

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských  
zvířat**



**GENETICKÉ ZDROJE NUTRIÍ A JEJICH MASNÁ  
UŽITKOVOST**

Disertační práce

Doktorand: Ing. Tomáš Němeček

Školitel: prof. Ing. Eva Tůmová CSc.

Konzultant: prof. Ing. Věra Skřivanová, CSc.

Praha 2019

# Obsah

1. Úvod.....	1
2. Genetické zdroje v České republice .....	3
2.1 Genetické zdroje nutrií .....	5
3. Masná užitkovost nutrií.....	7
4. Kvalita masa nutrií .....	10
5. Hypotéza .....	14
6. Cíl práce .....	14
7. Vlastní metodika práce.....	15
7.1.1 Pokus č. 1 .....	17
7.1.2 Pokus č. 2 .....	18
7.1.3 Pokus č. 3 .....	18
8. Publikace .....	19
9. Diskuze.....	49
10. Závěr .....	55
11. Seznam použité literatury.....	57

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou disertační práci na téma "Genetické zdroje nutrií a jejich masná užitkovost " vypracoval samostatně pod vedením vedoucího disertační práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené disertační práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

.....

Tomáš Němeček, Ing.

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval své vedoucí, prof. Ing. Evě Tůmové, CSc., za obětavé vedení a cenné připomínky.

## 1. Úvod

Maso je jednou ze základních složek lidské stravy. V současné době je spotřebiteli vyhledáváno maso, které je lehce stravitelné, s nízkým obsahem tuku a cholesterolu, vysokým obsahem bílkovin a příznivým obsahem mastných kyselin. Zároveň jsou kladeny nároky na vysoký podíl libové svaloviny, což vedlo ke šlechtění skotu, prasat, ovcí, koz a drůbeže, tak aby tyto požadavky byly splněny. I maso nutrií svým složením odpovídá požadavkům spotřebitele, je podobné králičímu a drůbežímu masu, protože má nízký obsah tuku a vysoký obsah bílkovin. Maso nutrií bylo konzumováno hlavně v zemích původu, tedy v Argentině a Uruguayi. V Evropě je jejich maso konzumováno především v Německu, v Polsku, na Slovensku a u nás.

Chov nutrií nemá na rozdíl od ostatních druhů hospodářských zvířat dlouhou historii. V Jižní Americe byly nutrie původně loveny pro maso. Domestikace tohoto druhu začala na počátku minulého století v jejich domovině. Do Evropy se nutrie dostaly v první polovině 20. století. Původně byl chov nutrií zaměřen na produkci kvalitních kožešin, přičemž maso bylo vedlejším produktem. Do České republiky byly nutrie dovezeny v roce 1925 panem Kinclem. Velkého rozvoje dosáhl chov během padesátých let minulého století, ale produkce kožešin byla bohužel nerentabilní a většina chovů zanikla v tomto desetiletí. K dalšímu prudkému rozvoji dochází v roce 1965, kdy bylo vyprodukováno až 1 000 000 kožek ročně, následně došlo k prudkému poklesu cen i počtu chovaných zvířat v roce 1967. Na konci šedesátých let tvořila produkce kožek z Československa přibližně třetinu celkové produkce. Po roce 1968 se stavy nutrií výrazně snižují a produkce kůží dosahuje úrovně 100 000 kusů ročně. Další výrazný rozvoj chovu nutrií proběhl během sedmdesátých a osmdesátých let. Situace v chovu nutrií byla negativně ovlivněna produkcí umělých kožešin. V polovině devadesátých let poklesly stavy nutrií na nejnižší úroveň, což vedlo k ohrožení genofondu. I přes úpravu v legislativě, která umožňuje chovatelům prodej masa nutrií ze dvora, se bohužel početní stavy nutrií nezvýšily a ani produkce masa nedosahuje takových hodnot jako v minulosti. V průběhu minulého století byly na našem území vyšlechtěny tři barevné typy. Jedná se o českou variantu standardní nutrie, moravskou stříbrnou a přeštickou vícebarevnou.

Ve vztahu k masné užitkovosti jsou dostupné informace o živé hmotnosti v době porážky, hmotnosti jatečně opracovaného trupu, jatečné výtěžnosti. V případě kvality masa existují údaje o obsahu bílkovin, tuku, a cholesterolu. Tyto informace pocházejí většinou ze

zemí původu nutrií a z Evropy, převážná část z nich popisuje rozdíly v závislosti na pohlaví a jen poměrně málo z nich se věnuje vlivu barevného typu.

## 2. Genetické zdroje v České republice

V průběhu historie byl, díky selekci, mutacím nebo genetickému driftu, zaznamenán enormní nárůst diverzity u hospodářských zvířat. Bylo vyšlechtěno obrovské množství plemen skotu, ovcí, koz a prasat s různými užitkovými vlastnostmi, které byly postupem času stále zlepšovány až k vyšlechtění výkonných plemen. Tato výkonná plemena začala nahrazovat lokální po celém světě. Tento trend v současnosti vede ke snižování stavů lokálních plemen a spolu s klesajícím počtem aktivních plemeníků daných plemen má za následek ztrátu genetické rozmanitosti (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2007b). Vzhledem k tomu, že genetická rozmanitost lokálních plemen s nízkou produkcí by pravděpodobně mohla přispět budoucím zájmům, je důležité ji zachovat pro budoucí možnosti chovu (Notter et al. 1999; Bruford et al. 2003; Toro a Caballero, 2005). Genetická rozmanitost hospodářských zvířat je důležitá pro trvale udržitelné zemědělství (Maijala et al. 1984). V mnoha regionech světa jsou genetické zdroje zvířat nedílnou součástí biologické rozmanitosti. Odhaduje se, že téměř 2 miliardy lidí vlastní tato hospodářská zvířata a spoléhá na ně jako na součást svých živobytí (Anderson, 2003). Genetická rozmanitost je potřebná k tomu, aby bylo možné vyhovět současným potřebám produkce v různých prostředích. Dále je nezbytná k umožnění trvalého genetického zlepšení a usnadnění rychlého přizpůsobení se měnícím podmínkám chovu (Notter et al. 1999). V roce 1980 byla zahájena systematická dokumentace živočišných genetických zdrojů (FAO., 2007b). V důsledku ztráty diverzity byla v roce 1992 přijata Konvence biologické diverzity (Convention on Biological Diversity – CBD). Později v tomtéž roce zahájilo FAO (Food and Agriculture Organization) program Globální strategie managementu genetických zdrojů, jehož součástí je Globální databanka genetických zdrojů hospodářských zvířat. Do tohoto programu je zapojena i Česká republika prostřednictvím Národního referenčního střediska pro uchování genetických zdrojů. Česká republika je rovněž členem ERFPP (European regional focal point), což je regionální platforma na podporu zachování a udržitelného využívání živočišných genetických zdrojů in situ a ex situ a pro usnadnění provádění Globálního akčního plánu pro genetické zdroje zvířat v celé Evropě v rámci FAO (anonym, 2001). V roce 1999 komise genetických zdrojů iniciovala zpracování zprávy o stavu genetických zdrojů hospodářských zvířat. Na základě analýzy národních zpráv byly v roce 2005 formulovány strategické priority, které byly projednány na první Globální technické konferenci v Interlaken. I přes veškerou snahu bylo na počátku 21. století 20% plemen ze 7 600 ohroženo a 62 plemen bylo na pokraji vyhynutí (Rischkowsky a Pilling, 2007). V roce 2015

byla zpracována druhá zpráva o stavu genetických zdrojů v důsledku čehož byl inovován i Globální akční plán (anonym, 2000).

Pro stanovení stupně rizika ohrožení plemene a úrovně inbreedingu je důležité znát velikost populace zvířat. Skutečná velikost populace nevyovídá mnoho o jejím stavu, a proto se nevyužívá pro hodnocení (Maijala et al. 1984). Nejběžněji uváděnou hodnotou je efektivní velikost populace ( $N_e$ ), která je klíčovým pojmem v populační genetice a spojuje zdánlivě nesourodé veličiny, jakými jsou úrovně rovnovážné genetické variability a vazebné nerovnováhy, změny ve frekvenci alel, pravděpodobnost fixace nové mutace a další (Charlesworth, 2009). Dále kvantifikuje očekávanou distribuci změn ve frekvenci alel vlivem genetického driftu (Hui a Burt, 2015), stupeň inbreedingu v populaci a riziko ztráty genetické diverzity (Wright, 1969). Odhad může být významně komplikován věkovou strukturou populace (Palstra et al. 2009). Pro výpočet efektivní velikosti populace je možné použít několik různých vzorců. Efektivní velikost populace je využívána pro hodnocení rizika ohrožení populace jednotlivých druhů hospodářských zvířat (Duchev et al. 2006). Za kritickou hodnotu je považováno  $N_e < 500$  (Lynch a Lande, 1998). U populací s malým  $N_e$  je vyšší míra ztráty genetické rozmanitosti vlivem genetického driftu. Velikost efektivní populace není u hospodářských zvířat běžně udávanou hodnotou.

Do Národního programu genetických zdrojů zvířat jsou v současné době zahrnuta dvě plemena skotu, čtyři plemena koní, jedno plemeno prasat, dvě plemena ovcí, dvě plemena koz, dvě plemena drůbeže, tři plemena nutrií, sedm plemen králíků, deset druhů ryb (celkem 29 plemen) a jedno plemeno včel.



## 2.1 Genetické zdroje nutrií

Nutrie mají na našem území téměř stoletou historii. Jedná se o druh s kombinovanou užitkovostí, přičemž původně byl chov zaměřen na produkci kvalitních kožešin a maso bylo vedlejším produktem. Na konci 20. století se situace na trhu změnila a maso je nyní hlavním produktem chovu. Během historie byly vyšlechtěny tři barevné typy. Jedná se o českou variantu standardní nutrie, moravskou stříbrnou a přeštickou vícebarevnou nutrii. V roce 1997 byly všechny tři barevné typy nutrií, vyšlechtěné u nás, zařazeny do Národního programu mezi genetické zdroje zvířat České republiky. První informace o počtu zvířat jednotlivých barevných typů jsou až z roku 2000, kdy bylo celkem do Národního programu zaregistrováno 262 nutrií (117 standardních, 73 stříbrných a 72 přeštických). V průběhu let se stavy nutrií měnily a v roce 2018 populace čítala celkem 284 zvířat (132 standardních, 94 stříbrných a 58 přeštických (anonym, 2000). Také v Polsku jsou nutrie zařazeny mezi genetické zdroje společně s norky, činčilami a liškami (Filistowicz a Martyniuk, 2013). Z barevných typů jsou zařazeny nutrie standardní, dominantní černé, bílé nealbinotické, zlaté, sobolové, pastelové a perlové (Barabasz et al. 2007). Grönlandské nutrie vynikají vysokou intenzitou růstu, bílé nealbinotické nutrie mají dobrou plodnost a barevnou vyrovnanost, potomci sobolových a standardních nutrií mají vyrovnanější odstín, než rodiče, zlaté nutrie jsou většího tělesného rámce a mají rovnoměrnější zbarvení podsady (Mertin et al. 2005). Beutling a Cholewa (2010) uvádějí, že v roce 2008 bylo v Polsku celkem 628 chovných zvířat (269 standardních nutrií a 359 nutrií dalších barevných typů).

Standardní nutrie měly původně barvu srsti, která odpovídala prostředí, ve kterém se vyskytovaly. V průběhu domestikace se křížením různě barevných jedinců z různých oblastí ustálila charakteristická barva. Následnou selekcí zvířat odpovídajícího zbarvení srsti a typu vznikla nutrie standardní typ Brunelis a typ De Nuri. Typ Brunelis, též hnědý nebo oranžovohnědý má hnědé pesíky se světlejšími proužky. V okolí uší, na bocích a bříše jsou pesíky sytě oranžové. Podsada má barvu hnědou až bronzovou hnědou. Typ De Nuri, neboli šedohnědý, má méně intenzivní hnědou barvu. Pesíky jsou bronzové s šedými vrcholy. V oblasti uší, na šíji a lopatkách je podsada hnědá s šedomodrým odstínem. V porovnání s divokou nutrií mají oba typy výrazně vyšší hustotu a barevnou vyrovnanost podsady. V České republice splynuly oba barevné typy do typu, který má výrazný kontrast hnědého až tmavě hnědého či černého pesíku na hřbetě s výrazným oranžovým zbarvením v oblasti očí, uší, na temeni, bocích a bříše. Nutrie by měla být dlouhotrupá, výborně osvalená s výrazným

zapesíkováním v oblasti břicha a na vnitřní straně stehen. Srst vyniká výraznou jemností a pružností, s vyrovnaným krytím podsady pesíkem po celém obvodu těla (Mertin et al. 2005).

Cesty vzniku moravské stříbrné nutrie jsou minimálně dvě. První cesta vzniku je založena na vyštěpení tmavých jedinců při šlechtění polského safíra, jenž je charakterizován tmavou krycí srstí a ořechově bronzovou podsadou. Druhou možnou cestou vzniku je křížení standardní nutrie s perleťovou nebo jinými recesivními typy nutrií. O další zkvalitnění této stříbrné nutrie se zasloužili chovatelé z Olomoucka, Prostějovska a Brna, kteří během sedmdesátých let vytvořili typ nutrie se stříbřitě modravou až modrošedou barvou pesíku. Zpočátku byla plemenitba nahodilá, ale v roce 1988 byl vydán Vzorník nutrií, což vedlo k používání čistokrevné plemenitby (Mertin et al. 2005). Při čistokrevné plemenitbě získáme v F1 generaci vždy stříbrné potomky (Spletseser, 1979). Nutrie jsou dlouhotrupé, neosrstěné části jsou pigmentované. Tyto nutrie vynikají bělavým až bílým břichem, intenzivně prostříbřenými boky a tmavým hřbetem. Struktura srsti je dobrá s výrazným až ostrým ocelovým leskem (Mertin et al. 2005).

Přeštické vícebarevné nutrie se poprvé objevily na Speciální výstavě v Horní Rovni v roce 1987. K uznání došlo o čtyři roky později, přičemž jméno bylo odvozeno od místa vzniku. Genotyp tohoto barevného typu není znám, ale při křížení s nutrií standardní se vyštěpují jedinci přeštické a standardní nutrie v poměru 1:1, což naznačuje, že jde o dominantní mutaci. Základní barva je bílá a při ní se vyskytují pesíky různé barvy (černá, hnědá, žlutá, šedá nebo pastelová) a barva podsady kopíruje barvu pesíku. Charakteristická je barevná skvrna na hlavě v okolí uší i očí a na hřbetě je celistvý úhoří pruh. Chovná zvířata mají hrubší srst na hřbetě, nízkou a řidší podsadu v podbřišku (Mertin et al. 2005).

### 3. Masná užitkovost nutrií

Podobně jako v chovech jiných hospodářských zvířat, tak i v chovu nutrií je v současnosti hlavním produktem maso. Maso nutrií je velmi dobré kvality s nízkým obsahem cholesterolu, tuku a vazivových bílkovin, zároveň je lehce stravitelné (Palanská et al. 1985). Tento druh masa nebyl doposud doceněn, a to i přes téměř sto letou historii chovu, což je pravděpodobně způsobeno nedostatkem objektivních informací o masné užitkovosti, technologických a kulinářských vlastnostech masa (Mertin et al. 2005). Informace o masné užitkovosti jsou pouze obecné a jen minimum z nich se vztahuje k barevnému typu.

S masnou užitkovostí souvisí růstové schopnosti nutrií. Růst je definován jako komplex probíhajících změn týkajících se kvantitativního zvyšování objemu, povrchu těla a jednotlivých rozměrů zvířete (Šiler et al. 1980). Růst je ovlivněn zejména plemenem, pohlavím, věkem, výživou a klimatem, ale také dalšími faktory. Pro dobrou intenzitu růstu je nutné znát fyziologické nároky zvířat na živiny. Důležitými ukazateli růstu jsou přírůstek, spotřeba krmiva a živá hmotnost na konci výkrmu.

Délka vlastního výkrmu trvá šest měsíců. Růst nutrií je zpočátku pomalý, v prvních dvou týdnech je průměrný denní přírůstek okolo 10 g. Od třetího týdne dosahuje průměrný denní přírůstek hodnot mezi 20 - 30 g. V závislosti na pohlaví byl průměrný denní přírůstek u samců vyšší než u samic (Faverin et al. 2005; Cabrera et al. 2007). Již ve třech měsících věku můžeme u nutrií pozorovat rozdíly v živé hmotnosti v závislosti na pohlaví, kdy samci měli o 15,9 % vyšší živou hmotnost (Parkányi a Mertina, 1992). Ve studii Cabrery et al. (2007) byla živá hmotnost samců vyšší o 12,9 % až 17,9 % v závislosti na obsahu bílkovin v krmné směsi. Ve věku šesti měsíců byl rozdíl mezi pohlavími 15,8 %, zatímco ve věku sedmi měsíců byl rozdíl 19,6 % (Tůmová et al. (2017)). V případě vlivu barevného typu byl pozorován intenzivnější růst standardních nutrií v porovnání s černými recesivními (Barta et al. 1985) a standardních oproti grönlandskými (Parkányi a Mertin, 1992), zatímco ve sledování stříbrných a grönlandských nebyly zjištěny rozdíly (Faverin et al.; 2005). Při porovnání standardních, stříbrných a přeštických nutrií byl v práci Tůmové et al. (2015) zjištěn intenzivnější růst přeštických nutrií. Další ukazatelem je spotřeba krmiva od odstavu do porážky, která byla v rozmezí 38,5 – 44,4 kg s vyššími hodnotami u samců (Cabrera et al. (2007)).

S růstem souvisí i živá hmotnost na konci výkrmu, která je důležitým ukazatelem pro detailnější posouzení složení jatečného těla. U nutrií se setkáváme s pohlavním dimorfismem, který se projevuje výraznými rozdíly v tělesné hmotnosti samců a samic. V literatuře se setkáváme s údaji vztahujícími se k osmému měsíci věku, což souvisí s obdobím, kdy se zvířata porážela pro získání kožky. Ve věku osmi měsíců se hmotnost nutrií pohybuje v rozpětí 5 620 – 6120 g u samců a 3 729 – 4 920 g u samic (Saadoun a Cabrera, 2019). V práci Cabrera et al. (2007), Głogowského a Panase (2009), Januškevičiuse et al. (2015) a Tůmové et al. (2015; 2017) byly mezi pohlavími pozorovány výrazné rozdíly s vyššími hodnotami u samců. Tůmová et al. (2015) uvádějí rozdíly mezi pohlavími 28 %, ve studii Faverina et al. (2002) byly rozdíly mezi pohlavími 29 %. Mertin et al. (2003) a Cabrera et al. (2007) také popisují rozdíly mezi pohlavími. Byly zjištěny rozdíly v pohlavním dimorfismu i v závislosti na barevném typu, například u stříbrných nutrií byl rozdíl mezi samci a samicemi 36 %, zatímco u standardních a přeštických 25 %. V závislosti na barevném typu byla zjištěna vyšší živá hmotnost u grönlandských nutrií v porovnání se stříbrnými (Faverin et al. 2002), u grönlandských v porovnání se standardními (Beutling et al. 2008b) a u přeštických v porovnání se standardními a stříbrnými (Tůmová et al. 2015).

Důležitým ukazatelem pro sledování masné užitkovosti je hmotnost jatečně opracovaného trupu. Bohužel pro tento parametr neexistuje u nutrií jednotná definice. Někteří autoři uvádějí hmotnost jatečně opracovaného trupu s hlavou (Januškevičius et al. 2015), někteří bez hlavy (Mertin et al. 2003; Saadoun et al. 2006; Cabrera et al. 2007; Beutling et al. 2008; Głogowski a Panas, 2009, Tůmová et al. 2015 a 2017). Hmotnost jatečně opracovaného trupu bez hlavy je v rozpětí 1 822 – 3 340 g (Saadoun a Cabrera, 2019). Podobně jako u živé hmotnosti tak i v případě hmotnosti jatečně opracovaného trupu byly zjištěny vyšší hodnoty u samců (Mertin et al. 2003; Saadoun et al. 2006; Cabrera et al. 2007; Beutling et al. 2008b; Tůmová et al. 2015 a 2017). V závislosti na barevném typu dosahovaly vyšší hmotnosti jatečně opracovaného trupu nutrií standardní v porovnání s grönlandskými (Beutling et al. 2008b) a přeštické a standardní v porovnání se stříbrnými (Tůmová et al. 2015). S hmotností jatečně opracovaného trupu souvisí i jatečná výtěžnost, která vyjadřuje podíl jatečně opracovaného trupu z živé hmotnosti. Podobně jako hmotnost jatečně opracovaného trupu je jatečná výtěžnost uváděna v literatuře s hlavou i bez hlavy, někteří autoři započítávají i poživatelné vnitřnosti. Jatečná výtěžnost je u samců nutrií mezi hodnotami 49,8 – 56,2 % a u samic 48,1 – 55,4 % (Saadoun a Cabrera, 2019). Mertin et al. (2003), Saadoun et al. (2006), Cabrera et al. (2007), Beutling et al. (2008b) a Tůmová et al.

(2015; 2017) nezaznamenali výrazné rozdíly mezi pohlavími u jatečné výtěžnosti. V závislosti na barevném typu byly zjištěny rozdíly mezi standardními a grönlandskými nutriemi (Beutling et al. 2008b), zatímco Tůmová et al. (2015) nezjistili rozdíly mezi standardními, stříbrnými a přeštickými nutriemi.

Podíly jednotlivých částí jatečně opracovaného trupu, kterými jsou zadní část, hřbet a stehna, jsou stanovány pro detailnější posouzení masné užitkovosti. O těchto ukazatelích není v literatuře mnoho údajů, jelikož jsou nutrie prodávány ve formě celých jatečných trupů. Z hlediska produkce masa je pro spotřebitele cennější zadní část, jejíž podíl se pohybuje v rozmezí 41,3 – 43,4 % u samců a 40,1 – 46,1 % u samic. Tůmová et al. (2015) uvádějí podíl zadní části vyšší u samic, zatímco v jejich studii z roku 2017 byl podíl vyšší u samců. V závislosti na barevném typu nebyly zjištěny významné rozdíly mezi standardními, stříbrnými a přeštickými nutriemi (Tůmová et al. 2015). Zadní část se následně dělí na hřbet a stehna. U podílu stehen se u samců uvádí hodnoty od 21,4 % do 30,5 % a u samic od 22,5 % do 29,2 %. Ve studii Tůmové et al. (2015) jsou uvedeny podíly stehen vyšší u samic, zatímco v práci z roku 2017 nebyly zjištěny výrazné rozdíly mezi pohlavími. V případě vlivu barevného typu byl zjištěn nejvyšší podíl stehen u stříbrných nutrií v porovnání s nutriemi standardními a přeštickými (Tůmová et al. 2015). Podíl hřbetu je v rozmezí hodnot 11,8 – 19,6 % u samců a 11,0 – 19,3 u samic. Tůmová et al. (2015; 2017) uvádějí podíl hřbetu nižší u samic. Ve vztahu k barevnému typu uvádějí Tůmová et al. (2015) u nutrií standardních vyšší hodnoty v porovnání se stříbrnými a přeštickými.

U některých druhů hospodářských zvířat se setkáváme s pojmem požitelných vnitřností, které mohou být součástí jatečné hodnoty. U nutrií jsou za požitelné vnitřnosti, podobně jako u ostatních druhů hospodářských zvířat, považována játra, srdce a ledviny. Hmotnost jater je v rozmezí hodnot 104 – 247 g u samců 97,0 – 201 g u samic. Barta et al. (1984) a Faverin et al. (2002) uvádějí vyšší hmotnost jater u samců, naopak Mertin et al. (2003) u samic. Vlivem barevného typu na hmotnost jater se zabývali Faverin et al. (2002), v jejichž studii byla hmotnost vyšší u grönlandských nutrií v porovnání se stříbrnými. Dalším významným orgánem je srdce, jehož hmotnost je u samců v rozmezí 16,0-16,7 g a u samic 15,8 – 19,2 g. Barta et al. (1984) uvádějí vyšší hmotnost srdce u samic, zatímco Mertin et al. (2003) nezjistili rozdíly mezi pohlavími. O vlivu barevného typu na hmotnost srdce nejsou žádné informace. V případě hmotnosti ledvin jsou v hodnoty v rozmezí 25,8 – 28,6 g u samců

a u samic 22,7 g. Hmotnost ledvin byla vyšší u samců (Barta et al. 1984; Mertin et al. 2003). O vlivu barevného typu na hmotnost ledvin nejsou dostupné žádné informace.

#### 4. Kvalita masa nutrií

Pro spotřebitele je důležitá kvalita masa, která je dána jeho fyzikálními vlastnostmi a chemickým složením. Bohužel o kvalitě masa u nutrií není mnoho informací a ještě méně o působení různých vlivů. Důležitými fyzikálními vlastnostmi masa jsou pH, barva masa a oxidační stabilita. Hodnota pH udává intenzitu okyselení svalů v průběhu postmortálních změn. Okyselení masa je jednou z nejdůležitějších změn v průběhu zrání masa, která ovlivňuje barvu masa a vaznost (Warris, 2000). Během tohoto procesu dochází ke změně glykolytického potenciálu masa a s ním souvisejících oxidativních metabolických procesů ve svalu (Blasco a Ouayoun, 1996). Hodnota pH se u nutrií pohybuje v rozpětí 5,62 – 6,26. Alt et al. (2006) a Cholewa et al. (2009) nezjistili rozdíly mezi pohlavími, ale ve studii Tůmové et al. (2017) byla hodnota pH vyšší u samců. O vlivu barevného typu na hodnotu pH nejsou dostupné žádné informace. Migdał et al. (2015) se zabývali hodnotou pH ve stehnech a hřbetu u samic nutrií. V jejich studii byla zjištěna nepatrně vyšší hodnota pH ve hřbetu.

