bazické dusíkaté látky, tvořící se v potravinách a potravinových surovinách nejčastěji dekarboxylací aminokyselin vlivem bakteriálních dekarboxyláz (ZAMAN a kol., 2010).

V živočišných tkáních a rostlinných pletivech mají BA celou řadu významných funkcí, proto se tyto sloučeniny v nízkém počtu běžně nachází přirozeně v potravinách. (VELICHOVÁ a kol., 2014). Vyskytují se prakticky ve všech potravinách, obsahující bílkoviny nebo volné aminokyseliny, které jsou vystaveny příhodným podmínkám umožňující biochemickou činnost mikroorganismů (BUŇKOVÁ a kol., 2009).

K nejvýznamnějším biogenním aminům vyskytujících se v potravinách patří histamin, tyramin, 2-fenyletylamin, tryptamin, kadaverin, putrescin, spermin a spermidin (SHRUTI a kol., 2011).

3.1.2 Rozdělení biogenních aminů

Podle jejich chemické struktury se významné BA dělí na:

- aromatické: tyramin, 2-fenyletylamin
- heterocyklické: histamin, tryptamin
- alifatické: putrescin, kadaverin, spermidin, spermin - tyto BA jsou u některých autorů klasifikovány jako polyaminy z důvodů specifických biochemických a toxikologických účinků; vyjma sperminu a spermidinu se do této kategorie řadí i jejich prekurzor putrescin, který je po strukturní stránce diaminem (KOMPRDA a kol., 2014).

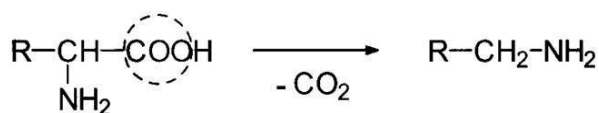
Kromě těchto metabolitů patří do skupiny BA i některé důležité biologicky aktivní látky, jako je dopamin, adrenalin, noradrenalin a serotonin. Tyto látky působí v živých organismech jako hormony a neuropřenašeče (DOHNAL, 2011).

3.1.3 Vznik biogenních aminů

Základní předpoklady pro vznik biogenních aminů jsou:

- dostupnost aminokyselin v potravine
- přítomnost mikroorganismů s dekarboxylačními enzymy
- navození vhodných podmínek umožňující růst a množení mikroorganismů (KOMPRDA, 2004).

Z potravinového a výživového hlediska má rozhodující význam pro vznik BA dekarboxylace přirozených aminokyselin vlivem specifických bakteriálních enzymů. Dekarboxylace je chemická reakce, jejímž vlivem se z prekursoru aminokyseliny odštěpuje karboxylová skupina – COOH za vzniku oxidu uhličitého a primárního aminu (biogenního aminu). Katalyzátorem této reakce je enzym zvaný dekarboxylasa (KALHOTKA, 2012). Schéma vzniku BA je znázorněno na obr. 1.



Obr.1 Dekarboxylace AMK, vzniká biogenní amin (slideplayer.cz/slide/2838147/)

Druhá možnost vzniku biogenních aminů je aminace a transaminace aldehydů nebo ketonů (VISCIANO a kol., 2012).

Názvy mnohých biogenních aminů odpovídají názvům svých původních aminokyselin. Například histidin se dekarboxyluje za vzniku histaminu, tryptofan na tryptamin, ze kterého se následně tvoří hormon serotonin. Fenylyalanin se dekarboxyluje za vzniku 2-fenylethylaminu, tyrosin na tyramin (STADNIK a DOLATOWSKI, 2010). Z DOPA se tvoří dopamin, oxidací dopaminu dochází k produkci hormonu dřene nadledvinek noradrenalin a jeho reakcí adrenalin. Dále dekarboxylací lysinu dochází k produkci kadaverinu, z argininu vzniká agmatin a poté putrescin. Ten může vznikat i přímou dekarboxylací ornitinu. Z putrescinu dochází k tvorbě spermidinu a dále sperminu (VELÍŠEK, 2002).

Přehled biogenních aminů vyskytujících se v potravinách, jejich prekurzory a biologické účinky je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Biogenní aminy, jejich prekurzory a biologický význam (VELÍŠEK, 2002).

Biogenní amin	Původní amynokyselina	Biologický význam
Histamin	Histidin	Lokální tkáňový hormon, vliv na krevní tlak, sekreci žaludeční šťávy, účast při anafylaktickém šoku a alergických reakcích
Kadaverin	Lysin	Stabilizace makromolekul (nukleové kyseliny), subcelulárních struktur (ribosomy), stimulace diferenciac buněk, rostlinný hormon
Putrescin	Arginin via ornithin nebo citrullin	Stabilizace makromolekul, subcelulárních struktur (ribosomy), stimulace diferenciac buněk, rostlinný hormon
Fenylethylamin	Fenylalanin	Prekurzor tyraminu
Tyramin	Tyrosin	Prekurzor dopaminu, lokální tkáňový hormon, vliv na krevní tlak a kontrakce hladkého svalstva
Tryptamin	Tryptofan	Lokální tkáňové a rostlinné hormony, vliv na krevní tlak, peristaltiku střev, psychické funkce

3.1.4 Funkce biogenních aminů

Určité BA mají v těle zvířat a člověka vliv na důležité fyziologické funkce. Díky tomu v organismu působí na celou řadu procesů, jako je např. regulace tělesné teploty a pH žaludku, příjem potravy, mozková činnost, snížení nebo zvýšení krevního tlaku, alergie (LADERO a kol., 2010). V různých biochemických pochodech jsou zdrojem dusíku. Slouží též jako výchozí látky pro hormony, alkaloidy, nukleové kyseliny nebo bílkoviny. Některé BA se podílejí na tvorbě aroma konečného výrobku. Dále polyaminy mají vliv na tvorbu a růst buněk nebo se také účastní na zneškodňování volných radikálů v trávicím traktu. Sekundární aminy (agmatin, spermiin, spermidin) za určitých podmínek reagují s dusitany za tvorby nitrosaminů, které mají rakovinotvorné vlastnosti (KOHÁJDOVÁ a kol., 2008).

Nadměrná koncentrace BA se nachází u potravin v pokročilém stupni kažení, tudíž se z pohledu hygieny využívají jako indikátory stupně kažení potravin. Monitoring těchto kontaminantů v potravinách je tedy významným ukazatelem zdravotní bezpečnosti a jakosti potravin, potažmo úrovně hygieny výroby a skladování (KOPŘIVA, 2014).

3.1.5 Toxicita biogenních aminů

Histamin a tyramin jsou hlavní BA ohrožující lidské zdraví. Toxicita tryptaminu a 2-fenyletylaminu je nižší. Účinky těchto látek mohou být vazoaktivní (zúžení cév u tyraminu a fenyethylaminu, rozšíření cév u histaminu) a psychoaktivní (KAMENÍK, 2012).

Diaminy putrescin a kadaverin samy o sobě nejsou pro člověka tolik nebezpečné, mohou však mít vliv na nárůst toxicity jiných BA (obzvláště histaminu a tyraminu), potažmo mohou snižovat efektivitu detoxikačního systému (HUDCOVÁ a kol., 2012).

Histamin je nejtoxičtější BA v potravinách. Původcem otravy touto látkou jsou nejčastěji ryby z čeledi makrelovitých. K dalším potenciálně rizikovým potravinám patří sýry, špenát, lilek, banány nebo červené víno. Nadměrné množství histaminu v organismu může způsobit vazodilataci cév, kontrakci hladké svaloviny, snížení krevního tlaku, bolesti hlavy, kopřivku, poruchy zraku, břišní křeče, nevolnost, zvracení, tachykardii. Tyto symptomy se po konzumaci kontaminované potravy obvykle projeví již během 10 – 30 minut, nanejvýš do 24 hodin. Průběh této otravy často připomíná alergickou reakci z potravin (BĚLOHLÁVKOVÁ a FUCHS, 2005; ZORNÍKOVÁ, 2012).

Tyramin je neúčinnější ze skupiny tzv. vazoaktivních BA (látek ovlivňující krevní tlak). První zvýšení krevního tlaku za pomoci tyraminu bylo odhaleno v šedesátých letech minulého století u pacientů léčených pomocí antidepresiv, která inhibovala enzym monoaminoxidázu. Proto se mnohdy otrava tyraminem nazývá sýrová reakce. Mezi další příznaky patří silná bolest hlavy, krvácení do mozku nebo selhání srdce. Mírnější intoxikace tyraminu způsobují migrény (KOHAJDOVÁ a kol., 2008).

