

Čtverzubec fugu – nebezpečná delikatesa

Jakub Začal

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

nascannované zadání s. 1

nascannované zadání s. 2

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

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

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

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

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

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je seznámení s rybou zvanou čtverzubec fugu (*Takifugu*). Pojednává o taxonomickém zařazení, historickém výskytu, charakteristice a využití v současnosti člověkem. Dále se zaměřuje na toxicitu, zosobněnou tetrodotoxinem, jeho účinky na lidský organizmus a možnou syntézu. V poslední části je zaměřena na gastronomii spjatou s fugu.

Klíčová slova: Čtverzubec fugu, fugu, tetrodotoxin, TTX, sashimi

ABSTRACT

Destination of this bachelor thesis is introducing with fish called Takifugu. Deals about taxonomy, historical appaerance, characteristics and use by human today. Next deals toxicity, personify as tetrodotoxin, his effect of influence to human organism and possible synthesis. In the last part is gastronomy connected with fugu.

Keywords: Takifugu, puffer fish, tetrodotoxin, TTX, sashimi

Rád bych poděkoval vedoucí bakalářské práce Mgr. Monice Černé, Ph.D. za vedení, cenné připomínky a rady, které mi v průběhu vypracování poskytla.

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

Ve Zlíně dne

.....

Jakub Začal

.....

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OBECNĚ O FUGU	12
1.1 VÝSKYT	13
1.2 OBRANNÉ MECHANIZMY FUGU	15
1.2.1 Ostny na povrchu těla.....	15
1.2.2 Schopnost zvětšit objem.....	16
1.2.3 Přirozená toxicita	17
1.3 GENOM FUGU	18
2 TETRODOTOXIN	19
2.1 VÝSKYT	20
2.1.1 Tetrodotoxin a fugu.....	21
Další výskyt tetrodotoxinu	21
2.2 OBECNÝ ÚČINEK TETRODOTOXINU	22
2.2.1 Mechanismus intoxikace.....	22
2.3 PROJEVY INTOXIKACE ČLOVĚKA	23
2.4 LÉČBA INTOXIKACE.....	24
2.5 IMUNNÍ ORGANIZMY	24
2.5.1 Imunita u fugu	24
2.5.2 Imunita u koryšů	24
2.6 SYNTÉZA TETRODOTOXINU	25
2.7 BIOSYNTÉZA TETRODOTOXINU.....	25
3 VYUŽITÍ FUGU ČLOVĚKEM	27
3.1 JAPONSKO	27
3.2 GASTRONOMIE FUGU.....	29
3.3 DRUHY POKRMŮ.....	30
3.3.1 Tessa Sashimi.....	30
3.3.2 Fugu Kara-age	32
3.3.3 Fugu Nabe	33
3.3.4 Fugu Hire	34
3.3.5 Fugu Shirako	34
3.4 FUGU MIMO ASII	36
3.4.1 Evropská unie.....	36
3.4.2 USA.....	36
ZÁVĚR	37
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	41
SEZNAM OBRÁZKŮ	42
SEZNAM TABULEK	43
SEZNAM PŘÍLOH	44

ÚVOD

Moderní trendy v lidské výživě a gastronomii jsou vedeny jednoznačně směrem ke zdravému životnímu stylu. Omezení příjmu nasycených mastných kyselin a živočišných tuků obecně, jsou jejich základem.

Z tohoto důvodu se stále více dostávají do popředí popularity ryby a výrobky z rybího masa, které právě tyto trendy naplňují. Jejich konzumací dochází k prevenci nemocí kardiovaskulárního systému, snižování zánětů, snižování krevního tlaku a upravení hladiny cholesterolu v krvi.

Jednou z celosvětově nejpopulárnějších ryb současnosti je Čtverzubec fugu. Tato ryba se vyskytuje zejména v Asii, kde patří již několik století k pravidelnému článku na jídelníčcích tamějších obyvatel. Hlavním producentem fugu na světě je Japonsko, ve kterém se s fugu můžeme setkat jak v gastronomii, tak i kulturních odkazech, přičemž svoji roli zastává i v náboženství.

Svoji přirozenou toxicitou, kterou primárně reprezentuje extrémně silný neurotoxin „tetrodotoxin“, patří mezi potraviny, jejichž konzumace si ročně vyžádá až stovky mrtvých, z důvodu špatné úpravy.

Samotné gastronomické využití je velmi široké, protože se vzrůstající oblibou fugu vzrůstá i počet těch, kteří chtějí v některé formě fugu konzumovat. Lze tak hlavně v Asii, protože v EU je zakázáno dovážet nebo chovat pro potravinářské účely a v USA je certifikovaných restaurací minimum. Z tohoto důvodu se fugu stává častým důvodem gastroturistiky do asijských zemí.

Cílem této práce je tedy kompletně osvětlit vše, co se týká jak fyziologie fugu, tak gastronomického zpracování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNĚ O FUGU

Fugu je japonské slovo, jehož význam je v angličtině „Pacific Ocean Native Fish“, což v překladu znamená „Původní Ryba Pacifického Oceánu“. Tento zdlouhavý název se samozřejmě nepoužívá a místo něj se můžeme setkat s výrazem „Fugu Fish“, neboli „Ryba Fugu“ [1].

Původní význam byl ale jiný. „Fugu“, původně „Fuku“, znamenající nafouknutí, se převzalo z japonského přísloví, které varovalo před uchováváním si problémů ve svém nitru. Čínština v překladu značí fugu jako „Mořské prasátko“ [2].



Obr. 1. Fugu Fish [3]

Tato charakteristika se dá pochopit, protože ve standardním stavu jsou zástupci fugu bez šupin, s vystouplou hlavou, pohybujícími se rty a lesklým tělem (viz Obr. 1). Angličtina má pro fugu hned několik názvů. Puffer fish, Globe fish, Blow fish a další. Je zřejmé, že názvy vycházejí ze schopnosti zvětšit svůj objem, poté tělo ryby vypadá jako koule [4].

Fugu Fish (dále jen fugu), značí všechny zástupce čeledi *Tetraodontidae* – Čtverzubovití (viz Tab.1). Název této čeledi je odvozen od stavby zubů těchto ryb, která ve spojení se silnou čelistí, připomíná zobák [3].

Tab. 1. Taxonomie fugu

Říše	<i>Animalia</i>
Kmen	<i>Chordata</i>
Podkmen	<i>Vertebrata</i>
Třída	<i>Actinopterygii</i>
Podtřída	<i>Neopterygii</i>
Infratřída	<i>Teleostei</i>
Řád	<i>Tetraodontiformes</i>
Čeleď	<i>Tetraodontiae</i>

Do tohoto taxonomického zařazení patří samozřejmě více rodů. Mezi nejrozšířenější patří právě *Fugu*, dále: *Gastrophysus*, *Chelonodon*, *Javichthys*, *Omegaphora*, *Tetraodon*, *Xenopterus* a další [2].

Potravou pro fugu jsou mořské řasy, plankton a drobní korýši. Zvláštní stavba tlamy, zesílená čelist a specifická stavba zubů má ovšem určitou nevýhodu. Touto nevýhodou se myslí velmi pomalý pohyb čelistí. Hlavním handicapem je fakt, že menší kousky potravy se mohou dostat z tlamy ještě před samotným pozřením [5].

