

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Srovnávací studium pohlavních chromosomů pavouků

Diplomová práce

Bc. Alena Pechová

Školitel: RNDr. Petr Nguyen Ph.D.

České Budějovice 2018

Pechová (2018) Srovnávací studium pohlavních chromozomů pavouků [Comparative study of sex chromosomes in spiders. Mgr. Thesis, in Czech] – p. 50, Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

This study is focused on the evolution of sex chromosomes in spiders and identification of sex-linked genes in representative of Mygalomorphae spiders, *Grammostola rosea*. Sex-linkage of the selected markers was also tested in representative of Araneomorphae spiders, *Parasteatoda tepidariorum*.

Finanční podpora:

Práce byla vypracována na Entomologickém ústavu (Biologické centrum AV ČR, v.v.i., České Budějovice) s podporou grantu Grantové agentury České republiky reg. č. 16-10298S.

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to [v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou] elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele aponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 5.12.2018

.....

Alena Pechová

Poděkování:

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu naší laboratoře Františkovi Marecovi za možnost pracovat v tak skvělé laboratoři a v přátelském kolektivu. Dále bych ráda poděkovala svému školiteli Petrovi za věnovaný čas, trpělivost a všechno, co jsem se díky němu naučila. Velké díky také patří Martině, Irence, Leo, Magdě a vůbec všem, kteří mi vždy ochotně podali pomocnou ruku. V neposlední řadě také chci poděkovat své rodině, která mi umožnila studovat to, co mě baví, protože bez jejich podpory bych to nikdy nedokázala. Nakonec bych si dovolila alespoň symbolicky vzpomenout na všechny pavouky, kteří zemřeli, aby se mohl tento výzkum uskutečnit. Děkuji.

Obsah

1 Úvod.....	1
1.1 Pohlavní chromozomy.....	1
1.2 Cytogenetika pavouků.....	4
1.2.1 Karyotyp.....	5
1.2.2 Studované druhy.....	7
2 Cíle práce	10
3 Materiál a metody	11
3.1 Izolace genomové DNA pomocí kitu NucleoSpin-Tissue XS	11
3.2 Kvantitativní PCR (qPCR).....	11
3.3 Mapování chromozomů metodou PCR	16
4 Výsledky	17
4.1 Identifikace pohlavně vázaných genů pomocí qPCR.....	17
4.1.1 <i>Grammostola rosea</i>	17
4.1.2 <i>Parasteatoda tepidariorum</i>	20
4.2 Mapování chromozomů metodou PCR.....	21
5 Diskuze.....	23
6 Souhrn	27
7 Literatura.....	28
8. Přílohy	34
Tab. P1 Přehled použitých genů.....	34
8.2 Sekvence použitých genů <i>Grammostola rosea</i>	35
8.3 Sekvence použitých genů <i>Parasteatoda tepidariorum</i>	41

1 Úvod

Pavouci (Araneae), jsou vývojově velmi stará a zároveň druhově velmi početná skupina živočichů. Zároveň jsou také skupinou velmi diverzifikovanou a rozšířenou po celém světě (Coddington & Levi, 1991). Doposud byla karyotypována necelá 2% zástupců celého řádu Araneae. To je vzhledem k jeho početnosti sice poměrně velké číslo, ale většina karyotypů patří pouze zástupcům podřádu Araneomorphae (dvouplicní). Podřád Mygalomorphae (sklípkaři) byl zatím studován jen minimálně (Araujo et al., 2017; World Spider Catalog 19.5 2018). Tato práce se zabývá studiem pavoučích pohlavních chromozomů a identifikací jejich pohlavně vázaných genů.

1.1 Pohlavní chromozomy

Gonochoristé se, na rozdíl od hermafroditů, rozmnožují prostřednictvím dvou jednopohlavních jedinců. Determinace těchto pohlaví pak může být kontrolována dvěma hlavními způsoby. Roli může hrát vliv prostředí jako je například teplota (Rice, 1996) nebo vliv genetické výbavy daného jedince. V druhém případě hrají hlavní roli v determinaci pohlaví pohlavní chromozomy (Bull, 1983).

Rozlišujeme dva hlavní systémy determinace pohlaví pomocí pohlavních chromozomů. U typu *Abraxas* je samičí pohlaví určeno heterogametickou konstitucí pohlavních chromozomů WZ. Druhým typem je tzv. typ *Drosophila*, u kterého je heterogametickým pohlavím s chromozomy XY samec. Tyto dva typy jsou nejčastější a všechny ostatní systémy jsou od nich odvozené. (Bull, 1983).

Klasický model evoluce pohlavních chromozomů předpokládá, že pohlavní chromozomy se vyvinuly z páru autozomů tím, že došlo k oddělení rozmnožovacích funkcí v populaci ancestrálního hermafroditického organismu. Tato hypotéza předpokládá vznik dvou mutací. Nejprve musí dojít k recesivní mutaci, která způsobuje samčí sterilitu. Tato mutace následně zabraňuje vzniku reprodukčně znevýhodněných jedinců, kteří se rozmnožují samooplozením. Tím se následně zvýší investice do produkce samičího potomstva. To zapříčiní vyšší selekční tlak na případné mutace způsobující samičí sterilitu. Za předpokladu, že je tato mutace dominantní a obě jsou spolu v těsné vazbě, vzniknou heterogametičtí samci a homogametické samice (Charlesworth & Charlesworth, 1978; Ayling & Griffin, 2002). Díky výhodnosti takového rozdělení je zde vysoký selekční tlak upřednostňující silnější genetickou vazbu alel těchto genů. Dochází také k restrikci rekombinace mezi těmito lokusy

zapříčiněnou chromozomálními přestavbami jakými jsou například inverze (Ming & Moore, 2007; Bergero & Charlesworth, 2009). Během evoluce dochází dále k akumulaci dalších pohlavně antagonistických genů, tj. genů výhodných pro jedno pohlaví, ale škodlivých či nevýhodných pro druhé. Následnými přestavbami je pak zcela zablokována rekombinace i mezi těmito geny a lokusem určujícím pohlaví.

Příkladem projevu takových pohlavně antagonistických genů může být pohlavní dimorfismus, při kterém se dva jedinci stejného druhu, ale odlišného pohlaví, od sebe morfologicky liší. Tento jev je rozšířen jak mezi živočichy, tak mezi rostlinami a může hrát roli při výběru partnera (Zahavi, 1975). U některých živočichů může být pohlavní dimorfismus velmi výrazný. Příkladem je pestré zbarvení samců u některých ptáků nebo ryb (Berns et al., 2012). Dobrým modelovým organismem pro výzkum pohlavně antagonistických genů je živorodka *Poecilia reticulata*. Samci tohoto druhu projevují výrazný polymorfismus ve zbarvení (Endler, 1980). Geny zodpovědné za toto zbarvení jsou z valné většiny vázané na Y chromozom (Winge, 1927 - citováno v Charlesworth, 2018; Lindholm et al., 2002). Ačkoli u těchto ryb dochází k rekombinaci mezi pohlavními chromozomy, lokusy nesoucí geny pro samčí zbarvení rekombinují jen minimálně. Navíc pokud některý z těchto genů nese samice, fenotypově se neprojeví, protože je jeho exprese podmíněna přítomností testosteronu (Künstner, 2017). Dalším příkladem může být rozdílná velikost těla, kterou můžeme pozorovat například u pavouků, kde je samice zřetelně větší než samec (Wilder & Rypstra, 2008). I pohlavní dimorfismus je zapříčiněn rozdílnou expresí genů mezi dvěma jedinci rozdílného pohlaví, čehož je dosaženo i v případě, že jedno pohlaví daný gen úplně postrádá (Lande, 1980). Vazba genů na pohlaví tak zajišťuje expresi genů zodpovědných za sekundární pohlavní znaky, čímž přispívá k formování pohlavního dimorfismu (Rice, 1984). Výzkum této problematiky je i s dnešními technologiemi poměrně náročný, protože pohlavní dimorfismus je velmi komplexní jev, na který má vliv mnoho faktorů (Dean & Mank, 2014).

Následkem zastavení rekombinace mezi pohlavními chromozomy je pak postupná až úplná degradace chromozomů Y a W (Bergero & Charlesworth, 2009). Jelikož se chromozomy nemohou pomocí rekombinace opravovat, dochází u nich k hromadění repetice a škodlivých recesivních mutací, které kvůli absenci rekombinace nemohou být selekcí odstraňovány. K degradaci pohlavních chromozomů přispívají tzv. Hill-Robertsonovy efekty vyvolané vazbou mezi alelami, kdy škodlivá alela může bránit fixaci výhodné alely a výhodná eliminaci škodlivé alely. Mezi tyto jevy patří např.: Müllerova rohatka neboli nevratné hromadění škodlivých mutací nebo tzv. genetický "hitchhiking" neboli fixace nevýhodné mutace díky vazbě na jednu mutaci výhodnou. Dále sem také teoreticky patří selekce na

pozadí neboli fixace mírně výhodné mutace pouze v případě, že není vázána na škodlivou mutaci (Charlesworth & Charlesworth 2000). Tyto faktory pak napomáhají degradaci chromozomálního obsahu. Spolu s nevratným hromaděním repetice a postupnými delecemi mohou zapříčinit i úplné zmizení chromozomu W nebo Y (Charlesworth et al., 2005). Pohlavní chromozomy X a Z na druhou stranu vykazují značnou konzervovanost. To bylo ukázáno například na karyotypech placentálních savců pomocí komparativního mapování genů, kdy oproti značně nestabilnímu zbytku genomu mají tyto chromozomy znatelně nejzachovalejší genový obsah (Murphy et al., 1999; Kohn et al., 2004).

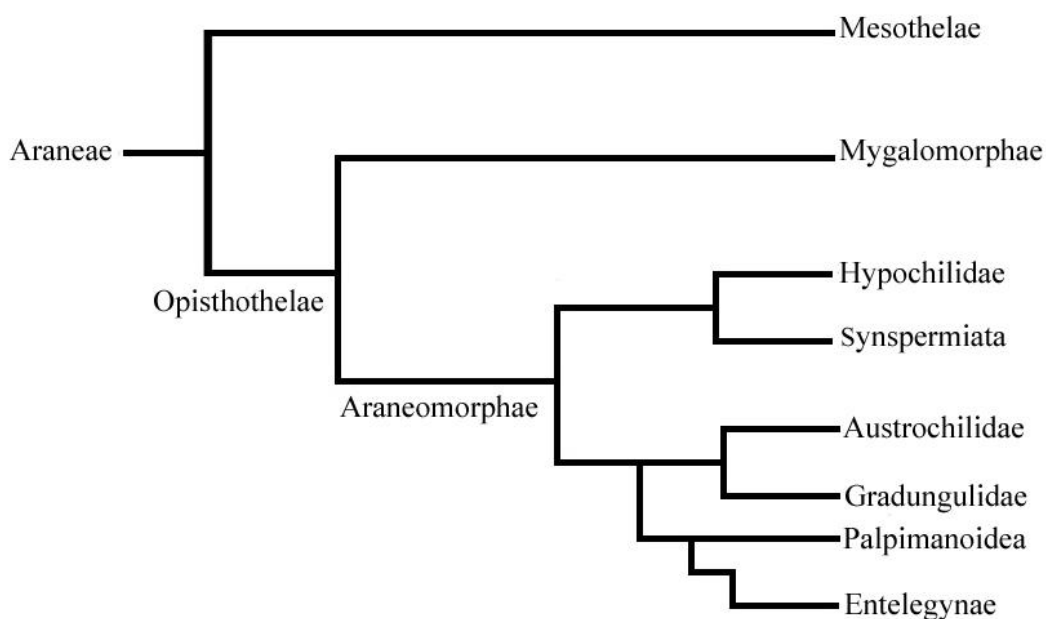
Spolu s takto diferencovanými heteromorfními chromozomy můžeme ale najít i homomorfní chromozomy, které se chovají jako pohlavní chromozomy, ale nejsou od sebe morfologicky rozlišitelné. Byly nalezeny například u pavouků (viz 1.2.1), kde se uvažuje, že může jít o původní nediferencované gonozomy označované jako SCP (Kráč et al., 2013). Nediferencovanými pohlavními chromozomy disponuje také většina obojživelníků (Schmid et al., 1991; Eggert, 2004). Pro obojživelníky je typický takzvaný "turnover" genů určujících pohlaví. Nediferencované pohlavní chromozomy mají tedy zřejmě z důvodu, že dokážou velmi rychle a poměrně jednoduše zaměnit gen určující pohlaví za jiný gen, a to i na jiném chromozomu (Schartl, 2004). Příklad nediferencovaných pohlavních chromozomů můžeme najít i mezi ptáky, konkrétně u podtřídy běžců. Pohlavní chromozomy W a Z jsou u této skupiny ptáků podobně velké a stále mezi nimi dochází k rekombinaci (Pigozzi and Solari; 1997).

Další alternativou klasického modelu vzniku pohlavních chromozomů pak může být například jejich vznik z tzv. B chromozomů, popsaných poprvé v roce 1907 (Wilson, 1907 - citováno ve Valente et al., 2014). B chromozomy jsou jaderné elementy, které jsou na rozdíl od klasických autozomů nadpočetné, neřídí se Mendelovskými zákony dědičnosti a nemají vliv na výsledný fenotyp organismu (Pansonato-Alves et al., 2014). Přesto se vyskytují v jádrech velkého množství eukaryot. S příchodem moderních metod genetického výzkumu se zjistilo, že B chromozomy mohou nést i protein-kódující geny. Proto vyvstává otázka, zda skutečně nemají žádný vliv na výsledný fenotyp. Výzkum Valente et al. (2014) dokonce odhalil, že B chromozomy u *Acantharctia latifasciata* obsahují geny náležící k různým autozomům. Z toho usuzují, že tyto chromozomy mohou vznikat procesem genové duplikace způsobené například mobilními elementy nebo insercí retrogenů. Při výzkumu cichlid byla také zjištěna souvislost s pohlavní determinací, jelikož se u nich tyto geny ležící na B chromozomech předávají pouze v linii samičích buněk. Existuje tudíž možnost, že se jedná o jakousi variantu proto-pohlavních chromozomů, které se budou dále vyvíjet. Nicméně

u *A. latifasciata* nebyly nalezeny žádné pohlavně vázané geny, tudíž lze předpokládat, že funkce determinace pohlaví je jednou z možných funkcí B chromozomů, ale není pravidlem (Yoshida et al., 2011; Valente et al., 2014). Pokud ale hledáme příklad pohlavního chromozomu, který se velmi pravděpodobně vyvinul z B chromozomu, pak je to Y chromozom *Drosophily* (Carvalho, 2002) nebo *Cacopsylla peregrina* (Nokkala et al., 2003). Dalším příkladem je W chromozom u motýlů. U této skupiny živočichů existuje několik hypotéz o vzniku W chromozomu, přičemž nejnovější poznatky naznačují, že tento chromozom vznikl během evoluce motýlů opakovaně různými mechanismy. U čeledí *Tischeriidae* a *Ditrysia* se ale jeho původ přisuzuje právě B chromozomu (Dalíková et al., 2017).

1.2 Cytogenetika pavouků

Řád pavouci (Aranae) je, jak již bylo zmíněno, vývojově velmi starou a také druhově velmi pestrá skupina živočichů. Dělí se na dvě hlavní skupiny (viz **Obr.1**). Podřád Mesothelae (sklípkoši) je nejprimitivnější skupinou pavouků obsahující pouze jednu čeleď. Podřád Opisthothelae obsahuje dvě vývojově mladší větve, infrařády Mygalomorphae (sklípkani) a Araneomorphae (dvouplícní). Infrařád Araneomorphae (viz **Obr.3**) je nejdiverzifikovanější a druhově nejpočetnější, spadá do něj 90 čeledí zahrnujících více než 30 tisíců druhů (Coddington & Levi, 1991). Nejvýznamnější skupinou araneomorfních pavouků je skupina Entelegynae, do které patří valná většina všech pavoučích druhů (Coddington, 2005). Infrařád Mygalomorphae (viz **Obr.2**) je druhově mnohem chudší, patří do něj pouze 15 čeledí a asi 2700 druhů (World Spider Catalog 19.5 2018) Vyskytují se především v teplejších oblastech světa, dokonce mohou být nalezeni i na teplejších místech v České republice (Kůrka et al., 2015).



Obr. 1.: Fylogenetické vztahy v rámci řádu Araneae (dle Wheeler et al., 2016).

1.2.1 Karyotyp

Druhová diverzita pavouků se projevuje i v jejich cytogenetice. Doposud bylo publikováno téměř 700 karyotypů zástupců 64 rodů, nicméně většina těchto karyotypů patří zástupcům linie Araneomorphae. Zástupci skupiny Mygalomorphae, byly zatím karyotypovány minimálně, přestože jsou cytogeneticky mnohem různorodější oproti konzervovanějším karyotypům araneomorfních pavouků (Kořínková & Král, 2013). Mezi pavouky pak můžeme, co do počtu chromozomů, najít skutečně velké rozdíly. Nejnižším počtem chromozomů z doposud karyotypovaných pavouků ($2n=7$) disponuje pavouk z čeledi *Segestriidae*, *Ariadna lateralis* (Řezáč et al., 2006) a také *Ischnothele caudata* z čeledi *Dipluridae* (Král et al., 2013). Nejvyšší počet chromozomů ($2n=110$) má pak sklípkan z čeledi *Theraphosidae*, *Poecilotheriaformosa* (Král et al., 2011). Jak již bylo naznačeno, araneomorfní pavouci nemají v rámci karyotypů tak velkou diverzitu. Je běžné, že počet jejich chromozomů je stejný v rámci celé čeledi (Araujo et al., 2017).

Pokud se zaměříme na samotné chromozomy a jejich typy, tak studování zástupci jediné čeledi linie Mesothelae mají chromozomy akrocentrické. Naopak studování zástupci Araneomorphae s výjimkou entelegynních pavouků měli metacentrické a submetacentrické chromozomy. Stejně tomu bylo i u zástupců infrařádu Mygalomorphae, jejichž chromozomy jsou taktéž meta či submetacentrické. Tato pozorování podporují hypotézu, že dvouramenné chromozomy jsou pro opisthothelní pavouky původním znakem. (Král et al., 2006; Král et al.,

2013). Mezi studovanými pavouky byly dokonce v karyotypech nalezeny chromozomy holocentrické, tzn. chromozomy postrádající lokalizovanou centroméru a to u jediné studované haplogynní nadčeledi *Dysderoidea* (Král et al., 2006; Diaz et al., 2010).

System určený pohlaví u pavouků je odvozený od typu *Drosophila* (XX/XY), tj. samčí heterogamie. Typickým znakem je pro ně výskyt mnohočetných X chromozomů. Jejich nejčastější konstituce pohlavních chromozomů se označuje jako X_1X_20 ($\sigma^{\text{X}}X_1X_2/\text{X}_1X_1X_2X_2$), ve které chybí chromozom Y. Tento karyotyp se považuje u pavouků za původní, jelikož byl nalezen i u evolučně nejstarší skupiny pavouků, podřádu Mesothelaeae. Tento karyotyp je dále obvyklý i mezi entelegynními pavouky a nalezneme ho napříč všemi skupinami řádu *Araneae*. Zároveň ale najdeme mezi pavouky i další typy, které jsou pravděpodobně odvozené právě z tohoto původního karyotypu (Suzuki, 1954; Král et al., 2006).

Pro vznik této konstituce pohlavních chromozomů existuje několik hypotéz. První hypotéza pracuje s možností rozpadu metacentrického chromozomu na dva akrocentrické (Bole-Gowda, 1950). Druhá hypotéza zvažuje nondisjunkci původního X chromozomu a jeho následnou diferenciaci (Postiglioni & Brum-Zorrilla 1981). Studie Krále et al. 2013 se přiklání ke druhé z hypotéz a dokládá ji chováním samičích X chromozomů v profázi I meiotického dělení, kdy byla pozorována vzájemná asociace chromozomů X (Král et al., 2013). Také existují karyotypy s vyšším počtem X chromozomů. Mohou obsahovat tři či čtyři X chromozomy (Entelegynae), nebo i mnohem vyšší počty, což je typické pro infrařád Mygalomorphae (Král et al., 2013). Nejvyšší dosud zjištěný počet chromozomů X_{1-13} byl zaznamenán u *Macrothele gigas*- sklípkanáčeledi Hexathelidae (Král et al., 2013).

Fúzí chromozomů patrně vznikl odvozený karyotyp X_0 pozorovaný především u skupin Entelegynae a Haplogynae (Bole-Gowda, 1950; Kořínková & Král, 2013). Mezi pavouky se vyskytují i případy výskytu tzv. neopohlavních chromozomů, i když nejsou časté. Příkladem je velmi složitý systém pohlavních chromozomů $X_1X_2X_3X_4X_5X_6X_7Y$ u *Paratropis* sp. (Paratropididae), či $X_1X_2X_3X_4X_5Y_1Y_2Y_3Y_4$ u *Derena cancerides* (Sparassidae), kdy Y chromozomy vznikly pravděpodobně fúzí gonozomů s autozomy (Rowell, 1991; Král et al., 2013). Dalším příkladem systému, který je také považován za pohlavní je systém X_1X_2Y . Tento systém byl nalezen u zástupců skupin araneomorfních pavouků čeledí Pholcidae, Sicariidae, Drymusidae, Filistatidae a Hypochilidae. Je ale natolik vzdálený od původního karyotypu, že nejde jasně určit způsob jeho vzniku (Král et al., 2006).

Někteří opisthotélní pavouci mohou mít ve svém karyotypu navíc ještě další pár pohlavních chromozomů, který je morfologicky nediferencovaný, ale během meiózy vykazuje specifické chování (viz homomorfní chromozomy v kap. 1.1). V práci Krále et al. (2013) jsou

označeny jako SCP („sex chromosome pair“). Autoři se domnívají, že by se mohlo jednat o původní pavoučí gonozomy, ze kterých se případnými nondisjunkcemi mohly vyvinout současné chromozomy X. Tyto chromozomy vykazují u některých pavouků (Mygalomorphae, Haplogynae) specifické chování během meiotického dělení, například inaktivaci pomocí heretochromatinizace během profáze I u mygalomorfních pavouků, což pravděpodobně brání rekombinaci mezi oběma chromozomy daného páru (Král et al., 2006; 2013). Právě kvůli jejich nediferencovanosti mohou být SCP snadno v karyotypech přehlédnuty a považovány za autozomy. Na rozdíl od dvou výše zmíněných skupin, kde jsou pozorovatelné pouze světelným mikroskopem, byly u entelegynních pavouků SCP detekovány pouze pomocí transmisní elektronové mikroskopie (Král et al., 2007). U mygalomorfních pavouků, především u zástupců nejpočetnější linie *Avicularioidea*, byly SCP pozorovány buď v jednom (u pavouků Starého světa) či ve dvou párech (u pavouků Nového světa). Ve valné většině případů se jednalo o velké metacentrické chromozomy (Král et al., 2011; 2013).

1.2.2 Studované druhy

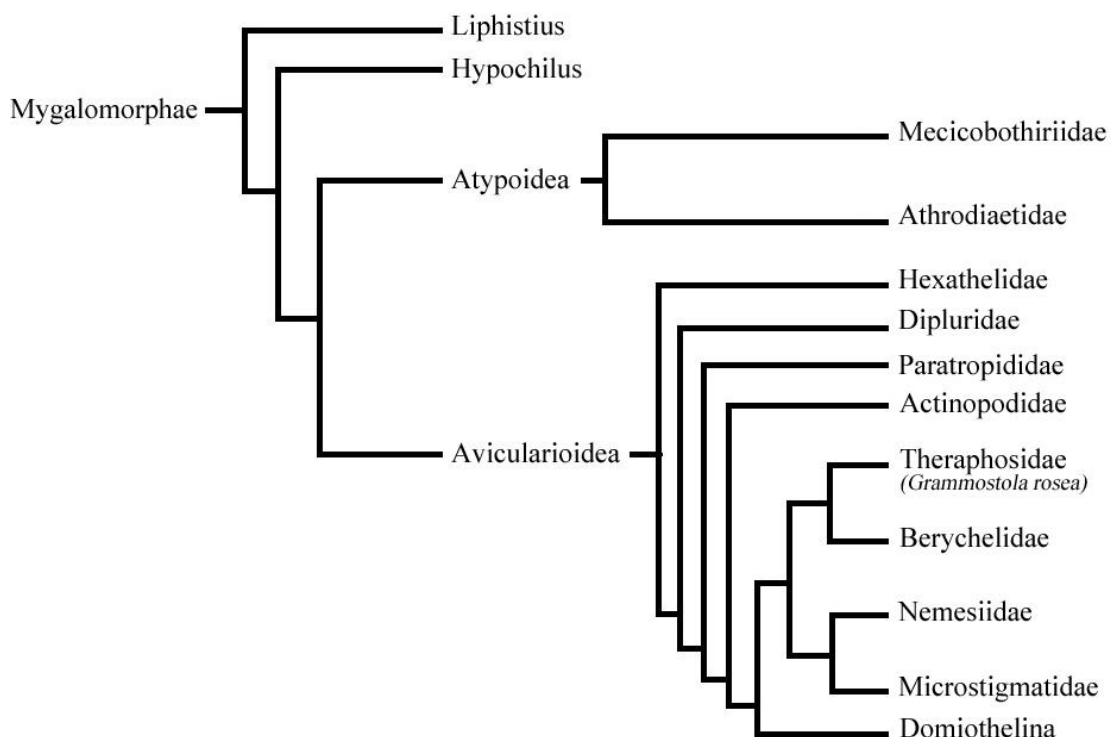
1.2.2.1 *Grammostola rosea*

Grammostola rosea (sklípkan růžový) je zástupce Mygalomorfní linie pavouků, konkrétně čeledi *Theraphosidae* (viz **Obr.2**). Pavouci rodu *Grammostola* se vyskytují endemicky v Jižní Americe, především v Bolívii, Chile a Argentině. Co do velikosti patří tito pavouci k největším na světě a zároveň k nejdéle žijícím - mohou se dožít více než 30 let (Montes et al., 2016). *Grammostola rosea*, stejně jako ostatní zástupci této čeledi, je pozemní pavouk specializovaný na lov drobných živočichů. Žije v zemních norách hlubokých až 45 centimetrů a oproti pavoukům snovajícím visuté sítě je u těchto sklípkanů mnohem méně patrný pohlavní dimorfismus. Obecně se pohlavní dimorfismus u tohoto druhu projevuje o něco delšíma nohama u samců oproti samicím, což je přisuzováno právě jejich způsobu života a aktivnímu hledání partnera k páření (Canals et al., 2007; Grossi et al., 2016).

Karyotyp tohoto pavouka je X_1X_20 ($2n♂=72$), ale cytogenetické analýzy naznačují, že se u této čeledi nejedná o karyotyp původní. Studium karyotypů jiných druhů pavouků této čeledi se zjistilo, že tyto druhy pavouků disponují velmi vysokým počtem X chromozomů. Takovýto karyotyp mohl vzniknout amplifikací původních pohlavních chromosomů z konstituce X_1X_20 někdy v počátku evoluce této čeledi (Král et al., 2011). Jelikož *Grammostola rosea* patří k pavoukům s nižším počtem X chromozomů a zároveň k druhům

evolučně mladším, předpokládá se, že některé X chromozomy během evoluce zfúzovaly a jejich počet se tak opět snížil (Kořínková & Král, 2013).

V karyotypu byly také pozorovány dva páry SCP typické i pro další druhy sklípkanů čeledi *Theraphosidae* obývajících americký kontinent. Zatímco u ostatních novosvětských sklípkanů jsou oba páry SCP metacentrické, ze dvou SCP *G. Rosea* je jeden velký a metacentrický, zatímco druhý je jen středně velký a submetacentrický. Podobná morfologie SCP byla pozorována jen u sklípkanu *Psalmopoeus cambridgei* (Král et al., 2011).



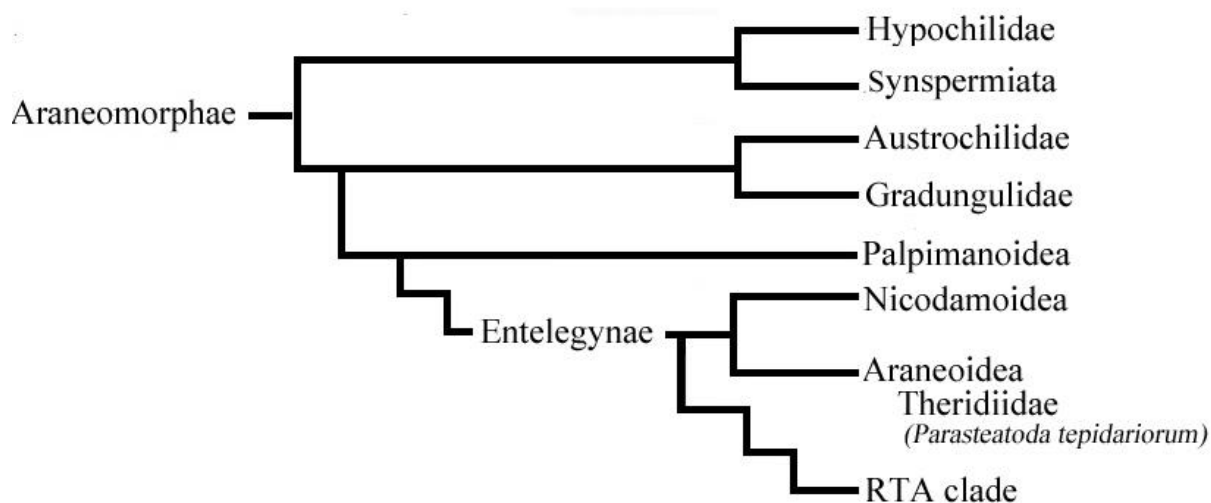
Obr.2.: Fylogenetické vztahy uvnitř infrařádu Mygalomorphae (dle Bond et al., 2012).

1.2.2.2 *Parasteatoda tepidariorum*

Snovačka skleníková, *Parasteatoda tepidariorum*, je zástupcem araneomorfní linie pavouků a patří do čeledi *Theridiidae* (viz **Obr.3**). Jedná se kosmopolitní a o jednu z nejvíce diverzifikovaných čeledí pavouků vůbec (Levi, 1962; Maretic, 1978). Zástupci této linie jsou kosmopolitní, často synantropní druhy, někteří s medicínským významem (Isbister, 2002). Za místo původu *P. tepidariorum* se považuje Jižní Amerika, kde byl nalezen nezávisle na lidském osídlení, ale dnes se vyskytuje skutečně téměř po celém světě jako synantropní druh. Tento druh pavouka disponuje neurotoxickým jedem. Nicméně nedosahuje takové jedovatosti jako

jiní zástupci čeledi *Theridiidae*, například pavouci rodu *Latrodectus* laicky označovaní také jako černé vdovy. (Isbister & Gray, 2003).

Karyotyp tohoto pavouka je X_1X_20 ($2n_{\text{♂}}=22$), přičemž jsou tyto chromozomy akrocentrické či telocentrické (Aranujo et al., 2010; Chen, 1999). *P. tepidariorum* je jediným pavoukem, který má dostupnou kvalitní sekvenci genomu. Analýza genomu odhalila všudypřítomné známky celogenomové duplikace, ke které patrně došlo u společného předka klepítkačů (Schwager et al., 2017).



Obr. 3.: Fylogenetické vztahy uvnitř infrařádu *Araneomorphae* (dle Wheeler et al., 2016).
RTA clade = skupina pavouků s retrolaterální tibiální apofýzou na samších makadlech.

2 Cíle práce

V rámci běžícího projektu, který se zabývá vznikem a evolucí pohlavních chromozomů pavouků, byly pomocí komparativní genomové hybridizace na DNA čipu (array CGH) identifikovány kandidátní pohlavně vázané geny u zástupce mygalomofních pavouků, sklípkana *Grammostola rosea*. Cílem této práce bylo ověřit vazbu na pohlaví u vybraných genů metodou kvantitativní PCR. Dále zjistit, na kterém chromozomu tyto geny leží pomocí polymerázové řetězové reakce (PCR) s templátovou DNA získanou mikrodisekcí chromosomů X₁ a X₂. Také byla testována vazba orthologů vybraných genů na pohlaví u zástupce entelegynních pavouků *P. tepidariorum*.