3.1.6 Detoxikace biogenních aminů v organismu

Za běžných okolností u zdravého člověka je normální příjem BA metabolizován, jelikož se ve střevním traktu nachází enzymový detoxikační systém. Klíčovou úlohu v něm vykonávají monoaminoxidázy, diaminoxidázy a histidinmetyltransferázy (VELICHOVÁ a kol., 2014), které mění BA na aldehydy a dále na karboxylové kyseliny (ČERNÝ a kol., 2005). Nicméně přílišné množství BA může vyvolat poškození tohoto detoxikačního systému. BA se poté dostávají do krevního oběhu a mohou zapříčinit výše zmíněné zdravotně nežádoucí účinky. Nebezpečná je zejména

soudobá konzumace více rizikových potravin najednou (fermentované výrobky, pivo, víno) (BUŇKOVÁ a kol., 2012). Mezi další látky, které omezují účinnost tohoto systému patří alkohol, káva, čaj, cigarety a některé léky (GREIF a kol., 2005).

3.1.7 Legislativní limity

Při posuzování toxicity BA je nutné zvažovat kromě přítomného aminu i další okolnosti. Jedná se především o množství zkonsumované potraviny, individuální citlivost, alergici, určité léky apod. Z této příčiny je značně složité určit limity toxicity BA (VELÍŠEK, 2002).

V české legislativě do roku 2004 byl stanoven zákonodárný limit pro vybrané BA v rybách, sýrech, pivu a vínu. V současnosti je však platný pouze hygienický limit pro histamin v rybách a výrobcích z ryb. Ten činí u sedmi odebraných vzorků z devíti 100 mg/kg, dva mohou obsahovat až 200 mg/kg. Pro tyramin tyto limity nejsou stanoveny. Jako přijatelná hodnota pro tyramin v potravině se často objevuje hranice mezi 100 až 800 mg/kg. Mimo to legislativa nenařizuje producentům uvádět obsah BA na spotřebitelských obalech (STANDAROVÁ a kol., 2008).

Odborná literatura také udává, že po pozření 8 – 40 mg histidinu nastává slabá otrava, dále 40 – 100 mg způsobuje otravu střední a nad 100 mg dochází k otravě silné. Při konzumaci tyraminu v obsahu přesahujícím 100 mg může docházet k těžkým bolestem hlavy (OLŠOVSKÁ, 2014).

3.2 Faktory ovlivňující obsah biogenních aminů v potravinách

Vznik a množství BA v potravinách lze ovlivnit celou řadou faktorů. Kromě již výše uvedených základních podmínek tvorby BA, jejich produkci dále ovlivňuje především pH, teplota, aktivita vody, doba skladování, hygiena získávání a zpracování potravinových surovin, obsah soli nebo startovací kultury (BURDYCHOVÁ 2009).

3.2.1 Aktivita vody

Vodní aktivita (a_w) nám udává obsah volné vody, kterou jsou mikroorganismy schopny využívat. Voda má tedy a_w 1,0. Pro převážnou část mikrobů je optimální hodnota $a_w > 0,98$ a platí, že s klesající hodnotou vodní aktivity (např. sušením, přidáním soli, mrazením) se počet mikroorganismů snižuje a dochází k částečnému nebo úplnému zastavení jejich růstu (KALHOTKA, 2007). Většina mikrobů je

inhibována již při nižším a_w než 0,9. U bakterií způsobujících kažení potravin je minimální hodnota a_w 0,90 – 0,91, pro kvasinky je to 0,87 – 0,94 a pro plísňe 0,70 až 0,80. Většina mikroorganismů je neschopna se vyvíjet při a_w nižším jak 0,60. Platí tedy, že nejodolnější proti nízké vodní aktivitě jsou plísňe, poté kvasinky a nakonec bakterie (BARBOSA-CANOVAS a kol., 2007).

3.2.2 Teplota prostředí

Jeden z nejvýznamnějších faktorů majících vliv na enzymatickou činnost mikroorganismů, a tím i na vznik BA, je teplota prostředí. Všeobecně platí, že tvorba BA je úměrná teplotě a času skladování (KALHOTKA 2012). S rostoucí dobou skladování narůstá koncentrace kontaminující mikroflóry, čímž dochází ke zvýšení množství aminů (BUŇKOVÁ a kol., 2009). Optimální teplota pro většinu mikroorganismů s dekarboxylázovou aktivitou je 20 – 37 °C, nižší teploty často jejich růst zastavují (KAROVIČOVÁ a KOHAJDOVÁ, 2003). Záleží to ale zejména na typu kontaminující mikroflóry. Například značně odlišná je optimální teplota pro histamin, která může být 5 – 38 °C (KALHOTKA, 2007). *Klebsiella pneumoniae* dokonce produkuje histamin i při teplotách 4 °C, proto je nezbytné zmrazování a následné rychlé zpracování ryb. Samotné BA jsou termostabilní, např. histamin bývá inaktivován až při teplotě 116 °C trvající 90 minut (GREIF a kol., 2005).

Vaření potravin má tedy malý vliv na redukci BA. Nastává jen částečný rozklad. Jakmile dojde k jejich vzniku, je těžké je eliminovat. Proto je nejvhodnější opatření k zajištění nízké koncentrace BA dodržovat takové technologické postupy a hygienické podmínky, které zabraňují jejich vzniku (VELÍŠEK, 2002).

3.2.3 pH

Koncentrace vodíkových iontů v prostředí je jedním z klíčových faktorů ovlivňující činnost mikroorganismů (SUZI a GARDINI, 2003). Různé mikrobiální druhy vyžadují různé pH prostředí, které ovlivňuje aktivitu dekarboxylačních enzymů, respektive obsah biogenních aminů. Optimální pH pro mikroorganismy s dekarboxylační aktivitou je v rozmezí 4,0 – 5,5. Vyhovuje jim tudíž kyselější prostředí (KALHOTKA 2007).

3.2.4 Koncentrace soli

Solení potravin obecně redukuje obsah biogenních aminů. Na druhou stranu některé BA, jako je histamin a zejména tyramin mohou působit na bakterie osmoprotektivně. To má za následek při vyšším obsahu soli (NaCl, dusitany) v substrátu aktivaci dekarboxylačních enzymů, a tedy i nárůst příslušných BA (KALHOTKA 2007). Konkrétně u tyraminu množství soli do 3 % fungovalo jako akcelerátor jeho růstu, ale přídavek 6 % soli produkci BA inhiboval (PLEVA a kol., 2012).

3.2.5 Koncentrace sacharidů

Přítomnost zkvasitelných sacharidů, jako je např. glukóza také může ovlivnit obsah BA. Optimální její koncentrace je 0,5 – 2 %, vyšší než 3 % inhibuje tvorbu dekarboxylačních enzymů (KAROVIČOVÁ a KOHAJDOVÁ, 2003).

3.2.6 Přítomnost kyslíku

Dalším faktorem je dostupnost kyslíku. Ačkoliv tento činitel není jednoznačný, jelikož se na vzniku BA účastní mikroorganismy aerobní, anaerobní i fakultativně anaerobní (KOMPRDA, 2004).

3.2.7 Startovací kultury

Při výrobě fermentovaných výrobků je nutné vybírat takové kmeny startovacích kultur, které nevykazují žádnou dekarboxylační aktivitu. Odbornou literaturou byla potvrzena schopnost startovacích kultur bez dekarboxylázové aktivity (např. *Lactobacillus sakei*) redukovat BA, a to až z 95 % oproti jiným komerčně využívaným kmenům startovacích kultur (*L. plantarum*, *Pediococcus* spp. a *S. carnosus*). Jejich účinnost však také závisí na kvalitě použité suroviny, receptuře, přísadách, koncentraci sacharidů, teplotě a relativní vlhkosti během zrání (KAMENÍK, 2012).

Pro snižování obsahu BA je vhodná také aplikace mikroorganismů s aminoroxidázovou aktivitou. Například *Micrococcus varians* v trvanlivých masných výrobcích způsobuje snížený obsah tyraminu. *Brevibacterium linens* zase snižuje obsah tyraminu a histidinu během zrání sýrů (KAROVIČOVÁ a KOHAJDOVÁ, 2003).

3.2.8 Další faktory

Vyjma výše uvedených faktorů ovlivňují tvorbu BA i další chemické látky. Jedná se např. o fenolické sloučeniny, další sacharidy (např. arabinóza), alkohol nebo oxid siřičitý (DOLEŽALOVÁ a kol., 2010).

3.3 Mikroorganismy s dekarboxylační činností

Decarboxylázy aminokyselin jsou enzymy, kterými jsou vybaveny mnohé mikroorganismy a díky nimž vznikají BA. Schopnost dekarboxylace aminokyselin byla pozorována u zástupců rodu *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Photobacterium*, *Clostridium* (DOLEŽALOVÁ a kol., 2010; SUZI a GARDINI, 2003), čeledi *Enterobacteriaceae*, do nichž patří zástupci rodů *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Proteus* (*Morganella*), *Hafnia*, *Serratia*, *Salmonella* a *Shigella*. Dále se jedná o čeleď *Staphylococcaceae*, *Micrococcaceae* s rody *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Kocuria* a čeleď *Vibrionaceae*: rody: *Vibrio*, *Aeromonas*. (GREIF a kol., 2005; SUZI a GARDINI, 2003). Také mnoho bakterií mléčného kvašení (BMK) je vybaveno dekarboxylázovými enzymy. Patří sem rody *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Carnobacterium*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* nebo i některé probiotické a startovací kultury (ČERNÝ a kol., 2009; SUZI a GARDINI, 2003).