1.1 Výskyt

Z geografického hlediska je výskyt těchto ryb výsadou mořského okolí Asie. Pobřeží Japonska, Číny je pravděpodobně místem s nejhojnějším výskytem na světě. Setkat se ale lze s fugu i v pobřežních oblastech USA a prakticky kdekoliv u pobřeží s teplotou vody okolo 20 °C. V těchto vodách je primární výskyt fugu u korálových útesů, u ústí řek, které se vlévají do moře, v místech, kde jsou hojné laguny a v podstatě všechna místa, která odpovídají teplotě a mají určitou členitost. Sladkovodní druhy se nachází hlavně ve vodách řeky Amazonky [2].

Výskyt jako takový ovšem lze určit celosvětově, neboť v průběhu století se lze setkat s určitými záznamy o fugu, prakticky na celém světě.

Zajímavostí jsou nástěnné kresby v hrobce Faraona Ti (přibližně 2700 let před naším letopočtem), kde jsou zobrazeny postavy, hrající neznámou hru s fugu ve stavu zvětšení objemu. Dalo by se říci, že zastávala funkci míče.

Nejvýznamnějším místem, kde se fugu nachází, je bezesporu Japonsko [3], [2].

Pouze v Japonsku se stala tato ryba součástí kultury s mnoha odkazy v pořekadlech, básních, literárních dílech jako celku a hrozbách (viz Obr. 2). Japonsko, jakožto rybářská země, bylo již od prvních setkání fascinováno schopností fugu měnit stavbu svého těla a hlavně její toxicitou.



Obr. 2. Malba fugu [6]

Pokud se nebudou brát v potaz nechtěné otravy z nevědomosti, stalo se maso z fugu vyhledávaným jedem při atentátech a vražedných misích. Ve svitcích, určujících metody vražd u speciálně trénovaných gejš bylo nalezeno, že jim bylo podáváno maso z fugu často, aby si jejich tělo vytvořilo určitou míru odolnosti. Takto vybavené dokázaly splnit svůj úkol pouhým společným jídlem s obětí [2].

V Japonsku ale fugu nespojují jen s jídlem. Při nejvýznamnějších svátcích, při kterých se používají pouliční nebo osobní lampiony, používají se právě osvětlené, preparované fugu v nafouknutém stavu [5].

1.2 Obranné mechanismy fugu

Ať se již fugu nachází kdekoliv, na všech místech má spoustu přirozených nepřátel. Pokud člověk nebude brán jako nejhlavnější, který samozřejmě fugu loví pro přípravu asi nejnebezpečnější (a nejdražší) rybí delikatesy světa, existuje mnoho druhů dravých ryb, pro které fugu slouží jako potrava.

Za tu dobu, co se fugu nachází na naší planetě, si ale fyziologicky dokázala vyvinout hned několik propracovaných obranných mechanismů, které jako celek působí právě proti dravcům v moři [1].

1.2.1 Ostny na povrchu těla

Povrch těla fugu je, ve většině rodových případů, vybaven ostny, které působí jako mechanický repel predátorů (viz Obr. 3). Působí jednoduše tak, že při vniknutí do tlamy dravé ryby dojde ke skousnutí, to je díky ostnům bolestivé, dochází k uvolnění sevření a následné možnosti útěku [7].

Tento obranný mechanismus se vyvíjí s ohledem na stáří jedince a jedná se o složitý systém.



Obr. 3. Fugu s obrannými trny [8]

Byl proveden výzkum, při kterém se zkoumala tvorba, složení a vývin ostnů na povrchu fugu. Sledování se uskutečnilo od vylíhnutí, až po šedesátý den.

Samotný ostěn má tři vrstvy. Vnější, střední a vnitřní. Celkově je složen ze tří druhů buněk. Z malých sférických, větších cylindrických nebo houbovitých a nakonec z velkých granulárních [7].

První ostny se začnou vyvíjet v břišní, popřípadě v hřbetní, oblasti a to kolem desátého dne života. Nejdříve se jedná o malé ostny, které se objevují v malých shlucích a to kolem pěti, až šesti ostnech při sobě. Tyto ještě nemusí zasahovat ven z těla [7].

Od dvacátého pátého dne života se ostny začnou dělit na dvě skupiny. Na dorůstající malé a vyvíjející se velké, které jsou již schopny plnit svoji obrannou funkci. Ve většině případů se ostny uskupily tak, že byl jeden velký, kolem něj skupina čtyř, až pěti menších. Od šedesátého dne života lze brát veškeré ostny jako komplexní obranný systém po celém těle, kde je patrné počáteční místo růstu [7].

1.2.2 Schopnost zvětšit objem

Zřejmě tou nejvíc patrnou, nejsnáze zapamatovatelnou a nejúčinnější schopností, která dokáže zabránit pozření od predátora je nafouknutí se (viz Obr. 4). U některých druhů to znamená zvětšení svého objemu až 300 násobně.

Tato schopnost je možná díky speciálním zesíleným kolagenním vláknům. Tato vlákna jsou až stokrát pružnější, než kolagenní vlákna ostatních ryb [9].

Mechanismus nafukování je prostý. Fugu dokáže pumpovat vodní kyslík do svého břicha, tím zvětšuje jeho objem a právě díky zesílené stavbě vláken těla nedojde k porušení, ale k samovolnému zvětšení [10].

Následek takové změny velikosti je jednoznačný. Při útoku zvětší fugu svůj objem a pro některé přirozené nepřátele se již tak stává prakticky nepozřetelným, protože z fyziologického hlediska je jednoduše větší, než tlama predátora.

Ve spojení s ostrými ostny a tím, že zvětšit svůj objem může kdekoliv, kde je voda, například i v tlamě nebo břiše predátora, se jedná o vysoce kvalitní možnost obrany. Samozřejmě, že má své limity. Nejeftivnější je obrana proti co velikostně nejbližšímu predátorovi. Žralok bílý, který je největším hubitelem fugu v živočišné říši vůbec, se ale nezastaví jak před ostny, tak před zvětšením objemu těla [2].



Obr. 4. Zvětšená fugu [11]

1.2.3 Přírozená toxicita

Poslední, fatální, obranou fugu je přirozená toxicita (viz kapitola 2). Fugu je vysoce toxická. Kůže, játra, svaly a rozmnožovací orgány jsou pro drtivou většinu živočichů paralytické a posléze smrtelné (výjimku opět tvoří žralok bílý, který je na toxiny obsažené ve fugu, imunní) [12].

Tento obranný prvek lze využít mnoha způsoby. Ať již proti jednotlivci, tak proti většímu počtu predátorů. Využívá se takzvaného kolektivního vědomí hejna ryb, platicího i u dravých. Pokud hejno zaútočí při korálovém útesu na ostatní ryby a některá po pozření fugu zemře, ostatní se při dalším „nájezdu“ fugu vyhnou [2].

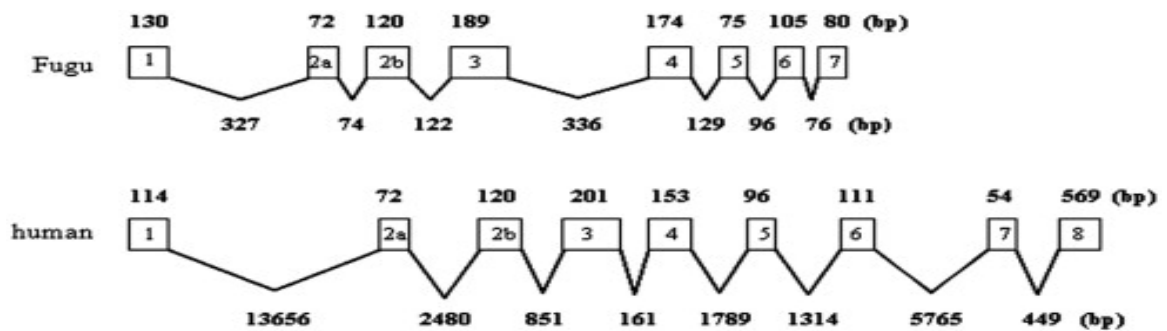
Výše toxicity je variabilní. Obsah toxinů je závislý na mnoha faktorech, jakými jsou například věk, pohlaví, druh fugu a podobně. Velmi důležitým prvkem je také místo výskytu a s tím spjatá skladba potravy.

