

Jedovatí ptáci

Toxic birds

Ivan Mikšík

Zlatnická 8, CZ - 110 00 Praha 1

MIKŠÍK I. 1995: Jedovatí ptáci. *Sylvia 31: 87-90.*

Práce podává přehled o prvním zjištění jedu u ptáků. Jedná se o pěvce rodu *Pitohui*, kteří jsou endemici pro oblast Nové Guineje. Jedem je steroidní alkaloid homobatrachotoxin, o kterém se původně myslelo, že se vyskytuje pouze u neotropických žab rodu *Phyllobates*. Rovněž je diskutován význam tohoto toxinu. Je možné, že se toxin primárně vyvinul jako ektoparazitní repelent.

MIKŠÍK I. 1995: Toxic birds. *Sylvia 31: 87-90.*

In this review

is summarized our knowledge about toxic birds are summarized. The toxin was discovered in endemic New Guinea passerine birds from the genus *Pitohui*. The toxin is steroidal alkaloid homobatrachotoxin, that was previously considered to be restricted to neotropical frogs of the genus *Phyllobates*. The significance of the toxin is also discussed. It is possible, that the toxin is primarily evolved as an ectoparasite repellent.

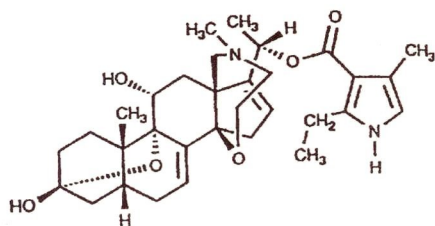
Key words: toxic birds, batrachotoxins, homobatrachotoxin, steroidal alkaloid, ectoparasite

Až dosud nebyl znám, na rozdíl od jiných tříd obratlovců, žádný případ "jedovatosti" (chemické obrany) ptáků. Až v roce 1992 uveřejnili DUMBACHER *et al.* v prestižním vědeckém časopise *Science* překvapující objev toxinu u pěvců rodu *Pitohui* (tomuto objevu byl dokonce přiložen takový význam, že se vyobrazení těchto ptáků objevilo na titulní straně). Tito drozdům podobní ptáci jsou endemici pro oblast Nové Guineje.

Jedovatost byla studována na laboratorních myších. K jejímu zjištění byly použity extrakty z různých částí těla (kůže, peří, prsní sval, srdce a játra, žaludek, střeva a kostrční žláza) tří druhů těchto ptáků (*Pitohui dichrous*, *P. kirhocephalus* a *P. ferrugineus*). Největší účinek byl pozorován u *Pitohui dichrous*,

a to u extraktů z kůže a peří (odpovídající 10, resp. 25 mg tkáně), kdy pokusná myš zemřela minimálně do 19 min, a u extraktu z prsního svalu (odpovídající 100 mg tkáně) kdy zemřela do 70 min. Dva extrakty ze srdce a jater a žaludku (300 mg tkáně) způsobí paralýzu zadních nohou, značné pohybové problémy a vyčerpanost. Minimální nebo žádný efekt nebyl pozorován u extraktů ze střev a kostrční žlázy. Menší efekt byl pozorován u druhu *P. kirhocephalus* - smrt nastala pouze u extraktu z kůže (20 mg) - do 18 min a z peří (50 mg) - do 27 min. U druhu *P. ferrugineus* dochází k smrti pouze u extraktu z kůže (40 mg) - do 40 min.

Jako toxin byl identifikován (pomocí plynové chromatografie-hmotnostní



Obr. 1. Vzorec homobatrachotoxinu (dle DUMBACHER et al., 1992).

Fig. 1. Structure of homobatrachotoxin (according to DUMBACHER et al., 1992).

spektrální analýzy, tenkovrstevné chromatografie a přímou hmotnostní spektrometrií) homobatrachotoxin (obr. 1). Jedná se o steroidní alkaloid patřící mezi batrachotoxiny, jedny z nejprudších živočišných jedů. Batrachotoxiny depolarizují nervové a svalové buňky aktivací Na^+ kanálů. O toxickém efektu homobatrachotoxinu si lze udělat představu podle laboratorních pokusů na myších (jak bylo popsáno výše), kdy při nízké dávce ($<0.01 \mu\text{g}$) dochází k částečné paralýze zadních končetin a pohybovým problémům a při vyšší dávce ($>0.03 \mu\text{g}$) k tonickým křečím a smrti.

Homobatrachotoxin byl zatím znám pouze u "šípových" žab rodu *Phyllobates* (Dendrobatidae), u kterých se vyskytuje v přibližně stejné koncentraci s batrachotoxinem a s méně toxickým, pravděpodobně prekursorem, batrachotoxininem A. Rod *Phyllobates* zahrnuje 3 toxické kolumbijské žáby (*P. aurotaenia*, *P. bicolor* a *P. terribilis*). Sekret z jejich kůží používají kolumbijské Indiáni k výrobě jedu pro své šípy (proto "šípové" žáby). U žab *Phyllobates* jsou Na^+ kanály necitlivé k efektům batrachotoxinů - tyto žáby jsou proto chráněny před toxiny uvolňovanými ze zásobních míst v kůži. Dosud není známo, jak ptáci *Pitohui* tolerují homobatrachotoxin ve své vlastní svalové tkáni.