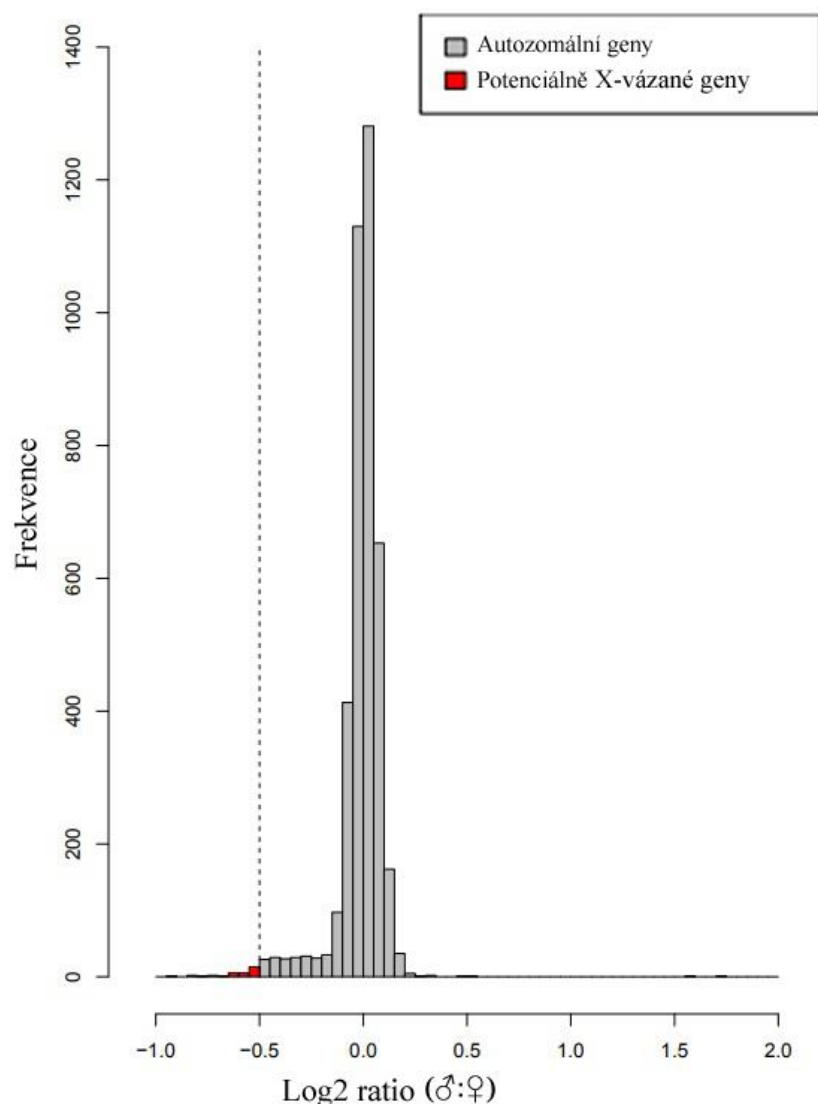
3 Materiál a metody

3.1 Izolace genomové DNA pomocí kitu NucleoSpin-Tissue XS

Pro izolaci genomové DNA (gDNA) byla použita souprava NucleoSpin-Tissue XS (Macherey-Nagel, Düren, Germany). Pro izolaci DNA z *G. rosea* byla použita svalová tkáň z nohou. Pro izolaci DNA ze snovaček *P. tepidariorum* byli použiti celí jedinci kromě zadečku, aby nedošlo ke kontaminaci samičí DNA samčí v případě oplozených samic nebo kontaminaci PCR inhibitory z hepatopankreatu. Izolace proběhla dle pokynů výrobce.

3.2 Kvantitativní PCR (qPCR)

Pohlavně vázané geny byly pro pavouka *G. rosea* identifikovány pomocí komparativní genomové hybridizace na DNA čipu (aCGH), který byl navržen na základě transkriptomu ze samčích a samičích gonád a chelicer (P. Nguyen, nepublikované výsledky). Samotná hybridizace byla provedena A. Voleníkovou (nepublikované výsledky) dle práce Baker & Wilkinson 2010. Výsledky této analýzy jsou uvedeny v **Obr. 4**. Pro další analýzu bylo vybráno 26 potenciálně pohlavně vázaných genů s \log_2 poměru hodnot mezi samci a samicemi <-0.5 .



Obr. 4: Distribuce \log_2 hodnot z aCGH provedené u *Grammostola rosea*. Značená samčí a samičí genomová DNA byla hybridizována k DNA čipu navrženém podle transkriptomických dat. Celkem čip reprezentuje 4021 ortologů konzervovaných v rámci pavouků. Dle očekávání by autozomální geny měly mít poměr hodnot $\log_2 = 0$ a pohlavně vázané $\log_2 = -1$. Získaná distribuce však postrádá druhý vrchol tvořený pohlavně vázanými geny, ačkoli jsou geny s nižším počtem kopií u samců než u samic (tj. $\log_2 < 0$) výrazně nadreprezentovány. Pro další studium byly vybrány potenciálně pohlavně vázané geny (červeně) s $\log_2 < 0,5$ (přerušovaná čára).

Pro testování vazby vybraných genů na pohlaví byla zvolena metoda kvantitativní real-time PCR (qPCR), kdy byl mezi samci a samicemi srovnáván růst fluorescence produktů zájmových genů oproti referenčnímu autozomálnímu genu. Protokol byl adaptován dle Nguyen et al. (2013).

Pro každý experiment byla jako templát použita gDNA ze třech samic a třech samců. Jako referenční gen byl použit gen *Armadillo*, který je na základě aCGH lokalizován na některém autozomu (Voleníková A., nepublikovaná data). Sekvence pro návrh primerů pro všechny analyzované geny, byly získány z dostupného transkriptomu (P. Nguyen, nepublikované výsledky - viz **Příloha 8.2**). Primery samotné pak byly navrženy v programu Genious 7.1.5 tak, aby teplota nasedání primerů byla 60°C a výsledný produkt měl délku ±120 bp (**Tab.1**).

Experimenty byly provedeny na 96 jamkových PCR destičkách (IAB a.s., Praha, ČR) s krycími fóliemi (qPCR seal, 4titude, UK). Každá reakce o výsledném objemu 10μl obsahovala 1x SYBR Xceed qPCR SG Lo-ROX (IAB a.s., Praha, ČR), 0,8 mM „forward“ a „reverse“ primery daného genu a 20ng templátové gDNA. Každá destička obsahovala triplikáty tří nezávislých biologických vzorků samců i samic od zájmového genu i reference.

Reakce proběhla v termocycleru CFX Connect Real-Time system (Bio-Rad, California, USA). Profil reakce začal denurací 3 minuty při 95°C, po které následovalo 40 cyklů denurace 10 sekund při 95°C, nasedání primerů 30 sekund při 60°C a elongace 30 sekund při 72°C. Celá reakce byla zakončena finální analýzou teploty tání produktů, při které se teplota postupně každých pět sekund zvyšovala o půl stupně z 65°C na 95°C.

Součástí PCR destičky byly také trojkové ředící řady směsi templátové gDNA všech použitých pavouků, ze kterých byly vypočítány účinnosti primerů zahrnuté do výsledné analýzy.

Výsledné počty kopií byly vypočítány podle vzorce

$$R = \frac{(1 + E_{Ref})^{Ct_{Ref}}}{(1 + E_{Target})^{Ct_{Target}}}$$

kde R je relativní počet kopií daného genu, E je účinnost primerů a Ct je tzv. Ct hodnota ("threshold cycle"), tedy cyklus amplifikace, při kterém fluorescence PCR produktu překročí prahovou hodnotu.

Analýza výsledků proběhla v programu CFX Manager Software 3.1 (Bio-Rad, California, USA) a Microsoft Office Excel 2003, kde byl vypočítán relativní počet kopií analyzovaného genu oproti relativní hodnotě reference.

Získaná data byla statisticky zhodnocena pomocí nepárového oboustranného t-testu. S jeho pomocí byly testovány hypotézy o vazbě daného genu na autozomy, tj. že průměrné

hodnoty se mezi pohlavími neliší, nebo na pohlaví, tj. hodnoty se mezi pohlavími liší dvojnásobně. Kritická hodnota p pro zamítnutí hypotézy byla 0,05.

Tab. 1: Primery použité pro qPCR analýzu u *G. rosea*

<i>Gen</i>	<i>„Forward“ primer</i>	<i>„Reverse“ primer</i>
Armadillo	AACTTTTGAGCTCTCCTGTGGA	ATCTTTTGAAGACCACCTGCCA
I(2)10685	GATGCTAGTTATTCCCGTCTGTC	TCTTCAAGTTGATCCCAGGAGC
Vps13	AAGCCTGGGTTTTCTGGTATGA	AATACTGAACTTCGTGGCACCT
Tbc1d15-17	ACACTGTGTAAAGCTGAGTCGA	CCTGTGGTCCCATTGTTGAAAG
CG1764	CAAGTGCAGCTGAGTTAAGTGG	CATCATCAGGTGGCAGTTTCGAT
CG6650	TCCTTTTGTGGATTCTGTGGGT	TGGTCCAAAACAGCAGAGATTC
CG4025	TTGTGCATATGGTTGGTGCTTT	GCTCTCAGTCGTGCTACAAAAC
CG11448	TGTGAAAAGTTGAGAAGGCGG	TTCCTGCAGCTGAACTACAAGG
vri	TAAGCTCTGAGTCGACAACACC	ACTTGGATGTGTGGTGGAATCA
P32	TGGGGCTTGTTTAGTATCTCGT	GACCATGGAGATCGTACAGCAA
Chl-exl-1	GATGTACAGCAATGTGGAAGCT	TCGATCCTAGAAAGTTCAGCCTG
CG9413	AGTACCTTTGGAGCTGGTAACG	GCATGGCGTAAGTCTGTGAATATG
Atg6	AGGAGGAACAATTGAAGTCTGCT	TTCTTGCCAGTACCTGTCTTCC
BLOC1S5	GCCACTACTGAACAACGAAGG	CCTCAACTGTTGCTCCTTTTCA
CG1440	AGTTACTCTTTGGTGTGGAAGTCA	TGTTGGAGTACCTTGTGCATCT
muc	TTGCCATCACACCACAAAGTTC	TTCTGCAAGTAGGTCTCCTTCA
how	CTTCTTGCTCCTCCAATGGCTA	TGGAGCACTACCATTGAGAAGC
tzn	CTAGGCAGCTTGGTGTAGAAGT	TCAATCCTTTCATCGCCTCCAT
CG5989	CCTCCAGGTAGCAGATATGTCA	TCTGAAGGCTTGAGGAAATTTTGT
red	TCTTCCATGTCGTCATCTCCAC	CACTGGCACTTAGATGGTTATTTGT
CG13603	CCCGATGATTGGACTGCTGTAA	GCTGGCCATCATGATCTCTTCT
nost	GCGACGAAAAGCAGAAGAACT	TGTTGGAAGGCAGTACTAGCTC
SP2353	TGGACAACATAGTGACTTTAAGCC	ATTGATCCCAGTGGTTGCATGA
CG10343	GTCAGCCTGATAAACCTACCCC	TTACGTTTCTGCTGCTTTGACA
Sgt	GTCTGAACAAACACCAAGAAGCA	TCTGTGTGTGGATATCTTTGTTGA

CG8892	GGAAAGCACCTCTGATACGGAT	GATGTACATGGCCACCTGATCT
adp	GGCACACAGACAAGTAAATCGC	ACTCATAGTCATAAGCAAGAGACCT

Pro pohlavně vázané geny *G. rosea* byly v genomu pavouka *P. tepidariorum* nalezeny orthology, pro něž byly opět navrženy primery v programu Genious (**Tab.2**) tak, aby teplota nasedání primerů byla 60°C a výsledný produkt měl délku ±120 bp. Následně byla pomocí qPCR testována vazba těchto genů na pohlaví u *P. tepidariorum* dle výše uvedené metodiky.

Tab. 2: Primery použité pro qPCR analýzu u *P. tepidariorum*

<i>Gen</i>	<i>Forward primer</i>	<i>Reverse primer</i>
Armadillo	GCTATAACCACCCTTCACAACC	CTTTGCAGGAGAGTCACCATCT
l(2)10685	AGATTTGTGTGCTTCTCCTGGT	AACTTATTCACCCGAGAGAGGC
Vps13	GTTGAAAAATGCTCTCGGACCC	AAAGGTTGCTTTGGAGTTCGAC
Tbc1d15-17	AGGTTTATTGCACTCTTCTTCGT	ACACAGACCACAATCATCAGCA
CG1764	GGAAATTTGAGTAGTTGTTGCATCT	AAATTGTTCACTTTTAAGGCA
CG6650	TTGAATCTTTGCTGTGGAAGGC	TGGCTACGTTTCTCCTTATCACT
Cg4025	CCCCTAATCCTAACAGTTTACGC	ACAGTTAATGGACAACAGCTTGA
Atg6	ACCAGCAGTTGAGAATCGCT	ACTCGGTCTTCAACTTCTCCAG
BLOC1S5	TCGCCTGTTTGACCATAGGC	TTCTCCTCACTTCCCTTTTCT
muc	TGTTTCCTTCTGCTGCTCCTG	TAGACTGAAGGAGACGGCGA
tzn	GCCGGTTGCGGAAAATTCTT	GACCGCAGTAGACCATCGTT
red	CTGCAGGGATTAGCTCTTCGA	AGGAATGTCTAAGGAGGAACGT
CG13630	TTGCTAGACATGAAGGAGGAGC	AGGGGTAAGTGGGTATGGCC
nost	AAGGCAAACAGGGAGTCGAG	AAGCTTCTCAAACACGTCTTGC
Sp2353	TCAGCCTGTAGTTTTGCGGT	CCTTTTGAGCGCCCTTGAAC
CG8892	ATGCATGTAGACTCCTGCC	GCTCTGGATTGGGGTATCGG
adp	CAATTTTAGAACTGGGCGAGCA	ATCGTCTGCCAGCTTCTTGG

3.3 Mapování chromozomů metodou PCR

Vybrané pohlavně vázané geny *G. rosea* byly použity pro mapování genů metodou PCR dle („PCR gene mapping“). Touto metodou bylo zjišťováno, na kterém ze dvou X chromozomů *G. rosea* dané geny leží. Protokol pro PCR mapování byl adaptován dle Pokorná et al. (2011).

Pro analýzu byly použity amplifikované vzorky chromozomů X_1 a X_2 vyizolované metodou laserové mikrodisekce z cytogenetických preparátů (J. Král, S. Kubíčková, nepublikované výsledky) a amplifikované pomocí soupravy GenomePlex WGA Single Cell Whole Genome Amplification (P. Nguyen, nepublikované výsledky). Pro samotné PCR mapování genů byly jako markery využity stejné kombinace primerů, jako pro qPCR analýzu. Jako pozitivní kontrola byl použit daný gen s genomovou DNA jako templátem. Analýza spočívala v setu standardních PCR reakcí, které obsahovaly jako templátovou DNA právě vzorek X_1 nebo X_2 chromozomu. Jedna reakce o výsledném objemu 10 μ l sestávala z 1x One-Taq Quick-Load Bufferu (New England Biolabs, Massachusetts, USA), 0,2 mM dNPT Mixture (TaKaRa, Kyoto, Japan), 4U One-Taq Quick-Load DNA polymerázy (New England Biolabs, Massachusetts, USA), 0,5 mM „forward“ a „reverse“ primerů a nakonec 20ng templátu, což byly právě vyizolované a amplifikované X_1 nebo X_2 chromozomy.

Reakce proběhly v TProfessional Trio thermocycler (Bio-Rad, California, USA). Profil reakce začal denaturací 5 minut při 95°C, po které následovalo 35 cyklů denaturace 20 sekund při 94°C, nasedání primerů 30 sekund při 60°C a elongace 30 sekund při 68°C. Celá reakce byla zakončena finální elongací při 68°C po dobu 5 minut. Výsledky byly vizualizovány pomocí elektroforézy na 2% agarózovém gelu.

4 Výsledky

4.1 Identifikace pohlavně vázaných genů pomocí qPCR

4.1.1 *Grammostola rosea*

Testování, zda jsou vybrané geny pohlavně vázané, proběhlo pomocí kvantitativní PCR (viz **3.2**), kdy se zjišťoval relativní počet kopií u samce a samice oproti referenčnímu autozomálnímu genu. Tato metoda je založena na určení amplifikačního cyklu, při kterém narůstající fluorescence PCR produktu dosáhne určité prahové hodnoty.

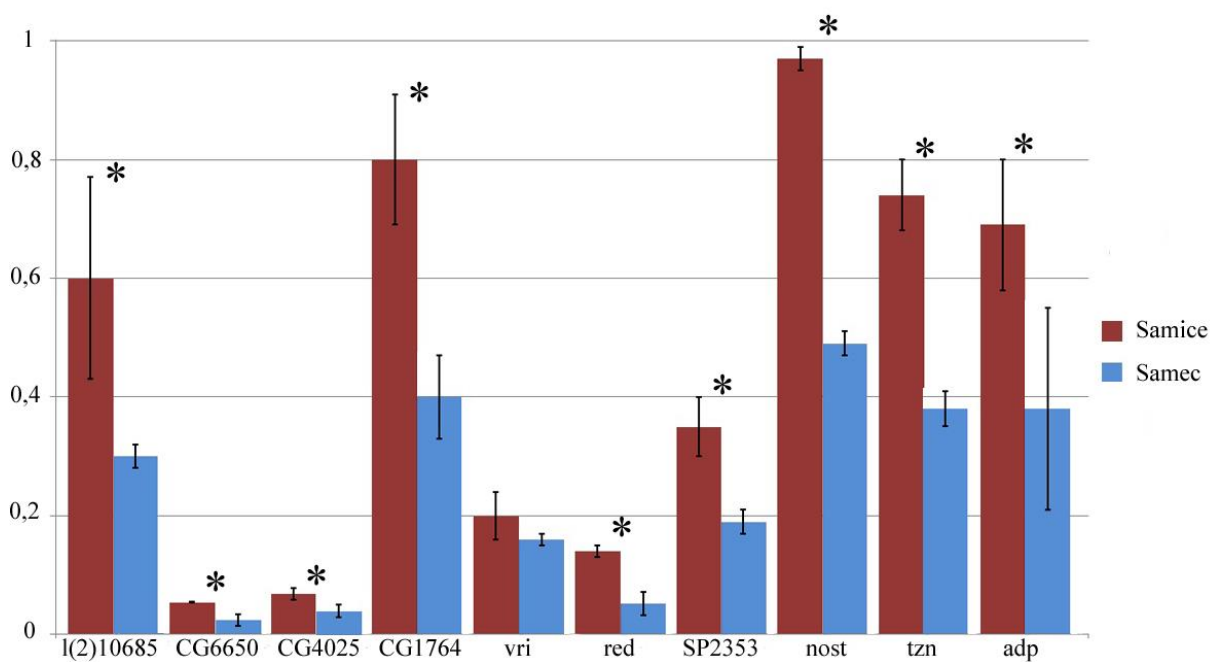
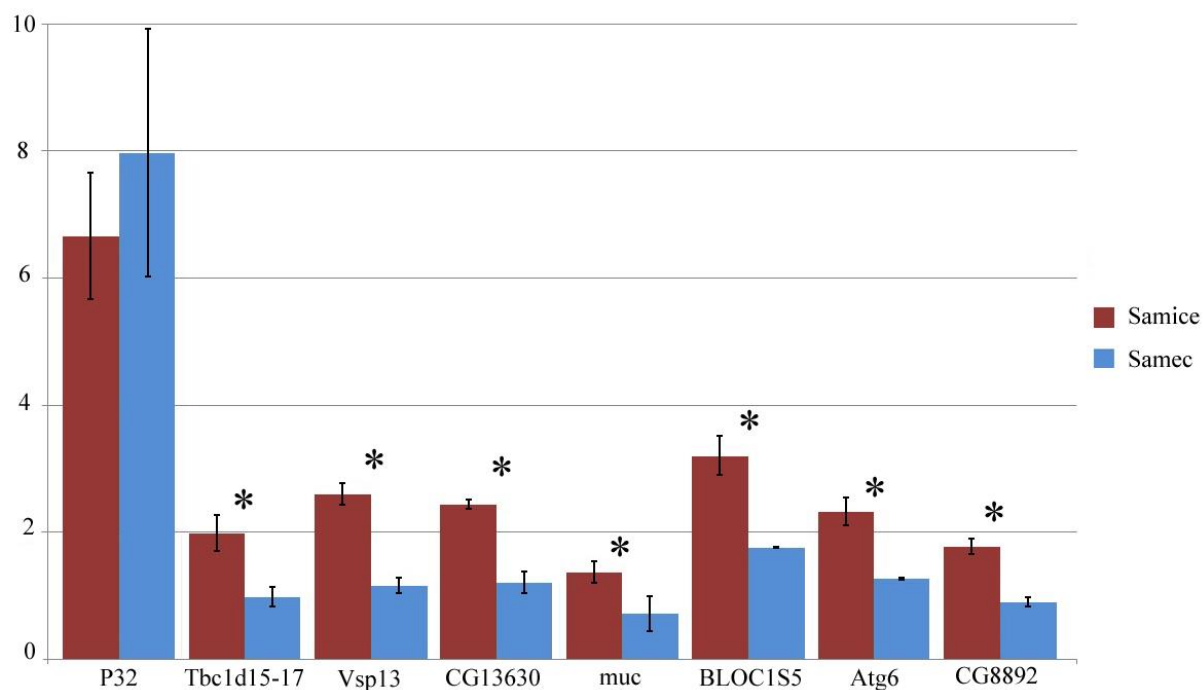
Pro každý analyzovaný gen byly navrženy specifické primery tak, aby jejich výsledný produkt měl velikost ± 120 bp (viz **Tab. 1**). Před samotnou analýzou byla ověřena funkčnost primerů pomocí standardní PCR reakce se samčí DNA jako templátem. Z 26 párů primerů se ukázalo 18 jako funkčních a použitelných pro qPCR analýzu. Primery pro geny *how*, *Sgt*, *CG11448*, *Chl-exl-1*, *CG9413*, *CG1440*, *CG5989* a *CG10343* buď vůbec nefungovaly, nebo tvořily nespecifické produkty.

Výsledky qPCR analýzy takto identifikovaly 16 pohlavně vázaných genů (viz **Tab.3 a Obr. 5**). Jmenovitě to jsou geny *l(2)10685*, *CG6650*, *Tbc1d15-17*, *CG4025*, *Vps13*, *CG1764*, *CG13630*, *red*, *SP2353*, *nost*, *tzn*, *muc*, *BLOC1S5*, *Atg6*, *CG8892*, *adp*. Zbylé dva geny byly určeny jako autozomální, konkrétně jsou to geny *P32* a *vri*.

Tab. 3: Výsledky qPCR analýzy u *Grammostola rosea*

Gen	Sex	Vz I	Vz II	Vz III	průměr	SEM	E _{gen}	E _{ref}	t-test	
									A	X
l(2)10685	♀	0,79	0,54	0,47	0,60	0,10				
	♂	0,29	0,30	0,33	0,31	0,01	1,06	1,04	0,04	0,91
CG6650	♀	0,18	0,12	0,12	0,14	0,002				
	♂	0,06	0,06	0,08	0,07	0,004	1,11	0,95	0,02	0,73
P32	♀	8,24	5,56	6,19	6,66	0,81				
	♂	5,97	8,10	9,83	7,97	1,12	0,91	0,95	0,40	0,02
Tbc1d15-17	♀	2,32	1,76	1,89	1,99	0,17				
	♂	0,99	0,83	1,14	0,99	0,09	0,94	1,00	0,01	0,94
CG4025	♀	0,05	0,08	0,07	0,07	0,01				
	♂	0,03	0,05	0,04	0,04	0,003	1,01	0,81	0,03	0,25
Vps13	♀	2,80	2,51	2,50	2,60	0,10				
	♂	1,03	1,20	1,27	1,17	0,07	0,83	0,91	<0,01	0,19
CG1764	♀	0,89	0,68	0,83	0,80	0,06				
	♂	0,33	0,43	0,47	0,41	0,04	0,95	0,92	0,01	0,86
vri	♀	0,25	0,18	0,20	0,21	0,02				
	♂	0,13	0,15	0,16	0,15	0,01	1,19	1,04	0,06	0,03
CG13630	♀	2,51	2,43	2,38	2,44	0,04				
	♂	1,16	1,41	1,07	1,21	0,10	0,91	0,98	<0,01	0,95
red	♀	0,13	0,15	0,13	0,14	0,01				
	♂	0,06	0,03	0,06	0,05	0,01	1,16	0,93	<0,01	0,23
SP2353	♀	0,36	0,39	0,30	0,35	0,03				
	♂	0,21	0,18	0,21	0,20	0,01	0,95	0,89	0,01	0,23
nost	♀	0,99	0,96	0,96	0,97	0,01				
	♂	0,51	0,50	0,48	0,50	0,01	0,89	0,89	<0,01	0,41
tzn	♀	0,81	0,69	0,73	0,74	0,04				
	♂	0,35	0,39	0,41	0,38	0,02	1,02	1,01	<0,01	0,70
muc	♀	1,36	1,22	1,56	1,38	0,10				
	♂	1,02	0,51	0,64	0,72	0,15	0,96	1,01	0,02	0,85
BLOC1S5	♀	3,55	2,93	3,15	3,21	0,18				
	♂	1,75	1,77	1,77	1,76	0,01	0,89	1,00	<0,01	0,15
Atg6	♀	2,57	2,15	2,27	2,33	0,12				
	♂	1,27	1,27	1,28	1,27	0,002	0,91	1,00	<0,01	0,15
CG8892	♀	1,89	1,79	1,66	1,78	0,07				
	♂	0,87	0,88	1,002	0,92	0,04	0,93	0,98	<0,01	0,61
adp	♀	0,65	0,81	0,60	0,69	0,06				
	♂	0,59	0,30	0,3	0,39	0,10	1,03	0,98	0,04	0,59

♀ = samice, ♂ = samec; Vz I-III = průměrná hodnota (n=3) tři nezávislých opakování (I-III); průměr = průměrný počet kopií; SEM = směrodatná odchylka výběrových průměrů; E_{gen} = účinnost primerů analyzovaného genu; E_{ref} = účinnost primerů referenčního genu; A = výsledek t-testu pro H₀ = průměrné hodnoty se mezi pohlavími neliší; X = výsledek t-testu pro H₀ = hodnoty se mezi pohlavími liší dvounásobně.



Obr.5: Kvantitativní porovnání relativního počtu kopií zkoumaných genů *G.rosea* u samice (červeně) a samce (modře). Normalizováno dle referenčního autozomálního genu *Armadillo*. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku vypočítanou ze tří nezávislých vzorků (viz **Tab.3**). Geny, které mají u samce průkazně odlišný počet kopií daného genu, jsou pravděpodobně pohlavně vázané a v grafu jsou označeny hvězdičkou (*). Pouze geny *P32* a *vri* leží na autozomech.

4.1.2 *Parasteatoda tepidariorum*

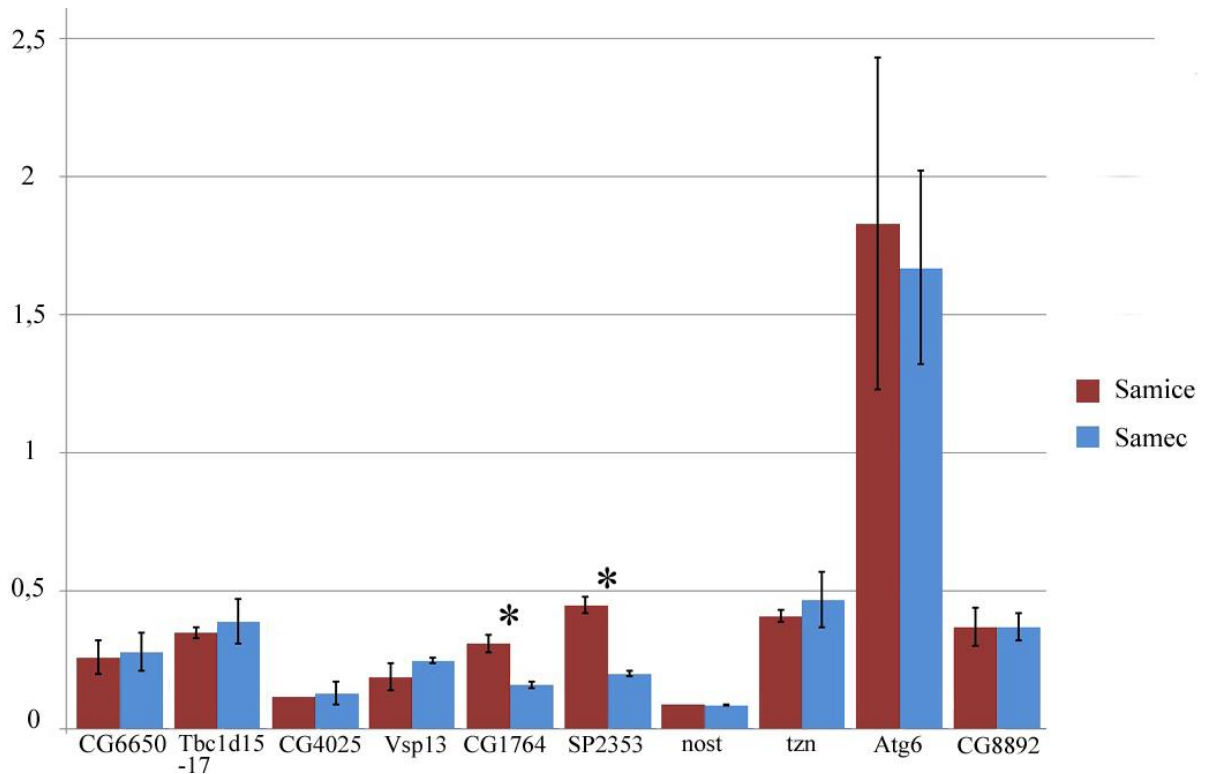
K 16 genům, které byly u *G.rosea* určené jako pohlavně vázané, byly identifikovány jejich ortology u snovačky *Parasteatoda tepidariorum*. K těmto orthologním genům byly navrženy specifické primery o výsledné délce produktu ± 120 bp (viz **Tab.2**). Jejich funkčnost byla testována pomocí standardní PCR reakce se samčí DNA jako templátem. Navržené primery fungovaly u 10 genů z 16 a ty byly následně použity pro qPCR analýzu.

Analýza proběhla za stejných podmínek jako předchozí experimenty u pavouka *G. rosea*. Takto byly určeny 2 geny vázané na pohlaví, konkrétně geny *CG1764* a *SP2353*. Zbytek genů byl určen jako autozomální (viz **Tab. 4 a Obr.6**).

Tab. 4: Výsledky qPCR analýzy u *Parasteatoda tepidariorum*

Gen	Sex	Vz I	Vz II	Vz III	průměr	SEM	E gen	E ref	t-test	
									A	X
CG6650	♀	0,30	0,28	0,19	0,26	0,04				
	♂	0,35	0,29	0,21	0,18	0,04	1,00	0,85	0,65	0,02
Tbc1d15-17	♀	0,34	0,36	0,37	0,35	0,01				
	♂	0,43	0,45	0,30	0,39	0,05	0,99	0,78	0,46	0,01
CG4025	♀	0,13	0,12	0,12	0,12	0,003				
	♂	0,17	0,14	0,09	0,13	0,03	1,09	1,01	0,46	<0,01
Vps13	♀	0,22	0,14	0,22	0,19	0,03				
	♂	0,25	0,24	0,26	0,25	0,01	1,09	0,85	0,1218	<0,01
CG1764	♀	0,31	0,34	0,29	0,31	0,02				
	♂	0,15	0,16	0,16	0,16	0,004	0,89	0,70	<0,01	0,92
SP2353	♀	0,49	0,42	0,43	0,45	0,02				
	♂	0,18	0,20	0,21	0,20	0,01	0,94	0,75	<0,01	0,12
nost	♀	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00				
	♂	0,08	0,09	0,09	0,09	0,00	0,99	0,77	0,30	<0,01
tzn	♀	0,40	0,41	0,43	0,41	0,01				
	♂	0,39	0,57	0,45	0,47	0,05	0,98	0,77	0,38	0,01
Atg6	♀	1,17	2,34	1,97	1,83	0,35				
	♂	1,45	2,07	1,50	1,67	0,20	0,93	0,79	0,72	0,04
CG8892	♀	0,29	0,42	0,38	0,37	0,04				
	♂	0,31	0,42	0,38	0,37	0,03	0,97	0,75	0,95	0,01

♀ = samice, ♂ = samec; Vz I-III = průměrná hodnota (n=3) tří nezávislých opakování (I-III); průměr = průměrný počet kopií; SEM = směrodatná odchylka výběrových průměrů; E_{gen} = účinnost primerů analyzovaného genu; E_{ref} = účinnost primerů referenčního genu; A = výsledek t-testu pro H₀ = průměrné hodnoty se mezi pohlavími neliší; X = výsledek t-testu pro H₀ = hodnoty se mezi pohlavími liší dvounásobně.



Obr. 6: Kvantitativní porovnání relativního počtu kopií zkoumaných genů *P.tepidariorumu* samice (červeně) a samce (modře). Normalizováno dle referenčního autozomálního genu *Armadillo*. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku vypočítanou ze tří nezávislých vzorků (viz **Tab. 4**). Geny, které mají u samce průkazně odlišný počet kopií daného genu, jsou pravděpodobně pohlavně vázané a v grafu jsou označeny hvězdičkou (*). Pouze geny *CG1764* a *SP2353* jsou pohlavně vázané. Ostatní geny leží na autozomech.