Tvorba BA závisí spíše na kmeni než na druhu mikroorganismů, tzn. že rozdílné kmeny stejného druhu se mohou lišit v tvorbě BA (BUŇKOVÁ, a kol., 2010).

K nejvýznamnějším producentům histaminu ve svalovině ryb patří čeleď *Enterobacteriaceae*, zahrnující druhy *Morganella* (*Proteus*) *morganii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Clostridium perfringens* a *Hafnia alvei*. V rybích salátech vysoká koncentrace histaminu může být způsobena bakterií *Lactobacillus buchneri*. (GREIF *et al.*, 2005). K významným producentům histaminu se také řadí *Escherichia*, *Clostridium*, *Salmonella*, *Bacillus* a *Lactobacillus* (HALÁSZ a kol., 1994).

V mase a masných výrobcích vznikají BA (hlavně histamin, kadaverin a putrescin) zejména aktivitou bakterií rodu *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Micrococcus* a zástupcema čeledi *Enterobacteriaceae* (PLEVA a kol., 2012). *Enterobacteriaceae* se také často podílejí na vzniku kadaverinu a putrescinu v drůbeži (BUŇKOVÁ a kol., 2009).

Přehled významných mikroorganismů podílejících se na produkci biogenních aminů v jednotlivých potravinách je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2: Významné mikroorganismy produkující biogenní aminy (VELÍŠEK, 2002).

Potravina	Mikroorganismy	Produkované aminy
Ryby	<i>Morganella morgani</i> , <i>Klebsiella pneumoni</i> , <i>Hafnia alvei</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Clostridium perfringen</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Bacillus</i> sp., <i>Staphylococcus xylosus</i>	Histamin, tyramin, kadaverin, putrescin, agmatin, spermin, spermidin
Sýry	<i>Lactobacillus buchneri</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. arabinosae</i> , <i>Streptococcus faecium</i> , <i>S. mitis</i> , <i>Bacillus macerans</i> , <i>Propionibacterium</i> sp.	Histamin, kadaverin, putrescin, tyramin, tryptamin
Maso a masné výrobky	<i>Pediococcus</i> sp., <i>Lactobacillus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Streptococcus</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp.	Histamin, kadaverin, putrescin, tyramin, tryptamin, fenylethylamin,
Fermentovaná zelenina	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Pediococcus</i> sp.	Histamin, kadaverin, putrescin, tyramin, tryptamin, fenylethylamin

3.3.1 Charakteristika mikroorganismů podílejících se na tvorbě biogenních aminů

3.3.1.1 Bakterie mléčného kvašení

Je to skupina grampozitivních, nesporotvorných, nepohybujících se koků a tyčinek, které zkvašují sacharidy. Touto činností za fakultativně anaerobních podmínek vzniká především kyselina mléčná. Dále dochází k tvorbě antimikrobiálních sloučenin a látek ovlivňujících chuť a vůni potravin. BMK se rozdělují na homofermentativní (dochází k produkci pouze kyseliny mléčné) a heterofermentativní (tvoří se i další látky, jako je kyselina octová, oxid uhličitý, etanol, vodík aj.) (KALHOTKA, 2014).

Některé BMK se běžně podílejí na tvorbě biogenních aminů, typická je pro ně tvorba tyraminu (FIALOVÁ a kol., 2013). Dekarboxylaci tyrozinu způsobují mnohé ze zástupců rodů *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Oenococcus*. U tryptofanu se uplatňují *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*. Dále na vzniku putrescinu se podílí *Lactobacillus* a na vzniku histaminu *Lactobacillus*, *Oenococcus* a *Pediococcus* (BUŇKOVÁ a kol., 2010).

Rod *Lactobacillus* (čeleď *Lactobacillaceae*)

Jedná se o grampozitivní, nesporotvorné, fakultativně anaerobní nebo mikroaerofilní, nepohyblivé tyčinky. Přirozeně se vyskytuje v mléce, ústech, trávicím ústrojí savců, na rostlinách nebo v půdě (ŠILHÁNKOVÁ, 2002). Vyskytují se zde rody homofermentativní i heterofermentativní a tedy kromě kyseliny mléčné některé druhy tvoří i kyselinu octovou, ethanol a CO₂. Snižují pH prostředí, čímž zastavují množení hnilobných bakterií (KALHOTKA, 2014).

Rod *Lactococcus* (čeleď *Streptococcaceae*)

Jsou to homofermentativní, grampozitivní, fakultativně anaerobní koky s optimální teplotou růstu 30 °C. Využívají se jako čisté mlékařské kultury pro výrobu smetany, kysaného mléka, tvarohů a sýrů. Typickým zástupcem je *Lactococcus lactis* s několika poddruhy (GÖRNER a VALÍK, 2004).

Rod *Leuconostoc* (čeleď *Leuconostocaceae*)

Jsou to heterofermentativní, grampozitivní, nesporotvorné, fakultativně anaerobní koky s optimální teplotou růstu 20 až 30 °C. Nachází se ve smetanové kultuře a vytváří biacetyl (její aroma). Kromě toho je i složkou kysaného zelí a hojně se vyskytuje v masu a masných výrobcích (GÖRNER a VALÍK, 2004).

Rod *Pediococcus* (čeleď *Lactobacillaceae*)

Jedná se o grampozitivní, homofermentativní, fakultativně anaerobní, kokovité bakterie s optimální teplotou růstu 25 až 40 °C. Snesou vysoké koncentrace soli. Jsou součástí mlékárenských kultur a startovacích kultur pro produkci fermentovaných masných výrobků (KALHOTKA, 2014). Některé jsou nežádoucí při výrobě piva, neboť produkují biacetyl, který zhoršuje jeho sensorické vlastnosti (ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

Rod *Streptococcus* (čeleď *Streptococcaceae*)

Jsou to grampozitivní, homofermentativní, nesporotvorné, fakultativně anaerobní koky s optimální teplotou růstu 37 °C a nižší vyjma *S. salivarius ssp. thermophilus*, který se používá k výrobě jogurtu (KALHOTKA). Některé druhy jsou patogení. Jsou původcem hnisavých onemocnění, spály, angíny nebo zubních kazů. Rozkládají také červené krvinky (hemolýza) (ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

Rod *Enterococcus* (čeleď Enterococcaceae)

Řadí se k BMK. Některé druhy jsou však podmíněně patogenní. Jsou to grampozitivní, fakultativně anaerobní nesporeující koky. Jejich optimální teplota růstu je 37 °C. Nevadí jim vysoké koncentrace soli a některým druhům i vysoké teploty. Přežívají i nízkou a_w . Mají význam jako indikátory fekálního znečištění nebo úrovně sanitace. Často se nacházejí v mléce a mléčných výrobcích a také v potravinách obsahujících vyšší procento soli. Ve fermentovaných produktech ovlivňují chuť a vůni výrobku. Známymi zástupci jsou *Enterococcus faecalis* a *E. faecium* (KALHOTKA, 2014).

Nezákysové bakterie mléčného kvašení

Nazývají se také divoké bakterie. Jde především o mezofilní laktobacily a pediokoky. Vyskytují se nejčastěji v sýrech vyrobených z nepasterovaného mléka. V sýrech vyráběných z pasterovaného mléka mohou být jejich zdrojem různé nástroje a zařízení, pomocí něhož se mléko vyrábělo. V mléce rostou obvykle neochotně a tudíž se nepodílí na kvašení sýrařského mléka (GÖRNER a VALÍK, 2004).

3.3.1.2 Čeleď *Enterobacteriaceae*

Tato čeleď zahrnuje gramnegativní nesporeotvorné střevní tyčinky, peritrichní nebo bez bičíků. Jsou velmi významné z hygienického hlediska, zejména *Escherichia coli*. Kromě nepatogenních a podmíněně patogenních rodů sem náleží i střevní patogeny (*Salmonella*, *Shigella*), patogeny dýchacích cest a fytopatogeny (ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

Rod *Escherichia*

Nejvýznamnějším zástupcem je *E. coli*. Jsou to gramnegativní nesporeotvorné tyčinky, vyskytující se ve střevech člověka i zvířat. Mohou sloužit jako indikátory fekálního znečištění, hlavně vody nebo špatné hygieny a sanitace. Množí se při teplotě 7 – 46 °C, pH 4,4 – 9,0, $a_w > 0,96$, inhibuje je 8,5 % NaCl. Dokáží přežít i teploty minus 20 °C v mletém hovězím mase. Zkvašují cukry za vzniku kyselin a plynu (KALHOTKA, 2014).