Dalším ukazatelem fyzikálních vlastností masa, který rozhoduje o prvním dojmu je barva, která je ovlivněna koncentrací hemoglobinu a myoglobinu. Tento ukazatel může být ovlivněn pohlavím, věkem a jejich plemennou příslušností (Hernández et al. 2004). Barva je charakterizována parametry L\* (světlost), a\* (červenost) a b\* (žlutost). Literatura uvádí rozpětí hodnot parametru L\* 31,72 – 49,00, a\* 8,52 – 18,71 a b\* 10,07 – 19,13. Ve studii Cholewy et al. (2009) a Tůmové et al. (2017) byla světlost vyšší u samic. V případě parametru a\* nebyly ve studii Cholewy (2009) zjištěny rozdíly mezi pohlavími, zatímco u b\* byly vyšší hodnoty u samců. V práci Tůmové et al. (2017) byly u samic vyšší hodnoty u parametru a\* i b\*. Migdał et al. (2015) uvádějí porovnání barvy hřbetu a stehen s vyššími hodnotami světlosti u stehen, zatímco červenost a žlutost dosahovala vyšších hodnot ve hřbetu.

Chemické složení masa může být ovlivněno pohlavím, plemenem, výživou nebo částí jatečného těla. Nejvýznamnější složkou masa jsou z hlediska nutričního a technologického bílkoviny, které mají širokou škálu funkcí. Jsou součástí pojivové tkáně, aktinu, myosinu, hemoglobinu, myoglobinu a některých enzymů (Steinhauser et al. 2000). Obsah bílkovin v mase faremně chovaných a divokých nutrií je od 19,2 % do 25,5 % (Saadoun a Cabrera, 2019). V závislosti na pohlaví nebyly ve studii Saadouna et al. (2006), Cabrery et al. (2007) a

Tůmové et al. (2015) zjištěny výrazné rozdíly v obsahu bílkovin ve stehnech a v přední části. Problematikou obsahu bílkovin ve vztahu k barevnému typu se věnovali Tůmová et al. (2015), kteří zjistili u tří barevných typu nutrií (standardní, stříbrné a přeštické) srovnatelné hodnoty obsahu bílkovin. Podobná situace byla pozorována i u nutrií chovaných v extenzivním produkčním systému (Głogowski a Panas (2009). Dalším ukazatelem chemického složení je obsah tuku, který je především součástí buněčných membrán. Malé množství tuku se rovněž nachází ve svalech, a ovlivňuje chuť a křehkost masa. Celkový obsah tuku se mění v závislosti na pohlaví a věku. U dospělých divokých nutrií se obsah tuku pohybuje v rozpětí 1,00 – 1,60 % (Tulley et al. 2000), zatímco u faremně chovaných nutrií je obsah tuku v rozpětí 1,40 – 8,80 % (Saadoun a Cabrera, 2019). V závislosti na pohlaví byl obsah tuku ve stehnech a v přední části samic vyšší než u samců (Saadoun et al. 2006). Cabrera et al. (2007) nezjistili výrazné rozdíly v obsah tuku ve stehnech a v předních částech mezi pohlavími. Głogowski a Panas (2009) a Tůmová et al. (2015) uvádějí v mase samců nižší obsah tuku. V závislosti na barevném typu nebyly zjištěny rozdíly mezi standardními, stříbrnými a přeštickými nutriemi (Tůmová et al. 2015). S obsahem tuku souvisí i obsah cholesterolu. Cholesterol pomáhá tělu zpracovávat tuky, je důležitý při tvorbě buněčných membrán, hormonů a vitamínu D. U divokých nutrií je obsah cholesterolu u dospělých zvířat 29,0 – 36,0 mg/100g masa, u mladých nutrií je hodnoty vyšší a to 40,0 – 41,0 mg/100g masa (Tulley et al. 2000). U nutrií krměných koncentrovanými krmivy je obsah cholesterolu 64,4 – 72,7 mg/100g masa (Saadoun a Cabrera, 2019). Vlivem pohlaví na obsah cholesterolu se ve své studii zabývali Saadoun et al. (2006), kteří ve stehnech stanovili nepatrně vyšší obsah u samic, naopak v přední části zjistili jeho vyšší obsah u samců. Cabrera et al. (2007) uvádějí u samců a samic vyrovnaný obsah cholesterolu.

Podobně jako obsah tuku a bílkovin tak i obsah mastných kyselin je významným ukazatelem kvality masa. Obsah některých mastných kyselin má negativní vliv na lidské zdraví, především na činnost kardiovaskulárního systému. O obsahu mastných kyselin je známo jen velmi málo informací. U faremně chovaných nutrií ve věku pěti, šesti a osmi měsíců věku je obsah nasycených mastných kyselin (SFA) v mase 33,8 – 42,7 % (Saadoun a Cabrera, 2019). V závislosti na pohlaví nejsou výrazné rozdíly v obsahu SFA mezi samci a samicemi (Tulley et al. 2000; Saadoun et al. 2006; Głogowski et al. 2010 a Tůmová et al. 2015). Také v případě vlivu barevného typu nebyly zjištěny rozdíly mezi standardními, stříbrnými a přeštickými nutriemi (Tůmová et al. 2015). U mono nenasycených mastných kyselin (MUFA) je uveden obsah v rozmezí 27,4 – 43,6 % u samců a 32,3 – 43,6 % u samic

(Saadoun a Cabrera, 2019). Tulley et al. (2000) nezjistil u divokých nutrií rozdíly mezi pohlavími, naopak Saadoun et al. (2006), Głogowski et al. (2010) a Tůmová et al. (2015) zjistili nepatrně vyšší obsah MUFA u samic. Ve vztahu k barevnému typu nebyly zjištěny rozdíly (Tůmová et al. 2015). U obsahu polynenasycených mastných kyselin (PUFA) se v literatuře uvádí rozpětí 30,3 – 32,2 % u samců a 25,0 – 30,0 % u samic (Saadoun a Cabrera, 2019). V závislosti na pohlaví byl nepatrně vyšší obsah PUFA v mase samců (Saadoun et al. 2006; Tůmová et al. 2015). Vlivem barevného typu na obsah PUFA se zabývali Tůmová et al. (2015), kteří zaznamenali nepatrně vyšší obsah u stříbrných nutrií v porovnání s nutriemi standardními a přeštickými.

Kvalita masa je z hlediska spotřebitele dána i senzorickými vlastnostmi, které jsou ovlivněny velikostí a počtem jednotlivých typů svalových vláken. Svalová vlákna jsou seskupena do jednotlivých skupin podle různých parametrů, zahrnujících myofibrilární proteiny, metabolické enzymy, strukturální a kontraktilní vlastnosti (Schiaffino a Reggiani, 2011; Bottinelli a Reggiani, 2000). Morfologické a biochemické charakteristiky jednotlivých typů svalových vláken jsou hlavními faktory, které ovlivňují energetický metabolismus v kosterních svalech a postmortální přeměny svalů na maso (Ryu a Kim, 2005, 2006). Kromě toho existuje mnoho faktorů, které přispívají k variaci typu vláken, jako je pohlaví (Ozawa et al. 2000), věk (Candek-Potokar et al. 1998), plemeno (Ryu et al. 2008) a fyzická aktivita (Jurie et al. 1999).

Brooke a Kaiser (1970) definovali metodu klasifikace svalových vláken založenou na rozdílech v acidické a alkalické stabilitě reakce myosin ATPázy, na základě čehož dokázali rozlišit tři typy vláken, (vláken I, IIA a IIB). Vlákná typu I (pomalá vlákna) vytvářejí energii pro resyntézu ATP převážně aerobním přenosem energie. Mají nízkou hladinu myosin ATPázy a nižší glykolytickou kapacitu (Sjostrom a Squire, 1977). Zároveň obsahují poměrně velký počet mitochondrií, cytochromu a myoglobinu, který ovlivňuje světlost masa (Ryu a Kim, 2006). Kromě toho vlákna typu I obsahují více kolagenu, který ovlivňuje křehkost masa (Renand et al. 2001), a obsahují také nižší množství glykogenu a glukózy než vlákna typu IIB (Peter et al. 1972, Hintz et al. 1984). Vlákná typu II, zejména typu IIB, mají schopnost rychle přenášet energii pro rychlé a silné svalové akce, obsahují více intramuskulárního tuku, který má vliv na křehkost masa (Bottinelli et al. 1994, Stienen et al. 1996). Vlákná typu IIA jsou přechodná (Bottinelli et al. 1994, Stienen et al. 1996). V mase nutrií jsou dominantně zastoupena svalová vlákna typu IIB s podílem 72,9 – 93,7 %, naopak minoritní podíl byl u



typu IIA s hodnotami 0,4 – 13,5 % (Tůmová et al. 2015; 2016). Ve studii Tůmové et al. (2015) bylo u samců více svalových vláken typu I, zatímco typ IIA a IIB převažoval u samic. Při klasifikaci svalových vláken standardních, stříbrných a přeštických nutrií bylo zjištěno, že svalová vlákna typu I převažují u standardních nutrií, typ IIA u přeštických nutrií a typ IIB u stříbrných (Tůmová et al. 2015; 2016).

## **5 Hypotéza**

V dostupné literatuře je málo údajů o stavech a masné užitkovosti genetických zdrojů nutrií a pro využití zvířat pro produkci je nezbytné znát běžné parametry. Z hlediska masné užitkovosti jsou náznaky rozdílů mezi pohlavími a barevnými typy v užitkovosti a složení jatečného těla. Předpokládáme, že získáním údajů o výkrmnosti, jatečné hodnotě a kvalitě masa, bude možné zjistit rozdíly mezi jednotlivými barevnými typy v masné užitkovosti a posoudit jejich další využití v chovu a produkci masa.

## **6 Cíl práce**

Cílem práce je posouzení stavů chovných nutrií v genetických zdrojích a stavu rizika jejich ohrožení. Zhodnocení rozdílu v růstu, jatečné hodnotě a kvalitě masa samců a samic nutrií, dále rozdílu ve výkrmnosti, jatečné hodnotě a kvalitě masa v definovaných podmínkách u samců a samic ST, MS a PV. Posouzení kvality masa samců a samic nutrií v závislosti na délce výkrmu.

## 7 Vlastní metodika práce

Práce se skládá ze dvou částí. V první části byly vyhodnoceny stavy nutrií od roku 2006 do roku 2015 na základě údajů Plemenné knihy nutrií vedené u Českého svazu chovatelů a později ve Výzkumném ústavu živočišné výroby v.v.i.. Pro posouzení rizika ohrožení byla spočítána velikost efektivní populace podle vzorce:

$$N_e = 4 * (N_f * N_m) / (N_f + N_m),$$

$N_f$  je počet samic a  $N_m$  počet samců.

Ve druhé části disertační práce byly realizovány tři pokusy zaměřené na masnou užitkovost. Výkrmové pokusy proběhly na pracovišti Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v Havlíčkově Brodě. Všechny tři pokusy byly schváleny Etickou komisí České zemědělské univerzity a Ústřední komisí pro dobré životní podmínky zvířat na Ministerstvu zemědělství České republiky (MZe). Nutrie byly ustájeny v boxech s betonovou a roštovou podlahou, na jednu nutrii připadalo 10 000 cm<sup>2</sup>, což je v souladu s požadavky vyhlášky MZe 208/2004 Sb. Jednotlivé boxy byly vybaveny kolíkovými napaječkami, umožňující nepřetržitý přístup k vodě. Ve všech pokusech byla použita stejná krmná směs, která je chráněná užitným vzorem UV 24096. Byl nastaven 12-ti hodinový světelný režim a vnější podmínky splňovaly potřeby nutrií (teplota: 14-16 °C; relativní vlhkost: 55 – 60 %). Na konci výkrmu byla z každé skupiny vybrána zvířata s průměrnou hmotností. Před porážkou byla zvířata 12 h lačněna. Vylačněné nutrie byly omráčeny elektrickým proudem a následně vykrceny na experimentálních jatkách Výzkumného ústavu živočišné výroby v.v.i..

Jatečný rozbor byl proveden u všech poražených zvířat podle metodiky uvedené v práci Tůmové et al. (2015). Po porážce byla z trupu stažena kůže, zároveň byla oddělena hlava a distální části končetin. Z trupu byly následně vyjmuty genitálie, močový měchýř, trávicí soustava, plíce, srdce, játra, ledviny a ledvinový tuk, přičemž u ledvin, jater, srdce plic a ledvinového tuku byla zaznamenána hmotnost. Hmotnost jatečně opracovaného trupu byla stanovena 15 – 30 minut po porážce. Jatečná výtěžnost byla vypočítána z hmotnosti jatečného trupu děleného živou hmotností násobenou 100. Z trupu byla následně oddělena zadní část mezi posledním hrudním a prvním bederním obratlem. Dále byla zadní část rozdělena na stehna a hřbet mezi 6. a 7. bederním obratlem. Obě dvě získané partie byly následně vykostěny. Každá část byla zvážena pro výpočet procentuálního podílu. Podíl ledvinového

tuku a poměr maso/kost byl spočítán podle Blasca a Ouayouna (1996). Při výpočtu poměru maso/kost jsme vycházeli z hmotnosti masa a kostí ze zadní končetiny.

Stanovení hodnoty pH proběhlo 24 hodin post-mortem pomocí pH metru Jenway (Jenway, Essex, England) se skleněnou vpichovou jehlou, která byla zavedena 1 cm hluboko do levého stehenního svalu (*Biceps femoris* - BF). Barva masa byla měřena 24 hodin po porážce na řezu BF spektrofotometrem Minoltou SpectraMagic TM NX (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) s následným vyhodnocením podle systému CIELab (1976). Barva masa je vyjádřena světlostí (L\*), červeností (a\*) a žlutostí (b\*) masa. Chemická analýza masa byla provedena ve stehenním svalu podle procedury AOAC (2005). Vzorky pro analýzu byly uloženy v plastových sáčcích při -20 °C až do chemického rozboru. Sušina byla stanovena v horkovzdušné sušárně při 105 °C (procedura 934.01). Obsah tuku byl získán po extrakci v petroleji v přístroji Soxtec 1043 (FOSS Tecator AB, Höganäs, Sweden; procedura 920.39). Obsah bílkovin byl stanoven pomocí analyzátoru Kjeltex Auto 1030 (procedura 954.01). Pro zjištění obsahu hydroxyprolinu byla využita kyselá hydrolyza podle metody Diemara (1963). Energetická hodnota masa byla vypočítána na základě obsahu tuku a bílkovin podle vzorce:

$$\text{Energetická hodnota (MJ/kg)} = ((16,74 * \text{obsah bílkovin}) + (37,66 * \text{obsah tuku})) / 1000$$

Charakteristika svalových vláken byla stanovena ve stehenním svalu BF. Dva vzorky o velikosti 1 cm<sup>2</sup> byly odebrány z BF bezprostředně po porážce a následně zmrazeny ve 2-metylbutanu s tekutým dusíkem (-156 °C). Z každého vzorku byly získány sériové průřezy (12 μm) za pomoci kryostatu Leica CM 1850 (Leica Microsystems Nussloch GmbH, Nussloch, Germany) při -20 °C. Jednotlivé řezy byly obarveny myofibrilární ATP-ázou po předinkubacích v alkalickém pufru podle metody Brooke a Kaisera (1970). V každém řezu byly podle nomenklatury Ashmora a Doerra (1971) stanoveny tři typy svalových vláken klasifikovaných jako typ I (červená, pomalu oxidující), typ IIA (červená, rychle oxidoglykolitická) a typ IIB (bílá, rychle glykolytická). Pomocí softwaru NIS Elements AR 3.1 (Nikon, Tokyo, Japan) byl zjištěn podíl jednotlivých svalových vláken a jejich plocha řezu.

Vzorky krve pro stanovení biochemických ukazatelů (celkový protein, albumin, močovina, cholesterol, triacylglycerol, neesterifikované mastné kyseliny a glukóza) a hematologie (počet erytrocytů, počet leukocytů, hematokrit, střední objem erytrocytu a hemoglobin) byly získány při porážce od 36 nutrií. Vzorky pro biochemickou analýzu byly

odebrány do zkumavek bez antikoagulačního činidla. Takto získané vzorky byly uchovány po dobu 24 hodin při teplotě 4 ° C. Po následné centrifugaci (1000 g po dobu 10 minut) bylo získané sérum uchováno při teplotě – 70 ° C až do analýzy. Biochemické sérové ukazatele byly stanoveny fotometricky ve spektrofotometru Libra S 22 (Biochrom Ltd., UK) za použití standardních komerčních sestav (Randox Laboratories Ltd., Crumlin, UK). Vzorky pro detekci hematologických vlastností byly odebrány do zkumavek obsahujících draselnou sůl kyseliny etylendiamin tetraoctové (K2 EDTA). Pro stanovení hematologie byl použit automatický hematologický analyzátor Coulter Model ZF (Coulter Electronics Ltd., England). Počet leukocytů byl stanoven pomocí Peppenheimovy metody. Střední objem erytrocytu (MCV) byl vypočítán pomocí vzorců:

$$\text{MCV} = \text{hematokrit} / \text{počet erytrocytů}$$

### 7.1.1 Pokus č. 1

Cílem pokusu bylo zhodnocení rozdílů mezi samci a samicemi u růstových schopností, biochemických ukazatelů krve, hematologie, jatečné hodnoty a kvality masa standardních nutrií. Pokus začal u nutrií ve věku dvou měsíců, které byly získány ze tří chovů, a skončil v osmém měsíci věku porážkou zvířat. Ve výkrmové části pokusu bylo sledováno celkem 136 nutrií, které byly váženy v měsíčním intervalu. Krmení a voda byly zvířatům dostupné v neomezeném množství. Na konci výkrmu bylo k dalšímu vyhodnocení biochemických ukazatelů krve, hematologie, jatečné hodnoty a kvality masa vybráno 36 nutrií (18 samic a 18 samců) s průměrnou hmotností. Byly odebrány vzorky krve pro stanovení biochemických ukazatelů (celkové bílkoviny, albumin, močovina, cholesterol, triacylglycerol, neesterifikované mastné kyseliny a glukóza) a hematologie (počet erytrocytů a leukocytů, hemoglobin a hematocryt. Jatečný rozbor byl proveden 24 hodin po porážce a následně byly dopočítány podíly jednotlivých částí jatečně opracovaného trupu. Z kvality masa byly vyhodnoceny fyzikální vlastnosti (barva, pH, síla stříhu), chemické složení (obsah bílkovin, tuků, cholesterolu a hydroxyprolinu) a poměru a průřezu bílých a červených svalových vláken v BF. Získaná data byla analyzována programem SAS (Statistical Analysis System, verze 9. 4., 2009). Každé zvíře bylo použito jako pokusná jednotka. Statisticky významné rozdíly ( $P < 0,05$ ) byly označeny různými horními indexy. Výsledky prvního pokusu byly vyhodnoceny dvoufaktorovou ANOVOU, zahrnující interakci barevného typu a pohlaví.

### 7.1.2 Pokus č. 2

Druhý pokus byl zaměřen na zhodnocení růstových schopností, biochemických ukazatelů krve a jatečné hodnoty moravské stříbrné nutrie, přeštické vícebarevné nutrie a standardní nutrie obou pohlaví. Pokus začal u nutrií ve věku dvou měsíců a skončí v osmém měsíci věku porážkou. Na začátku výkrmu bylo 120 mladých nutrií rozděleno do 6 skupin podle barevného typu a pohlaví. Zvířata byla vážena v měsíčním intervalu. Krmivo a voda byly dostupné *ad libitum*, přičemž každodenní spotřeba krmiva byla zaznamenávána. V osmi měsících věku, bylo z každé skupiny vybráno 6 zvířat s průměrnou hmotností, u kterých byla v době porážky odebrána krev pro stanovení biochemických ukazatelů (celkové bílkoviny, albumin, močovina, cholesterol, triacylglycerol, neesterifikované mastné kyseliny a glukóza), následně byl proveden jatečný rozbor a byly zváženy orgány. Získaná data byla analyzována programem SAS (Statistical Analysis System, verze 9. 4., 2009). Každé zvíře bylo použito jako pokusná jednotka. Statisticky významné rozdíly ( $P < 0,05$ ) byly označeny různými horními indexy. V případě druhého pokusu byla data týkající se růstu a konverze krmiva vyhodnocena jednofaktorovou analýzou rozptylu a rozdíly mezi skupinami byly testovány Tukeyovým testem. Výsledky ostatních měření byly analyzovány dvoufaktorovou ANOVOU s věkem a pohlavím jako hlavními faktory.

### 7.1.3 Pokus č. 3

Třetí pokus se orientoval na změny v kvalitě masa v závislosti na věku při použití krmné směsi, která umožňuje zkrácení doby výkrmu z osmi na šest měsíců. V pokuse byly sledovány standardní nutrie (samice a samci) od odstavu do porážky, která byla v 6., 7. a 8. měsíci věku. Celkem 90 nutrií bylo rozděleno do 6 skupin podle pohlaví a barevného typu (2 x 3 x 15). Zvířata byla vážena v měsíčním intervalu. Krmivo a voda byly dostupné *ad libitum*, přičemž každodenní spotřeba krmiva byla zaznamenávána. I zde jsme se zaměřili na zhodnocení růstu, jatečný rozbor, fyzikální vlastnosti, chemické složení a svalová vlákna. Získaná data byla analyzována programem SAS (Statistical Analysis System, verze 9. 4., 2009). Každé zvíře bylo použito jako pokusná jednotka. Statisticky významné rozdíly ( $P < 0,05$ ) byly označeny různými horními indexy. U třetího pokusu byly rozdíly vyhodnoceny dvoufaktorovou ANOVOU, přičemž pohlaví a vliv výživy byly hlavními faktory.

## 8 Publikace

**Němeček T**, Tůmová E 2018. The analysis of czech genetic resources of nutrias (*Myocastor coypus*). *SAB* **49**: 97-97. Doi:10.2478/sab-2018-0014

**Němeček T**, Tůmová E, Chodová D 2019. Effect of sex on growth, biochemical and Haematological parameters of blood, carcass value and meat quality in nutrias (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*. **64**: 166-173. Doi: 10.17221/193/2018-CJAS

**Němeček T**, Tůmová E, Chodová D 2019. Growth, carcass value and blood biochemical parameters of Czech Genetic Resources of nutria (*Myocastor coypus*). *Journal of Central European Agriculture*. **20**:108-118. Doi: 10.5513/JCEA01/20.1.1995

Tůmová E, Chodová D, Vlčková J, **Němeček T**, Uhlířová L, Skřivanová V 2017. Age-related changes in carcass yield and meat quality of male and female nutrias (*Myocastor coypus*) under intensive production system. *Meat Science*. **133**:51-55. Doi:10.1016/j.meatsci.2017.06.003

## THE ANALYSIS OF CZECH GENETIC RESOURCES OF NUTRIAS (*MYOCASTOR COYPUS*)<sup>\*</sup>

T. Němeček, E. Tůmová

*Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources, Department of Animal Husbandry, Prague, Czech Republic*

The aim of this study is to evaluate the effective population size and fertility in the Czech Genetic Resources of nutrias during the last ten years. This study includes three Czech colour types of nutrias: Czech Type of Standard (ST), Moravian Silver (MS), and Prestice Multicolour (PM). The effective population size of ST shows that this colour type is endangered, while MS and PM are critical. The average number of pregnancy was the highest ( $P \leq 0.004$ ) in ST (1.7 pregnancy) and the lowest in PM (1.3 pregnancy). ST and MS nutrias had the significantly biggest litter size ( $P \leq 0.004$ ). For the number of kits born per female in a year ( $P < 0.001$ ) the significantly lowest value was in PM (5.1 kits). For weaned kits the highest value ( $P \leq 0.006$ ) was in ST (4.8 kits). The results showed that the population size of MS and PM is low and there is a risk of biodiversity loss in these colour types.

nutria, colour type, effective population size, fertility



doi: 10.2478/sab-2018-0014

Received for publication on January 11, 2017

Accepted for publication on October 1, 2017

### INTRODUCTION

Genetic diversity provides the raw material for breed improvement and for the adaptation of livestock populations to changing environments and changing demands (Ajmone-Marsan et al., 2010; Felius et al., 2014). During the history the main evolutionary forces included mutation, selective breeding, adaptation, isolation, and genetic drift. These factors have created an enormous diversity of local populations. In the last centuries, these efforts have culminated in the formation of many well defined breeds used for a variety of purposes with differing level of performance. The result was that the highly productive genotypes have replaced the local population across the world. These changes have led to growing concerns about the loss of biodiversity (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO 2007a). As the genetic diversity of low-production breeds is likely to contribute to current or future traits of interest, they are

considered essential for maintaining future breeding options (Bruford et al., 2003; Toro et al., 2009). According to the FAO, 20% of the ca. 7600 breeds belonging to 19 mammalian species and 17 avian species are at risk, and 62 breeds became extinct within the first 6 years of the century (FAO, 2007b).

Nutrias come from South America, where they are used for the production of meat and fur. In the twenties of the 20<sup>th</sup> century nutrias were imported to Europe. Nutrias were originally bred to produce high-quality fur and meat was a by-product. However, the market situation has changed and meat is now the main product. In the Czech Republic, during the 90-year history of breeding, three colour types were created: Czech Type of Standard (ST), Moravian Silver (MS), and Prestice Multicolour (PM), and have been considered as Genetic Resources since 1997. In Poland nutrias are included in the Genetic Resources, too (Filistowicz, Martyniuk, 2013). There are seven colour types (Standard, Black Dominant nu-

<sup>\*</sup> Supported by the Internal Grant Agency of the Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Project No. SV16-53-21320.



tria, White Non-albino, Amber Gold, Sable, Pastel, Pearl) included into the Polish Genetic Resources (Barabasz et al., 2007).