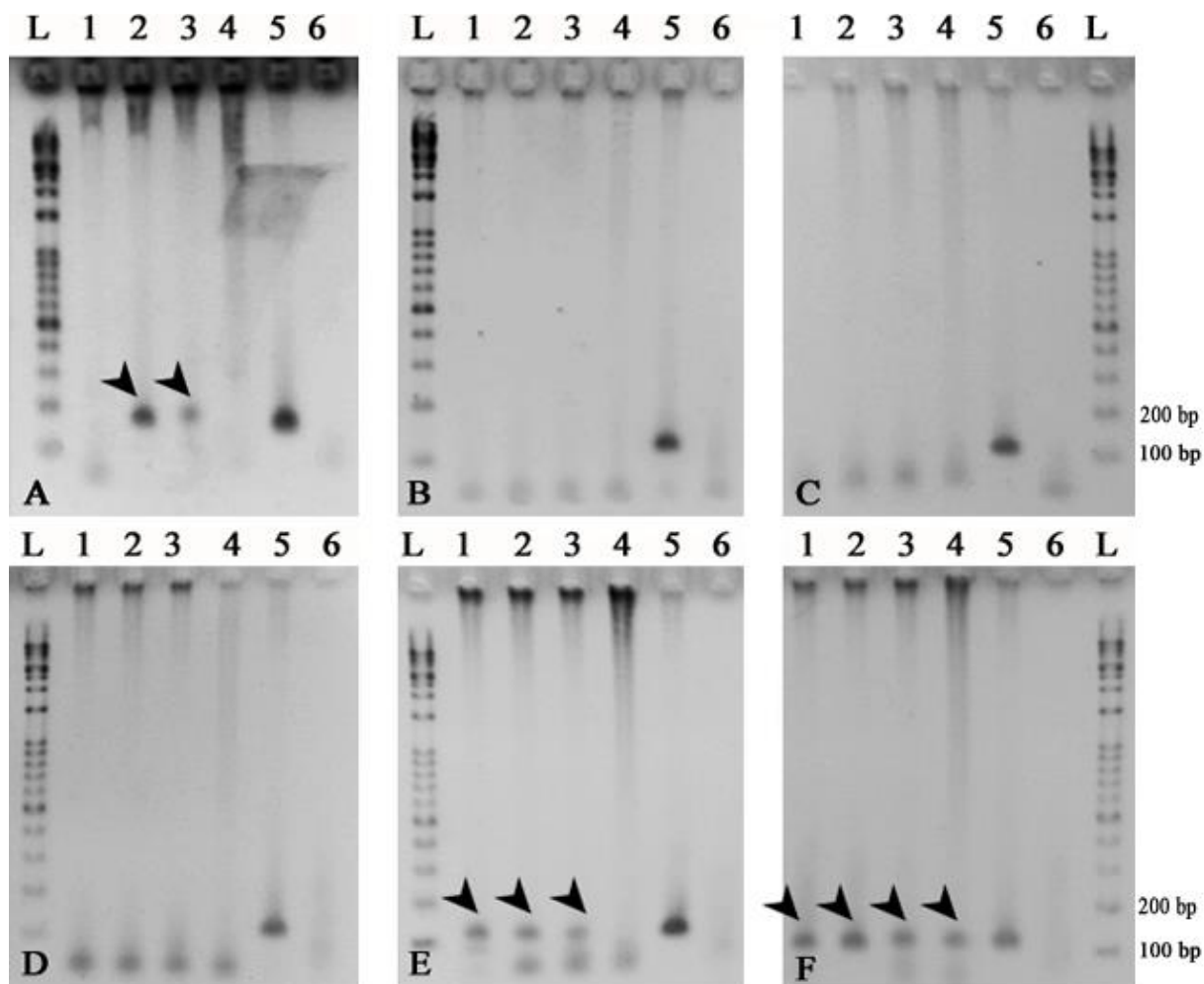
4.2 Mapování chromozomů metodou PCR

Tato metoda byla zvolena, jelikož poměrně jednoduchým způsobem umožňuje zjistit, na kterém chromozomu leží analyzovaný gen. Protokol byl adaptován z práce Pokorná et al. (2011; viz **3.3**). Byla provedena PCR reakce, kdy byl jako templát použit amplifikovaný vzorek chromozomu X_1 nebo X_2 .

Pro samotný experiment bylo vybráno 6 genů, které byly pomocí předešlého qPCR testování určené u *G. rosea* jako pohlavně vázané. Konkrétně šlo o geny *l(2)10685*, *CG6650*, *CG4025*, *CG1764*, *Tbc1d15-17*, *Vsp13*. Jednotlivá mapování proběhla na třech různých vzorcích X_1 chromozomu a na jednom vzorku X_2 , které byly k dispozici a nebyly příliš fragmentované, tj. fragmenty templátové DNA nebyly kratší než očekávaná délka PCR produktů.

Výsledky pak byly odečítané pomocí elektroforézy na 2% agarózovém gelu, aby byly krátké fragmenty lépe rozlišitelné (viz **Obr.7**). Gen *l(2)10685* by se dle dostupných dat měl nacházet na X_1 chromozomu. Takový byl výsledek u dvou ze tří vzorků chromozomu X_1 .

K X_1 zřejmě náleží také gen *Tbc1d15-17*, který vyšel pozitivně ve všech třech vzorcích. Gen *Vsp13* by měl dle výsledků ležet na obou chromozomech, tzn. X_1 i X_2 . Geny *CG6650*, *CG4025* a *CG1764* dle výsledků neleží ani na jednom z X chromozomů.



Obr.7: Výsledky mapování genů metodou PCR

A - *l(2)10685*; **B** - *CG6650*; **C** - *CG4025*; **D** - *CG1764*; **E** - *Tbc1d15-17*; **F** - *Vsp13*

L = ladder(PCR BIO LadderI, UK); **1-3** = X_1 ; **4** = X_2 ; **5** = pozitivní kontrola; **6** = negativní kontrola

5 Diskuze

Cílem této práce bylo ověření vazby vybraných kandidátních genů na pohlaví u zástupce mygalomorfních pavouků, sklípkana *Grammostola rosea*. Pro realizaci tohoto cíle byla použita metoda kvantitativní PCR (viz **3.2**), pomocí které byl zjišťován relativní počet kopií potenciálně pohlavně vázaných genů oproti referenčnímu autozomálnímu genu u samců a samic. Geny testované tímto způsobem byly vytipovány z transkriptomových dat pomocí čipové komparativní genomové hybridizace (P. Nguyen, nepublikované výsledky, viz **Obr. 4**). Bylo vybráno 26 genů a na 18 z nich se podařilo navrhnout specifické primery (viz **Tab. 1**). Těchto 18 genů bylo následně použito pro testování vazby na pohlaví pomocí qPCR. Z 18 analyzovaných genů byly dva geny, jmenovitě *P32* a *vri*, autozomální, zatímco 16 genů bylo potvrzeno jako pohlavně vázaných (viz **Tab.3** a **Obr.5**). Konkrétně jsou to geny *l(2)10685*, *CG6650*, *Tbc1d15-17*, *CG4025*, *Vps13*, *CG1764*, *CG13630*, *red*, *SP2353*, *nost*, *tzn*, *muc*, *BLOC1S5*, *Atg6*, *CG8892* a *adp*. Těchto 16 genů představuje doposud jediné pohlavně vázané markery objevené u pavouků.

Identifikované pohlavně vázané geny *G. rosea* mohou v budoucnu sloužit jako markery pro studium původu a evoluce pohlavních chromozomů pavouků. Podobné srovnávací studie syntenie pohlavně vázaných genů u obratlovců včetně člověka umožnili identifikovat homologické oblasti pohlavních chromosomů (Yang et al. 1999; Nanda et al., 2008; Graves 2016) Předpokladem pro tyto studie bylo, že pohlavní chromozomy obratlovců mají na rozdíl od autozomů konzervovaný genový obsah napříč vývojovými liniemi (Ferguson-Smith, 1967). X chromozom savců se vyvinul ze stejného páru ancestrálních chromozomů a jeho obsah je tedy mezi touto třídou obratlovců konzervovaný. Stejně tak je tomu u ptáků, jejichž Z chromozom se vyvinul z jiného páru ancestrálních chromozomů než savčí X. Jako takový je ale v rámci třídy ptáků obdobně konzervovaný (Ohno, 1967 - citováno v Graves & Watson, 1991). Samozřejmě existují i výjimky, například vačnatci a ptakořitní se liší od ostatních savců pohlavní vázaností některých genů (Spencer et al., 1991). Mezi vývojově mladšími placentálními savci však lze najít rozdíly velmi malé a pouze v rámci jednotlivých genů (např.: Palmer et al., 1995). S markery pro pohlavní chromozomy *G.rosea* bude možné provést komparativní mapování i mezi pavouky (viz. níže).

Dalším cílem této práce bylo použít pohlavně vázané geny *G.rosea* pro mapování genů na pohlavních chromozomech pomocí PCR (viz **3.3**). K tomu bylo vybráno šest z šestnácti pohlavně vázaných genů určených pomocí qPCR. Tato metoda měla ověřit, zda jsou tyto pohlavně vázané geny skutečně na jednom ze dvou X chromozomů *G. rosea* a

případně na kterém. Byly použity stejné specifické primery pro daný gen a jako templát DNA amplifikovaná ze vzorků chromozomů X_1 a X_2 *G. rosea* získaných laserovou mikrodisekcí. Výsledky naznačují, že geny *l(2)10685* a *Tbc1d15-17* leží na chromozomu X_1 , zatímco gen *Vsp13* byl detekován na obou X chromozomech, tj. X_1 a X_2 (viz **Obr. 7**). Výsledek tohoto genu by pak podporoval hypotézu, že pohlavní chromozomy u pavouků vznikly nondisjunkcí (Král et al., 2013). U genů *CG6650*, *CG4025* a *CG1764* vyšel negativní výsledek u obou pohlavních chromozomů. Pokud je výsledek těchto genů skutečně negativní pro oba chromozomy, mohou tyto geny ležet na nediferencovaných párech pohlavních chromozomů označovaných jako SCP. Dle publikace Král et al. (2011) má *G. Rosea* dva páry SCP (viz **1.2.2.1**). Tyto tři geny by tedy mohli ležet na nich. Pro ověření této hypotézy bude zapotřebí provést jejich fyzické mapování na chromozomálních preparátech pomocí fluorescenční in situ hybridizace s tyramidovou amplifikací signálu, která umožňuje mapování jednotlivých genů (Šťacková, 2018). Výsledky PCR mapování genů je však třeba brát s rezervou. U tohoto mapování je důležité vzít v úvahu kvalitu použité templátové DNA, která byla u některých vzorků X chromozomů značně fragmentovaná. Také nebylo k dispozici dostatek vzorků X_2 chromozomu. Experiment by v ideálním případě měl obsahovat víc různých vzorků od jednotlivých chromozomů, aby se předešlo falešně negativním výsledkům způsobeným špatnou kvalitou vzorku nebo nerovnoměrnou amplifikací.

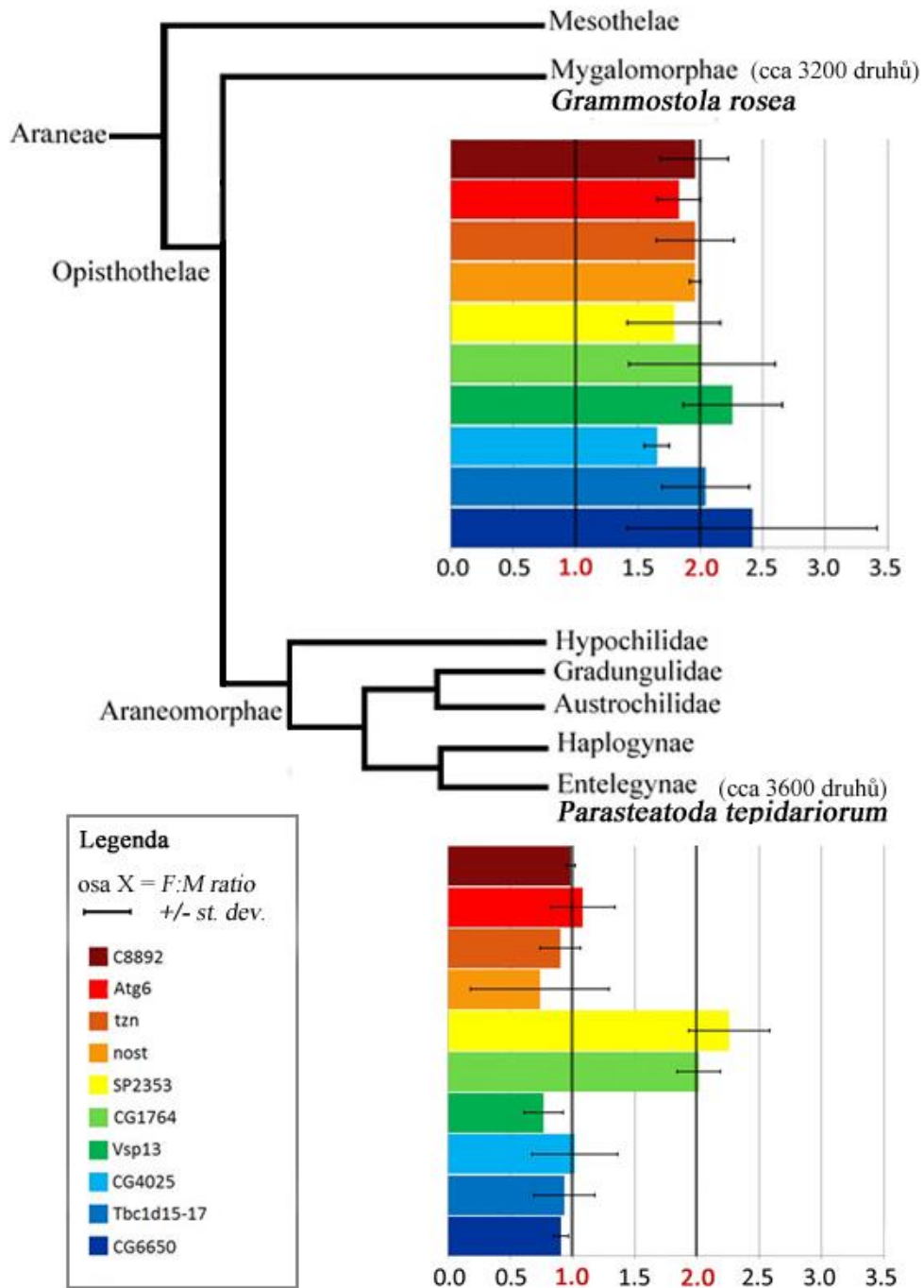
Třetím z cílů práce bylo srovnání se zástupcem entelegynní linie araneomorfních pavouků (viz **3.2**). Pro šestnáct genů, které byly u *G. rosea* identifikované jako pohlavně vázané, byly nalezeny orthology u *Parastedatody tepidariorum*. Z těchto genů se pro deset podařilo navrhnout specifické primery (viz **Tab.2**) a byly dále analyzovány pomocí qPCR. Cílem bylo zjistit, zda tyto dvě linie pavouků rozdělené v evoluci pře cca. 350 milionů lety (Fernández et al., 2018) sdílí pohlavně vázané geny, tj. zda sdílí systém pohlavních chromozomů dle hypotézy Krále et al. (2013). Z těchto deseti genů se ukázaly jen dva jako pohlavně vázané, konkrétně geny *CG1764* a *SP2353*, zatímco zbylých osm genů bylo určeno jako autozomálních (viz **Tab.4** a **Obr.6**).

Srovnání pohlavně vázaných genů *G. rosea* s *P. tepidariorum* ukazuje na značné rozdíly v genovém obsahu pohlavních chromozomů (viz **Obr.8**). Pouze 2 z 10 analyzovaných genů byly u *Parasteatody* pohlavně vázané. To by mohlo poukazovat na to, že konstituce pohlavních chromozomů X_1X_20 není společná všem pavoukům, jak se doposud myslelo (Král et al., 2006). Mygalomorfní a araneomorfní pavouci zjevně sdílí evolučně konzervovaný syntenní blok pohlavně vázaných genů. Dle výsledků z poměrně malého testovaného vzorku však tyto geny představují jen pětinu pohlavně vázaných genů *G. rosea*.

Konstituce X_1X_20 se nachází u všech vývojových linií řádu Araneae a byla tak považována za ancestrální konstituci pohlavních chromozomů u pavouků. Hypotézy vysvětlují její vznik buď rozpadem jednoho metacentrického pohlavního chromozomu na dva akrocentrické (Bole-Gowda, 1950) nebo nondisjunkcí prapůvodních nediferencovaných SCP a následnou diferenciací takto vniklých kopií (Král et al., 2013). Pokud ale uvážíme výsledky této práce, je možné, že se tato konstituce vyvinula během evoluce řádu pavouků několikrát nezávisle na sobě.

Napříč pavouky je mezi evolučně vzdálenými skupinami evolučně konzervovaná jen malá část, která tak patrně představuje ancestrální pohlavní chromosomy. Za předpokladu, že pohlavní chromosomy vznikají nondisjunkcí původních SCP, může být u *G. rosea* tímto původním syntenním blokem jeden z jejích dvou SCP. I zde je však třeba opatrnost, protože SCP byly identifikovány pouze na základě svého chování během meiotického dělení (Král et al., 2013). Pro jejich roli v determinaci pohlaví však nejsou žádné přímé důkazy. Je tak možné, že jsou SCP pozůstatkem reverze původních pohlavních chromozomů na autozomy následující vznik nového systému pohlavních chromozomů (tzv. „sex chromosome turnover“). Obdobný případ byl pozorován u octomilky *Drosophila melanogaster*, kdy nejmenší pár autozomů představuje u vyšších dvoukřídlech (Diptera) původní pár pohlavních chromozomů, který u společného předka octomilek reverteroval zpět do podoby autozomů. Při tom si ale zachoval některé znaky pohlavních chromozomů (Vicoso & Bachtrog, 2013).

Pohlavní chromosomy tedy nejsou v rámci řádu Araneae konzervované tak, jak je tomu například u savců či ptáků. Důvodem může být zřejmě to, že jejich vývoj a diferenciaci probíhali u pavouků mnohem delší dobu než u obratlovců. K oddělení Mygalomorfních a Araneomorfních pavouků došlo cca před 350 miliony lety (Fernández et al., 2018), kdežto ptáci a savci se vyvíjejí samostatně cca 150 milionů let. A i přesto, že měli na evoluci pohlavních chromozomů zhruba o polovinu méně času, vyvinulo se u nich několik odlišných způsobů určení pohlaví (Graves; 2016)



Obr.8: Porovnání výsledků qPCR a fylogenetické vztahy (dle Wheeler et al., 2016) mezi zkoumanými druhy. Na ose x jsou vyznačeny hodnoty poměru průměrných hodnot mezi samičí a samcem. Hodnota 1.0 představuje autozomální geny, kdežto hodnota 2.0 pohlavně vázané geny.

6 Souhrn

V rámci této práce byly hledány pohlavně vázané geny u zástupců dvou velkých pavoučích vývojových linií, *Grammostola rosea* (Mygalomorphae) a *Parasteatoda tepidariorum* (Araneomorphae), které sdílí konstituci pohlavních chromozomů X_1X_20 považovanou u pavouků za ancestrální.

U *G. rosea* bylo pomocí kvantitativní PCR identifikováno 16 pohlavně vázaných genů, jmenovitě *l(2)10685*, *CG6650*, *Tbc1d15-17*, *CG4025*, *Vps13*, *CG1764*, *CG13630*, *red*, *SP2353*, *nost*, *tzn*, *muc*, *BLOC1S5*, *Atg6*, *CG8892* a *adp*. Šest z těchto genů bylo následně použito pro PCR gene mapping, kdy byly jako templát reakce použity jednotlivé X chromozomy (tj. X_1 a X_2) získané laserovou mikrodisekcí. Tímto způsobem byly dva geny (*l(2)10685* a *Tbc1d15-17*) přiřazeny k chromozomu X_1 . Jeden gen vyšel pozitivně na obou X chromozomech (*Vsp13*), což je výsledek, který podporuje jednu z hypotéz vzniku mnohočetných X chromozomů nondisjunkcí. Geny *CG6650*, *CG4025* a *CG1764* vyšly negativně pro oba dva chromozomy a mohou tak představovat potenciální markery pro nediferencované páry pohlavních chromozomů, tzv. SCP. V rámci této práce byla pomocí kvantitativní PCR studována také vazba na pohlaví deseti genů *P. tepidariorum* orthologních pohlavně vázaným genům *G. rosea*. Z deseti genů byly pouze dva geny potvrzeny jako pohlavně vázané.

Získané výsledky představují první detailní porovnání pohlavních chromozomů mezi zástupci dvou pavoučích skupin, které se oddělily před cca. 350 miliony lety. Dle výsledků sdílí tyto dva druhy evolučně konzervovaný syntenní blok genů, který tvoří 20% pohlavně vázaných genů *G. rosea*. Pohlavní chromozomy nejsou tedy napříč pavouky konzervované tak, jako je tomu u některých jiných vývojově mladších skupin živočichů, jako jsou ptáci či savci. Konstituce pohlavních chromozomů X_1X_20 se tedy pravděpodobně u pavouků vyvinula během evoluce nezávisle hned několikrát. Díky pohlavně vázaným markerům získaných v rámci této práce pro *G. rosea* a *P. tepidariorum* bude v budoucnu možné provádět komparativní mapování pohlavních chromozomů napříč řádem pavouků a zkoumat evoluci jejich pohlavních chromozomů podrobněji.

7 Literatura

- Araujo D & Schneider MC & Paula-Neto, E & Cella, DM (2017): The spider cytogenetic database; dostupná na: www.arthropodacytogenetics.bio.br/spiderdatabase
- Aranujo D. et al. (2010): The first cytogenetic characterization of the poisonous black widow spider *Latrodectus gr. curacaviensis* from Brazil, with chromosomal review of the family Theridiidae (Arachnida, Araneae). *Micron* 41: 165–168
- Ayling LJ, Griffin DK (2002): The evolution of sex chromosomes. *Cytogenet. Genome Res.* 99:125-140.
- Bergero R & Charlesworth D (2009): The evolution of restricted recombination in sex chromosomes. *Trends Ecol. Evol.* 24:94-102.
- Baker RH & Wilkinson GS (2010): Comparative genomic hybridization (CGH) reveals a neo-X chromosome and biased gene movement in stalk-eyed flies (Genus *Teleopsis*). *PLoS Genet.* 6: e1001121.
- Berns CM & Adams DC (2012): Becoming different but staying alike: patterns of sexual size and shape dimorphism in bills of hummingbirds, *Evol. Biol.* 40: 246–260.
- Bole-Gowda BN (1950): The chromosome study in the spermatogenesis of two lynx-spiders (Oxyopidae). *Proc. Zool. Soc. Bengal*, 3, 95-107.
- Bond JE, Hendrixson BE, Hamilton, CA & Hedin M (2012): A reconsideration of the classification of the spider infraorder Mygalomorphae (Arachnida: Araneae) based on free nuclear genes and morphology. *PLoS One* 7: e38753.
- Bull JJ (1983): Evolution of sex determining mechanisms. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
- Canals M, Salazar MJ, Durán C, Figueroa D & Veloso C (2007): Respiratory refinements in the mygalomorph spider *Grammostolarosea Walckenaer 1837* (Araneae, Theraphosidae). *J. Arachnol.* 35:481–486.
- Carvalho AB (2002): Origin and evolution of the *Drosophila* Y chromosome. *Curr. Opin. Genet. Dev.* 12: 664–668.
- Charlesworth D (2018): The guppy sex chromosome system and the sexually antagonistic polymorphism hypothesis for Y chromosome recombination suppression. *Genes* 9: 264.
- Charlesworth D, Charlesworth B & Marais G (2005): Steps in the evolution of heteromorphic sex chromosomes. *Heredity (Edinb)* 95: 118.

- Charlesworth B & Charlesworth D (2000): The degeneration of Y chromosome. *Phil. Trans. Biol. Sci.* 355: 1563-1572.
- Charlesworth B & Charlesworth D (1978): Model for evolution of dioecy and gynodioecy. *Am. Nat.* 112: 975-997.
- Chen SH (1999). Cytological studies on six species of spiders from Taiwan (Araneae: Theridiidae, Psecridae, Uloboridae, Oxyopidae, and Ctenidae). *Zool. Stud.* 38: 423–434.
- Coddington J & Levi H (1991): Systematics and evolution of spiders (Araneae). *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 22: 565-592.
- Coddington JA (2005): Phylogeny and classification of spiders. *Spiders of North America: an identification manual.* AAS 377:18-24.
- Dalíková M et al. (2017): New insights into the evolution of the W chromosome in Lepidoptera, *J. Hered.* 108: 709–719.
- Dean R & Mank, JE (2014): The role of sex chromosomes in sexual dimorphism: discordance between molecular and phenotypic data. *J. Evol. Biol.* 27: 1443–1453.
- Diaz MO, Maynard R & Brum-Zorrilla N (2010): Diffuse centromere and chromosome polymorphism in haplogyne spiders of the families Dysderidae and Segestriidae. *Cytogenet Genome Res.* 128: 131-138.
- Eggert C (2004): Sex determination: the amphibian models. *Reprod. Nutr. Dev.* 44:539-549.
- Endler JA (1980) Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*, *Evolution*, 34: 76–91.
- Ferguson-Smith MA (1965): Karyotype-phenotype correlations in gonadal dysgenesis and their bearing on the pathogenesis of malformations. *J. Med. Genet.* 2: 142–155.
- Fernández et al. (2018): Phylogenomics, diversification dynamics, and comparative transcriptomics across the spider tree of life, *Current. Biol.*, 28: 1489-1497.e5.
- Graves JAM (2016): Did sex chromosome turnover promote divergence of the major mammal groups? *Bioessays*, 38: 734–743.
- Graves JAM, Watson JM (1991): Mammalian sex chromosomes: Evolution of organization and function, *Chromosoma*, 101:63-68.
- Isbister GK, & Gray MR (2003): Effects of envenoming by comb-footed spiders of the genera *Steatoda* and *Achaearanea* (family Theridiidae: Araneae) in Australia. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*, 41: 809-819.

- Isbister GK (2002): Failure of intramuscular antivenom in redback spider envenomation. *Emerg. Med.*, 14:436–439.
- Kohn M, Kehrer-Sawatzki H, Vogel W, Graves JAM, Hameister H (2004): Wide genome comparisons reveal the origins of the human X chromosome, *Trends Genet.*, 20:598-603.
- Kořínková, T. & Král J (2013): Karyotypes, sex chromosomes, and meiotic division in spiders. *Spider ecophysiology*, 159-171, Springer Berlin Heidelberg.
- Král J, Kořínková T, Krkavcová L, Musilová J, Forman M, Herrera IMA & Hedin M (2013): Evolution of karyotype, sex chromosomes, and meiosis in mygalomorph spiders (Araneae:Mygalomorphae). *Biol J Linnean Soc.*, 109: 377- 408.
- Král J, Kořínková T, Forman M, Krkavcová L (2011): Insights into the meiotic behavior and evolution of multiple sex chromosome systems in spiders. *Cytogenet. Genome Res.*, 133: 43-66.
- Král J (2007): Evolution of multiple sex chromosomes in the spider genus *Malthonica* (Araneae:Agelenidae) indicates unique structure of the spider sex chromosome systems. *Chromosome Res.*, 15: 863-879.
- Král J, Musilová J, Šťáhlavský F, Řezáč M, Akan Z, Edwards RL, Coyle FA, Almerje CR. (2006): Evolution of the karyotype and sex chromosome systems in basal clades of araneomorph spiders (Araneae: Araneomorphae). *Chromosome Res.*, 14: 859–880.
- Kůrka A, Řezáč M, Macek R & Dolanský J (2015): *Pavouci České republiky*. Academia.
- Künstner A, Hoffmann M, Fraser BA, Kottler VA, Sharma E, Weigel D, Dreyer C (2017): The genome of the Trinidadian guppy, *Poecilia reticulata*, and variation in the Guanapo population. *PLoS One*, 11: e0169087.
- Lande R (1987): Genetic correlations between the sexes in the evolution of sexual dimorphism and mating preferences. In: *Sexual Selection: Testing the Alternatives* (J.W. Bradbury & M. Andersson, eds), pp. 83–94. Dahlem Konferenzen, Wiley Press, Chichester, UK.
- Levi HW (1962): The spider genera *Steatoda* and *Enoplognatha* in America (Araneae, Theridiidae). *Psyche*; 69:11–36.
- Lindholm A, Breden F (2002): Sex chromosomes and sexual selection in Poeciliid fishes. *Am. Nat.*, 160: 214–224.
- Maretic Z (1978): Venoms of theridiidae, genus *Steatoda*. In: Bettini S, ed. *Arthropod Venoms*. Berlin: Springer-Verlag, 213–216.

- Ming R, Moore PH (2007): Genomics of sex chromosomes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 10:123-130.
- Montes de Oca L, D'Elía G & Pérez-Miles F (2016): An integrative approach for species delimitation in the spider genus *Grammostola* (Theraphosidae, Mygalomorphae). *Zool Scripta* 45: 322-333.
- Murphy WJ, Sun S, Chen ZQ, Pecon-Slattery J, O'Brien SJ (1999): Extensive conservation of sex chromosome organization between cat and human revealed by parallel radiation hybrid mapping. *Genome Res.*, 9:1223-1230.
- Nanda I, Schlegelmilch K, Haaf T, Schartl M, Schmid M (2008): Synteny conservation of the Z chromosome in 14 avian species (11 families) supports a role for Z dosage in avian sex determination. *Cytogenet. Genome Res.*, 122:150–156.
- Nguyen P, Sýkorová M, Šichová J, Kůta V, Dalíková M, Čapková Frydrychová R, Neven LG, Sahara K, Marec F (2013): Neo-sex chromosomes and adaptive potential in tortricid pests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110:6931-6936.
- Nokkala S, Grozeva S, Kuznetsova V, Maryanska-Nadachowska A (2003): The origin of the achiasmatic XY sex chromosome system in *Cacopsylla peregrina* (Psylloidea, Homoptera). *Genetica*, 119: 327–332.
- Ohno S (1967): Sex chromosomes and sex linked genes. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Palmer S, Perry J, Ashworth A (1995): A contravention of Ohno's law in mice. *Nat Genet* 10: 472–476.
- Pansonato-Alves JC, Serrano ÉA, Utsunomia R, Camacho JPM, Costa Silva GJd, et al. (2014): Single Origin of Sex Chromosomes and Multiple Origins of B Chromosomes in Fish Genus *Characidium*. *PLoS One*, 9: e107169.
- Pigozzi M, Solari A (1997): Extreme axial equalization and wide distribution of recombination nodules in the primitive ZW pair of *Rhea americana* (Aves, Ratitae). *Chromosome Res.*, 5: 421-428.
- Pokorna M et al. (2011): Strong conservation of the bird Z chromosome in reptilian genomes is revealed by comparative painting despite 275 million years divergence. *Chromosoma*, 120: 455-468.
- Postiglioni A & Brum-Zorrilla N (1981): Karyological studies on Uruguayan spiders II. Sex chromosomes in spiders of the genus *Lycosa* (Araneae-Lycosidae). *Genetica*, 56: 47-53.

