

Ing. Libor Kalhotka Ph.D.

Biogenní aminy jsou skupinou alifatických, aromatických nebo heterocyklických bází odvozených od aminokyselin, které vykazují různé biologické účinky. Některé biogenní aminy mají samy významné biologické vlastnosti, neboť jsou např. **tkáňovými hormony** (histamin), **protoalkaloidy** (hordenin, gramin) a **stavebními látkami**, které se účastní biosyntézy dalších **hormonů** živočichů (fenylethylamin), **fytohormonů** neboli auxinů, **alkaloidů** a dalších sekundárních metabolitů rostlin.

Biogenní aminy jsou přítomny ve všech živých organismech.

V potravinách a krmivech představují tyto látky jedny z nežádoucích zplodin konečného rozkladu bílkovin.

Z hlediska potravin a výživy je rozhodující cestou vzniku biogenních aminů **dekarboxylace** přirozených aminokyselin působením enzymů některých bakterií.

Dekarboxylace je děj, kdy se odbourává karboxylová skupina – COOH a vytváří se oxid uhličitý, účinný enzym se pak nazývá dekarboxylasa.

Na vzniku biogenních aminů se mohou kromě mikrobiálních dekarboxylas (exogenních) podílet i endogenní dekarboxylasy – tedy enzymy vlastní dané potraviny nebo surovině. Zvláště významně se endogenní dekarboxylace uplatňuje u potravin rostlinného původu. Biogenní aminy mohou vznikat také aminací a transaminací aldehydů a ketonů.

Dle chemické struktury je možné biogenní aminy rozdělit do několika skupin

- **Alifatické** (putrescin, kadaverin)
- **Aromatické** (tyramin, 2-fenylethylamin)
- **Heterocyklické** (histamin, tryptamin)
- **Polyaminy** (spermidin, spermin, agmatin)

Někdy se mezi polyaminy zjednodušeně řadí i diaminy podobně jako se heterocyklické aminy zjednodušeně řadí do skupiny aromatických aminů.

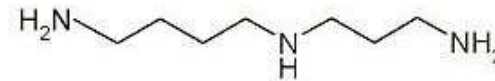
ARGININ



PUTRESCIN



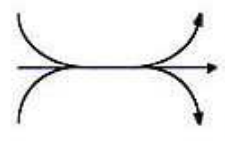
ORNITHIN



PUTRESCIN

DSAM

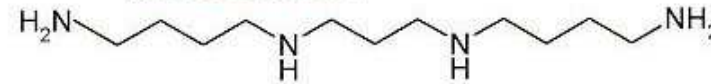
SPERMIDIN



SPERMIDIN

MTA

SPERMIN



LYSIN



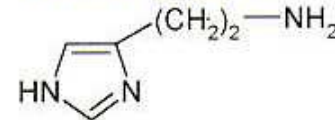
KADAVERIN



HISTIDIN



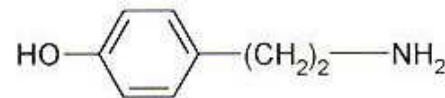
HISTAMIN



TYROSIN



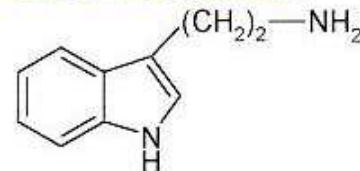
TYRAMIN



TRYPTOFAN



TRYPTAMIN



Biologické účinky biogenních aminů

Biogenní aminy jsou pro organismus nepostradatelné. Pro organismus jsou zdrojem dusíku, jsou prekurzory hormonů nebo samy působí jako hormony, podílejí se na syntéze nukleových kyselin a proteinů.

V nadlimitních koncentracích však mohou mít negativní vliv na organismus. Vysoké koncentrace biogenních aminů mohou působit psychoaktivně tj. mohou se projevit jako přenašeči v centrálním nervovém systému, nebo vasoaktivně a působit tedy přímo nebo nepřímo na vaskulární systém. Vasodilatačně působí např. histamin, vasokontraktálně tyramin.

Symptomy konzumace vysokých dávek biogenních aminů jsou zvracení, dýchací potíže, pocení, bušení srdce, hypotenze nebo hypertenze (histamin) a migrény (fenylethylamin, tyramin).

Historicky je **otrava histaminem** spjata s konzumací zkažených ryb z čeledi *Scomberesocidae* a *Scombroidae* jejichž představiteli jsou především tuňáci a makrely

Příznaky po požití rybího masa s vysokým obsahem histaminu minimální gastrointestinální příznaky – nauzea a zvracení, silné bolesti hlavy, pocit horka, zarudnutí kůže, sliznice úst a spojivek jsou překrvrné. Častý je urtikariální ekzém, zduření nosní sliznice a kýchaní. Symptomy mizí za 8 –12 hodin. Terapie není zpravidla nutná. V závažnějších případech je nutná antihistaminová terapie tj. antihistaminika a CaCl_2 .



Účinky dalších biogenních aminů.

Tyramin způsobuje zúžení periferních cév, zvýšení srdeční činnosti, slzení a salivaci, zvýšenou respiraci, zvýšení hladiny krevního cukru, migrény, uvolnění noradrenalinu ze sympatického nervového systému.

Putrescin a **kadaverin** vyvolávají hypotenzi, bradykardii (zpomalení srdeční činnosti), křeče žvýkacích svalů a v krajním případě parézy (neúplnou obrnu).

Tryptamin vyvolává zvýšení krevního tlaku.

Zvyšují toxicitu dalších aminů. **3-fenylethylamin** uvolňuje noradrenalin ze sympatického nervového systému, zvyšuje krevní tlak a způsobuje migrény.

U zdravých jedinců nemusí být projevy příliš výrazné, zatímco u osob trpících migrénami, ve vyspělých zemích se jedná asi o pět procent populace, představuje zvýšený příjem těchto aminů riziko. Ohroženi jsou rovněž alergici, uživatelé psychofarmak, mukolytik aj., alkoholici.

Zdravý člověk se vyrovnává se zvýšeným množstvím biogenních aminů přijatých potravou pomocí účinného **detoxikačního systému**. Ten tvoří **systém enzymů aminooxidas** s prostetickou FAD (flavinadeninukleotid) skupinou. Nejdůležitějšími jsou **monoaminoxidasa (MAO) a diaminoxidasa (DAO)**. Při detoxikaci, ke které dochází v tenkém střevě a játrech, jde o dehydrogenace aminu podobně jako u oxidační deaminace, přes imin (za uvolnění H_2O_2), ze kterého se hydrolýzou uvolňuje amoniak a vzniká aldehyd, jenž je pak oxidován na karboxylovou kyselinu. Detoxikační aktivita je značně individuální. Negativně ji ovlivňují především alkohol a některá léčiva ze skupiny psychofarmak, antialergik, mukolytik aj. **Toxické působení biogenních aminů je ovlivněno aktivitou enzymů detoxikačního systému, vysoké koncentrace však nejsou schopny enzymy eliminovat a detoxikační systém selhává.**

Nejzávažnější poznatky výzkumu z posledních let se týkají **polyaminů**. Ty jsou nezbytné pro dělení a růst buněk či pro aktivitu imunitního systému. Zjistilo se, že jejich obsah vzrůstá ve tkáních se zvýšenou intenzitou dělení buněk, např. v hojících se ranách, ale také v rostoucích nádorech. Polyaminy podle soudobých poznatků **nejsou karcinogenní**, nevyvolávají tedy vznik nádorů, **jejich růst však podporují**. Organismus si polyaminy za těchto okolností jednak syntetizuje, jednak je přesouvá z rezerv v jiných částech těla (zejména svalech a kůži), ale také je ve **zvýšené míře využívá z potravy**.

Typ účinku	Biogenní amin	Obsah v potravine (mg/kg)
Bez zdravotního poškození	histamin	5-10
	histamin	20-40
	tyramin	5-10
Mírný účinek	tryptamin	25
	fenylethylamin	5
	fenylethylamin	30
Toxický účinek	histamin	70-100
	tyramin	20-80
	fenylethylamin	30
Vysoce toxický účinek	histamin	1000
	tyramin	250

3 mg fenylethylaminu může u citlivých jedinců vyvolat migrény, u pacientů užívajících inhibitory monoaminooxidasy je nebezpečná dávk tyraminu 6 mg, toxikologický limit pro tyramin pak udává v množství 100 mg/kg.