Effective management of farm animal Genetic Resources requires comprehensive knowledge of the breeds' characteristics, including data on the structure of populations and population size. Effective population size is a factor which reflects the increase of inbreeding and determining allele frequency changes in natural and experimental populations (Duchev et al., 2006). Effective population size determines the level of random changes in allele frequencies (Wright, 1931). According to Meuwissen (2009) it is very difficult to determine the minimal effective population size to maintain viable populations. There are many different studies, most of which agree that 50–100 is the optimum size (Meuwissen, Woolliams, 1994). Data on nutrias population size are limited.

Beutling, Cholewa (2010) published the number of nutria females of seven colour types in Polish Genetic Resources within 2000–2008. In 2000, 1623 nutrias were registered. The smallest populations were in 2000 in four colour types (Pearl, Sable, Gold, and Pastel). The largest population size was in the year 2001 (1728 females). In 2008, there were 269 females of Standard, 187 females of Grönland, and 172 females of other colour types (22 Pearl, 57 Black, 39 Pastel, and 54 Gold nutrias). The first data of nutrias Genetic Resources in the Czech Republic were published by Kaplanova et al. (2012) who stated that in 2000, there were only 262 animals in the programme, which included 117 Czech Type of Standard nutrias (ST), 73 Moravian Silver (MS) nutrias, and 72 Prestice Multicolour (PM) nutrias. Their results also indicated that PM nutrias had the highest level of genetic diversity, while ST have already been suffering from the lack of heterozygosity and showed the highest level of inbreeding of these three studied colour forms. Since that time, the data on the Czech Genetic Resources of nutrias has not been published.

Fertility is an important factor in breeding and is the main criterion for new farm animals selection. There is limited information about fertility in nutrias. Nutrias usually have two litters per year and 4–6 animals in the litter (Mertin et al., 2005). In the study of Mertin et al. (2002a) the number of animals in the first kindling was 3.8–5.3 and in the following kindling it increased from 4.4 to 4.8 animals. Another study with Grönland, Standard, Silver nutrias and crossbreds of Gold male and Standard female reported litter size of 3.3–5.6 animals in the first kindling. The authors also determined the effect of colour type on litter size; the biggest litter size was in the Grönland nutrias and Silver nutrias had the lowest average litter size (3.9 animals) (Mertin et al., 2002b).

The aim of this study is to evaluate the effective population size and fertility in the Czech Genetic Resources of nutrias during the last 10 years.

## MATERIAL AND METHODS

### Material description, population size, and effective population size

The data for the study on the population size and reproduction of three colour types of nutrias were obtained from the Central Herd Book of nutria kept by the Czech Association of Breeders and from the National Registry administrated by the Institute of Animal Science, Prague. The Czech Genetic Resources of nutrias include three colour types – ST, MS, and PM. ST nutria has a long body. This colour type is characteristic by black or brown down, orange guard hair with black top and black guide hair on the back. On the flanks and belly there is orange guard hair and guide hair with black top. The back is darker than the belly. The down is dense. MS nutrias have a long body, too. This genotype has silvery-bluish or bluish-grey colour of guard hair with pigmented hairless parts. On the back the half to two thirds of guard hair is intensively silvered with black top. Other guard hair is black. On the flanks almost 100% of guard hair is silvered with black top and on the belly the guard hair is white without black top. The down is short. The last nutria colour type in the Genetic Resources is PM. It shows typically white colour of guard hair with black, brown, grey or yellow guard hair and colour of down the same as that of guard hair. These nutrias have short and sparse undercoat and low density of guard hairs on the belly (Chodova et al., 2014).

The data evaluating the population size and the effective population size ( $N_e$ ) were obtained from the years 2006–2015. In total 3279 litters of three colour types were included in the study of population size. Effective population size was evaluated on a number of nutrias in each breed according to the formula of Wright (1931):

$$N_e = 4(N_m \times N_f) / (N_m + N_f)$$

where:

$N_m$  = number of males

$N_f$  = number of females

### Fertility

In this part of the study, reproduction was evaluated on the basis of the number of litters, litter size, number of born kits per female, number of weaned kits, and number of weaned kits per female. In total 3279 litters, 15 300 born nutrias, and 14 114 weaned animals were observed.

The data on reproduction were processed by the SAS software (Statistic Analysis Software, version 9.1.3., 2003) by one-way ANOVA using the GLM procedure. The significance of differences between the colour types was tested by the Scheffé's test on the level of significance  $P \leq 0.05$ .

Table 1. Nutrias population size (PS) and number of breeders (NB) in the Czech Republic

Year			Colour type					
			ST		MS		PM	
2006	PS		124		71		61	
	females	males	105	19	61	10	50	11
	NB		8		4		2	
2007	PS		129		71		65	
	females	males	110	19	61	10	54	9
	NB		8		4		2	
2008	PS		120		74		69	
	females	males	98	22	62	12	56	13
	NB		7		4		2	
2009	PS		132		67		38	
	females	males	109	23	54	13	32	6
	NB		7		4		2	
2010	PS		134		79		78	
	females	males	112	22	64	15	60	18
	NB		9		5		4	
2011	PS		149		73		84	
	females	males	123	26	59	14	64	20
	NB		9		5		4	
2012	PS		98		55		71	
	females	males	80	18	44	11	55	16
	NB		7		4		4	
2013	PS		85		40		76	
	females	males	70	15	33	7	59	17
	NB		7		4		4	
2014	PS		97		43		49	
	females	males	78	19	37	6	39	10
	NB		8		6		3	
2015	PS		107		42		65	
	females	males	95	12	35	7	56	9
	NB		8		6		4	

PS = Population, NB = Number of breeders, ST = Czech Type of Standard, MS = Moravian Silver, PM = Prestige Multicolour

## RESULTS

This study presents the first detailed report on the situation in the population of Czech Genetic Resources of nutria. Information about the population size and number of breeders of each colour type is given in Table 1. The highest nutrias population size in the Czech Genetic Resources was registered in 2006 with 256 animals and the lowest in 2014 with 189 nutrias. From all colour types, the largest population is in ST. For this colour type, the highest population size was in 2011 and the lowest in 2013. Since this year, the population of this colour type has been slightly increasing. In MS the highest population size was

in 2010 and the lowest in 2013. Similar trends were found in PM with the highest number of nutrias in 2011 and the lowest in 2014. The number of animals in populations decreased from 2006 to 2015 by about 13.7% in ST, 40.8% in MS, and 8.2% in PM.

Effective population size is an important parameter for evaluating a population. It has a direct relationship with the rate of inbreeding and the amount of genetic variation. Table 2 gives data on effective population size and the level of population threat. Effective population sizes of the three colour types have copied the data of population sizes, with the highest effective population size of ST and PM in 2011. In MS, the highest value was reached in 2010.

Table 2. Effective population size

Year	Colour type		
	ST	MS	PM
2006	64.4	34.4	36.1
2007	64.8	34.4	30.9
2008	71.9	40.2	42.2
2009	76.0	41.9	20.2
2010	73.6	48.6	55.4
2011	85.9	45.3	61.0
2012	58.8	35.2	49.6
2013	49.4	23.1	52.8
2014	61.1	20.7	31.8
2015	42.6	23.3	31.0
2006–2015 (mean)	64.8	34.7	41.1
Classification of EAAP	endangered	critical	critical

ST = Czech Type of Standard, MS = Moravian Silver, PM = Prestice Multicolour

Table 3. Results of fertility of ST, MS and PM nutrias

Parameter	Colour type			RMSE	Significance
	ST	MS	PM		
Average number of pregnancy	1.7 <sup>a</sup>	1.6 <sup>ab</sup>	1.3 <sup>b</sup>	0.542	0.004
Litter size	5.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>	1.686	0.004
Number of born kits per female per year	8.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	2.640	< 0.001
Number of weaned kits	4.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	1.654	0.006
Number of weaned kits per female per year	7.9 <sup>a</sup>	6.6 <sup>b</sup>	4.8 <sup>c</sup>	2.495	< 0.001

ST = Czech Type of Standard, MS = Moravian Silver, PM = Prestice Multicolour, RMSE = root mean square error

<sup>a-c</sup> $P \leq 0.05$

Table 3 presents fertility parameters. The number of kindling ranged from 1.3 to 1.7 litters per female. In our study, this characteristic was affected by genotype. The significantly highest number of kindling was in ST and the lowest in PM, whereas MS did not differ from both colour types in this parameter. In our study the litter size was affected by colour type and the highest value was in ST. A significant effect of colour type was also observed in the number of weaned kits in litter. These parameters were lower in PM. If we compare the results of weaned kits in litter and the number of weaned kits per female in a year, it is clear that MS nutrias had higher mortality of kits during weaning period from kindling to weaning.

## DISCUSSION

Results of the population size show that compared with data of K a p l a n o v a et al. (2012) from year 2000, the ST nutrias population had increased until 2011 and then decreased to 107 animals in 2015. Compared to

Polish Genetic Resources (B e u t l i n g , C h o l e w a , 2010), the population of the Czech ST is only 25%. The population size of MS and PM nutrias was lower in the current study than in the study of K a p l a n o v a et al. (2012). Data on the nutrias effective population size cannot be compared with those from literature because in the literature this information about nutrias is missing. According to the European Association for Animal Production (EAAP) the population size indicates that the population of ST is endangered and MS and PM populations are critical. Based on the results there is a risk of biodiversity loss, deterioration of vitality and reproductive characteristics in several generations in the populations of MS and PM. We assume that the Czech Genetic Resources of nutrias need more effective support to increase the population size. Low effective population size could affect the inbreeding increase and fixation of deleterious mutations. If there is no increase of the population size of nutria in the Czech Genetic Resources, there is a risk of losing the unique characteristics obtained over years. Our results on fertility are worse in comparison



with literature. Mertin et al. (2005) presented two kindling per female in one year. On the other hand, there is no data in literature about the effect of colour type on the number of pregnancy. In agreement with Mertin et al. (2002b), litter size was affected by the colour type of nutrias. Litter size corresponds with the number of born kits per female and weaned kits in a year. These results of weaned kits in litter and the number of weaned kits per female in a year are not comparable with literature because of the lack of data.

## CONCLUSION

This study shows the first data on nutrias in the Czech Genetic Resources. The population size of each colour type decreased during the evaluated period. All fertility characteristics were significantly affected by the colour type.

## REFERENCES

- Ajmone-Marsan P, Garcia JF, Lenstra JA (2010): On the origin of cattle: how aurochs became cattle and colonized the world. *Evolutionary Anthropology*, 19, 148–157. doi: 10.1002/evan.20267.
- Barabasz B, Bielanski P, Lapinski S (2007): Program for the protection of genetic resources, the chance to save the nutria breeding in Poland. *Wiadomości Zootechniczne*, 3, 61–65. (in Polish)
- Beutling D, Cholewa R (2010): Meat examination in nutria meat in Poland, production of nutrias meat and perspectives in meat production. *Fleischwirtschaft*, 11, 75–78. (in German)
- Bruford MW, Bradley DG, Luikart G (2003): DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. *Nature Reviews Genetics*, 4, 900–910. doi: 10.1038/nrg1203.
- Chodova D, Kaplan J, Martinec M, Matlova V, Pavel I, Svobodova J, Tumova E, Uhlířova L, Volek Z (2014): Genetic resources of rabbits, poultry and nutrias and their utility properties and utilization. Institute of Animal Science, Prague. (in Czech).
- Duchev Z, Distl O, Groeneveld E (2006): Early warning system for loss of diversity in European livestock breeds. *Archives Animal Breeding*, 49, 521–531. doi: 10.5194/aab-49-521-2006.
- FAO (2007a): The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, Rome. [www.fao.org/3/a-a1250e.pdf](http://www.fao.org/3/a-a1250e.pdf). Accessed 1 July, 2016.
- FAO (2007b): The Global Plan of Action for Animal Genetic Resources and the Interlaken Declaration. FAO, Rome. [www.fao.org/docrep/010/a1404e/a1404e00.htm](http://www.fao.org/docrep/010/a1404e/a1404e00.htm). Accessed 13 July, 2016.
- Filistowicz A, Martyniuk E (2013): Animals genetic resources in Poland. *Slovak Journal of Animal Science*, 46, 121–126.
- Felius M, Beerling ML, Buchanan DS, Theunissen B, Koolmees PA, Lenstra JA (2014): On the history of cattle genetic resources. *Diversity*, 6, 705–750. doi: 10.3390/d6040705.
- Kaplanova K, Putnova L, Bryndova M, Bartonova P, Vrtkova I, Dvorak J (2012): Microsatellite variability in nutria (*Myocastor coypus*) genetic resource in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*, 57, 171–177.
- Mertin D, Hanusova J, Flak P, Suvogova K (2002a): Fertility in females of Standard nutria (*Myocastor coypus*) in farm herds. *Poľnohospodárstvo*, 48, 259–267.
- Mertin D, Hanusova J, Flak P (2002b): Fertility of selected genotypes of river nutria in farm breeds of Slovakia. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 5, 95–99. (in Slovak).
- Mertin J., Baňák, M., Barta, M., Hanusová, E., Hanusová, J., Kaplan, J., Parkányi, V., Suvogová, K. (2005). Biologické aspekty chovu nutrie riečnej (*Myocastor coypus*). Výskumný ústav živočišnej výroby. Nitra. p. 217. ISBN 80-88872-47-2.
- Meuwissen THE (2009): Genetic management of small populations: a review. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A: Animal Sciences*, 59, 71–79. doi: 10.1080/09064700903118148.
- Meuwissen THE, Woolliams JA (1994): Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. *Theoretical and Applied Genetics*, 89, 1019–1026. doi: 10.1007/BF00224533.
- Toro MA, Fernandez J, Caballero A (2009): Molecular characterization of breeds and its use in conservation. *Livestock Science*, 120, 174–195. doi: 10.1016/j.livsci.2008.07.003.
- Wright S (1931): Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, 16, 97–159.

---

### Corresponding Author:

Ing. Tomáš Němeček, University of Life Sciences Prague, Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources, Department of Animal Husbandry, Kamýčká 129, 165 21 Prague 6-Suchbát, Czech Republic, phone: +420 224 383 060, e-mail: nemecekt@af.czu.cz

---

## Effect of sex on growth, biochemical and haematological parameters of blood, carcass value and meat quality in nutrias (*Myocastor coypus*)

TOMÁŠ NĚMEČEK\*, EVA TŮMOVÁ, DARINA CHODOVÁ

Department of Animal Husbandry, Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech Republic

\*Corresponding author: [nemecekt@af.czu.cz](mailto:nemecekt@af.czu.cz)

**Citation:** Němeček T., Tůmová E., Chodová D. (2019): Effect of sex on growth, biochemical and haematological parameters of blood, carcass value and meat quality in nutrias (*Myocastor coypus*). Czech J. Anim. Sci., 64, 166–173.

**Abstract:** Sex differences in growth, blood indicators, carcass values and meat quality in nutrias were evaluated. In the fattening experiment, 136 nutrias of both sexes (1 : 1 ratio) were fattened until 8 months of age. At the end of the experiment, 18 males and 18 females with average weights were selected for the determination of biochemical indicators, carcass value and meat quality. The growth of males was significantly higher than in females; the differences were 12% at three months of age and increased to 24% at eight months of age. The effect of sex on the biochemical indicators of blood was observed in total protein ( $P \leq 0.029$ ), albumin ( $P \leq 0.012$ ), urea ( $P \leq 0.019$ ) and cholesterol ( $P \leq 0.026$ ), with higher values in males. In the case of haematology examination, the significantly higher values in males were in the number of erythrocytes ( $5.10 \times 10^{12}/l$ ) and in the haematocrit value (55.8%). Dressing out percentage was higher in males ( $P \leq 0.039$ ), and other parameters of carcass value were not affected by sex. For the meat physical properties, only lightness ( $P \leq 0.019$ ) was higher in males. In the case of the chemical composition of meat, ether extract ( $P \leq 0.033$ ) and energetic value ( $P \leq 0.024$ ) were lower in females. The results of this study show high differences in the growth of male and female nutrias, whereas carcass composition, physical meat quality and meat chemical composition are less affected by nutria sex.

**Keywords:** nutria; live weight; carcass composition; total protein; blood characteristics

In intensive farming, nutrias are reared for the production of quality fur with meat as a by-product; however, at the end of the 20<sup>th</sup> century the market situation changed, and meat has become the main product. For meat performance, growth is an important parameter that affects the final live weight and composition of the carcass. Growth is affected by many factors, of which breed and sex are the most important. Sexual dimorphism in growth was observed in some animal species. For example, Baeza et al. (2001) found significant sex differences in the growth of Muscovy ducks – by 37.0% higher value in males at the end of fattening. Similarly, the effect of sexual dimorphism was

detected in turkeys (Herendy et al., 2004), with higher live weights in males by 33.7% at 24 weeks of age. The issue of sexual dimorphism in the growth of nutrias was observed in the study of Cabrera et al. (2007), who determined the effect of sex on growth from the third month of age, when males reached significantly higher weights by approximately 11.0% and at the age of seven months by approximately 15.6%. Beutling et al. (2008) detected differences between sexes that varied according to the nutria colour type. In Standard nutrias, males reached higher weight at eight months of age by 15.5% and in Greenland nutrias by approximately 17.9%. Tůmová et al. (2015)

Supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic (Project No. QJ1510192).



<https://doi.org/10.17221/193/2018-CJAS>

observed a weight difference of 25% between the sexes in Standard nutrias, 36% in Silver nutrias and 23.4% in Prestice nutrias at the age of eight months. The biochemical indicators of blood are related to the intensity of growth because the concentrations of total protein and urea are important parameters of protein metabolism and intensity of growth. In nutrias, only the general concentration of total protein, glucose, cholesterol and urea was described by Januskevicius et al. (2015). A similar situation exists in haematological indices. For example, Martino et al. (2012) observed the haematocrit value (HCT), haemoglobin and mean corpuscular volume (MCV) and Jelinek (1984) observed the concentration of erythrocytes, HCT, mean erythrocyte volume and the total number of white blood cells in nutria males.

Slaughter characteristics represent valuable information in meat production. In nutrias, the information about carcass value is variable because the uniform carcass definition is missing. Some authors have reported carcass with head (Hermann and Muller 1991) and others without head (Cabrera et al. 2007). Generally, Mertin et al. (2003) and Tumova et al. (2015, 2017) described the effect of sex on hot carcass weight, with higher values in males at the age of eight months. Beutling et al. (2008) observed differences in hot carcass weights between the sexes in different colour types at eight months of age. In their study, the hot carcass weight in Standard males was approximately 15.0% higher and that of Greenland males approximately 23.8% higher. Similar to the carcass weight, the determination of dressing out percentage (DOP) is not uniform. Mertin et al. (2003), Beutling et al. (2008) and Tumova et al. (2015) presented a higher DOP in males. Additionally, in carcass composition, there is a lack of information because nutrias are usually sold in the form of the whole carcass.

The quality of meat is given by its physical properties and chemical composition. The acidification of muscles *post-mortem* is one of the fundamental changes that occur during meat maturation. For example, in rabbits, sex had no effect on pH (Dalle Zotte et al. 2005). There is a lack of data about the effect of sex on this parameter; however, Alt et al. (2006) and Cholewa et al. (2009) did not determine differences in the meat pH between males and females. The colour of the meat is given by the content of myoglobin, which could be affected by the sex and age of the animal (Hernandez et al. 2004).

In nutrias, the meat colour parameters expressed by L\* (lightness) and b\* (yellowness) were lower in females, and a\* (redness) was slightly higher in females than in males (Cholewa et al. 2009).

The chemical composition of meat can be affected by sex, breed or nutrition. However, in nutrias, sex had no effect on the content of protein (Saadoun et al. 2006; Cabrera et al. 2007; Cholewa et al. 2009), total lipid (Saadoun et al. 2006; Cabrera et al. 2007), cholesterol (Cabrera et al. 2007) and hydroxyproline (Tumova et al. 2015, 2017).

There is relatively little information about the meat performance of nutrias in relation to the effect of sex, biochemical indicators, haematology, carcass value and the quality of meat; therefore, the aim of this study is to evaluate the growth, carcass value and quality of meat between male and female nutrias.

## MATERIAL AND METHODS

**Animals and experimental design.** A total of 136 Standard nutrias at the age of 2–8 months were used for the fattening part of this experiment (4 replications with 17 animals per sex). Nutrias were obtained from 3 small farms at the weaning age of two months. The experiment was approved by the Ethics Committee of the Czech University of Life Sciences Prague and the Central Commission for Animal Welfare at the Ministry of Agriculture of the Czech Republic. During the experiment, the nutrias were housed in eight indoor pens (1.0 m<sup>2</sup> per animal) with a hard, slated floor. A 12-hour light regime was used, and the environmental conditions reflected the needs of the nutrias (temperature 14–16°C; relative humidity 55–60%). Animals were fed a pelleted feed mixture throughout the experiment. The feed mixture contained 19.2% crude protein, 14.6% crude fibre, 31.8% neutral detergent fibre, 3.5% ether extract, 0.9% Ca and 0.6% P. Feed and water were available *ad libitum*. Nutrias were individually weighed every 28 days until the end of the experiment. At the end of the fattening experiment, 36 nutrias with average weights were selected for slaughtering.

**Carcass analysis.** The nutrias were slaughtered at the Experimental Slaughterhouse of the Institute of Animal Science. Before slaughtering, the animals were fasted for 12 h. The nutrias were electrically stunned and bled. After slaughtering, the nutrias were skinned, and the gastrointestinal tract was

removed and weighed. The carcass analysis was carried out according to the methodology described in the study of Tumova et al. (2015, 2017) and was performed on cold carcasses. The dressing out percentage was calculated from the cold carcass weight without the head, divided by the live weight and multiplied by 100. The separation of the individual parts of the carcass (front part, hind part, loin and hind leg) was performed in accordance with Tumova et al. (2015, 2017). Each part of carcass was weighed, and this value was used for the calculation of the percentage of the carcass. The percentage of perirenal fat and the meat/bone ratio were calculated by the method described by Blasco and Ouhayoun (1996).

**Physical properties of the meat.** The meat pH value was determined 24 h *post mortem* in the hind leg with a Jenway pH Meter 3510 (Jenway, UK). The colour of the meat was measured in the hind leg 24 h *post mortem* by a Minolta Spectra Magic TM NX spectrophotometer (Konica Minolta Sensing, Inc., Japan). The determination of meat physical properties was described in detail in the study of Tumova et al. (2017).

**Chemical analyses.** The chemical composition of the meat was determined similarly as in the study of Tumova et al. (2015, 2017) in accordance with the procedure of AOAC (2005). Dry matter was determined by drying in an oven at 105°C. The Kjeltac Auto 1030 Analyser (FOSS Tecator AB, Sweden) was used to determine the protein content, and the Soxtec 1043 apparatus (FOSS Tecator AB) to determine the ether extract according to Skrivanova et al. (2017). The concentration of hydroxyproline (HPR) was analysed according to Diemar (1963). The ash content was determined by mineralisation at 550°C. The cholesterol content was analysed using a photometrical method and a PerkinElmer analyser (model 5000; PerkinElmer, USA). The energetic value of the meat was calculated as follows:

$$\text{Energetic value (MJ/kg)} = ((16.74 \times \text{protein content}) + (37.66 \times \text{fat content}))/1000$$

**Blood analyses.** Blood samples were taken to determine biochemical markers (total protein, albumin, urea, cholesterol, triacylglycerol, non-esterified fatty acids and glucose) and haematology from 36 nutrias. Blood for biochemical analyses was collected into tubes without anticoagulant after slaughtering. Samples for the determination of haematological characteristics were stored at

4°C for 24 h. The collected blood samples were centrifuged (1000 g for 10 min). The obtained serum was stored at -70°C until analysis. Biochemical serum markers were determined photometrically in a Libra S 22 spectrophotometer (Biochrom Ltd., UK) using standard commercial kits (Randox Laboratories Ltd., UK). The samples for detection of haematological characteristics were collected into tubes containing dipotassium salt of ethylenediamine tetraacetic acid (K<sub>2</sub> EDTA). In blood, the erythrocytes, haematocrit value, leucocytes and haemoglobin concentration were determined. The haematology analysis method was described in more detail by Chodova et al. (2017).

**Muscle fibre characteristics.** Muscle fibre characteristics were measured in the right hind leg in the *Biceps femoris*. The samples were treated with myofibrillar ATPase and stained according to the method of Brooke and Kaiser (1970). The individual fibres were classified according to the nomenclature of Ashmore and Doerr (1971): type I (red, slow oxidative), type IIA (red, fast oxide-glycolytic) or type IIB (white, fast glycolytic). For each type of muscle fibre, the mean cross-sectional area (CSA,  $\mu\text{m}^2$ ) and percentage were calculated using NIS Elements AR 3.1 software (Nikon, Japan). The detection of the number and area of muscle fibres was described in the study of Tumova et al. (2017).

**Statistical analyses.** The data were analysed using the GLM procedure of SAS (Statistical Analysis System, Version 9.4). All measurements were processed with one-way ANOVA, and the differences between sexes were tested by *t*-test.

## RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 presents changes in the live weights of nutrias from weaning at the age of two months to the end of the experiment at the age of eight months. At weaning, the nutrias showed no significant differences in body weight between males and females. The inconsistent growth intensity of males and females exhibited significant differences ( $P \leq 0.019$ ) at three months of age, when the males were heavier by 12% than the females. The differences in live weights between the sexes significantly grew to 24.6% at the end of the experiment. Similarly, Cabrera et al. (2007) observed significant differences in body weights between males and females at three months of age (17.9%),



<https://doi.org/10.17221/193/2018-CJAS>

Table 1. Live weight (g) of nutria males and females during fattening

Months	Males	Females	SEM	Significance
2	1250	1159	45.4	0.322
3	2072	1823	53.1	0.019
4	3029	2565	62.9	< 0.001
5	3859	3135	74.6	< 0.001
6	4593	3711	84.3	< 0.001
7	5226	4058	98.7	< 0.001
8	5974	4505	123	< 0.001

SEM = standard error of the means

and this difference increased to the end of fattening to 19.5% at eight months of age. Faverin et al. (2005) presented differences between sexes at a weaning age of 40 days (7.13%) and at six months of age (37.0%). Tumova et al. (2017) described increased differences in live weight between males and females of 15.8%, 19.6% and 23% at 6, 7 and 8 months, respectively. A previous study (Tumova et al. 2015) revealed that the differences in live weights between the sexes of nutrias were affected by the colour type of nutrias. The highest differences were detected in Moravian Silver (36.9%), in Standard nutrias (25.9%) and the lowest in Prestice nutrias (23.4%). A comparison of the results and literature shows that the range of the differences in live weights between sexes could be affected by the colour type and environmental conditions. On the other hand, in wild nutrias, Tulley et al. (2000) did not find significant differences in live weights between sexes in young nutrias, but adult males were significantly heavier (by 11.4%). These data indicate that domestication increased the differences in the live weights of male and female nutrias, and further selection of environmental conditions might increase the live weight variability.