- Rice WR (1996): Evolution of the Y sex chromosome in animals. *Bioscience* 46: 331-343.
- Rice WR (1984): Sex chromosomes and the evolution of sexual dimorphism. *Evolution* 38: 735–742.
- Rowell DM (1991): Chromosomal fusion and meiotic behaviour in *Delena cancerides* (Araneae:Sparassidae). I. Chromosome pairing and X-chromosome segregation. *Genome*, 34: 561-566.
- Řezáč M, Král J, Musilová J, Pekár S (2006): Unusual karyotype diversity in the European spiders of the genus *Atypus* (Araneae: Atypidae). *Hereditas* 143: 123 – 129.
- Schartl M (2004): Sex chromosome evolution in non-mammalian vertebrates. *Curr Opin Genet Dev* 14: 634-641.
- Schmid M, et al. (1991): *Sex-Determining Mechanisms and Sex Chromosomes in Amphibian* (Academic Press, San Diego).
- Schwager EE, Sharma PP, Clarke T, Leite DJ, Wierschin T, Pechmann M, et al. (2017): The house spider genome reveals an ancient whole-genome duplication during arachnid evolution. *BMC Biol.*, 15: 62.
- Spencer JA, Sinclair AH, Watson JM, Graves JA (1991): Genes on the short arm of the human X chromosome are not shared with the marsupial X. *Genomics* 11: 339–345.
- Štacková M (2018)
- Suzuki S (1954): Cytological studies in spiders. III. Studies on the chromosomes of fifty-sevenspecies of spiders belonging to seventeen families, with general considerations on chromosomalevolution. *J. Sci. Hiroshima Univ. B*, 15: 23-136.
- Valente et al. (2014): "Origin and evolution of B chromosomes in the cichlid fish *Astatotilapia latifasciata* based on integrated genomic analyses". *Mol Biol Evol.* 31: 2061–2072.
- Wheeler WC et al. (2016): The spider tree of life: phylogeny of Araneae based on target gene analyses from an extensive taxon sampling. *Cladistics*, 33: 574-616.
- Wilder SM, Rypstra AL (2008): Sexual size dimorphism mediates the occurrence of state-dependent sexual cannibalism in a wolf spider, *Anim Behav*, 76: 447–454.
- Wilson B (1907): The supernumerary chromosomes of Hemiptera, *Science*, 26: 870-71.
- Winge O (1927): The location of eighteen genes in *Lebistes reticulatus*. *J. Genet.*, 18: 201–217.
- World Spider Catalog (2018). World Spider Catalog. Version 19.5. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>

- Yang F et al. (1999): A complete comparative chromosome map for the dog, red fox, and human and its integration with canine genetic maps, *Genomics*, 62: 189-202.
- Yoshida K, Terai Y, Mizoiri S, Aibara M, Nishihara H, Watanabe M, Okad N (2011): B chromosomes have a functional effect on female sex determination in lake victoria cichlid fishes. *Plos Genetics*, 7: e1002203.
- Zahavi A (1975): Mate selection-a selection for a handicap. *J Theor Biol.* 53: 205–214.

8. Přílohy

Tab. P1 Přehled použitých genů

Název genu	Zkratka
Lethal (2) 10685	l(2)10685
CG6650	CG6650
TBC1 domain family member 15/17	Tbc1d15-17
CG4025	CG4025
Vacuolar protein sorting 13	Vsp13
CG1764	CG1764
CG11448	CG11448
vriIle	vri
P32	P32
Chloride intracellular channel exl-1 <i>NCBI- automatická predikce</i>	Chlo-exl-1
CG9413	CG9413
Autophagy-related 6	Atg6
Biogenesis of lysosome-related organelles complex 1 subunit 5 <i>NCBI- automatická predikce</i>	BLOC1S5
CG1440	CG1440
midline uncoordinated	muc
held out wings	how
tenzing norgay	tzn
CG5989	CG5989
red Malpighian tubules	red
CG13630	CG13630
nostrin	nost
SP2353	SP2353
CG10343	CG10343
small glutamine-rich tetratricopeptide containing protein	Sgt
CG8892	CG8892
adipose	adp

Jména genů byla převzata orthologů dle databáze *Drosophila melanogaster* Flybase (FB2018_05, released Oct 16, 2018).

8.2 Sekvence použitých genů *Grammostola rosea*

>Lethal (2) 10685 (1(2)10685)

GTGTGGTTGAAGTTAAGCGATCTGTGTGAAATGATGAGACTCTTAAGCAAGCGATGCTATGGGTTATTTATGCGTCAAAAAAT
CGTTTTGATTAAACTGTCTGAAAGAAACGCTGGAAAAGTAAAAGTAAAACGTAGTTCTATAGACTTTGCTTTAAATGAGTTG
ATCGTGCATATGGTACAGAATTCAAAAACTGGCCATCAATAAGATTAGGTCTACTGTCTCCTCATAGTTACTGTGCTGGTT
AATTCATTTGCTGACTATGATCAGGTATCAGATACTTCTGGACTGGGAGCTTTTGATATAGGTGTTGCATATCGTGA AAAA
CTGTTGAAAATCAATCATTTAAAGTTAAATGGACACATGTAATAATTCGAGCAGTGTATCTGAAGCTAGTTTTCATTCAGTTGA
TAGAATAAATTTTGATCATGCTGATGGTTCAAAAAGTGATAAACTTGCAAGGTGTGGAGCCTGATCACTTGATCCAAGCAAAG
GAGGAAGCCCATGAAGACATACTGGAAGAACTGATATACATGGATTTTCTTCTGGACTAAGTGAAGATGATTATGTTCCAGC
CCACAAAATTTAAGTATCGTATGCAGACCTTGAACCAGAAGAATTTTAAAGGTTTATAATACAGGTACTGACTTCACAGTG
AAACTCATCGATGAAGAACCCTTTCATTTCCAGAACACTGGAAAATTTTCTTTTCCCAAGAGGCAGGTTTACAGAGTTTCC
AGCACCAGGTGTGATCCATCTGGGGTCTCAATTACTACTTGATGGATGGGGCATCAATTTTACCACCATTTGCCTTAAATAT
ACAAACAGGAGAGGAAGTTGGAGACATGTGTGCCTCACCTGGTGGAAAATCATTAGCAATTTTATTTGGTCTGCAATTTGGG
AAATACTTTGTAATGATGCTAGTTATTTCCGCTGTCTCAAAACTCAAGACTGACTCAAACTTATTTGCAAGTGTAAATGAC
TGGAACAAAGATTTTGATCAAGGTTGGATGTCGGCTCCTGGATCAACTTGAAGAGTTTGATAAGATATTACTTACATGTTG
ACCATGTACAAATGACAGACTGTCTGTTACCAAAGAGGCTAATAATTTTTTAAACAGTCAAGGTTTCAAGTGAACGCATGAGA
ATTCTCAGGTGCAGACTGAGATGCTATGTTGTTCTGAAAGGCATTGAAACCTAATGGATCACTAGTATATCAACTGTTTCC
CTGTCAACATTACAGAATGATGGTGTGTACATATGGCATTTGTTCAAAACTTCAGCATGAATGTTCCATGGAGTTTGTCTGTTAA
TAACCTGAGTCAACCTTTTATCCTCTCAGAGAATTTCTTCTTTAGTGAGTGCATGCAGATATGGCCAGCTTGTAGTTCTTAA
CTTACCTTTAAATATGGTCTATGTACATAAGCAAATAAATAGA

>CG6650

GTAGTAAGCATGGGTAGGCGAAAATAAGAAAAGGAAGGAAAAGAAATAGTGATAAACGAATTTTGTCTTTGAAGTCTCATGAA
AGTCTGTGGATAAAAATGTGGAAAAATCTCTTCTGCATGTTTCTTTCGGTTCTTATTGTTTTCTTAGCTTGTATTACGGTTACC
ATAAGGAAAAGAATTAATGAGGGTGGAGGAAACCTTAAATGGTCTTTTAAAGGCGGAGCAGAAAAGCCTTCGTTAATCCAAA
CACCAGAGTTGCCATAGGATTTGGTGCTTGCCAAGATGTAATAGTTTCAAGATGAGCCAAAGTCTTATTTGATCCAGCACCAGATG
ATCCGAGACTTCTTACGATTGCCCTAAAGGAAGAGTTACTGAGAGTGTGGTGTATTTTACCGTCAAGTGTGCTGCTGCTGCT
GAGCGTTTCAAGAATCCACCTTGTGTTGATGAATTAAGTTGAAATAGCAAAGAAAGGTGCCTACTGCTCAATATGTTATTGG
TGGAAATGCACCTGTATGGCTAGACGTTTTGCAAAGGAAGGGTGTGATGTCCTTCTGGTGCACAGATGTCTGAAGAGCTCC
AGAAGCAATTCCTGTTGATGTCAAAGTTTTCGGACCAACTGTTGACAAAAGACGATGTTCACTTACTGTTGGAGTATCCAGCC
ATGCAGGTTTGGGGAAGTTATGTTCTCTCGTGCAAAACAGGTTTATTGTTTATAGTGACCACAAAAATCCCTTTATCTCTTCA
CTGGAAAATTTTTCATCAGAACTGGAGAATTATAAAGCAAATCTACTTGTGTTGGTGGTCTCAGATGATGGACAATTTCCC
AATGGAATCTAATTTCCGAAAGGAAAAGATTACTTCTGTGTAAGAGTTGTTGACTAAACAACCCCTACTACAAAAATCCATT
TTGAAATGGCTCATTACAGTATGAACAGCTTATGGCAGAATTTATTGAAAATATCATTCTTTTGTGGATTCTGTGGGTATGA
ATGAGCAAGAATCCCTAATTTGTACCATGTGATGAAGTATGGTAAATGTGAGTCTGGTAGCTGAATCTCGCCCAAGAATCTCT
GCTGTTTTGGACCAGATGCGTGTGATGTTTTGAGATTTTACAGTCTGGGAAATGGAAAACCTTGACCACCGAAAATTAACCCGCT
GCACGTCCACACACTTGCCTACCAAGCTATAATGATCGACAACAGGTCATCATGGAAAAATACCATGTCTGCTGCTGCAAAAGT
CAGCATTAACTGCTAATCGTCATACATGTGGATCTGAGAACATCAATGTCTCACATGCTAAACTGATAATGGATGATTTCTTTT
CCACTAGCCAAAATAGAGAGAGTAAACGCATTCCTTTTGTACTAAAAATCCTGTTGCTGTTGGAATGAAGATCATGTTAAA
ATATGATTGCCCCGTCTTGTATGTACCAAGTGCTTACAGACAGGTGGTGGTGGAGACAATGTTTTCATCTGCAGGATTGGTT
TTACAAAT

>TBC1 domain family member 15/17 (Tbc1d15-17)

AATCGAAGTATGGATAAAAACCAAGAGAATGCGCCAGGTGAAGCATGTGTATGAAAGTGTAGAGGTGTGCTGCCTGGCCCTT
ATAAAAAATGAATCTGCATTTAATGAAAAGCTTCTCGTTGTA AAAAGAGTTGAATATAAGTTCTGTTGAGTGGCATCCAACAGGA
GAATTTGACAGCCAGAAGGTAATGTAGTCTGACTCGGAAGCTTTGGATTGGGTAGATGTGACATCAACATCCCCTACAAT
TGGCTACAAAAGTGTGTCAGGAAATGGCTCAGGTGCTGTGGAAATCAGGACTCCCCGTCTTCCAAATCCAATCTCATTTGAGG
TGTCAGATGTGAAGGCATACAGACATCTGAAGTACCTGATAAAAAAAGAATAGTGTACATTCACCTGAAAAGATGGAAC
CATCATCTGCACCTATTTTGAACCAGATAGTTTTCAACATTCATAAACTCTTTGCCAAGTTGGTTCTTTAGGCAATCT
ACAAATGATCTGCTTTGTTGTTGTTGCTGACCCAAAGAGGAGGCTCTCACAAAGTCATTTAGTGAAGTGAAGTCTTTTGG
AGATAACAAGTCTCATATTGTACAAAATTTTTTCAAGACCCATATTCCACAGCTATGGGTGGCTTCTCCAAAGTAAACGAATT
TCCTTCTGGACTACTAGTGTATAGTATGATAATGCATCTTACCACGGTGTCTCAGATGAAGAGGTAGTTGAAGTGTGAT
GAAGTTTTGTCTCACATTGATATTTCCAGCAAGAGGAACATGGTTTTGAAGTTATCGACTGTGTTGAGCTTCCACCTAGACC
TGTTGTGAAAAGATCACATCTGTGAATATTGAAGACTGGCTGTCTCATGTAGACAAAAGAAGGAAGAATACACAGGTTAAAG
GAGCTGAAGCAGAAGATATTTAGAGGTGGCATAATTGATTCACTGCGTCTGAAAGCCTGGAATTTCTGCTTGGATACTACAG
TTTTAGGTATCCGCCAAGAAGCTGAGATGGTTCAGACGGCGTAAAGTTGATGATTACTACACAATGAACTGCAGTGGAGG
TCCATGAGCTGTATCAAGAATCCAGGTTTGTGCTGACTAAGAGACAGGAAAAGTCTTATAGAAAAGGATGTTAGTGAAGT
ACAGGATACATCCCGACTTTGAAGGAGATAACAACAGCAATGTGATGATGATGATGATGATGATGATGATGATGATGATGATGAT
AATTTGATTTAGGTTATGTACAGGGAATGAGTGTGCTGCTCCTATCTTGTAGTGTGATGCAGAATGAAGCAGAGGCATT
CTGGTGTCTTTCTGGTTTTCTTGACAGAGTTGGCTCTAATTTTGAATGGATCAGCAAGGAATGAAAACCTAGCTGATGGATTT
ACATGCTTAATACATTTTGTGGATCCGAAGTTTTGCTGAGCTATTTAGAGAGTGCATGAATCAGGCAACTTGTATTTCTGTTTTG
GTGGTTGCTGATACTATTCAAGCGTATTTTAAAGTTTGTGATGAAGTGTGAGACTTTGGGAGGTGTTGTGGACTGATTTGCCTTG
CAAGAACTTCCATCTGTTAATATGCATTGCCATATTGGATACTGAGAAGACAATAATGGAACAACCTTTGGACTAACTG
AAATTTAAAGCACATCAATGACATGTCGTATAAAATGACCTTGAAGAAAACACTGTGTAAGAGTGCATGATCTATCTTACG
ATAAAATCTTCTGTACTTTCAGATGTTATCCAGGATATACTTGGTCTGCGTTCACATATGATGAGCTTCCAACTTTCAACA
GGACCACAGGATTTGGCTTGCACAAAGGAAGGATAGCATGATGTTACACTCCATTGTTCAACTGACCGGAGGGATG
TCAGCCACACAGTGTGAAGGCAGTATAGAGAACATTGATGAATATGTTGATTTAGAACAACAGTACCAAACATCTCTGGG
AAACTACTTTTTG

>CG4025

ACCTCGGTAATTATTGTGCATATGGTTGGTGCTTTAATGGCATTGGTGTAGTGTACTGTGTATTGCTGGTTACAGACAATAAAG
TCATTCTACGTGTGCCACTTATGAATTCACGTTTTGTAGCAGCAGTGAAGGACTTCTTTATCCTTCATCCTTACATCAGTGTTTA
TCACATCTGTTGTAGTGGTGTCTATAGCCATCGAAATTTCCATGGAAAGGATGCAACAAAATGGAATCCTGATGAGTGGT
TTTACAGCACATGTGATAAAGTACAGCTGCAGAAATCGAATTCATAGTATGACATTTGACTTCTTCTCCTTACATTTGTA
GATGAAAGTGATTGCAATCTCATCCTCAGGTGTTGTTTATCATAGAAGAGAAAGGCTACAAAACAAGAAATTTTCAACA
GTGAAGATAATGTCAGCATCATTACGTCTCAGAACAGTGCAAGA

>Vacuolar protein sorting 13 (Vps13)

AAGCTGGATGTTACCAATATTATATTAGCTCGGGAAGAAGCCAAGAAGGAGATAATCAAAGAACAGCCTAGCAAGGTCAAA
AAGGTTCCACTTGCAAAATCCTATTGGTCAAGCTGGTTTGAGAGTGACATCAGTGAAGGAGATAGTGACTCTCCAGAAGAGA
ATCTGATTGTATAGGAGAGAAAGAAAAAGTTGGTGGGCTCGCATGACGAATGAAGAAAAGGAACGACTGTATGAAGGGA
TTGGATATGAAGTTGACTTCTCAGAAAACAAGTATACCTCCACACTACATTGACACAAAATGAAATTCACGTTAGCCAACTGC
ACCCTATCTCTAATGAACTGTAATCGTGAATTTTGGTGGTTACTGTGACTCACTTCTTCCAGTATAGAAAACCAGACCTGGA
GCCAAAGCTTTCAGTTATCTGCCCGTACAGAAAGTTTTGTTGTTGAAGGCGCATCTGTTGAAAATGATTTGGTACCAATCCTT
ACTGCTGACAACATTACAAGTGGTTCAGTGTTCACATGTTTTCTCCTCGGATTTTGAGAAGAGTCTCTTCATGTGAAAGCA
AAATATGGGAGGCACTAAGTACAGCTGAAGCAATGGAAGCTGAAGAGAGACTGTATGATAGGTTCAATGTTCCCTTTCAGATA
ACTACAAAAGTGTCAATTTGACTATGTAAAGCATGTAGCTGCAGAAAAAATTCAGCTTTTGCAGAGATAGGAAAAGCCAGC
ATAATTGAAGCACTGAGTAAACGCAGACTATCCACCTCAATATTGATCTGAAGTCTCCATATTTGTTATACCTGAGCATGG
ATCATTTGCAGCAAGGTGGAAGTGTATTGTTCTTGACATGGGTAGATTAACAGTGAACACTGATCTTCAGGCAGATCCTTCTC
TACATATGGGAGGCACTAAGATGGAAGCTGAAGAGAGACTGTATGATAGGTTCAATGTTCCCTTTCAGATAATCCAGGTTCTA
TTTTCTGATTACAGGTGATGAGTGGAGGGCTGCAAAAACAAGTACCTGAATCAGATATTCATCTAGTCCCTAAGACAAGAATTCA
AGTAGTTTTCTCAACAGTGTGAAGCCTGACTACAGGATCTTACCAAGGCAGAAAAGTGAATGTCTCGGTGCCAGCATTAAAA
CTTAATCTCTGACCGCCGAGTATCAATGGTAATGGAGTTTATGCAAAAATTCCTTTGCCAGAATCACCAAAGGCTTTTTCT
CCTCCTCATGATACCGTAGATACTGTTATGCCATCAGTGTGAGTGAAGATTTGTGTAAGCATAACAATCTTGAACCATC
AGTAGAAGAAGTGAATGCTTAAAGGAGATTACTGAACTGCAACAAGTGGATGGAAGGAAAGATACTGTCTCAACAGATTC
ATCTGCACCAGGACAAGTACTAGCGGATACTACTGCTCAGACCCTCTGATGATGAATCTGAAGAATGGGCAAGGTTGTA
GACCTTCTGGTTTTGATGACAATGTTCTCCAAGTAATTCATTAATGTACTGCTTAGGTTTATCATTGGCGAGATAGCTATC
CATTTATCTCGGTCCAGTGACCATGCTGATAAGCCTTACTGTATGCTCAGGCGAGAGAAGTTGTGATTGATGATGACCCCTT
GGAATATGGCCAGCCTTGCAAGCAAGTCTCAATCGTATACAAGTGTGATAAACTTCACACAGGCTCCTCTGGTGAATATC
TGGAAGTTGTGAGTTCAACAGGAAAACTGATATGATTACTATTCTCTATAGGAAGTACAAGCTAACTGCCCTGACTTTAAA
AGTCATTTTCATCAAGTGAACATTTCATTGGTCTTAGACTTGGCGACTGTTAAGATTTCTTTTCATCGAGAAGCTTTCATGACA
CTGGGAAGATTTTTCAGTATGTTGCAGCAAAAATTAAGCCTGGGTTTTCTGGTATGAAGTTTGAACACTTGATTTCCCTACCA
AATCCAGGAACTTGAATTTTTCAGGACTCAAATGATATACCACTTATACCACAGGTTGCCACGAAGTTCAGTATTTCCGGTAGG
GAATGCTGTAACAATGTGCCTTTGTGATACAGATTTAGATCTAGCTGATCTTAAAGTGGCAGGCTTAGAATGTGATTATGTCT
TGAAAGCCAATGAAAAGTCTGTGTGGCGCTTATCTCACAGAACTAAGCATAGAAGATCTTATGGAACAAACACTGTATTC
AAAGGTTCTTTCTACAGAAGATGACAGTGTATTTGATATAAAGTTTGTGAAAAACAGCCCTCATCATCAAAAAGAAATAGAT
GGTAATCAGGATCTCTGCCTATGAAAGTGGATGGTAGTATCAGAGTGGCAGTTTGGACGAATGATAAATGTTTGGTACAGAG
TTTATGAATGAATTGCAAAAGTTTTGGGAGCCATTTTGCATCCTGAAACTACGGCAAGTGTAAAGAAAATCAACTGAAGGA
AAATTGCAGCAGCAGGTATTTGACTTACAAAAGAATGGTCTCAGATTTACAGCTCTCAATAGACATCCATGCCCCACTTCT
CCTGCCACAAAAACCAACTTCCCCAATGCATTAATAATTAGTTTGGGTGATCTCAGTGTGGAAAACTTCTTCAAGAAAGTTC
AAGCACAAGGAAATACTAAACATTATGTTGACAACATCTAGTTAGGCTAAATCCCTTCAGGTATCAAGAGCAGTAATTTTG
ATTGATAGCAAAAATGGAATACGTGAACCGATATTAGAGCCATAAAGCTGAGACTTGATATCAAAAAGGGCGCTTTCACCAT
ACCATAAGGAAATCCTTCTTTATGAGATAAGTGAAGCATGGATATTAAAAAATTAATATTGGGCAAGGGATCTGAGTAC
CATAATTGCCATTTATCAAGATAATTATCCCAATGAAAATATTTGACTCAAGAAAAACAAGTTACATCTCCAATGTCTCCTA
TTAATTCTGCTACACCAACAACAGAAGACTCGATGAAAAAAGTGGAAAGTTTTCTGTATACATCTGCTGATATTTATAAAGAA
ACTAGTTTTGCCTTATAATGGAGGGA

>CG1764

GCTCGTCCGTACACTCATGCGATTGTGTGTCGATTCCAAACAGTTTTAAGACAAGTGCAGCTGAGTTAAGTGGAGAAATAGA
TCTGTTAGAAGCAAGAAGGCAACATGAAGAATACTGTAAGGTGTTAAGAAGTGTGGGACTAGACGTTATCGAACTGCCACCT
GATGATGCCCTACCGGACGGAGTATTTGTGGGGGATACAGCTGTTATTTGTAATGGAACAGCGCTCATTGTGCGACCTGGTAA
CCCTTCTCGTCAGAAAGAGGTAGATATTGTACGAACCATTTAAAAAAGGAGTTGGAACACTTATTGTGGATATTGCTGATT
CACAAGCTATTGTTGATGGT

>CG11448

GCAGACGTTCACTTGATGTTGGAGATGTGTACGATTTAGCTTCCGAGATTGGAAAGGAATTTGAAAAAGTCATCGATATTCA
TGGTGTGGACATTGTAAGAGAAGTATGACTAAAGTTATAGTGACACTGGAATACTTAGAATCGTGCAGTGTGTTATTGATA
ATCTTCAAGATGAGTTATACGATACAAAATCCCGTGTACAATATCTGGAATGTGAAAAAGTTGAGAAGGGCGGAGTTAAAAA
TAAATTTGACCAGGAGTGAAGTATTGAGGAAAATTTGGAGGAAGAAATGATCATCTAAATGCCCTTGTAGTTAGCTG
CAGGAAGAAAATAAACGGCTCAGCAGTTGCTTAGCTGACACAGAAAGGCGTTACAGAGCCAGTGTAAAGCATTTGTTATGTG
ATGAGGATCTAGAAAATTTACAGAAGTTAAAGGAAGTAGCAGAAAGACATAGGGGGCAACTGCTTAGTAAAGACAAAAGAAA
TTCTGCAGAAAATCAAATGATCTGGAAGAGCTGCAAAAATGAAACTGAACGACTGACCAAGATGAATAAAGAAATGTCACACAG
AAATAAACATCTACAAAACAGATTCATGCATTAATAGAAGAAAATCTGACTTGAAGCTCATATACAAAATCAGCAAAGG
GAGCTGGAAGTGTGAAAAAGCAACTGAGAGGAGCTCTAAAAGAGAAATGATGATCTGACTACAGCTAAGAAATGAACAGCAT
CTGGATTTGAAAGGAAAACTTATCATTGATGTTGATGATCCAAACAGGCCAAGATTTACTTTGGATGAGCTTAGGAATATTCT
TTTTGAGAGGAATGATCTCAAAGCAAGATCAGTGTATTAGAAGATGAACTGAGTATGTATAGGCCAAAATCGAGTTCCAG
GTCCAAAGTCCAATAGGAGCTTCTCCTGTATCTTGAAGATGATGAGACTTCTGTGCAAGGTTCTTAAACAGAGAACCTGA
AGATAAATTTTCCAGACAAAAGAGTTATGGTATTCGAAGATTTTTCTGTTTTCTGAGGAGATTTCTCTGTGGATAGTCTGT
ACCCTCGTGCCATTTTCAGCTTCCCGTCTGTCAACTGGCCAAAAT

>vrille (vri)

TTAATCACTCTGCGTGGAATAAACTCGGAAGAACAGACGGGGACCATTACAAAGGTCATAAAATTGGCCTACTCTTCTTGAT
TTCAAGTGAAGCATAGCAGAATACCGGAACATGCTAGAACAGGTTACACGCATCAGGTCATCCAATGACATTGGAATGATG
ATAACAGCCGATGAGCCTGTTGCAAAACAGCCGAGACTGCATGCAGAAGGCTCACTTTCACCCACTGTGATCAGCAGATCAG
CTACATATTTCCCTTGTTCGGCGAATCCGGTCAATGAAGGAATGACTCCAAATCCATTACTGGTAGTACTTCGGTTGTTTGGAA
CCACTCCAGTTGGCTCTCCTTTGGAAAGTTCCCGTCGATTTGACTGCGCTCAAGACCAAAAGACATTTTCCCTACGCGCAAGCAA
AGAGAGTTCATCCCGATTCAAAGAAAAGACGAAAGTTACTGGGATAGGAGACGACGTAACAATGAAGCTGCAAAGCGCTCA
AGAGAGAAGAGACGCCTAAATGATATGGTTCTAGAGACCCGCATGATGGAGTTGACCAAAAGAAAATGCTTTGTTGCGTGCTG
AGTCTGTCGCTTTGAGAGAGAAGTTTTCTCTGCCCCCTCAGCCCCCTCGTTAATCCTGAGCAAGTTACTGTGCATTTAAGTTGCC
CCCCATAGATGTTTCGTAATCGAAGGAATAAACTTCTCACTTCACTGATGCCTACAGTTCCTCTGTAGTTACCATGCCTGCTT
TAGTAAGCTCTGAGTCGACAACACCTGCTTTGAGTACTTCTTCCACTATGGCTACCACCTCGCCATTGCACAATAGTGCAATCT
CATCTGCACATCCAGACCATCATGTGATTCCACCACACATCCAAGTACCCAGTCTGTAGTTGCTGTCCATTGGGGGCATGAA
GAATTTAAAGAGAATGCTATAATTAAGAGTGTCCCATACAGCAGCCAATAACCCATCCAATACATCATCCAGTGATTCAAC
AGCATGTCTGTTGTTCCGTTGATTTGTAATACTGTTGAACAGGTTCCGTCAGAAGCTCCTGTCATGATGCTGCGGT
GTATCAACATGCTCTGTCAGGCGATGAACTGCGCAGGTTAATGCCACCATCACTATTGTTTACCTCATAAAATTGCG
TCATAAGACCTGTTGGGAGACAAAGATCCATATACCCAGCTTCTTACTCGGATAGTGGTCCGAGTAGTGTCTGTAAGATA
CATCTTCTGATGGAGACAGCAGCAGTGGACATGGTAAGGAAAAGCCCCCTTACAGTCCGAGCAGACTTGGAGGAGACACAAGT
ACGTAAGACCGCAAGGATAAGCAGGAGATCGCCACAAAGCTACACCAGTGTGCGACTGCAAGCTGAAAACTTACAAC
GCGATCAGAGCTGAAGAAGCTACAGCTGAAACATATGATGACTCATTCAAATAACAGAAGTAGCTCTTTACTCTGGTACTTT
GAGGAGACTACATACTCAGTTTCTGCTGATATCATGGATGGTTATCTGTATGACCTGCTTATGAATTTCTGGAGGAACGAGG
AGTATCCAATGACTTTGCTGATAAAATGGTTGAATTTCTGTACCTCATATGAACACAAACTGTACATTGGCCTCTTAAAAAGCT
TGAAGAAATTTGTTGAAAAG

>P32

TGTCGGCAGAGAGGGAAAATGTTGATTTCTGCTGCAAAGAATTTGTAACCTTTCTAGATTTTGGCAAGTGGAAGACATT
GCTGTCTGGCCGTAATGGGGCTTGTTTAGTATCTGCTCCCGACAATTTACTAGGACAATTTACTAGATCCTTGTTTTCTTGAC
AAGGAGCCGGTAGACTCCTGATGCAATCAGTTCTTTGCTGTACGATCCTCATGGTCAAATACGTGTATGTTGGGTGCA
ACGTTTACTATAAAAGGGGATAAGGAATAGTGGCTTTTCTTGTGATGAAGAAAATTTCCAATGAAAAAGAGGCACAGAGGTCTGG
CGATCTGCCAACATAAAGGTTTGAAGCTCATTGAATGGATCTGAAGTTACTTTCACCAAGAAAATTAATGATGAAGTAA
TCACATAAAAGGCAAAATGTTAATCATTCCGTTGATGCAGAGCCTACAGTTTCTGATCCAAGTGTGCAAAAGAACAAACACCT
GAAGAGATGATCCAAGCCAGAATTTACTGTTGAAATTTGAAAAGCAGTGAAGAAAGTGTCTTTGAGTGCAGTACTGCA
ATTCTGAACCTGAAGAAGCTACAGCTGAAACATATGATGACTCATTCAAATAACAGAAGTAGCTCTTTACTCTGGTACTTT
GAGGAGACTACATACTCAGTTTCTGCTGATATCATGGATGGTTATCTGTATGACCTGCTTATGAATTTCTGGAGGAACGAGG
AGTATCCAATGACTTTGCTGATAAAATGGTTGAATTTCTGTACCTCATATGAACACAAACTGTACATTGGCCTCTTAAAAAGCT
TGAAGAAATTTGTTGAAAAG

>Chloride intracellular channel exl-1 (Chlo-exl-1)

(NCBI - automatická predikce)

AGAAAGCTGGGTCAGGCGTGTCCAGCGGTTAGACACGGGATACAGCTTTAGATAATGTTGACGAGATGATCCAGTATTT
AGATGAGAAGTTTCCAAGCCCCATATTGATGTACAGCAATGTGGAAGCTGAAAAAACATGTAAGACGTTTTCCAGAAGTTC
TGTTTCTACATTAAGGAAGTGTCTAAGGATTCTACCCAATTACAGGCTGAACTTTCTAGGATCGATGACTACCTGGCGAAGCAG
CGGTTTCAAATTTCTTTCGCGAGACCATATGACGCATCTGGATTGTGAGCTGTTG

>CG9413

GGAAGCTTTTCGTTTGTGATGCCTTTATCTGTGATTCTAAGTACCTTTGGAGCTGGTAACGGTCTTGTCTTTACGGGGGGTAGA
CTGTGCTATGTTGCGGCACGTGAAGGACACTTGTGGATATCCTTTCATATCTTCATATTCACAGACTTACGCCATGC

>Autophagy-related 6 (Atg6)

CTTTTGTCTCTGTAGAGTATCATTTAAACTTCTCAAGGACAAAATAAAGGCAGTTATTAAGGAATTTGCAGCAGATTTGG
AGCTCGCACCTCCATTTAAAACTAAAGCATTGAAGTTAACAAAAGTTTTTGGATTGACATACACAGTGGACATAGCATCTC
CCATGGCTCCCCAGAGAAGTTTTACAGGATCGTGACAAGACAGTGAATGTGAACCTCGTATGCCAGAGGTGTTGCCAGCCT
TTGAAGCTACACCCATCTTTTGTGATGATTTGATGAGCAAACTTTGTTAGATCTTACAGCACCACTTTTCCCAAATGTTGATGAT
AATGGCCATAGTTTTGTACAAGCATTCCAAAAAACATTGATTGTAATGATATTTCCAGGAAAATTAATATTACCTGTTAGACT
TACAGAAAACCCCAATGGATTTATGGTAGTTGGAGAAGATTTAACTGGATCTACAGACAGCAACCACCATAGTAATACTTTAC
AGGTATCAAGTTTCAATTTGACTTGTATGTCTGATCAGTCTGATATTGACCACCCACTTTGTGAAGAATGCACTGACAGCTTGC
TTGATCAAATGGATCAGCAATTTGAAAAGTGGCTGAAGTGAATGTAAGAAATATCGTGAATTTCTGGAACACCTTGAGGAAAA
GGAAGAGGAGGAAAATCTTGAACACTTGAAGTGAATTTGAGGAACTCAGAGGAAAGGAGGAACAATGAAGTCTGCTCT
TTTTGAGATTGAAGAAAAGGAAAAGGTGGTAAAGGAAGTTTTAAGAGGATGTGAAGAAGAGCAAGAAAAGACTCCAAAGAGA
GGAAGACAGGTAAGTGAAGAATACAGTTATTTAAAAAAGCAGCTTCTGCAATGTGAAGATGATCAACATAGTGTGACAAAT
CAACTCCGATATGCTCAGCTCAGTTGGATAAGCTTAAAAAAGCAGCTTCTGCAATGTGAAGATGATCAACATAGTGTGACAAAT
ACATTTTGGTACTATAAACAATTTCCGCCTTTGGCAGGCTACCCAGTGTCTCTGTCGACTGGCCAGAGATCAATGCAGCATGGG
GTCAGACAGTTCTTCTTTTACATTCCTTAGCTAAAAAATGGATCTTACGTTTGGAGATATCGTTTGGTGCCTTATGGAATC
ATTCATACTTAGAATCATTGGATGACAAATCAAAAAGAACTACCCTTTATTTTTCTGGTGGATTCAAATTTTTATGGGATACAA
AATTTGATCAGGCAATGGTTGATTTCTTAGATTGCTTCAACAATCAAGGAGAAAGTGAAGAATGGTATTCTCTCATTTCTG
TTACCATATAAAATGGATAAAGGAAGAATTTGAAGATACAAGAAGTGGAAACACATATTCCATTAAGATTCAAGTTCAATTTCTG
AAGAACAATGACTAAAGCTCTTAAGTTTATGCTTACCAATTTGAAGTGGGGACTAGCATGGGTGCTCTCAGTTTAAATAGC
AAC