Čím je v potravě více mikroorganismů tvořících tetrodotoxin, tím je toxicita jedince vyšší [2].

1.3 Genom fugu

Samostatnou kapitolou, která poukazuje na výjimečnost fugu, je sledování a rozšifrování genomu. Genetický řetězec je natolik kompaktní, že vybízí ke srovnávání s lidským genomem (viz Obr. 5). Důvod kompaktnosti se prozatím nepodařilo zjistit [13].

Proto byl genom fugu naklonován a podroben srovnání. Oproti lidskému je 13,4x menší, má však velmi podobnou organizaci a strukturu [13]. Navíc bylo zjištěno, že úseky genomu zastávají podobné funkce, jako u lidského. Z tohoto důvodu se jeví do budoucna genom fugu jako zásadní při studiu lidského genomu a srovnávacích studiích genomu k určování funkčních vlastností [14].



Obr. 5. Srovnání lidského genu a genu fugu [15]

Exony (části nukleové kyseliny, podle které se v translaci tvoří bílkovina), jsou označeny v obdélnících.

Introny (oblasti mRNA, které se netranslatují do proteinu), jsou reprezentovány jako čáry mezi exony. [13].

2 TETRODOTOXIN

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2.3, fugu, jako jednu ze svých obranných schopností, využívá své přirozené toxicity. Primárním toxinem, obsaženém v těle fugu je tetrodotoxin, známý také pod zkratkou „TTX“ (viz Obr. 6, 7).

Tetrodotoxin je silný neurotoxin, pro který není v současnosti žádný známý protijed.

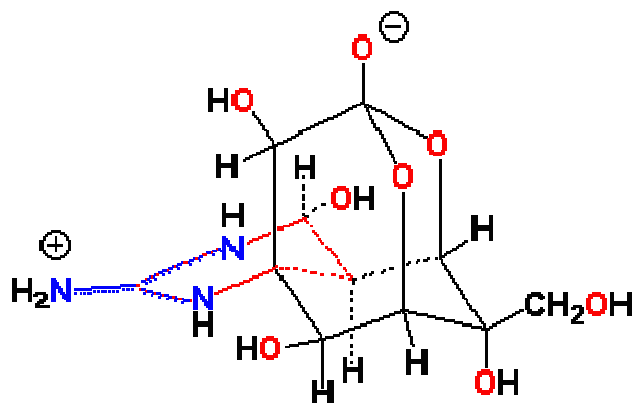
Jeho název je odvozen z čeledi „*Tetraodontiae*“, se kterou je nejvíce spojován a také, díky které byl objeven [16].

První záznam o tetrodotoxinu (i když v tomto případě ještě nelze hovořit přímo konkrétně o něm) je zachován v lodním deníku kapitána Jamese Cooka, známého mořeplavce. Datumem je 7. září 1774. V tomto deníku se popisuje událost, kdy posádka lodi „hodovala“ na zvláštních rybách, které dokáží zvětšit svůj objem, mají na svém povrchu ostny a nikdy se s nimi ještě neseťkali. V této době se výprava pohybovala ve vodách u Asie, lze tedy předpokládat, že se jednalo o fugu [17].

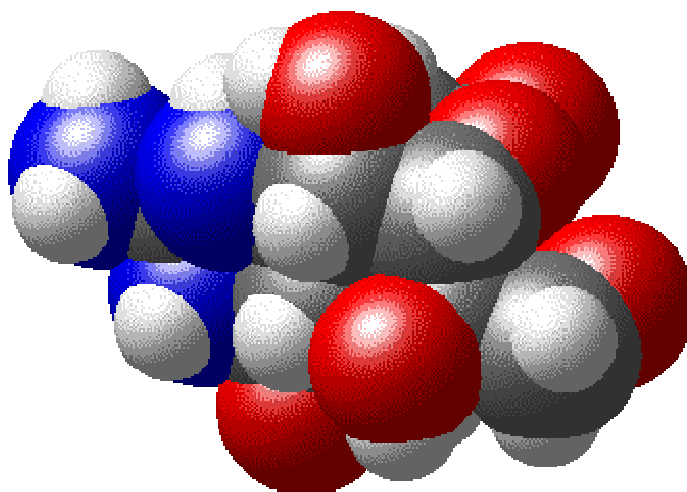
Výsledkem této „hostiny“ se stalo bezvědomí několika členů posádky a dýchací problémy většiny konzumentů. Navíc se zbytky, jak bylo v těch dobách obvyklé, dávaly na zkrmení zvířatům na palubě. Protože námořníci zkonsumovali primárně maso a ve zbytcích byly ponechány nejvíce toxické orgány fugu, jakožto játra a pohlavní ústrojí, ráno byla nalezena všechna prasata mrtvá, z důsledku zadušení. Zatímco ztráty na životech u posádky byly minimální [17].

Od tohoto incidentu byl obrázek ryby fugu varováním pro všechny ostatní posádky jak přímo na lodích, tak v přístavech, kde se našly pozůstatky několika maleb ryby připomínající fugu.

První konkrétní zmínka o tetrodotoxinu je z roku 1907, kdy byl izolován a pojmenován japonským vědcem jménem Yoshizumi Tahara [18].



Obr. 6. Tetrodotoxin [19]



Obr. 7. 3D zobrazení molekuly tetrodotoxinu [20]

2.1 Výskyt

Tetrodotoxin má velmi širokou možnost výskytu. Nejedná se totiž o neurotoxin obsažený pouze ve fugu, jen je nejvíce s fugu spojován, neboť dochází k četným otravám právě po pozření tohoto masa, popřípadě jater, v jakékoliv formě. Obecně lze tvrdit, že tetrodotoxin se vyskytuje ve vysokém množství vodních živočichů [16].

Samotná tvorba tohoto neurotoxinu se přisuzuje bakteriím *Pseudoalteromonas tetraodonis*, *Vibrio fischeri* a blíže zatím nespécifikovaným druhům *Pseudomonas*. Výskyt u fugu je právě způsoben tím, že potrava, kterou fugu přijímá, obsahuje tyto bakterie. Zatímco je pro většinu živočichů smrtelná, fugu má vyvinutou imunitu a tím dochází k usazování bakterií

a navyšování množství tetrodotoxinu v těle. Ve své podstatě tetrodotoxin a saxitoxin jsou ukázkou dokonalé symbiózy mezi živočichem a bakterií. Zatímco živočich poskytuje bakterii místo na život, množení a klid, na oplátku je mu dodán smrtící obranný prvek, který lze využít v boji proti vlastním predátorům. Tetrodotoxin a saxitoxin jsou většinou pozorovány společně, jediným zásadním rozdílem je jejich původ. Zatímco tetrodotoxin je tvořen prokaryotickými buňkami, saxitoxin je tvořen cyanobakteriemi [16], [18].