Za jednoznačně zdravotně nebezpečnou je považována dávka biogenního aminu 1000 mg/kg potravin

Hygienické limity

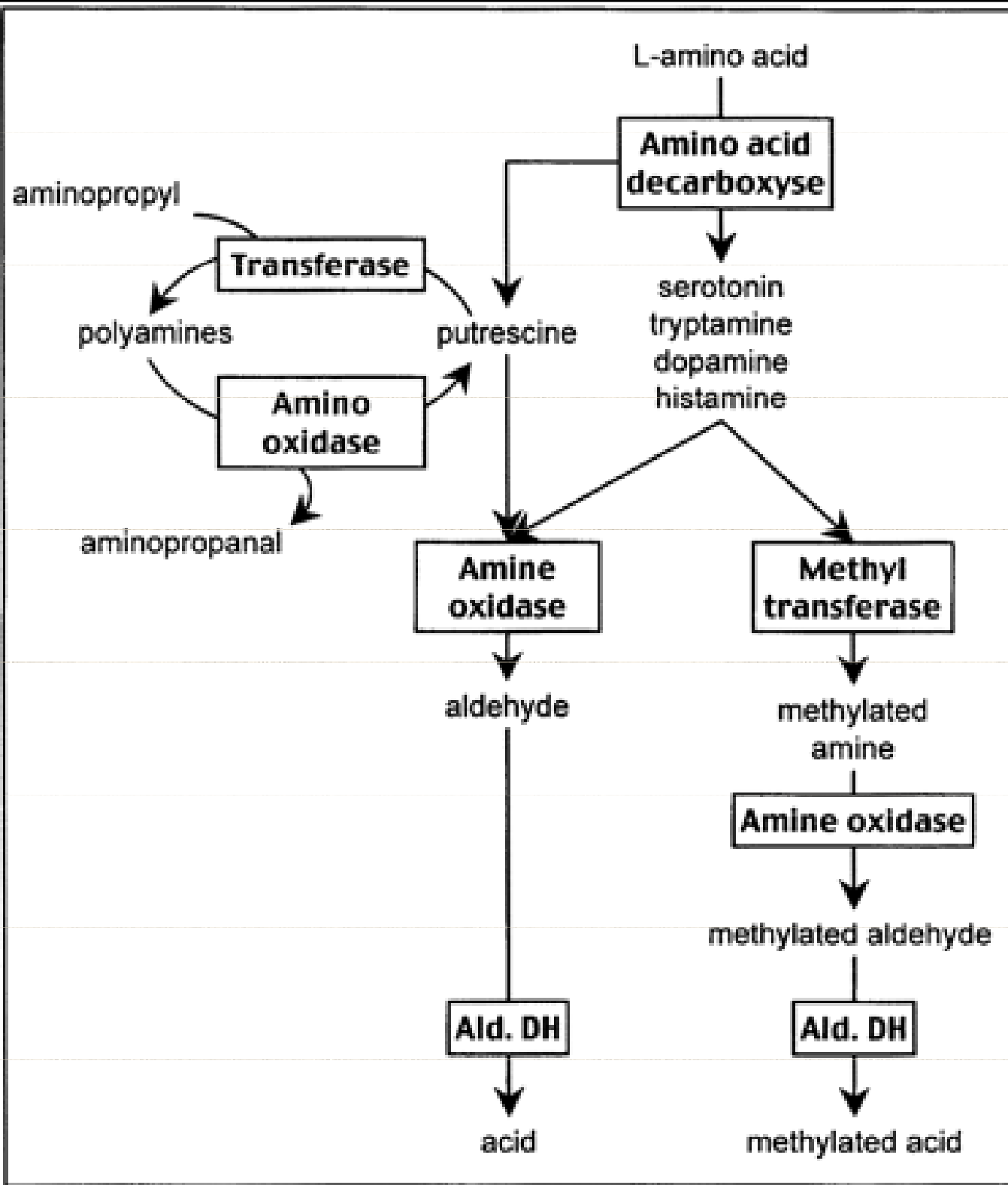
Rozdílné podle státu

V ČR je stanoveno přípustné množství **histaminu v rybách** na **100 mg/kg** vyhláškou Ministerstva Zdravotnictví č. 305/2004 Sb. (u dvou z 9 vzorků může být tato hodnota překročena, ale ne o více jak 100%).

tuňák HIS EU 100-200 mg/kg

USA 500 mg/kg

Víno EU přípustné 2-10 mg/l



Podmínky vzniku biogenních aminů

- V potravíně musí být volné (biologicky dostupné) aminokyseliny
- Musí být přítomny mikroorganismy s dekarboxylační aktivitou
- Musí být navozeny podmínky vhodné pro růst a množení těchto mikroorganismů, syntézu a aktivitu dekarboxylas

Dekarboxylasy jsou enzymy mnoha mikroorganismů přítomných v potravinách. Patří mezi ně rody *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Photobacterium*, právě tak jako druhy čeledi *Enterobacteriaceae* jako jsou *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Proteus*, *Salmonella* a *Shigella*, čeledi *Micrococcaceae* jako je *Micrococcus* a *Kocuria* a čeledi *Staphylococcaceae*. Dále ještě mnoho rodů bakterií mléčného kvašení schopných dekarboxylovat aminokyseliny

	mikroorganismy	Produkovávané BA
ryby	<i>Morganella morganii, Klebsiella pneumoniae, Hafnia alvei</i>	histamin, tyramin
	<i>Proteus mirabilis, Proteus vulgaris, Clostridium perfringens</i>	kadaverin, putrescin
	<i>Enterobacter aerogenes, Bacillus sp., Staphylococcus xylosum</i>	agmatin, spermin, spermidin
sýry	<i>Lactobacillus buchneri, L. bulgaricus, L. plantarum, L. casei</i>	histamin, kadaverin
	<i>L. acidophilus, L. arabinose, Enterococcus faecium, Streptococcus mitis, Bacillus macerans, Propionibacterium sp.</i>	putrescin, tyramin, tryptamin
maso, masné výrobky	<i>Pediococcus sp., Lactobacillus sp., Pseudomonas sp., Streptococcus sp., Micrococcus sp. č. Enterobacteriaceae</i>	histamin, kadaverin putrescin, tyramin fenylethylamin, tryptamin
ferm. zelenina	<i>Lactobacillus plantarum, Leuconostoc mesenteroides, Pediococcus sp.</i>	histamin, kadaverin putrescin tyramin fenylethylamin, tryptamin

Faktory ovlivňující mikroorganismy a jejich aktivitu

Biogenní aminy se v potravinách tvoří na základě dekarboxylační aktivity bakteriálních enzymů nebo enzymů přítomných v potravinách. Tvorbu biogenních aminů lze tedy ovlivnit omezením bakteriálního růstu nebo inhibicí aktivity příslušných enzymů. Mikroorganismy a jejich enzymovou aktivitu lze ovlivnit celou řadou faktorů.

Voda obsažená v potravinách – aktivita vody

Obsah vody v potravinách je značně proměnlivý. Je v přímé souvislosti s chemickým složením potravinářských surovin, jejich zpracováním na finální produkty a se způsobem skladování hotových výrobků. Množství vody v potravinách respektive aktivita vody zásadně ovlivňuje charakteristické organoleptické vlastnosti potravin (texturu, vůni, chuť, barvu) a také jejich údržnost, odolnost vůči mikrobiálnímu ataku, enzymové (biochemické) reakce a neenzymové (chemické) reakce, ke kterým dochází během zpracování a při skladování

Vodní aktivita a_w určitého roztoku se rovná poměru tlaku vodních par nad tímto roztokem k tlaku vodních par nad destilovanou vodou za stejných podmínek. Je tedy zřejmé, že voda má $a_w = 1$ a že se stoupající koncentrací rozpuštěných látek vodní aktivita klesá.

Optimální hodnota a_w je pro většinu mikroorganismů $a_w > 0,98$. Při snížení hodnoty a_w prostředím odnímáním vody (sušením, uzením), přidavkem soli, cukru, mražením se koncentrace mikroorganismy využitelné vody snižuje a jejich růst je částečně nebo úplně inhibován. Může nastat selekce mikrobiálních skupin, rodů a druhů. Odolnost vůči nízké hodnotě aktivity vody je všeobecně největší u plísní, menší u kvasinek ještě menší u bakterií grampozitivních a nejmenší u bakterií gramnegativních.

Kromě mikrobiálních změn ovlivňuje aktivita vody v potravinách také enzymové reakce. Jedním ze základních předpokladů činnosti enzymů je jejich hydratace a vodné reakční prostředí. Snížením a_w tedy dochází nejen k zastavení činnosti mikroorganismů, ale i ke snížení či úplné inaktivaci enzymů.

Solením potravin je inhibována tvorba biogenních aminů v potravinách. Na druhé straně však má histamin a zvláště tyramin osmoprotektivní vliv na bakterie. Proto u některých z nich dochází při vzrůstu koncentrace soli (NaCl, dusitany) v substrátu naopak k aktivaci dekarboxylasy tyrosinu (histidinu), a tedy k růstu koncentrace příslušných biogenních aminů.

		Příklady	
Interval minimálních hodnot a_w	Skupina mikroorganismů	Min. hodnota a_w	Mikroorganismus (druh nebo rod)
0,97-0,95	gramnegativní tyčinkovité bakterie	0,97 0,96 0,95	<i>Pseudomonas</i> spp. <i>C. botulinum</i> typ E, <i>Acinetobacter</i> <i>Lactococcus</i> , <i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Shigella</i>
0,94-0,91	většina bakterií	0,94	<i>Salmonella</i> a jiné <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Pediococcus</i>
0,94-0,87	kvasinky	0,94 0,88 0,87	<i>Candida utilis</i> Většina kvasinek způsobujících kažení potravin <i>Debariomyces</i>
0,90-0,86	grampozitivní koky	0,90 0,86	<i>Micrococcus</i> <i>Staphylococcus aureus</i>
0,93-0,80	plísně	0,93 0,83 0,81 0,80	<i>Rhizopus nigricans</i> <i>Penicillium expansum</i> <i>Penicillium patulum</i> Většina plísňí kazících potraviny
0,80-0,75(0,61)	halofilní bakterie	0,75	<i>Halobacterium halobium</i>
0,65-0,61	osmotolerantní/filní kvasinky	0,62	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>
0,78-0,61	xerotolerantní/filní plísně	0,78 0,77	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus ochraceus</i>

Koncentrace vodíkových iontů – pH

Růst i biochemická činnost mikroorganismů výrazně ovlivňuje koncentrace vodíkových iontů v prostředí. Každý mikrobiální druh vyžaduje jiné pH prostředí. Rozmezí optimálních hodnot pro bakterie a kvasinky je poměrně úzké, zatímco pro plísně je mnohem širší.