>Biogenesis of lysosome-related organelles complex 1 subunit 5(BLOC1S5)

TGCGAAATTTGTGTGTTCTGTACTTTATTGTATCCAGATATGGCAGAAATTAACATTCCTGTATCGTGTAGCGAAAGATGTTGGA
GAGATACAAGGTCGCCTCTTTGATCACCGCCATTTGTCCAAGGAGAAATAAAGTTTCTTGTAAAGGAGTTTGAAGAAAAAC
GCAATGATAGAGAAAACACAGCAGTTGTTGAAATCTTGGAAAAATGTGACTGAAATTAAGAGAAACACAGATAGACAAAAGCAG
TAAATTAAGGTGATACCACCTTATGCAATTTGACTGTAACTTGAAGTTGCTTTAAGAAATGTGTAACAATGTTTGGAAAAAG
CAGGACCTCCAAAACAGGAAGCCACTACTTGAACAACGAAGGGAATATCGTAAAAAGGAGTGGTGCACGTTCAATTGAGGAT
ATTAAGAGCAAGATGATTTAGTCAACCAAGCATTCTTCTGAAAAGGAGCAACAGTTGAGGAACTACTATTCAAAAAGTTGAGG
AATCATTGAACATATCCCCAGTTTCTGTGAAAAATAAACATAAG

>CG1440

AGTATATTGATGTCCGTGATGGGAGACTACGATTTGGAAAGTTTAGAACACTCATTGACTCGTATGGAGCTGGATAAGTATGA
AATGGCATTATGGAAGATTCTAAGAACATCCTAGCTATGAATGTTTGTGCTCGTGGTATCCAACCTGAATTGTGTGTTAATC
GTCATGTTACAGACACTACAAATCATGTTTTTACACATAAGGTTGATGCTGAAGCTAAGCCTGTGACAAATCAGAAAAGCTCA
GGCCGGTGTGGATTTTTGCAGCATTGAATGTTTTGCGTATACCATTATCAAAGAGCACCAACTGGAAGAATTTGAATTCAG
CCAAAATTTTGTGTTCTTTGGGATAAGATTGAAAGATGCCACTACTTCTGTACAACATATTAANAAGTCTTCGTAAGAAAAG
AGCCTATAAAATGGCCCGCTGATTTCTTTTCTTTTGTGATCCAATTTCTGATGGTGGACAGTGGGACATGGTAGTTAATGTCA
TCACGAAGTATGGCGTAGTTCCAAAAGCGATGTTCCAGAAAACATATAGTTGTGAGGCATCATCTAAGCTGAACGGAATATTG
AGAAGTAAGATTCTGTGAATATGTCCTGAACTTAAAGCCATGGTAGATGAAAATGCCACCAATGAAAACTTGAATCCAGGA
TTAAGACTTTCATGGAAGAACTGTACCGGATAATTGGAATATGCTTGGGAATACCACAGGGACTTTCACATGGGAGTATTAT
AACAAAGAACAAGTTTATTGTTCTGTGGGACCTATTACACCTGTAGCGTTTTATGAGGAGTATGTGAAGCCATACTGTTCCAT
TGAGAATAAAGTGTGTTCTTAAATGATCCCGCCGGACAACCCCTATGGTCACACTTATACTGTTGATTGTCTTGGAAAACA
TGTTTGGTGGCCGTA AAAACAATTTATCTCAATGCACCTATTGAGCAGTTGCTAAAAGTTTCTGTAGAATCTCTCAAAAACAAT
GAGCCAGTTTGGTTTGGTTGTGAAGTAGGTAAGGTTTTACGGAAAAGCTGGAATACAAGATCTGCAAGTTCTTGATTCAA
GTTACTCTTGGTGTGAAGTCAATACAAATTAAGTAAAGCGGAACGCCTAATCTATGGGGATTCAATGATGAACCATGCTA
TGTTCTAACTGCTGTTTCTTATTAGATGCACAAGGTACTCCAACAAGTGGCGAGTTGAAAATTCATGGGGTGAAGACAGAGG
AGACAAAGGTTACCTGATTATGACTTCTGAATGGTTCAAAGAATTTGTATTTGAAAGTTGTGGTGGACAAAAGTTAATATCCT
CAGAAGCTCTGCTGGCTCTAGAGAAAAGAACAAAAGTCTACCAGCTTGGGATCCTATGGGTTCTTTAGCG

>midline uncoordinated (muc)

AGTAATTTAAAACTATAAATTCAAAACCTCAATCGTGCACAGACGTGTGCAAGGTATCTTTGCAGACAAACGTCAGGAAATG
TACAGTACCACCAAAGGAAGTACAATGGACCAATTTGTTTCCAAAAGAAATTCGAAGTTTGTAGGACATCTTTCAATGTAAA
CAGTTTTGTTCAAGTTTGCATCACACCACAAAAGTTCCACTCCCTGCCCTTTACCTACAATGGAATGGAACTATTGTATGTA
TGGGAGAAGAAAGAAAGGGGATAAAGTTAAATGAAGGAGACCTACTTGCAGAAAATTGAAACAGATAAAGCCACAATGGGTTTT
GAAACTCCTGAAGAAGGATATCTTCCAAAATTTCTAGTTCTGCTGGCCTAAGGACGTTTCTTGGAAAACCTTCTATGTAT
TATAGTGTCCAATGAAGAAGATATTGCTGCTTTTAAAGACTATAAGGATAGTGGTGATACTGTGACACCAGTTGCTAAGGCCA
CTGCAGTTGCACCTCCACCCCTGCTGAGCAGTTTCATGCTCTACAGTCTCTACCACCTGCAGCATCTCAGTCAATTTTCAG
CATCACCTATTCTACCTTCCCTGCAAAAGGATTTCAAGTAGGATTTTTCATCACCTACCATTAGCCCAATAAAGTTGCTGCTG
AGAAGGGAATTGACTTGGTACTCTGAGAGGTTCTGGCCCTGGTGGACGAATAAGAGCACAAAGATTTAGAAAAGTCCCAGCC
AGTAGGTGCTCCTGCAGTTGCAGTACCATTTCATGCAATGCCTTCATCTGCACAATTTTGGATATTCCATTGTCCAACATTAG
GCAGGTTATAGCAGTCTGCTTTTGAATCCAAGCAACAATACCACATTATTACCTATCTGTTGATGTAATATGGATAGTTT
ATTAAGTTAAGAAATGAGTTAAATGAAATACTTAGCAAGGAGATGAAAAAATTTCTGTGAATGATTTTATAGTCAAGGCT
TCTGCTTTGGCATGTA AAAAAGTCCCAGCAGTAAATTCATCTGGCAAGACACATTCATAAGGCAGTACAGTACTGTTGATGT
CAGCATTGCAGTTAGTACAGACTCAGGACTTATACCCCAATAGTGTTTAGTGCAGACAAGAAGGGTCTTGCAGCAATCAGT
ACA

>held out wings (how)

AGGATACTCTACATGAACGAGATGGGTGAAAGTACTAATAACAATGCTCAGAACACAGCAGACTACTTAGTCAACTTTTTGA
AGGATAAAAAACAGTTAGCTGCTTTCCCAAATGTTTTCTGCACTTGGAAACGGTTGTTAGATGAAGAAATCAACAAAGTTAGA
ATTTCAATTGTTTCAATCAATGGCTGCAAAAAGGAACCGTTGGTGTCTCCAGAAGCTGATGGTCCAATTTATTGCCGATCAGA
AAAAGTTTATGTGCCAGTTAAAGATCCTGATTATAATTTGTTGGAAGGATACTTGGTCCACGTGGTATGACAGCAAAAC
AATTGGAACAAGAAACTGGGTGCAAAATTTATGGTCAGAGGAAGGGGGTCCATGAGAGACAAGAAAAAGGAGGAACAAAAC
AGAGGAAAAGCAAACCTGGGAGCATCTGAATGATGATTTGCATGTTCTAATAACTGTTGAAGATACGGGCAACAGGGCAGCAG
TAAAACCTCAGAGGGCAGTTGAAGAGATTA AAAAGTCTTAATACCTGTGACCGGAAGGTGAAGATGAGCTTAAAGAAAAGC
AGCTGATGGAGCTTGCTATCATTAAATGGCACATACAGGGATAGTAGTGGCAAAAATAATAACATCTACATGTTTCTTACAGAA
CCAGAAGCAGCTAGACTTCTGCTCCTCCAAATGGCTATTTCTAGCCCTTACGGGCAGCTGGGACTCCGTTAGGTGCGCCATT
GATCCTGTGCTCCTGATACCTGTTCCAACACTGTCAGCGCTTCTCAATGGTAGTGTCCACCACCTTAATATCTCCAGCAGA
TGCTGGATTGTTATATGCTACTTATGGTGAATACCAACATTATGTCAGCCCTGGCATCCCTCTTCTAGCAGAATATCCTCATGG
AGATCATGCAGCAGCTGGTGCAGTTAAGCAGAGAAGGAATTTGGGTTTGGAGGAACATCCATACCAGAGGCTGCATCTCTT
ACA

>tenzing norgay (tnz)

GTTATTGAAAAATGAAGGTTGAAGTTATTGAGGCTGTGTCAGATAATTTGATGTATTTAATTAAGTGGTGA AAAATTC AAATAT
CGCAGTAGCTGATAGATCCCGTGGAGCCGTCGAAAATTTTAGCAAAAAGCTAGGCAGCTTGGTGTAGAGAATAACAGCTGTATTG
ACCACCACCACTGAGATCATGCAGGGGGCAACTTGA AATTAATCTGATGAAGCCCCCGCAATACCAGTTTATGAGGGCG
ATGAAAGGATTTGATGGCCTTAGTCAGGTTGTGAAGCAGCAAGATGTTATTGATAAGGGAACCAATAAGAATAAAGTGCCTCCG
TACCCCTTGCCATAACAAGGTCACGTTTGTACTATGTGACTGACGCCGATGGTACTGGTGGGGCAGTTTTTACCAGGTGATA
CTTTGTTTATTGGTGGCTGTGGTAGATTTTTCGAAGGTACTGTCAGCAGCAAAATGGTTCACAGCACTACTTGA AATATTAGCCATCC
CTGCCAGACGATACTCTGGTGTATTGTGGTCATGAATACACCGTCAAAAATATGATGTTGCAAAAACCTGTTGAGCCGAGAA
CGAACAATTTTACAGAAAATTTGATGGCTCAGGAGAAACGACGGAAGAACCAACTTACGGTCCGTCACCACTTGGCCAG
GAAAACTTTATAATCCATTTATGAGAGTTTGTGAAACTTCTGTTTCAGAGCAAAGTTGGGAAAAATAACATTTGTTGAAACAAT
GGATGTTTTGCGTAACATGAAAAATAACTTT

>CG5989

AAGATGTTTTCGGTTTTATACCTGGAGAGCTTCTATCACGAAGGGACATGGAGGCTTTTCGGCAATACAGTAAGAAACCACCTCC
AGGTAGCAGATATGTCAAACCATTATTTGGTATTAGGAGGTTCTTGGTAGAAAAAAGCATAAGTTTCATTTCGAGGCTATGAAA
AAATCCTTGAACAAAATTTCTCAAGCCTTCAGAATATATCAAGTTTTTTCAATTGGTACAAAAGGATTTGTACACTGACATT
AAGGAGTACATCCGAATCTCTGCATCCTTAAGGAATGGGAAGTCTGTTCGTGATCTTCACAGGAAGGAACCTGAAAAAATATT
CTCGACTCCCAAGGATTTGATGAAGGTGGGTCTGTGCTCCTTTAGCTGCATTGCCTTTTGCAAACACTATGTGATTTTGCAGT
GATATACATGTTTCCACGTACGTGCTTACATCTCACTTTTGGAGCTCCAGCAGAGGGTAGAATTTGCTGTAAGAGCTCATC
GGAAAAAACTGTACAGTTACCGTCCAGTATTCCGCCACTTGAAGCCAAAGATTAGCTCTGTTGAGAATGAAGTACTAAGAGA
GAGATGCTTCGATATCCTCATAAGGTAGGCAGTGGTGTACCCACTGTGAAAGAGATACTAGAAGTGAAGCCACTCTTTA
GTGATCAACCTTATGGACTAAACTTCTTGTACAGGAAGCCACTTGGCGTGGTTTGTGTGCGATGCATGGGTTATGACACTTTCTG
TAAAACGTTCTCGGCTATGGACTCATGCAGGTTTTGTGAGAGAAATGGATCTTGAATTGAAAGGGAAGGATTGACTTTATG
AGTATGGAAGAACTCAGACGGGCATGCTTCCTTCTGTGGGCTGAATCCCATAGGCCTCAAAAAAGAAAGAAATGATTGTCTGGT
TGACGCAGTGGGTCTCGGTTGCCTGCAATGTTGACAGTAGGAGCCTGTCTATTGCTGCTGACTGCCCGATTCTGTTGTCATAC
AACTATCCACTAACTGGGTGCTCATTCA

>red Malpighian tubules (red)

GCGGGCTTGGGAGAGCCAGCAGAGAAAAATTAGTTAAGTAGCTCGGCTAAAAAACAGTTAGGTATGGTAGTATGGCTAAAG
AAAGTGGTATAAAACGAGAGAAAGTGATAAAACATAGCGTGCAGGCCGGTGATACGCTGCAAGGTCTAGCTCTGCGTTATGG
TGTTACTATGGAACAGATTAAGAGAGCCAAATAAGTTGTGGACTACAGATAGTTTATTTTTCGACCTACTTTAGACATTCCTG
TGTTTACAGATCTTTGAATGTGTCTTCCATGTCGTCTCCACTTTGGCAGAGGGTGTGTAGCACATTTGAATAAACCATG
AAAATTGTTCCAGTGTAGATTCGAAAAACTGTAAAAACAAATAACCATCTAAGTGCCAGTGTGTGATGAAGTGAATCGTGAAAA
GGAAGAAACTGCTGCCGACTTTTAAATACGTATAGATAGTCATATAGCACAGTCAAAGGACAAAAGTGTAAAAACTTCAAAGG
AAAACACTGCTGTTCTGAAAGTATCTTCAAAGTCAAAGGACAGCTTTCATCAAAGTATCAGTTTCAGCGTAATAGCCTGTT
GGGGTGCATCATTAAGTGATCTCAGTGTGATCCTTCTTGCACCGCAGCCAGTAGTGATGACTCAAGGCCGTAAAAAGTGC
GTTATCATTGAAGAAGCTGGAGAGAGAAACAAGATGAAATATTTGAACTA

>CG13630

AGCATGGCTGATGTAGGTGTTTTAGAAAAGAAAGTGTGAGACCCCAAGTTGTAATAAAGCTGCTAGCTTACGATGCCCAACTT
GCATTAAGTTAGGTATCAGCGGCTCTTCTTCTGTTACAGGACTGCTTTAAAGGAAATTGGAAGGAGCACAGAGTCCCTCCAT
AAAAATAGCAAATCTGATGGATTTACAAAAGAAAAGAATTACTGCCCATGGCCAGATTACAAATTTCTCAGGAAAATTGAGGC
CTTTTCTGTTACTCCAAAAAGAGAAGTTCAGACTTCATCTTCTGTCAGATTATGCAGAACACCCAAAAGGTTATTCTGCTA
GTGAGCAGTCTGTGAAGACATCAACAGTGATTAAGTCTTGTATGATGAGGAGATTGAAGGAGTAAAATTAGCTTCAAAGTT
AGCTAGAGAAGTTTTAGATTGTGCTGCAGCAGCTGTTGGTGTGGTGTCACTACAGATGAAATAGATCGTGTAGTACATGAGG
CAAGCATTGAACGTGACTGTTATCCATCACCATTGAATTATTATAATTTTCCAAATCATGTTGCACCTCAGTAAATGAAGTGA
TTTGCCATGGGATTCCGTGATAAGCGGCCCTTAFAGAAGATGGTGACATTCTTAATATTGATGTCACAGTATATCATCGTGGATTCC
ATGGTGACCTGAATGAAACCCTTTTTGTTGGTAATGTTGATGAGTACAGAAAGAACTAGTCAAGTGAACATATGAGAGTCTT
ATGAAAGCAATTGGCATTCAAGCCTGGTGAGAGGTATCGAGAGATAGGAAATGTGATTGAGAAGTATGTTAATGCACATG
GGTTTTCTGTTGTGAGGAGTTATTGTGGACATGGAATTCACAGGCTCTTTCATACAGCTCCAAGTGTTCCTCATTACTCAAGAA
ACAAAGCTATTGGTGTATGAAGCCTGGCCACTGCTTCACTATTGAACCAATGATTTTCAGAAGGACTTGGAGAGATCAGTTG
TGGCCCGATGATTGGACTGCTGTAACACAAGACGGCAAGAGATCTGCTCAGTTTGAACAAACACTTTTGGTAACTGATAATG
GTTGTGAAATTTTAAACAAAAGAGAGATCATGATGGCCAGCCTTATTTTATGGATAAT

>nostrin (nost)

TTTGCTGTTTTTTCTGGCAAAACAATGTCTTTCCAAGATTCCTTTTGGGGGCCAAATGGCTTTGAAGAGCTGAGAAAAATCAGTT
AAAGAAGGTCAGGACTTTACAAAAGATGTTGCATCTATTTTACATGAAAGGTGTGAATTGGAAATCAGTTATGCCAAGCATCT
TTACAAATGTCTAACAAATATCTAAAGCAACAAAATTTGCTATTGGAACAACCTCAGCATGCATGGCAGGAAGTGGCTGTA
GGAATGGAAAATGAAGCAGAAATTCACAAGCGACTGGCAGGTAGTTAGAGGAAGATGTCATCAAACCCATGAAAAATCTTT
TAGATTTCTCAGCATAAACATAGGAAATGTCTGGAAAGTCTGTAGATAAAGCTGCCAAGATTTTAAATGAGAGGCGAAATGA
AGAAATGAAGACTAAGAACTCAGTTATACCTGTGCTCGAGAAATGAACCGATGCAAGGATGCAAGGACTGGAAGGTT
AGTAAAGGAAAGCTGCTAACTGAGAAGGATATTACATAAGCTGGAAAATAAGCGACGAAAAGCAGAAGAAACTCTTGCTAGG
GCAGATGTTGACTACTACAACAGCTGTATTAAGCAGAAAGATCAAGGCAAGATCAGGATCAGTTGTTTATAGAGCTAGTA
CTGCCTTCCAACAGCTGGAAGAAGAAAGATTAAGTACATGCATGATTTTCTTCAAAAAATATGCTAATCACTTAAGTTTGTCT
GGTCTTCAATTAACCTCAGGTTGTGAAAGGTTAAATGTTGCAATAGCTTCAAGTGTGATGACATCGGATTTACAGTCAATGGT
AGAAATGAAAGGCACTGGACCTAATATCCAGAACAGATTCTGCCAGATTCTATGCTGAGAACATGAGTAATGAAATGAAG
AAGGAGAGACGGAAGAAACACTTGAAGATTCTTACGATTCTAAAGCATGACTTGAAGTGGAAAGGAGAGGAAAGCAG
GGAGTGGAAAATTTAGCGAAGGATTTCCAAGAGACACCTACATTTGGTGTATGCTGAAGCACAACAAGATGTGTTGAAAAAT
TGCAGCATATGCGGGCCTGACATATTTAGAAGCAAGCAGGTACAAATACAGTGTGCAAGTTCAGAGACTGGAAGGATC
GCCTAAACCAACTCATCCTCTTTCTGCACATATGGAATCAAAAAGTAAACAGGGTGTGTTGTCAGACTGTTTTAAAAAGTGCCTC
GATGGGTCAGAAATGGAACGAAGGAACCTGAAAGCAGTGGATCTGCTGGAAGTGTGTTCTGACTTTGAATTGCCTCAGGA
AGGTAATCTTGAAGATGATAATCGTGATCAGGTGTATGCAAATCTTCTACACGCCTAATTCAGTGAAGTCCAGTGCCTCAGT
GCCAAGCCCTATACGGGTATGAAGCAAACTCGGTGTGAATGCTTCTTCAATCCAGGTGATATAATAAGCATACATGAAAA
AACAGAAGATGGTTGGTGGCATGGAGAACTGAATGGGATAACTGGACTATTTCTTCAACTTATGTACAAGAGATA

>SP2353

AATGGAGTCTATTTTACAATGGCTACAAAATGGATGGCAGTGGTGAATTTCAATTCACCTTATTGATGGTTTTGTGGA
ATTTCTGATTTGACCTAGGAAGTGGAGTGGCTGTGATCAGGAGTAAAGAGCCTGTGACCATGGGAGTATGGCACACAGTATTC
ATTTCTCGTACAGGCCGTGATGGCATTTTAGAAGTTGATAATCAGCCCAAAGTTGAAGGCATGTCACCTGGAGCATTTACTCA
GTTATCTCTCCATTAATATGTATCTAGGTGGTGTACATGATTTAAGAGATGTTGCAAGAAAATCCGCTATTACAGAGTCTTT

CACTGGCTGCATACAAAAAGTGCTCCTAAATGGTAAAAACGTTAAGGCTAATTGAAGATGCATTATCAGGAATAAATGTTGCT
AACTGCTTACATCCATGTGTGAAAAAGCCCTGTCAAACCACTGGTCACTGTGAAACAAAAATGGATTATTACTTGTCACTG
TCATTTAGGATATGCTGGAAATAAAGTGTGAAAAAGAAAGTAACAGAGATGATATCTGAGCCAATGTTTACTGGAGCAAGTTAT
CTTCATTATGTTGATGAGAACATAGTAAAAAGGATTTCGAGGTAATAAAATTTGATATCAGATTCAAATTCGGATCATTGGACC
TAGTGGACTTCTGTTATGGGCAGGAAAAAGGAGATGCTACATCTGCAGACTTTTTAGCACTAGGACTTAAAGATGGATTCC
TACACTTTCAGTACAATTTAGGATCTGGAGATGTTCTTATAGTGTATAATAACTAAGATTGATGATGGTAAATGGCATTCA
GTTCAAGTATTAAGAGTTGAACAGGAAGGATCACCTGTTGTAGATGGAGGAATAGCAGTTACTGGATTATCACAGGGCCAA
TGAATCAGCTTAATATCAATAACGGTCTGTACTTAGGTGGCATGGACAACATAGTACTTTAAGCCTCAATAAATATCACTCA
GGTCTTGTGGTGCCTTGCTAATGTGACTCTTCCACTGATTATCATATTCGACTCATCACTCATGCAACCACTGGGATCAAT
ATACAGCCTTGTCTC

>CG10343

ACTTTGATCAGTAGTCATTGTACATTTGGAACCATGACCTGCAAAAGACCTCCAAGAGGAAGAATTAGAAGTCTTACGGGCAA
TTTATGATGGTGTAGGAAATTTAAGGAACCTCAACCCACATCTTTTCAGTACATGGTGGTGTGAATGGGGATCCAAAGTCC
TTTTTGTCTGACATTTCTGGGGTGAGCGGTATCCTGAAAGTGGCTCCATCACTGAGTTTGGATTCTATAATAAACAAATA
ATTCCTGAAGTCAAATGTACCATATTGACAAGATTATTGGAAGAAGCTACGTTACAGCTGGGTACCGCAATGACATATACATT
AGTAGAATATGCCAAAGAAAAGGTTGAAGAATTAAGTGGGTCAGCCTGATAAACCTACCCCTATCGAAAAGTGGACCTCCC
TGTGAAAAATCTTTTCTGATAGCCAATTAAGTGTGCATCCAAGAAGGAAAAGAAACCAAGCTGTCAAAGCAGCAGAAAC
GTAATTTAGCAGATAAACTGGATTGTGCGAGGTGAACGACCAAGAGGCTGGAAGTGGGTTGATGTCGTAATAACATCTAAGTCA
ATGTGGACCGAAAAATAACTTCCAATGATAGCAATGGAATTC

>small glutamine-rich tetratricopeptide containing protein (Sgt)

TCAAGGAGAACTTTCAGAAGTGAGATGTCTGACATCAAAAAGGCTAGTTATATCAATAGTAAAGTTCCTTGTCCAGCAGCTGG
ATGATGGTAATCTTACTCTGATGCCAAAGAAAGTGTGAAGTTGCTGTCCAGTCTTGGAAACGGCAGATGAGGTTGACAGG
CATGATCCTACCAATATTAGTGTGCGCTCCCTTTTAAAGTGCATTTCCGATGGAAGTAAAGAAACAGATGATCAGGTGAAGC
TCCTATAAAAGTATCTGAAGAGAATAAAGCTGAAGCAGAAAACTTAAAAAATGAAGGAAATAATTTAATAAAAGCTGAAAG
ATACCAAGAAGCCATAAATGCTTATACAAGAGCAATAGAGCTGGACAGAAAATAATGCTGTATATTTTGTAAACAGGCTGCT
GCATACAATAAGTTAGGTGATTTAATGCTGCTGTTGAAGACTGCAAAAAAGCTATTTCTATTGATCCCCTGTATAGTAAAGC
ATATGGCAGAAATGGGGTTTGCATATGCCAGTCTGAACAAACACCAAGAAGCAATTCATTGCTATCGAAAAGCAGCGGATATT
GAGCCAGATAATGAAAAGTTACAGAAAATAATTTAAAAATGGCAGAAAGAAAAGTTCAACAAAAGATATCCACACACAGATGAG
AACTCATCTCACAGGGCCCTGGTATTAGCAATCTGTAGATATTGGCAATCTTTTACGCAATCCCACCTTGTAAATATGGCA
ACCCAGTTAATGCAAGATCCATATATGCAGAACTTGATGTGAGGTTTCATGTCTTCTCAGTAAAGTCAGACACCACAGGCTCA
AAATACTGGTCTTGAAGCTTACTTCAGGCGGGTCAGCAGTTGGCAAGTCACATGCACAGTCAAATCCCAGCTTGTAGCTA
CCCTTCGGCAGCAGTTAAGTTCCCAAGAAAATCCGAAAAAAGAAAGAACGCAAGATCAACAGACCCAA

>CG8892

ATTAGAAACATGGCGTCAACATCAGCCTCGAATGCCTCGTCAGAAAAGTGGTCTGATTGACCAGTTTTGTTGTGTAAGTGGAGC
CGATAAAGATAGAGCCAGTAAATGTTAGAAGCCTGTAGTTGGAATTTGAAATGGCCATCAACATGCACGTGGATTCCGAC
TATTATCAAGATCTGAATAGTACCCGTTGTAGTGGCAATGCTTATAGCCGTAATTTGCAACTGCAGATGGAGTTAGGGCACC
TATACCACAAACGCGAGGCGTCTTGTGTTGAAGTGGATTAACCGCTCAGTTTGGATTCCGTTGGCGCAAAACGACGAGGAACG
TCGGTTTTGATGGATTTTCGCGATATCGAAGCAGAACTAGATGGCAAGAACTTATTGCTGAAACCCCTGTTATCAGTAGCGA
ATCTTACAAGAAGCGTCAACCTTGAAGATCTGTTGAGGACCCGTTAGATTTAATGCATCAGGGTCTGTTGAATCGGCCA
GAGATTAGGGTGAACCTGTTTGGGTAGTCTTCTGATGTGAGTGAAGAACAAACAAATTCGTGCTGATGGAAGCTTCTCTA
GACATTTGGAGCAATCGCTCGGTGAAAGAAATAATTTGAAACATTTTCAATTTTGGCAAGTGTATTGTGATAGTGTGAAAG
CCAAAGGTACATGCAGTTTTATAAGCCGGTTGACTTCCATACATTGCTGTGTTGGACCCAAGGACCGGGCAAAAATTTGGTTG
TGTGGAATAAAGTTGAACAGCCTGCTGCATTTTGTGAGTTGCTTAATGTTTTTAAATGAACATGCATCTCCTGAAGTCAAGT
GCCATTTAGGTGAACCTGTTTGGGTAGTCTTCTGATGTGAGTGAAGAACAAACAAATTCGTGCTGATGGAAGCTTCTCTA
AAAGAGGTAGCATCATCTAGCATTGTTGATGAAGAAAGCGATGTGGAACATTTGACTCCGACTCCGAAAGTAATTTCTAAAG
TTCCAGAAGTTAATGCTCCTGACTCTAAATCTGACTCCCAATGACATTGATGTAGTTAATGTCAGTGAAGTTTGGAAAGC
ACCTCTGATACGGATGGAAGTTGGAACAGCATCTGGTTGTGAGAGTATCCTACAACAGAATTTGTTCTGAGGCTTCCAGT
TGGTAAAAGGGAGCAGATCAGGTGGCCATGTACATCCAACTTGAAGCTTTCAGTTGTTTGGAAAGTGTGTTGTTATAGTC
AGAAAAACTATGAATTTGGTACTAATTTTCCAGGAAAAATTTGAGTGACCTTGAATTGACTAAAACACTGAAAAGATGTTGG
TTGTACCCAGGGAAACAATTTTGTTCAGCTCAAAAATTA

>adipose (adp)

ACAGAAGTGGCCACAGTTTCAAACCTACACCACAAAAGAAAACATGGTTTGTGCAAAGGTGATCTGAGACTAAAGTTCCAAC
ATAAGATGCATGTTACAAATCGATTTATTCAGCGCTTGGGGCTGAATCTGAATTGAAGGGGCATACTGGGTGTGTAATTTGT
CTGGAATGGAACAGTAAAGGAGACCTTCTGCAAGTGGTCTGATGACCTGCATATAATATTATGGAATCCTTTTGTTCATAA
AAAACCTGCAAAACAATTCAAAAGTGGCCACCATGGCAATATATTTTCGGTCAAAATTCCTTAATTTCTGGTGTATGTTGTTGG
TTAGTGGGGCTGCAGATTGCAAAATTAGAGTTCATAACACAAATGCAGCAGAAACAACATATGGCATGTAGTTGCATGTGGG
AAGGATAAAGAGGTTGGCTGTTGCCAAATGTGCCATTTATGTTCTGGAGTGTGCAGAAAGATGGAATTTATGCAAGTATG
ATCTTCGTGTTCTCACCAGTGCCTAAATGTTTGAACAATGTTCTCATAAATTTAACTTATCACATTTGGACGAATTTGCTGAAG
CAAAATGTATTGCAATTAATCCTCTTAAGCCTGAAATGTTGGCAGTTGGTGTCAATGACCCCTACGTGAGACTTTATGACCCG
CGTATGATATCACCTTCAACAATAAATACCCTGCTGAGCAAAGTACTAGTTCCTTGGGAAAGGCATTCTATGTTTCTGC
TTGTGCTGAAGTTAAAGATGACAATCTTCTCTCGGCTGTGTAACATATTTGTTGCAAGGCATCTTCTTTAAAGCAAACTGA
TTATAAGAAAAAGTATCGTACTTTAACAATCCACATATCTTGTCTTTTGTCTGATGGCAGCGAACTCTTGTCAATCTTGGTGG
AGAACAATCTATTTAATTAATGTGATGAAGAGTTCTAAGCATAAATATTGACTATAAAGGCTTAAACATCAGCACAGATG
GTGTCTGCAAAAGAGTGTCCATTAACAAATGGGTTAGTTCAGCGTACCAGTCCAAGTGTGTTATGTTAAATAATGTGCTC
GCACCTAATGAGTCAACTGGAAGTGGAGGAAAAAATGGCTTGTCTAGAGTTCATTCCTGTTGTGGACTCCATTAAGAA
GGTTGCCAATGAGTATTTTGAACAGCAGCTGTACTATGGAATTTCAAAAGTACAACGAAAGTATTTCCATAAGCTCTGGAT
GTGATGTTTGTATGTTAATCGTGTGAGCCTTTATGAAGCAGGATGGGATGGTGTATATATGACTGCTTTGGCTTGTGTTG
CACACTGCCCTAAAACCTTGATACAGATTATTTAAGGCACATTTTAGGTTAGCAAGATGTTTGTATGCAATTGCACTGGACAAA