2.1.1 Tetrodotoxin a fugu

Jak již bylo naznačeno, ve spojitosti s tetrodotoxinem je nejčastěji spojována fugu. Tento fakt je vysvětlitelný z několika důvodů. Ať již zmíněnou častou úmrtností, tak i faktem, že ve fugu je ze všech prozatím objevených živočichů, toxin v nejvyšším množství a je také nejvíce koncentrovaný.

V samotném těle fugu je nejvyšší koncentrace toxinu v játrech a rozmnožovací soustavě. Dále se snižující koncentrací v kůži a minimálně ve svalové tkáni [4].

Zajímavostí je, že zatímco u většiny organismů s tetrodotoxinem se jedná zásadně o obranný mechanismus, například u *Hapalochlaena maculosa* se tetrodotoxin používá k omráčení kořisti a tím pádem ke změně kořisti na potravu [16].

Dále se lze setkat s tetrodotoxinem u značných druhů škeblí, mořských koníků a dalších drobných mořských živočichů, kde se bakterie vytvářející tento neurotoxin můžou nacházet jak přímo v organismu, tak na povrchu těla.

Protože se jedná o relativně nově objevenou látku, počet živočichů, se kterými se spojuje výskyt, stále roste a nelze tedy s určující platností říci, kolik živočišných druhů obsahuje tetrodotoxin.

Další výskyt tetrodotoxinu

- Ostrorep kruhoocasý (*Carcinoscorpius rotundicauda*)
- Chobotnice modroukroužková (*Hapalochlaena maculosa*)
- Hvězdice metlatá (*Astropecten scoparius*)
- Krab dravý (*Eriphia spiniformis*)
- Druhy takzvaných „Harlekýnových žab“ (*Atelopus*)
- Atepolus kostarický (*Atelopus chiriquiensis*)

2.2 Obecný účinek tetrodotoxinu

Aby bylo možné popsat účinek, jakým se tetrodotoxin vyznačuje, je třeba bližší seznámení se sodíkovým kanálem.

Sodíkový kanál je kanál iontů, které jsou přítomny na membránách buněk. Svým uzavíráním a opětovným otevíráním umožňuje průchod kationtů sodíku právě skrz tuto membránu. Nejčastěji se tak děje pomocí elektrického napětí na buňce, popřípadě účasti neurotransmiterů [21].

Samotným průchodem sodíkových kationtů dochází k depolarizaci a polarizaci, jakožto základní podmínce pro tvorbu akčního potenciálu a tím pádem i vzruchu.

Právě blokování této schopnosti organismu je hlavní funkce tetrodotoxinu při intoxikaci.

Nutno podotknout, že nejen tetrodotoxin má tyto účinky, ale i saxitoxin (STX), obsažený v menší míře také ve fugu, hlavně ovšem v některých druzích měkkýšů [18].

2.2.1 Mechanismus intoxikace

Mechanismus intoxikace tetrodotoxinem se vyjadřuje několika postupnými kroky. Prvním krokem je navázání na α -podjednotku sodíkového kanálu. To jsou taková místa, která slouží pro vytvoření propustných pórů v kanálu. Právě toto místo je při narušení bráno jako počáteční. Navázání je na takovém místě schopen jak tetrodotoxin, tak některá antiepileptika a anestetika. Těchto vazebných míst existuje celkem šest a jsou děleny podle účinku. Nepeptidický tetrodotoxin, saxitoxin a peptidický μ -conotoxin znázorňují sortu toxinů, která se váže hned na první možné vazebné místo [18].

Samotné vazebné místo se skládá z aminokyselinových zbytků, které tvoří vnější vestibul pórů. Na tyto zbytky se tetrodotoxin přímo naváže a zabrání tak extracelulárnímu vstupu sodíkových iontů. Tím v podstatě zruší primární funkci sodíkového kanálu [18].

Sodíkové ionty nevstupují na vazebné místo, z toho důvodu nedochází ke změně polarity ani akčního potenciálu, nedochází tedy ke vzruchu a takto napadená tkáň je paralyzována.

2.3 Projevy intoxikace člověka

Při zkoumání účinku tetradotoxinu na živých organismech bylo dosaženo mnoha zajímavých a převratných faktů.

Tetrodoxin patří mezi nejsilnější neurotoxiny vůbec. I přes tuto skutečnost jeho účinky nejsou vždy smrtící. Při laboratorních pokusech, pro které byly využity myši, bylo dokázáno, že letální dávka pro 50 % sledovaných objektů je 8 µg tetradotoxinu na jeden kilogram tělesné hmotnosti. Což je menší dávka, než při kyanidu draselném [22].

U intoxikace člověka se lze setkat se třemi stupni příznaků.

- **Počáteční stádium**

V počátečním stádiu dochází k ochromení míst, se kterými přišla potrava do styku. Tedy ochromená dutina ústní, krční svalstvo a jazyk. Dochází k bolestem hlavy, nadměrnému pocení, pocitu žízně a projevovat se začnou i bolesti v dutině břišní a dutině hrudní. Toto nastává od dvaceti minut po pozření, až po hodinu po pozření [17].

- **Střední stádium**

Po průběhu středního stádia dochází k ochromení svalů těla, horečky a nutkání k zvracení. Začínají se objevovat i problémy s dýcháním, které vedou k poslední fázi intoxikace. Toto stádium většinou nastává po první hodině od pozření [17].

- **Finální stádium**

Poslední fáze nastává individuálně. Dá se ovšem předpokládat, že počáteční příznaky se dostavují v čase čtyř hodin od pozření. Dochází již ke kompletní paralýze svalstva oběti, kde z důvodu paralýzy svalů v mezižeberní oblasti a v okolí plic, dochází k úmrtí na udušení.

Ve všech stádiích je člověk stále při plném vědomí, protože tetradotoxin na rozdíl od většiny paralytických toxinů nezasahuje receptory bolesti a vnějších vjemů [17].

2.4 Léčba intoxikace

I při skutečnosti, že proti příznakům intoxikace není známa přímá medikace, lze i tak úspěšně zamezit úmrtím, samozřejmě při včasné diagnóze.

Protože smrt je způsobena nedostatkem kyslíku a s tím spjatým udušením, je primární léčbou napojení na kyslíkové přístroje, kde je intoxikovanému vháněn čistý kyslík do plic, který odbourává navázaný toxin. Poté se jen přečká účinná doba toxinu a po jeho vypršení nenastávají žádné komplikace, ani trvající účinky [22].

Pokud je medikace nasazena včas, není důvod na léčbu kyslíkem, ale plně dostačující je vypumpování žaludku.

2.5 Imunní organizmy

Ne všechny organizmy zasažené tetrodotoxinem jsou ohroženy. Existuje celá řada zejména vodních živočichů, kteří jsou na tento toxin a na jeho účinky imunní. U každého druhu je imunita zdůvodněna jinak a právě tyto vlastnosti jsou člověkem sledovány, protože dávají vysokou naději na výzkum protilátky, respektive protijedu [18].