Hodnota pH potravin je tedy i důležitým faktorem ovlivňujícím aktivitu dekarboxylas a tím vznik biogenních aminů. Optimální pH pro dekarboxylaci aminokyselin je kyselé v rozmezí 2,5 – 6,5. Růst bakterií v kyselém prostředí stimuluje tvorbu dekarboxylas. **Optimum pro jejich aktivitu se pohybuje mezi 4,0 a 5,5.** Podmínky prostředí povzbuzují silněji bakterie k produkci těchto enzymů jako obranného mechanismu proti aciditě. Například laktobacily, enterokoky aj. si adaptivně zvyšují suboptimální pH prostředí dekarboxylací aminokyselin histidinu a fenylalaninu na histamin a tyramin.

Teplota

Teplota vnějšího prostředí je jedním z hlavních faktorů, které ovlivňují rychlost rozmnožování mikroorganismů i možnost jejich života.

Teplota prostředí významně ovlivňuje enzymatickou aktivitu mikroorganismů a tím samozřejmě i vznik biogenních aminů. Obecně platí, že produkce biogenních aminů je úměrná teplotě a době skladování. Teplota skladování může ovlivnit obsah biogenních aminů v potravinách. **Volba vodné skladovací teploty je tedy nejdůležitějším opatřením, bránícím vzniku biogenních aminů.** Optimální teplota tvorby histaminu je značně rozdílná (5-38 °C) a závisí hlavně na druhu kontaminující mikroflóry. Optimum pro činnost L-lysindekarboxylasy produkované mikroorganismy je při teplotě 37°C a pH 5,2-7,0. *Bacillus macerans* izolovaný z italského sýra byl schopen produkovat histamin při 43°, 37°, 30°, 22° a 4°C, ale nejvyšší produkce bylo dosaženo při maximálním růstu bakterií za 30°C.

Vaření má malý vliv na obsah biogenních aminů - histamin je termostabilní během vaření.

Jakmile jsou aminy vytvořeny, je obtížné je zničit. Může docházet k částečnému snížení množství biogenních aminů v potravinách při jejich tepelné úpravě reakcí s redukujícími cukry, resp. s rozkladnými produkty cukrů v reakci Maillarda.

Redox potenciál Eh, přístup vzduchu a jeho složení

Přístup kyslíku má zřejmě významný vliv na biosyntézu aminů. *Enterobacter cloacae* tvoří asi polovinu množství putrescinu v anaerobních podmínkách v porovnání s aerobními podmínkami a *Klebsiella pneumoniae* syntetizuje významně méně kadaverinu, ale nabývá schopnosti v anaerobních podmínkách tvořit putrescin. Podmínky nízkého redoxpotenciálu stimulují produkci histaminu, histidindekarboxylasa je v přítomnosti kyslíku inaktivována nebo destruována.

Doba skladování potravin

Aditiva v potravinách (glukosa, sacharosa, dusitan sodný, GdL, atd)

Koření a v něm obsažené účinné látky

Bakteriální aminooxidas

Rizikové potraviny

Obsahy biogenních aminů v potravině určitého druhu kolísají ve velmi širokých mezích, někdy až o dva řády. Obvyklé obsahy jednotlivých aminů v potravinách se pohybují v řádu jednotek až desítek miligramů v kilogramu, hodnoty ve stovkách mg/kg se již pokládají za vysoké až velmi vysoké. Výjimečně dochází i k překročení hladiny 1000 mg/kg. Z hlediska výskytu se obvykle potraviny dělí na **nefermentované**, v nichž biogenní aminy vznikají především činností hnilobných bakterií, a na **fermentované**, v nichž je rozhodující působení bakterií mléčného kvašení .

Nefermentované potraviny

Z nefermentovaných potravin jsou z hlediska obsahu biogenních aminů nejvýznamnější potraviny živočišného původu ryby, maso a masné výrobky, mléko a mléčné výrobky. Z potravin rostlinného původu některá zelenina a ovoce, šťávy a džusy, čokoláda a houby.



Ryby a plody moře

Maso ryb obsahuje velké množství bílkovin a vitaminů. Vyznačuje se též nízkým obsahem sacharidů a vysokou hodnotou aktivity vody. Pro tyto své vlastnosti podléhá rychle zkáze. Zdrojem mikroorganismů podílejících se na kažení ryb je především jejich kůže pokrytá slizem, který je vhodným prostředím pro mikroorganismy. Počet mikroorganismů na povrchu ryb se pohybuje od 100 až po několik milionů na cm^2 . Počet mikroorganismů v zažívacím traktu se může pohybovat od 10^3 do $10^8/\text{ml}$. Na žábřácích se zjišťují počty v hodnotách několik tisíc až několik milionů v 1 g. Ve svalovině ryb jsou celkové počty mikroorganismů zjišťovány v rozpětí od nuly do 10^3 v 1 g.

Na kažení rybího masa se podílí celá řada mikroorganismů, z nichž nejvýznamnější patří k rodům *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Moraxela*, *Acinetobacter* a při vyšších teplotách také *Bacillus*, *Micrococcus* a bakterie čeledi *Enterobacteriaceae*. Kažení je provázeno barevnými změnami a intenzivním zápachem, který způsobuje amoniak, sirovodík, methylmerkaptan, dimethylamin, trimethylamin a další biogenní aminy vznikající rozkladem dusíkatých látek.

U ryb s vysokým obsahem histidinu v tkáních (zejména ryby čeledi *Scombroidae* – makrelovité např. makrela, tuňák obsahující až 2,4% histidinu) vzniká ve velkém množství toxikologicky nejvýznamnější biogenní amin histamin. Jeho hladina může ve tkáních makrelovitých ryb dosahovat velmi vysokých hodnot i 3000 mg/kg (makrela) či dokonce 8000 mg/kg u tuňáka.

V mase **čerstvých ryb** bývá obsah biogenních aminů poměrně nízký (např. histaminu v mase tuňáka bývá 0 –10 mg/kg). Při skladování ryb při teplotách kolem 0 °C a nižších vznikají biogenní aminy v téměř zanedbatelném množství. Skladováním ryb 24 hodin při 30 °C se dosáhnou hodnoty biogenních aminů stejné jako při skladování 8 dní při 4 °C. Skladováním při teplotě 30 °C může překročit obsah histaminu akceptovatelnou dávku po 48 hodinách.

Rozdíly v tvorbě biogenních aminů závisí také na druhu ryb a barvě masa. Na tvorbu histaminu jsou nejnáchylnější sardinky, při skladování tuňáka 5 dní při 30 °C byl prokázán rozdíl v produkci biogenních aminů v bílém a tmavém mase. V tmavém mase se vyskytovalo více kadaverinu a putrescinu a v bílém více histaminu.

Rozdíly v obsahu biogenních aminů jsou i u ryb různě zpracovaných. V syrových makrelách bylo zjištěno větší množství biogenních aminů než v v uzených nebo konzervovaných. Rovněž byl prokázán dvojnásobný nárůst trimethylaminu u solených a sedminásobný nárůst trimethylaminu u uzených sledů skladovaných 60 dní při 7 °C. Sušené ryby mohou obsahovat vysoké koncentrace agmatinu (až 650 mg/kg).

Biogenní aminy v rybách mohou sloužit jako ukazatel rozkladu. Mietz et Karmas (1978) navrhli index **biogenních aminů (BAI)**, vyjádřený rovnicí

$$\mathbf{BAI = (PUT+CAD+HIS)/(1+SPD+SPM)}$$

Histamin ve svalovině správně skladovaných sladkovodních ryb nepředstavuje pro spotřebitele zdravotní riziko, neboť je v porovnání s některými druhy mořských ryb nízké. Jako markery čerstvosti sladkovodních ryb by měly být použity jiné biogenní aminy, které lépe korelují s počty mikroorganismů a sensorickými vlastnostmi ryb. Monitoring obsahu histaminu nemůže nahradit v kontrole ani sensorické a bakteriologické zkoušky. Za alternativní kritéria jakosti nefermentovaných potravin mohou být považovány putrescin a kadaverin.



Maso

Řádně ošetřené maso a nefermentované masné výrobky neobsahují hladiny biogenních aminů, které by představovaly zdravotní riziko. V čerstvém maso se nachází zejména adrenalin a spermidin (13-17 mg/kg) a spermin (0,5-0,7 mg/kg). V menším množství se v maso nachází také další biogenní aminy agmatin, noradrenalin, putrescin, kadaverin, dopamin, fenylethylamin, tryptamin, serotonin. Při skladování dochází vlivem přítomné mikroflóry k růstu obsahu biogenních aminů zejména putrescinu, kadaverinu, spermidinu, tyraminu a histaminu. Obsah některých biogenních aminů lze použít jako indikátoru čerstvosti masa. Čerstvé vepřové maso například obsahuje do 7 mg/kg kadaverinu a putrescinu, zatímco zkažené maso 60 mg/kg a více. Ve vakuově baleném hovězím maso zejména nárůst obsahu tyraminu, který při skladování výrobků nad 60 dní při 1 °C může představovat zdravotní riziko.

Vaření má relativně malý vliv na obsah biogenních aminů, dochází pouze k jejich částečnému rozkladu. U masa vepřového je úbytek biogenních aminů vyšší.