AGAAGCTTCTGAATGCTTACAGTTATTTAAAGAGAAAATCCAGATCATGCCAGTCTTCTGCCTGTGAATCTTTGGAAAAAG
ATATTAAGCAGCAATATTTGCAGAAGAAGAGTCCGGATGATCCTAATGGCACACAGACAAGTAAATCGCGAAGTTCAACTGG
AAGTAATTCCTCAAGTCCAAGACACAGGAAAAACATTTATTTTCAGAGAATGAAAAAATCTGGAGGTCTCTTGCCTATGACTATG
AGTCACGATATTGTGGTCACTGCAATACAACAACAGACATAAAAAGAAGCGAATTTTTTTGGCAGTGATGGACAATATATTGTT
GCTGGATCTGATGATGGTCTTTTTTATGTGGGATCGTGTACTACAAATATTCAGAGAGTTCTTCGGGGTGATGACTCAATT
GTCAACTGTCTTCAGCCTCATCCAACAACATGTCTACTGGCAACAAGTGGTATAGATCCTGTTATACGACTGTGGAGTCCAAG
ACCTGAGGATGGATCAAAAAGAAGACAGAGAAGTATCTGATTTCAGAAGATGCTGTGTTGCAAACCGAAAAAAGTGAATGC
TGATCCTCTAGAAGTCATGCTCCTCAACATGGGATATCGTATTCTGGTGTACTTGACCCAGATGATATAGACAGTGAGGGAA
ATGAAACTAATATTGTGCAGTGTAGGCCAAGT

8.3 Sekvence použitých genů *Parasteatoda tepidariorum*

>lethal (2) 10685 (l(2)10685)

GTTTGTAGTAAACAAAAGAACAACACTGAATATTTGTGAGAAATATCTGAAACTAAAGTTTTATAGCTCAGATCACTATATTCC
TTTAAAACCAGTACATAAGTAAATATTAACGCTTTTTGTAATTAGTATTACTGTCAAAGATATGAAATATTTTTGGATTATGT
TTCTTATTACATCACTTTTTAATTAATCACTATCTTTATCACAGTATTTATTTCTTTTTTAAAATGATGTTGCATCTATCTTT
CGAAGTTTGAAATTTGTCCGACATTTAAACCTAAAAAGTTGTTTCGACTGTATTCTGTACCAAAGAAAAAGAAACCTGGTACTGA
GTTAGCTATGGACATTTTCGACCAATCTATAGCACTGTCTACAAAGACTGGCCTTCTATCCGTTTAGGGCTCTTATGTCCTCA
TCACACTGTGCTGTTGCAAATACCTTCTGTGCAACAAGTCTCCTGAACACCTGTTTGGCGACTCAGATTTGTTGATATGAA
AACCTGTATCATCTGAATCTTAGAGAGAACCAGATGTAGGTCCAGAAGAAATAGAAGAGCTTCTGAATACAACCTCCTCCT
GAAGAACAAATGACTCATCCAGATTCATTATCAGATAATGAAAATGATAGTGAGTTAGTACCTTGGCATCAGGATGAGTACA
TGCCTGCAACTGAGTTTAAAGAACAGAGAGTTTGAATCTGATGAGTGTGATGAATTTTATTTCCCTAAAAATTAATTACAAGGCA
AAACTGATTCGGCATGGTGTATACATTTTCTGAACACTGGAATATTTACTATTGTTTCAGAGGGAAATTCAAAAGATTTCTC
CAGCCCAGAGTAGATGTTACTGGATTGCTAAATTATTATTTAATGGATGGAGCATCTATATTACCTGTTCTTGCAATTGGATGTT
CAAAAAGTGAAGATGTTGGAGATTTGTGTGCTTCTCCTGGTGGAAAATCACTTGCTATTTTATTTGGACTCAGATTTGGTCA
GCTTGTTTGCAATGATGCTAGCCTCTCTCGGGTGAATAAGTTGAAAAACAGTTTTGAATCTTATCTTCTCGGGACATCAGAGTG
GAGCAAAAAATCTTAGTTTCAAATCTTGACGTTTGTGACTGGAGATGCTTTGATGCTTTTGACAAGATATTACTTGTATGTCCTC
ATGCACAAATGATAGGCTTTCTGTGAATAAGGACACTAACAATATGTTTCATCAAAAAAGATACACTGAGAGAATGCAGGTG
CCAAAAACTCAAACCTCAATGCTCTACCATGCACTACAAGCCCTAAAAACCAATGGCTCTTTAATATATTCTACATGTTCCCTC
TCACCTATTGAGAATGATGGAGTAGTTCACATGGCCTTATCCAAACTATCAGTGGAAAACCTCCCTAGACTTTGTTGTTAATGAT
TTAAGTGAAGCTTTCTTCTCTACGTAATAATGTTCCAATTTAGTGATACTTGTAGATATGGACAGCTAGTTGTGCCATTTTTTA
CCTTTGAATTACGGTGGTCTGACAGATGAATATAGAACATTCATTATGATGGAAAGAATAAGTTTAGGAGAAATTACAGTTA
ACTACCGATTATCTTCCAGCAAAGGATCCCCTTCGTACGAAGAATATACACGAGCAGGAAGGACTGACAACACTGTCTGTA
ACTTCAGTCCAATTATGGCAGTGAATATGTGAAGATTGAAAAATTTGTTGTTATGACTGTTGATAACATTTTACAATGTCACAT
TCTATGTCGAGAGCTGCTAGCCCTGTTCAAGTAGCACCTGCAACTTATATGCCAAGGCATATAAAGGAGCATAAATGATTC
CTAAGGAACATTCCATTCTCGTTCCAGTTGAGAAAATCAGGCACATCTGTGCAGTTGTCGAGGTAGACTCGTTTCT

>CG6650

ATGTAACAAAATTACGTCGCTGTGCGGCAATTTTGATAAGTTATTCCTCATCTCATTAAAAGTTGCTTTGAGCTGGATATGAC
GTGTATTCGCAGATGATATTAGCGTGTATCTGAAACTAGAAATTGCTTCAAGATGGTTATAGCTCGTAATAAGAAGAGGAAA
GATCGTGGAAAGGACCGTGCATTTTTAAATGGTAAAATGAATAAACGTATGACATCGATTACAAAACAAAGTTTCTGTGCGGTG
CCGTCGTCACAATCGTGTCACTGTTTATAGCTTATATACAACAGATATAAATGGAGAATAATTCCTAAGTGTGGAGAAA
ACACTCACATCAATTACTCGTGAAGAAAAGCTCAGTTGCCGTTAATCCTAACATCAAAGTTGCCCTAGGATTCGGTTCTGTGCA
GGATATCATCGTTCAAAGTAATGAAGTTATATTGACAGCGCTCCAGACAATCCTGAACACTATTATTCTATTTCCACAAAAG
AACAATTTTTAAAAGTCTTTGCGTACTTTTATCGTTTTGGTGCAGCAGCAGAGAGATTTATCCAACCTTCTTTTTTTGCTGA
ATTAGTAAAGTTTGTAGAGAGGCTCCAAGCGCCAGTATTTTCATTGGAGGAAATGCTCCTGTGATGGCTAAAAGATTTTCAA
AGGAAGGCTGGAAAAATATTTTATTAGGTGCCAAGTCTCACAGTCTTGCAGAAAGAATTCCTCCTGGAATTCAGATTTCA
GGACCAATAGTTGAAGAAGATGACATCCATTTGTTGCTGGAGTATCCATCTGGACAAAAATGGGGTTCATTTGTCCCCCTAG
AGCTAATCGATTTATTGTTTACAATGATCATCAAAATCCGCAAGTTGTCATCTTTGGGTACTTTTGTGAAGGAAGTTGAAAAGTT
CAAACCTGATGTTCTAGTGATTGGAGGCTTACAATGATGGATAACTTTCCATGCCAGAGAGTAAGCAAAGAGATCGATTG
CAGAAAAGTTCAAAGACTGATGAAAAGCCAACTGATGAGAGGAGGATTCATTTTGAGATGGCTCTTTTGTGATGAGAATC
TCCTGAGGAACTTGGTTGAAAAATGTCATACCTTATGCAGATTCTTTGGGCATGAATGAACAAGAAGTTCCTCAACTTATATCAA
ATGATTGAATATGAAAACATTAGCCTCTTGGCTGATTCTCGTCCAAGAATTGCTGACATTTTATGATGAAATGAGAAAAGTTTA
TAAGGTACTTCAAAGAAGGGTCAATGAATCAGGGTCACTGTAATTAACAAGACTTCATGTCCACACACTTGCATTCCAAGCCT
TTATGGTTCAAAAAGAACTCACCTTGGAAAAATATCAAAGCAGCAGCGGCTAAGGCAGCACTCACAGCAAACCGTCATACCTG
TGGCTCAGACACTATTGATGTTAACAAGGCTAAGTTACTGATGGACGACGCTTACCACCAGCTCAAACCGGGTTCACGCC
GTATTCCTTTTGTATCCAAAGGATCCTGTGCTTGGTGGGATGAAAAAATTAACACGGTGTGATTTGCACCTGTTTTAGTCTGTA
CAGATGTTTTGCAAACCTGGAGGAGGGGGTGACAACATCTCTTCCGCTGGGCTTGTGTTGCAAATTAATTTGAAATAATATAT
ATGATATGATTAACTTTTTTTATATTTTGAAGTATTTGCTACATTCCTATTTTTTATCCAATAAGAAAAAATTAACACTGGC
CAATTTTTAATGTTTCAAACCTTAGTCAAACATTTTGTTCAAAATAGTAAATATGATATTTTTTAAATGATTTTTTTGTTA
CCAATTTATTTCTGCCATTGACGAGAATTCTATTTATTTTTGTAAGGGGTTGTCAATTGCTGAAGATTTCTCATTGTTATGGCAT
ATTTTAAATTCCTAACAGTTACTGCCTGCATTTTATGTTTTAGAAAACATGTTACATTAGAACCCCAAACAATTGTCTTTCATGGTA

GTATTCATTACAAATGATAGTTGTGTGAAAACATTGAATGCGGGTGAACACAAAATATCAATAATGATTGAAAAAGAATA
GAAAAGAAGTAAGTAAGTATTCTTAATTAAGAAGTAAGTATTCTTAAATTAATAAATTTATAATAAATATGAAAAATTTCTTT
GAAAAATTTATGAAATTTACTGTAAAAATATTTATGATGCTAAGAAAAAGGAGAAAAATGTGAATAAACACATTTCTTTCTT
TAAATATTTGGGAATTCAGTTTGGATACACTCTTATTTCCGTTAAAACAACAAAATTTACAACATTTGAAACAGATGTGTG
TTCGTGTGAATACAGAAAAGGTCCCATTTTTTTAGTGCTAACGTGTCCACTTTTTTGTGTCCATTTGTCACCACGCATGGTA
ATCAGTTAATCAAAACAACTGGATTGCAATGCGATCTCTTATTATTTGGGGACCTTTTACAGATATATATTAAGAAGATAAT
GAATACTGGAGATATAACTTTCAAAAATAATCCTTATAATAATGAGTATTCTCGTAGTTATGCTCAACTTCTCATCTATACT
AACTGAAGTTAAATAAGCTACGCTTTGGAAGGACTATCAGCTATTTATTTTGCCTTTTTTAAAAAAAATAAAATCTTGTGTG
AAAAGTTGAATGCCGTACCCGATAAATGTTACCAGTGATTGACAACCCTGTTTTAAATCATTAGGTTGAAAAAAAACAT
GTTTGACTAGTTTTTGTTTTAGCTTTTATACAATTTTTCCCTCTTGATATTCTTATGTCTTGTGAGATTTAAATATTATGCA
ATTTCTGGTGTAAATTTGTTGGGAAGCATTTCCTTTCTTTTATTTTTTTCATTGGTATCAAAAATAATGCTCAAAACAATTGACAA
GATTTTAACTCTGACAAGATTTGTTGCAACCAATTTTAAAAAATCTTATATCCCTTTTTTATTATTGATTACGGAGAAAA
AATTATGAAACATTCCTTTATTTTTCAGTACTCGACAACATATATTGATTTAATTTTTTCACTTATTGAGCTAAAAACTTCATGGCA
TTTTTTTTAATTAATAAACACAAGTTATATTAGTTATATCAAAAGCTTAAAGTAATTTATTAATCTTCACAATTTTGTAG
AATATCTTAATAGTTTTATTTAATGTGAATTCATAAAACATTTTGTCTTAAACGTGCCTTTCAGTTAATAAATGGGCAGATTC
TAGAAACGGTGGAGCATGCTCTGATTCTTCTTCAATTTGTTAAATTTCAAGTAATCCAATTTGTAGTTCTGAAATGATGTCA
TAATCTTTATTTTGTCTATAATTCATTTTTCAATATTTTAAATACACTCAACTCTTGACTTAATGAATCCTGTTGAAAACATA
ATTGTAATGTGAGGTTGTCATAATGCCAGTGTCAAAAATAACTGTGCTTATTTGGCGAAACGAGACTTGATTTAAATAAAAA
TTCTGAAACAGGCTGAAAATTAATAATAATGCAACAATAATGAAATAATAACAAGTATAATTGATAATAACATGTAAGG
CATCATTTTAAACAGTGAATTTAGATAAAAAATCAATTAATAAAAAATTTACTGGATTTTTAGCAGCCTGTTTTGAAAAT
GCCTTAAATCCATGCTTCTGATCCCTGTGGCTGTGTGGAATGCTTTACTTTTTATGCCCCATTTGAAATGCAAAAGTATAC
AATAATGAAATAAAATAGCAGTAGTTAGAATGAATCAGAGCATGATCCAGTGTTCAAAAAACGCTTGAATATTGTAATGT
CTATTCAATTAATAATGTTAGTAATAAATTTGTTAATCTTTTTGTTGTAATGATAAATTATATTTTTAATCTTAAGGGACATATA
TATATATATATGTTATAAAGGGTGTCAATATGACCGACCTTAATCTATATATTTAGCATCCTCATTAAAAATGAAGTAAAC
AAAATTAATGTTAATAATAGACGCAAAATTAATTTAAGCTGTAAAAGAGGAAAAAATGATCGTAAACTTTTGAATCTTT
GCTGTGGAAGGCGGGACTAAAAGCAATACAATTTTTAAAATGGACCTAAGAAACATAAAGGAGTTTTTAAAAAAGTGATAA
GGAGAAACGTAGCCAGATTTTATCAGGCAATGAGTTCAATTAATGATGTTTTTATCCTGTCTTCGCTACTGTTGATCTTTAAA
TATTTCTTTTCTCCTCACTTAACTATTAATTTGTAACCTTAATGTAATAATTTTTTTGACCTGGATTCTAAAAATATACATTTAT
GGCGCCATTTGATTTAAGAGTATTTGTTTCACTAAGTATGATTTACTTATAGTATCAAAATAATATATTTCAAAATGTA
CTTTTATAATGCAAGTTGATATTATTTTGTAAATGCTCATCAAAAAGTACTGAAAATTTTATAAATAATTTAGATGAAAAAGGAA
ATAGAATGTTGAATATTTAAGAGCTATAATGCTGAGTCAAAGAGCATATAAAACTGAATTTGGTTGGGAAACAACAAAATTT
TTATGAAATATTTTTTATTCTTAATTTGATTTGAAACATCACATTCCTTTATTTTTATGCATTTTTGTTGCTTTAGTTGTTAACA
AATGTTTATATAATGTTTCATTTGAAAAAAGAATTTAAGTTCTGTTAATCGAACTAAATTAATGGAATATTTAAAAAATTTAT
GGTCGAAGATCGATGATAAAAAATTTCTTAAAAAATTTTATTCCATGTCATTCCATTATTATTACTCTGTTGTTCAAAAAATAA
AACAAAATCTTATTGAATTCATGAACAGAACAAATTTCTTCTTACCTTATTAATTTATTTCTCTTTAAACCGTTTTTAAATTT
GTTAATTTAAGAATTTGAATAAAAAATTTTATTAGGATTAATTAATTTCTTCTGTAACGTAATAACACATAAGTTTAGCTTTT
AAAATTTTGTATTTAAGTTACTATCAAAAGCAACTCAAAGTAACTGCGAGAAGTTTAAAGAATATATATATAATGCAAAAG
ACATGAACCACGATAACAAAAACATTGAAGAAAAAGAATAAGATGCGACAAGTTGCGACATCCAAAGCTGCTAATGTCAC
AGCTGAAAGAATATTTTAGGATGAATTTAAATGAGCTATTATATATAATATAATAGTTATTATATATATACCTTATAAGG
GAACTAAAAGTATCAGCACAGCAGAAGAAAACCAAAACCATTAATAAAGAACAACACTACACATCACCTTGTGAAAGCGGTA
TTGGAAATAGCTACTAGTAGTTTGTGTTTTTATTTATGGGTTTGGTTTTTCTGCTGTGCTGCTTAAAAATCCAACAATGTAT
GCTTGACTGAAAGAAGCTGCTAAATAAAATTATACTCTTAGAAAAAATTTAACTCTGTTATTGTTTATTAATAATCTCACCAC
CCAATCAAGGAATATATTCATTTTATACTTACCATCTGTGTTGTTTTAAGTTGTTAAATAGATCGGAATTAATTTTTGATG
AACCTACATAAAATGAAGAAGCAATAATTTCTTTTCTTCAATTTTTTTTTTTTTTTTGTGAAAGAAAAATGTTTTATCTTT
TACACATTTGTAATAATTAATTTGAATTTTATATAATTTCTAAAGCCTGTGTTGTTAAGTGAACAGTATTGTTCAATGCTGAA
AAGATCAGTATGATAAATGCTGTGTTGGCAGAGAGTTGACACTCCCAATGGATTAATCTATGAACTTAGGAAATTTGT
ATTTTTTAAGTTCTTTCTGTGTGATTAGGCATTTTGTCTTCTTAAAAATGAATACATTTTGTCTGT

>TBC1 domain family member 15/17(Tbc1d15-17)

TTTGAGTCGTAACAAATGCGAAAATTTTCGGACTGATTAGTCACGCCCTTTATAGTTGTTACTCATACTATAATCAATTTTTGA
GATAGGTTTATTGCACCTTCTTTCGTTAATATTAGCTATTTTATTTGATATTGTTTCATCAAAGTTGGGAAAATTCGAAGTGTAC
CTGCTGATGATTGTGGTCTGTGTTTTGGTTTGAAATTTTCTTTTTAAAAATTTATGGACTCTACTAATAGAAAGGTCATTTTCGAG
TTGGACAATGTTGTTGTGCCATTGCTGGACCATTAAGATGAAGCTCCATTGTCAGGAAAGTTGATGATTGTTGAGGAAGC
TCATGGACCAGATATTGAATGGAAACCAATTAATAATGAAATCAGATGATTTGCTGGGGGAAAGTCTGAATCAGAAAACTTG
GAGTGGGAAGATATTTCTGAGTCCGTTGGTTTTTCGAGCAAAAGCATAATGATAGCATTGATGCTGTAGAGATCAAGCCAATTCG
TATGCCAAAAGAGATCAAAATTTGATATATCTGATTTAAAATCTTTTTAAAAAATCTGAGGTATGTGATGGGCATACAACAGTTG
TCACTTTTTTATTAAGACGGAACAAATGTGCCCTCTTTCAAATTTGATACTTGTGATTTTGGAAAACATATGTGCTGCACTTG
ATGGTTATGTTAATTTTTCAGAGATCAAAAGAAAGAAAAATAATCTGTATCTAACAGTTGATCCGAAAGTTGAAGCTCTGGAAAA
ATCATTTAGTGAACCTTGACCTTTTACTGAAAGAAGAGCTCATATTATAACAAAATTAATGCATGATCCAGTAAATACTGCTA
TGGGCGGTTTTTCCAAAGTGACCAATTTCTTGTGGACTATCTGTTTAAATGACCAAAATGAGCCAGAAGGTTATGCTGTATGCCAC
AAGAACAGATAACTGAAATTTCTCTGGAAATGTGTTGAATGTTGATATTGATCACCATGAAGAGCCTGGCTATGAATTAATTT
ACCCGAATGATCTTCCCTCAGACCAGAAGTTGAAAGAGAAGAACCCTGACTCTAGAGGAGTTTACTTCTCATTTTGTATGC
AGATGGAAAAAATCTTGAATTTGAGGAATTTGAAGCAGCCATATTTAAGGGTTGGAAATCTTTTGTGCTGATCAAGAGTCC
AGGTTTTCTCTTTAAGGGAAAGAAAAAGTCTTATAGAAAAAGATTTAGCCGACAGACAGAGGATCTCTTTTGTGAAG
GAGAGAATAATCTAATAACTTATGTTGCAAGATATACTCACAACTTATTGTATGTACAATTTTGTATTTAGGGTATGTTTCAGG
GTATGAGTATCTTCTATCTCTATATTAGTAGTTATGAGAATGAAATAGATGCATTTTGGTGCTTTGCTGGATGGTTACAAA
ATATTGGTGTAAATTTTGAATTAGAACAGCAAGGATGAAGAATCAATTGCAAGATCTGCATAGACTGCTTCATTTTGTGAT

TCGCAACTTTGTAGTTACTTAGAGAGACATGATTCTGGTAACATGTATTTCCGCTTTCCGTTGGTTATTGATCCTTTTAAAGAGA
GACTTTAAGTTTATGGACATAATGAGGTTGTGGGAGGTACTTTGGACAGGCTTGCCTTGTAAAACTTTTCATTTATTGATTTGC
ATAGCAATTCAGATTCTGAAAAATTGACAATCGAGGAGAATGAATATGGACTGACAGAAAATTTAAAGCATGTGAATGAAA
TGTCTTATAAAATTGATTTAGACAAAACATTGTGCAAAGCAGAAGCAATTTTTTCAGCAGATAAAAAACAGCAAAACAGGGTC
AGATATTGTTGAAGACATATTAGGACTGGAGCATATACAAAAAGAGGTGCCAGTTACTGAATCGCCCAAGAATCCCCAGAA
AGGGAAGTGAAAAAATCTGAAAGGACAGCTTTATACAAAAAGAAACCTTTCCGGTGTATCAGCCGATAACATCGATGAGTTTG
TTGACCTGGAAAAATAACTATCAATGGCAATTTGATCCTTTTTTCATGAGAAAAGAAATTAATAATGTGCCTAGTTGTGGATGCTCTA
CAGCTGTATGGGGGAATAATGCTGTAAAGATGGTTAGAACTGAAAAATAAATAATTTTTAAATTATTATACATTTTTTAATA
ATTAATGGCATGAAATGTGATATGTTAAGAATCAAGATGTTAAATTTCAACATTATGATTTTTAAAAATGCCTTTTTTCACTTG
TATGTTAGCATTGTTATTAAAGTGTAAAAATTTAAGAAATTTCTTGCATACCTTTTTAAATAATGTTGAAAAATGTCAGTAAAA
CTACTTTTTGGAATTTGAATTTTTAAGTTAAAAATTAATGAAGGGAAGATTACAGGATTTGAACGGTGATATTAATGGAATA
ACTAAGAAGAGTTTTAAATCTTTGTAAGATTTGAGGATTTACAAAATTTAAATGTCCCATCTACTTTTTTTTATTATATTTGTT
TGTTTTAAGAAGCTCAGTTTAAACAATGTCATTGTACAGATCATTATCGATGTTAGAAGGCAAAAATTTTGCTGTTAATATTT
ATTTGTATGTTATTGAATTTTTGAACTAATTTACTTTAATGAAGTCTCATGTTTATT

>CG4025

GTTGAACATTGTTGTTTTGAAATTTGAAATGTTTCATAACAAATTTGAATCAAAAATAAAATATGGTTTGGTAAAGAACTTGAT
CTCTAGATTGCGTTTATAAGTTAACTAAGTCATTTTGTGATCATGGTGTAAACGAAGATACATGTACTGCCAATATGCATCTTC
ATACTTATTCGAAGTTCCATAAATAACGTATTGATGTCATGATGAGGAAAGCATGTAACATTTGATGTTCCCATATATAAGT
GACACTGGTACTTATGTTCTGAAAGTTGCATCTTTAGTCAAGCTGTTAATCTGATTGCTTTTTCTAATGGCTGCCTTCATTTATG
TGAGATACAAACATGTAGAGCAGCATTATAGAGATCATTATCATCAGATTATTCCTGTAGTTTTAAAACTGAATCAAACTGCT
CTGATTTGTTGGCTGGATGGGCTGCTTTGGAGCCAGTATTATTGTAATTTTCAGGAACTTCAGTCATAATTTGTTCCATGAGT
GGTGCATTTAGCATTGATGTTCTGCTATATAGTTGGTTGCAAACTGTAATATCTCATTATGTTGCTTCTAATGTTGCTGCTGTT
TCTACCTTCGTTGCAAGATTGAGGGTCTTCTTGTCCCTTATTTAACAGCATCATTGTGACAACACTTGTGCTGGTGTATTG
CTAGAAAAAATTTCCATGGGAAAGATGCAACTAAATGGCATCCAGAAGATGGAGTTTCAGAGCTCATATTATCAGCACAGC
GGCTGAATGGATTGTCGTTATATCATTGACTGTTTTATTCTCACATTTGCTAAAGAAATGCAAAAAATTTCTATTTCTCCCTT
CAGGTGCTTTTTGTTCTAATGATGTTATTTTAAAGTACAGAATTTATAACAGTCAAGAACATGTTAAACATCACCCCTAAT
CCTAACAGTTTACGCATTAGTTCTTTACCTAGCAGTCTTATGGTGATTATAAAAAAGATAATATTCTAACTACTCAAGCTGTT
GTCCATTAAGTCTATTATAATCTTATGCTTGTAAATGTGTATAGCATTCTTTAGTACATCATTGTTTTTAATTGATTTTAA
CAATGGTTTTGAGTTGTGCTCTATTTTATGCTGAAATATGAGTGTATGTGATAAAAGTTTTTCATTCATTCGCAATGAAACTG
CAATTTTTATTATTAATCAATATGTTGTGATATTGGTTTTTACTTTTATATGTTTTATAATGTAACATAAAAAATGACTTT
TTATTAAGATAAAATGACATATTTTTCAGTTTTTGCATGTTTATGTTAATTAATTAATTAATTAATTAATTAATTAATTTTGT
TAAGTAGCCAAATACATTTTATAAATTAGACAATTAAGAAATGCATGTTAAGAATATTGTTAATAAATAAGATGCACTATACAT
TAGAATATATATGAATATTAGCAACTATTTTAAAGTTTAAAACTTTTATAATAGTTAGGAATCTTTTGTCTTTGAAAAATTTG
AATCACATTAATTTTGCAGTACGTTTTAATTACCAAAATGTAATTTATCTCTATTACTCTATATTTTTTGTGGTGAATTTTTT
TTTTTATAAATAAAATGACATATTTACTTCACTTTTATTTAAAAAGAAAGTAAGAAATTTTATCAATATGACTTTTATCATATT
TTGATAAAATACATTAATTAATGTATATATTTAATTTTTGTTATATTTAATTAATTTTATTCTGCATTTCTATTTGCTTAAGAGA
GATATGATATATTTAAAAATATTCCAATAGAAATGCCTTTTACTCATATGTGTGCATCCAAATCAGATGCTGTTAAATTAATTT
TGTTTTGATTTAAAAATTTTGTATCTTCGCTAAAAATTTACTTTGTTATATTAATGAGCTCTTGAAAAAAAACTAATACTTTG
CTTTAGCATTCAAAGCTTTAAAGATAGGAGTTAATGGAATATTATGGAGAGAGAAAAAAATGAGGTAACCTTAATTAATA
TTCTGTCAATCTATCATTAATGATGAGATTCAAGATGATTTTTTATTCAATAAAATTTTTATAATTTTGTATTTGAGCATTTTAC
TTTTTTTTTTTTTACAAAACCTTTTTAAGCTAAACCAAAATTTTCAAATCTTTCATTTGATGCTAAACCTTAAAAAAAAT
TTTTTTTTACTGCTTAGCGAAATCAAATTTAATTAATGTTAAAAATAGTATAACTAGTATTTAAATTTTTACTTACTTTC
ATAATAACAATTTTCAAACATAATAACCCATTCATAAATCACAGCTTTTCTCCACAGTCTGCAATTTAAAAAATCAGTCT
CATTATGCTTTGTCTAACACTTACAACCTTTCTCAATAATTAGATGATAGACTGAAAATATTTAAAAATCGATACAAAAATGATT
GATAGGTAGTTCATATCTCACACAATCTGTGTGAAATTAACTTAATGTTCTAAGATATATTTTTATGTCTGTACTGAATGT
TTGGTACTGTAGTCAGAGACATTTATGGCCGCATGAAAATCTAAGAAAGATTTCATTTGATTGCTAAGTATATTTGTTACAT
ACAAATAAGCTGCCTTTATGAACCATGATTTATTTTTATCATAAATAGTTATGTAATATGATTTTACCACAAATAGTTTTCT
CTTATATATAATATATGATGTGTTTCAAACAAGAATTTAATAGCTTAAAAATTTTCAAATTTGAAAAATGAAATGATCAAA
AACTTGCTTATGGTGTCTTAAACATGTGAGACTAATTTATATATTTTAAATTTTCGACTGACTATTTCATAGCTGAACTACTGA
GATTGAAATCGGTTTTGATTTCTTATATAATTAATTTTCAATTAATTTGTTTCATTCAGTTTTACTTAATTTGATAATCATTG
AAAATAAAGTACTGATGATGAAAGATTGAAAAAATAAATCTATTTTTTAGCATGTGTATTAAGAATAAATATTGTTAACTG
TAATACATTTGTTAAATGTGATGTTGGTATACACTAAAGTAATCCAAGATCTATTGTTTTAAGATCTATTGTTTTGATTTATTT
AATGTGGCATTTTTTGTTAGTATGACAAAATGTTATTACATTTCTGTAATGAATAATAAAATATTTTTCTTCTT

>Vacuolar protein sorting 13(Vps13)

CTTAAAAATTTTTCAACGTCAGGTAATGAAAAATGCTGGATTGAAGGTTTTCAATGACTTAAAAAGAATTCCTTGAACCACCA
TGTTTTGAAGGCGTAGTTGCTTACGCCCTCAACAAGTACTTGGGCCGTTTTGTGGAAGACTTGGACAGCGAACAACCTAAACGTG
GGCATATTCAGTGGTACAGTTCAATTTGACTGATCTACATTTGAAGCCAGAAGCTTTGGCTGGATTGATCTTCTTATTGAAGTA
AAAGGAGGATGCATTTGGGAAAATTTCTATCGATATCCATGGACATCGCTGTACTACGAGCCCGTGCCTTCACATAGAGA
AGTTCTTGTATTGGCCGGTCCCACAGCTGATCGTAAATATGACCCAGAAAGAGATAAAAAGACTCTCAAGAGCACACAAGAAC
AAACGACTGGAGGATGTTAAACCACCAGATCCTGATGCACCAGGAGATCGGCCAGGGGTTTTATGGAACACTTGGCAACGA
CGATTTGCAACAATGTCCAGGTCTCTCCAAAATGTTCAATCTTTCGAAAGACACAGTTTCCACCAGTGGACCTTCTGCTT
GTGGTCTTGTCTTCAAACCTTGACGGCAGTAACTACCAACAGTAAATGGAGAGCAACAAAATAGACAGCAAGCAAGCAAG
TTTTGTTAAACTATTGAAAAGTGAATCGCTGTCTTGTATTGGAATCCAAAATGTCCAACATAACTTTAGTAAAGGCGCAAC
TCAATTCAGATGGTTGGAAGACGTTACTTCTGTAAGGCCCTTGTACTTTTTAGCATTAAACGGAGAAGATTTGATTTTATCGTTA
ATCCAGTTTCTTTGAAAACGAAAATGATTCTGAATAAATCGAAGGAGCCAAAAGTTCCAAAAGTTGTTGGTTGATTTTGTATTA
CAAGATTCAAATACTCAGTTAACTCGTGAACAGTTTGAAGTATGTATGAGCTTAGCCGAGCTTTTGTAGTTGATGCTTTGAGT
CAAAAGTTTAGAAAATTTTACAGAGGATTATCCGTTAAAGGACATGCAGCAGATTATTGGAGAGATGCTTATTCAGCTGTTTT
GGAAGAATATGTAAGCCTTACACCTGGTCTAGAATAAAAGAGCACAGAGATAAATATCGACAGTATAAATCAATGTATAAG
GAACATTTGCGGAGGCCTAACGACTCAGAGTTGAACTGGACATGCAACTACTTGAAGACTCTTTGGATGTCGTTAGCATTCT