2.5.1 Imunita u fugu

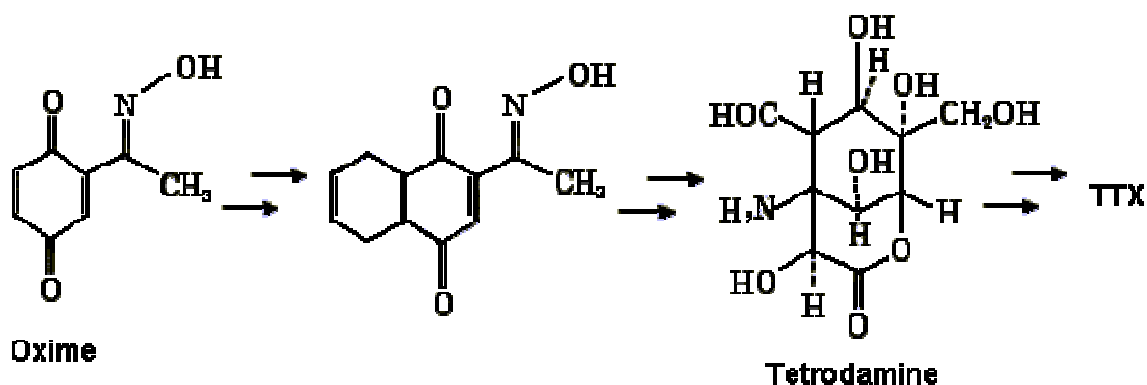
První známou imunitou na tetrodotoxin je logicky imunita samotného nejznámějšího nositele a to fugu. V bližším zkoumání bylo zjištěno, že v sodíkovém kanálu je u fugu obsažen asparagin a ten, spolu s unikátní částí genomu zabraňuje tetrodotoxinu navázání na α -podjednotku. V současnosti probíhá výzkum, který se zabývá rozšifrováním tohoto unikátního genomu [18].

2.5.2 Imunita u korýšů

Jedním z nejméně nápadných nositelů tetrodotoxinu jsou některé druhy korýšů. U těchto organizmů je vysoce zajímavé, že ne všechny mají imunitu na tetrodotoxin, popřípadě na saxitoxin. Imunita je selektivní. Někteří jedinci jsou podrobni účinkům těchto toxinů a následně usmrceni. Přeživší jsou ovšem nositeli vysoké koncentrace toxinů. Schopnost imunity se přisuzuje vystavení vodním řasám, které obsahují dinoflageláty. V současnosti se vědci snaží určit hranici, která není smrtící pro korýše a vyvolává imunitu [18].

2.6 Syntéza tetrodotoxinu

Přesná struktura a syntéza molekuly tetrodotoxinu byla zkoumána v druhé polovině dvacátého století. Výsledkem byla přesná podoba tetrodotoxinu a možnost, jak tuto látku syntetizovat [16].

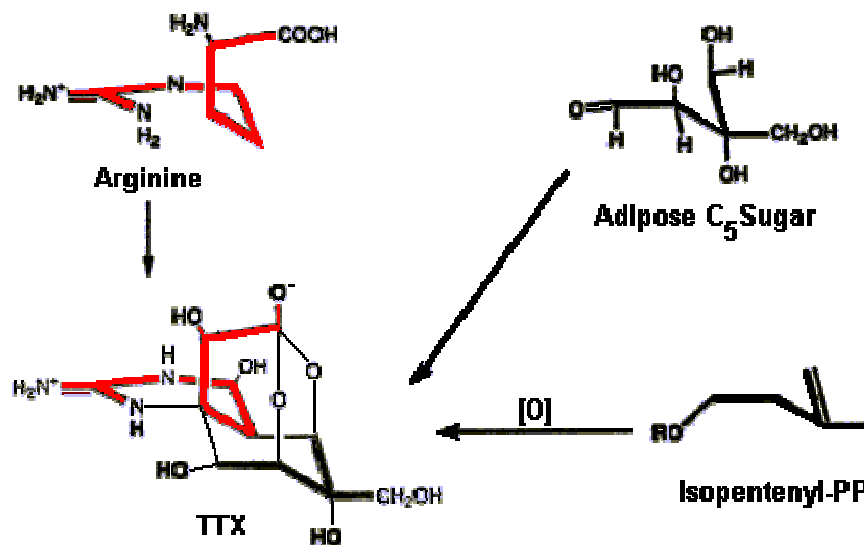


Obr. 8. Syntéza molekuly tetrodotoxinu [23]

První objevenou a doteď používanou racemickou syntézou je takzvaná Kishi-Gotova stezka (viz Obr. 8). Samotná syntéza byla znázorněna jako velmi složitá chemická rovnice, která probíhá přes patnáct chodů. A probíhají v ní reakce jako například : Diels–Adlerova cykloadice, oxidace selenem, ketolýza a další [16].

2.7 Biosyntéza tetrodotoxinu

Biosyntéza tetrodotoxinu ještě nebyla rozšifrována. Nebyly rozpoznány enzymy, které vznik této látky doprovází. Jedinou známou biosyntézou, která je ale i tak pouze předpokládána, je následující. Jde v podstatě o schéma reakce, která by měla být zodpovědná za tvorbu tetrodotoxinu, ovšem bez doprovodných enzymatických změn (viz Obr. 9). Vstupními látkami jsou arginin, adipóza C₅ a izopentyl-PP [16].



Obr. 9. Biosyntéza tetrodotoxinu [24]

Závěrem lze tvrdit, že tetrodotoxin je velmi zajímavou sloučeninou s unikátními vlastnostmi, u které ještě člověk zcela nerozšifroval její biosyntézu. Pokud by se daly účinky intoxikace modulovat, je možno předpokládat vysoké využití ve farmacii, neboť je patrná blízká podoba s účinky antiepileptik a anestetik.

3 VYUŽITÍ FUGU ČLOVĚKEM

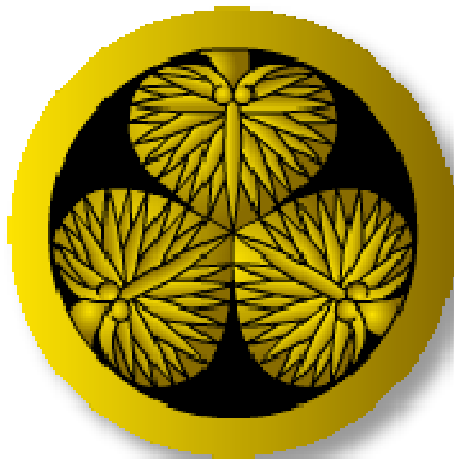
Jak již bylo výše zmíněno, prvotním zjištěním existence fugu a její toxicity, byla výprava kapitána Cooka. Do té chvíle se v Evropě o existenci tohoto živočicha prakticky nevědělo, kromě pár výjimek z míst, kde se fugu vyskytovala [17].

Evropa, jakožto místo s minimální pobřežní plochou, která by splňovala předpoklady pro výskyt fugu, se tím pádem v podstatě nedá spojovat s historií seznámení člověka s fugu.

Zásadním místem pro zjišťování začátků je Asie. V celé jihovýchodní Asii jsou zmínky o fugu, ať již v Japonsku, Číně nebo Jižní Koreje.

3.1 Japonsko

Dá se říci, že Japonsko je pravým domovem fugu. Nejstarší kosterní nálezy jsou z doby kolem roku 300 před naším letopočtem. První převratnou a doložitelnou událostí, která se týkala fugu, je z období, kdy Japonsku vládl šogunát Tokugawa (viz Obr. 10).