Differences in growth may affect the blood biochemical characteristics (Table 2). The concentration of total protein is associated with better utilization of the protein in the feed mixture and a higher intensity of growth. In the present study, a higher concentration of total protein was found in males ( $P \leq 0.029$ ), which grew faster than females. A similar trend was observed in the other blood biochemical indicators of protein metabolism, albumin ( $P \leq 0.012$ ) and urea ( $P \leq 0.019$ ), which were also higher in males. On the other hand, three indicators of lipid metabolism (cholesterol,

Table 2. Effect of sex on blood biochemical indices in nutrias at the age of 8 months

	Males	Females	SEM	Significance
Total protein (g/l)	50.20	41.60	2.01	0.029
Albumin (g/l)	33.50	26.10	1.53	0.012
Urea (mmol/l)	6.28	3.81	0.54	0.019
TAG (mmol/l)	1.22	1.08	0.14	0.649
Cholesterol (mmol/l)	1.58	1.16	0.10	0.026
NEFA (g/l)	0.51	0.44	0.05	0.502
Glucose (mmol/l)	6.03	5.05	0.37	0.186

TAG = triacylglycerol, NEFA = non-esterified fatty acid, SEM = standard error of the means

triacylglycerol and non-esterified fatty acid) were evaluated, while cholesterol was affected by sex ( $P \leq 0.026$ ). In the literature, the effect of sex on blood biochemical measurements in nutrias has not been described; however, the range of concentrations of these indicators corresponds with the levels described by Jelinek (1984) and Januskevicius et al. (2015). In comparison with other species, e.g. male rats had higher concentrations of cholesterol and TAG than did their females (Marounek et al. 2017). Glucose is an indicator of energetic metabolism, and in the present study, it was not affected by sex. These values are not comparable with the literature because these data are missing. The differences in biochemical indicators show the effect of sex on the biochemical measurements of protein metabolism and cholesterol and are presumably associated with sex differences in the growth of nutrias. On the other hand, the variability between males and females is within a range described in the literature (Jelinek 1984; Martino et al. 2012). Of haematological indicators (Table 3), the counts

Table 3. Haematological indices of nutria males and females at the age of 8 months

	Males	Females	SEM	Significance
ER ( $10^{12}/l$ )	5.10	4.48	0.15	0.033
HCT (%)	55.80	49.50	1.60	0.048
MCV (fl)	110	110	1.08	0.595
LC ( $10^9/l$ )	10.30	9.99	0.53	0.781
HB (g/l)	146	136	3.28	0.125

ER = erythrocytes, HCT = haematocrit value, MCV = mean corpuscular volume, LC = leucocytes, HB = haemoglobin concentration, SEM = standard error of the means



of erythrocytes ( $P \leq 0.033$ ) and HTC ( $P \leq 0.048$ ) were higher in males. However, MCV, leucocytes (LC) and haemoglobin concentration were not affected by the sex. There is limited information about haematology of nutrias, none of which is related to sex. In addition, data on MCV and LC are missing.

Most of the carcass composition characteristics (Table 4) were not affected by the sex of the nutrias. On the other hand, the carcass weight of females was 23% lower than in males, which corresponded with differences in slaughter weight. In the study of Glogowski and Panas (2009), the difference between the sexes in live weight at nine months of age was only 3.2%. The significant effect of sex was determined in DOP ( $P \leq 0.039$ ), with lower values in females, which is in agreement with the study of Mertin et al. (2003) and Tumova et al. (2015). The percentage of the individual components of the carcass (hind part, hind leg and hind leg meat) was not affected by sex, with numerically higher values in males, and corresponds with the trend in percentages observed in the studies of Tumova et al. (2015, 2017). The percentage of internal organs was not affected by sex, with the exception of the kidneys. The higher percentage of kidneys ( $P \leq 0.036$ ) in males is in contrast with the study of Mertin et al. (2003), who did not detect an effect

of sex on the proportion of kidneys. In the present study, the liver percentage was not affected by sex, but Mertin et al. (2003) observed its significantly higher values in females. Similar to the study of Mertin et al. (2003), our heart percentage results did not differ between males and females. The differences in the proportion of organs could be due to the different live weights at the slaughter age. In comparison with other species, for example, rabbits (New Zealand White), the study of Yalcin et al. (2006) did not determine the effect of sex on the proportion of the kidneys, liver and heart. Renal fat is a good indicator of fatness, and its amount increases with age (Tumova et al. 2017). The percentage of renal fat was not affected by sex in the present study, but a slightly higher value was observed in males ( $P \leq 0.05$ ). In studies conducted by Tumova et al. (2015, 2017), a similar trend was found.

For the physical properties of the hind leg meat (Table 5), pH was not affected by sex, with a numerically higher value in males, which is in agreement with the studies of Alt et al. (2006) and Migdal et al. (2013). On the other hand, Tumova et al. (2017) described significantly lower values in females. For the colour parameters of the hind leg meat, only differences in  $L^*$  parameter between males and females were registered, with a higher value in males. In the limited information about nutria meat lightness, Cholewa et al. (2009) and Tumova et al. (2017) did not find significant differences between males and females. In agreement with studies by Cholewa et al. (2009) and Tumova et al. (2017), the effect of sex was not observed on the meat parameters  $a^*$  and  $b^*$ . Meat colour is affected by the muscle structure, and negligible differences in the proportion of muscle fibres are assumed to be the main reason for the lack

Table 4. Body and carcass composition of nutria males and females at the age of 8 months

Characteristics	Males	Females	SEM	Significance
Live weight (g)	5650	4448	149	< 0.001
Weight of skin (g)	1179	1072	34.50	0.016
Skin (%)	22.90	20.90	0.54	0.065
Carcass weight without head (g)	2702	2084	78.40	< 0.001
DOP (%)	52.20	50.60	0.41	0.039
Hind part (%)	41.60	41.30	0.73	0.858
Hind leg (%)	25.30	24.10	0.77	0.428
Hind leg meat (%)	20.40	20.30	0.44	0.919
Meat/bone ratio (%)	32.00	31.80	1.90	0.958
Liver (%)	6.39	6.36	0.24	0.951
Heart (%)	0.70	0.70	0.03	0.938
Kidneys (%)	1.47	1.29	0.04	0.036
Digestive tract (%)	16.70	15.60	1.95	0.669
Renal fat (%)	3.08	2.76	0.35	0.661

DOP = dressing out percentage, SEM = standard error of the means

Table 5. Physical properties of *Biceps femoris* muscle in nutrias at the age of 8 months

	Males	Females	SEM	Significance
pH	6.30	6.18	0.07	0.436
$L^*$	43.60	40.30	0.73	0.019
$a^*$	11.50	9.99	0.41	0.059
$b^*$	7.27	6.31	0.69	0.494
Shear force (N)	27.70	22.40	0.93	0.003

$L^*$  = lightness,  $a^*$  = redness,  $b^*$  = yellowness, SEM = standard error of the means

<https://doi.org/10.17221/193/2018-CJAS>

Table 6. Chemical composition of hind leg meat in nutrias at the age of 8 months

	Males	Females	SEM	Significance
Dry matter (%)	25.70	24.90	1.65	0.017
Crude protein (%)	21.20	21.20	0.65	0.927
Ether extract (%)	2.93	2.23	1.66	0.033
Cholesterol (%)	0.056	0.055	18.80	0.874
Ash (%)	1.13	1.12	0.07	0.813
Hydroxyproline (%)	0.10	0.10	0.06	0.766
Energetic value (MJ/kg)	4.65	4.39	0.06	0.024

SEM = standard error of the means

of significance (Tumova et al. 2017). The shear force of the hind leg meat was significantly higher ( $P \leq 0.019$ ) in males and might be related to the higher cross-sectional area of muscle fibres and the collagen content in males. In comparison with other species, e.g. in geese, Uhlirova et al. (2018) did not find the effect of sex in the Czech goose, but in the Eskildsen goose, the shear force was significantly higher in females.

In the chemical composition of hind leg meat (Table 6), the protein content was not affected by sex, which agrees with Saadoun et al. (2006), Cabrera et al. (2007), Glogowski and Panas (2009) and Tumova et al. (2015, 2017). The effect of sex was determined in ether extract ( $P \leq 0.033$ ), with higher values in males, corresponding with Tumova et al. (2015, 2017). However, in the studies of Saadoun et al. (2006), Cabrera et al. (2007) and Januskevicius et al. (2015), sex had no effect on the parameter. Tulley et al. (2000) determined a lower content of total fat in wild nutrias, without the effect of sex. Glogowski and Panas (2009) found

higher values in females. The differences between studies could be due to different genotypes, feed mixtures or environmental conditions. HPR is an indicator of the collagen content in meat, and in the present study, the differences were not found. A similar trend was observed by Tumova et al. (2015, 2017) but with significant differences between sexes. On the other hand, Migdal et al. (2013) observed a negligibly lower collagen content in females. Additionally, in the case of cholesterol content, sex showed no effect on its level, which agrees with findings by Saadoun et al. (2006) and Cabrera et al. (2007).

The results of the measurements of muscle fibre characteristics in the *Biceps femoris* are summarized in Table 7. The differences in the number of muscle fibres can be affected by sex (Staron et al. 2000) and breed (Ruy et al. 2008). However, in the present study, the number of all types of muscle fibres was not affected by sex, with numerically higher values in males. In an experiment with age-related changes, Tumova et al. (2017) observed that the proportion of muscle fibre types I, IIA and IIB was numerically higher in males. In a previous study, Tumova et al. (2015) evaluated the effect of the colour types and in Standard and Moravian Silver males observed a significantly higher percentage of type I muscle fibres, but the percentage of type IIB muscle fibres was higher in females ( $P \leq 0.05$ ). The percentage of type IIA fibres was higher in females of the Standard and Prestice nutria. Concerning the CSA of muscle fibres, type IIB had the significantly highest CSA ( $P \leq 0.001$ ), and this agrees with Tumova et al. (2015, 2017). The CSA of all muscle fibre types was numerically higher in males, which presumably

Table 7. Muscle fibre characteristics of *Biceps femoris* of nutria males and females at the age of 8 months

	Fibre type	Males	Females	SEM	Significance
Fibres $n$ (per mm <sup>2</sup> )	I	33.50	20.40	4.39	0.143
	IIA	15.60	8.67	2.51	0.188
	IIB	175	144	9.06	0.087
Percentage of total fibres (%)	I	18.20	9.37	2.36	0.063
	IIA	7.41	4.43	1.03	0.166
	IIB	85.90	84.30	2.60	0.780
Cross sectional area (µm <sup>2</sup> )	I	2242	2173	107	0.752
	IIA	2383	2107	117	0.300
	IIB	4094	3666	59.50	< 0.001

SEM = standard error of the means



reflected higher live weights. In contrast, Tumova et al. (2015) observed significantly higher CSA of all muscle fibre types in males in all three colour types. In the following study, Tumova et al. (2017) found that the effect of sex was significant on the CSA of all muscle fibre types. Regarding the age, higher values of CSA were in males at 7 and 8 months of age, whereas at 6 months the values were higher in females. The CSA of muscle fibre types plays an important role because it is associated with meat quality. For example, muscle fibre type I has a higher content of myoglobin, which affects the lightness of meat (Ruy and Kim 2006); higher collagen content of this type correlates with tenderness (Renand et al. 2001). Muscle fibre type IIB is fast glycolytic, which may be related to intramuscular fat and therefore affect also meat tenderness (Renand et al. 2001; Tumova et al. 2016).

## CONCLUSION

The study describes sexual dimorphism in growth, carcass value and the quality of meat in nutrias and provides new information about the biochemical and haematological indicators in blood. The differences in growth were determined from three months of age, with the faster growth intensity of males. Sexual dimorphism also affected blood biochemical characteristics, as higher indicators of protein metabolism were seen in males, which is presumably related to the higher intensity of growth. As for the haematology indicators, leukocytes and erythrocyte counts, haematocrit value and haemoglobin were lower in females. Carcass composition was moderately affected by sex, except for DOP, which had higher values in males, which might be related to a higher proportion of fur in females. The physical properties of the meat were only significantly higher in parameter  $L^*$  in males, and we assume that this parameter was correlated with a higher proportion of muscle fibre type I in males. The nutritional value of the meat was not affected by sex, except for ether extract and the energetic value, which was higher in males. In the case of muscle fibres, the effect of sex was determined only in the CSA of type IIB. Higher CSA in males is related to more intensive growth and higher live weights. The study provides the first detailed data on the differences between male and female nutrias in the effect of

sex on performance and meat quality; however, further studies are needed to confirm the effect of sex on the studied parameters.

## REFERENCES

- Alt M., Fushy D., Beutling D. (2006): Quality parameters of nutrias. *Fleischwirtschaft*, 86, 126–128. (in German)
- AOAC International (2005): *Official Methods of Analysis*. 18<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA.
- Ashmore C.R., Doerr L. (1971): Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Experimental Neurology*, 31, 408–418.
- Baeza E., Williams J., Guemene D., Duclos M.J. (2001): Sexual dimorphism for growth in Muscovy ducks and changes in insulin-like growth factor I (IGF-1), growth hormone (GH) and triiodothyronine (T3) plasma levels. *Reproduction Nutrition Development*, 41, 173–179.
- Beutling D., Cholewa R., Miarka K. (2008): Nutrias as meat and fur producers. 1. Yield of meat and rawhides. *Fleischwirtschaft*, 12, 106–110. (in German)
- Blasco A., Ouhayoun J. (1996): Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 4, 93–99.
- Brooke M.H., Kaiser K. (1970): Muscle fiber types: How many and what kind? *Archives of Neurology*, 23, 369.
- Cabrera M.C., del Puerto M., Olivero R., Otero E., Saadoun A. (2007): Growth, yield of carcass and biochemical composition of meat and fat in nutria (*Myocastor coypus*) reared in an intensive production system. *Meat Science*, 76, 366–376.
- Chodova D., Tumova E., Hartlova H., Fucikova A., Volek Z., Vlckova J. (2017): Changes of haematological and biochemical indices with age in rabbits with ad-libitum and limited feed intake. *Acta Veterinaria Brno*, 86, 29–35.
- Cholewa R., Pietrzak M., Beutling D. (2009): Meat quality of nutrias: composition and colour of nutria meat in relation to slaughter weight, age and sex. *Fleischwirtschaft*, 89, 112–116. (in German)
- Dalle Zotte A., Remignon H., Ouhayoun J. (2005): Effect of feed rationing during post-weaning growth on meat quality, muscle energy metabolism and fibre properties of Biceps femoris muscle in the rabbit. *Meat Science*, 70, 301–306.
- Diemar W. (1963): *Laboratory Manual for Food Chemists*. Theodor Steinkopf Verlag, Dresden, Germany. (in German)
- Faverin C., Mezzadra C.A., Fernandez H.M., Melucci L.M. (2005): Characterization of growth traits of Greenland

<https://doi.org/10.17221/193/2018-CJAS>

- and Silver coypus under captivity conditions. *Journal of Agricultural Science*, 143, 199–207.
- Glogowski R., Panas M. (2009): Efficiency and proximate composition of meat in male and female nutria (*Myocastor coypus*) in an extensive feeding system. *Meat Science*, 81, 752–754.
- Herendy V., Suto Z., Horn P., Szalay I. (2004): Effect of the housing system on the meat production of turkey. *Acta Agriculturae Slovenica*, 1, 209–213.
- Hermann S., Muller A.K. (1991): Studies into carcass and meat quality of nutria. *Monatshefte für Veterinarmedizin*, 46, 746–749.
- Hernandez P., Aliaga S., Pla M., Blasco A. (2004): The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality trends in rabbits. *Journal of Animal Science*, 82, 3138–3143.
- Januskevicius A., Bukelis R., Andruleviciute V., Sinkeviciene I., Budreckiene R., Kasauskas A. (2015): Dynamic of growth, biochemical blood parameters, carcass and meat characteristics of foddering nutria (*Myocastor coypus*) influenced by proteins diet. *Veterinarija ir Zootechnika*, 93, 21–25.
- Jelinek P. (1984): Basic hematological indices in adult nutria (*Myocastor coypus*) male. *Acta Veterinaria Brno*, 53, 41–47.
- Marounek M., Volek Z., Skrivanova E., Taubner T., Pebriansyah A., Duskova D. (2017): Comparative study of the hypocholesterolemic and hypolipidemic activity of alginate and amidated alginate in rats. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 620–624.
- Martino P.E., Arauz S.M., Anselmino F., Cisterna C.C., Silvestrini M.P., Corva S., Hozbor F.A. (2012): Hematology and serum biochemistry of free-ranging nutria (*Myocastor coypus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 43, 240–247.
- Mertin D., Hanusova J., Flak P. (2003): Assessment of meat efficiency in nutria (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*, 48, 35–45.
- Migdal L., Barabasz B., Niedbala P., Lapinski S., Pustkowiak H., Zivkovic B., Migdal W. (2013): A comparison of selected biochemical characteristics of meat from nutria (*Myocastor coypus*) and rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Annals of Animal Science*, 13, 387–400.
- Renand G., Picard B., Touraille C., Berge P., Lepetit J. (2001): Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*, 89, 49–60.
- Ruy Y.C., Kim B.C. (2006): Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by post-mortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science*, 84, 894–901.
- Ruy Y.C., Choi Y.M., Lee S.H., Shin H.G., Choe J.H., Kim J.M., Hong K.C., Kim B.C. (2008): Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*, 80, 363–369.
- Saadoun A., Cabrera M.C., Castelluccio P. (2006): Fatty acids, cholesterol and protein content of nutria (*Myocastor coypus*) meat from an intensive production system in Uruguay. *Meat Science*, 72, 778–784.
- Skrivanova V., Tumova E., Englmaierova M., Chodova D., Skrivan M. (2017): Do rearing system and free-range stocking density affect meat quality of chickens fed feed mixture with rapeseed oil? *Czech Journal of Animal Science*, 62, 141–149.
- Staron R.S., Hagerman F.C., Hikida R.S., Murray T.F., Hostler D.P., Crill M.T., Ragg K.E., Toma K. (2000): Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 48, 623–629.
- Tulley R.T., Malekian F.M., Rood J.C., Lamb M.B., Champagne C.M., Redmann S.M., Patrick R., Kinler N., Raby C.T. (2000): Analysis of the nutritional content of *Myocastor coypus*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13, 117–125.
- Tumova E., Chodova D., Svobodova J., Uhlírova L., Volek Z. (2015): Carcass composition and meat quality of Czech genetic resources of nutrias (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*, 60, 479–486.
- Tumova E., Chodova D., Uhlírova L., Vlckova J., Volek Z., Skrivanova V. (2016): Relationship between muscle fibre characteristics and meat sensory properties in three nutria (*Myocastor coypus*) colour types. *Czech Journal of Animal Science*, 61, 217–222.
- Tumova E., Chodova D., Vlckova J., Nemecek T., Uhlírova L., Skrivanova V. (2017): Age-related changes in the carcass yield and meat quality of male and female nutrias (*Myocastor coypus*) under intensive production system. *Meat Science*, 133, 51–55.
- Uhlírova L., Tumova E., Chodova D., Vlckova J., Ketta M., Volek Z., Skrivanova V. (2018): The effect of age, genotype and sex on carcass traits, meat quality and sensory attributes of geese. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31, 421–428.
- Yalcin S., Onbasilar E.E., Onbasil I. (2006): Effect of sex on carcass and meat characteristics of New Zealand White rabbits aged 11 weeks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19, 1212–1216.

Received: 2018–10–16

Accepted: 2019–01–21



## Growth, carcass value and blood biochemical parameters of Czech Genetic Resources of nutria (*Myocastor coypus*)

## Růst, jatečná hodnota a biochemické ukazatele krve Českých Genetických zdrojů nutrií (*Myocastor coypus*)

Tomáš NĚMEČEK\*, Eva TŮMOVÁ and Darina CHODOVÁ

Czech University of Life Sciences in Prague, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources, Department of Animal Husbandry, Czech Republic, \*correspondence: [nemecekt@af.czu.cz](mailto:nemecekt@af.czu.cz)

### Abstract

The aim of the study was to evaluate the effect of colour type and sex of nutrias on growth, carcass composition, and weight of organs and biochemical parameters of blood. One hundred and twenty nutrias (Bohemian type of Standard - ST, Moravian Silver - MS and Prestice Multicolour - PV) from weaning age at two month till 8 months were studied. Growth of nutrias was affected by significant interaction of the colour type and sex till the age of six month. The sex had effect from the age of three months with more intensive growth in males. Dressing out percentage was unaffected by any of the observed factors and ranged from 56% to 59%. The weight of the hind leg meat was affected by interaction of colour type and sex ( $P \leq 0.009$ ) whereas weight of the loin ( $P \leq 0.03$ ) and the weight of the hind leg meat ( $P \leq 0.01$ ) by colour type. The weight of the internal organs was affected by sex. In the case of blood biochemical characteristics, the interactions of colour type and sex were found in total protein ( $P \leq 0.013$ ) and glucose ( $P \leq 0.012$ ). The effect of the colour type was in total protein ( $P \leq 0.017$ ), urea ( $P \leq 0.001$ ), triacylglycerol ( $P \leq 0.011$ ) and glucose ( $P \leq 0.001$ ). In conclusion, the results of the study show that sex of nutrias had a higher impact on growth, carcass composition and blood biochemistry than colour type.

**Keywords:** biochemical composition of blood, carcass value, growth, nutrias

### Abstrakt

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv barevného typu a pohlaví nutrií na růst, složení jatečného těla, hmotnosti orgánů a biochemické ukazatele krve. Sto dvacet nutrií (Česká varianta Standardní nutrie – ST, Moravská Stříbrná nutrie – MS a Přeštická Vícebarevná nutrie – PV), od odstavu ve dvou měsících do osmi měsíců věku, bylo zařazeno do pokusu. Růst nutrií byl ovlivněn interakcí barevného typu a pohlaví do

šestého měsíce věku. Pohlaví mělo vliv na růst od třetího měsíce věku s intenzivnějším růstem u samců. Jatečná výtěžnost nebyla ovlivněna žádným ze sledovaných faktorů a byla v rozmezí 56% – 59%. U hmotnosti masa stehen byla zjištěna interakce barevného typu a pohlaví ( $P \leq 0,009$ ) s nejvyššími hodnotami u samců MS a PV. Hmotnost hřbetu ( $P \leq 0,03$ ) a masa stehen ( $P \leq 0,01$ ) byla ovlivněna barevným typem. U hmotnosti orgánů byl detekován vliv pohlaví. V případě biochemických parametrů krve byla zjištěna interakce barevného typu a pohlaví u obsahu celkových bílkovin ( $P \leq 0,013$ ) a glukózy ( $P \leq 0,012$ ). Vliv barevného typu byl u celkových bílkovin ( $P \leq 0,017$ ), močoviny ( $P \leq 0,001$ ), triacylglycerolu ( $P \leq 0,011$ ) a glukózy ( $P \leq 0,001$ ). Závěrem, výsledky této studie ukazují, že pohlaví nutrií mělo vyšší vliv na růst, složení jatečného těla a biochemické ukazatele krve než barevný typ.

**Klíčová slova:** biochemické složení krve, jatečná hodnota, nutrie, růst

### Detailed abstract

The aim of the study was to evaluate the effect of colour type and sex of nutrias on growth, carcass composition, weights of organs and biochemical parameters of blood in nutrias which are included in Genetic Resources of the Czech Republic (Bohemian type of Standard - ST, Moravian Silver - MS and Prestice Multicolour - PV). One hundred and twenty nutrias from weaning age at two months till eight months were kept in indoor pens with hard, slated floor (1 m<sup>2</sup> per animal). The nutrias were fed a pelleted feed mixture throughout the experiment. Feed and water were available ad libitum. Every month animals were weighed and daily feed consumption was recorded. At the end of fattening, 36 nutrias (6 males and 6 females of each colour type) were slaughtered. Blood samples were collected and subsequent slaughter analysis was performed according to the modified method of Blasco and Ouhayoun, 1996. Growth was affected by significant interaction of the colour type and sex till the age of six month. The sex had effect from the age of three months with higher growth of males. Feed intake was higher in males. Dressing out percentage was not affected by the colour type or sex, Tůmová et al. (2015) reported higher values in males. The hind leg meat weight was affected by the interaction of colour type and sex ( $P \leq 0.009$ ) with the highest weight in males MS and PV (544 g) and the lowest in females MS (301 g). In the case of weight of the loin ( $P \leq 0.03$ ) the effect of the colour type was found with higher weight for PV (595 g). The weight of hind part ( $P \leq 0.001$ ), loin ( $P \leq 0.001$ ), hind leg ( $P \leq 0.001$ ) and hind leg meat ( $P \leq 0.001$ ) were higher in males. These values could not be comparable with literature, because these information missed. The weight of organs was affected only by sex. In the concentration of total protein and glucose the significant interaction of colour type and sex was observed. The content of total protein ( $P \leq 0.013$ ) was the highest in females MS (64.33 g/l), and the lowest in ST males (37.07 g/l). In the study of Jelinek and Illek (1984) similar range of concentration of total protein was found. In glucose ( $P \leq 0.012$ ), the highest concentrations were found in MS males (7.52 mmol/l) and the lowest ST males (3.76 mmol/l). The content of glucose was comparable with data of Januškevičius et al. (2015). Depending on the colour type, differences in total protein content ( $P \leq 0.017$ ), urea ( $P \leq 0.001$ ), triglycerides ( $P \leq 0.011$ ) and glucose ( $P \leq 0.001$ ) were found. The results on the effect of colour type were not possible to compare with literature



because lack of data. The effect of sex was observed for all evaluated parameters except triglycerides. In conclusion, the results of the study show that sex of nutrias had a higher impact on growth, carcass composition and blood biochemistry than colour type.