AAATCTAGAGAGCAAGCAAAAATAGAGATTGCCGAAGTGGAAACCTCACATGGTACGGAGAGTTCCACCAGGAAAACTTG
GAGTTTCTGGAGTTGGTTCTCATCAACGGGAGATGAAACAGACAGTGTGGATGAAAAATCGCAAGGATGAACGGACTGATGGA
GAGGAGAACTTCTCGTCGTCGGGGACAAAGATCGCAGTTGGTGGTCAAGAATGACAGCTGAAGAAGAAGAAGGTTGTTT
GAAGGTATCGTTACGAGCGTGGGGTCCAGACCCTGAAGCAGCCCAACACATAGGCCATAAGTGAAGAACTTTACACTAG
CAAATTGCACACTGTCCTCATTAACGATGGTAAAGAAATCCTGGTGGCCACAATAACGCACTTCTTATCCAGTCTGGAGACA
AGGCCGGGGGCGAAAGCATACAAAGTGTACGCCAGAACGGAAAGCGTTGTAATAGAAGGTGCCTCTCTGAAAAACGATCTG
GTGCCGATCATACCGCCGATAATATCACGAGTGGATCTAATGTGCCTCATGTGTTCTCTCTGGATTTTAAAAAGAACCTTCT
CATGTAAGTGGGATTACGGTTTGTCTGTAGCCGAGAACCTATGGAAGTCTGTTACCATAAAATATGCCATGAAGGAAGTGT
GGATTTCTTTGAGCTACCACCAGCTACTGTAACATTTCTAAAAACAAAAAGCTAAAACAGAAATTGAAATTTCTAGCTGAAGCTG
GAAAGGAAAAAATAGTGACAGCATTCTCCAAGCACAAGATGTTGCATTTAAATGTAGACTTAAGATCTCCTTATTTTGTATC
CCAGAACATGGATCTATTCAACAAGGCGCAGTGTAGTTGTACTGGATACAGGAAGGTTTACAGTCTCCACAGATTTGCAATC
AGATGGACTACCACCTGAAGAATCAACAAAAATGGAACCGGAGGAGAGATTGTACGATCGGTTCAACATCGCAGTGTCAAGT
GCCAAGTTTTGTTCTCGGACTTAGGAGAAGAATGGAGAACAGCCAAACAACAATCTGAAACAGACATGCATTTAGTTCCGA
AAGCAAAAGTAACTGTTGTGTTCTCCAACAGTGTCTGTCAGACTGCAAGACCTTGCCAAAGCAAAAAATTAACATCAGCCTT
CCTAGCCTGAAGCTCAATCTATCAGATCGAAGAGTATCCATGATTGCTGACTTTCTACAAAACATTCCAATCCCTAAGTCATC
AACTGTAAGTACAGTTTACCCTATCTCCAGTGTATTTCCATTTGCGCTCATTCTTCTGCATCTGATCAATCAGACGAAGAGGA
AGCCGGAGGTGCAGCTGAACGATGGGCACGAATCATCGATCTCCAGGATTCGAAGACAATGTATCGGCCAGTAATTACATA
AAAAATTCTATTCCGGTTGGTCTGCTGGAGAAGTGTCCATACACTTGGCTCGATCCAGTGTATCGACAGCAAGCCTTACCTCAT
GTTACGGGCTGAGAAGTTATGCGTTGATGCTGCTTATATGGAGTATGGACCGGCACTCCAAGCTTCACTGCACAGAATTCAAT
TGGTGGACAACTTCATAAAGTTCTTCTGGTGAATATTTGGAACCTATTAGTTTACAGACAATGCATCTGCATGTACTGTTT
TATATGAAAAGTCCAAGCAAACTGTCTGAATTTAAGACTATTCCATCAAGTTGAACACTCCCTTGTATTAGATGTCAAGC
ACTTTATCTGTGGCATTTCATCGAGAGGCTTTTGTAACTCGCAAAATTTCTCAATACGTCTCTGCGAAGCTTAAAGCCTAAA
TCTTCCAGCCTCCGTTTATCCTACATGCCAATCCATCGGACTTGGTACTAGCTGACACCACAGATCCACCCTGCCACCAGG
GGCCACCAAAATCAGCATATCAGCTCGTCTCAATGCTTTACATGTGACAGATTATGTGACACCGATCTTGAACCTGCTGACCTCA
GAGTGGTTGGTCTTGAACAGATTACGTATTAAGCCAATGAGAAATCTGTACTTCGAGTAAATCTTACTGAGTTGTGCATG
GAAGACTTGGTTCGAGGATACGTTGTACAAAAAATTTCTAGCGACAGAAGGCGAGAAAGTTTCGATATTAAGTGGGTGCGTC
GAAGCCCTACCACAAAAGAAATCGATGCCAGAAATCAAGATTCACCTCCCGTAAGAGTAGATGGAAGCTTGAAGATAAG
ATTTGGTTCGCACAGTAATCGTTCTTCTTACATACCTTTGCTAATGAATTAATGTAATAGTGAATGGACATTTTGAACCCAT
TCTTGAACCATTAAGTTTCGTTTGGATATTAAGCGAGCTTTAAGCCTTACCACAAAGAGGGCCTTTTATACCAATACCCG
GGAGTAGGATGATTAATAAAAAATTAATATAGGACAAAAGAGATTTTGTAGTACAAATGATTTCTGTCTATGAAGATAACTACCCG
TTCCAATTCTTGAATAGTCAGAAAATGGCTCTATCACCTGATAACGAAAAGTGGACCTGAAGAATCTATGAAAAAATTAGAAG
TATTTTTGTACGCATCTACGGATGTTTCGCAAGGAAAGCTTTTCGCATTCATATTGGAAGGATTATCGCTCACTTTATACACAG
ATGCCGAAGATATGCGCTCCAGTAATGCTCGGGATCCTAAGCAAGCGTAACTACCTTCACTCTGGATGAAGCGAGTTTGTCT
CTTGAACAACCAATGATAGATCTGTTGAAATGAAATGTTCTTGTACAGGCTGCCACTCTCCTCGACTTGGCAGCTCCACCCTA
TTCTTCTTAAAGAAAGATTTTCCAGTCTTACAGTGGAGATACTGGAGGCTGTACAGGAGTAGCTGGAATAAGCCTTAGCATGC
CACCAATGGTGGATCTTACATACCGACGAACAGGAAATGGAGATGCTGCAGTGGATGGGGTGTATGAAAAAGATTCCGACTGA
ATGATCTGTGTCTTACGTACTGAGCTTGATGAAATTCGTATCTGTACTCTTCCGGGTAGTTCCCTGCCAGTTCAGTGCCT
TTTTATAGTATGATGATGATATTGGTGCACAGGCTTACCCTGACTGACCAAGTGGTTATCTATCCACCATCAGAAATGATG
ACCATCGAGCCTTGTCTGTCTTTAGTCTTCCGGAAGCCTGAAATGTACTTTTTGTCTACCCAGACACTCCGGAAGCTGGAG
TTTTAGTTCTCAAGATGGATGTATGCTTGTATTACAGTTTCAATTTAGGACAGGGTAATATGGTTTTATCTGTGGCCGGATTAC
ATGTTTTATCCTGCATCTATGGAAGAAGGAAGCACACAATGTGTACGGTCTTGTATCCGTGTCAGATAGAGTTAAATAGAAGT
CTCCGGTACTGAAGAAGAAGTTAAATGTCCGTAATGTTAGTAATATCCAATATGTTAAGCGTCCCGTGTGCAAC
GTTACTTGAAGTAAATAATCACTTTTCTGCAGTTTACAGGAAGCGGAAGATAAGAGAAATACAGATTAGAAAAAGATCAA
AAACCAGTGAAGATCTTTGGTCTCCAGCATCACTTTACAAAACAAAAGTGGACAGAACCAGAATTGCAATTTGGGTTGAGTA
AAGGGCAATATTTGATCCGAAGTATGCAGAATGTTTAACTCAATATCCAGAAGTGTGTTTGGTGTGAAGTATGGGT
ATAGTAAAAAATTTCCAATTTTACGTTAAAGGGGCTTTGAAAGTCAAAATAAAAGATTGGTGCAGTCAAGTGAACGCA
ATGGAGAATCCAGCTAGAAAGTGTATTACAATGAAAAAGCAACCCTTGGGAACCCTGTTGAGCAAGTACTTATTCA
AGAGGGTCAATACAGACCCTCGAAATAATGTTTAAAGTGTTCGAGAGCGTGGACATCCCATGGTATGTAATGGAGGTGAT
GAACTGGAGCGTAATACACAATCGCTACAACAACAGACGCTCCAGCTTCACTTTGTTTATCAGACTTTCAGGGAATGAAA
CTGAAGACGATGGCTTTGTACGAATACCGTCACTAAAAGAAAAATGCCATGCGAATGAAGAGATTATCATCGATTGCAAA
ATCTAGGGATGCTGTGAGCTTTTCCGGGTGATCCGATAGTGACAATGAAGACGGAGTTTATAGAGAAGATAGCGA
GTACTTTGACCATCTGTTTTCTGATGATGAAGAAGGAGCATCTGACGAGCCACCTTCCGATTCAGAGGGTATAGCTGATGTA
GACGCCATTACGATTCAGGAGAGACTGAGACGGCAGACAATGAGGATGTGTTTGTATGAAGCCGCTCCAGTCTACTCTAGTC
CTCACCCTCATCACCATGAGCACAGAACAGTGGATGAGTATCTGAAACGGCCCTGTATCTGACCATAGATTGTAGAGA
TAATATAAACGTAAATGTAACCTCCGGCAGCGGTATCAGTTTTGCAAGATCTAGCATCGGAGTATGTCTGTCTGACTCAAAAC
TGCAATCAACACTTCTGTTTCTGAACGCAAAAGAGCTTCTGTTGAAAAATGCTCTCGGACCCGAAGCTACCTTGAAGATTTTA
CGTAAGGAAGGAAATGGGCAGCATCAAGTTATTGAAGAGGTGCGGGGTGCAACTCCAAAGCAACCTTTTGGGATCCTGATT
TGGTGCACCACTTGTGATATCAGTCTGCTGATTACAGACTCTGAAATGGCAGGAGATGATAATGATGGCTTCCACATGAGT
GGAATATCTGCACCTGCTTTGAAACATATTAATACAAGGGATGGCTTGTACGAAGAAAAGTCAATATCTCAACTATATGAAG
AAAAATCTTCAAAAAAAGTGAATATCGAGATTGAAACATTTGACAACTGAATTTGCCTTCTTCCAATAGAACAACAACAAC
AATGTATGCTTTGCAACCAAGTAAAGAACAAAATAGATATTTTGTGTTAGTAGATACTGAAATTTTTCATGGCCAAAAGATCG
TCAGTGTGATCACCCTAAAGATCCAAAATCATTTGGAGCGCCAGTCTATATACTTTGTGAAAAAATGACTCTGGAATCT
GCAGTGTCTATTTCCGAAGATTATTCTAAAAATCCGTTCCAGGATAAGTTTGTTCGAGTAGCAGCTGGAATCAGGAGACAT
TTATGACCTTCAATGCTGTTGCTGATCATTGCAAAATGTTCTTTAGACCACAGCCAACAGGAGCTGATCAAAAAAGTGTATA
ATCTTAGCACTGAAGGAATCTGGTGGAAAGATATGACAGTGCCTAAAAGAGCAGCAAAATTTCTCAATGCTATGCAGAGAA
TAATACGGAATGTGTTTCTAGTACCAAAGTTGTGTGTGGAAAAATAGGGATCTGAAAACGCCCTTCTGTTGAAACAAAACCTG

TACCAAATTTTTCTCTACATCTTTATCCACCTCTTGTGTCCATAATTTATTGCCCTAACACTTGATATTCATGTTAAGAACAA
AGACCAAACGATGCGATTGAAAGAAGGTGAAAAATGCCACGTTTTTTGACTTCGATCCACAGCAACCTCAAGATATCTTACTTG
AAGTGGGCTAAATACGTTGGCTGACGTGGCATGGAAAAATGTCAATCAGTGGTGACACAGAAGAACCACATCTGTTCAGTAT
GAGTCCAGAAACAGATACCCGAGGGGGCAACCCGACCTGTCTGTCATGTCACATCCTAGAGATCGATCTGGATTGTT
TACTTATTCGCACCTTATTGGATTGTGAACAAAAAGTGGATTGCCTCTGCAGTTTCAGGGGTGCAATGTCTGACGCGTATACGA
AGCTGCTTTGACCGCTGATCCTTTACTCTTTTCGATTCAAGAAGCATAAGAAGAAGAAAAGCCAAATTAAGAGTATATAGTTCCC
AGTGGTCTCGTTTACTTCCCTGGATACCGTTGGTAATTTGTGGAGTTGTTATTTGTGCAGATAAAGAAAGGAATAAAAAATAT
CATTTCTTCGTGAGTGTGAAATGTCTAAAAATGCTTCTGACGAAAGTCATCGTCATCAAACCATTCTTTTTAGTTGTAATAAT
ACGGAGAATCATCTCCGTTTTATGGAAGAAGTGAAGCTACTGATTGTGGTTCGACATTGCACCGGAAAAGTGTCTTCTTTT
CTGGCCGGACACTGATTCTGTTGAAACTGCTTGTGAAGTTACGAGACAGCAAAAACAGTTTCCCAACATTTTCTATAGATTTCC
CTCACGTAACAGTGTAGAAATGGAATGTGGGAGTGTCTAAAAGTTGATGTTAAATGTGGTGAAGATTTTCTACCCTATT
GCCTCCAGCCCTATGTCCTGGGGATGCACCTGTACGTGTAGATAACTATTGCGAAGACCTATTCTCAAATTCACAAAAA
ATCTCAGAGTCAAGTAACCCTCTGAACCCTTACCAATCAGTGCATTATACTTGGGACGATCCTAGTAAAGAGAGAACCCTCA
TATGGAATTTATACAATAGAAAAAAGTCTGGTTTCCCTGCTAAAAATAACAAGAGACGGTTACGGATTGAGAAAGGTCTCTTTT
CACTCTGAGAAAAACTCTGTACAGCAACCTTCTTCAAATCATCCGTCGATCAAAGTAGCAGTTTCAGATGATGATAGCGA
GTCAGAAGACGGACTGTTACCAAAGAAGACTCGGAAGGATAAGGTTGTCGTGCATTGGGTTTCTATGTAGAAAAAGAACAG
CGTGTACTGCTGTTTACTCAAGACGATAGAGTTGCTAGACTTGCAGAAAGGTAGTGGATGGAGAACGGGCCTATTTAGAGT
GCTTCTGTCTCTGAATGGAATAGGTTTATCTTTAGTGAACGATGCCATCGTGAATTAGCATACGCTAGCTTGACATCGTGC
CAGCAATCTGGGAAATGAAATAAATCATTCTGGAAACTTCTCACTTTGAACTCTCAGCCTGGCTCGAAGATAAATGGAAT
GCTGATCAGCAAAAAGCACAGTTGAAAGATTACCTTCAAAGTTGATTTAAGCAAGATGCAGATGATCAAACCATTTTTGGTCA
ACTCAGGAGATTTACAGTCCAGCTTTTGGTTGACGTCAGCAAGGAGTCTTCTTATCAAACCTACGCTCAATTTAAAATTCACAG
GTTCCAGATTGACAATCAGCTTCCGGATGCCGCTTCCCAACCGCTTTCATCCGGGCACAACGCTCAATTTGATACGGA
GAAGTGGTCCAAAACCATTTTGTAGAGTGTCTTTCTTTTACTCTTATGGAGCTACAAAAACTTTAAAGTAATTAGCTTATC
ATGCTTAAATAAATGTACTATTAGTAG

>CG1764

AATGCCCGTCTGTCATCATCATCATCTTTAGATAGTCAACAAACAAATACAATGCAATTAGTCTAAATTGAATTTTTAGG
TGGTGGCCGATTGTACTATGGCGTCTGGACGTTGACTCATGCGATTGTTGCCGCATCCCTAATTGTTTTAAAACAAATGCC
ACTGACTTGAGTGGGGATGTGAATTTATCCGAAGCAAGGAAACAGCATGATCAACTTTGTAAGGTTCTGAGAGATATAGGTG
TTGATGTTATTGAATTTGCCGCGGATGAAACTCAACCTGACTGTGTTTTGTGCAAGACACAGCAATTTTGTAAACAGCACA
GCTTTAATTTGTCGCCAGGGCTTCCAGCACGGCAAAAAGAGGTTGATATTGTTAGAACCATTATAAAGAAAGGAATTAATA
TGCCAATTTGTGACATAGTAATCCAGAAGCAATGGTGGATGGTGGAGATATATTGTTTACAGGAAAGGAATTTTTGTTGGC
TTGTCAAGAAGGACTAATGATGCTGGGGCTAGAGCTGATGCTTTTCCCTGAATACCCTGTAACCTCTGTGAAAGTCCC
TGGGACAAACCATCTCAAGTCACTATTATCTATTGCAGGACCAGACATTATACTTGTATCTGCAAGTGACGAAGCTCAAAGTG
TGCTTAAGCGTATGGCTCAAGAAGCTACCTATAGATAACAAACAGTACTGTTCTGTATCTGAAGCAGCTAACTGCTTATTT
GTTAATGGGACTCTAATTCACAGATCTGAATTTCCCAACAGCATTACAGGTGATTGAAGACAAAATGAGTTCAACAAAGTTGC
TATGCCCTTATCTGAACTTTCAAAGCAAGAGGAAATTTGAGTAGTTGTTGCATCTTTATAAAAAAATCAAATATATTAAC
AACTTTGAATAGTACATTGTTACCTGTTAATGCCTTAAAAGTGGTGAACAATTTTATTGTATTAATATATAGTTTAAACATTGCT
TTTTACTGTGCTGAAAATAGTGATATTTATGTATGTTGTTTAAATGTAGATAATTCGATGAATCATTGTTGATGTTTCT
ATAAGGCATAAATCAATGTGATCAAGTTAA

>Autophagy-related 6 (Atg6)

GAAATGCATGCAACAAGAATAGCTCCTGGAGAATAGCTTGCTTGATGTTGGAGGATTACAAAAATAAGTCGGCGGAAATGTA
CTGTGTAACAATATTAATAGTGAGTTTGTAGTATTGTTTTGAAATTTGACCTTTTTTTTTTAATAATTGTGTATTCAAAT
ATCATTTTGTGTTTTATTTGTCAAACCTATTATTAATGGAAAGTTTTATTAACCTGGTTGAAAGTATTAATCCGACTTTTGAA
AGTAAAAGCTGTTCTTTTACGGCTGCGTTGAACGAAGGAAAGAAAGTTGTTGATGCTTTTGAATATTCTAAAAGTTTAAATTT
TTTTCCCCTGAAAAAATGGCATTAAAGGAGAGAACGGTATCTGTGAATTTCTGTTGCCAGAGATGCTGCCAACCCCTGAAAGT
TGCATCCAACGTTTAGGGATTAGATTCTCAAACGATATCAGAGTTATCTATGCCACTTCACTAAACAATGATCGGGAAAAAT
AGAAATTATCTAATAGAAAATTTCCAGAAGCAGTTGGATGAAAGTAGCGTTATGAGAAAAATAGTTTCTACCTGTCAAGTTTG
CTGATGCAAGCAGTGATTTTATGGTCATAGATGAATTTCTAATTTACCCTTGGATAGTAATCAAACCTTTAAGAGTTTCTGCTG
CTCTGTTGATATTTATGCTGATCAGTCTGATGTGGATCATCCATTATGTGAAGAATGCAGTATAACTTATTGGATCAAATGG
ACCAGCAGTTGAGAATCGCTGAAGAAGAAATGCAAGGAATATAGGGATTTTCTTGAACATCTTGAATGGGAAATGAAGAGG
ATGATCTGGAGAAGTTGAAGACCGAGTTATCTAGTCTTCAAACGGAGGAAAGCTGATCTAGAGGCAGAAGTGTCTCATATGGA
GTCGAAAGAAGAAGAAATGAAGAAAGTTCTTAAAACGTGCGAAGATGAATGGGAATCTTTGCAGAGGGAAGAAGAAAAACG
CTGGCAAGAATACTGCTGTGACAACGACAACCTACTACAGGCTGAAGACAGTCAACGTAAGTAAATAATCAACTTAGATAT
GCTCAAGCACAATTAGACAACCTGAATAAAACCTAATGTTTAAATGCCACTTTCCATATCTGGCACAATGGCCATTTTGGAAAC
TATAACAATTTTCTGCTTGGCAGATTACCCACAGTAACTGTGGAATGGCCTGAAATCAATGCAGCCTGGGGCCAACTGTTT
TGTTATTACATTTCTAGCGAAGAAGATTAATCTTACATTTGAGCGTTATCGTCTTGTACCCTATGGTAACCATTCTACATAG
AAACCTTGAAAATAAGTCCAAAGATTTGCCCTTGTATTGTTCCGGAGGCATTCGTTTTCATGTTGGATCATAAGTTTGTCTTG
CAATGGTTGCATTTCTCGATTGCTTACAGCAATTCAAAGAGAAAGTTGAAAGTGGAGATGCTTCTTTTCAATTTGCCTTATGCA
ATGGATAAAGGCAAAATAAATTGATAAAAGTTCTAAAAGCTCGTACTCAATTAAGTGAATTTAATTTCTGAAGAACAATGGA
CAAAAGCGCTTAAATTTATGTTAACTAATCTAAAATGGGCTTTAGCTTGGGTTTCCACTCAATTTTCATGATAAATAATCAAAGTC
AATTTAAGTATTATCTTAAACGCTTTTATGCTTCTGTGTTGAATAATGTATGTGTTATGGC

>biogenesis of lysosome-related organelles complex 1 subunit 5 (BLOC1S5)

AGTTCTAAACATATTCAAATGGTGATGGTCTCTTATCCTGTTTTGTTTTCGTTTTAGTATCTTATTAATAATGTCTGAAGGAAA
TGTTTTGGAGCGAGTGATGAAAAGATATAGGAGATGTAGAAAGTCGCCTGTTTGACCATAGGCCATTCCGTTACAGGGGGAAACT
AAGTTTTTCTTGAAGGAATTTGAAGAAAAAGAAAGGAAAGGGAAGTGAGGAGAATGTTTGAAATGCTTGAAAATTTGTGACTG
AAATAAAGAAACACAAATGAAAAAGGTGTGAAACTTGGAGATATGCATCTTTGTAATTTAACTGGCCACTTTGAAGTGGC
TTTGGCTATGTGAATAATATTGTGGAAGAGAGGATTCCAATAAAAAAGAAAGACTTTTTAGATCGTAGGAGAGAAACAGAGG
AAAAAGGAGTGGATTGCATTTAAAGACTTTTTAGATCGTAGGAGAGAACAGAGGAAAAAGGAGTGGATTGCAATTTGTTGATG
ACATTCAGAATAAGAATACTGCTGTTAATCAAACATTTGCTGACAAAAGAGCAACTGAAAAACATATTACAATAAATTAGA
AGAATCTATGCATATACCCACACAGTCGGACAATAGTATTTAAGCTATGTATTTATTGTATACTGGAACATCTTAATAAT
GGCAATAGTTTTTGAATCTGAATCATGTTTCAGTATCGTTATATTGTCTATGGAACGAAACAAAAGAGTTGTTGATGAAA
GTTTCATGTTTAAATAATTTATCCCAAATTTGTGATTTTATTTTAACTTATGATTTATTATACTTATGCAACTTTGTAAAGTTT
TAATGACATTGAATGGAAAATCTTTATGTCTTTGTTATTTTTTGTGAAAAGAAATGTTATGAAAAATGAATTTTGCCAAGCGGAA
GAAATTTCTTTACTCATCTAGCATTATGAATAGTAAATGCATTGTTAGTTGAAAAATTCATTTATTCATTATTAGCTGTTATTTT
AGAAGTCTGTAAAGTATCTCAATTCAAAAATGTTTTAGTTGCTGAAAAAAAAGTATTACAAGTCTTCTCCCAAATCTATAAAT
TATAATTCCTTCAAATGATAGCTTGGCAGGTCCTTTATTTTCCACTAATATTGAACCATTTTGTATTGTCAGTTTAACTA
AAATTGTTCTCAAACCTCTTTAGTCCCAATCAGCATAACAAAATTTTTTAGTTTATATAAAATACATAGCATAGCATTACTCCA
TGCTAAAAATATTTAACAATTGACCAGTGACCCATAAATGATGTTTTAATGTCTCCAGAATTTTCAATTCAGTTTGTAGCAAT
AATTTAATAAAGAATGAAAATGACAATTTGAAAACAAAACTAATTGTGCAAAATCACAAACGCATTACTTTCATAATT
ATACCTACCTCAATTTAGTTATGTATTTCTAAACATTAACATAGCATCAACATACAACCTTATTGTATAAAATGTTGAGTTA
GGAGATTTTTTTACTGAAAATGCATATTTATTCATACGGAAATTTTTTATTTTTTTTATTGAAAATTTATTTTCATGTTTTCTGAG
CTTATTTTATGTTGAAAGTCGCATAAAATAATTTCTTTTTCTGTTTGAAGTTTTAAAAACATAGAATGATAGAGGCATTTTGGAA
AACAATTTTTTTAACTTAAAAATACATAACTATAATTTCTCAAATGTATTGAAAAATGTTTACTCATAACATCCATGATGTT
AAACATGTGTTTATATCTTATCTATATTGTTGGTTTTAAATCTGTTAAAAAAATATAATTTAAATAAATCTGCTTTTGTAAAT
AAATAAAGAATTTGTGTTTATATGTCTGCTTACTGAATTTGAGGTATACCGTGAACACTAACCATTCACCTGAAGCTAGTAT
ATTGAAAGTTCCCATTTGATTTTTAGCAAAATGGGGAACCGCAAAATCGGAATAATTTTTTAACTATATAGCATAATTTTCCT
TTATTAATAATTCATTTGATTAACACAGACTTCTACCATTAATAAATTTGGGTTTTAAAT

>midline uncoordinated (muc)

TGGTTTTAAATATTTAATGTTAAACAACGACCTCAAGTTATATTAGCAATTTACAGAACGAAATTTTATTACTCAAAACTGC
CAAATCTTTACCAAATTTGTTTTTGGACAGTTCACCATATTCCATGTGAGAAATTTTTCTACGGCAGAAAGAAATCGGCAAG
GGTATTTTTTGTGACCTTTTTAAATAAAAAGCAGCCCTTGTGTCAGATTTATTAATAAATAAATTTGTTTCATATTTAAACGAA
GTAAAAATGTTAAGAATTTAAAGCTCTATCCCTTTATGTGTACGAAAGTAGCTCGAAGTATTTTGGTTTTAAATTTAATGTT
AAACAACGACCTCAAGTTATATTAGCAATTTACAGAACGAAATTTTATTACTCAAACTGCCAAATCTTTACCAAATTTGTTT
TTTGGACAGTTCACCATATTCCATGTGAGAAATTTTTCTACGGATGGCCTGCCTCCTCATCATCGTGTACCAGTCCAGCTCT
CTCACCTACCATGGAAATGGGAACACTTATATCTTGGGAAAAAAGGAAGGTGACCAGTTAAATGAGGGAGATCTCCTTGCT
GAAATGAAACAGATAAGGCAACGATGGGATTTGAAACACCTGAGGAAGGCTATTTGGCTAAAATTTTAGTACCTGCTGGAA
CTAAAGATGTTCTTTGGGAAAGCTTTTTGTGTATAATTGTATCGAATGAATCAGATGTTGCTGCATTTGCTGATTTCAAAGAT
CCGGTGAACCGGTAATGCCATCAGCCCTAAAGCTGCTTCTGCTCCATCTCCTGCACCAGCTGCCTCACCACCATCTG
CTCCTTCGTCTAGTCCACCTATTCAAATAACACCTCCTAGTGGAGCATCTGGTGCATCTAGACTATTTGCTAGTCTTTAGCCA
AAACTATAGCAATCAAAAAGGACTAGACTTATCTGGTATTCAAGGATCTGGTCCCGGTGGTGAATTAGAGCACAAAGACCT
TGATAAAGCTGTTCTTCTGCTGCTCCTGCAGGTATATCTTCTGCCAATATACTGATATACCTTTGACTAATGTGAGACAGGT
CATAGCTCGCGTCTCCTTCAGTCTAAGCAGACTATACCATTATTATCTTTCTGTTGATGTGGTGATGGATAGGATTTTACG
TTTACGAGGTGAACTTAATAAAATGATGGAGAAAGAGGGTGTGAAATTATCAGTTAATGACTTTATTGTAAGGCTTCAGCTT
TGGCATGTAAGAAAGTACCAGCAGTTAATCTTCGTGGATGGACTCTTTTATTCGTCAATATAATGATGTTGACGTGAGTGT
GCTGTGAGTACAGATGCAGGGCTTATTACACCAATCGTCTCAATGCAGACTCAAAGGCTTATCAGATATTAGTTTACAGAC
TAAAAGATTAGCAAGCAAAAGCTCGTGAAGTAAATTTGAGGCTGAAGAATTTACGGGAGGCACTTTCACTATATCAAATCTA
GGGATGTTTGGGATTAAGAATTTTTCTGTGTAAATTAACCTCCTCAGTCTGCATTTCTGCTGTGGGTGGAACCTAAAAAGACT
ATGATACCAGATGATTCAAGGGAAGTTGGATACCGAACAGCTCAAGTAATGAGCGTTACACTAAGTTGTGATCATAGAGTTG
TTGATGGTGCTGTTGGGGCACAGTGGCTATCCATTTCAAAAAATTTAGAACAAACCAGAACTATGCTACTGTAAATATTT
AAGTTATAAGAAAAATGTCCTTGAAATATTAATAATCTTCTTATTGTTTCATATCCAAAATCTTTATGAAGTTATTATCAAAAT
TGTATCATAGATGATTTGTACATATCTTCTTATTTAAAGTGAATCTGTTAAAAAAATTAATTTTTTAGTAGAAATTTGTCA
CACAAAACCTAGATACTCATATTTTTGTTTTCGAAAATAAAATGTCTTTTTATTT

>tenzing norgay (tzn)

AAGTTGAAAGCTATCACGATTAACCTGTAACCTGGGCTCCCTTTTTGTTTTGTTATCTTTATATCGTCTGCTCGGTATTGAAATTAT
TAGGACTGTTTTCTTATCATTACGCTTATTATTGCTCTATATTTTAAAAATAAAATCATATACCTTATCAACATGAAAGTAT
CTATTTTAGGAGCTCTTGATGACAATTATATGACTTAATAATTGATGAAAAGTACTGGAAAGGCAGCTATTGTGACCCCTGTG
GAGCCCAATAAAGTGTGAAAGGCAGCAGACGATGCCAAAGTGGATCTCACGACGGTGTCTACTACTACCATCACTGGGATC
ACGCGGGTGGAAATCGCGAATTAGTGAACAGAAAAAGGTTTTGCAAGTCTTTGGCGGCGATGCTAATATCGAGGATTAAC
TGACAAGTCTCTCAGGCGACGAATTTAAATCGGAAACTTAAACAGTAAATGTCTGTACTGTAACGCGGTGCACACAGAGGG
CATGTCTGTTATTTGTAGAAGACCCATCAGGAGGGATCCAGCTGTTTTTACCAGGAGACAGTTGTTTTATGCCGGTTGCCG
AAAATCTTCGAAGGTACTGCCGATCAAATGTACGAAGCTCTCGTTGTCACTCCTCGGTGCACTGCCGATCAAACGATGGTCT
ACTGCGGTACAGTACTGCAAACTTTTGTACGCACATCAGTTGAACCGAAAAATGAAGTCAATTTGAAAAAGGCT
AGAATGGGCGAAGACGAAGAAGGCTGCAGGTGAACCCACTGTTCCCTCAACTATCGGAGATGAGAACTTTTGAATCTTTT

ATGCGCGTCTTCGGAATGAAGTCAAAAAGGCACGCAAAGTTAGAAGATCCGGTGGCTGTGATGGACTTTCTCAGGAATGAAA
AGAATCATTTCGCAAGACGCACCTAAAAAGGGATGTATTTCTTGAAAAAATTATTAATTGTTTA

>red Malpighian tubules (red)