Rod *Enterobacter*

Jsou to fakultativně anaerobní, pohyblivé, peritrichní tyčinky, které zkvašují cukry za tvorby plynu CO₂ a H₂. Jejich optimální teplota růstu je 30 – 37 °C. Řadí se mezi koliformní bakterie. (KALHOTKA, 2014). K nejvýznamnějším druhům patří *Enterobacter aerogenes*, nacházející se ve střevech zdravých zvířat a lidí. Hojně se také vyskytuje v přírodě (ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

Rod *Salmonella*

Patří mezi gramnegativní fakultativně anaerobní tyčinky s optimální teplotou 37 °C. Usmrcují je vysoké teploty (60 °C 20 min). Koncentrace soli 3 – 4 %, pH pod 4,0 a nad 8,0 potlačuje jejich růst. *Salmonella enteritidis* je nečastějším původcem gastroenteritidy u člověka a zvířat. Druhá nejběžnější salmonela zapříčiňující gastroenteritidu je *S. typhimurium*. Zdrojem břišního tyfu je *S. typhi*, která napadá jen člověka. *S. choleraesuis* je příčinou salmonelózy, která má hnisavý charakter, případně tyfoidní. Nazývá se i jako cholera vepřů (KALHOTKA, 2014; ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

Rod *Shigella*

Jsou to gramnegativní nepohyblivé tyčinky s optimální teplotou růstu 37 °C (KALHOTKA, 2014). Vyvolávají akutní střevní onemocnění - shigelózu neboli bakteriální úplavici (ŠILHÁNKOVÁ 2002).

Rod *Proteus*

Tento rod se vyznačuje proměnlivým tvarem buněk, jsou peritrichní. Při 25 °C vykazují největší pohyblivost, při 37 °C jejich pohyblivost mizí a vytváří kolonie. Štěpí bílkoviny potravin, čímž dochází ke vzniku hnilobného zápachu. Patří k typickým představitelům hnilobných bakterií. Některé druhy jsou patogenní (ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

3.3.1.3 Čeleď *Vibrionaceae*

Patří sem gramnegativní, fakultativně anaerobní, rovné nebo zakřivené tyčinky. Některé druhy *Vibrio* jsou patogenní. Jde např. o *Vibrio cholerae*, které způsobuje cholera. Je to vážné střevní onemocnění člověka s vysokou úmrtností (ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

3.3.1.4 Rod *Pseudomonas* (čeleď *Pseudomonadaceae*)

Jedná se o gramnegativní přísně aerobní bakterie tyčinkovitého tvaru bez kvasných vlastností. Jsou vybaveny širokou škálou enzymů, proto se některé druhy využívají pro průmyslové oxidace organických sloučenin, jako je výroba léků apod. Můžou produkovat žlutá, zelená, modrá nebo červená barviva, která mohou vyvolávat nežádoucí zbarvení potravin (např. modránění nebo červenání mléka). Některé druhy také způsobují špatnou chuť a vůni potraviny. Často se nachází na povrchu masa. (ŠILHÁNKOVÁ, 2002). Náleží k psychrotrofním mikroorganismům, takže jsou schopny aktivity i při nízkých teplotách. Určitě druhy jsou patogenní (např. *Pseudomonas aeruginosa*). *P. fluorescens* vytváří barvivo fluorescein a kazí potraviny (KALHOTKA, 2014).

3.3.1.5 Rod *Micrococcus* (čeleď *Micrococcaceae*)

Jsou to grampozitivní koky, které jsou nesporetvorné a přísně aerobní s optimální teplotou růstu 20 až 25 °C. Inhibuje je kyselé prostředí, zato jsou schopny snášet vysoké koncentrace soli. Některé druhy tvoří žlutá nebo oranžová barviva (karotenoidy). Často se nachází v solených potravinách a v mléce nebo v mléčných výrobcích. Nejznámějším zástupcem je *Micrococcus luteus* (GÖRNER a VALÍK, 2004).

3.3.1.6 Rod *Kocuria* (čeleď *Micrococcaceae*)

Původně patřil do rodu *Micrococcus*. Objevil ho brněnský mikrobiolog Miloš Kocur. Patří sem *Kocuria rosea*, který produkuje růžovočervené kolonie (KALHOTKA, 2014).

3.3.1.7 Rod *Staphylococcus* (čeleď *Staphylococcaceae*)

Jedná se o grampozitivní, nesporetvorné, nepohyblivé, fakultativně anaerobní kokovité bakterie, kterým nevadí vysoký obsah soli v potravinách. Vyhovují jim teploty v rozmezí 30 – 37 °C. Potravinářský významný je *Staphylococcus carnosus* a *Staphylococcus xylosus*, jenž slouží ve startovacích kulturách k výrobě fermentovaných salámů (KALHOTKA, 2014). Známý je i *S. aureus* způsobující angínu nebo různá hnisavá onemocnění (ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

3.3.1.8 Rod *Bacillus* (čeleď Bacillaceae)

Jedná se o sporotvorné grampozitivní, aerobní nebo fakultativně anaerobní bakterie tyčinkovitého tvaru s hojnou enzymovou výbavou. Některé mohou produkovat antibiotika, jiné jsou patogenní. Dle požadavků na teplotu se rozdělují na psychrotolerantní, mezofilní a termofilní. K významným zástupcům se řadí např. *Bacillus cereus* nebo *Bacillus subtilis* (KALHOTKA, 2014).

3.3.1.9 Rod *Clostridium* (čeleď Clostridiaceae)

Jedná se o sporotvorné, grampozitivní, obligátně anaerobní, tyčinkovité bakterie s optimální teplotou růstu 30 až 37 °C. Během anaerobní oxidace produkují plyny (CO₂ a H₂) a zapříčínují tak pozdní duření sýrů nebo bombáže konzerv. Při kvašení také tvoří zapáchající kyselinu máselnou, čímž dochází ke znehodnocování potravin a krmiv (KALHOTKA, 2014). K významným zástupcům patří *Clostridium acetobutylicum*, jež v kvasných technologiích slouží k produkci kyseliny máselné, butanolu a acetonu. Podobné vlastnosti má i *C. butyricum*. Způsobuje ale také pozdní duření sýrů. *C. perfringens* je významným patogenem, jež může být příčinou i smrtelné choroby. Z potravinářského hlediska je nejvýznamnější *C. botulinum* způsobující tzv. botulismus (ŠILHÁNKOVÁ, 2002).

3.3.1.10 Další mikroorganismy

Ve fermentovaných produktech mohou také vznik BA způsobovat některé kvasinky. Konkrétně jde o druh *Candida* a *Debaryomyces* izolovaných z fermentovaného masa, u kterých byla pozorována vyšší aktivita histidindekarboxylázy než u BMK a stafylokoků. Mimo to určité neidentifikovatelné kmeny kvasinek produkovaly vysoký obsah 2-fenyletylaminu a tyraminu (SUZI a GARDINI, 2003).

3.4 Výskyt biogenních aminů v potravinách

Množství BA v potravinách se pohybuje ve velice širokém rozpětí. Jako běžné koncentrace aminů se uvádí jednotky až desítky mg v kg potravin. Stovky mg/kg se již pokládají, zejména u citlivých jedinců za ne zcela zdravotně bezpečné. Výjimečně se vyskytuje i překročení meze 1000 mg/kg. Z podstaty vzniku BA se potraviny můžou

dělit na fermentované, kde aminy vznikají zejména vlivem bakterií mléčného kvašení a na nefermentované, vznikající činností hnilobných bakterií (KALHOTKA, 2007).

3.4.1 Nefermentované potraviny

Působením hnilobných bakterií se aminy tvoří v potravinách zejména během nevhodného skladování. Zvýšený obsah BA je přítomen u potravin s vysokým stupněm hniloby (VELÍŠEK, 2002). Z živočišných potravin se jedná především o ryby, maso, masné výrobky, mléko, mléčné výrobky. Z rostlinných je to zelenina, ovoce, šťávy, džusy, čokoláda nebo houby (KALHOTKA, 2007).

3.4.1.1 Ryby

Nejrizikovější potravinou z pohledu BA jsou některé druhy ryb, protože se v nich nachází velké množství volného histidinu. Jedná se o čeleď *Scombroidae* a *Scomberesocidae* (KOPŘIVA a kol., 2014), kam se řadí především makrela, tuňák a treska. Dále pak i jiné druhy ryb (např. , delfín, sled' nebo sardinky).