## Úvod

Nutrie (*Myocastor coypus*) pocházejí z Jižní Ameriky, odkud byly na počátku 20. století vyvezeny do Evropy. Původně byly chovány pro produkci kvalitních kožešin, avšak situace na trhu se změnila a hlavní pozornost je v současné době věnována produkci masa. Tato změna v produkci zdůraznila potřebu informací o růstu nutrií a jejich jatečné hodnotě, protože tyto informace jsou důležité pro správné řízení chovu.

Výkrmnost je významným faktorem a může být vyjádřena absolutním růstem, přírůstkem za určité časové období a spotřebou krmiva na jednotku přírůstku živé hmotnosti. Ohledně těchto parametrů není u nutrií známo mnoho informací. Problematikou růstu se zabývali Faverin et al. (2005), kteří sledovali růst od odstavu do 7 měsíců věku u samců a samic Grönlandských a Stříbných nutrií. V jejich studii byl zaznamenán vyšší průměrný denní přírůstek u nutrií Grönlandských v porovnání s nutriemi Stříbnými. U osmi měsíčních nutrií (Beutling et al., 2008b) byla ve vztahu k barevnému typu zjištěna vyšší hmotnost Standardních nutrií v porovnání s nutriemi Grönlandskými. V závislosti na pohlaví byly nižší hodnoty u samic (Mertin et al., 2003; Faverin et al., 2005; Beutling et al., 2008b). Cabrera et al. (2007) sledovali růst nutrií v závislosti na obsahu N-látek v krmné směsi. V jejich práci byl zjištěn vliv pohlaví už od třetího měsíce věku, kdy samci dosahovali výrazně vyšších hmotností.

Hlavním ukazatelem jatečné hodnoty je jatečná výtěžnost. Ve vztahu k barevnému typu uvádějí Beutling et al. (2008a) jatečnou výtěžnost Grönlandských nutrií nižší než u Standardních nutrií. Tůmová a Hrstka (2013) zjistili vyšší jatečnou výtěžnost u Stříbných nutrií než u Standardních. Vyšší jatečná výtěžnost byla u samců (Mertin et al., 2003; Beutling et al., 2008b). U jednotlivých partií jatečně opracovaného trupu jsou v literatuře dostupné pouze podíly, nikoli však hmotnosti. Podíl zadní části a stehen byl vyšší u samic (Tůmová et al., 2015). Podobně jako u předchozích ukazatelů tak i podíl masa stehen byl vyšší u samic (Tůmová a Hrstka, 2013). Součástí jatečné hodnoty mohou být i požitelné vnitřnosti. Hmotnost jater byla vyšší u Grönlandských nutrií v porovnání s nutriemi Stříbnými (Faverin et al., 2002) nebo Standardními (Beutling et al., 2008a). Samice měly vyšší hmotnosti jater než samci (Faverin et al., 2002; Mertin et al., 2003). V případě hmotnosti srdce a ledvin byly zjištěny rozdíly ve vztahu k barevnému typu (Beutling et al., 2008a). Vliv pohlaví nebyl zjištěn u hmotnosti srdce (Beutling et al., 2008a), ale hmotnost ledvin byla nižší u samic (Mertin et al., 2003; Beutling et al., 2008a).

Stanovení biochemických ukazatelů v krvi poskytuje cenné informace pro posouzení intenzity metabolismu a zdravotního stavu, s cílem odhalit zdravotní poruchy již v preklinické fázi nebo pro sledování stresových faktorů (Hinton et al., 1982). Změny ve fyziologických a biochemických hodnotách mohou být využity jako indikátory welfare (Hoy and Verga, 2006). Biochemické ukazatele mohou být ovlivněny řadou vnějších a vnitřních faktorů. Mezi nejdůležitější faktory patří plemeno, pohlaví, věk a fáze reprodukčního cyklu (Jeklova et al., 2009; Abdel-Azeem et al., 2010). Nedostatek

referenčních hodnot biochemických ukazatelů může vést k problémům při diagnóze a následném léčení. U nutrií existuje relativně málo informací o biochemických parametrech. Jelínek and Illek (1984) zjistili v krvi osmi měsíčních samců nutrií koncentrace celkových bílkovin 61,24 g/l, glukózy 6,96 mmol/l, albuminu 35,89 g/l a močoviny 7,85 mmol/l. Ve studii Januskevičiuse et al. (2015), kteří sledovali vliv rozdílného obsahu bílkovin na biochemické ukazatele krve. Byla zjištěna nižší koncentrace celkových bílkovin a močoviny, vyšší obsah glukózy a nově i obsah cholesterolu (2,46 – 2,62 mmol/l).

Vzhledem k omezenému množství informací o masné užitkovosti nutrií bylo cílem této studie posoudit rozdíly ve výkrmnosti, jatečné hodnotě a biochemických ukazatelích u mladých nutrií v závislosti na barevném typu a pohlaví vykrmovaných v definovaných podmínkách.

## Materiál a metodika

Byl realizován výkrmový pokus se třemi barevnými typy nutrií, jež jsou v České republice zařazeny mezi Genetické zdroje, jedná se o Českou variantu standardní nutrie (ST), Moravskou stříbrnou nutrií (MS) a Přeštickou vícebarevnou nutrií (PV). Na začátku sledování, v době odstavu, bylo 120 mladých nutrií rozděleno do šesti skupin dle barevného typu a pohlaví. Zvířata byla ustájena v uzavřených boxech s pevnou a roštovou podlahou, přičemž na jedno zvíře připadalo 10 000 cm<sup>2</sup> podlahové plochy. Jednotlivé boxy byly vybaveny kolíkovými napáječkami, umožňující nepřetržitý přístup k vodě. Nutrie byly krmeny granulovanou kompletní krmnou směsí, dle užitého vzoru UV 24096, která obsahovala 19% dusíkatých látek, 14,7% vlákniny, 41,2% neutrálně detergentní vlákniny, 2,04% tuku, 1,13% vápníku a 0,7% fosforu. Krmivo a voda byly dostupné ad libitum, přičemž každodenní spotřeba krmiva byla zaznamenávána. V osmi měsících věku, bylo z každé skupiny vybráno 6 zvířat, která byla porážena na experimentální porážce Výzkumného ústavu živočišné výroby, v.v.i. v Praze Uhřetěvesi. Vzorky krve, pro stanovení biochemických ukazatelů, byly odebrány po omrácení během vykrvení. Krev byla odebrána do zkumavek bez antikoagulačního činidla. Následně byl proveden jatečný rozbor podle modifikované metody Blasca a Ouhayouna (1996) původně určené pro králíky. Jatečně opracovaný trup (JOT), neobsahoval vnitřnosti a distální části končetin, a jeho hmotnost byla stanovena 30 minut po porážce. Po stanovení hmotnosti byla od trupu oddělena zadní část, která byla rozdělena na hřbet a stehna, dle Blasca a Ouhayouna (1996).

Odebrané vzorky krve byly centrifugovány (1 000 g za 10 minut). Získané sérum bylo uloženo při -70 °C až do analýzy. Biochemické ukazatele v séru byly stanoveny fotometricky ve spektrofotometru Libra S 22 (Biochrom Ltd., UK) za použití standardních komerčních souprav (Randox Laboratories Ltd., Crumlin, UK).

Výsledky byly analyzovány programem SAS (SAS Institute Inc., 2003). Veškerá měření byla zpracována dvoufaktorovou analýzou variance s interakcí barevného typu a pohlaví. Každý jedinec byl použit jako pokusná jednotka. Rozdíly byly testovány na hladině významnosti  $P \leq 0,05$ . Statisticky významné rozdíly byly označeny různými indexy.



Experiment byl schválen Ústřední komisí pro ochranu zvířat Ministerstva zemědělství České republiky.

## Výsledky a diskuze

Tabulka 1 uvádí změny v živé hmotnosti nutrií od odstavu do konce pokusu v 8 měsících věku. Z údajů o živé hmotnosti je patrná signifikantní interakce barevného typu a pohlaví od druhého do šestého měsíce věku. Nejvyšší hmotnost byla do čtvrtého měsíce u samic a následně u samců PV. Vyšší živá hmotnost tohoto genotypu do čtvrtého měsíce pravděpodobně souvisela s nejvyšší hmotností při odstavu. Naopak nejnižší hmotnost byla zpočátku u samic ST, ale od třetího měsíce věku dosahovaly nejnižších hodnot samice MS. Ohledně interakcí mezi barevným typem a pohlavím nejsou v literatuře dostupné, a námi zjištěné výsledky naznačují rozdíly v růstu jednotlivých barevných typů v závislosti na věku, což potvrzují signifikantní rozdíly mezi barevnými typy zejména do pátého měsíce věku. Od třetího měsíce se rozdíly v živé hmotnosti mezi barevnými typy postupně snižovaly z 60% na 20%. Vliv pohlaví ( $P \leq 0,046$ ) se začal projevovat od třetího měsíce věku, s vyššími hmotnostmi u samců, podobně jako ve studii Cabrery et al. (2007).

Table 1. Growth of nutrias depending on colour type and sex

Tabulka 1. Růst nutrií v závislosti na barevném typu a pohlaví

Type Typ	Sex Pohlaví	Age (months) Věk (měsíc)						
		2	3	4	5	6	7	8
ST	♂	921 <sup>c</sup>	1 922 <sup>c</sup>	2 912 <sup>b</sup>	3 751 <sup>b</sup>	4 605 <sup>a</sup>	5 268	6 014
	♀	831 <sup>c</sup>	1 548 <sup>d</sup>	2 350 <sup>c</sup>	2 867 <sup>c</sup>	3 716 <sup>c</sup>	4 179	4 603
MS	♂	1 315 <sup>b</sup>	2 108 <sup>c</sup>	3 192 <sup>b</sup>	3 928 <sup>a</sup>	4 867 <sup>a</sup>	5 362	5 879
	♀	897 <sup>c</sup>	1 277 <sup>e</sup>	2 177 <sup>d</sup>	2 747 <sup>c</sup>	3 322 <sup>d</sup>	3 705	4 040
PV	♂	1 552 <sup>b</sup>	2 579 <sup>b</sup>	3 485 <sup>a</sup>	4 096 <sup>a</sup>	4 870 <sup>a</sup>	5 547	6 240
	♀	2 141 <sup>a</sup>	2 972 <sup>a</sup>	3 490 <sup>a</sup>	3 831 <sup>b</sup>	4 294 <sup>b</sup>	4 597	4 826
Type Typ		0,001	0,001	0,001	0,001	0,093	0,192	0,292
Sex Pohlaví		0,792	0,046	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Type x sex Typ x pohlaví		0,001	0,001	0,013	0,033	0,045	0,224	0,592

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$ ; ST – Bohemian type of Standard, MS – Moravian Silver, PV – Prestice Multicolour.

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$ ; ST – Česká varianta standardní, MS – Moravská stříbrná, PV – Přeštická vícebarevná.

Spotřeba krmiva (tabulka 2) je pouze orientační ukazatel, protože se skupinách byla dvě opakování a nebyla tak statisticky vyhodnocena. Vyšší spotřeba krmiva byla u samců, což je srovnatelné s výsledky Cabrera et al. (2007). Průměrná konverze krmiva byla u MS vyrovnaná s nepatrně nižší konverzí u samců, u PV byly zaznamenány výrazné rozdíly v závislosti na pohlaví. Nižší konverzi měli samci, což koresponduje s prací Cabrera et al. (2007).

Table 2. Feed intake and food conversion ratio according to colour type and sex  
Tabulka 2. Spotřeba krmiva na kus a den a konverze dle barevného typu a pohlaví

Type Typ	Sex Pohlaví	Feed intake (g) Spotřeba na kus a den (g)						Food conversion ratio (kg) Konverze krmiva (kg)
		2-3 months měsíce	3-4 months měsíce	4-5 months měsíců	5-6 months měsíců	6-7 months měsíců	7-8 months měsíců	
ST	♂	103	146	192	228	251	273	6,56
	♀	92	128	154	185	204	201	8,85
MS	♂	121	159	206	242	241	248	7,46
	♀	90	127	150	169	167	176	7,8
PV	♂	122	170	211	249	263	286	5,75
	♀	136	171	183	183	181	191	10,89

ST – Bohemian type of standard nutria, MS – Moravian silver nutria, PV – Prestice multicolour nutria.

ST – Česká varianta standardní, MS – Moravská stříbrná, PV – Přeštická vícebarevná.

Výsledky jatečného rozboru samců a samic jednotlivých barevných typů jsou uvedeny v tabulce 3. Jatečná výtěžnost nebyla ovlivněna barevným typem ani pohlavím, naopak v práci Tůmové et al. (2015) byly statisticky významné rozdíly mezi pohlavími s vyššími hodnotami u samců. O hmotnostech jednotlivých partií jatečně opracovaného trupu nejsou v literatuře dostupné informace, existují pouze údaje o podílech jednotlivých partií. Hmotnost zadní části byla vyšší u samců, naproti tomu v práci Tůmová a Hrstky (2013) a Tůmová et al. (2015), byly vyšší hodnoty u samic. U hmotnosti hřbetu byl patrný vliv barevného typu ( $P \leq 0,03$ ) s vyššími hodnotami u ST. Ve vztahu k pohlaví byla nižší hmotnost u samic ( $P \leq 0,001$ ). Také Tůmová et al. (2015) zjistili vliv barevného typu a pohlaví na podíl hřbetu s nejvyšším podílem u ST a samic. Hmotnost stehen byla ovlivněna pohlavím ( $P \leq 0,001$ ) s vyšší hmotností u samců. U hmotnosti masa stehen byla zjištěna interakce barevného typu a pohlaví ( $P \leq 0,009$ ), která ukázala rozdíly v hmotnosti masa stehen mezi samci a samicemi všech tří barevných typů. Nejvyšších hodnot dosahovali samci MS a PV, naopak

nejnižších samice MS. Kromě interakce byla hmotnost masa stehen ovlivněna jak barevným typem ( $P \leq 0,01$ ) tak i pohlavím ( $P \leq 0,001$ ).

Table 3. Effect of colour type and sex on carcass composition

Tabulka 3. Jatečný rozbor nutrií dle barevného typu a pohlaví

Type Typ	Sex Pohlaví	Dressing out percentage (%) Jatečná výtěžnost (%)	Hind part (g) Zadní část (g)	Loin (g) Hřbet (g)	Hind leg (g) Stehna (g)	Hind leg meat (g) Maso stehen (g)
ST	♂	58,1	1 305	540	690	537 <sup>a</sup>
	♀	56,1	919	418	487	400 <sup>b</sup>
MS	♂	58,7	1 243	568	674	544 <sup>a</sup>
	♀	57,3	830	266	481	301 <sup>c</sup>
PV	♂	58,8	1 296	595	674	544 <sup>a</sup>
	♀	57	1 035	328	588	443 <sup>b</sup>
Type Typ		0,687	0,073	0,03	0,169	0,01
Sex Pohlaví		0,073	0,001	0,001	0,001	0,001
Type x sex Typ x pohlaví		0,968	0,343	0,109	0,098	0,009

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$ ; ST – Bohemian type of standard nutria, MS – Moravian silver nutria, PV – Prestice multicolour nutria.

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$ ; ST – Česká varianta standardní, MS – Moravská stříbrná, PV – Přeštická vícebarevná.

Hmotnost vnitřností a tuku je uvedena v tabulce 4. Barevný typ neměl průkazný vliv na hmotnost vnitřních orgánů. Ve vztahu k pohlaví v našem pokusu byla hmotnost jater nižší u samic ( $P \leq 0,001$ ), naopak Faverin et al. (2002), Mertin et al. (2003) a Beutling et al. (2008b) uvádějí vyšší hodnoty u samic. Také hmotnost srdce byla vyšší ( $P \leq 0,007$ ) u samců, zatímco Mertin et al. (2003) a Beutling et al. (2008a) nezjistili vliv pohlaví. Hmotnost ledvin byla nižší u samic ( $P \leq 0,001$ ), což odpovídá údajům ve studiích Mertin et al. (2003) a Beutling et al. (2008a). V souladu s prací Mertina et al. (2003), byla hmotnost plic vyšší u samců ( $P \leq 0,001$ ). Rozdílné výsledky mezi naším pokusem a literaturou mohou souviset s odlišnými genotypy, živou hmotností a výživou použitých ve studiích. V případě hmotnosti ledvinového tuku



byla zjištěna statisticky významná interakce barevného typu a pohlaví ( $P \leq 0,028$ ), přičemž nejvyšších hodnot bylo dosaženo u samců MS, a nejnižších u samic PV. Ve vztahu k barevnému typu ( $P \leq 0,014$ ) byly zaznamenány nejnižší hodnoty u PV a ve vztahu k pohlaví ( $P \leq 0,003$ ) byla nižší hmotnost u samic. Výsledky o hmotnosti ledvinového tuku není možné porovnat s literaturou, protože tyto údaje chybí.

Table 4. Weight of organs and renal fat (g)  
Tabulka 4. Hmotnost orgánů a ledvinového tuku (g)

Type Typ	Sex Pohlaví	Liver Játra	Heart Srdce	Kidneys Ledviny	Lungs Plíce	Renal fat Ledvinový tuk
ST	♂	161	21,4	38,2	35,9	40,9 <sup>b</sup>
	♀	110	13,4	25,9	22,8	25,4 <sup>c</sup>
MS	♂	143	18,7	43	27,1	62,5 <sup>a</sup>
	♀	90,2	13	25,8	21	22,4 <sup>cd</sup>
PV	♂	155	18,8	39,1	29,9	26 <sup>c</sup>
	♀	110	16,4	28,3	25,1	19,9 <sup>d</sup>
Type Typ		0,122	0,699	0,576	0,149	0,014
Sex Pohlaví		0,001	0,007	0,001	0,001	0,003
Type x sex Typ x pohlaví		0,918	0,481	0,354	0,251	0,028

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$ ; ST – Bohemian type of standard nutria, MS – Moravian silver nutria, PV – Prestice multicolour nutria.

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$ ; ST – Česká varianta standardní, MS – Moravská stříbrná, PV – Přeštická vícebarevná.

Tabulka 5 obsahuje hodnoty biochemických ukazatelů v krvi nutrií. U obsahu celkových bílkovin byla zjištěna statisticky významná interakce barevného typu a pohlaví ( $P \leq 0,013$ ). Nejvyšší hodnoty byly u samic MS a naopak nejnižší u samců stejného genotypu. V závislosti na barevném typu byla nejvyšší koncentrace ( $P \leq 0,017$ ) u PV. Zvýšené hodnoty celkových bílkovin u tohoto barevného typu naznačují lepší využití bílkovin krmné dávky a tím i vyšší intenzitu růstu. Pohlaví významně ovlivnilo obsah bílkovin ( $P \leq 0,001$ ), kdy samice měly vyšší koncentraci. Zjištěné hodnoty se pohybují ve větším rozpětí, než uvádějí Jelínek a Illek (1984) nebo Januškevičius et al. (2015), na druhou stranu vliv barevného typu a pohlaví

doposud nebyl publikován. Koncentrace albuminu byla ( $P \leq 0,001$ ) vyšší u samic a koresponduje s údaji Jelínka a Illeka (1984).

Table 5. Biochemical parameters in nutria blood

Tabulka 5. Biochemické ukazatele v krvi nutrií

Type Typ	Sex Pohlaví	Total protein (g/l) Celkové bílkoviny (g/l)	Albumin (g/l) Albumin (g/l)	Urea (mmol/l) Močovina (mmol/l)	TAG (mmol/l)	Cholesterol (mmol/l) Cholesterol (mmol/l)	NEFA (g/l)	Glucose (mmol/l) Glukóza (mmol/l)
ST	♂	41,9 <sup>bc</sup>	24	6,49	1,04	1,17	0,36	3,76 <sup>c</sup>
	♀	48,2 <sup>b</sup>	34	6,85	1,42	1,37	0,34	5,05 <sup>b</sup>
MS	♂	37,1 <sup>c</sup>	27,8	5,29	0,38	0,95	0,23	4,17 <sup>bc</sup>
	♀	64,3 <sup>a</sup>	36,6	3,19	0,81	2,14	0,54	7,52 <sup>a</sup>
PV	♂	46 <sup>bc</sup>	30,9	5,02	0,75	1,21	0,36	6,41 <sup>a</sup>
	♀	63,7 <sup>a</sup>	35,6	3,42	0,65	2,13	0,47	7,16 <sup>a</sup>
Type Typ		0,017	0,109	0,001	0,011	0,162	0,592	0,001
Sex Pohlaví		0,001	0,001	0,01	0,181	0,001	0,012	0,001
Type x sex Typ x pohlaví		0,013	0,377	0,054	0,374	0,071	0,052	0,012

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$ ; TAG – Triacylglycerol, NEFA – Non-esterified fatty acids; ST – Bohemian type of standard nutria, MS – Moravian silver nutria, PV – Prestice multicolour nutria.

<sup>a,b,c</sup>  $P \leq 0,05$ ; TAG – Triacylglycerol, NEFA – Neesterifikované masné kyseliny; ST – Česká varianta Standardní, MS – Moravská Stříbrná, PV – Přestická Vícebarevná.

Posledním z hodnocených ukazatelů proteinového metabolismu byl obsah močoviny, která je produktem při metabolismu aminokyselin. Obsah močoviny byl nejvyšší u ST ( $P \leq 0,001$ ). Vyšší hodnoty močoviny naznačují horší využití aminokyselin obsažených v krmivu a tím i nižší růst, což bylo zjištěno u ST. V závislosti na pohlaví byly vyšší hodnoty obsahu močoviny ( $P \leq 0,01$ ) zaznamenány u samců. Koncentrace močoviny měla poměrně velkou variabilitu a hodnoty u standardních nutrií jsou podobné údajům u samců, které zjistili Jelínek a Illek (1984) ve stejném věku. Z ukazatelů metabolismu tuku byl obsah triacylglycerolu, který je zdrojem energie, ovlivněn pouze

barevným typem ( $P \leq 0,011$ ) s vyššími hodnotami u ST. Zjištěné hodnoty nejsou porovnatelné s literaturou, protože obsah triacylglycerolu nebyl dosud sledován. Pohlaví nutně ovlivnilo obsah cholesterolu ( $P \leq 0,001$ ), jenž je prekurzorem steroidních hormonů a stavební složkou membrán. Vyšší koncentrace byla zjištěna u samic a hodnoty jsou nepatrně nižší než v práci Januškevičiuse et al. (2015). Také koncentrace neesterifikovaných mastných kyselin závisela na pohlaví ( $P \leq 0,012$ ), a samice měly u tohoto parametru vyšší hodnoty. V literatuře údaje o koncentraci neesterifikovaných mastných kyselin chybějí. Glukóza je základním ukazatelem sacharidového metabolismu a její hladina v krvi je poměrně stálá s vyšším obsahem v období růstu. Jedná se o pohotový zdroj energie pro organismus. V případě glukózy byla zjištěna statisticky významná interakce barevného typu a pohlaví ( $P \leq 0,012$ ). Nejvyšší hladina glukózy byla zaznamenána u samic MS, naopak nejnižší obsah byl u samců ST. V závislosti na barevném typu ( $P \leq 0,001$ ) byl nejvyšší obsah glukózy zaznamenán u PV. Koncentrace glukózy v krvi samic byla vyšší ( $P \leq 0,001$ ) než v krvi samců. Námi zjištěné hodnoty glukózy jsou srovnatelné s hodnotami, které ve své práci publikovali Januškevičius et al. (2015).

## Závěr

Práce se zabývá výkrmností, jatečnou hodnotou a biochemickými ukazateli v krvi nutrií a nově přináší informace o rozdílech mezi nutriemi zařazených do Genetických zdrojů České republiky. Z ukazatelů výkrmnosti byla u růstu zjištěna interakce barevného typu a pohlaví do šestého měsíce, která naznačuje rozdíly v růstu v závislosti na genotypu a pohlaví. Pohlavní dimorfismus v růstu je patrný od 3. měsíce věku. Také rozdíly mezi genotypy byly ve složení jatečného těla, na druhou stranu tyto ukazatele byly ovlivněny pohlavím nutrií. Výsledky rovněž ukazují, že i biochemické ukazatele krve mohou u nutrií být ovlivněny barevným typem, a pohlavím. Na základě výsledků lze říci, že vhodným barevným typem nutrií pro výkrm se zdají být nutriie přeštické, které vynikají dobrým růstem, metabolismem bílkovin a vysokými hmotnostmi jednotlivých partií jatečného těla.

## Poděkování

Experiment byl financován projektem FAPPZ SV165321320 a projektu NAZV QJ1510192.

## Literatura

- Abdel-Azeem, A.S., Abdel-Azim, A.M., Darwish, A.A., Omar, E.M. (2010) Haematological and biochemical observations in four pure breeds of rabbits and their crosses under Egyptian environmental conditions. *World Rabbit Science*, 18 (2), 103-110. DOI: <https://doi.org/10.4995/wrs.2010.18.13>
- Beutling, D., Cholewa, R., Miarka, K. (2008a) Der Sumpfbiber als Fleisch- und Fell-Lieferant 2. Ausbeute an Schlachtnebenprodukten. *Fleischwirtschaft*, 1, 92-95.



- Beutling, D., Cholewa, R., Miarka, K. (2008b) Der Sumpfbiber als Fleisch- und Fell-Lieferant 1. Ausbeute an Fleisch und Rohfellen. *Fleischwirtschaft*, 12, 106-110.
- Blasco, A., Ouhayoun, J. (1996) Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 4 (2), 93-99.
- Cabrera, M.C., del Puerto, M., Olivero, R., Otero, E., Saadoun, A. (2007) Growth, yield of carcass and biochemical composition of meat and fat in nutria (*Myocastor coypus*) reared in an intensive production system. *Meat Science*, 76, 366-376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.12.005>
- Faverin, C., Corva, P.M., Hozbor, F.A. (2002) Slaughter traits of adult coypus grown in captivity. *Journal of Agricultural Science*, 138, 115-120.
- Faverin, C., Mezzadra, C.A., Fernández, H.M., Melucci, L.M. (2005) Characterization of growth traits of Greenland and Silver coypus under captivity conditions. *Journal of Agricultural Science*, 143, 199-207.
- Hinton, M., Jones, D.R.E., Festing, M.F.W. (1982) Haematological findings in healthy and diseased rabbits, a multivariate analysis. *Laboratory Animals*, 16, 123-129.
- Hoy, S., Verga, M. (2006) Welfare indicators. In: Maertens, L., Coudert, P., eds. *Recent advances in rabbit science*. Melle, Belgium: ILVO, 71-74.
- Januškevičius, A., Bukelis, R., Andrulevičiūtė, V., Sinkevičienė, I., Budreckienė, R., Kašauskas, A. (2015) Dynamic of growth, biochemical blood parameters, carcass and meat characteristics of foddering nutria (*Myocastor coypus*) influenced by proteins diet. *Veterinarija ir Zootechnika*, 93, 21-25.
- Jeklova, E., Leva, L., Knotigova, P., Faldyna, M. (2009) Age-related changes in selected haematology parameters in rabbits. *Research in Veterinary Science*, 86 (3), 525-528. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2008.10.007>
- Jelínek, P., Illek, J. (1984) Metabolic profile of the blood plasma of adult male nutrias (*Myocastor coypus* M.). *Acta Veterinaria Brno*, 53, 49-55.
- Mertin, D., Hanusová, J., Ffak, P. (2003) Assessment of meat efficiency in nutria (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*, 48 (1), 35-45.
- SAS Institute Inc. (2003) *Statistical analysis system, version 9.1.3*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Tůmová, E., Hrstka, Z. (2013) Porovnání standardních a stříbrných nutrií. *Chovatel*, 14-15.
- Tůmová, E., Chodová, D., Svobodová, J., Uhlířová, L., Volek, Z. (2015) Carcass composition and meat quality of Czech genetic resources of nutrias (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*, 60 (11), 479-486. DOI: <https://doi.org/10.17221/8556-CJAS>



## Age-related changes in the carcass yield and meat quality of male and female nutrias (*Myocastor coypus*) under intensive production system

Eva Tůmová<sup>a,\*</sup>, Darina Chodová<sup>a</sup>, Jana Vlčková<sup>a,b</sup>, Tomáš Němeček<sup>a</sup>, Linda Uhlířová<sup>a,b</sup>, Věra Skřivanová<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Czech University of Life Sciences Prague, Kamýčkův 129, 165 00 Prague-Suchbát, Czech Republic

<sup>b</sup> Institute of Animal Science, Přátelství 815, Prague CZ-104 00, Czech Republic

### ARTICLE INFO

#### Keywords

Nutria  
Sex  
Carcass composition  
Muscle fiber characteristics

### ABSTRACT

The age at which final nutria weight is achieved varies in literature between six and 14 months. The aim of this study was to evaluate the growth, carcass composition and meat quality of male and female nutrias between the ages of six and eight months in intensive production system. Sexual dimorphism in growth was observed from three months of age, and in females, growth considerably decreased after six months of age. The dressing-out percentage and the meat color were not affected by the age or sex of nutrias. Dry matter, ether extract and energetic values were significantly higher in females and in older nutrias. The decreasing frequency of type IIA fibers in older nutrias was presumably associated with a conversion of type IA fibers to type IB fibers. Nutrias under intensive production system can be slaughtered at six months of age when they reach a high carcass yield and meat quality.

### 1. Introduction

The diversification of commercial meat production offers the meat of certain indigenous species, which could represent valuable food sources (Hoffman & Cawthorn, 2013). Nutria (*Myocastor coypus*) meat production has gained attention after changes in the fur market when meat has now become the main product. Nutria meat consumption is common in South America (Glogowski & Panas, 2009), and its consumption is increasing in Europe, Russia, China and the southern states of the USA (Migdal et al., 2013). The nutria meat market requires the production of animals that are adequate in weight at the time of slaughter within the shortest amount of time (Faverin, Corva, & Hozbor, 2002). In Poland, extensive nutrition systems are typical, with diets based on crops produced on farms (Glogowski & Panas, 2009). However, in South America, nutrias are reared under intensive production system using feed mixtures (Cabrera, del Puerto, Olivero, Otero, & Saadoun, 2007; Faverin, Mezzadra, Fernández, & Melucci, 2005; Faverin et al., 2002). Intensively reared nutrias have higher live weights and carcass weights (Alt, Fuhsy, & Beutling, 2006; Tůmová, Chodová, Svobodová, Uhlířová, & Volek, 2015) or can be slaughtered at an early age.

In common production systems, the slaughter weight of nutrias is approximately 4700 g for males and 4300 g for females, which is reached at the age of eight months (Faverin et al., 2005). Cabrera et al.

(2007) observed this slaughter weight between five and six months of age depending on the crude protein content of the feed mixture. Glogowski and Panas (2009) stated that in Poland, nutrias are slaughtered at 8–9 months of age. The age of nutrias changes the degree of maturity and, subsequently, the carcass and meat composition. In the literature, the age at which final nutria weight is achieved varies between six and 14 months of age depending on rearing and feeding conditions as well as on nutria meat market and country economic conditions. Therefore, it is difficult generally to determine the optimal age for nutria meat production. The aim of the study was to evaluate the growth; carcass composition; and physical, chemical and histochemical meat quality parameters of male and female nutrias at six, seven and eight months of age and to recommend the ideal age for slaughtering in intensive production system.

### 2. Materials and methods

#### 2.1. Animals and diet

The experiment with both male and female nutrias of Standard color type was conducted in a testing station at the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture in Havlíčkův Brod and was approved by the Ethics Committee of the Czech University of Life Sciences Prague and the Central Commission for Animal Welfare at the Ministry

\* Corresponding author at: Czech University of Life Sciences Prague, Department of Animal Husbandry, 165 00 Prague-Suchbát, Czech Republic.

E-mail address: [tumova@uf.czu.cz](mailto:tumova@uf.czu.cz) (E. Tůmová).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.003>

Received 3 April 2017; Received in revised form 6 June 2017; Accepted 7 June 2017

Available online 08 June 2017

0309-1740/© 2017 Published by Elsevier Ltd.



**Table 1**  
Ingredients and analyzed chemical composition of the experimental diet.

Item	
Ingredients, g/kg	
Soybean meal	100
Sunflower meal	200
Barley	80
Wheat	90
Hay meal	235
Wheat bran	150
Sugarbeet pulp	80
Rapeseed oil	15
Molasses	20
Vitamin and mineral supplement	10
Ground limestone	10
Dicalcium phosphate	5
Feeding salt	5
Chemical composition, g/kg	
Dry matter	878
Crude protein	192
Crude fiber	146
ADF	191
NDF	318
Ether extract	35
Starch	165
Ca	9
P	6

of Agriculture of the Czech Republic. In total, 90 nutrias were housed in six indoor pens (3 pens males, 3 pens females;  $2 \times 3 \times 15$ ) with hard slatted floors (1.0 m<sup>2</sup> per animal). The nutrias were fattened from weaning at two months until eight months of age. Nutrias were obtained from three small farms. Throughout the entire experiment, the nutrias were fed a pelleted feed mixture of which composition is given in Table 1. Feed and water were provided *ad libitum*. A 12 h light regime was used, and the environmental conditions reflected the needs of the nutrias (A temperature of 14–16 °C and relative humidity of 55–60% were maintained during the whole experimental period). The nutrias were individually weighed every four weeks until the end of the experiment. Feed consumption was recorded daily for each pen, and the feed conversion ratio (FCR) was calculated for each pen for the periods between two months of age and six, seven and eight months of age.

## 2.2. Carcass analysis

The carcass analysis was performed on 54 animals at six, seven and eight months of age (nine males and nine females at each slaughter time). For the slaughter analysis, three animals from each pen with an average live weight were selected. Before slaughtering, the nutrias were fasted for 12 h. The nutrias were slaughtered by electric stunning and bleeding in an experimental slaughterhouse at the Institute of Animal Science. For the carcass analysis, a method described by Tůmová et al. (2015) was used. The carcass analysis was performed on carcasses that were chilled for 24 h in a cold room (0 °C). The carcasses did not include the skin, the head, the genitals, the bladder, the gastrointestinal tract, the distal portions of the legs, the thoracic cage organs, the liver, the kidneys and the perirenal fat. The dressing-out percentage (DOP) was calculated from the cold carcass weight divided by the live weight and multiplied by 100. The carcass was cut to separate the hind part. The separation of the hind part occurred between the last thoracic vertebra and the first lumbar vertebra. Subsequently, the loin was cut from the hind legs between the 6th and 7th lumbar vertebrae. The weight of each part was used for the calculation of the percentage from the chilled carcass. The perirenal fat percentage and the meat/bone ration were calculated using a method from Blasco and Ouhayoun (1996).

## 2.3. Physical and chemical meat measurements

The determination of the meat pH was carried out 24 h *post-mortem* using a Jenway pH Meter (Jenway, Essex, England) with a glass probe introduced 1 cm deep into the left *Biceps femoris* (BF). Meat color parameters were detected on a transversal section of the BF 24 h *post-mortem* using a Minolta SpectraMagic™ NX analyzer (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) with a QELab System (1976). Meat color was expressed as L\* (lightness), a\* (redness) and b\* (yellowness).

The chemical composition of the meat was analyzed using the left hind leg with the procedures of AOAC (2005). The samples were stored in plastic bags at –20 °C until analyses. The dry matter of the meat was determined by oven drying at 105 °C (procedure 934.01), and the ether extract content was obtained by extraction with petroleum ether in a Soxtec 1043 apparatus (FOSS Tecator AB, Höganäs, Sweden; procedure 920.39). The protein content of the meat was determined using a Kjeltac Auto 1030 Analyzer (procedure 954.01). The ash content was determined according to procedure 920.153. The hydroxyproline (HPR) was analyzed by acid hydrolysis according to Diemar (1963). The energy value of the meat was calculated using an equation based on the protein and fat contents in the meat:

$$\text{Energetic value (MJ/kg)} = ((16.74 * \text{protein content}) + (37.66 * \text{fat content})) / 1000.$$

## 2.4. Muscle fiber determination

Muscle fiber characteristics were determined in the left BF muscle. Two one-square-centimeter samples were collected from the central part of the BF immediately after slaughter and frozen in 2-methylbutane with liquid nitrogen (–156 °C). Serial cross sections (12 µm) of each sample were obtained using a cryostat Leica CM 1850 (Leica Microsystems Nussloch GmbH, Nussloch, Germany) at –20 °C. The sections were treated with myofibrillar ATPase stain after successive preincubations in alkaline buffer, as recommended by Brooke and Kaiser (1970). The fibers were classified as type I (red, slow oxidative), type IIA (red, fast oxidoglycolytic) or type IIB (white, fast glycolytic) according to the nomenclature of Ashmore and Doerr (1971). For each muscle fiber type, the percentage and the mean cross-sectional area (CSA, µm<sup>2</sup>) were determined using NIS Elements AR 3.1 software (Nikon, Tokyo, Japan).

## 2.5. Statistical analysis

Individual data of the live weight and the FCR were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA), and differences between groups were tested with Tukey's method. The results of the carcass composition and meat physical, chemical and muscle fiber measurements were evaluated by a two-way ANOVA, with age and sex as main factors and with pen as a random effect. The data were processed with SAS software (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2013). An individual nutria or pen was used as the experimental unit. Differences between the means with  $P \leq 0.05$  were considered statistically significant.

## 3. Results and discussion

### 3.1. Growth of nutrias

Growth intensity is important to determine the economically acceptable age for slaughter. Table 2 shows the live weight of males and females from weaning at two months of age until the end of the experiment at eight months of age. The growth intensity of nutrias decreased with age, mainly from six months to the end of the experiment. The live weight of males increased by approximately 13% each month between six and eight months, whereas the live weight of females increased by approximately 6%. Sexual dimorphism was evident at weaning, but the difference was not significant. The distinction in the

**Table 2**  
The live weight (g) and the feed conversion ratio (kg) of males and females.

Characteristic	Male	Female	SEM <sup>a</sup>	Significance <sup>b</sup>
Live weight with ages				
2 m	1771	1555	67	ns
3 m	2596	2192	84	*
4 m	3461	2893	97	***
5 m	4155	3419	108	***
6 m	4652	3997	119	***
7 m	5304	4261	162	***
8 m	6071	4491	188	***
FCR				
2–6 m	7.47	7.80	0.22	*
2–7 m	7.66	8.39	0.17	*
2–8 m	7.99	8.84	0.21	*

<sup>a</sup> SEM: standard error of mean.

<sup>b</sup> Significance of terms: \*\*\* $P < 0.001$ , \* $P < 0.05$ , ns  $P > 0.05$ .

live weights of males and females increased in older animals, which corresponds with Faverin et al. (2005) who reported a 37% weight differences between males and females at six months of age. In the current study, nutria growth showed significant differences between males and females from three months of age until the end of the experiment at eight months of age. At the age of three months, males were 16% heavier than females ( $P < 0.05$ ). Significant differences in the live weights of males and females were observed at seven months of age (22%) and at eight months (26%). Sexual dimorphism in nutria growth from three months of age was also observed by Cabrera et al. (2007). However, Spiaggi, Benaglia, and Di Masso (1999) did not find differences between the live weights of males and females. The discrepancies among studies are presumably related to different color types of nutrias used in experiments and different feeding conditions. The FCR increased from 2% at six months of age to 4% at eight months of age in males and from 5% at six months of age to 8% at eight months of age in females. The growth and FCR results indicate late maturation of males compared to that of females, which agrees with Spiaggi et al. (1999).

### 3.2. Carcass characteristics

The slaughter characteristics results are presented in Table 3. In the majority of countries, nutria carcasses are sold without their head, which was realized in the present study. As expected, the carcass weight increased with age ( $P < 0.001$ ) and differed in males and females ( $P < 0.05$ ). In regards to sex, the variance in the carcass weight was

negligibly lower to the differences observed in the live weight at each month, which corresponds to that observed in the literature (Faverin et al., 2002; Tůmová et al., 2015). Mertin, Hanusová, and Flak, P. (2003) stated that DOP is a transparent parameter for the evaluation of nutria meat efficiency from the practical aspect. Neither age nor sex affected the DOP in the current study. The effect of sex on DOP was not observed by Mertin et al. (2003); Cabrera et al. (2007); and Glogowski and Panas (2009). However, when comparing variable nutria color types (Beutling, Cholewa, & Miarka, 2008; Tůmová et al., 2015), males had a significantly higher DOP than females. The results of these two studies indicate that nutria color type affects the DOP relative to sex, and therefore, differences are associated with a selected color type. In regards to age, Beutling et al. (2008) observed a maximal DOP between 8 and 18 months of age, and Glogowski and Panas (2009) observed a maximal DOP at nine months of age. In the current study, the DOP negligibly decreased with age, and it is assumed that under intensive production system, this measurement is less affected by age. Another point that needs to be addressed regarding the DOP is that in nutrias, a definition of the parameter is missing and can be calculated differently. The same situation is observed for the proportion of the carcass parts, of which little data are available. A higher nutritional value is found in the hind part of the carcass. The hind part percentage was significantly higher in males than in females and decreased with advancing age ( $P < 0.001$ ). Similar trends were observed in the loin percentage, whereas in the hind leg, the differences in the percentages were not significant. In our previous study with three nutria color types that were slaughtered at eight months of age (Tůmová et al., 2015), a significant effect of sex on the hind part and loin percentages was observed, and the hind leg percentage in Standard nutrias was not affected by sex, whereas in Moravia Silver and Prestice Multicolor, it was higher in males. Perirenal fat is a good indicator of animal fatness and is a late maturing tissue that increases with age. In the present study, the perirenal fat percentage was significantly higher in females and increased with age ( $P < 0.001$ ). However, no sex effect on the perirenal fat measurement was found by Cabrera et al. (2007) and Tůmová et al. (2015). With respect to sex, the discrepancies between the present study and both cited studies can be due to differences in experimental conditions.

### 3.3. Meat physical and chemical analyses

Meat physical measurements play an important role in meat quality. There was no effect of sex and age on meat color (Table 3). Meat color is affected by muscle structure, and negligible differences in the proportion of muscle fibers are assumed to be the main reason for the lack of

**Table 3**  
The carcass composition and physical meat measurements of nutria males and females between six and eight months of age.

Characteristic	6 months of age		7 months of age		8 months of age		SEM <sup>a</sup>	Significance <sup>b</sup>	
	Males	Females	Males	Females	Males	Females		Age	Sex
Slaughter weight (g)	4882	4109	5266	4232	5891	4536	87	***	***
Carcass weight without head (g)	2524	2147	2634	2125	2928	2218	58	*	***
Dressing out percentage (%)	51.0	52.1	50.4	50.1	49.8	49.7	0.4	ns	ns
Percentages of parts from the carcass weight without head									
Hind part (%)	54.8	51.5	50.5	47.5	41.3	40.1	1.0	***	*
Loin (%)	13.0	13.0	13.9	11.3	11.8	11.0	0.2	***	***
Hind leg (%)	29.6	30.0	28.4	29.0	30.5	29.2	0.6	ns	ns
Perirenal fat (%)	1.76	1.75	5.82	7.81	4.61	6.40	0.41	***	***
Meat/bone ratio (%)	30.3	30.6	37.7	35.8	34.6	36.0	1.1	ns	ns
Physical characteristics of hind leg meat									
pH	5.62	5.53	6.01	5.92	6.10	5.85	0.04	***	**
L*	37.7	44.1	34.9	42.1	33.9	39.5	1.4	ns	ns
a*	8.69	7.33	9.18	9.37	8.71	12.91	0.69	ns	ns
b*	11.2	12.6	11.7	13.8	11.5	13.5	0.4	ns	ns

<sup>a</sup> SEM: standard error of mean.

<sup>b</sup> Significance of terms: \*\*\* $P < 0.001$ , \*\* $P < 0.01$ , \* $P < 0.05$ , ns  $P > 0.05$ .



**Table 4**  
The chemical composition of the hind leg meat of nutria males and females between six and eight months of age.

Characteristic	6 months of age		7 months of age		8 months of age		SEM <sup>a</sup>	Significance <sup>b</sup>	
	Males	Females	Males	Females	Males	Females		Age	Sex
Dry matter (g/kg)	246.7	248.1	251.2	255.1	258.7	261.7	1.4	*	*
Crude protein (g/kg)	214.2	212.7	207.8	213.5	211.9	208.7	0.7	ns	ns
Ether extract (g/kg)	17.9	20.5	23.4	26.9	28.2	38.0	1.1	***	*
Ash (g/kg)	11.2	11.4	11.2	11.3	11.2	11.1	0.1	ns	ns
Hydroxyproline (g/kg)	1.18	1.11	1.14	1.05	1.18	1.08	0.03	ns	ns
Energetic value (MJ/kg)	4.26	4.33	4.55	4.59	4.42	4.92	0.06	*	*

<sup>a</sup> SEM: standard error of mean.

<sup>b</sup> Significance of terms: \*\*\* $P < 0.001$ , \* $P < 0.05$ , ns  $P > 0.05$ .

significance. The pH of BF was significantly higher in males than in females, and this result is in contrast with the results of Cholewa, Pietrzak, and Beutling (2009). Advancing age significantly increased the pH. pH data in literature are limited, which makes it difficult to compare because the metric was determined under different conditions.

The chemical composition of the hind leg meat is provided in Table 4. Crude protein, ash and hydroxyproline were not affected by the evaluated factors. Dry matter, ether extract and energetic values were significantly higher in females and in older nutrias. However, Saadoun, Cabrera, and Castellucio (2006) and Cabrera et al. (2007) did not observe differences in the hind leg meat composition of males and females. Glogowski and Panas (2009) described a higher dry matter content in females at six months of age. On the other hand, from the results of Glogowski and Panas (2009), the composition of the hind leg meat at six, nine and 13 months of age are not clear regarding whether the measurements were significantly affected by age or sex. In our previous study (Tůmová et al., 2015), the effect of sex on hind leg meat composition was dependent on nutria color type. For example, crude protein did not differ in Standard nutrias, but in Moravian Silver and Prestice Multicolor, crude protein was higher in males. Similarly, ether extract was not affected in Prestice Multicolor but was higher in Standard and Moravian Silver female nutrias. The present study and the literature show that in nutrias, the comparison of meat composition is difficult because it depends on certain conditions of the experiment, mainly color type, age and feeding.

### 3.4. Muscle fiber characteristics

Muscle fiber measurements are important factors that affect meat quality. In agreement with our previous study (Tůmová et al., 2015), BF mainly consisted of red glycolytic IIB type fibers; white glycolytic type IIA fibers were the least frequent, whereas the proportion of red oxidative fibers type I was negligibly higher than that of type IIA fibers (Table 5). The muscle fiber distribution of all fiber types in BF was not affected by the sex of the nutrias, which is in contrast with our previous study, Tůmová et al. (2015). The inconsistent results of these two

studies are assumed to be related to comparing different factors. The percentage of type I fibers was not affected by age. However, a proportion of type IIA fibers significantly decreased with advancing age. The decrease in the frequency of type IIA fibers in older nutria is presumably associated with a conversion of the IIA fibers to IIB fibers, which has been described in rabbits (Bianospino, Moura, Wechsler, Fernandes, & Dal-Pai-Silva, 2008; Dalle Zotte, Rémignon, & Ouhayoun, 2005). Numerically, the proportion of IIA fibers was lower in females, and we can assume that the changes in the muscle fiber conversion occur earlier in females than in males. Similar trends have been observed in rabbits (Bianospino et al., 2008). The assumption is supported by a higher proportion of and a faster decrease in the proportion of IIA fibers in males than in females.

The CSA (Table 5) of muscle fibers was the largest in type IIB and agrees with our former study, Tůmová et al. (2015). As expected, the CSA of all types of muscle fibers increased with advancing age. The highest enlargement of the CSA from six to eight months of age was observed in type I (192% in males and 172% in females). The growth of this type of muscle fiber is presumably related to its function because it is aerobic with a high rate of energetic metabolism. Similarly, Dalle Zotte et al. (2005) and Bianospino et al. (2008) observed the highest enlargement of the CSA in type I fibers with advancing age in rabbits. The lowest increase of the CSA was in type IIB fibers (135% in males and 21% in females), as an anaerobic fiber type and the most abundant, and is more associated with growth. Type IIB fibers in males almost doubled their CSA between the 7th and 8th months of age, and presumably, the size reflected the growth of the hind leg of males at this age. Large increases of the CSA in males can be negatively associated with meat toughness, which has been observed in pigs (Kim et al., 2013), rabbits (Chodová, Tůmová, Volek, Skřivanová, & Vlčeková, 2016) and nutrias (Tůmová et al., 2016).

### 4. Conclusion

The results of this study with nutrias kept in intensive production system show sexual dimorphism in the growth of male and female

**Table 5**  
Muscle fiber characteristics of the *Biceps femoris* of nutria males and females between six and eight months of age.

Characteristic	Type of fiber	6 months of age		7 months of age		8 months of age		SEM <sup>a</sup>	Significance <sup>b</sup>	
		Males	Females	Males	Females	Males	Females		Age	Sex
Percentage of total fibers (%)	I	5.7	3.8	5.6	5.7	4.5	5.9	1.0	ns	ns
	IIA	5.5	1.4	4.1	1.3	1.1	0.4	0.6	*	ns
	IIB	86.8	93.9	86.7	94.9	87.4	93.7	1.1	ns	ns
CSA <sup>c</sup> (μm)	I	1065	1270	2504	2543	3114	3450	105	***	*
	IIA	980	1205	2417	1891	2586	2524	104	***	***
	IIB	2164	3086	4146	3661	5086	3735	45	***	***

<sup>a</sup> SEM: standard error of mean.

<sup>b</sup> Significance of terms: \*\*\* $P < 0.001$ , \* $P < 0.05$ , ns  $P > 0.05$ .

<sup>c</sup> CSA: cross-sectional area.

nutrias from three months of age and increasing differences with advancing age. The growth of females considerably decreased, and feed consumption increased in females from six months of age. However, males matured late. The dressing-out percentage and the meat/bone ratio were not affected by the sex and age of nutrias. The pH of the hind leg meat increased with age, and was higher in males. Meat color was unaffected, and negligible differences in the muscle fiber proportion were observed. A higher dry matter in females and older animals was related to the ether extract content in the hind leg meat. The age and sex of nutrias mainly affected the size of muscle fibers. Based on these results, it can be suggested that nutrias under intensive production system can be slaughtered at six months of age when they reach slaughter weight with lower feed consumption and have a good carcass composition and meat quality.

#### Acknowledgement

The present study was supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic (Project NAAR No. QJ1510192).

#### References

- Alt, M., Fuhsy, D., & Beutling, D. (2006). Qualitätsparameter von Sumpffiberfleisch. *Fleischwirtschaft*, 86, 126–128.
- AOAC International (2005). *Official methods of analysis* (18th ed.). Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Ashmore, C. R., & Doer, L. (1971). Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Experimental Neurology*, 31, 408–418.
- Beutling, D., Cholewa, R., & Miarka, K. (2008). Der Sumpffiber als Fleisch- und Fell-Lieferant. *Fleischwirtschaft*, 88, 106–110.
- Bianopino, E., Moura, A. S. A. M. T., Wechsler, F. S., Fernandes, S., & Dal-Pai-Silva, M. (2008). Age-related changes in muscle fiber type frequencies and cross-sectional areas in straightbred and crossbred rabbits. *Animal*, 2, 1627–1632.
- Blasco, A., & Ouhayoun, J. (1996). Harmonisation of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 4, 93–99.
- Brooke, M. H., & Kaiser, K. (1970). Muscle fiber types: How many and what kind? *Archives of Neurology*, 23, 369.
- Cabrera, M. C., del Puerto, M., Olivero, R., Otero, E., & Saadoun, A. (2007). Growth, yield of carcass and biochemical composition of meat and fat in nutria (*Myocastor coypus*) reared in an intensive production system. *Meat Science*, 76, 366–376.
- Chodová, D., Tůmová, E., Volek, Z., Škřivanová, V., & Vlčková, J. (2016). The effect of one-week intensive feed restriction and age on the carcass composition and meat quality of growing rabbits. *Czech Journal of Animal Science*, 61, 151–158.
- Cholewa, R., Pietrzak, M., & Beutling, D. (2009). Fleischqualität von Sumpffibern. *Fleischwirtschaft*, 10, 112–116.
- Dalle Zotte, A., Rémygnon, H., & Ouhayoun, J. (2005). Effect of feed rationing during post-weaning growth on meat quality, muscle energy metabolism and fibre properties of *Biceps femoris* muscle in the rabbit. *Meat Science*, 70, 301–306.
- Diemar, W. (1963). *Laboratorienbuch für den Lebensmittelchemiker (Laboratory manual for food chemists)*. Dresden: Theodor Steinkopff Verlag.
- Faverin, C., Corva, P. M., & Horzbor, F. A. (2002). Slaughter traits of adult coypus grown in captivity. *Journal of Agricultural Science*, 138, 115–120.
- Faverin, C., Mezzadra, C. A., Fernández, H. M., & Melucci, L. M. (2005). Characterization of growth traits of Greenland and Silver coypus under captivity conditions. *Journal of Agricultural Science*, 143, 199–207.
- Glogowski, R., & Panas, M. (2009). Efficiency and proximate composition of meat in male and female nutria (*Myocastor coypus*). *Meat Science*, 81, 752–754.
- Hoffman, J. J., & Cawthorn, D. (2013). Exotic protein sources to meet all needs. *Meat Science*, 95, 764–771.
- Kim, G. D., Jeong, J. Y., Jung, E. Y., Yang, H. S., Lim, H. T., & Joo, S. T. (2013). The influence of fiber size distribution of type IIB on carcass traits and meat quality in pigs. *Meat Science*, 94, 267–273.
- Mertin, D., Hanusová, J., & Fřák, P. (2003). Assessment of meat efficiency in nutria (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*, 48, 35–45.
- Migdal, L., Barabasz, B., Niedbala, P., Lapiński, S., Puzkołowak, H., Živković, B., & Migdal, W. (2013). A comparison of selected biochemical characteristics of meat from nutrias (*Myocastor coypus* Mol.) and rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Annales of Animal Science*, 13, 387–400.
- Saadoun, A., Cabrera, M. C., & Castelluccio, P. (2006). Fatty acids, cholesterol and protein content of nutria (*Myocastor coypus*) meat from an intensive production system in Uruguay. *Meat Science*, 72, 778–784.
- SAS Institute Inc. (2013). The SAS system for windows. *Release*, 9, 4.
- Spaggi, E. O., Benaglia, A., & Di Masso, R. J. (1999). Coypu (*Myocastor coypus*) as a meat resource: Heterotic and maternal effects on growth traits. *Animal Science*, 68, 635–640.
- Tůmová, E., Chodová, D., Svobodová, J., Uhlířová, L., & Volek, Z. (2015). Carcass composition and meat quality of Czech genetic resources of nutrias (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*, 60, 479–486.
- Tůmová, E., Chodová, D., Uhlířová, L., Vlčková, J., Volek, Z., & Škřivanová, V. (2016). Relationship between muscle fibre characteristics and meat sensory properties in three nutria (*Myocastor coypus*) colour types. *Czech Journal of Animal Science*, 61, 217–222.

## 9 Diskuze

Studie obsažené v této práci byly zaměřeny na vyhodnocení velikosti populace a efektivní velikosti populace u tří barevných typů nutrií zařazených mezi genetické zdroje České republiky. Byl vyhodnocen růst, jatečná užitkovost a kvalita masa u standardních nutrií v závislosti na pohlaví. Kromě toho byly porovnány rozdíly v růstu, jatečné užitkovosti a kvalitě masa v závislosti na pohlaví a barevném typu. A nakonec byl posouzen vliv pohlaví a věku na masnou užitkovost a kvalitu masa.

Stanovení velikosti populace v průběhu let 2006 – 2015 přináší údaje o vývoji stavů chovaných nutrií jednotlivých barevných typů. Práce navazuje na výsledky studie Kaplanové et al. (2012), která uvádí stavy nutrií v roce 2000. Počet chovů jednotlivých barevných typů se v průběhu sledovaného období výrazně neměnil. Nejnižší počet chovů byl v průběhu sledovaného období u přeštických nutrií, naopak nejvíce chovatelů bylo u standardních nutrií. V porovnání s údaji Kaplanové et al. (2012) docházelo u standardních nutrií od roku 2000 k nárůstu stavů chovaných nutrií až do roku 2011, kdy následoval prudký pokles. U stříbrných nutrií a přeštických nutrií nebyly výrazné rozdíly v počtu chovaných zvířat mezi našimi výsledky a údaji ve studii Kaplanové et al. (2012). Podobně jako u standardních nutrií tak i u přeštických nutrií bylo nejvíce zvířat v roce 2011, naopak u stříbrných nutrií bylo nejvyšších stavů dosaženo už v roce 2010. Také v Polsku došlo od roku 2000 do roku 2008 k výraznému poklesu počtu chovaných nutrií především u standardních, grönlandských a černých nutrií (Beutlingová a Cholewa, 2010). Autoři dále uvádějí, že u ostatních barevných typů nebyl pokles tak výrazný, ale v případě sobolových nutrií došlo k vyhnutí. U efektivní velikosti populace standardních nutrií byl zaznamenán stejný trend jako u stavů. V případě stříbrných a přeštických nutrií nebyla změna efektivní velikosti populace tak výrazná jako u standardních nutrií. Výsledky stanovení efektivní velikosti populace není možné porovnat s literaturou, jelikož tyto informace nejsou dostupné. Dle kritérií Evropské asociace pro živočišnou výrobu (EAAP) stanovující ukazatele ohrožení plemen je populace standardních nutrií ohrožená, zatímco populace stříbrných a přeštických jsou kriticky ohrožené. Na základě těchto výsledků existuje riziko ztráty biodiverzity, zhoršení vitality a reprodukčních charakteristik v několika generacích v populacích stříbrných a přeštických nutrií. Nízká efektivní velikost populace by v budoucnu mohla ovlivnit zvýšení inbreedingu a fixaci škodlivých mutací. Pokud nedojde ke zvýšení velikosti populace nutrií v českých genetických zdrojích, existuje riziko ztráty jedinečných vlastností, které byly získány v průběhu let. Díky činnosti Národního

koordinálního střediska se v posledních letech daří držet stabilizované počty nutrií jednotlivých barevných typů.

Analýza reprodukčních ukazatelů je důležitá pro vývoj populace a obměnu rodin. Výše zmíněná analýza vychází z počtu vrhů, počtu narozených a odstavených mláďat. Výsledky vztahující se plodnosti jsou nižší v porovnání s výsledky Mertina et al. (2005), kteří uvádějí v průměru dva vrhy na samici v jednom roce. Velikost vrhu byla ovlivněna barevným typem, bohužel v literatuře nejsou dostupné údaje o vlivu barevného typu na počet vrhů. Velikost vrhu, která je dána počtem narozených mláďat na jednu samici, byl také ovlivněn barevným typem. Také ve studii Mertina et al. (2002) byl zaznamenán vliv barevného typu na velikost vrhu. Dalším důležitým ukazatelem reprodukce je počet odstavených mláďat, jenž byl, podobně jako velikost vrhu, ovlivněn barevným typem. V případě počtu odstavených mláďat nejsou dostupné údaje o vlivu barevného typu.

Kromě ukazatelů reprodukce jsou dalšími důležitými ukazateli pro řízení chovu růstové schopnosti a jatečná užitkovost nutrií. Pro stanovení ekonomicky přijatelného věku pro porážku je intenzita růstu, která se s věkem snižuje. U intenzity růstu nutrií byla zaznamenána interakce barevného typu a pohlaví od 2. do 6. měsíce věku. Zpočátku rostly intenzivněji samice přeštických nutrií a následně samci téhož barevného typu. V případě vlivu barevného typu byly zaznamenány významné rozdíly od 2. do 5. měsíce věku s nejvyššími hodnotami u přeštických nutrií. V porovnání se studií Beutlingové et al. (2008) grönlandskými nutriemi byl zaznamenán intenzivnější růst u všech tří barevných typů. Pohlavní dimorfismus byl patrný od 3. měsíce věku, kdy byli samci těžší o 16 – 20 % v porovnání se samicemi. Také ve studii Cabrery et al. (2007) a Januškevičiuse et al. (2015) byly ve věku tří měsíců zjištěny rozdíly mezi pohlavími v roumezi hodnot 13 – 18 %. V našich studiích byly na konci výkrmu rozdíly mezi pohlavími 20 – 24 %. Také Cabrera et al. (2007), Januškevičius et al. (2015) a Saadoun a Cabrera (2019) uvádějí v době porážky rozdíly mezi pohlavími v rozpětí 18 - 26%. Naopak ve studii Tulleye et al. (2000) byly rozdíly mezi pohlavími u volně žijících nutrií 11,5 %. Dalšími ukazateli, které ovlivňují ekonomiku chovu, jsou spotřeba krmiv a konverze. Vyšší spotřeba krmiv je u samců, také ve studii Cabrery et al. (2007) byla vyšší spotřeba krmiv u samců. Průměrná konverze byla mezi pohlavími vyrovnaná s nižšími hodnotami u sameců, podobně jako u Cabrery et al. (2007).

Z hlediska jatečné užitkovosti je důležitým ukazatelem jatečná výtěžnost, která se u nutrií pohybuje v rozmezí hodnot 48,1 – 55,8 % (Cabrera et al., 2007; Januškevičius et al., 2015;

Tůmová et al., 2015). V případě jatečné výtěžnosti nebyl v našich studiích zjištěn vliv pohlaví, barevného typu a ani věku. V závislosti na pohlaví byla námi zjištěná jatečná výtěžnost u samic nepatrně nižší než u samců. Podobná situace byla popsána ve studii Mertin et al. (2003), Cabrery et al. (2007), Beutlingové et al. (2008), Januškevičiuse et al. (2015), Tůmové et al. (2015) a Saadouna a Cabrery (2018). Informace o vlivu věku na jatečnou výtěžnost nejsou srovnatelné s literaturou, protože tyto údaje nebyly publikovány. Dalším důležitým ukazatelem jsou hmotnosti a podíly jednotlivých partií jatečně opracovaného trupu. Rozdíly v hmotnosti zadní části nebyly mezi barevnými typy průkazné. V závislosti na pohlaví byla hmotnost zadní části vyšší u samců. Tyto údaje jsou v literatuře nové. Podíl zadní části nebyl ovlivněn pohlavím s hodnotami od 40,1 % do 41,6 %. Ve studii Tůmové et al. (2015) byl podíl zadní části nepatrně vyšší. V závislosti na věku docházelo od 6. měsíce věku k postupnému snižování podílu zadní části. Informace o vlivu věku není možné porovnat s literaturou. Hmotnost stehen nebyla rovněž ovlivněna barevným typem. V závislosti na pohlaví byly hodnoty vyšší u samců. V literatuře nejsou údaje o hmotnosti stehen. Podíl stehen byl 24,1 – 30,5 % s nepatrně vyššími hodnotami u samců. Také ve studii Tůmové et al. (2015) byl podíl nepatrně vyšší u samců. V případě vlivu věku nebyly zaznamenány rozdíly v 6., 7. a 8. měsíci. Literatura dosud neuvádí vliv věku na podíl stehen. V případě hmotnosti masa stehen bylo dosaženo vyšších hodnot u standardních a přeštických nutrií. Podobně jako hmotnost stehen tak i hmotnost masa stehen není v literatuře dosud uvedena. Podíl masa stehen (20,3 – 20,4 %) nebyl ovlivněn pohlavím. Ve studii Tůmové et al. (2015) byl podíl stehen nižší, ale nebyl ovlivněn pohlavím. Naopak u hmotnosti hřbetu byl zjištěn vliv barevného typu s nejvyšší hmotností u standardních nutrií, zároveň byla vyšší hmotnost hřbetu u samců. Informace o hmotnosti hřbetu nebyly dosud v literatuře uvedeny.

S intenzitou růstu souvisí i některé biochemické ukazatele v krvi nutrií. U celkového obsahu bílkovin byla zjištěna interakce barevného typu a pohlaví s nejvyššími hodnotami u stříbrných a přeštických samic. V závislosti na barevném typu byla nejvyšší koncentrace u přeštických nutrií. Informace o vlivu barevného typu nejsou v literatuře dostupné. V případě vlivu pohlaví byl vyšší obsah u samic. Námi zjištěné hodnoty se pohybují ve větším rozpětí než ty, které uvádí Jelínek a Illek (1984) a Januškevičius et al. (2015). Dalším ukazatelem metabolismu bílkovin je obsah albuminu, jenž byl ovlivněn pouze pohlavím s rozdílnými výsledky mezi studii. Rozdíly mezi studii mohou být způsobeny nadměrným příjmem vody, popřípadě zde mohl sehrát zásadní roli i zdravotní stav. Námi zjištěné hodnoty jsou srovnatelné s těmi, které publikovali Jelínek a Illek (1984). Posledním hodnoceným parametrem bílkovinného

metabolismu je obsah močoviny, který byl ovlivněn barevným typem a pohlavím. V závislosti na barevném typu byly vyšší hodnoty u standardních nutrií a v případě vlivu pohlaví byl nižší obsah u samic, což je v souladu s Jelinkem a Illkem (1984). Z ukazatelů metabolismu tuku byl obsah TAG ovlivněn pouze barevným typem s nejvyššími hodnotami u standardních nutrií. Údaje o obsahu TAG nejsou v literatuře dostupné. V případě cholesterolu, který je prekurzorem steroidních hormonů, byl, zaznamenám vliv pohlaví. Také u tohoto ukazatele byly rozdíly mezi studiemi, které mohli být rovněž způsobeny zdravotním stavem. V porovnání s Januškevičiusem et al. (2015) jsou naše hodnoty nepatrně nižší. Posledním ukazatelem metabolismu lipidů je obsah NEFA, který nebyl ovlivněn barevným typem a ani pohlavím. O obsahu NEFA nejsou dostupné žádné informace. V případě glukózy byla zjištěna interakce barevného typu a pohlaví s vyššími hodnotami u samic MS a PV. V závislosti na barevném typu byly vyšší hodnoty u PV. O vlivu barevného typu nejsou v literatuře žádné informace. V případě hematologických ukazatelů nebyl v případě koncentrace hemoglobinu, počtu leukocytů a MCV zjištěn vliv pohlaví, zatímco počet erytrocytů a HTC byl vyšší u samců. V porovnání s obecnými hodnotami u nutrií z volného výběhu byly ukazatele HCT, MCV a haemoglobinu vyšší v naší studii. V případě erytrocytů a leukocytů nejsou v literatuře dostupné žádné informace.

Důležitými faktory, které ovlivňují kvalitu masa, jsou fyzikální vlastnosti a chemické složení. Mezi nejdůležitější fyzikální vlastnosti patří pH, barva masa a síla stříhu. Vliv barevného typu na hodnotu pH nebyl v našich studiích publikován. Hodnota pH stehen nebyla ovlivněna pohlavím a u nutrií se pohybuje v rozmezí hodnot 5,53 – 6,30, což odpovídá výsledkům, které uvádějí Alt et al. (2006), Migdał et al. (2015) a Saadoun a Cabrera (2019). V závislosti na věku se hodnota pH výrazně měnila. V šestém měsíci byla hodnota pH podstatně nižší v porovnání se sedmým a osmým měsícem věku. Informace o vlivu věku v literatuře chybí. V případě barvy masa nebyly informace o vlivu barevého typu publikovány. Byl zjištěn vliv pohlaví na parametr  $L^*$ , naopak u parametru  $a^*$  a  $b^*$  nebyl vliv pohlaví pozorován. Rozpětí hodnot bylo v případě  $L^*$  33,9-44,1,  $a^*$  7,33-12,9 a u  $b^*$  6,31-13,5. Také Cholewa et al. (2009) a Migdał et al. (2016) uvádějí srovnatelné hodnoty pro parametr  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ . V závislosti na věku nebyly mezi jednotlivými měsíci významné rozdíly, a výsledky o vlivu věku nejsou porovnatelné s literaturou. Posledním sledovaným ukazatelem fyzikálních vlastností je síla stříhu. Výrazně vyšší hodnoty byly zjištěny u samců (27,7 N) v porovnání se samicemi (22,4 N). Informace o síle stříhu jsou v literatuře nové.



Kromě fyzikálních vlastností je kvalita masa ovlivněna i chemickým složením, které je dáno především obsahem bílkovin, tuku, hydroxyprolinu a cholesterolu. Chemické složení v závislosti na barevném typu nebylo v našich studiích uvedeno. Obsah bílkovin se pohyboval od 20,7 do 21,4 %, podobně jako ve studiích Saadouna et al. (2006), Cabrery et al. (2007), Glogovského a Panase (2009) a Saadouna a Cabrery (2019). Zároveň nebyl obsah bílkovin ovlivněn pohlavím a věkem. Głogowski a Panas (2009) nezjistili u nutrií v extenzivním systému významné rozdíly v obsahu bílkovin mezi šestým a devátým měsícem. Obsah tuku byl ovlivněn pohlavím s hodnotami 1,79-2,93 % u samců a 2,05 – 3,80 % u samic. Také Saadoun et al. (2006), Cabrera et al. (2007), Glogowski a Panas (2009) uvádějí u samců rozpětí hodnot 1,41 – 3,60 u samců a 1,56 – 8,80 u samic. V závislosti na věku byl vyšší obsah tuku v šesti měsících věku a následně docházelo k jeho poklesu. Naopak Głogowski a Panas (2009) uvádějí ve věku šesti měsíců nižší hodnoty u samců a samic (3,05 %) v porovnání s devátým měsícem (6,20 %). V případě obsahu hydroxyprolinu nebyl zaznamenán vliv pohlaví a ani věku. Obsah hydroxyprolinu byl v rozmezí 1,05 – 1,14 g/kg. Literatura neuvádí informace o vlivu pohlaví, dostupné jsou pouze informace u samic. Migdal et al. (2013) pozoroval u samic nižší obsah hydroxyprolinu (0,9 g/kg). Také u obsahu cholesterolu (55 – 56 mg/100g) nebyl zjištěn vliv pohlaví. V porovnání s výsledky ve studiích Saadouna et al. (2006), Cabrery et al. (2007) a Saadouna a Cabrery (2019) byly naše výsledky nižší.

Počet a velikost svalových vláken jsou důležitými faktory, které ovlivňují sensorické vlastnosti masa. Nejpočetnější zastoupení mají svalová vlákna typu IIB (144 – 175 svalových vláken na mm<sup>2</sup>), naopak svalová vlákna typu IIA jsou zastoupena nejméně (8,67 – 15,6 svalových vláken na mm<sup>2</sup>). Podobná situace byla popsána i ve studii Tůmové et al. (2016). Podíl jednotlivých typů svalových vláken nebyl ovlivněn pohlavím. Nepatrně vyšší jsou u samců podíly svalových vláken typu IIA (0,4 – 7,41 %). V případě typu I (4,5 – 18,2 %) a IIB (84,3 – 93,7 %) se výsledky našich studií rozcházejí. Tůmová et al. (2016) uvádí u nutrií srovnatelné podíly svalových vláken. Naopak ve studii Tůmové et al. (2015) byl podíl I vyšší u samců, zatímco podíl IIA a IIB byl vyšší u samic. Rozdíly mezi studii mohou být způsobeny individualitou zvířat a rozdílnou výživou do odstavu. Při porovnání s králíky byl podíl svalových vláken typu I (2,1 – 4,9 %) srovnatelný, zatímco typ IIA byl u králíků zastoupen více (22,6 – 35,1 %). V případě typu IIB byl podíl u králíků nižší (60,0 – 75,3 %) (Dalle Zotte et al., 2005). V závislosti na věku se zastoupení svalových vláken typu I a IIB výrazně neměnilo, pouze v případě IIA došlo k výraznému snížení podílu. Informace o vlivu

věku na podíl svalových vláken jsou v literatuře nové. V případě CSA nejsou výrazné rozdíly mezi pohlavími ve velikosti svalových vláken typu I ( $2173 - 3450 \mu\text{m}^2$ ) a IIA ( $2107 - 2586 \mu\text{m}^2$ ), zatímco svalová vlákna typu IIB dosahují výrazně vyšších hodnot u samců ( $4094-5086 \mu\text{m}^2$ ) v porovnání se samicemi ( $3666 - 3735 \mu\text{m}^2$ ). Tůmová et al. (2016) uvádějí vyšší hodnoty IIA a IIB, zatímco v případě I jsou hodnoty srovnatelné. Naopak ve studii Tůmové et al. (2015) byly v závislosti na pohlaví výrazně vyšší hodnoty u samců. U králíků hodnoty CSA dosahovali hodnot  $605 - 1318 \mu\text{m}^2$  u typu I,  $599 - 1147 \mu\text{m}^2$  u typu IIA a  $986 - 1783 \mu\text{m}^2$  u typu IIB (Dalle Zotte et al., 2005). Vliv věku se projevil zvyšováním plochy jednotlivých typů svalových vláken, zatímco v šesti měsících byla plocha všech typů nižší u samců, ale do osmého měsíce byl zaznamenán intenzivnější růst především u typů IIA a IIB. Výsledky CSA v závislosti na věku nebyly v literatuře dosud publikovány.

## 10 Závěr

Cílem předložené práce bylo popsat a posoudit stav barevných typů nutrií zařazených do genetických zdrojů (česká varianta standardní nutrie, moravská stříbrná a přeštická vícebarevná) a současně zhodnotit jejich masnou užitkovost. Vyhodnocení velikosti populací, reprodukce, výkrmnosti, jatečné hodnoty, biochemických a hematologických ukazatelů krve nebylo dosud detailně popsáno.

Velikosti populací jednotlivých barevných typů nutrií se v průběhu sledovaného období výrazně měnila. Nejnižší populace byla u stříbrných a přeštických nutrií, jejichž status je dle FAO kriticky ohrožený. V případě standardních nutrií, jež jsou nejpočetnější, je populace ohrožená. Reprodukční ukazatele byly ve všech sledovaných parametrech ovlivněny barevným typem. Nejlepších výsledků reprodukce bylo dosaženo u standardních nutrií, naopak nejméně mládat bylo narozeno a odstaveno u přeštických nutrií. Pro udržení všech tří barevných typů by bylo vhodně rozšířit chovatelskou základnu a nalezení nových nepříbuzných jedinců. Podpora v rámci genetických zdrojů je i nadále nutná v závislosti na riziku ohrožení.

Ukazatele výkrmnosti a jatečné hodnoty byly v některých parametrech ovlivněny pohlavím, barevným typem a věkem. Intenzita růstu byla ovlivněna pohlavím, s vyšší intenzitou růstu u samců. Barevný typ mělo vliv na intenzitu růstu s nejvyššími hodnotami u přeštických nutrií. S vyšší intenzitou růstu souvisí i vyšší živá hmotnost na konci výkrmu. U ukazatelů jatečné hodnoty byly zjištěny vyšší hodnoty u samců v hmotnosti jatečně opracovaných trupů a jeho jednotlivých partií (hmotnosti zadní části (28 %), hřbetu (41 %) a stehen (24 %) a masa stehen (30 %)). Rozdíly v podílech výše zmíněných ukazatelů již nebyly statisticky významné v závislosti na pohlaví. V případě vlivu barevného typu byla hmotnost hřbetu u přeštických a standardních nutrií vyšší o 13% v porovnání se stříbrnými. Ve věku šesti měsíců byly vyšší podíly zadní části (53 %) a hřbetu (13%) zatímco ve věku sedmi měsíců byl nejnižší podíl stehen.

Z hlediska kvality masa nebyl publikován vliv barevného typu na fyzikální a chemické složení. V závislosti na pohlaví byla vyšší hodnota pH u samců, u věku byly zjištěny nejnižší hodnoty pH u nutrií v šestém měsíci věku. Dalším ukazatelem kvality masa je chemické složení. V případě chemického složení byl u samců nižší obsah tuku. V závislosti na věku byly nižší hodnoty obsahu tuku v šestém měsíci. U ostatních ukazatelů chemického složení nebyl vliv pohlaví a věku patrný.

Práce přináší nové výsledky i v biochemických parametrech krve samců a samic jednotlivých barevných typů. Koncentrace celkových bílkovin, albuminu, močoviny a cholesterolu byla ovlivněna pohlavím, zatímco barevný typ měl vliv na koncentraci celkových bílkovin, močoviny, tryacylglycerolu a glukózy. Výsledky koncentrací jednotlivých biochemických ukazatelů by bylo možné použít například jako standardní hodnoty pro detekci onemocnění.

Do budoucna by bylo vhodné se zaměřit na navýšení početních stavů jednotlivých barevných typů nutrií, především na moravské stříbrné a přeštické vícebarevné nutrié. Další výzkum by měl být zaměřen na využití restriktce, která by mohla mít pozitivní vliv na zdravotní stav a zároveň zvýšit intenzitu růstu a složení jatečného těla (vyšší podíl cenných partií). Dále by bylo vhodné zintenzivnit výkrm, tak aby byla zkrácená doba výkrmu a zároveň by byly sníženy náklady na výkrm. Za úvahu by také stálo vytvoření vhodných krmných směsí, které by odpovídaly požadavkům na výživu březích a kojících samic.

Práce přinesla první ucelené výsledky o velikosti populací nutrií, jejich reprodukčních ukazatelích, základních parametrech masné užitkovosti včetně kvality masa, kdy byl posuzován vliv barevného typu, pohlaví a věku u tří barevných typů nutrií v definovaných podmínkách. V současné době jsou nutrié zařazeny na seznam invazivních druhů, dle nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) č. 1143/2014 o prevenci a regulaci zavlečení či vysazování a šíření invazivních nepůvodních druhů, což by v důsledku mohlo vést k jejich vyhubení u nás. Na základě článku 8. tohoto nařízení existuje možnost pro získání výjimky, která by umožnila chov nutrií pro výzkumné účely, jejichž výsledky by přinesly zprávu o pozitivním vlivu masa nutrií na lidské zdraví. Zároveň by získaná výjimka pomohla k ochraně genetických zdrojů, které představují unikátní zásobu genetické rozmanitosti. V současné době, kdy FAO hledá nové zdroje potravy, by díky těmto údajům mohlo být maso nutrií více využíváno.

## 11 Seznam použité literatury

- Abdel-Azeem AS, Abdel-Azim AM, Darwish AA, Omar EM 2010. Haematological and biochemical observations in four pure breeds of rabbits and their crosses under Egyptian environmental conditions. *World Rabbit Science*. **18**: 103-110. Doi:<https://doi.org/10.4995/wrs.2010.18.13>
- Ajmone-Marsan P, Garcia JF, Lenstra JA 2000. On the origin of cattle: how aurochs became cattle and colonized the world. *Evolutionary Anthropology*. **19**: 148-157. Doi: 10.1002/evan.20267
- Alt M, Fushy D, Beutling D 2006. Qualitätsparametr fon Sumpfbiebefleisch. *Fleischwirtschaft*. **86**: 126 – 128.
- Anderson S 2003. Animal genetic resources and sustainable livelihoods. *Ecological Economics*. **45**: 331 – 339.
- Anonym (2000): Národní referenční středisko pro genetické zdroje zvířat. dostupné na <http://genetickezdroje.cz/narodni-program-uvod/narodni-program-nutrie/> (přístup Listopad, 2018).
- Anonym (2001): European Regional Focal Point, dostupné na <https://www.rfp-europe.org/> (přístup Listopad, 2018).
- AOAC International 2005. *Official Methods of Analysis*. 18th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA.
- Ashmore CR, Doerr L 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Experimental Neurology*. **31**: 408 – 418.
- Baeza E, Williams J, Guemene D, Duclos MJ 2001. Sexual dimorphism for growth in Muscovy ducks and changes in insulin-like growth factor I (IGF-I), growth hormone (GH) and triiodothyronine (T3) plasma levels. *Reproduction Nutrition Development*. **41**: 173–179.
- Barabasz B, Bielański P, Łapiński S 2007. Program ochrony zasobów genetycznych szansą na ocalenie hodowli nutria w Polsce. *Wiadomości Zootechniczne*. **3**: 61 – 65.



- Barta M, Jakubička I, Zelník J, Flák P 1984. Tkaninové zloženie tela a jatočná výťažnosť nutrií. *Poľnohospodárstvo*. **30**: 1036 – 1042.
- Barta M, Jakubička I, Zelník J, Flák P 1985. Tvorba vhodného typu štandardnej nutrie pro klieťkový chov. *Výskumná správa VUŽV Nitra*. 22 – 23.
- Beutling D, Cholewa R 2010. Die Sumpfbiberzucht in Polen. *Fleischwirtschaft*. **11**: 75 – 78.
- Beutling D, Cholewa R, Miarka K 2008a. Der Sumpfbiber als Fleisch- und Fell-Lieferant 2. Ausbeute an Schlachtnebenprodukten. *Fleischwirtschaft*. **1**: 92-95. (in German).
- Beutling D, Cholewa R, Miarka K 2008b. Der Sumpfbiber als Fleisch- und Fell-Lieferant 1. Ausbeute an Fleisch und Rohfellen. *Fleischwirtschaft*. **12**, 106-110. (in German).
- Beutling D, Cholewa R, Miarka K 2008. Der Sumpfbiber als Fleisch - und Fell- Lieferant. *Fleischwirtschaft*. **88**: 106 – 110.
- Bianospino E, Moura ASAMT, Wechsler FS, Fernandes S, Dal-Pai-Silva M 2008. Age-related changes in muscle fiber type frequencies and cross-sectional areas in straightbred and crossbred rabbits. *Animal*. **2**: 1627–1632.
- Blasco A, Ouayoun J 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Science*. **4**: 93 – 99.
- Boisot P, Licois D, Gidenne T 2003. Feed restriction reduces the sanitary impact of an experimental reproduction of Epizootic Rabbit Enteropathy syndrome (ERE), in the growing rabbit. *Proceedings. 10ème Journal de Recherche Cunicoles Françaises*. 267 – 270.
- Bottinelli R, Betto R, Schiaffino S, Reggiani C 1984. Unloaded shortening velocity and myosin heavy chain and alkali light chain isoform composition in rat skeletal muscle fibres. *The Journal of physiology*. **478**. 341 – 349.
- Bottinelli R, Reggiani C 2000. Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity. *Progress in biophysics and molecular biology*. **73**: 195 – 262.
- Brooke MH, Kaiser K 1970. Muscle fiber types: How many and what kind? *Archives of Neurology*. **23**: 369.

- Bruford MW, Bradley DG, Luikart G 2003. DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. *Nature Reviews Genetics*. **4**: 900 – 910.
- Cabrera M, del Puerto M, Olivero R, Otero E, Saadoun A 2007. Growth, yield of carcass and biochemical composition of meat and fat in nutria reared in an intensive production system. *Meat Science*. **76**: 366 – 377.
- Candek-Potokar M, Zlender B, Lefaucheur L, Bonneau M 1998. Effects of age and/or weight at slaughter on *longissimus dorsi* muscle: biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Science*. **48**: 287 – 300.
- Charlesworth B 2009. Effective population size and patterns of molecular evolution and variation. *Nature Reviews Genetics*. **10**: 195 – 205.
- Chodova D, Kaplan J, Martinec M, Matlova V, Pavel I, Svobodova J, Tumova E, Uhlirova L, Volek Z 2014. Genetic resources of rabbits, poultry and nutrias and their utility properties and utilization. Institute of Animal Science, Prague. (in Czech).
- Chodová D, Tůmová E, Härtlová H, Fučíková A, Volek Z, Vlčková J 2017. Changes of haematological and biochemical indices with age in rabbits with ad-libitum and limited feed intake. *Acta Veterinaria Brno*. **86**: 29 – 35.
- Chodová, D., Tůmová, E., Volek, Z., Skřivanová, V., & Vlčková, J. (2016). The effect of one-week intensive feed restriction and age on the carcass composition and meat quality of growing rabbits. *Czech Journal of Animal Science*, 61, 151–158.
- Cholewa R, Pietrzak M, Beutling D 2009. Fleischqualität von Sumpfbibern: Zusammensetzung und Farbe von Sumpfbiberfleisch in Beziehung zu Schlachtkörpermasse, Alter und Geschlecht. *Fleischwirtschaft*. **89**: 112 – 116.
- Cristofanelli S, Antonini A, Torres D, Polidori P, Reneiri C 2004. Meat and carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Meat Science*. **66**: 589 – 593.
- Dalle Zotte A, Remignon H, Ouhayoun J 2005. Effect of feed rationing during post-weaning growth on meat quality, muscle energy metabolism and fibre properties of Biceps femoris muscle in the rabbit. *Meat Science*. **70**: 301–306.

- Darwish AA, Omar EM, Abdel-Azim AM, Abdel-Azeem AS 2010. Haematological and biochemical observations in four pure breeds of rabbits and their crosses under Egyptian environmental conditions. *World Rabbit Science*. **18**: 103 – 110.
- Diemar W. 1963. *Laboratorienbuch für den Lebensmittelchemiker (Laboratory manual for food chemists)*. Dresden: Theodor Steinkopf Verlag.
- Duchev Z, Distl O, Groeneveld E 2006. Early warning system for loss of diversity in European livestock breeds. *Archives Animal Breeding*. **49**: 521. Doi: 10.5194/aab-49-521-2006
- FAO 2007a. *The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*. FAO, Rome. [www.fao.org/3/a-a1250e.pdf](http://www.fao.org/3/a-a1250e.pdf). Accessed 1 July, 2016.
- FAO 2007b. *The Global Plan of Action for Animal Genetics Resources and the Interlaken Declaration*. Dostupné na <http://www.fao.org/docrep/010/a1404e00.HTM>
- Faverin C, Corva PM, Hozbor FA 2002. Slaughter traits of adult coypus grown in captivity. *Journal of Agricultural Science*. **138**: 115 – 120.
- Faverin C, Mezzadra CA, Fernández HM, Melucci LM 2005. Characterization of growth traits of Greenland and Silver coypus under captivity conditions. *Journal of Agricultural Science*. **143**: 199 – 207.
- Ferket PR, Sell JL 1990. Effect of early protein and energy restriction of large turkeys toms fed high-fat or low-fat realimentation diets. 1. Performance characteristics. *Poultry Science*. **69**: 1974 – 1981.
- Filistowicz A, Martyniuk E 2013. Animal genetic resources in Poland. *Slovak Journal of Animal Science* **46**: 121 – 126.
- Felius M, Beerling ML, Buchanan DS, Theunissen B, Koolmees PA, Lenstra JA 2014. On the history of cattle genetic resources. *Diversity*. **6**:705–750. Doi: 10.3390/d6040705
- Gidenne T, Combes S, Feugier A, Jehl N, Arveux P, Boisot P, Briens C, Corrent E, Fortune H, Montessuy S, Verdelhan S 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth and carcass characteristics. *Animal*. **3**: 509 – 515.

- Gidenne T, Combes S, Fortun-Lamothe L 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behavior, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. *Animal*. **6**: 1407 – 1419.
- Głogowski R, Czauderna M, Rozbicka A, Krajewska KA, Clauss M 2010. Fatty acid profile of hind leg muscle in female and male nutria (*Myocastor coypus* Mol.), fed green forage diet. *Meat science*. **85**: 577 – 579.
- Głogowski R, Panas M 2009. Efficiency and proximate composition of meat in male and female nutria (*Myocastor coypus*) in an extensive feeding system. *Meat Science*. **81**: 752 - 754.
- Groeneveld LF, Lenstra JA, Eding H, Toro MA, Scherf B, Pilling D, Negrini R, Finlay EK, Jianlin H, Groeneveld E, Weigend S 2010. Genetic diversity in farm animals – a review. *Animal Genetics*. **41**: 6 – 31.
- Herendy V, Suto Z, Horn P, Szalay I 2004. Effect of the housing system on the meat production of turkey. *Acta Agriculturae Slovenica*. **1**: 209–213.
- Hermann S, Muller AK 1991. Studies into carcass and meat quality of nutria. *Monatshefte fur Veterinarmedizin*. **46**: 746–749.
- Hernández P, Aliaga S, Pla M, Blasco A 2004. The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits. *Journal of Animal Science*. **82**: 3138 – 3143.
- Hinton M, Jones DRE, Festing MFW 1982. Haematological findings in healthy and diseased rabbits, a multivariate analysis. *Laboratory Animals*. **16**: 123-129.
- Hintz CS, Coyle EF, Kaiser KK, Chi MM, Lowry OH 1984. Comparison of muscle fiber typing by quantitative enzyme assays and by myosin ATPase staining. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*. **32**: 655 – 660.
- Hoffman JJ, Cawthorn D 2013. Exotic protein sources to meet all needs. *Meat Science*. **95**: 764–771.
- Hoy S, Verga M 2006. Welfare indicators. In: Maertens, L., Coudert, P., eds. *Recent advances in rabbit science*. Melle, Belgium: ILVO, 71-74.

- Hui TYJ, Burt A 2015. Estimating Effective Population Size from Temporally Spaced Samples with a Novel, Efficient Maximum-Likelihood Algorithm. *Genetics*. **200**: 285-293.
- Januškevičius A, Bukelis R, Andrulevičiūtė V, Sinkevičienė I, Budreckienė R, Kašauskas A 2015. Dynamic of growth, biochemical blood parameters, carcass and meat characteristics of foddering nutria (*Myocastor coypus*) influenced by proteins diet. *Veterinarija ir zootechnika*. **93**: 21 – 25.
- Jeklova E, Leva L, Knotigova P, Faldyna M. 2009. Age-related changes in selected haematology parameters in rabbits. *Research in Veterinary Science*. **86**: 525-528. Doi: 10.1016/j.rvsc.2008.10.007
- Jelinek P 1984. Basic hematological indices in adult nutria (*Myocastor coypus*) male. *Acta Veterinaria Brno*. **53**: 41–47.
- Jelínek P, Illek J 1984. Metabolic profile of the blood plasma of adult male nutrias (*Myocastor coypus* M.). *Acta Veterinaria Brno*. **53**: 49-55.
- Jurie C, Picard B, Geay Y 1999. Changes in the metabolic and contractile characteristics of muscle in male cattle between 10 and 16 months of age. *The Histochemical Journal*. **31**: 117 – 122.
- Kaneko J, Harvey JW, Brus ML 1997. Serum Proteins and the Dysproteinemias. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, Academic Press. 932.
- Kaplanova K, Putnova L, Bryndova M, Bartonova P, Vrtkova I, Dvorak J 2012. Microsatellite variability in nutria (*Myocastor coypus*) genetic resource in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*. **57**: 171–177.
- Kim GD, Jeong JY, Jung EY, Yang HS, Lim HT, Joo ST 2013. The influence of fiber size distribution of type IIB on carcass traits and meat quality in pigs. *Meat Science*. **94**: 267–273.
- Knudsen C, Combes S, Briens C, Duperray J, Rebours G, Salum JM, Travel A, Weissman D, Gidenne T 2015. Quantitative feed restriction rather than caloric restriction modulates the immune response of growing rabbits. *Journal of Nutrition*. **145**: 483 – 489.



- Lynch M, Lande R 1998. The critical effective size for a genetically secure population. *Animal Conservation*. **1**: 70 – 72.
- Maijala K, Cherekaev AV, Devillard JM, Reklewski Z, Rognoni G, Simon DL, Steane DE 1984. Conservation of animal genetic resources in Europe final report of an e. a. a. p. working party. *Livestock Production Science*. **11**: 3 – 22.
- Marchello MJ, Slanger WD, Hadley M, Milne DB, Driskell JA 1998. Nutrient composition of bison fed concentrate diets. *Journal of Food Composition and Analysis*. **11**: 231 – 239.
- Marounek M, Volek Z, Skrivanova E, Taubner T, Pebriansyah A, Duskova D 2017. Comparative study of the hypocholesterolemic and hypolipidemic activity of alginate and amidated alginate in rats. *International Journal of Biological Macromolecules*. **105**: 620–624.
- Martino PE, Arauz SM, Anselmino F, Cisterna CC, Silvestrini MP, Corva S, Hozbor FA 2012. Hematology and serum biochemistry of free-ranging nutria (*Myocastor coypus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. **43**: 240–247.
- Mertin J, Baňák M, Barta M, Hanusová E, Hanusová J, Kaplan J, Parkányj V, Süvegová K 2005. Biologické aspekty chovu nutrie riečnej (*Myocastor coypus*). Výskumný ústav živočíšnej výroby. Nitra. p. 217. ISBN 80-88872-47-2.
- Mertin D, Hanusova J, Flak P 2002b. Fertility of selected genotypes of river nutria in farm breeds of Slovakia. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. **5**: 95–99. (in Slovakia).
- Mertin J, Hanusova J, Flák P 2003. Assessment of meat efficiency in nutria (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*. **48**: 35 – 45.
- Mertin D, Hanusova J, Flak P, Suvegova K 2002a. Fertility in females of Standard nutria (*Myocastor coypus*) in farm herds. *Poľnohospodárstvo*. **48**: 259–267.
- Migdal L., Barabasz B., Niedbała P., Lapinski S., Pustkowiak H., Zivkovic B., Migdal W. 2013. A comparison of selected biochemical characteristics of meat from nutria (*Myocastor coypus*) and rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Animal Science*, **13**: 387 – 400.

- Meuwissen THE 2009. Genetic management of small populations: a review. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A: Animal Sciences*. **59**: 71–79. Doi: 10.1080/09064700903118148
- Meuwissen THE, Woolliams JA 1994. Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. *Theoretical and Applied Genetics*. **89**: 1019–1026. Doi: 10.1007/BF00224533
- Notter D 1999. The importance of genetic diversity in livestock populations of the future. *Journal of Animal Science*. **77**: 61 – 69.
- Oda SHI, Bressan MC, de Freitas RTF, Miguel GZ, Vieiraa JO, Faria PB, Savian TV 2004. Composição centesimal e teor de colesterol dos cortes comerciais de capibara (*Hydrochaeris hydrochaeris L.*). *Ciencia e Agrotecnologia*. **28**: 1344 – 1351.
- Ozawa S, Mitsuhashi T, Matsumoto S, Itoh N, Itagaki K, Kohno Y, Dohgo T 2000. The characteristics of muscle fiber types of *longissimus thoraces* muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. *Meat Science*. **54**: 65 – 70.
- Palanská O, Barta M, Páleník Š 1985. Chemické zloženie a nutritívna hodnota kostrového svalstva nutrií. *Poľnohospodárstvo*. **31**: 145 – 155.
- Palstra FP, O'Connell MF, Ruzzante DE 2009. Age structure, changing demography and effective population size in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Genetics*. **182**: 1233 – 1249.
- Parkányi V, Mertin D 1992. Rast štandardných a grönlandských od narodenia do veku 210 dni. *Poľnohospodárstvo*. **38**: 904 – 909.
- Perez P, Maino M, Guzman R, Vaquero C, Kobrich C, Pokniak J 2000. Carcass characteristics of llama (*Lama glama*) reared in central Chile. *Small Ruminant Research*. **37**: 93 – 97.
- Peter JB, Bainard RJ, Edgerton VR, Gillespie CA, Stempel KE 1972. Metabolic profiles of free fiber type of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry*. **11**: 2627 – 2633.

- Renand G, Picard B, Touraille C, Berge P, Lepetit J 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolaise bulls. *Meat Science*. **89**: 49 – 60.
- Rischkowsky B, Pilling D 2007. The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture. Food & Agriculture Organization.
- Ryu YC, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Choe JH, Kim JM, Hong KC, Kim BC 2008. Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*. **80**: 363 – 369.
- Ryu YC, Kim BC 2005. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat Science*. **71**: 351 – 357.
- Ruy YC, Kim BC 2006. Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science*. **84**: 894–901.
- Ryu YC, Lee MH, Lee SK, Kim BC 2006. Effects of Muscle Mass and Fiber Type Composition of Longissimus Dorsi Muscle on Postmortem Metabolic Rate And Meat Quality in Pigs. *Journal of Muscle Foods*. **17**: 343 – 353.
- Saadoun A, Cabrera MC 2019. A review of productive parameters, nutritive value and technological characteristics of farmed nutria meat (*Myocastor coypus*). *Meat Science*. **148**: 137 – 149.
- Saadoun A, Cabrera MC, Castelluccio P 2006. Fatty acids, cholesterol and protein content of nutria (*Myocastor coypus*) meat from an intensive production system in Uruguay. *Meat Science*. **72**: 778 - 784.
- Sales J, Navarro JL, Martella MB, Lizurume ME, Manero A, Bellis L, Garcia PT 1999. Cholesterol content and fatty acid composition of rhea meat. *Meat Science*. **53**: 73 – 75.
- SAS Institute Inc. 2003. Statistical analysis system, version 9.1.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc. (2013). The SAS system for windows. Release, 9, 4.

SAS® Propriety Software Release 9.01 of the SAS® system for Microsoft® Windows®. SAS Institute Inc. Cary, NC. 2001

Schiaffino S, Reggiani C 2011. Fiber types in mammalian skeletal muscles. *Physiological reviews*. **91**: 1447 – 1531.

Sirotkin AV, Mertin D, Süvegová K, Makarevich AV, Genieser HG, Luck MR, Osadchuk LV 2000a. Effect of restricted food intake on production catabolism, and effects of IGF-I and cyclic nucleotides in culture ovarian tissue of domestic nutria (*Myocastor coypus*). *General and Comparative Endocrinology*. **117**: 207 – 217.

Sirotkin AV, Mertin D, Süvegová K, Makarevich AV, Luck MR, Osadchuk LV 2000b. Effect of restricted food intake and blood collection on plasma levels of hormones, growth factors and related substances in female domestic nutria (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*. **45**: 217 – 223.

Sjostrom M, Squire JM 1977. Fine structure of A-band in cryo-sections. The structure of the A-band of human skeletal muscle fibres from ultra-thin cryo-sections negatively stained. *Journal of molecular biology*. **109**: 49 – 68.

Skřivan M, Erlebach A, Faltus J, Hanák J, Kukla F, Mouka J, Stejskal J, Uhlířová J 1976. *Chov kožešinových zvířat*. SZN Praha. 282

Skřivan M, Tůmová E, Sládek F 1993. Jatečná užitkovost krůt při silné restrikci krmiva. *Sborník VŠZ v Praze. AF*. **55**: 153 – 260.

Skrivanova V, Tumova E, Englmaierova M, Chodova D, Skrivan M 2017. Do rearing system and free-range stocking density affect meat quality of chickens fed feed mixture with rapeseed oil? *Czech Journal of Animal Science*. **62**: 141–149.

Spiaggi EO, Benaglia A, Di Masso RJ 1999. Coypu (*Myocastor coypus*) as a meat resource: Heterotic and maternal effects on growth traits. *Animal Science*. **68**: 635–640.

Spletseser L 1979. Moje uwagi i doswiadczenia dotyczac nutrii kolorowych. *Hodowla drobnego Inwentarza*. **2**: 12 – 14.

- Staron RS, Hagerman FC, Hikida RS, Murray TF, Hostler DP, Crill MT, Ragg KE, Toma K 2000. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*. **48**: 623–629.
- Stienen GJ, Kiers JL, Bottinelli R, Reggiani C 1996 Myofibrillar ATPase activity in skinned human skeletal muscle fibres: fibre type and temperature dependence. *The Journal of physiology*. **493**: 299 – 307.
- Süvegová K, Mertin D 1996. Zveľaďovanie domácich populácií vybraných druhov kožušinových zvierat. Výskumná správa VÚŽV Nitra 1996. 14.
- Šiler R, Kníže B, Knížetová H 1980. Růst a produkce masa hospodářských zvířat. 1. vyd. SZN, Praha. 280.
- Točka I, Hanusová J 1998. Chov nutrií v SR. *Kožušinársky spravodaj*. **5**: 23 – 25.
- Toro M, Caballero A 2005. Characterization and conservation of genetic diversity in subdivided populations. *Philosophical transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*. **360**: 1367 – 1378.
- Toro MA, Fernandez J, Caballero A (2009): Molecular characterization of breeds and its use in conservation. *Livestock Science*. **120**: 174–195. Doi: 10.1016/j.livsci.2008.07.003
- Tulley RT, Malekian FM, Rood JC, Lamb MB, Chamagne CM, Redmann SM, Patrick R, Kinler N, Raby CT 2000. Analysis of the Nutritional Content of *Myocastor coypus*. *Journal of Food Composition and Analysis*. **13**: 117 – 125.
- Tůmová E, Chodová D, Hrstka Z 2013. Hodnocení masné užitkovosti nutrií: certifikovaná metodika. Praha: Česká zemědělská univerzita. 27.
- Tůmová E, Chodová D, Svobodová J, Uhlířová L, Volek Z 2015. Carcass composition and meat quality of Czech genetic resources of nutrias (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*. **60**: 479 – 486. Doi: 10.17221/8556-CJAS
- Tůmová E, Chodová D, Uhlířová L, Vlčková J, Volek Z, Skřivanová V 2016. Relationship between muscle fibre characteristics and meat sensory properties in three nutria (*Myocastor coypus*) colour types. *Czech Journal of Animal Science*. **61**: 217–222.



- Tůmová E, Chodová D, Vlčková J, Němeček T, Uhlířová L, Skřivanová V 2017. Age-related changes in the carcass yield and meat quality of male and female nutrias (*Myocastor coypus*) under intensive production system. *Meat Science*. **133**: 51 – 55.
- Tůmová E, Hrstka Z 2013. Porovnání standardních a stříbrných nutrií. *Chovatel*, 14-15.
- Tůmová E, Skřivan M, Oplt J 1997. Chov malých hospodářských zvířat. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 36. ISSN 0862-3562.
- Tůmová E, Skřivan M, Skřivanová V, Kacerovská L 2002. Effect of early feed restriction on growth in broilers chickens, turkeys and rabbits. *Czech Journal of Animal Science*. **47**: 418 – 428.
- Uhlířová L, Tůmová E, Chodová D, Vlčková J, Ketta M, Volek Z, Skřivanová V 2018. The effect of age, genotype and sex on carcass traits, meat quality and sensory attributes of geese. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. **31**: 421–428.
- Warriss PD 2000. *Meat Science an introductory text*. CABI publishing. New York. p 310. ISBN 0851994245.
- Wright S 1931. Evolution in Mendelian populations. *Genetics*. **16**: 97 – 159.
- Wright S 1969. *Evolution and the Genetics of Population*, The University of Chicago Press. Chicago.
- Yakubu A, Salako AE, Ladokun AO, Adua MM, Bature TUK 2007. Effects of feed restriction on performance, carcass yield, relative organ weights and some linear body measurements of weaner rabbits. *Pakistan Journal of Nutrition*. **6**: 391 – 396.
- Yalcin S, Onbasilar EE, Onbasil I 2006. Effect of sex on carcass and meat characteristics of New Zealand White rabbits aged 11 weeks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. **19**: 1212–1216.