Odhadnuté množství homobatrachotoxinu bylo pro *Pitohui dichrous* (vážící 65 g) 15-20 μg v kůži, 2-3 μg v peří a méně než 1 μg ve svalech a dalších tkáních, pro *P. kirhocephalus* (85-95 g) 6-10 μg v kůži a pro *P. ferrugineus* (100 g) 1-2 μg v kůži. Naproti tomu celkový obsah batrachotoxinů v kůži kolumbijských žab rodu *Phyllobates* se pohybuje v rozpětí od 100 μg pro dva druhy (*P. aurotaenia* a *P. bicolor*) do 1000 μg u třetího druhu (*P. terribilis*). U dvou středoamerických druhů byly zjištěny mnohem menší hodnoty, pohybující se od neznámých množství po 3 μg . Pro srovnání je třeba uvést, že kůže ptáků *Pitohui* váží zhruba 4-5 g, zatímco žab *Phyllobates* 0.2-0.5 g.

V současné době je výskyt tohoto toxinu u ptáků omezen určitými nejasnostmi. Například není jasná fylogeneze tohoto steroidního alkaloidu. Ptáci *Pitohui* a žáby *Phyllobates* jsou od sebe fylogeneticky a geograficky separované a jsou jedinými známými organismy obsahujícími batrachotoxiny. Navíc ptáci *Pitohui* obsahují pouze čistý produkt bez prekursoru, na rozdíl od jedovatých žab. Rovněž není známo místo produkce toxinu, rozhodně však není v kostrční žláze.

Největší spekulace se vedou o významu tohoto jedu pro ptáky. Batrachotoxiny depolarizují buněčné membrány jak u obratlovců, tak i bezobratlých (ALBUQUERQUE et al. 1971), a proto DUMBACHER et al. (1992) usuzují na chemickou obranu před predátory. Přirozenými nepřáteli ptáků *Pitohui* jsou hadi, draví ptáci a možná někteří stromoví vačnatci - všichni jsou pravděpodobně citliví k batrachotoxinům. Sám pták vydává ostrý kyselý pach (vlastní toxin způsobuje při kontaktu s lidskou ústní a nosní tkání ztuhnutí, popálení a kýchání). Místní obyvatelé označují druh *Pitohui dichrous* jako "odpadní pták", protože nemůže být sněžen bez stažení a speciální přípravy (MAJNEP & BULMER 1977 citován DUMBACHEREM et al. 1992). *Pitohui dichrous* a *P. kirhocephalus* jsou pestře

zbarvení - křídla, ocas a hlava jsou černé a ostatní části těla jsou ostře kontrastně oranžově-hnědé. Toto zbarvení autoři dávají do souvislosti s tím, že jedovatí živočichové bývají často nápadně zbarvení, což zvyšuje efektivitu učení predátorů o "nezdravosti" kořisti.

Právě ve vztahu k barevnosti a "nejedlosti" ptáků *Pitohui* odkazují WRANGHAM (1992) a POUGH (1992) na pokusy prováděné Cottem ve 40. a 50. letech, který zjišťoval chutnost masa a vajec ptáků (více než 200 druhů). Zjištěná "jedlost" a "nejedlost" byla obdobná pro člověka a pro ježky, krysy, fretky a kočky. Maso a vejce měly často rozdílné zařazení podle chutnosti a ta neodpovídala stravě ptáka. Nejběžnější špatnou chuť byla hořkost. Cott se domníval, že existuje nepřímá úměra mezi nápadností zbarvení a chutností ptáka.

POULSEN (1994) poukazuje na obtížnost vysvětlení fylogeneze homobatrachotoxinu u ptáků *Pitohui*, když predátoři (draví ptáci) zabijí ptáka dříve, než jed přijde do styku s jejich sliznicí. V této souvislosti se mu proto zdá divné, jak pouze několik lehce jedovatých (zmutovaných) jedinců v nejedovaté populaci by mohlo přežít a posléze se rozvinout v jedovatou populaci. Dravec se totiž vyhne zabití až teprve další jedovaté oběti (samotný ostrý pach nemůže dravé ptáky odstrašit - loví normálně podle zraku, čich je špatně vyvinut). U jedovatých žab rodu *Phyllobates* je trochu jiná situace. Koncentrace homobatrachotoxinu je v přepočtu na váhu kůže zhruba o tři řády vyšší (při porovnání nejedovatějších druhů 200-500 µg/0.1 g kůže vers. 0.3-0.5 µg/0.1 g kůže). Navíc jejich predátoři jsou většinou menší než u ptáků, jako např. pavouci, kteří zjistí jed na kůži pomocí svých noh a makadel bez zabití žáby. V tomto případě může přírodní výběr přímo působit na genetickou odchylku v populaci.