Množství jednotlivých BA je různé, nicméně největší hrozbou je histamin (BĚLOHLÁVKOVÁ a FUCHS, 2005). Běžně čerstvá svalovina ryb obsahuje nízké koncentrace BA, např. v tuňáku se vyskytuje 0 – 10 mg/kg histaminu a 0 – 2 mg/kg tyraminu. Nicméně jejich obsah stoupá při nesprávném skladování, kdy např. maso tuňáka může mít až 8000 mg/kg histaminu nebo makrela až 3000 mg/kg histaminu. Také zbylé BA, jako je tyramin, kadaverin a putrescin se tvoří v poměrně velkém množství. Minoritní zastoupení má zpravidla agmatin (1 – 3 mg/kg). Vysoký obsah se však vyskytuje u některých druhů kořýšů (až 200 mg/kg) a sušených ryb (až 600 mg/kg) (VELÍŠEK, 2002).

Zvýšené množství histaminu v rybách může způsobovat tzv. scombroid syndrom. Koncentrace vyvolávající skombrotoxicitu se udává mezi 20 a 100 mg histaminu na 100 gramů rybího masa (BĚLOHLÁVKOVÁ a FUCHS, 2005).

BA nejčastěji vznikají při porušení hygieny výroby a chladiřenského řetězce, kdy nejsou ryby okamžitě po vytáhnutí z vody náležitě zchlazeny na teplotu kolem +1 °C. Další nebezpečnou operací je tepelná úprava, zejména uzení ryb, které se vyznačuje nižšími teplotami a některé bakterie (např. laktobacily) si proto mohou udržet životaschopnost a tvořit tak histamin. Závisí také na době od přípravy ryb na uzení k vlastnímu tepelnému opracování. Čím je tato doba delší a skladovací teploty jsou vyšší,

dochází k nárůstu mikroflóry, a tím i ke zvýšenému obsahu BA. (BASTLOVÁ a BRABLCOVÁ, 2012). Při teplotách nad 10 °C je produkce histaminu již velká. Dvakrát až dvacetkrát vyšší koncentraci BA způsobují skladovací teploty 10 °C, při 8 °C vzniká 100 až 200 mg BA na 100 g ryb (KOHAIJDOVÁ a kol., 2008).

Výše popsané informace potvrdila i studie, která zkoumala svalovinu kapra pocházejícího z výlovu a z tržní sítě skladovaného za různých podmínek. Vyšší koncentrace histaminu (135,71 a 333,16 mg/kg) byla objevena jen u kaprů skladovaných 2 dny při 24 °C. U nižších skladovacích teplot (2 °C) byl obsah BA značně menší a u mrazírenského skladování bylo množství BA stejné jako v čerstvé svalovině (KORDIOVSKÁ a kol., 2004).

3.4.1.2 Maso a masné výrobky

Maso a nefermentované masné výrobky zpravidla neobsahují vysoké koncentrace BA, které by mohly ohrozit zdraví konzumenta. V čerstvém i opracovaném masu se nachází tyramin, kadaverin, putrescin, spermin a spermidin (ZORNÍKOVÁ, 2012). Z toho jediný spermin a spermidin se nachází v masu ve významnějším množství, spermin obvykle mezi 20 až 60 mg/kg a spermidin zřídka kdy překročí 10 mg/kg (STADNIK a DOLATOWSKI, 2010).

Během skladování masa dochází účinkem přítomné mikroflóry k navýšení hladiny BA, takže některé BA mohou posloužit jako indikátor čerstvosti masa. Např. v čerstvém vepřovém masu se vyskytuje 7 mg/kg putrescinu a kadaverinu, kdežto v masu zkaženém 60 mg/kg a více (VELÍŠEK, 2002).

3.4.1.3 Mléko

Koncentrace BA v nekontaminovaném mléce je nízká, obvykle v menším množství než 1 mg/kg (STANDAROVÁ a kol., 2008). V mléce se vyskytuje propylamin, hexylamin, histamin, tyramin, alifatické diaminy a polyaminy. Množství histaminu bývá 0,5 – 0,8 mg/kg, sušené mléko obsahuje 131 mg/kg histaminu a 42 mg/kg tyraminu (SUKOVÁ, 2006).

3.4.1.4 Čokoláda

Zdrojem biogenních aminů v čokoládě jsou již kontaminované suroviny (kakao anebo mléko). Jejich hladina je v čokoládě všeobecně nízká ve srovnání s ostatními

potravinami. Nejvíce se zde vyskytuje tyramin, tryptamin, 2-fenylethylamin a serotonin (KOLESÁROVÁ, 1995).

3.4.1.5 Ovoce a zelenina

BA jsou přítomny jako přirozená složka v potravinách rostlinného původu. Hlavním BA vyskytující se v ovoci a zelenině je zpravidla tyramin, dále se v menším množství vyskytují i další aminy. Např. v listech špenátu se nachází volný histamin v koncentraci okolo 200 až 400 mg/kg. Banány obsahují jako hlavní BA tyramin, rovněž byl detekován fenylethylamin, histamin, dopamin, serotonin a norepinefrin (VELÍŠEK, 2002). Vysoké hladiny putrescinu byly sledovány u citrusových plodů, džusů a kečupů. Luštěniny, květák a brokolice obsahovaly vyšší množství spermidinu (KALÁČ a KRAUSOVÁ, 2005).

3.4.2 Fermentované potraviny

Fermentované potraviny obsahují větší koncentrace aminů, poněvadž se na jejich produkci mnohdy podílejí mikrobiální kultury. Fermentace poté vede ke vzniku BA v průběhu zrání a skladování potraviny. Řadíme sem především fermentované sýry a masné výrobky, pivo nebo víno (KOPŘIVA a kol., 2014).

3.4.2.1 Fermentované mléčné výrobky

Z fermentovaných mléčných výrobků z hlediska obsahu BA jsou nejvýznamnější sýry. V mléku, jogurtech, tvarozích, nezrajících sýrech je obvyklé množství BA podle některých autorů nižší než 1 mg/kg, avšak jiné studie prokazují opak. Vzrůstající obsah BA by mohl nastat v případě mikrobiální kontaminace a kažení (HALÁSZ a kol., 1994).

Podle BODMERA a kol., (1999) je množství histaminu v zakysané smetaně max. 7 mg/kg a v jogurtech 13 mg/kg.

NOVELLA-RODRIGUEZ a kol., (2000) detekovali v jogurtech 0,43 mg/kg spermidinu, 0,39 mg/kg agmatinu, 0,34 mg/kg sperminu a 0,27 mg/kg kadaverinu.

V kefiru OZDESTAN a UREN, (2010) stanovili nejvíce tyraminu (až 12,8 mg/l). Celkové množství aminů bylo 2,4–35,2 mg/l. Histamin se vyskytoval do 4,0 mg/l.

BUŇKOVÁ a kol., (2012) testovali neochucené zakysané mléčné výrobky v ČR (jogurty, zakysané smetany, acidofilní mléka, kefirová mléka, kysaná podmáslí, kysaná

mléka), ve kterých nebyl zjištěn obsah histaminu, fenylethylaminu, tryptaminu a spermidinu. Zbylé aminy (tyramin, putrescin, kadaverin a spermin) byly detekovány v nízkých koncentracích (do 30 mg/kg), které nepředstavují zdravotní nebezpečí pro konzumenta.

3.4.2.2 Sýry

Kromě ryb jsou sýry nejvýznamnější potravinou spojovanou s obsahem BA. (STANDAROVÁ a kol., 2008). V těchto produktech jsou hlavními BA histamin, tyramin, kadaverin a putrescin, které vznikají především při procesu zrání účinkem kontaminujících mikroorganismů (zejména enterokoky, *Enterobacteriaceae* a laktobacily), a to ve výrobnách s nevyhovující hygienou. Jejich produkce závisí především na druhu sýrů, teplotě sýřeniny, pasteraci mléka, době zrání, startovacích kulturách, části sýru a hygieně výroby (CWIKOVÁ a kol., 2007). V sýrech se zpravidla vyskytují jednotky až stovky mg/kg histaminu, tyraminu, putrescinu a kadaverinu, jednotky až desítky mg/kg 2-fenylethylaminu a minoritní obsah tryptaminu. Ve výjimečných případech se mohou vyskytovat i gramová množství v 1 kg sýru. (STANDAROVÁ a kol., 2008).

HUDCOVÁ a kol., (2012) sledovali kvalitu 55 vzorků farmářských sýrů, z toho 40 vzorků obsahovalo BA. Tryptamin a fenylamin nebyl detekován. 4 vzorky obsahovaly nízký obsah histaminu (18,3 – 24,2 mg/kg). Koncentrace sperminu a spermidinu byla také nízká (nižší než 35 mg/kg), avšak koncentrace tyraminu a putrescinu byla vyšší, hlavně u ovčích sýrů nebo u déle zrajících sýrů. Nejčastěji se vyskytoval tyramin (7,2 – 207,1 mg/kg). Dále kadaverin (7,0 – 149,0 mg/kg), putrescin (12,2 – 229,5 mg/kg). Celková koncentrace BA byla nejvyšší (530 mg/kg) v sýru zrajícím v solném nálevu z pasterovaného ovčího mléka. Zrající sýry oproti čerstvým sýrům obecně obsahují vyšší koncentrace BA.

Jiná studie zkoumala sýry z obchodních řetězců v ČR. Nejbohatší zastoupení měl tyramin a putrescin, dále kadaverin a histamin. Koncentrace tryptaminu, fenylethylaminu, sperminu a spermidinu byly nízké. Největší koncentrace BA se nacházela v sýrech vysokodohřívanou sýřeninou (Ementál aj.) a v měkkých zrajících sýrech (Romadúr aj.). Nízká nebo žádná koncentrace BA byla detekována u smetanových a termizovaných sýrů (Lučina aj.) Nejvyšší hodnota histaminu byla detekována z měkkých sýrů u pivního sýra (283 mg/kg), u ementálu 151 mg/kg.

Nejvyšší hodnota tyraminu byla nalezena u ementálu (1123 mg/kg), u měkkých zrajících sýrů (bryndza 417 mg/kg), u sýrů plísňových (Hermelín 187 mg/kg).

Podle množství BA se mohou sýry tedy dělit na sýry s vysokým obsahem BA (měkké zrající sýry, sýry s vysokodohřívanou sýřeninou), se zvýšenou koncentrací BA (s nízkodohřívanou sýřeninou, plísňové sýry) a sýry s nízkou koncentrací BA (smetanové, termizované měkké sýry).

Dále byly porovnávány české a zahraniční vzorky sýrů, kdy české sýry měly nižší nebo srovnatelný obsah BA oproti sýrům zahraničním, kromě brynzy a tvarůžku (STANDAROVÁ a kol., 2008).

3.4.2.3 Fermentované salámy

Vedle senzorických látek vznikají při fermentaci i BA (PIPEK, 2008). Vznik aminů v trvanlivých salámech mohou způsobovat mikroorganismy, které jsou součástí přirozené mikrobioty nebo mikroorganismy startovacích kultur. Produkci BA lze tedy předejít použitím takové startovací kultury, která neprodukuje BA a také inhibuje růst přirozené mikroflóry s dekarboxylační aktivitou (BURDYCHOVÁ, 2009).

Nejvyšší zastoupení v těchto výrobcích zpravidla má tyramin. Přítomnost putrescinu a kadaverinu je také běžná. Zato výskyt histaminu je méně častý. V menším množství se vyskytuje také tryptamin a fenylethylamin. (KAMENÍK, 2012). Kadaverin a histamin vznikají spíše na začátku fermentace, zato putrescin a tyramin ke konci. Na množství BA působí i velikost salámu, kdy větší koncentrace aminů se nacházela v salámech s větším průměrem. Dále uvnitř salámu byl naměřen vyšší obsah aminů než na okraji (KOHÁJDOVÁ a kol., 2008).

KOMPRDA a kol., (2004) detekovali v salámu Herkules ke konci doby zrání 123 mg/kg tyraminu a 247mg mg/kg putrescinu.

Jiná studie naměřila v salámu Herkules po dvou týdnech obsah tyraminu 120 mg/kg, na konci doby minimální trvanlivosti to bylo cca 300 mg/kg (SMĚLÁ a kol., 2004).

Ve španělských salámech byly zjištěny vyšší koncentrace tyraminu (600 mg/kg), z toho průměrné hodnoty byly asi 200 mg/kg. Putrescin byl nalezen v množství do 450 mg/kg. Kadaverin do 600 mg/kg, ale s průměrným množstvím pod 20 mg/kg. 2-fenylethylamin a tryptamin byl detekován v zanedbatelném množství. Histamin se

neobjevoval ve všech vzorcích, ale jeho přítomnost dosáhla hodnoty zdravotního rizika (300 mg/kg).

Dále u salámu Poličan bylo naměřeno v 1 kg sušiny 89 mg tyraminu, 54 mg putrescinu a 28,5 mg histaminu (SUZZI a GARDINI, 2003).

Při obdobné studii salámu Poličan bylo detekováno v 1 kg sušiny 47 mg tyraminu, 24 mg fenylethylaminu, 11 mg histaminu a 5 mg putrescinu (KAMENÍK a kol., 2012).

3.4.2.4 Víno

Biogenní aminy můžou být přirozeným prvkem zpracované suroviny nebo se tvoří během výrobního procesu vína vlivem aktivity určitých mikroorganismů (*Pediococcus cerevisiae* a *Leuconostoc oloos*). Podle TRÍSALA a STÁVKY, (2008) má však největší vliv na produkci BA rod *Brettanomyces bruxellensis*. Nejhojněji se ve víně nachází histamin, tyramin, putrescin a kadaverin. Jejich obsah se v jednotlivých vínech značně liší, záleží na surovině a způsobu jejího zpracování (KOHAIJDOVÁ a kol., 2008). BA se mohou vyskytovat již v moštu, pouze putrescin i v hroznech. Ve vínech se ale tvoří především během fermentace (zejména putrescin). U červených vín i ve fázi jablečno-mléčné fermentace, a to vlivem mikrobů mléčného kvašení. Obecně u červených vín se nachází vyšší množství aminů (TRÍSAL a STÁVKA, 2008).

Celkový obsah BA ve víně se vyskytuje v množství od několika mg/l až po 50 mg/l. Obsah histaminu je cca 4,15 mg/l, fenylethylaminu a tyraminu je kolem 1,7 mg/l, resp. 7,6 mg/l. (KOHAIJDOVÁ a kol., 2008).

V německých vínech různých odrůd detekovali 0,4 až 7,2 mg/l histaminu. Souhrnná koncentrace BA byla mezi 9,1 a 83,7 mg/l, přičemž průměrný obsah u bílých vín činil 14,6 mg/l, u červených se vyskytovalo 28,5 mg/l BA (SUKOVÁ, 2009).

Souhrnem lze říci, že BA aminy se ve víně obvykle nacházejí v nízkých koncentracích. Zvýšená koncentrace značí přítomnost mikrobů, zejména mléčných bakterií s dekarboxylační aktivitou při spontánním jablečno-mléčném kvašení. Použitím kultur *Saccharomyces cerevisiae* během alkoholového kvašení a *Oenococcus oeni* během jablečno-mléčného lze zredukovat obsah BA ve víně (MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, 2004).

3.4.2.5 Pivo

Další potravinou, která může obsahovat zvýšené množství aminů a ohrožovat tak zdraví konzumenta je pivo. Alkohol a podle všeho další BA umocňují působení tyraminu, avšak žádné zdravotní obtíže nebyly zaznamenány u zdravých jedinců. Větší množství aminů lze předjímat v pivě, u kterého došlo k namnožení nežádoucí mikroflóry vlivem nedostatečně provedené filtrace a pasterace (KVASNIČKOVÁ, 2003).

BA obsažené v pivu lze rozdělit na dvě skupiny. V první skupině se vyskytují aminy, které jsou složkou piva pocházející ze sladu a dalších surovin (putrescin, agmatin, spermin, spermidin). Druhou skupinu tvoří histamin tyramin a kadaverin vznikající v hotovém pivu. Důležitými producenty těchto látek jsou mléčné bakterie (*Lactobacillus*, *Pediococcus*) produkující zejména tyramin s histaminem a bakterie čeledi *Enterobacteriaceae* (např. *Enterobacter* a *E. coli* produkují zejména kadaverin s putrescinem) (OLŠOVSKÁ, 2014).

VELICHOVÁ a kol, (2014) monitorovali ke konci doby minimální trvanlivosti vzorky láhvových piv produkovaných na území ČR. Nejčastěji byl naměřen putrescin (do 50 mg/l). Druhým nejčastěji detekovaným aminem byl tyramin, který se cca v polovině vzorků vyskytoval do 10 mg/l. Druhá polovina obsahovala 10 až 50 mg/l tyraminu a tři vzorky obsahovaly nad 100 mg/l tyraminu. Spermin a spermidin se pohyboval do 30 mg/l. Celkový obsah aminů u 20 % vzorků překročil hranici 100 mg/l, u 5 % vzorků to bylo 200 mg/l, což v kombinaci s alkoholem inhibující účinek detoxikačního systému může u citlivých jedinců vyvolat problémy.

3.4.2.6 Fermentovaná zelenina

V mléčně kvašené zelenině (mrkev, červená řepa) byl nalezen kadaverin, histamin, putrescin, spermidin a tyramin v množství od 1 do 15 mg/kg (KAROVIČOVÁ a KOHAJDOVÁ, 2003). V kysaném zelí byla zaznamenána největší produkce putrescinu (až 250 mg/kg). Hladina BA je jedním z ukazatelů kvality v procesu výroby kysaného zelí. Spontánní kvašení zelí má tři stupně. *Leuconostoc mesenteroides* produkuje putrescin, *Lactobacillus sp.* produkuje putrescin s tyraminem a *Pediococcus sp.* produkuje histamin. Řízená fermentace kmenem *Lactobacillus plantarum* inhibuje růst bakterií *Leuconostoc mesenteroides* a *Pediococcus sp.*, a tím i koncentraci BA (KOHAJDOVÁ a kol., 2008).

3.5 Snížení obsahu biogenních aminů v potravinách

Prevence vzniku BA spočívá v omezení růstu mikroorganismů. Toho lze docílit různými způsoby prostřednictvím hydrostatického tlaku, ozařováním, balením potravin do modifikované atmosféry nebo použitím potravinářských přídatných látek (NAILA a kol., 2010).

Obsah BA lze také snížit pomocí enzymu diaminooxadasy, který aminy oxiduje vlivem kyslíku na aldehydy. Dále přidavkem sacharidů, jenž reagují s aminy vedoucí k Maillardově reakci a nebo tepelnou úpravou - při vaření se část BA vyluhuje do vody. Tyto metody však mají určitá omezení a v praxi problematická použití, proto rozhodující význam má prevence vzniku biogenních aminů (VÁCHA a kol., 1998).

Prevenici tvorby BA v potravinách je možné shrnout do následujících bodů:

- hygienická manipulace se surovinami
- aplikace vhodné startovací kultury - je nutné vybírat mikroorganismy, které netvoří BA, rovněž by měly inhibovat konkurenční mikroby produkující BA
- zvolení kratší doby fermentace
- dodržování hygienických podmínek během skladování surovin a finálních produktů - důležitá je aplikace nízkých teplot z důvodu inaktivace dekarboxyláz
- poučení rizikových skupin konzumentů - např. těmto skupinám nelze doporučit konzumaci měkkých zrajících sýrů, sýrů s vysokodohřívanou sýřeninou nebo některých plísňových sýrů
- zavedení adekvátních hygienických limitů (KOMPRDA, 2004; STANDAROVÁ a kol., 2008).

4 ZÁVĚR

Biogenní aminy se vyskytují ve všech potravinách, obsahující bílkoviny nebo volné aminokyseliny a jsou vystaveny vhodným podmínkám umožňující mikrobiální činnost. Patří k základním stavebním prvkům všech živých organismů, ovšem jako u různých dalších látek jsou jejich kladné účinky omezeny množstvím, proto se za určitých okolností v nadměrných koncentracích mohou stát života nebezpečné. Nejtoxičtější z nich je histamin a dále tyramin.

Mezi nejvýznamnější druhy mikroorganismů, které jsou vybaveny dekarboxylázovými enzymy se řadí *Proteus morganii*, *Klebsiella pneumonie* nebo *Hafnia alvei*. Často se také na produkci aminů podílí laktátové bakterie.

Nejrizikovější potravinou jsou ryby, z fermentovaných potravin jsou to sýry s delší dobou zrání. Za normálních okolností se však obsah biogenních aminů v potravinách nachází v minimálním množství, ale při nesprávné manipulaci s potravinami nebo surovinami dochází k odbourávání aminokyselin v důsledku aktivity mikrobiálních dekarboxyláz, čímž dochází k navýšení obsahu biogenních aminů.

K nejvýznamnějším faktorům, které ovlivňují produkci biogenních aminů patří zejména teplota skladování, hygiena výroby a skladování, u fermentovaných potravin jsou to také startovací kultury. Nejvhodnějším opatřením ke snížení tvorby biogenních aminů je tedy aplikace vhodných nízkých teplot během skladování, dále je nezbytně nutné dodržování hygienických předpisů, z důvodů zamezení sekundární kontaminace a pečlivý výběr startovacích kultur s co nejnižší možnou dekarboxylázovou aktivitou.

Za běžných okolností jsou BA aminy v trávicím traktu člověka odbourávány enzymovým detoxikačním systémem, avšak účinek tohoto systému není u všech stejný. Například u malých dětí není ještě tento systém plně rozvinut. Dále některé léky jsou založeny na inhibici monoaminoxidázy. Jedná se o léčiva, které se využívají na léčbu deprese nebo Parkinsonovy choroby. Proto uživatelé těchto léků by měli pečlivě číst příbalové letáky a dbát na doporučení lékaře, zejména příjem tyraminu by měl být ve stravě omezen.

V současnosti jsou legislativní limity stanoveny pouze pro histamin v rybách a výrobcích z ryb. Do roku 2004 byly v České republice stanoveny vyhláškou limity i pro tyramin a další potraviny (sýry, pivo a víno), což se však po vstupu do Evropské unie změnilo. Nicméně výsledky řady studií ukazují, že BA se nacházejí v potravinách hojně a to i ve zvýšených koncentracích, které by zejména u citlivějších jedinců mohly

způsobit zdravotní problémy. Proto by mohli zákonodárci při tvorbě právních norem zvážit zavedení limitů pro další BA, což by vedlo i k většímu tlaku na výrobce, dovozce a osoby uvádějící potraviny do oběhu dodržovat preventivní opatření vedoucí k minimalizaci biogenních aminů v potravinách.

5 LITERATURA

BARBOSA-CANOVAS G. V., FONTANA J. A., SCHMIDT J. S., LABUZA P. T., 2007: *Water activity in food: fundamentals and applications*. ISBN 978-0-8138-2408-6.

BASTLOVÁ M., BRABLCOVÁ R., 2012: Histamin v rybích produktech. *První linie*, 2(4): 20 – 21.

BĚLOHLÁVKOVÁ S., FUCHS M., 2005: Scombroid syndrom. *Alergie*, s. 230 – 231.

BODMER S., IMARK C., KNEUBUHL M., 1999: Biogenic amines in foods: Histamine and food processing. *Inflammation research*. 48 (6): 296 – 300.

BUŇKOVÁ L., ADAMCOVÁ G., BUDINSKÝ P., PLEVA P., BUŇKA F., 2012 Monitoring výskytu biogenních aminů ve fermentovaných mléčných výrobcích v ČR. *Mlékářské listy*, č. 134.

BUŇKOVÁ L., BUŇKA F., LUKEŠOVÁ P., MRKVIČKA V., KRAČMAR S., 2009: Biogenic amines production by bacteria isolated from poultry skin. *Potravinářstvo*, 3 (2): 7 – 11.

BUŇKOVÁ L., BUŇKA F., HLOBILOVÁ M., DRÁB V., KRAČMÁR S., 2010: Komparace různých metod detekce dekarboxylásové aktivity u bakterií mléčného kvašení. *Potravinářstvo*, s. 372–380. ISSN 1337-0960.

BURDYCHOVÁ R., 2009: Vliv přísádku probiotického kmene *L. casei* 01 na koncentraci biogenních aminů ve fermentovaných salámech Hercules. *Acta Universitatis agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*, 57 (5): 41 – 48

CWIKOVÁ O., DOHNAL V., KOMPRDA T., 2007: Mikrobiologické aspekty tvorby biogenních aminů ve zrajících sýrech. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*, 55 (4): 23 – 27.

ČERNÝ V., M KŘÍŽEK., KVASNIČKOVÁ E., HAVLÍKOVÁ Š., 2005: Výskyt biogenních aminů v sýrech. In: J. ŠTĚTINA a ČURDA . (eds). *Mléko a sýry 2005 seminář*. Praha. ISBN 80-86238-48-2.

ČERNÝ V., KVASNIČKOVÁ E., HAVLÍKOVÁ Š., KALHOTKA L. Výskyt mikroorganismů s dekarboxylázovou aktivitou v sýrech. *Mlékářské listy*, 2009, č. 116, s. 16 – 18.

DOHNAL V., 2011: HPLC jako sofistikovaný nástroj při stanovení toxických metabolitů bakterií a plísní v biologických matricích. Habilitační práce. Brno: Masarykova univerzita.

DOLEŽALOVA I., KLČOVSKÁ P., BUŇKOVÁ L., BUŇKA F., KRAČMÁŘ S., 2010: Effect of environment on histamine production of *Enterobacter Aerogenes* CCM 2531 strain. In Risk factors of food chain: Proceeding Book of X International Scientific Conference. s. 27–28. ISBN 978-80-552-0436-9.

FIALOVÁ J., CHUMCHALOVÁ J., MÍKOVÁ K., GREIFOVÁ M., GREIF G., 2013: Výskyt rodu *Lactobacillus* a biogenních aminů v laboratorně vyrobené majonéze a tatarské omáčce. *Chemické listy*, 107, s. 308 – 312.

GÖRNER F., VALÍK L., 2004: *Aplikovaná mikrobiológia potravín*. Malé centrum, Bratislava. ISBN 80-967064-9-7.