Obr. 10. Znak rodu Tokugawa [25]

Rodina Tokugawa vládla feudálnímu Japonsku od roku 1603 do roku 1868. Po dobu vlády bylo přísně zakázáno fugu lovit, připravovat ke konzumaci a i samotná konzumace. Toto nařízení bylo platné pro celé Edo (dnešní Tokyo) a okolí pod jeho správou. Postupem času, jak moc rodiny slábla, se ve vzdálenějších oblastech zákaz porušoval a docházelo k četným otravám z nevědomosti, či chybných příprav. Právě v této době, kdy byl striktní zákaz

požívání této ryby, byly vyvinuty metody přípravy fugu tak, aby nedocházelo k úmrtím. Šlo tedy o první rozkvět, stále ještě nekomerční, zapojení fugu do jídelníčků [26].

Nebyl to však jediný oficiální zákaz konzumace fugu v dějinách Japonska. V Éře Meiji (září 1868 – červenec 1912) byla opět zakázána plošně konzumace fugu tehdejším císařem. Z tohoto období je také oficiální nařízení, které určuje, že veškeré formy fugu jsou v podstatě jediným pokrmem, který je zakázán podávat císaři, jeho rodině a členům vlády. Od svého zavedení je stále v platnosti [27].

Od roku 1958 je v Japonsku uzákoněné, že přípravu fugu v restauracích, na trzích a dalších veřejných prodejních místech lze pouze po splnění oficiálních státních podmínek. Všichni kuchaři a zpracovatelé fugu tedy musí mít absolvovaný kurz s dobou trvání dvou, až tří let (podle konkrétního druhu práce), který je zakončen třemi samostatnými testy. Prvním testem je písemná zkouška, po níž následuje poznávací test různých členů fugu. Pokud jsou první dva testy úspěšně absolvovány, mohou uchazeči přikročit k testu třetímu. Ten je zaměřen na samotnou úpravu a konzumaci fugu. Po úspěšném absolvování těchto zkoušek již může takto proškolená osoba připravovat pokrmy z fugu. Ze všech přihlášených osob je zpravidla u písemných testů úspěšných 25 %. Kurz nemohou absolvovat osoby s poruchami zraku, barvoslepostí a nemocemi dýchací soustavy [27].

Pro Japonsko má ale fugu i spirituální význam. Fugu se dá totiž přeložit i jako „štěstí“. Mnoho Japonců tedy bere pokrmy z fugu jako určitou očistu. S každým soustem je vědomí možné nebezpečnosti právě hledaným zbavováním se hříchů, které pokud neskončí smrtí, daruje konzumentovi štěstí do zbytku života [4].

Z tohoto důvodu je fugu často znázorňována ve společnosti hada (orochi) nebo různých květů, které v japonské mytologii znázorňují dlouhověkost (lotos), štěstí (sakura), popřípadě smrt (chryzantéma) [3].

3.2 Gastronomie fugu

Tím, čím se fugu proslavila celosvětově, je zařazení v gastronomii. Protože lze oficiálně připravovat jen v uzákoněných restauracích (prodejnách) s vyškoleným personálem, stává se touha vyzkoušet chuť fugu celosvětovým fenoménem, ze kterého ekonomicky těží zejména Asie.

Ohlasy na chuť fugu jsou různé. Nejčastěji je chuť fugu označována jako chuť kuřecího masa, jen štiplavější. [28].

Tato štiplavost se přisuzuje právě vystavení tetrodotoxinu a ostatních toxinů v těle fugu. Je to něco, co odlišuje fugu od ostatních ryb. Lze jen spekulovat, nakolik je toto pravda a nakolik zde působí placebo efekt v myslích konzumentů. Smažené maso fugu je k nerozeznání od žabích stehýnek.

Ve většině restaurací je příprava a servírování pokrmů z fugu velmi podobná záležitost. Jelikož je možnost mít v restauraci právě fugu vysoce prestižní, jsou vystaveny živé fugu na obdiv.

V těchto restauracích se tedy nachází vodní nádrž (tank), kde jsou živé exempláře. Zákazník si poté může přímo vybrat konkrétní fugu a před jeho vlastníma očima je pokrm připravován.

Nejčastější jsou dvě varianty pokrmu. Standardní porce většinou tepelně neupraveného masa v několika možných úpravách s mnoha variantami příloh, omáček a jiných pochutin. Další variantou je již zažité slavnostní menu o osmi chodech, ve kterých je v podstatě zobrazen celý sortiment pokrmů. Jedná se o nejvíce uznávané jídlo v Japonsku [4].

Důležitá je samozřejmě čerstvost. Fugu bývá ihned po výlovu do těchto tanků přepravována, a protože se jedná o rychle se prodávající produkt, zkonzumuje se ročně velké množství. Fugu konzumují nejen cizinci, ale v největší míře se na konzumaci fugu podílejí sami Japonci, kteří si vybírají tyto pokrmy za nejdůležitější společná jídla, jako jsou svatby, smuteční hostiny a podobně [29].

Hrozí tedy dosažení kriticky nízké hranice fugu na pobřeží Japonska. Je to jeden z důvodů, proč se moderní trendy v chování fugu přesouvají ke šlechtění netoxických druhů fugu (již existují), které jsou nasazeny do obřích klecí u pobřeží Japonska a tam kontrolovaně chovány. Výlov začíná na jaře, kdy se u pobřeží aktivita ryb u pobřeží a nejvýnosnější je na podzim, protože se ryby připravují na zimu zvýšením podílu tuku v těle [29].

3.3 Druhy pokrmů

Je známých několik pokrmů z fugu jak v syrovém stavu, tak vařené, upravená smažením nebo jinými kulinářskými úpravami.

3.3.1 Tessa Sashimi

Sashimi je nejrozšířenější a nejoblíbenější druh pokrmu z fugu. Název je odvozen od slovního spojení „sashi“, což znamená bodnout, propíchnout a „mi“, což znamená maso, popřípadě tělo (viz Obr. 12).

Jedná se o jeden z těch pokrmů, který je připravován přímo před očima zákazníka. Syrová, nijak neupravená ryba se pomocí speciálního nože „fugu hiki“ nařeže na malé plátky o velikosti 2–4 cm (viz Obr. 11). Kvalita sashimi je reprezentována tenkostí plátků. Čím je plátek masa tenčí, tím je sashimi kvalitnější [30].



Obr. 11. Fugu hiki [31]

Tyto plátky jsou poté buď naskládány na talíř a dodané ke konzumaci nebo (častěji) jsou aranžovány do vybraných tvarů.

Velmi známý je z plátků fugu vytvořený právě květ chryzantémy, zvaný Tessa (viz Obr. 12).

Takto naaranžované maso se doplní petrželkou, japonskou ředkví a omáčkou. Nejčastěji je používána klasická asijská omáčka dipp, což je rozšlehané wasabi v sójové omáčce [30].

Samozřejmě se lze setkat s mnoha dalšími tvary, jako třeba tvar plameňáka, tedy do znaku síly. Velmi častý je tvar lotosového květu, popřípadě květ sakury, které symbolizují sílu, mládí a štěstí.

Sashimi lze v podstatě považovat za „vlajkovou loď“ všech pokrmů z fugu. Oblíbenost tohoto pokrmu je vysoká jak u gastroturistů, tak i Asiatů.

Právě sashimi je, jako v podstatě jediný pokrm z fugu, prezentováno jako slavnostní jídlo na různých slavnostech, rodinných událostech a oslavách.

Samotná konzumace je předvídatelná. Kousky sashimi se vkládají do úst samostatně, v tomto případě vyniká čistá chuť rybího masa, doplněná specifickou štiplavostí fugu. Další možností je použití dippu, který dodá zjemnění, ale zároveň říznou pikantnost díky wasabi.