ACTAAAATCGAACTAAAATCTGGCAACAGTTTAGAGTTATTTATGAGTAGACATGGACATGGCGACTATTGCAGAGCCACA
GGAGAAGATTTTCGCTCAATAGTTATGCGAAGAAGCATGTAAGATATGGAAGTATGGCAAAAAGAAGGAATGAAAACCTGAAAA
ACACATTAACATATTGTCCAACCTGGTGATACTCTGCAGGGATTAGCTCTTCGATATGGAGTTACTATGGAACAGATAAAAA
GAGCTAACAAAATGTGGACTGCTGATAGTCTTTTCTACGTTCCCTTAGACATTCCGTAGACCAAGAAGCTTTTATCGTTT
CTTCCATATCTTCTGCACCACAGACTCCACAGACATCTCCAGTGAACATCCTAGTGAATAAATGAAATGGTCACTTTTATTA
ATTGCCAACTAGTATTGACTTATCAGATATTCATTAATGCAAGTATTACAATAATAATGGGTAAATGGCGTAGAAAAA
GAAGAAAGTGTGCAGACTTTTAAATCAGAATTGATGTCACATTGCACAGACTAAGGATAAAGTACTTAGATTACAGCACA
AAGTTGTAACGAAATCACACCAGTTAGGGAGAGTTCTGTGATCCGTAATTTCAACAATCTGTTAACTACTAAATGAAACA
AAATCAAAATTAAGCCCTGGTCTCTACATTACAACATCTGCATACAAGTTGCATTGTATGTAATTTTATAAGACTTACACGT
GTTGTGATTTTAAATTTATCATTGTATCACATTTCTTCGATATTGTTTACCAGTGATTGTGATACTTGATTTTGTAGTGTTA
TAGATAGTTTTTTGTAATAATCTGGAACAAAAGTATTTTGATTTTA

>CG13630

AACGTGAATTTGCTTTTCATTGTTTTACGGCGTGAATTTCAATTTTAGGTTAAAAAAGAGTGATATTTAACAATGGCAA
ATGAAAATATTAATGAGCATAAATGTGAAACTGATAAATGTGAGAATTTTGCAAAATTACGTTGCCCAACTGTATTAAGTTG
GGAATAAATGGTTCATATTTTGTCTCAGGAATGTTTTAAAGGCAATTGGAATATTCACAAGGAAGTTCATAAAAAAGCTAG
AGGAGCCGGCAACAAACCATAATCCTTGGCCTGATTATGAATTTACAGGGAACTGCGGCCATACCCACTTGTGNNNNNN
NN
TGCTTCAAAAATATACAAATTTGAAATAACCATCAACATGTTTCAAGCTCTCGAAAAATAGTTGCTATTTTCGAGACTTGT
GACATGAAGGAGGAGCCGGCAACAAACCATAAATCCTTGGCCTGATTATGAATTTACAGGGAACTGCGGCCATACCCACT
TACCCCTAAAAAGAGAAGTCCCTGATTCTATAATGCGACCTGATTATGCTGATCCTACAGGTGTATCTTTGTGTGAAACTA
CATTAAAGGGAACAACAAGCATCAAAATCCTAGATGATGAAGAAATTCAGGGTGTCTTTAGCTTCAAAGCTTGTCTCGAGA
GGTGTAGACGCAGCTGCAAAAGCTGTGTGTTGGCGTACTACCGATGAATTGGATCGCATTGTTTATGAAGCATGTATAG
AAAGAAATTTATCCTTACCTTTAAATTTATTACACATTTCCAAAGCTTGTGTGCACCTCAGTGAATGAAGTCATTTGTCTATG
GCATACCAGATTTACGACCCCTAGAAGATGGAGATCTTCTAAATATTGACATTTACCGTGTATCACAATGGCTTTCACGGAGAT
TTAAATGAAACTTCTTAGTTGAAATGTGATGAAGCAGGGAAAAAATCTGGTGCCTGTTACATACGAGTCCCTGATGAAAG
CTATCGAAAATAGTGAACCTGGAGAGAAATATAGAGAAATTTGGTAATGTCATTCAAAAGTATGTCCAAGCACATGGTTTTTTC
AGTTGTTAGGAGCTATTGTGGTACCGAATACATAGATTATTTACATAACTCCTAGCGTTCCTCATTATGCAAAAAACAAGG
CAATTGGAATAATGAAACCTGGACATTGTTTCACTATTGAACCTATGATTCTGAAGGTACTTGGACTGATAACACATGGCCA
GATGAATGGACTGCTGTGACCCGTGATGGTAAACGGTCTGCACAATTTGAACAGACCCTGTAGTGACGGAACTGGATGTG
AGATCCTGACCGGAGAAGGAATCTTGGAGGACAGCCTACTTTATGGACAATTTGCTTACAGTGTGTTATGACAATATA
TTAATTGAAATAGATTTGAATTAGAATGTGTTAAAATAATTTTTTATTGTTTTGTTTATGCAAGATACAATTTATACCTTACAA
AATAAAACAAAAAAATTCCTGCAATACTTCAAAATTTATTTGATAATTAACACTTTTTTTATTTTATTTAAAAATTTAAAACTA
TGAATTACAAAAGAAAAATAATTAATAAAGTACAATGGATCTCATGGAATAATGTGTCTTAAAAATAGGTGATTACTTTGGA
ATAATTAGCAAGTATTCTATCTATACATAACCATAATACACTTATCTAAGAAGAATTATAGTCTATATGCAAAAATTTCTT
GGCTATGAACTCAATACATTTCTAACAATTTTCTTATTTCTATACCTTACCTATTTATATTGAGTGATTCAACGGATTGAAAA
CTTTTAAATGTTAAACATTTCTTATAGTTTACCAATAACTTTTTTTTTCTTTAGAAATTCATTTATTTTGTCTTCCAATTTGTGCTT
TTTAGTTTTTCAATTAATCATAATGTATTAATAAGTTTGAATAAATAACTTTTGATTATTTAAAAATAGGTGCAATTTTAA
ACTGTTAAAAATATTAGATGTTTATTTTGGAGAACTTTCTTCCACTTAAAGGTTGAAAGAACTTGTCTATCCCTAATTCAAAGCA
TGGTATTTATGTTTATTTCAAGCATGAATGTGAAGTAAAAGATGTATTTTACTAAACACAAATTTTAAAAAAATTTCAAATT
CAAATATTGTAACCTAAATATGTTTATAAATTTATCAATATCTTAATAATTAATATTTTAACTAAATTTATGCAACTGATATT
TATAATAAGAAAAAGATTATTTACTGATATTTTAAATTTCTGTATATATTTACTTGTAAATATTGTTGCATTCATTGTTAATGA
AAAATACTATTTTTATTATTATTAGTATTTAATGATTTGCTCAATATTTTCTTCTGCTAATCTTTTTCTCTGAGAATGTA
CAGCATTTAGTTTTTAAACTAGGTATTGTAATAAAGTTTATTTGAAAAATAGTAAACGTGCTATTGAGTACTTTTAAAAAATTA
GAAATGCTTATTAACCTGATTCAAATCTTTTCTGTTTTCTTCAAATGCCAAGAAATTTGAAATGTTAAGTAATTTGGTCAA
GACTTTTTTAAAAATGTAGTAGTAAATGGCAGAATAAGTTAAATACATACAGCCAGAGGAGAAATATTTTTTTAGTTCTAT
AGTGACAACAGATCCAAATTTCCATAAGCTCAGCTGTTTCTCAGTGAGCATGTCATAAGGGGAAAAAACAAGGTT
CATTTGTTAAAGAATGCTCTGATGATAAACCAATATTTAATTCAGGAATAGGGAGTGATTTCATATATGCTAATTAATTAG
TCCTTACTATTAATTAAGTTATGAAATCAAAACAAAACCATACTTTCTCTGAATAAACATTTCTTACACAT

>nostrin (nost)

GCAAGTTATTTCTTAAAATTACAACAGATGGCGCTATTTAAATGCAAAATCAAACTTTTTCTGCTGTAATTTCAATTTCCCA
TCATCAACATGACTACCATTCAAAGTAATGATTTTCAATTTAAAAGGAAGACACCAACGTTTCGAAAGACGGTGCAGTCA
CTTTTGTATTTATTTGGGCAAGAAGTTGTAGATGTTGAACAACGGTAAAAATGTGAAAGAGTGTATATTGTTTTTAAAAAT
AATAGTTCGTCCTACTCGTGCAGAAAGATTCTCAGTGGATATTTGTGTTTTTCTCTTTTTTTTATTAATAACAATCATCCC
TGCTTGCATTTCCACCCGCATCCACATGTTGTTGAAGATGTTTACATTTTGCATTATTAAGGATTATTTTAAAAAATTCAT
GAAAACAACGAAATGCTTTCCAGGAGTCAATTTGGGGTCCTAATGGCTTTGAAGAGCTCAGAAAAATCAATCAAGAAGGAC
AAGATTTTACTAAAGACATGGCAGCAATTTTCAATGAAAGACTGAACTAGAAATAACATACGCTAAACATTTGTGCAAAATTA
GCTGTAAGATAAACAAGGCAACTAGATTAGTACTGGGACAACCTCAACATGCTGGCAGGAAGTCTCTCAAATGGAAA
ATGAAGCCGACACTCACAGCTATATGAAAGCTAAATTAGCCGTTAGCTCTATAGCCAAAAATGTCAAACCTGTTCTGATAGGCTG
AAAATACTCTTAACACAGTAGATGTTGGAGCGGATTTACAGAAGCTAATAGAACTAAAGGAAGTGGTCCAAATATACCCG
AACAAATCTCTCTGATTTTTATGCTGAAAATCTGAAACAATGAAATGAAGAAAGAGAGAAGAAAAAAGAAATCTCCAGAGTT

TCTAAACCTCCTCAAACATGATCTGGAGTTAGAGAGAAAAGGCAACAGGGAGTCGAGAACTTAGCTAAAGTTTTTCAAGAG
ACGCCAGCTTTTGGAGATGCAGATGCTCAGCAAGACGTGTTTGGAGAAGCTTCAAATATGCGTGTCTATGCTAACTTATTTGGA
AGCAACTCGATATAAAATGCAAAAGTGTGTAGCTGATTTAGAGGTAGAAATAAGCCAACCTCCTTTGTATACTCACATGG
AAATAAAGAATAAAACAAGTTGATTCAAATGACCTGTATGCAAAATATGCCATCTCATACTAATGGTATATCATCAATGACACA
GTGCAGAGCATTGTATGACTATGAAGCTAAGCTAAGTGACGAATTGACTCTTCATCCAGGAGACATAATTTTGGTTCAAAA
AAACGGAAGACGGTTGGTGGCAAGGTGAATGGTACCATGGGAGTTTTCCCTCAACTTATGTGGAAGAAGTGTAACT
GCTCAACACAGCTTCCAAAAAGTTCCTCTTGTACATTGACAACATAGCAGTCAAATTTTCATTGCTAAAGAGCTTAATTTGG
ATGAATGATGCACTATAGGACTTAAATTTATGAACAAAAATTCGTTTTTAAATCTAAGAAATGGATTTTCTTATTTAAGGAAG
TGTATTTAAAGAACTGTGCACCTGAAATGTACATATGATGTGTATGGATAAATAAGGCATTTGTAAATAAAATTTGAATTAATA
TTTGGTTCTTTAAATGTATGAATAAAGTACTTTTGTATATAATGATATATCTTAGATTTTAAATCAGTGGTACTACTAGATTTTC
TGTAAGGCGTGGTAGAGAAAAAGTCAATTGAAAAATCAAATTTGGTAAAAATCAAGCTTAAAAATCCAAATTAGTGGGAAAA
AATAATAAATTTCTGTAGGCTGCATTGTGTAGCGTATTTGATGACTATTTAACAAATATTAGAATGTAATAAATTTAAATTTCAAAAGT
AAAATTTCAAAACATATTTATAATAACATTGTTTCTATTTATATTTTCTGTATGTGTTTCATAAATCGCGCTGTATTTTATTGTC
TCCGTTGGTTATTTTCGAAAAATTAATTGATTTTTTTTTTACATGAATTAAGTAAAGTATAATTTAAAAAATATTCGTATTTAATTT
CCCAGTTTCAAAATGCTTGCATAAAAAAAGTTAATATCTTTTACCATCCTTATAGACTGTTATACGTTTCATGAATAATAGCT
ATACAAATTTGTGTAGCATTGCATTCTACACATTGTATTTTATATATTTTCTCTTAGTTTAGTTTATAGGACATCATTAAAAAT
GTTTTATACAATTTGTTTCATTATTGGTAGTAAAATAACCACAAATAAGTGTACACAAAAAAGTTGATTTTTGAACTGCTTTGAC
GTTTGATTTTATTATAATAAATCACATAATATGCATCAAAAAATATATTTTAAAGAGGATAAAGTTATTATTATTACAACATTTTC
ACCCTCTAAGTATCATAGTTGTTGAGTCAGATTTGTAGCATTTTTTTAAATAAAGGATAAAGTATTTTTTTCACGAAACCTTTG
TGACATAAGTTTCTTAAAAAGTACTAACAAGTATTTTATGATGGAGAAAGTATTACTATCCATGAAATTTTATTTTCTTAT
TCAAAAAATGTTTTTAAATTTTCATCCAGACCAAAAAATTTTATGTTTTTCAATGAAATTTTTTATAACATCGCATGTTGCATTTGCACCTT
TTTTTCTTCAGATAATGGCAGTGCATCAGTGCATTTTATAGCATTGGAATGTTTATGCTATTAAGTTAGAAACCAACTAAGAT
GATTCAGTCCAAAACCCAAAAAGAAATGCCTTCATAAAAAAAGTTTCAATTTTACTGTAATAAATCAACCAATATTCTAATTT
AGGCAATTTTGAATCACTGAATTTAAATCAAGTAAATTTTCAATGAAAGACTATCAACATGGCGAGAAATTAACGTTTATTTGGGA
TTCAAGTTAAATAATCTTGGATATTAATCTGTCAATTTTTCTTCTTGTATGATTAATGTTTGAATATTGACTAACGTATATCTACTT
TGTGATTACAAATTAATGAAATAAATCTCTCCAACATCTGATCATAAAGTATAAAAAAATAAAATACTTTTTAAATATTTTT
AGTACGTGATTTTTAAATAAATATCCTCGATTATTTTTTAAACATACATTTTAAAGTAACTACTTTTGAAGAAATTTAAGA
TATACATTTTGATAGATAAATATTGTTATAAATGTGCTCCTTAGTA

>SP2353

AGGGAGCTTATTGCTTACATCATGCTTATTATAGTCTTACTTTAATTATCAACTTTGAATCAACAGAAATCAGCTAAAAATTTT
GAAGCTGTTTCCAAGGGGAGTGTGAGAAGATAGCCCATGTCAGCACCTGTGTTTTGACCTTCACGATGGCACCTTTGAATG
CGCGTGTAAAGAAGGATTACATTATCCGTTAACGGTTACAGCTGCATAGAAAACTCAAATTTACGGAGTGACTGGAGTAAT
TCTTCATTGTGGTTAGAGAATGGAACCTCCTCAGAAGAGTTTTTGAATCTGAAGATTTACAACAAATCCAATCATTTCATTCA
AAAAATAAAGAACGCCTTGAAAGTGCATACATACCTTTGAACTTAAACATATAAATTTCTGATGGGGTTCATATTATATTGA
ACTCAATAGAATCAATATCTCTATATCTTACGAACATCTTTATGATAATTCAGCTGGACGCTCACTGAACCTTTAAAGTGT
GAATGCTCCTTATACAGCGGGGAAAAATTAGATCTACATGGTACTTCATATCTATTTCCCTTAAACAAAGGTTTTATTGAATTC
AGATTTGATTGTGGAATGGGTGAAGGTCTACTTGTGACGATCAGCCTGTAGTTTTGCGGTCTTGGAACTTTAACAATATA
CCGAGACAGATGGGACGCATGGATGCAACTGAACAGCGGTAGCCAAGTTCAAGGGCGCTCAAAAGGTCTATTTTCGCGAATA
ACCTTCCGTTTAAATTTGACTTGGGAGGTTCTCCAAATATTACTAGTTGTGACAGAAGTCAAAACGAAATCAAGTTTTAA
AGGTTGCTTGAAGCATTAGCCATTAATCGTCAAATCTACGACTTTAGACTTATATCAAAAGGAGATGCGTTGGAAGTGTG
ACATAGATGAATGCAGTGTGATGTTTGCAGCAAAAGTATGTTTGAACGGTGGACAATGCGTTGCAGCCAGTCTGATTAT
GGGGTATGCTCTGTCCATTAGGATATATAGGAGACAAATGTGAAACAGCCATGGAGCTGTTGTACCTTTATTTAATGGCTC
TTCATATCTTCAATCTCTGGTCTAAGTAATCTGTTTTGCTATTTATCGAGCTTCAAATTTGTTTTCAAGCCATATAGACCAA
TGGTCTTATTCTTACAATGGTTATAAAATGGACGGTACAGCGACTTCAATAAGTCTCAGTTAGTGAAGTGGTATTTGAAAT
TCGTTTTGATTTAGGAACTGGAGTTGCAGTAATAAGAAGTGAAGAACCATTTCTGTTGGAGAATGGCATAACAGCTTTCAAT
CCCGGACAGGCAGAGATGGTATTTTGAAGTAGACGAACAACCCAAAGTAGAAGGTACTTCACCTGGTGCATTTACACAAC
ATCCTTACCATTAAATATGTACATTGGTGGAGTACATGATGCAAGAGATGTTGCTAGAAAAGCTTTTATAACTGAGTCTTTA
CTGGCTGCATCAAAAAGGTTATCATTAAATGGAAAACTGTTAAACTTATCGATGATGCTTTTACAGGAATCAACGTGGCAA
CTGCTCCATTCTTGGTTGAAGAACCATGTAATAAATGGAGGTTACTGTGAACCTAGAATGGCTTTATATACATGTCCTGCTC
ATTTGGGTTATGCTGGAACAACTGTGAAAACGAAGTTACAGAAATGATTGCAGAACCATGTTTACAGGAGCAAGTTATCT
CCATTATATGGATGAAAATATAGTAAAAAGAATAAGAGGAAACAAAATTTGATATAAAATTTAAATTTTCGTTTCATTCCGACCC
AGTGGATTAATTTTATGGACAGGAAAAAAGATATGTCTGCTTACGCCGACTACTTAGCCTTAGGTCTGCGTGTGATGATTT
ACATTTTCAATAACAACCTTGGAAAGTGGTGAAGTAATAATCGTTTCAACACAGTACAAAATTAGATGACGAAAAATGGCACACA
GTTAGAATCATACGAGTTGAGCAAGAAGGATCACTAACAGTTGATAAAGGCTTCACTGTGACTGGGGTATCTCCAGGCCTTCT
AAATCAACTTAATGTTAATAATGGATTATATCTTGGTGGAAATGGAAAACCTATCCAGCTTAAGTATGAATAAATACCTCTCAG
GTTTAGTTGGTTGCTTGCAAATGTAACCTATCAACAGACTATCATATTCGTCTGATTACGCACGCAACTACTGGGATCAAC
ATTACGGCGTGTCTTAGAATTAATTACAATGTATAAG

>CG8892

AACCATCAATTTTTTTTTTAAACAATCATCAGACAGATGTCAACAAAGATGGCGGACTTAGAATAGCAGTTTTATTGCGTACA
AATCAATTTTCAAAGATTAAGGAACATTTGAATCATGGCTTCCACTTAATATCTATAAATCCGAAAAATAATGCTGTG
CTCATTAGTCAATTTTGTCTGGTAACTGGAGCGGATAAAGATAAAGCAATGAAAATGTTGGAAGTATGCAACTGGAATTTG
AAATGGCCATCAATATGCATGTAGACTCCTGCCCGAGAATCCTCAGAATAGTACCAGTAATGGAACGGATGAAGATAACAT
CAGAGATCCGATACCCCAATCCAGAGCTGTGCTTATGGAAGAGGATATGAATTTCCATTACGGTCTTGAAGAACCACAAACGA
AAACCACACGCAGTGTGATGGATTACGAGATTTCCAAGCTGAAGCCCAATTGCAAGGTCAGAATGGACAAAATGAAAGTA
GTATGTCGAAAAAAGACGGACTTTAGAAGACCTTTTTTCGACCCTTTAGATATAATGTACAGAGGTAGTTTTGAATCCGCA
AGGGATTTTGGACAAGGTGCAACAAATGGCTTTTGGTAAATCTTCAAAACGCCAAGAGTTTTTCATGCCAGATCCTAAATCG

TGATGTCTGGAGCAATAAACTGTAAAGTCTCTAATAAAGGAAAACCTCGTTTTCTGGCAAATTTATCTGGACAGCAGTGATG
GACAAAAGATATACACAGTTTTATAAAGCTTTCAAATTCCTCATATTTCTGTTTTAGATCCACAAAACCTGGGAAAAAATTGTA
GAATGGAATGAAGTTACTTCTACCAGTATAATAGAATTAATCACACTGTTTTACGTGAGCACTGTGCACCAGATGGATCAAG
AGTTACAGTAGATCAAAAAGACGTTTCAGTGTGATGTGATCAAAAGCAAGAAGAGCAACTAAAAGCTGCTTTAGCAGCCTCA
CTTAAAGATGTAAAGCCGAGCACAATCGTTATAGATGATGACAGTGACATCGAAACATTTGATTCAGATTCAGAGAGTACTA
ATGACAAAAGTGTCTATAGTGAATCTTAAATCAAATGAAAATTCGAATGATGTGATAGATGTTGTTGGACTCCCTGAAAGCCTA
AATCAGGAAAGTTCTCTACCTGCCAAATCCTGGAAAAGATTTCTTGGGAAGCAAAGATGATCAAGTGTCCGATTTAGTACTTAG
GCTTCCAGATGGGAAAAAAGAGCAAGTTTCATGGCCATGTACATCAAAATAGAATGCCTTTTGTCTTATGTTGAAGAAATCG
GTTATGCTTTGGAAAAATTAAGAACTGTTACCAATTATCCACGCCGTAACATTTGCCAATTAGATAAAATGTAATCTCTCCAAG
ATGTTGATTTGTTTCCCGGAGAAATGATTTTTGTGCAGTTAAAAAATCATGATTCTTAATGACAGTTTAAATTTTACTTACAAT
TTTGTTAATAATAAAATTTGAGAAGCATG

>adipose (adp)

CTGTAACGCTAAAAATAAAATCGACATTGGCTTCTGTCTTTGTTTATTACGAAATAGTTGTTTTGTTATCGAAACGATTTAT
TACCAATTTTAAAGTCGTATATACAAGAGAATAAAACAAAACATGGTTTATAATGTTTTTCAGACAATAATATAATTTCCAATCT
CTGTAATAAATGGCAGAGTTGAGAAGAAATATTTATTTTCGATATCTATAACTCTCCTTACGGATGCATTAATAAAGTTTCAG
CTGTTTGATGTGCAAAAAACAGCAGAGACTTTGTTTCAGAAATTCGCAACTTCAAAGAAAAATACCTGTTCACTTGGATGTGT
GAACAGTATTTGTTGGAATGAAAATGGGAGTTATATTTTATCTGGCTCTGATGATCAAAGATTAGCAATCGTCAATGGTTATG
ACTATTCGGTAGTAGCCCTGGTTGACACTGGTCATCGTGTAACATATTTAGTGCAAAATTCCTTACCTTGCTCAAATGACTCAC
AGGTTGATCATGTTCTGGAGATGGAATTAATTTTACAGATTTAAACCCGACCTCCAGTAGTATAGATAATAAATTTGTGT
GTCACAGAGGTACAGCATAAGAAATAATGACAGTACCAAAATGATCCCAACACTTTTTTATCTGTGGTGAAGATAGGACTGTT
AGATGGTTTGATATTCGCACCAAAAATATCATGCAATAAAGAAGATTGTAAGATGATGTTTTGATCAATGTCAAGCACCAGT
GACTTCACTTGCTGTAATCCTCTTATACCATATCAACTGGCAGTTGGATCTGCTGATGCTTCCGTCGCGATATTTGATCGCAG
AATGCTATCTACTCAAAGTGTGCAGGCTTGACCCCTGAAAACTCGTACTTCTTCCGGATGATTTTGAAGAACTCCTAAAA
TTCTATGTAAGATGGGCCATCTACTCAAGTGATCCAGATAATGATTCTGGTTTATCTTCCGTGGACGACCTTTAATGAAAA
GACTAAGAATAAGAGGCGATTGGTCTGATACTGGTCCCAATGCTCGGCCTGAATCTGAAGCTCGAGAACTTCTTCTGAAAAAT
ACATCTAGAAAATAGCATAGTGCACAATGACTGATATTTGACAAGAAATGTTCAATAACACTAGTCAGAACACTGAAAGAT
CTGAGGCATCTCACTAGCATCAGCATCATCACACGGATCTTCACTGAAGACATTGATGCTGCTTCCAGTGAAGACAGAGCA
TTAGTAGAGCCATCTACCAACAAGAACCTGCAGTATTTGAAAACCAACCAATGGATATCGATAGTTCAGAGCCAGTGAAT
ATCAGAATGAACCATCAGATCTTCAAACCTGAGGATTTGGCACAAGGATCATCAATTCAAAATCCCAGTGAAGATAACCATGA
TAGTGTGCCATCAATTACTTATAGTGCCTTTGAAAGTGATAGACTTACTGAAAATGTTACACAAAACCTGTTGAAACAAAATAATG
AAAGAAAAAATTTGTGATAAAAAACCCAGTGATTTGAAAATGGATATGGCAATACTGAAGAAAACCCGAATCGTGAGGCTTT
AACTTCTCTGAGGATGTTCTTCTGATTTCTGCAGATAATTAAGCAAGTTTGAATATTAAGCAAGTTTGAATCTAGGAAAAGGAT
TGATCGAAAAGCATGTTTCTGAACCAATGGTGAACCTTACTTACTGATTTGCAAAAGTGTGAACAGTGGCCTTATTACATGGAT
GTAGCCACCTCTAGTACACCAATGAAAGGCAATGGTTAGAACAACCTGCATCAGAATTGCCTGAGCTTCCATCTTATGAAG
AATCTTCTCATCCTCAAACATCAGTAGTTCATCATACCGCTGCAAAATCTATTATCTGGTCTGATAGTGAGACTGAAGCTGCAG
TACAACATTTCAACCAACAGTAATCTACCCACAATCACTCAGACACTAGCAGACCTTTGACTTTCCTGAAACGAGCAGAT
GCCGCTGAAGATGGAATAGAAATTAATGGTTGAAGTTGATCTTCTGGGATAGTGATGAAGCAATGCTAGAGGACAGAC
AAGGATCACCCAGTGCAGAAACAGAAGAACAAGATGTGATAGGCATTCTGACGACTTTATGTGTTCACTCAATGAAAAAGT
CAAAGCTGCTAATGATGAACCTAAGAGAGAGAAGATTACCTTGCAAAATGTTACTCAACCCAGAGTGAAGAGAAAAGTATACA
GGCCATAGAAAATGCAAGAACCATGATCAAAAGAATCAACATTTTGGGGTGATAATTTATAATGAGTGGCTCTGACTGTGGTC
ACATATTTATTTGGATAGATATACTGCAGAAATTAATGCTAATGGAAGCCGATCACCATTGTTGAAATTTTAACTTAACT
CACCTTTTCGACCCTATCCTTGCATCGAGTGGTATAGATAATGATATTAACCTATGGGCACCCACTAGAGAAGAACCCTTTCTT
TGATGTGGACAAAAGCTAATGAGATTATCAAAACGAAATGAAGTTATGCTAGAAAGAGACAAAAGATACCATTACTGTTCCAGCA
TCTTTCATGTTTCTGATGTTTACATCATTAAAGCAATTTTGAAGACTGGGCGAGCATATAGATGGAGTCTGCAGCAAGAGAAAAT
CGCAGCTGTCGGGAGAGAGAAAACCAAGAAGCTGCGACAGCATGAGACTTTGGCTTATTTGTAATTTTAACTTCACTGTC
ATTTTGTCTGTTGTTTAAATCTATGCATTTTGTGTTAAGACATTTAGAACTAAGTTTTTATAGGGGTGATTGCTTTGCAAGTG
ATAAAATCTTGATTTTCAATCATGTAGCTGAAAATAAGTCTACAGCAGTGTAATATTTGAAAAAAGTTCCCTCACAATCATTTT
ACCCATAAATACAAAATTTATTTGCTATTTGGTGCATTTCAAATACCTTTTTTTTTTCTTATAAAAATTTTGGATTTCATGAT
TTTCCCTAATTTTATTTTATTTTAAAACATTTACCAATGTTTGGCAATTTTCTGAGAATGTTTATAAATCACTACTGTTG
TAAATTTTATCTATACACTTTTGAATAATTTGTTTTTCAATTTGAAAATATAGTCTTTCATATTTATCAATAATTTTATGTTG
GGTATAATCTTATGTAATTAACACTATGCAATCCATATTTTCAAATAAATTTGAAGATTTTTCGAATGCTTTATTTTCTGATC
GGGATATAATTTTCTGTTTAAAGTTTAAATAAATTTCTATAAATCATTTAACTTATTCTGCACACAAAATAATCTTCTGA
ATGTTTTTCAAACACATTTTAAATTTGTTTTTATTTTCAATGTTTCTCTTTTACTTTCTATTTGCAATTTTCACTTAGTAG
TAATAGGACAATATTAATTTGTTTCTAACTTATATAGATAAATAAATTTTCAAATATATATCTAATCCTTTGCATGTTAA
ACCTCTACCCTGTTTGAAGTAAAATAATGTTTTCTTGCATACCAATCGTTTTTATCTATGTCATTTCACTACTCAAGAGGTTTCC
TTCTTAAATCAACAGGAGAAATTTTCAATCCCAATGTTTGCAGTAATCTCTGTTTTTTTTTATTTGTTTCATAACACTATTTGATCA
GCTTACCCTGAAGTATGTTGTTGATGTTTATGTTTATGATCCAGTATAAATTAATCCTGGCTTTTGAACCAATATATCTGATTTCTATAT
TTAAGCATGTAAGAAGAACTTTCCATTTAAAAAGCTGTTCAAAATTTGACTGAAAAAATGGATAATTCAGCAATCTGTATT
TATCTGTTATGGATGATTATTCCAATGTATGCAATGAAAAATTTCTTGTAACTTAAAGCAATTAATAAACTTTTTAAGTCCAT
CTTCTACATCTGAAAAAGTATTACAAAGTCCATTACTCTGGAAAATCATATGGATTATTACAATTCATAAAAATTTTATGAAAT
TGTAATAATTTAAATATTTCTTATGATGGAGAAAATTTTGTATTTAAAAAATGAATTTCCATGAAAGCAAGAAGTGTTTCA
TATATATGATGATGACTACTAGGAGTACTGGAATTTGTGAAGTATTTATGTTGGAATATAGATAAAGAAATTTATGATG
AGAAATGGAATCTTTGGAAAAAAGTAACTTTTGTAACTTAACTTCTATAATGCATGTTATAGAAAGTGTCTATAATGCA
ATCTATGAACGCAGTTAGTTATGTTATATCTACCAAAATCTAACGGTAAGAGCATTTTATGCACTCCATTTACTTCAAGTTTAC
TGAAAGCAGTGTCTTACATTAGCAGCTCAAAAGAAATATCTTAAATTTGAACCAGTTCTGGATCAAAAACCCCTTACTTTGG
ATATGGTCACATGACATGCTGTACCAATCATTTTTACACCATAGAGCTGGTTTTGTCTAAAAACAGTTTCAATTAATAAAGTA
GGGTTGAAAAGCTGCTTTTATTTCCAAAATCAGGTTTATAATTTGTGCATTTTGGAGGAGAAGTACAAGCAAGCAATGCTGTA
AATTAATTAAGTCAATGGTACAGTGCCTGAAAAATAATGTTTACTCACAAAGCGCAGTATTCATTGATACAGTAATTTAATTTGT
GTCTAGATATGTTGAAATAATATGTTTAAACAGTTATTAAGAAAGTAAAGTCTGTGATTAATGATAAAAAAAGTGTTCAG
ACGTCGAAATTTTAGCATAAGAAAAATGTTTATGTTTCACTTCAAGCTTTTCAATTTCAATTTTGTCTGATTTTGTGTT
TTAAAAAATTTTGTGTGTTTCTTATTTCAAGTTATAAATTTAACAATTTGCAAAATCCTTATCAACCTGCAAAATTTATTTCAAA
AAAAATCAATTAATTTCAATTTTTAAAAATTAATTTAAGTTTTGAAAGTTAATATCTTGAAGTAGAAAATATGTTTTAAATGTTG

AATTAAATATTGTATTAATCCTTATTGTTTAAATATTATTATTAATGCTAAAAGTGTTTTAATTTATAATGCATAACTTAAATT
AATTTAATACAATTCGATAAAAAAATTCCTTAGCTGCTGTGTTAATGCATTCAATAGCAATCACCCCTAACTAGTGAGATG
AAAAAATGTGGCTTGCTTGTGAAATGTTTTATTTATTTGAATTGTTTGTTCATATGTGGAAAAATGTTTGTTCACATA
TTCTGTTGGAATTTTTCAAACCTTATTTTATTTAAAATATTATTGAAAATCTTATTTAAAATGTCAAAATATTTTGTAAATTT
CTGTTAATATAATTAGTTATCGCATTAACTGAATCTTTGAATGATATTGAGATAGATGTTTCCTGTTTTTGATAAATTTGTTA
CACTGCAATTGAAGTATTATTTCCAACCTATTTATAAAATTTAAAATCATTCAAACTC