GREIF G., GREIFOV M., KAROVIČOVÁ J., 2005: Tvorba biogénnych amínov v potravinách a ich vplyv na ľudský organizmus. In ÁGHOVÁ L. (ed.). *Životné podmienky a zdravie.*, s. 166 – 171

HALÁSZ A., BARÁTH A., SIMON-SARKADI L., HOLZAPFEL W., 1994: Biogenic amines and their production by microorganisms. *Trends in Food Science and Technoly*, 5, s. 42 – 49.

HUDCOVÁ K., BUŇKOVÁ L., BUDINSKÝ P., LORENCOVÁ E., VELICHOVÁ H., BUŇKA F., 2012: Sledování kvality farmářských sýrů. *Mlékářské listy*, č.133

KALACH P., KRAUSOVÁ P., 2005: A review of dietary polyamines: Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chemistry*. 90, s. 219–230.

KALHOTKA L., 2007: Biogenní aminy [online]. [vid. 2016-03-20]. Dostupné z: http://is.muni.cz/el/1411/podzim2007/BVMI0322p/um/Biogenni_aminy_2007_MU.pdf

KALHOTKA L., 2012: Dekarboxylázová aktivita bakterií kontaminující mléko a mléčné výrobky: Den s mlékem na mendelu. *Minisborník příspěvků na akci v rámci Ingrových dnů 2012* [online]. [vid. 2016-03-25]. Dostupné z: http://www.mlekarstvi.cz/wpcontent/uploads/2012/02/Minisbornik_DsM_ID2012_2.pdf

KALHOTKA L., 2014: *Potravinářská mikrobiologie pro zahradnickou fakultu Díl 2. Speciální část*. ISBN 978-80-7509-016-4.

KAMENÍK J., 2012: *Hygiena a technologie masa: trvanlivé masné výrobky*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-602-5.

KAMENÍK J., SALÁK A., BOŘILOVÁ G., PAVLÍK Z., STANDAROVÁ E., STEINHAUSER L., 2012: Effect of Storage Temperature on the Quality of Dry Fermented Sausage Poličan. *Czech J. Food Sci*, 30 (4): 293 – 301.

KAROVIČOVÁ J., KOHAJDOVÁ Z., 2003: Biogenic Amines in Food. *Chem. Pap.* 59 (1): 70 – 79.

KOHAJDOVÁ Z., KAROVIČOVÁ J., GREIF G., 2008: Biogénne amíny v potravinách. *Potravinárstvo*, 1 (2): 30 – 49. ISSN 1337-0960.

KOLESÁROVÁ E., 1995: Výskyt a vznik biogénnych amínov v potravinách. *Bulletin PV (Bratislava)*, 34 (3 – 4): 109 – 122.

KOMPRDA T., 2004: *Obecná hygiena potravin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-757-X.

KOMPRDA T., SMĚLÁ D., PECHOVÁ P., KALHOTKA L., ŠTENCL J., KLEJDUS B., 2004: Effect of starter culture, spice mix and storage time and temperature on biogenic amine content of dry fermented sausages. *Meat science*. 67 (4): 617 – 616.

KOMPRDA T., DOHNAL V., CWIKOVÁ O., 2014: Chromatografické stanovení biogenních aminů a polyaminů ve zrajících sýrech. *Chemické listy 108*, s. 1140 – 1144

KOPŘIVA V., 2014: *Vybrané kapitoly z biochemie potravin*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-677-3.

KORDIOVSKÁ P., VORLOVÁ L., KARPÍŠKOVÁ R., LUKÁŠOVÁ J., 2004: Potential risk of biogenic amine formation in carp muscle (*Cyprinus carpio*). Rizikové faktory potravního řetězce IV, Nitra, s. 117 – 121.

KVASNIČKOVÁ A., 2003: Biogenní aminy v pivu mohou představovat pro některé konzumenty zdravotní riziko. *Agronavigátor*. [online]. [vid. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=158&ch=13&typ=1&val=10964>

LADERO V., CALLES M., FERNÁNDEZ M., ALVAREZ M., 2010: Toxicological effects of dietary biogenic amines. *Current Nutrition and Food Science*. ISSN 1573-4013.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, 2004: Situační a výhledová zpráva Réva vinná a víno. *Zemědělství*. Vydává ministerstvo zemědělství České Republiky, [online]. [vid. 2016-03-27]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/2828/SVZ_2004_vino.pdf

NAILA A., FLINT S., FLETCHER G., BREMER P., MEERDINK G., 2010: Control of Biogenic Amines in Food—Existing and Emerging Approaches. *J Food Sci.*, 75(7): 139–150.

NOVELLA-RODRIGUEZ S., VESCIANA-NOGUÉS T., VIDAL-CAROU C., 2000: Biogenic Amines and Polyamines in Milks and Cheeses by Ion-Pair High Performance Liquid Chromatography. *Journal. Agric. Food Chem.* 48 (11): 5117 – 5123.

OLŠOVSKÁ, J., 2014: Pivo a zdraví. *Potravinářská Revue*, 9(4): 13 – 15.

OZDESTAN O., UREN A., 2010: Biogenic amine content of kefir: A fermented dairy product. *European Food Research and Technology*, 231(1): 101 – 107

PIPEK P., 2008: Fermentované salámy a probiotika. *Potravinářská Revue*, 5 (3): 13–16.

PLEVA, P., BUŇKOVÁ, L., LAUKOVÁ, A., LORENCOVÁ, E., KUBÁŇ, V., BUŇKA, F., 2012: Factors affected decarboxylation activity of *Enterococcus Faecium* isolated from rabbit. *Potravinářstvo*, 6 (2): 46 – 49.

SHRUTI S., JONG-KYU K., MYUNGHEE S., 2011: Occurrence of Biogenic Amines in Soybean Food Products. In H. EL-SHEMY(eds). *Soybean and Health*. ISBN 978-953-307-535-8.

SMĚLÁ D., PLECHOVÁ P., KOMPRDA T., KLEJDUS B., KUBÁŇ V., 2004: Chromatografické stanovení biogenních aminů v trvanlivých salámech během fermentace a skladování. *Chem. Listy* 98, s. 432 – 437.

STADNIK J., DOLATOWSKI Z., 2010: Biogenic amines in meat and fermented meat products. *ACTA Scientiarum Polonoru*, 9 (3): 251–263. ISSN 1644-0730.

STANDAROVÁ, E., BORKOVCOVÁ, I., VORLOVÁ, L., 2008: Obsah biogenních aminů v sýrech z české obchodní sítě. *Veterinářství* [online]. [vid. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://vetweb.cz/obsah-biogennich-aminu-v-syrech-z-ceske-obchodni-site/>

SUKOVÁ I., 2006: Biogenní aminy v mléčných výrobcích. *Agronavigátor*. [online]. [vid. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=50116&ids=314>

SUKOVÁ I., 2009: Biogenní aminy v německých vínech. *Agronavigátor*. [online]. [vid. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=149&ch=13&typ=1&val=92780>

SUZZI, G., GARDINI, F., 2003: Biogenic amines in dry fermented sausages. *Int. J. Food Microbiol.*, 88, s. 41 – 54.

ŠILHÁNKOVÁ L., 2002: *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Praha. ISBN 80-200-1024-6.

TŘÍSAL P., STÁVEK J., 2008: Je nutné bát se biogenních aminů ve vínech? [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupný z: <http://www.enolog.cz/je-nutne-bat-se-biogennich-aminu-ve-vinech>

VÁCHA F., PAVLÍČEK T., KŘÍŽEK M., KALAČ P., 1998: Výskyt biogenních aminů v mase kapra (*Cyprinus carpio*). In MIKEŠOVÁ J. (eds.). Sborník referátů z III. české ichtyologické konference: Vodňany 6.-7. května 1998. ISBN 80-85887-20-7.

VELICHOVÁ, H, F BUŇKA, L BUŇKOVÁ a P BUDINSKÝ, 2014: Biogenní aminy - možná zdravotní rizika v potravinách. In: ŠPERKOVÁ, R. a P. KŮDELOVÁ (eds.). *Nové trendy v gastronomii, hotelnictví a cestovním ruchu*. Brno, 2014, 289 - 297. ISBN 978-80-87300-55-8.

VELÍŠEK J., 2002: *Chemie potravin 3*, Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-02-X.

VISCIANO P., SCHRIRONE M., TOFALO R., SUZI G., 2012: Biogenic Amines in Raw and Processed Seafood. *Front Microbiol*, 3 (188).

ZAMAN M.Z., BAKAR F.A., SELAMAT J., BAKAR J., 2010: Occurrence of biogenic amines and amines degrading bacteria in fish sauce. *Czech J. Food Sci.*, 28 (5): 440 – 449.

ZORNÍKOVÁ G., 2012: Biogenní aminy v potravinách. In: *Chempoint* [online]. [vid. 2016-03-17]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/biogenni-aminy-v-potravinach>