Sashimi si získalo svoji pozornost právě díky harmonii chutí, které se vzájemně doplňují, aby nakonec vynikla čistá chuť masa [30].



Obr. 12. Tessa sashimi [32]

3.3.2 Fugu Kara-age

Kara-age je standardní název pro smažené maso v Japonsku. Proto zde musí být zvýrazněno, o jaké maso se jedná. Lze se tedy setkat s mnoha druhy kara-age, pouze fugu kara-age je ovšem připraveno z masa fugu.

Používají se větší kousky, které bývají naloženy v sójové omáčce a poté obaleny v kukuřičných lupíncích. Takto připravené se smaží celé ponořené v rozpáleném oleji. Není rozlišeno, o jaký olej se musí jednat. Jako příloha se dodává opět japonská ředkev, tentokrát doprovázená limetkou a omáčkou, která se tvoří z původní směsi pro naložení masa (viz Obr. 13) [33].

Oblíbenost tohoto pokrmu je nižší, než u sashimi, důvodem je vytracení čistoty chuti, kvůli naložení masa. Samotné smažení také zjemní chuť a při použití sezamového oleje dochází i k podstatnému oslazení masa, což je dalším odstraněním původní, specifické chuti.

Přes všechny tyto zápory se jedná o druhou nejčastější úpravu vybranou cizinci, protože v západní kultuře je příprava smažením vysoce rozšířená a proto je jakoby přijatelnější a méně exotická [33].



Obr. 13. Fugu Kara-age [32]

3.3.3 Fugu Nabe

Fugu Nabe, neboli „Horká pánev“, je úpravou fugu, kde se všechny ingredience vaří v jednom hrnci. Není nikterak dané, co se má nebo nemá používat (viz Obr. 14). Naprosto otevřené všem možnostem a různým ingrediencím je Nabe tou nejméně popsateľnou možností, jak konzumovat fugu [4].

V podstatě lze tvrdit, že neexistuje standardní příprava a to, jaké Fugu Nabe člověk bude konzumovat, je přímo závislé, ve které části Asie si pokrm objedná.

Japonské je známo tím, že se používá wasabi, japonská ředkev, rybí omáčka a cukr. Přílohou jsou ve většině případů skleněné nudle. Zatímco v Číně se přidává sójové mléko, ústřicová omáčka a zcela bez wasabi. [1]



Obr. 14. Fugu Nabe [32]

3.3.4 Fugu Hire

Jednou z nejbizarnějších úprav je beze sporu Hire. Nelze tvrdit, že se jedná přímo o fugu, protože se k přípravě nepoužívá maso fugu. Hire jsou v podstatě ploutve fugu, které se smaží v horkém saké (viz Obr. 15). Toto saké se poté pije, ploutve (ve formě křupek, stále ovšem v saké) se po vypití konzumují samostatně [33].

Důvodem pro tuto přípravu je prý aroma a říz, který saké dostane.



Obr. 15. Fugu Hire [32]

3.3.5 Fugu Shirako

Shirako je opět obecný pojem, který značí pokrm, ve kterém jsou jikry. V doslovném překladu „bílé děti“. V tomto případě se používají jikry fugu. K jikrám se dodávají mořské plody a zeleninová příloha [4].

K tomuto jídlu se nedodávají tepelně upravené přílohy, aby vynikla chuť právě jiker. Tyto jikry jsou do pokrmu dodávány v podobě vaku, ve kterém jsou obsaženy (viz Obr. 16).

Fugu Shirako je oblíbené zejména u Japonců, protože pro mnohé návštěvníky restaurací z cizích zemí se pokrm může zdát nepřijatelným [5].



Obr. 16. Fugu Shirako [32]

Samozřejmě existují desítky dalších pokrmů z fugu, jako jsou různé polévky, saláty a varianty výše zmíněných jídel. Nejde ovšem obsáhnout celé spektrum chodů. Pokrmy z fugu jsou fenomén a jako takový se vyvíjí.

Pokud se v současnosti objevuje velmi často skloňované sousloví „zážitková gastronomie“, fugu a pokrmy z něj jsou jistě pro obyvatele naší zeměpisné oblasti zážitkem bez jediné pochyby.

3.4 Fugu mimo Asii

Mimo Asii se fugu těší velké popularitě, ovšem bez takových možností, jaké v Asii mají.

3.4.1 Evropská unie

Do Evropské unie (EU) se nesmí dovážet, chovat, distribuovat živé, či mrtvé fugu ke gastronomickým účelům. Jedinou povolenou dovážkou je ta, zásobující vědecké ústavy [34].

3.4.2 USA

Ve Spojených státech je situace příznivější, je legální mít restauraci, která připravuje jídla z fugu, ovšem podmínky jsou stejné, jako v Japonsku (testy personálu). V roce 2003 bylo otevřeno na celém území USA 17 restaurací, z toho 12 v New Yorku. I tak se ovšem fugu musí dovážet z Asie již zbavené toxických částí, předpřipravené a dopravené v průhledných obalech, aby bylo jasně zřetelné, co obsahují [34].

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo osvětlení existence Čtverzubce fugu. Toho bylo docíleno pohledem do historie, která byla zaměřena i na výskyt na světadílech a skutečnostech, jenž dokazují tento výskyt v různých dobách.

Samostatně byla probrána taxonomie fugu, s popisem obranných mechanismů. Právě těchto obranných mechanismů má fugu hned několik a řadí se tak mezi velmi zajímavé živočichy. Mechanické obrany a unikátní svalová vlákna, schopna absorbovat vzduch, jsou ovšem zastíněny samotnou toxicitou fugu.

Toxicita reprezentována několika toxiny, hlavně však tetrodoxinem, je zásadní pro možnosti zpracování člověkem. Tetrodotoxin jako takový, již lze syntetizovat uměle, jeho biosyntéza však ještě nebyla rozšifrována z důvodu nezjištěných enzymů, které se při biosyntéze účastní. Tetrodotoxin, jakožto extrémně silný neurotoxin, má zcela unikátní účinky na organismus, kde dochází k paralýze svalů, nikoli ovšem neuronů, takže při paralýze lze cítit vjemy, jakými jsou například chlad, teplo nebo bolest. Tyto účinky lze pozorovat také u některých antiepileptik a anestetik. Při možné modifikaci se tedy nabízí využití tetrodotoxinu ve farmacii, kde by právě tyto léky mohl doplnit, popřípadě nahradit.

Bližší určené byly i druhy imunity na tetrodotoxin, které se podařily nalézt u několika druhů živočichů, přičemž u každého z nich pracují na jiné bázi.

Popsán byl i genom fugu. Tento genom je vysoce kompaktní a má velmi podobnou strukturu jako lidský, je ovšem 13,4x kratší. I samotné úseky genomu jsou významově a funkčně velmi podobné lidským, dochází tedy v současnosti k bližšímu zkoumání.

Samotné gastronomické využití fugu je zásadní zejména v Asii, kde se jedná v tamních podmínkách o běžnou rybu a kde také po staletích zpracování bylo dosaženo vyvážení bezpečnosti a chuti. Speciální chuť dosahuje zřejmě působením svých toxinů. I tak jsou ale šlechtěny speciální a hlavně netoxické chovy, které se těší stále větší oblibě u gastronomických turistů.