POULSEN (1994) se domnívá, že jedovatost kůže a peří ptáků *Pitohui* se primárně vyvinula jako ektoparazitní repelent, což je podle něho v souhlasu s hlavním místem akumulace toxinu (kůže a peří), poměrně malou koncentrací toxinu (ale pouze v porovnání se žábami, jinak celkové množství 15-20 µg v kůži při známé jedovatosti se nezdá tak malé) a pravděpodobnou cestou vývoje toxinu. Ptáci, kteří jsou často těžce promořeni ektoparazitami, musí mít, vedle ošetřování pomocí zobáku, další způsob udržení nízké hladiny těchto parazitů. Sekrety kostrční žlázy často obsahují účinné bakteriocidy a fungicidy (JACOB 1978) (ale u *Pitohui* nebyl toxin v kostrční žláze zjištěn). Hypotézu o funkci toxinu jako obrany proti ektoparazitům podporují také MOURITSEN & MADSEN (1994). Ektoparaziti zvyšují cenu reprodukce, a to v pojmech času a energie a také klesá plodnost (DUFFY 1983, MOLLER 1993). Vypadá to, že sekundární sexuální vlastnosti u ptáků odráží jejich schopnost odolávat parazitům, a tak parazité mohou být zajímavou evoluční silou při sexuálním výběru (HAMILTON & ZUK 1982, MOLLER 1990). Z tohoto důvodu mohou antiparazitní toxiny v kůži a peří sehrát svoji úlohu ve fylogenezi. MOURITSEN & MADSEN (1994) se proto snažili porovnat zamoření parazity mezi pěvci Nové Guineje. Přestože existuje málo takových údajů, získaná data ukazují na nízké zamoření klíšťaty u ptáků rodu *Pitohui* (druhé nejnižší mezi porovnávanými třiceti rody pěvců).

Závěrem lze říci, že výskyt jedu u ptáků rodu *Pitohui* je velmi zajímavý a jeho fylogeneze a význam je stále otevřeným problémem. Z tohoto hlediska se jeví zajímavým další výzkum látek působících bakteriocidně a fungicidně v kůži a peří nebo případně způsobujících "nechutnost" ptáků.

SUMMARY

In this review our knowledge about toxic birds are summarized. The toxin was discovered in endemic New Guinea passerine birds from the genus *Pitohui* by DUMBACHER et al. (1992). This toxin is steroidal alkaloid homobatrachotoxin, that was previously considered to be restricted to neotropical poison-dart frogs of the genus *Phyllobates*. Concentrations of toxin varied among species but were always highest in the skin (15-20 µg in *Pitohui dichrous*). This toxin possibly serves as a chemical defense in birds. Two possibilities of this effect are discussed: 1) defense against predators or 2) defense against parasites. For this reason it may be interesting to study bacteriocides and fungicides in skin and feathers or compounds or compounds causing "unpalatability" of flesh.

LITERATURA

- ALBUQUERQUE E.X., DALY J.W. & WITKOP B. 1971: Batrachotoxin: chemistry and pharmacology. *Science* 172: 995-1002.
- DUFFY D.C. 1983: The ecology of tick parasitism on densely nesting Peruvian seabirds. *Ecology* 64: 110-119.

- DUMBACHER J.P., BEEHLER B.M., SPANDE T.F., GARRAFFO H.M. & DALY J.W. 1992: Homobatrachotoxin in the genus *Pitohui*: chemical defense in birds? *Science* 258: 799-801.
- HAMILTON W.D. & ZUK M. 1982: Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science* 218: 384-387.
- JACOB J. 1978 in BRUSH A.H. (ed.): Chemical Zoology, Vol. X, Aves, p. 165-211, *Academic Press, New York*.
- MAJNEP I.S. & BULMER R. 1977: Birds of my Kalam country. *Auckland Univ. Press, Auckland, New Zealand*.
- MOLLER A.P. 1990: Parasites and sexual selection: current status of the Hamilton and Zuk hypothesis. *J. Evol. Biol.* 3: 319-328.
- MOLLER A.P. 1993: Ectoparasites increase the cost of reproduction in their host. *J. Anim. Ecol.* 62: 309-322.
- MOURITSEN K.N. & MADSEN J. 1994: Toxic birds: defence against parasites? *Oikos* 69: 357-358.
- POUGH F.H. 1992: The taste of birds: *Pitohui!* *Science* 258: 1867.
- POULSEN B.O. 1994: Poison in *Pitohui* birds: against predators or ectoparasites? *Emu* 94: 128-129.
- WRANGHAM R. 1992: The taste of birds: *Pitohui!* *Science* 258: 1867.

Došlo 12. ledna 1995, přijato 20. června 1995.
Received 12 January 1995, Accepted 20 June 1995.