Svalovina zdravých zvířat podle současných poznatků neobsahuje mikroorganismy. Svalovina může být infikována mikroorganismy u nemocných zvířat nebo jako důsledek stresu před porážkou (primární kontaminace). Hlavním zdrojem sekundární kontaminace masa je kůže a trávicí trakt jatečných zvířat. Na 1 cm² kůže vyskytuje 10⁶-10⁸ mikroorganismů a ve zvířecích výkalech minimálně 10⁷/g. Ke kontaminaci masa může dojít prakticky při každé operaci technologického procesu. Po každé operaci se může množství bakterií zvýšit asi o jeden logaritmický řád.

Mikrobiální kažení masa může probíhat dvěma směry od povrchu do středu a nebo uvnitř ve hmotě masa, zvláště v bezprostřední blízkosti kostí. Na kažení se může podílet řada mikroorganismů. Nejvýznamnější jsou proteolytické a lipolytické pseudomonády *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragi*, které často tvoří společenstva se skupinou *Acinetobacter-Moraxella*, dále *Serratia*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus* a *Bacillus*, v případě kažení masa uvnitř ve hmotě i příslušníci rodu *Clostridium* (*C. perfringens*, *C. sporogenes* aj.). U baleného popř. vakuově baleného masa kde jsou potlačeny aerobní mikroorganismy se kažení účastní i mikroorganismy rodu *Lactobacillus*, *Alteromonas putrefaciens*, *Serratia liquefaciens*, *Broxotrix thermosphacta* a jiné. U solených (lákovaných) masných výrobků dochází v lácích k vytvoření typické mikroflóry tvořená halotolerantními kmeny čeledí *Staphylococcaceae* a *Micrococcaceae* a bakteriemi mléčného kvašení (rody *Lactobacillus*, *Lactococcus*, enterokoky – *Enterococcus faecium*), bakteriemi rodu *Vibrio* a halotolerantními kvasinkami. Zvrhnutí láku pak způsobuje nadměrné pomnožení určité skupiny mikroorganismů (hniloba láku způsobená rozvojem vibrií a zkysnutí láku způsobené např. stafylokoky a laktokoky), jehož příčinou je nedodržení hygienických a technologických parametrů při nakládání masa. Trvanlivost a mikrobiální kažení tepelně opracovaných masných výrobků je dána především jejich dostatečným záhřevem (teplota v jádře obvykle 70-75°C, výrobky k přímé spotřebě – jitrnice apod. tepelné opracování při 80-90 °C). V opačném případě dochází k jejich velmi rychlému kažení, na němž se mohou podílet např. laktobacily působící zelenání výrobků (reakce tvořeného peroxidu vodíku s myoglobinem) nebo rod *Bacillus* u pasterizovaných konzerv.

Viditelnými znaky kažení masa jsou povrchové osliznutí, barevné změny a nepříjemný zápach, počty mikroorganismů se pohybují okolo 10⁷-10⁸ KTJ/cm².

Mléko

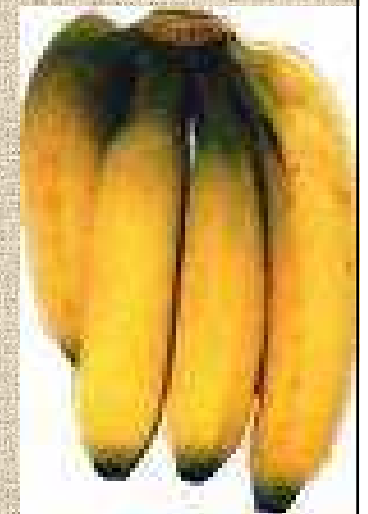
Koncentrace biogenních aminů v čerstvém mléce je nepatrná. V čerstvém mléce, mléčných nápojích a výrobcích, které nejsou fermentované se nacházejí aminy (propylamin, hexylamin, alifatické di- a polyaminy, histamin a tyramin) v malém množství (méně jak 1 mg/kg). Kromě toho je možný výskyt putrescinu, kadaverinu, sperminu a spermidinu. Příslušníci rodu *Aeromonas* ve vyšších koncentracích mohou vytvářet měřitelné množství trimethylaminu, který způsobuje rybí pachut' mléka



Potraviny rostlinného původu

Biogenní aminy se přirozeně vyskytují i v potravinách rostlinného původu. V ovoci a zelenině bývá hlavním biogenním aminem tyramin, ale v menším množství se vyskytují také další biogenní aminy. Často se vyskytují i různé konjuganty s mastnými či skořicovými kyselinami a deriváty biogenních aminů patřící mezi protoalkaloidy. Tyto látky mají často význam jako fytohormony odvozené od tryptaminu (3-indolyloctová kyselina – heteroauxin) nebo mají fungicidní (hordatiny) či insekticidní (gramin) funkci.

Endogenní biogenní aminy přirozeně se vyskytující v rostlinných surovinách nepředstavují velké toxikologické nebezpečí. Biogenní aminy byly detekovány mimo jiné i v tropických plodech jako je avokádo, fíky, banány, pomeranče, datle. Z plodin pocházejících z našich zeměpisných šířek jsou to například rajčata (histamin 11,1 $\mu\text{g/g}$), jablka (tyramin 3,6 $\mu\text{g/g}$), listová zelenina, brambory, broskve atd.



V banánech byl jako hlavní biogenní amin detekován tyramin dále pak fenylethylamin, histamin a další.

Ve špenátu se vyskytuje volný histamin v rozmezí okolo 200-400 mg/kg.

Pro citrusové plody a výrobky z nich je charakteristický vyšší obsah putrescinu. Zvýšený obsah sperminu a spermidinu je v luštěninách, hodně spermidinu je v kvěťáku a brokolici. Byl zjištěn zvýšený obsah putrescinu na 3-8 násobek původní koncentrace při skladování čerstvé zeleniny a salátů z listové zeleniny v závislosti na druhu zeleniny. Největší vliv byl zjištěn u čínského zelí, u něž lze předpokládat souvislost mezi výskytem bakterií čeledi *Enterobacteriaceae*, jenž tvoří 90% přítomné mikroflóry a produkcí putrescinu.

Významné množství aminů obsahují rovněž džusy a to banánový (tyramin, noradrenalin, serotonin), rajčatový (tyramin, tryptamin, histamin), pomerančový (noradrenalin, tryptamin).

Čokoláda

Biogenní aminy v čokoládě pochází z kontaminovaných surovin kakaa a mléka. Jejich obsah je ve srovnání s ostatními potravinami nízký. Vyskytují se tyramin, tryptofan, 2-fenylethylamin, serotonin, histamin a putrescin, obdobné biogenní aminy se vyskytují i v kakau.



Fermentované potraviny

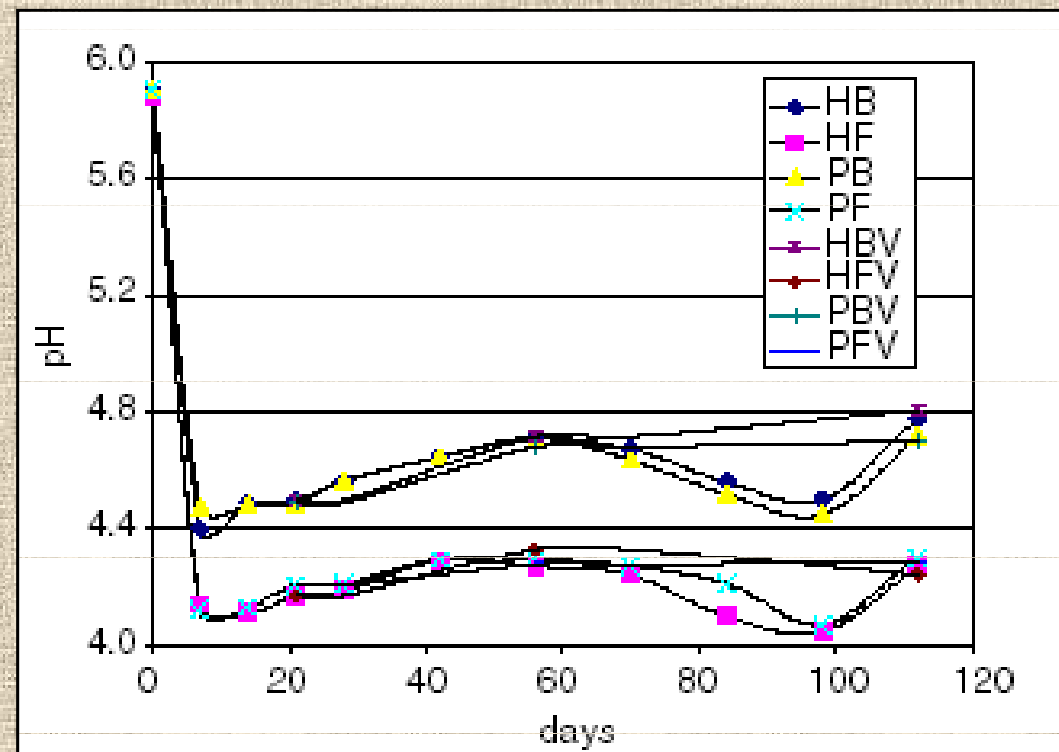
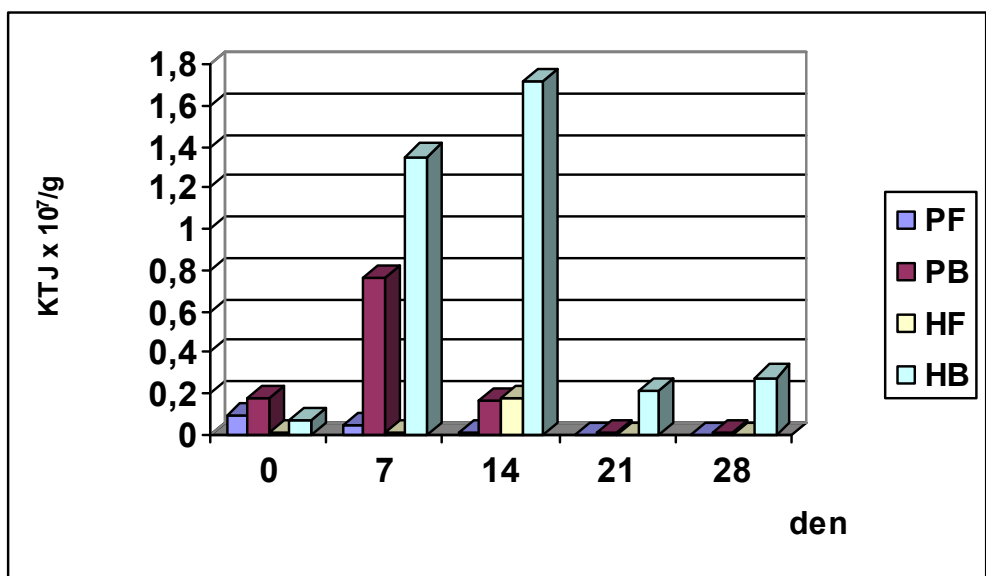


Fermentované salámy

V průběhu zrání dochází ve fermentovaných salámech k nárůstu počtů mikroorganismů, okyselení prostředí a proteolýze v jejímž důsledku stoupá množství volných aminokyselin, které mohou být dekarboxylovány mikrobiálními dekarboxylasami. Vytváří se tak podmínky pro tvorbu biogenních aminů. Už hůře ošetřená surovina vnáší do výrobku zvýšené obsahy putrescinu a kadaverinu. V závislosti na technologii výroby a použitých startovacích kulturách se může konečný obsah jednotlivých biogenních aminů značně lišit. Nárůst biogenních aminů je patrný hlavně v počátečních fázích fermentace výrobků a závisí na přítomných mikroorganismech. Na počátku fermentace se vyskytuje zejména kadaverin a histamin, ke konci je to putrescin a tyramin, kromě těchto biogenních aminů se mohou vyskytovat tryptamin, kadaverin, fenylethylamin, spermin a spermidin. U výrobků s přídavkem GdL byly zjištěny vyšší hodnoty tyraminu, histaminu a putrescinu.

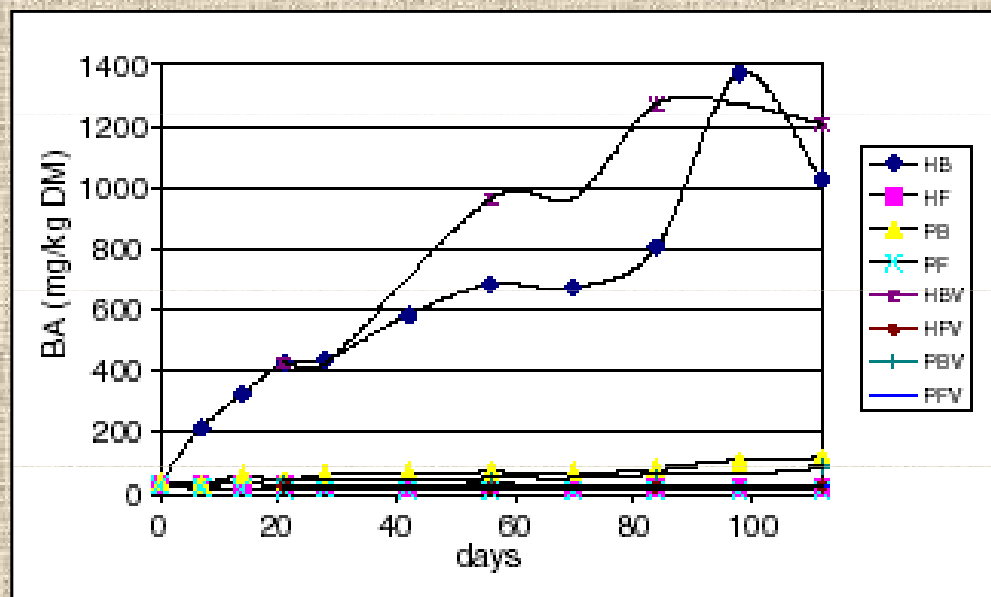
Na vzniku biogenních aminů v trvanlivých salámech se mohou podílet jak mikroorganismy použité ve startovacích kulturách, tak i mikroorganismy zpracovávané suroviny. Kontaminující mléčné bakterie hrají důležitou roli při produkci tyraminu a histaminu. Rovněž bakterie *Pseudomonas fluorescens*, *Citrobacter freundii*, *Hafnia alvei* vykázali pozitivní reakci na produkci histaminu a *Enterococcus faecalis* na produkci tyraminu.

V ojedinělých případech mohou výrobky obsahovat 100 – 1000 mg /kg histaminu.



Bakterie mléčného kvašení v průběhu výroby

Změny pH v průběhu zrání a skladování (Komprda, Smělá, Pechová, Kalhotka, Štencl, Klejdus, 2004) (H – Herkules, P – Paprikáš, B – Bioback ULTRA Plus, F - Bactoferm F-2, V – vakuově zabaleno)



Suma biogenních aminů během zrání a skladování (Komprda, Smělá, Pechová, Kalhotka, Štencl, Klejdus, 2004)

Sýry

Nejvýznamnějšími fermentovanými mléčnými výrobky (co do obsahu biogenních aminů) jsou sýry. Pro tvorbu poměrně vysokých hladin biogenních aminů mají význam nejen koncentrace bílkovin a volných aminokyselin v sýrech, přítomná mikroflóra, ale nezanedbatelnou roli zde hraje i dlouhá doba zrání sýrů.

Zrání sýrů se účastní celá řada mikroorganismů, které můžeme rozdělit do několika skupin.

- Bakterie mléčného kvašení
- Propionové bakterie
- Mazové bakterie
- Ušlechtilé plísně
- Kvasinky



Tvorba biogenních aminů v sýrech je závislá na koncentraci aminokyselin nebo peptidů, které účinkují jako prekurzory jejich tvorby, přítomnosti bakterií schopných dekarboxylovat aminokyseliny, pH, koncentraci solí, vodní aktivitě, množství mikroorganismů a na přítomnosti kofaktorů jako je pyridoxalfosfát (je ve velkém množství přítomný v sýrech).

Podmínkou vzniku toxického množství v sýrech je proteolýza, která je při zrání sýrů považována za jeden z nejdůležitějších pochodů ovlivňujících kvalitu sýra. Na proteolýze mléčných bílkovin se podílejí nativní proteasy z mléka, proteasy kontaminující mikroflóry, ale hlavně bakterie stratovacích kultur (*Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*). V menší míře se na tvorbě biogenních aminů mohou podílet i bakterie rodu *Propionibacterium* a *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*.

Příčinou vyšší četnosti otrav biogenními aminy jsou vysoké obsahy tyraminu a nebo histaminu. Vyšší obsahy těchto aminů jsou v sýrech zrajících pod mazem (typu tvarůžků či romaduru) a v sýrech poloměkkých a plísňových. Další skupinou jsou sýry vyráběné z nepasterovaného mléka a za zhoršených hygienických podmínek (např. brynza). Ve tvrdých sýrech holandského typu jsou hladiny biogenních aminů nižší. Množství tyraminu v sýrech může dosáhnout 500mg/kg, když jsou přítomny proteolytické enzymy a tyrosindekarboxylasa pozitivní kmeny *Enterococcus faecalis*. Množství biogenních aminů může být v sýrech až nad 1g/kg.

Sýry jsou dobrým substrátem pro tvorbu biogenních aminů, ale minimální výskyt otrav ukazuje, že při zachování správných technologických postupů se možnosti jejich tvorby minimalizují.

Fermentovaná zelenina

Konzervace zeleniny kvašením je známá již velice dlouho a potraviny takto vzniklé jsou ve velké oblibě nejen pro dlouhou trvanlivost ale i pro své chuťové vlastnosti. Fermentovat lze nejrůznější rostlinné suroviny zelí, okurky, olivy a jiné. U nás je nejvýznamnější fermentovanou zeleninou kysané zelí

Obsah biogenních aminů je jedním z kvalitativních ukazatelů v technologii výroby kysaného zelí. Množství biogenních aminů v produktu velmi kolísá v závislosti na technologických podmínkách a přítomné mikroflóře. Vysoký obsah biogenních aminů je charakteristický pro spontánně kysané zelí. Spontánní kvašení probíhá ve třech stupních charakteristických aktivní mikroflórou, která produkuje příslušné biogenní aminy. V první fázi *Leuconostoc mesenteroides* produkuje putrescin, laktobacily ve druhé fázi produkují putrescin a tyramin a pediokoky ve třetí fázi histamin. Může vzniknout až 250 mg/kg putrescinu. Kalač et Křížek 2005 zjistili jako nejvýznamnější (oproti zahraničním autorům považujícím za nejvýznamnější histamin) tyramin, jehož obsah vzrůstal s dobou skladování kysaného zelí. Obsah všech aminů lze podle nich snížit přidáním vhodných startovacích kultur při nakládání zelí.

Alkoholické nápoje

Biogenní aminy se mohou tvořit i alkoholických nápojích jako je víno a pivo. Obsahy biogenních aminů v těchto nápojích jsou sice podstatně nižší, ale rychle jich může být zkonsumováno značné množství. Navíc zřejmě vstřebávání probíhá rychleji než z pevných potravin.

Biogenní aminy ve vínech pocházejí z různých zdrojů. Biotické srtesy, jako např. *Botrytis cinerea* mohou působit zněny v bobulích a zvyšovat množství aminů.

Mošty obsahují ethanolamin a tyramin.

Po alkoholové fermentaci se objevuje kadaverin a histamin, produkuje se též agmatin, putrescin a ethanoamin.

Po jablečno-mléčné fermentaci se zvyšuje obsah tyraminu. Všeobecně se předpokládá, že koncentrace histaminu, jehož přítomnost je klinicky nejzávažnější roste se vzrůstajícím pH. Jeho producentem je *Pediococcus cerevisiae*, podílející se na jablečno-mléčném kvašení (snáší pH 3,5). Obsah histaminu se ve víně pohybuje v rozpětí 0-30 mg/l v závislosti na odrůdě a podmínkách fermentace. Při dodržení technologických podmínek je možné jeho obsah udržet pod hladinou 4 mg/l.

Obsah biogenních aminů v pivě je ovlivněn kvalitou sladu a čistotou kvasného procesu. Biogenní aminy ve sladu jsou produkovány přirozenou mikroflórou ječmene přítomnou v průběhu klíčení. Slad je zdrojem agmatinu, putrescinu, spermidinu a sperminu.

V pivech našeho typu, tedy spodně kvašených, je běžně kolem 1 mg histaminu a 5-8 mg tyraminu v litru. To platí i pro nelkoholická piva. Ke zvýšení obsahu biogenních aminů, zejména tyraminu může dojít i během skladování piva v obalech, pokud nebylo dostatečně pasterováno. Podstatně vyšší obsahy aminů jsou typické pro speciální belgická piva s odlišným typem kvašení.

Původcem biogenních aminů jsou kontaminující mléčné bakterie, které se prosadí především v pivovarech s nižší úrovní hygieny. Jde především o laktobacily *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum* a o *Pediococcus damnosus*. Pivovarské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* var. *uvarum* samotné nemají schopnost tvořit biogenní aminy během fermentace.

V závislosti na technologii výroby sladu a piva celkové množství biogenních aminů v pivech může kolísat v rozmezí 15-60 mg/l. Tomuto rozmezí odpovídají i průměrné hodnoty biogenních aminů zjištěných v českých pivech histamin 0,6 mg/l, tyramin 6,9mg/l, putrecin 8,8mg/l, kadaverin 12,9mg/l a tryptamin 1,2mg/l. Obsah histaminu v pivu je dobrým indikátorem hygienických podmínek skladování ječmene, výroby sladu a piva, protože histamin obsažený v produktu nevzniká z ječmene nebo ze sladu.

Zatím co u zdravých konzumentů piva či vína je riziko biogenních aminů jen nízké, ohroženi jsou pacienti léčení léky obsahujícími monoaminooxidasu. Příčinou je tyramin, který vyvolává rychlý vzestup krevního tlaku a jehož příjem by neměl překročit pouhých 6 mg během čtyř hodin. Rizikové jsou už nápoje obsahující přes 10 mg tyraminu v litru.



Při zrání sýrů dochází k výrazné tvorbě biogenních aminů jen v provozech s nedostatečnou hygienickou úrovní, tedy vlivem kontaminující mikroflóry. Při dobré technologii a dodržování správných hygienic-

kých zásad obsahují i dlouhodobě zrající sýry jen poměrně malá množství biogenních aminů.

V čerstvém rybím masě je obsah biogenních aminů malý, např. v masě tuňáka bývá 0-10 mg.kg⁻¹ histaminu a 0-2 mg.kg⁻¹ tyraminu.

Tabulka 10.22 Obsah hlavních biogenních aminů v potravinách

Potravina	Obsah v mg.kg ⁻¹ (nebo v mg.dm ⁻³) ^{a)}									
	histamin	kadaverin	putrescin	spermidin	spermin	agmatin	fenyl-ethylamin	tyramin	tryptamin	serotonin
maso										
vepřové	0-45	0-171	s-702	s-619	1-177			1-35	1-48	
hovězí	0-217	0-27	s-26	s-50	4-382	2-112		s-61		
kuřecí	1	9	6		58		s	23		
masné výrobky										
šunka	1-271	s-97	s-598	13-72	s-331		s-215	s-618	8-67	
slanina	15	s-1	s-8	2-42	1-212			1-3	4	
uzeniny	s-550	s-787	1-396	23-137	s-241		0-696	0-1240	0-29	
ryby										
tuňák	s-8000	s-447	s-200	1-4	s-19		s-45	s-1060		
makrela	s-3000	s-226	s-40	2-4	s-48		s-126	s-75		
slaneček	s-1300	s-34	1-37	50-56	s-92		s	0-3000		
sardinky	4-2350	18-1050	4-300	4-60	35-65			1-68		
sýry										
Cheddar	0-1300	4-408	1-996				0-303	0-1500	0-300	
Emmental	s-2000	0-460	1-130				0-490	1-1000	0-210	
Gouda	0-850	1-140	1-200				0-46	0-670	10-200	
Eidam	0-88	s	s					s-320		
Roquefort	0-4100	42-905	44-830				10-25	s-1350	10-1100	
ovoce										
banány								7-95		12-78
ananas	2-65							0-4		
pomeranč								1-10	s	
grapefruit								0-1400		
zelenina										
špenát	200-400							0-680		
rajčata	s-1							0-1200	4	12
další potraviny										
kysané zelí	1-200	1-311	6-550	5-7			0-9	2-310		
sójová omáčka	0-274		s-93				s	s-882	s-100	
pivo	0-22	0-40	2-15	0-7	0-4	1-41	0-8	1-68	0-5	
slad	1-4		4-10			23-117		9-28		
červené víno	0-30	0-47	s-6				s	0-90		
bílé víno	0-20	3-108	1-11					s-212		
sherry	0-31	1	3-25				1	1-17		
čokoláda	0-10	0-8	0	1-2	s-11		0-27	0-2	s-1	
kakao	1		1	12	1		0-22	4-12	2	

^{a)} s = stopy.

Tabulka 10.23 Vliv skladování a vaření na obsah biogenních aminů v hovězím mase

Teplota	Doba	Obsah v mg.kg ⁻¹									
		putrescin		kadaverin		spermidin		spermin		tyramin	
		syrové	vařené	syrové	vařené	syrové	vařené	syrové	vařené	syrové	vařené
4	0	11	10	23	0	39	56	382	440	8	25
	4	13	12	28	0	56	80	784	393	12	18
	8	46	42	29	0	54	65	520	407	16	12
	12	74	86	32	0	113	189	331	382	12	25
7	0	13	12	23	0	33	54	318	394	5	26
	4	17	19	28	1	91	92	563	437	18	20
	8	94	107	25	4	157	216	524	360	89	36
	12	224	202	45	36	201	266	390	349	201	111
10	0	12	12	28	0	80	50	362	446	4	12
	4	69	60	36	2	131	128	517	317	12	27
	8	207	205	32	36	278	267	345	321	52	151
	12	368	277	29	100	177	274	446	361	333	224

Tabulka 10.24 Změny koncentrace biogenních aminů během fermentace trvanlivých salámů

Startovací kultura	Doba	Obsah v mg.kg ⁻¹				
		histamin	kadaverin	putrescin	fenylethylamin	tyramin
s vysokou aktivitou dekarboxylas	0	3	1	1	2	2
	1	4	7	21	2	69
	2	5	35	18	9	95
	9	8	64	15	11	142
	21	6	84	13	11	120
s nízkou aktivitou dekarboxylas	0	3	1	1	2	2
	1	3	1	1	2	2
	2	3	1	1	2	5
	9	4	1	2	2	20
	21	3	1	3	2	21

Bakterie mléčného kvašení

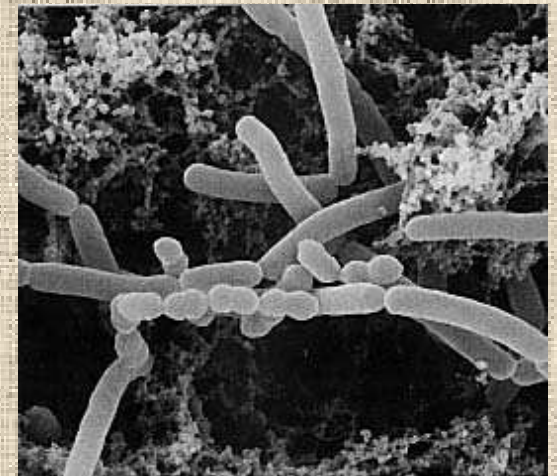
Významnou skupinou bakterií, která se může podílet na vzniku biogenních aminů zvláště ve fermentovaných potravinách jsou bakterie mléčného kvašení (BMK). Při výrobě fermentovaných potravin se využívají „divoké“, v surovině se přirozeně vyskytující bakterie mléčného kvašení, nebo se tyto bakterie přidávají ve formě zákysů, čistých mlékařských kultur, startovacích kultur pod.

Tato skupina je tvořena 13 rody gram pozitivních bakterií *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Paralactobacillus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Weissella*

Pravé bakterie mléčného kvašení tvoří velkou přirozenou skupinu nepohyblivých, nesporulujících G⁺ koků a tyčinek, které fermentují sacharidy za fakultativně anaerobních (mikroaerofilních) podmínek a tvoří přitom hlavně kyselinu mléčnou. Orla-Jensen 1919 – Tato definice je ve své podstatě dosud platná.

Výskyt BMK

- fermentované potraviny (ml. výrobky, masné výrobky, zelenina...)
- rostliny
- střeva a sliznice lidí a zvířat





Význam BMK



- prodloužení trvanlivosti potravin
- inhibice nežádoucí mikroflóry
- hlavním produktem je kyselina mléčná
- snížení pH a redoxpotenciálu
- produkce látek s antimikrobiálním účinkem (nisin, bakteriociny, kyselina mléčná...)
- produkty metabolismu dávají potravinám typické sensorické vlastnosti (chuť, vůně, vzhled)



Při výrobě potravin se BMK používají ve formě čistých mlékařských kultur, startovacích kultur, zákysů apod. Jde o směsné vícedruhové kultury v nichž každý mikrobiální druh má svou funkci a účel.



Homofermentativní BMK – sacharidy přeměňují téměř výhradně na kyselinu mléčnou

Heterofermentativní BMK – sacharidy mění na kys. mléčnou (> 50%), kys. octovou, CO₂, ethanol

Rod (skupina)	Typ fermentace	Hlavní produkty (molární poměr)
<i>Lactococcus</i>	homofermentativní	laktát
<i>Streptococcus</i>	homofermentativní	laktát
<i>Pediococcus</i>	homofermentativní	laktát
<i>Lactobacillus</i>	homofermentativní	laktát
Thermobacterium	homofermentativní	laktát
Streptobacterium	homofermentativní	laktát
	heterofermentativní*	laktát:acetát 1:1
Betabacterium	heterofermentativní	laktát:acetát:CO ₂ 1:1:1
<i>Leuconostoc</i>	heterofermentativní	laktát:acetát:CO ₂ 1:1:1
<i>Bifidobacterium</i>	heterofermentativní	laktát:acetát 2:3

* Při fermentaci pentos

Lactobacillus

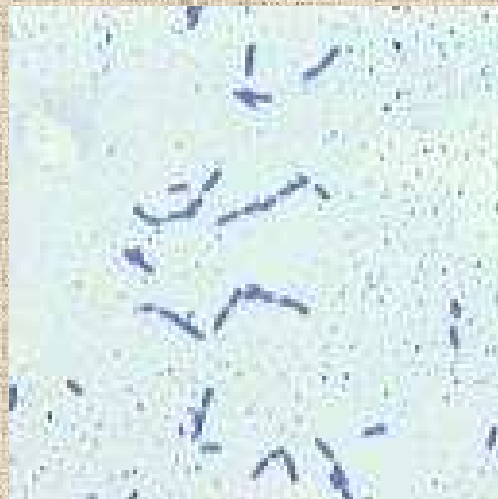
Fakultativně anaerobní nebo mikroaerofilní, nepohyblivé tyčinkovité bakterie. G+, 0,5-1,2 x 1-10µm, nesporulující. Hlavním metabolitem je kys. mléčná ale i octová, ethanol a CO₂. Všeobecně acidotolerantní až acidofilní, pH snižují až pod 4,0, tím působí inhibičně až mikrobicidně (zvláště málo disociované kys. mléčná a octová).

Skupina I obligátně homofermentativní (Görner, Valík 2004) upraveno

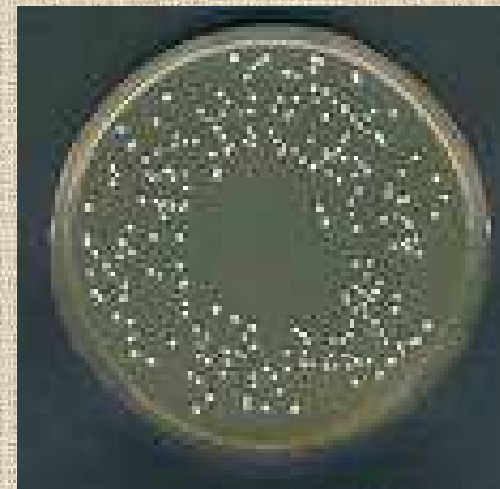
Druh ssp.	Prostředí ve kterém se převážně vyskytuje a jiné charakteristiky
<i>L. delbrueckii ssp. delbrueckii</i>	Rostl. mat. fermentovaný při vyšších teplotách (40-53°C)
<i>L. delbrueckii ssp. bulgaricus</i>	Jogurt a sýry
<i>L. delbrueckii ssp. lactis</i>	Kyselé mléko, sýry, lisované kvasnice, obilní zápary
<i>L. helveticus</i>	Ementálská kultura, tvrdé sýry (ementálský typ), kyselé mléko, maximum při 50-52°C
<i>L. acidophilus</i>	Intestinální trakt lidí a zvířat, ústní dutina lidí
<i>L. farciminis</i>	Masné výrobky (tepelně neošetřené), pekárenský kvas, snáší 10-12% NaCl
<i>L. salivarius</i>	Ústní dutina a intestinální trakt lidí a zvířat

Skupina II fakultativně heterofermentativní (Görner, Valík 2004) upraveno

Druh ssp.	Prostředí ve kterém se převážně vyskytuje a jiné charakteristiky
<i>L. bavaricus (L. sake)</i>	Kysané zelí, růst mezi 2-37°C
<i>L. casei ssp. casei</i>	Mléko, sýry, ml. výrobky, pek. kvas, kravský hnůj, siláž, intestinální trakt a ústní dutina lidí
<i>L. casei ssp. rhamnosus</i>	Dtto
<i>L. curvatus</i>	Mléko, masné výrobky, kysané zelí, kravský hnůj, pek. kvas
<i>L. plantarum</i>	Mléčné výrobky, siláž, kysané zelí a jiná zelenina, pek. kvas, intestinální trakt a ústní dutina lidí, kravský hnůj
<i>L. sake (L. bavaricus)</i>	Kys. zelí a jiné ferm. rostl. produkty, masné výrobky, pek. kvas, původně izolován z kvasnic na výrobu japonského saké, roste i při 2-4°C

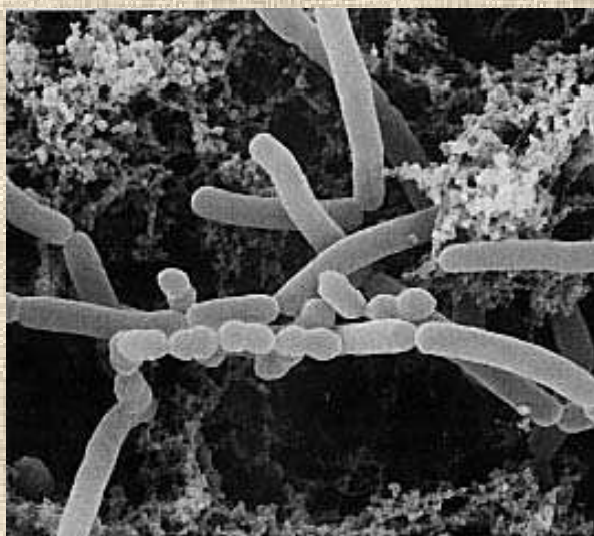


Lactobacillus plantarum

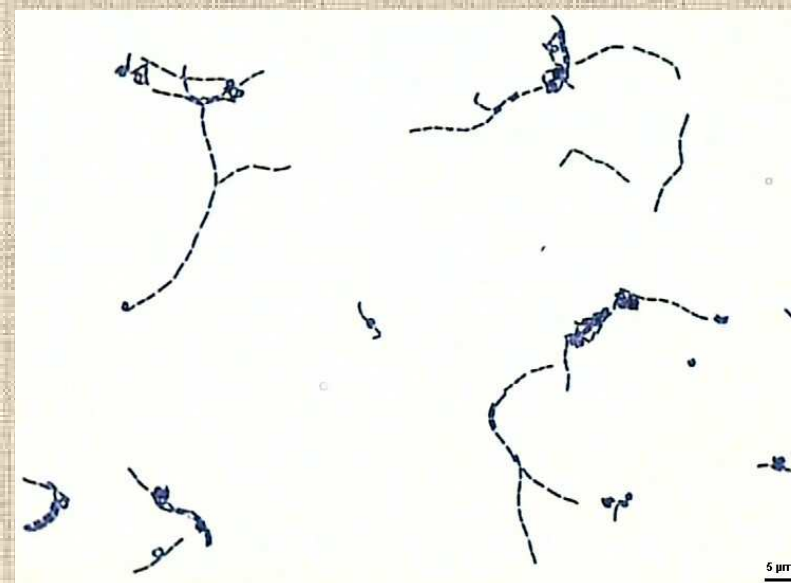


Skupina III. Obligátně heterofermentativní (Görner, Valík 2004) upraveno

Druh ssp.	Prostředí ve kterém se převážně vyskytuje a jiné charakteristiky
<i>L. brevis</i>	Mléko, sýry, kysané zelí, pek. kvas, intestinální trakt a ústní dutina lidí
<i>L. buchneri</i>	Mléko, sýry, fermentovaný rostlinný materiál, ústní dutina lidí
<i>L. fermentum</i>	Kvasnice, mléčné výrobky, pek. kvas, fermentovaný rostlinný materiál, kravský hnůj, intestinální trakt a ústní dutina lidí
<i>L. kefir</i>	Kefírová zrna a kefir
<i>L. reuteri</i>	masné výrobky, lidské a zvířecí fekálie



L. delbrueckii ssp.
bulgaricus



Streptococcus

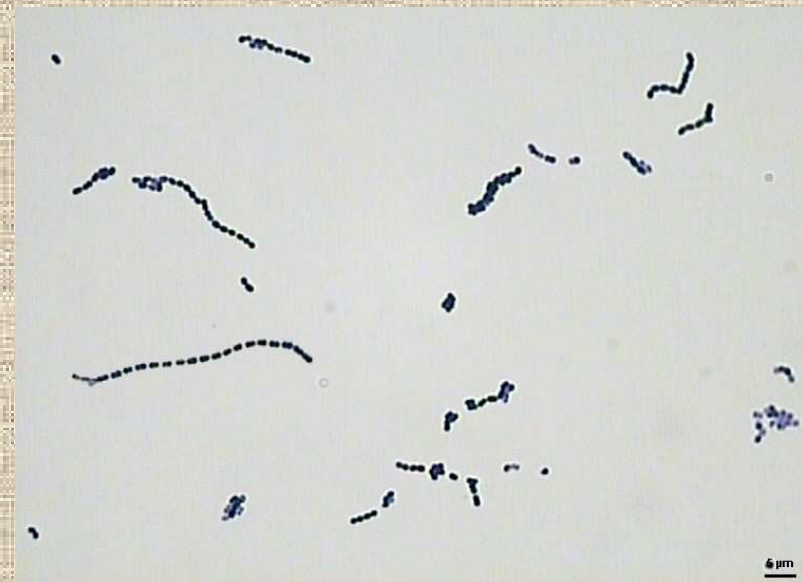
Streptococcus salivarius ssp. thermophilus (S. thermophilus)

0,7-0,9 μ m ovoidní, G+. Fermentuje glukosu, laktosu, manosu a fruktosu, některé kmeny i sacharosu. Opt. teplota 40-45°C, min. 21-19°C, max. 52°C, roste dobře i při 37°C, některé kmeny přežívají 60°C 30min.

Vyskytuje se v mléce a ml. výrobcích přirozeně i jako složka ČMK-používaných k výrobě jogurtů, tvarohů, sýrů.

Může se vyskytovat jako nežádoucí kontaminace výměníků tepla pasterů a odparek na mléko.

Divoké kmeny působí chyby při zrání sýrů.



Lactococcus

Tento rod se vyštěpil z rodu *Streptococcus*. Jsou to G⁺, fakultativně anaerobní, ovoidní buňky 0,5-1,2 x 0,5-1,5 μm vyskytující se v párech nebo v řetízcích, opt. teplota 30°C, homofermentativní

Jsou součástí ČMK při výrobě smetany, másla, kys. mléka, tvarohů a sýrů.

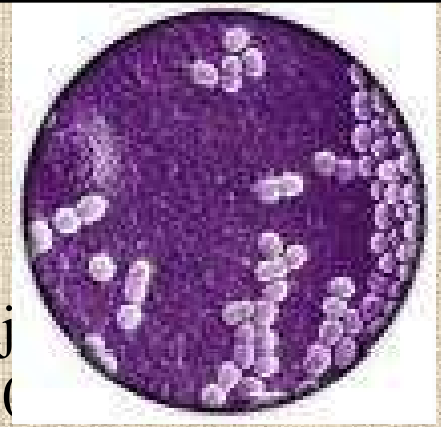
L. lactis ssp. lactis 0,5-1 μm, opt. teplota 30°C, některé kmeny tvoří bakteriocin **nisin**.

L. lactis ssp. lactis biovar diacetylactis tvorba diacetylu- aroma kysaných mléčných výrobků. Za přítomnosti fruktosy vytváří hlavně CO₂ a kys. octovou, štěpí kys. citronovou, přičemž se ve značné míře tvoří acetoin, z něj se oxidací vzdušným kyslíkem tvoří diacetyl.

L. lactis ssp. cremoris větší buňky a delší řetízky, fermentuje glukosu a laktosu zřídka maltosu a sacharosu.



Leuconostoc



Heterofermentativní G⁺ koky 0,5-0,7 x 0,7-1,5 μm nesporulují anaerobní, vyskytující se v párech a v řetězcích, opt. teplota 20-30°C

Využívá se v mlékárenském průmyslu, jsou přítomny např. i v kysaném zelí, jsou významnou složkou mikroflóry masa a masných výrobků.

L. mesenteroides ssp. mesenteroides tvoří dextranový sliz, ve slizích snáší zahřev až 80-85°C, může působit problémy v cukrovarnickém prům., působí např. rosolovatění slazených vod.

L. mesenteroides ssp. cremoris v ČMK (smetanové kultury) tvorba diacetylu – aroma, ze sacharosy netvoří sliz.

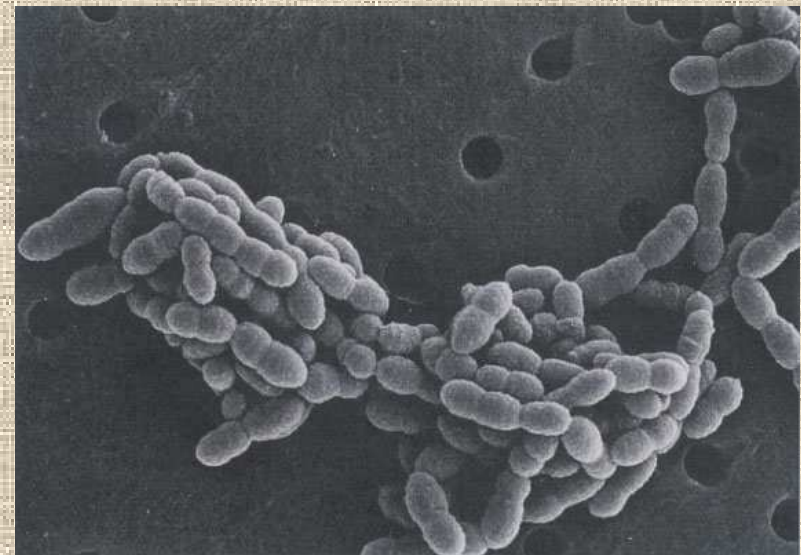
L. mesenteroides ssp. dextranicum výroba dextransu, smetanové kultury.

L. lactis

Oenococcus

G⁺ elipsoidní až koky, vyskytující se po dvou nebo v řetízcích, jsou nepohyblivé, nesporulující, fakultativně anaerobní, chemoorganotrofní, katalasa a oxidasa negativní, neproteolytické, acidofilní. Rostou při pH 3,5-4,8 a v přítomnosti 10% ethanolu. Optimální teplota růstu je 22°C (20-30°C). Jsou pomalu rostoucí, vyžadují bohatá média s růstovými faktory a aminokyselinami. Glukosu fermentují na kyselinu D(-)-mléčnou, CO₂, ethanol nebo acetát. Mohou produkovat i extracelulární polysacharidy. Tento rod je tvořen jediným druhem

O. oeni (dříve *Leuconostoc oenos*) nacházejícím se v hroznovém moštu a ve víně. Při výrobě vína se uplatňuje v procesu jablečno-mléčného kvašení.



Pediococcus

G+ koky 1,0-2,0 μ m vyskytující se v párech nebo tetrádách, homofermentativní, halotolerantní, rostou při 30°C, opt. teplota 25-40°C fakultativně anaerobní

V potravinářském průmyslu jsou složkou mlékařských kultur a startovacích kultur pro výrobu fermentovaných masných výrobků *P. acidilactici* a *P. pentosaceus*

P. damnosus (dříve *P. cerevisiae*)- *pivní sarcina*- působí kažení piva, masných výrobků a výrobků studené kuchyně.

P. pentosaceus – fermentované potraviny

P. halophilus – snáší až 15% NaCl (opt. 6-8%) se uplatňuje v Japonsku při výrobě sýra miso ze sojové mouky.

Pediococcus pentosaceus



Enterococcus

Jsou to G⁺ koky, někdy nírně oválné o velikosti 0,6-2 x 0,6–2,5 μm, nesporeující, fakultativně anaerobní opt. teplota 37°C, snáší vyšší koncentraci NaCl, odolné i vůči nízké aw, přežívají 60°C 30 min..

E. faecalis

E. faecium

Aj.

*Enterococcus
faecalis*



Výskyt a význam: Jeho význam v potravinářství je na první pohled protichůdný.

Původní stanoviště intestinální trakt zvířat a lidí. Sekundárně v mléce a mléčných výrobcích, v potravinách s vyšším obsahem soli.

Potraviny často po fermentaci obsahují velké množství enterokoků jako složky přírodního společenstva (v tomto případě je milné je považovat za indikátor fekálního znečištění), ve fermentovaných potravinách se enterokoky podílejí na tvorbě sensoricky aktivních látek (chuť a vůně výrobku).

Bifidobacterium

Nepravidelné, často se větvící, G+, striktně anaerobní, 0,5-1,3 x 1,5-8µm nesporulující tyčinky, vyskytující se jednotlivě, v řetízcích nebo v hvězdicovitém, palisádovitém či nepravidelném uspořádání.

Optimální teplota růstu 37-41°C, rozpětí 25-45°C, pH 6,5-7,0. Některé druhy tolerují O₂ v přítomnosti CO₂, a v mléce, když rostou spolu s přirozeným střevním partnerem *Lactobacillus acidophilus*

Ze 2 molů hexosy produkují 3 moly kys. octové a 2 moly kys. mléčné

Vyskytují se ve stolici kojenců krmených mateřským mlékem (bifidus faktor).

Antagonisti nežádoucích střevních bakterií, využití jako probiotikum

Bifidobacterium longum probiotikum do kyselých mlék

B. adolescentis

B. infantis

B. bifidum



Bifidobacterium bifidum