Obliba fugu celosvětově stoupá a v současnosti se množí názory, že chuťově se jedná o nejkvalitnější dostupnou rybu vůbec. Ve spojení s možností úmrtí při konzumaci se tedy opravdu jedná o nebezpečnou delikatesu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CWIERTKA, K. J. *Modern Japanese Cuisine: Food, Power and National Identity*. London: Reaktion Books, 2007. 240 s. ISBN 1-86189-298-5.
- [2] HIRAO, S. "Fugu" Museum's Mission Said at End Now. *Japan Times Weekly*. 1996, 36, s. 22-26. ISSN:0447-5763.
- [3] URL: < http://www.washingtoncitypaper.com/blogs/files/2010/12/fugu_fish.jpg >
[cit. 2011-3-2]
- [4] DAVIDSON, A. *The Oxford Companion to Food*. Oxford: Oxford University Press, 1999. 892 s. ISBN 0-19-211579-0.
- [5] *AbsoluteAstronomy.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. Fugu. Dostupné z WWW: <<http://www.absoluteastronomy.com/topics/Fugu>>.
- [6] URL: < http://www.isir.upmc.fr/UserFiles/Image/Jonathan/Fugu_Yellowtail.jpg >
[cit. 2011-5-5]
- [7] BYEON, M. S.; PARK, J. Y.; YOON, S. W.; KANG, H. W. Structure and Development of Spines over the Skin Surface of the River Puffer Takifugu Obscurus (Tetraodontidae, Teleostei) During Larval Growth. *Journal of Applied Ichthyology*, 2011, 24, s. 67–72. ISSN:0175-8659.
- [8] URL: < <http://blogofbad.files.wordpress.com/2008/08/fugu-fish.jpg> >
[cit. 2011-5-9]
- [9] NAGAI, T. ; ARAKI, Y. ; SUZUKI, N. *Collagen of the Skin of Ocellate Puffer Fish (Takifugu Rubripes)*. *Food Chemistry*, 2002, 115, s. 173–177. ISSN:0308-8146.
- [10] MIZUTA, S., FUJISAWA, S., NISHIMOTO, M., YOSHINAKA, R. Biochemical and Immunochemical Detection of Types I and V Collagens in Tiger Puffer Takifugu Rubripes. *Food Chemistry*. 2005, 104, s. 373–377. ISSN:0308-8146.
- [11] URL: < <http://japonsko.hu.cz/obrazky/fugu1.jpg> >
[cit. 2011-5-5]
- [12] SOONG, T. W., VENKATESH, B. Adaptive Evolution of Tetrodotoxin Resistance in Animals.(Report). *Trends in Genetics*, 2006, 17, s. 621. ISSN:0168-9525.
- [13] AOKI, N. Fishing for Clues to the Human Genome, the Fugu Becomes Key. *Boston Globe*, 2001, 7, s. 8-11. ISSN:0743-1791.

- [14] KATHIRVEL, P., YU, W-P., VENKATESH, B., LIM, C-C., LAI, P-S., YEE, W-C. Fugu Rubripes and Human Survival Motor Neuron Genes: Structural and Functional Similarities in Comparative Genome Studies. *Gene*. 2008, 424, s. 108–114. ISSN:0378-1119.
- [15] URL: < <http://www.sciencedirect.com/cache/MiamiImageURL/B6T39-4T2M5X1-1-5/0?wchp=dGLbVtb-zSkzS> > [cit. 2011-5-12]
- [16] URL: < <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/ttx/ttx.htm> > [cit. 2011-5-17]
- [17] MIYAZAWA, N. Distribution and origin of tetrodotoxin, *J. Toxicol. Toxin Rev.*, 2001, 20, s. 11–33.
- [18] SOONG, T. W., VENKATESH, B. Adaptive Evolution of Tetrodotoxin Resistance in Animals.(Report). *Trends in Genetics*, 2006, 16, s. 621. ISSN:0168-9525.
- [19] URL: < <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/ttx/tetmoleculetrans.gif> > [cit. 2011-5-17]
- [20] URL: < <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/ttx/ttx.gif> > [cit. 2011-5-17]
- [21] ROHL, C. A., Solution structure of the sodium channel inactivation gate, *Biochemistry* 38 (1999), s. 855–861.
- [22] NEWMAN, C. 12 Toxic Tales: The Poison Paradox Too Much Can Kill; a Little Can Cure.(Cover Story). *National Geographic*, 2005, s. 2. ISSN:0027-9358.
- [23] URL: < <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/ttx/ttxsynb.gif> > [cit. 2011-5-18]
- [24] URL: < <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/ttx/argsyn.gif> > [cit. 2011-5-18]
- [25] URL: < <http://www.pondkoi.com/images/Tokugawa-Shogun-logo-002.png> > [cit. 2011-5-18]
- [26] PITELKA, M. The Empire of Things: Tokugawa Ieyasu's Material Legacy and Cultural Profile. *Japanese Studies*. 2009, 29, s. 19–32. ISSN:1037-1397.
- [27] URL: < <http://factsanddetails.com/japan.php?itemid=649&catid=19&subcatid=123> > [cit. 2011-5-27]
- [28] NICKERSON, C. Why Japanese Gourmands Will Die for a Taste of Fugu. *Boston Globe*. 1992, 47, s. 12-13. ISSN:0743-1791.
- [29] TIMES, N. Chefs More Savvy, So Fugu No Longer a Meal to Die for // *Orange Country Register* . 1996, s. 16. ISSN:0886-4934.
- [30] ARNETT, A. Sashimi and Subtlety on a New Level. *Boston Globe*. 2002, 4, s. 7 ISSN:0743-1791.

[31] URL: < <http://www.aoki-hamono.co.jp/english1/wa%20e/imege/18-2.jpg> >

[cit. 2011-5-30]

[32] URL: <<http://hillslearning.wordpress.com/2009/12/01/fugu-a-sometimes-deadly-delicacy/>> [cit. 2011-5-27]

[33] Karaage-Style Arrives/recipes. (Free Recipes). *Food Service Director*. 2002, 15, s. 91. ISSN:0897-7208.

[34] NEWMAN, C. Pick Your Poison: 12 Toxic Tales. *National Geographic*. 2005, 5, s. 1–13.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TTX Tetrodotoxin

STX Saxitoxin

EU Evropská Unie

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Fugu Fish</i> [3].....	12
<i>Obr. 2. Malba fugu</i> [6].....	14
<i>Obr. 3. Fugu s obrannými trny</i> [8].....	15
<i>Obr. 4. Zvětšená fugu</i> [11].....	17
<i>Obr. 5. Srovnání lidského genu a genu fugu</i> [15].....	18
<i>Obr. 6. Tetrodotoxin</i> [19].....	20
<i>Obr. 7. 3D zobrazení molekuly tetrodotoxinu</i> [20].....	20
<i>Obr. 8. Syntéza molekuly tetrodotoxinu</i> [23].....	25
<i>Obr. 9. Biosyntéza tetrodotoxinu</i> [24].....	26
<i>Obr. 10. Znak rodu Tokugawa</i> [25].....	27
<i>Obr. 11. Fugu hiki</i> [31].....	30
<i>Obr. 12. Tessa sashimi</i> [32].....	31
<i>Obr. 13. Fugu Kara-age</i> [32].....	32
<i>Obr. 14. Fugu Nabe</i> [32].....	33
<i>Obr. 15. Fugu Hire</i> [32].....	34
<i>Obr. 16. Fugu Shirako</i> [32].....	35

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Taxonomie fugu</i>	13
-------------------------------------	----

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY