

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Zoologie

Studijní zaměření: Ekologie a etologie



Bc. Petra Skalníková

Spontánní barvová preference u lidí a non-humánních primátů: Srovnávací studie
Spontaneous preference for colors in humans and non-human primates: Comparative study

Diplomová práce

Školitelka: PhDr. RNDr. Tereza Nekovářová, Ph.D.

Konzultanti: RNDr. Eva Landová, Ph.D.

doc. RNDR. Daniel Frynta, Ph.D.

Praha, 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci zpracovala samostatně a uvedla všechny použité zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze,

Podpis:

Bc. Petra Skalníková

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé práce PhDr. RNDr. Tereze Nekovářové, Ph.D. za odborné vedení, vstřícnost při konzultacích, pomoc a cenné rady při zpracovávání této práce. Děkuji také doc. RNDr. Danielu Fryntovi, Ph.D. a RNDr. Evě Landové, Ph.D. za konzultace v průběhu experimentů a pomoc se statistickým zpracováním dat. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat příteli MgA. Lukášovi Větrovcovi, B.A. (Hons) a svojí rodině, protože mi byli oporou během celého studia.

Abstrakt

V etologii zvířat mohou barvy a vnímání barev hrát velice důležitou roli (např. při získávání potravy, ve vnitrodruhové i v mezidruhové komunikaci). Trichromatické vidění je přítom v savčí říši poměrně ojedinělé a objevuje se pouze u některých druhů primátů. U lidí, lidopů a u většiny starosvětských druhů primátů nalezneme rutinní trichromacii, avšak vidění barev u primátů novosvětských je velice variabilní.

Ve fylogenezi primátů se gen pro pigment vnímající delší vlnové délky (červená barva) objevil až jako poslední z fotoreceptivních pigmentů, u novosvětské i starosvětské linie se navíc pigment pro vnímání červené barvy objevil nezávisle na sobě (Kainz et al, 1998).

I když genetický mechanismus vzniku trichromatického vidění je poměrně objasněn, zůstává otázkou, jaká byla adaptivní výhoda, která za rozšíření a udržení inkriminovaného genu byla odpovědná. Mezi možné funkce trichromatického vidění patří možnost lepší detekce potravy (foliovorní a frugivorní hypotéza), případně signalizační či varovná funkce.

Cílem této diplomové práce bude studovat spontánní barvovou preferenci u dětí (předškolního a školního věku) a u non-humánních starosvětských primátů, kteří disponují trichromatickým viděním.

Předpokládáme, že spontánní barvová preference může reflektovat adaptivní výhodu, která vedla k rychlému rozšíření inkriminovaného genu. Pokud by červená barva byla zásadně preferována, může to svědčit ve prospěch frugivorní funkce, zatímco signifikantní vyhýbání se červené barvě může svědčit pro aposematickou (varovnou) funkci.

Klíčová slova: Barvová preference, Trichromatické vidění, Makak rhesus, děti

Abstract

Colors and color-perception may play an important role in animal ethology (foraging, intra or inter-species communication). However, trichromatic color vision is quite rare among mammals and occurs only in some primate species. Humans, apes, and most of the Old World primates are trichromats, whereas color vision among New World primate species varies strikingly.

The pigment gene perceiving longer wavelengths (red) have appeared most recently. Moreover, the pigment genes for the perception of red color have appear independently in these two primates lines (Old and New World) (Kainz et al, 1998).

Although the genetic mechanism of trichromacy is quite understood, the question remains, what was the adaptive advantage responsible for the spreading of the above mentioned genes. The basic functions of trichromatic vision may be better detection of food (folivory and frugivory hypothesis), signaling or warning functions.

The main goals of the thesis is to study spontaneous preference for color in children (pre-school and school age) and non-human Old World primates who have routine trichromatic vision.

Moreover, the thesis will focus on preference of red color to understand what was an adaptive function of red color perception. We assume that the spontaneous preference for color may reflect an adaptive advantage, leading to a rapid expansion of the red pigment gene. We assume that if the red color would be significantly preferred it can be evidence in favor frugivory function, while significant avoiding red color may indicate aposematic (warning) function.

Key words: preference for colours, Trichromatic vision, Rhesus macaque, children

Obsah

Úvod.....	8
1. Literární část.....	9
1.1. Primáti a jejich vidění - výjimka z tradičního savčího dichromatismu.....	9
1.2. Zrak – nejdůležitější smysl?	10
1.3. Výhody trichromatického vidění (hypotézy).....	11
1.3.1 Frugivorní hypotéza.....	11
1.3.2 Folivorní hypotéza.....	11
1.3.3. Hypotéza socio-sexuální komunikace.....	12
1.4. Barvová preference primátů v potravním kontextu.....	13
1.4.1. Barvová preference poloopic v potravním kontextu.....	13
1.4.2 Barvová preference lidoopů v potravním kontextu.....	15
1.5. Barvová preference primátů v nepotravním kontextu.....	18
1.5.1. Barvová preference u úzkonosých primátů v nepotravním kontextu..	18
1.5.2. Barvová preference u lidoopů v nepotravním kontextu.....	19
1.6. Barvové preferenci u lidí.....	20
1.7. Barvová preference a kontext.....	30
2. Experimentální část.....	32
2.1. Cíle experimentu.....	32
2.2. Experimentální otázky.....	32
2.3. Hypotézy.....	32
2.4. Metodika výběru barev a realizace stimulů.....	32
2.5. Primáti a podmínky experimentu.....	35

2.6. Barvová preference u primátů v nepotravním kontextu.....	36
2.6.1. Metodika.....	36
2.6.2. Poznámky z pretréninku.....	37
2.6.3. Výsledky.....	38
2.6.4. Diskuze.....	42
2.7. Barvová preference u primátů v potravním kontextu.....	43
2.7.1. Metodika.....	43
2.7.2. Výsledky.....	44
2.7.3. Diskuze.....	49
2.8. Barvová preference u lidí.....	50
2.8.1. Barvová preference u lidí v nepotravním kontextu.....	50
2.8.2. Metodika.....	50
2.8.3. Výsledky.....	52
2.8.4. Diskuze.....	57
2.9. Diskuze společná.....	58
3. Citace.....	60
3.1. Sekundární literatura.....	72

Úvod

Většina savců vidí dichromaticky. Trichromacií, čili opravdovým rutinním barevným viděním, disponují jen některé druhy primátů včetně člověka. Makaci i děti jsou tedy vhodnými subjekty pro experimenty zaměřené na barvou preferenci, i pro případná srovnávání, protože obě skupiny disponují plným trichromatickým viděním.

Tato diplomová práce se zaměřuje na téma barvové preference, především u dětí a nonhumánních primátů druhu makak rhesus (*Macaca mullata*). Testujeme, jaké jsou barvové preference makaků v potravním a nepotravním kontextu, u dětí studujeme barvové preference v nepotravním kontextu.

V literární části diplomové práce shrnuji výsledky studií zabývajících se barvou preferencí u primátů a lidí v potravním a nepotravním kontextu, zaměřuji se především na metodiky jednotlivých experimentů a na to, jak může design experimentu ovlivňovat výsledek studie. V experimentální části popisuji tři experimenty, kterými jsem testovala barvou preferenci u dětí a non-humánních primátů a výsledky konfrontuji s výsledky předchozích experimentů popsaných v literární části.

Kromě zkoumání barvové preference obecně, se především specializuji na preference se zaměřením na červenou barvu. Zajímá nás, jaké bude postavení červené barvy v preferenčním žebříčku u dětí a makaků a jak se bude barvová preference lišit v potravním a nepotravním kontextu. Postavení červené barvy (signifikantní preference či naopak odmítání) může pomoci objasnit, jaká byla adaptivní výhoda vzniku trichromatického vidění. Pokud by červená barva byla preferována, svědčí to spíše ve prospěch potravní funkce, pokud by červená byla zásadně nepreferovaná, mohla mít u původních trichromatů varovnou funkci. Naše hypotéza předpokládá, že makaci i děti budou preferovat červenou barvu a že barvová preference u makaků se bude lišit v potravním a nepotravním kontextu. Pokud by tato hypotéza byla potvrzena, mohlo by to svědčit ve prospěch frugivorní a folivorní funkce, nikoli ve prospěch aposematické funkce.

1. Literární část

1.1. Primáti a jejich vidění - výjimka z tradičního savčího dichromatismu

Výchozí stav savčího vidění je dichromatický. Savci byli původně malá, noční zvířata a zrak pro ně proto nebyl nejdůležitější smysl (Heesy and Hall 2010, Zhao *et al.* 2009). Dichromatické vidění je charakterizováno spektrální diskriminací, kdy jedinec disponuje dvěma spektrálními citlivostmi (krátkovlnné a dlouhovlnné spektrum) (Jacobs 2004). Mezi euterními savci je trichromatické vidění (ať už rutinní či polymorfické) unikátní u řádu primátů.

Barevné vidění (trichromacie) je založeno na analýze odpovědí fotoreceptorů s odlišnou spektrální citlivostí. Počty receptorových typů a jejich spektrálních citlivostí napříč zvířecím systémem značně varíují (Kelber *et al.* 2003). Trichromacie u primátů je umožněna přítomností několika typů fotopigmentů (opsinů) v oku a specializovanými neurálními mechanismy, které integrují výstup z těchto čípků (Bowmaker 1998). Primáti se tak celému savčímu systému značně vymykají – jejich vidění je na savčí říši netradiční a velice variabilní. Mezi primáty nalezneme jak rutinní trichromacii, dichromacii, monochromacii, i poměrně rozšířený a evolučně stabilní genetický polymorfismus, který poskytuje druhu až šest typů různého vidění v populaci - polymorfní trichromatismus (Jacobs and Deegan 2003).

U lidí, lidoopů a některých dalších primátů (nezávisle u primátů úzkonosých (*Catarrhini*) a u ploskonosých primátů (*Platyrrhini*) u rodu vřešťanů (*Alouatta*), se vyvinula rutinní trichromacie. Rutinní trichromacie je založená na přítomnosti tří typů čípků, z nichž každý obsahuje odlišný vizuální pigment. Nalezneme u nich S čípek, který je citlivý na krátké vlnové délky a je kódován na autozomálním chromozomu 7. Dále mají sousedící M a L čípky, které jsou citlivé na střední a dlouhé vlnové délky a jsou kódovány na pohlavním X chromozomu.

Geny pro M a L čípky vznikly duplikací jednoho ancestrálního genu zhruba před 40 miliony lety (Dulai *et al.* 1999, Nathans 1986). Výsledkem toho se u zmiňovaných skupin primátů objevil další gen pro opsin, citlivý na dlouhé vlnové délky, který umožnil vnímat červenou barvu. V porovnání s evoluční historií savců se objevil ale poměrně recentně (Martin and Ross 2005).

Tyto tři fotosenzitivní pigmenty tedy umožňují lidoopům, úzkonosým primátům (*Catarrhini*) a jednomu druhu novosvětských primátů (*Alouatta*) rutinní trichromatické vidění (Kelber *et al.* 2003, Surridge *et al.* 2003).

Uniformita plného trichromatického vidění u starosvětských primátů, lidoopů a lidí je v kontrastu s diverzitou ve vidění u primátů ploskonosých (*Platyrrhini*) a u poloopic (*Strepsirrhini*). Poloopice a novosvětští primáti mají obvykle pouze M nebo L gen na chromozomu X, ale tento gen bývá polymorfní a má alely až pro 2-3 spektrální typy fotopigmentů. Behaviorální studie potvrzují, že heterozygotní samice, které mají na X chromozomu M a L gen, jsou trichromatické. Naopak samci, kteří mají pouze jeden X chromozom, a tedy mohou mít pouze M nebo L gen, a homozygotní samice vnímají dichromaticky (Jacobs and Blakeslee 1984, Mollon *et al.* 1984, Jacobs 1993). Polymorfismus alel u novosvětských primátů variuje mezidruhově i vnitrodruhově. Polymorfické populace se třemi alelami mohou mít až šest vizuálních fenotypů (Jacobs and Deegan 2003).

Barevné vidění je atraktivní téma ke zkoumání evoluce a ekologie senzorického systému, zejména pro jeho zřejmý vztah mezi genotypem a fenotypem vizuálních pigmentů (Yokoyama and Radlwimmer 2001).

1.2. Zrak – nejdůležitější smysl?

Moderní primáti jsou tradičně považováni za primárně vizuálně se orientující zvířata. Jejich vizuální systém je vysoce vyvinutý a je optimalizovaný pro sběr potravy, a případně pro vyhýbání se potravě nejedlé (Fobes and King 1982). Při získávání relevantních informací o potravě nicméně není zrak pro primáty jediným důležitým smyslem. Protože většina rostlin a plodů nemění svou barvu během zrání (Nagy *et al.* 1980, Gautier-Hion *et al.* 1985), jsou primáti často odkázáni i na olfaktorické, sluchové a proprioceptorové smysly (Dominy and Lucas 2001). Například ksukol ocasatý (*Daubentonia madagascariensis*) patří mezi poloopice obývající ostrov Madagaskar. Vzhledem k tomu, že tento druh poloopice je noční, zrak pro něj není důležitý smysl už z podstaty jeho behaviorální ekologie. Ksukol hledá potravu pomocí dlouhého prstu, kterým ťuká na kůru stromů, a podle zpětné sluchové odezvy zjišťuje výskyt potravy (např. larvy v chodbičkách) (Erickson 1991). Malpa hnědá (*Cebus apella*) také specificky lokalizuje žáby, které se ukrývají pod rostlinami tím, že důkladně poslouchá specifické zvuky (Izawa 1978). Šimpanzi a malpy, kteří se specializují na rozbíjení ořechů, se také spoléhají na

nevizuální charakteristiky (pach, váha, zvuk), aby si ověřili jejich zralost. Skořápka chránící ořech totiž většinou zralost nesignalizuje (Visalberghi and Néel 2003). Otevírání ořechů je časově i energicky velice náročná činnost, do které by nebylo vhodné investovat, pokud by ořech byl nezralý (Boesch and Boesch 1983, Boinski *et al.* 2003).

Proto je důležité ve výzkumu barvové preference brát v potaz i to, že primáti často používají více sensorických modalit dohromady, aby dokázali zhodnotit potenciální zdroje potravy. Vývoj trichromacie přináší výhodu, kterou považují za důležitou zkoumat.

1.3. Výhody trichromatického vidění (hypotézy)

Existuje několik hypotéz, které vysvětlují výhody trichromatického vidění v populacích primátů. V této kapitole postupně představím neznámější z nich. Mezi jednu ze základních funkcí trichromatického vidění patří možnost lepší detekce potravy.

1.3.1. Frugivorní hypotéza

Při zrání ovoce se barva plodu většinou mění ze zelené na žlutou, oranžovou nebo červenou. Ta přímo koreluje s měnícím se obsahem glukózy v ovoci. Ovoce tedy svou barvou inzeruje trichromatovi aktuální výživovou hodnotu (Schaefer *et al.* 2004, Riba-Hernandez *et al.* 2005). Hlavní hypotézou vysvětlující evoluci trichromatického vidění je usnadnění vizuální detekce zralého ovoce frugivorem (Allen 1879, Mollon 1989, Bowmaker *et al.* 1991). Avšak ani tato hypotéza není úplně dostačující, aby mohla pokrýt důvod vzniku trichromacie u všech rutinních a polymorfních trichromatických primátů, protože je omezená pouze na frugivory. Proč by se vyvinula trichromacie i u folivorů? Vznik trichromacie může pravděpodobně lépe vysvětlit kombinace frugivorní a folivorní hypotézy.

1.3.2. Folivorní hypotéza

Ve folivorní hypotéze trichromatické vidění slouží jako nástroj pro detekci mladých, načervenalých lístků, které se v tropech často objevují. Tyto lístky jsou pro folivory nutričně výhodnější, jsou měkčí, a navíc obsahují méně toxinů a vlákniny (Dominy and Lucas 2001, Dominy *et al.* 2003b, Lucas *et al.* 2003, Milton 1979, Dominy *et al.* 2003a). U starosvětských primátů, kteří jsou rutinní trichromaté, nalezneme větší podíl listů ve stravě než u novosvětských polymorfních trichromatů (Robinson and Janson 1989).

Nicméně společný jmenovatel těchto hypotéz zůstává – barevné vidění má centrální roli při shánění potravy.

1.3.3. Hypotéza socio-sexuální komunikace

Existují studie, které pomocí digitálních obrázků manipulovaly s barvou kůže a srsti primátů druhu makak rhesus (*Macaca mulatta*) (Waite *et al.*, 2003, Waite *et al.* 2006). Jejich výsledky ukázaly, že červenější verze specifických anatomických rysů (obličej samců nebo samičích hýždí) přitahují více pozornosti opačného pohlaví, než bledší verze těchto oblastí. Tato tendence se zdá být anatomicky specifická – pro samce primátů jsou atraktivnější obrázky těch samic, které mají uměle červenější hýždě, nikoli např. obličej (opačně je tomu u samic). Tyto studie ukazují preferenci pro červenou barvu v sexuální selekci a mohlo by se zdát, že trichromatické vidění vzniklo z důvodu potřeby socio-sexuální signalizaci pomocí barev na kůži a srsti.

Avšak recentní analýzy dat, které porovnávaly barevné vidění, sexuální zvyky a přítomnost barev na kůži/srsti u 203 odlišných druhů primátů tuto domněnku vyvrátily. Spíše se podle autorů jedná o sekundární adaptace. Je tedy pravděpodobnější, že se trichromismus udržel díky selekci při vyhledávání potravy a sekundárně mohl být využíván v signalizaci červenou pokožku a srsti – červená barva se ukázala jako důležitá pro selekci červeně zbarvených sexuálních rysů a ve vnitrodruhové komunikaci (Fernandez and Morris 2007). Navíc, i když jsou sexuální kožní zduřeniny nejlépe popsány u samic úzkonosých primátů (Nuun 1999), na samicích poloopic můžeme také pozorovat cyklické sexuální otoky, doprovázené změnami v barvě kůže v okolí genitálií (Drea and Weil 2008) – přestože samci poloopic jsou vždy rutinní dichromaté a červenou barvu nedokáží přímo detekovat.

Pokud by tato hypotéza platila, vyvinula by se v souvislosti se signální funkcí v socio-sexuální signalizaci, sloužící pro samčí detekci samičího reprodukčního stavu, pro detekci dominantních jedinců jedinci submisivními, pro vnímání rudnutí tváří u primátů (Zhang and Webb 2003, Changizi *et al.* 2006).

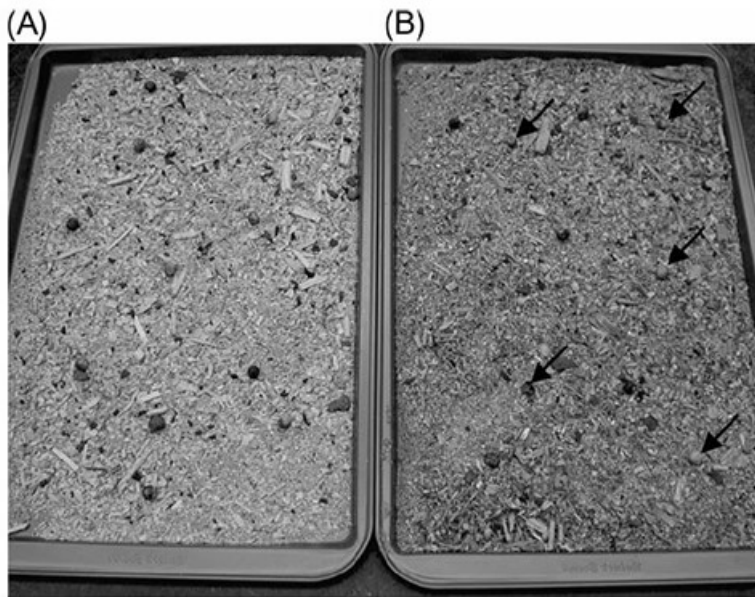
Pro účely této práce je důležité rozdělit barvou preferenci v potravním a nepotravním kontextu.

1.4. Barvová preference primátů v potravním kontextu

1.4.1. Barvová preference poloopic v potravním kontextu

Tradičně se předpokládalo, že trichromacie vznikla pouze v antropoidní linii (opice, lidoopi) (Jacobs 1993), ale pomocí molekulárních důkazů se ukázalo, že trichromacie má původ ještě hlubší – už v linii poloopic (*Strepsirrhine*) (Tan and Li 1999). Mezi poloopicemi můžeme totiž naléznout polymorfni trichromaty u druhů sifaka Conquerelův (*Prophitecus varreauxi conquereli*) a vari červený (*Varecia variegata rubra*) (Tan and Li 1999). Tyto dva druhy měly ale posledního společného předka před 40-45 miliony lety. Není tedy jisté, zda u poloopic vznikl polymorfni trichromatismus dvakrát nezávisle na sobě, nebo se polymorfni varianta trichromacie u těchto druhů udržela a u jiných naopak vymizela (Yoder and Yang 2004).

Jedna ze studií se zaměřených na porovnávání dichromatů a trichromatů u poloopic testovala frugivorní a folivorní hypotézu s využitím úlohy shánění potravy (tzv. foraging tasks) (Leonhardt *et al.* 2008). Hypotézou bylo, že ve sběru červené potravy, která byla prezentována na zeleném pozadí, budou heterozygotní samice polymorfni trichromatů efektivnější a rychlejší a budou ji volit s větší pravděpodobností než dichromatické druhy poloopic. Druhy zastupující dichromatické poloopice byly lemur kata (*Lemur catta*) a poddruh lemura hnědého (*Eulemur fulvus collaris*). Polymorfni trichromatičtí jedinci byli z druhů sifaka Conquerelův (*Prophitecus varreauxi conquereli*) a vari červený (*Varecia variegata rubra*). Zkoumáno bylo celkem 58 poloopic (35 samic, 23 samců). Protože některá pozorování musela být z metodických důvodů vyřazena, pro účely této studie byla použita data z pozorování 40 poloopic. Otestováním polymorfni trichromatických samic elektroretinogramem (ERG) vyšlo najevo, že pouze jedna ze samic druhu sifaka Conquerelův (*Prophitecus varreauxi conquereli*) je heterozygotní trichromat. Mezi testovanými jedinci druhu vari červený (*Varecia variegata rubra*) byly nalezeny čtyři heterozygotní samice. „Foraging task“ se skládal ze dvou částí. V první kontrolní části bylo použito neutrální pozadí (tvořené pilinami), na kterém byly náhodně rozmístěné červené a zelené potravní stimuly, které byly viditelné stejně pro trichromaty i dichromaty. V druhé experimentální části byl tento experiment opakován s použitím zeleného pozadí (piliny byly obarveny). Autoři uvádějí, že potravní stimuly byly bez zápachu. Jednalo se buď o obarvené cereálie nebo o pelety (podle preference potravy u jednotlivých druhů) (Leonhardt *et al.* 2008).



Obrázek 1 „foraging task“
prezentovaný poloopicím

(A) červené a zelené odměny na
přírodních pilinách (kontrola)
(B) červené a zelené odměny na
obarvených (zelených) pilinách –
experimentální podmínky
(šipky ukazují zelenou potravu)

Obrázek byl převzat ze studie
(Leonhardt *et al.* 2008)

Testování probíhalo vždy za přítomnosti celé skupiny poloopic, kdy jeden experimentátor prováděl pokus a druhý rozptyloval zbytek skupiny. Každá poloopice byla testována šestkrát (nejprve 3x kontrolní část a následně 3x experimentální část). Pauzy mezi sezeními byly dvě minuty a celkový pokus u jednoho zvířete trval zhruba 1-2 dny. Sezení bylo ukončeno po pěti minutách, nebo když zvíře našlo všechny odměny. Kvůli potravní motivaci se standardní ranní krmení posouvalo až po dopoledním testování.

Výsledky studie (Leonhardt *et al.* 2008) potvrdily, že se poloopice příliš nelišily u kontrolní části, všechny si vybíraly červenou častěji a rychleji, než zelenou. Signifikantní rozdíly se ukázaly v experimentální části v interakci barvy a typu vizuálního systému. Trichromaté a dichromaté se lišili zejména v latenci pro získávání červených odměn ze zeleného pozadí. Trichromaté byli v získávání červených odměn efektivnější. Zajímavé je, že dichromaté se jeví jako lepší v získávání zelených odměn (zelená odměna na zeleném pozadí). Tato studie jako první přinesla behaviorální důkaz o tom, že trichromacie u poloopic je efektivní pro rozlišování červené barvy oproti zelené. Preference červené barvy byla v potravním kontextu zjištěna u trichromatických samic druhu vari červený (*Varecia variegata rubra*) (signifikantní preference pouze v experimentální části). Preference červené barvy byla překvapivě zjištěna také u dichromatických samců druhu sifaka Conquerelův (*Prophitecus varreauxi conquereli*) (v kontrolní i experimentální části) a homozygotních samic poddruhu lemura hnědého (*Eulemur fulvus collaris*).

Červená barva může tedy být preferovaná trichromatem ale i dichromatem přesto, že ji nevnímá v našem pojetí červené barvy. Modelové studie totiž dokazují, že odrazivost a

intenzita světla může pomoci i dichromatovi dobře detekovat objekty ve dlouhých vlnových délkách červené barvy. Dokonce se ukazují i jisté specializace dichromatů – podle toho, zda disponují M/L genem na X chromozomu se adaptují na ovoce o určitých (viditelných) vlnových délkách (Osorio *et al.* 2004). Dichromaté sice mohou detekovat červené objekty, ale výhoda trichromacie spočívá v efektivitě jejich vyhledávání.

Je nutné podotknout, že zkoumaná byla také jedna samice druhu sifaka Conquerelův (*Prophitecus varreauxi conquereli*), u které se výhody trichromacie v pokusu neobjevily a její latence v získávání potravy byla nejdelší. Tento druh poloopice je folivor a je možné, že výhody výběru červené potravy pro něj nemusí být tak zásadní jako je to u druhu vari červený (*Varecia variegata rubra*), který je frugivor. Pro takové závěry by byl však potřeba větší vzorek (Leonhardt *et al.* 2008). Je možné, že i v rámci druhu (mezi trichromatickými a dichromatickými jedinci) se liší potravní strategie, a ne každý využívá výhod trichromacie ke sběru potravy. Pro folivora mohou být důležitější tvar, velikost a struktura v detekci listů od ostatních (Morgan *et al.* 1992, Smith *et al.* 2003). Odlišné strategie nevyužívající výhod trichromatismu můžeme nalézt také u některých polymorfních trichromatů ze skupiny novosvětských primátů (Caine *et al.* 2003). Ve studii Caine *et al.* (2003) byla kosmanům běločelým (*Callithrix geoffroyi*) předložena úloha podobná úloze výše zmíněné (Leonhardt *et al.* 2008). Mezi trichromatickými a dichromatickými jedinci se ve sběru pelet (červených a zelených) neukázal žádný signifikantní rozdíl (Caine *et al.* 2003). Schopnosti poloopic v potravní úloze se u dichromatických samic poddruhu lemura hnědého (*Eulemur fulvus collari*) zlepšovaly se stoupajícím věkem (Leonhardt *et al.* 2008). Je možné, že se tyto samice během života naučily pro sběr potravy využívat jiné alternativní strategie, což potvrzuje, že tyto strategie mohou být důležitější než schopnost barevného vidění.

1.4.2 Barvová preference lidoopů v potravním kontextu

Barvová preference v potravním kontextu byla zkoumána také u orangutanů a šimpanzů. V přírodě orangutani stráví až 46% času potravním chováním (Rodman 1979). I když jsou primárně frugivorové, v jejich stravě nalezneme i listy, byliny, epifyty, liány, kůru stromů a dřevě ze dřeva. Také bylo pozorováno pojídání zeminy, hmyzu i drobných obratlovcích vajíček. Orangutani jsou pozoruhodně schopni naleznout nové zdroje potravy. Potravu mohou vyhledávat pomocí čichu (durian, fiky) nebo pomocí hluku, který dělají krmící se

ptáci a jiné opice, a který orangutany dovede ke zdroji (MacKinnon 1974). Nejspíše také používají více smyslových modalit simultánně, včetně zraku.

U šimpanzů se barevná preference ukazuje v selekci ovoce (Van Lawick-Goodall 1968). Ti bez váhání vybírali z hromady ovoce to červené, žluté, fialové podle zralosti jednotlivého druhu namísto nezralého zeleného.

Barbies (1985) předpokládá, že primáti chovaní v zajetí se setkávají s méně rozmanitou potravou, jako jsou suché nebarevné pelety. Ovoce, zeleninu, a ořišky dostávají jako odměnu. Barbies (1985) ve své studii ověřoval navrhovanou domněnku Maple (1981), že obarvením pelet by se mohla potrava pro orangutany podstatně ztraktivnit a do jisté míry fungovat i jako obohacení (enrichment) při chovu v zajetí. V této studii (Barbies 1985) se autor zaměřil na vliv efektu obarvení suché potravy. Výsledky ukazují, že orangutani (*Pongo pygmaeus*) chovaní v zoo preferují barevnou stravu spíše než potravu nebarevnou (Barbiers 1985).

Ve studii byli zkoumáni tři dospělí (samec, dvě samice) a dva juvenilní jedinci (samec, samice). Experimentátoři obarvili suché pelety potravinářským barvivem v barvě červené, zelené, modré a oranžové – poté byly pelety nabízené lidoopům (Barbiers 1985). Zaznamenáván byl jejich zájem o potravu, manipulace s potravou a její konzumace. Experimentu předcházelo adaptační období, které trvalo 7 dní u dospělých, které umožnilo přivyknutí si na přítomnost pozorovatelů podle rozvrhu krmení a na navlhčené pelety. U juvenilních jedinců bylo třeba delší adaptační období (9 dní). Barevné pelety byly společně s neobarvenými orangutanům prezentovány po dobu 20 minut (pokud nesnědli potravu dříve nebo neztratili zájem). Pozorování začínalo, když se orangutani probudili - okolo 7 hodiny ránní. Adultním jedincům bylo předloženo 20 ks pelet od každé barvy (červená, modrá, zelená, oranžová), juvenilním jedincům byly předloženy 2 ks od každé barvy – počty byly odvozeny od normálních dávek krmení. Pelety byly namočeny v potravinářském barvivu bez chuti a zápachu. Po experimentu následovalo období, kdy byly testovaným jedincům opět nabízeny normální pelety (bez barvy) a orangutani byli pozorováni stejným způsobem (Barbies 1985). Výsledky ukázaly, že u juvenilních jedinců po nabídnutí barevných pelet vzrostlo množství zkonsumované potravy (u jedné ze samic samic signifikantně). U adultních jedinců byl zaznamenán vyšší zájem o barevnou potravu. V době po experimentu, kdy byla opět nabízena nebarevná strava, byl zaznamenán nižší zájem o potravu – po dobu 45 min u juvenilních jedinců nedošlo ke konzumaci

nebarvených pelet, adultní jedinci byli pozorováni 20 min a snědli pouze 19 kousků (samec 1 kousek, jedna ze samic 18 kousků). U všech jedinců se ukázal daleko vyšší zájem o nabídnutou barevnou potravu, než o potravu nebarevnou. Jeden ze zkoumaných subjektů (juvenilní samice) dokonce cíleně vybíral a preferoval červenou potravu. Zvýšení konzumace barevné potravy u orangutanů může být způsobena také novotou předmětů (novelty) – autoři (Barbies 1985) doporučují provedení dalších studií zaměřujících se na barvovou preferenci a nové objekty, aby se zjistilo, zda by novost mohla ovlivňovat rozhodování při barvové preferenci.

Ve výsledku ale tato studie (Barbies 1985) ukázala (spíše subjektivně), že nezvykle obarvené krmění zvyšuje množství zkonsumované potravy a obecně zvyšuje zájem o ni. Přínosem této studie (Barbies 1985) je zjištění, jak jednoduchým způsobem zvýšit komplexitu prostředí primátů chovaných v zajetí.

Během experimentů se událo několik zajímavých pozorování – během třetího dne si mladí orangutani odnesli část pelet (včetně oranžových) na svá spací místa, kde byla i lampa generující teplo. Juvenilní samice (Biruté) často jedla oranžové pelety, ale tento den ne – pozorovatel zaznamenal, že se oranžový kousek pod lampou s červeným světlem jevil jako nebarevný. Druhý z juvenilů (Rusti) zase často sebral barevnou peletu a nabízel ji pozorovateli. Pokud ten dárek nepřijal, mladý samec mu tlačil peletu mezi rty. Toto pozorování bylo zaznamenáno pouze u barevných pelet, ačkoli experimentátoři byli často přítomní při podávání jogurtu, ovoce a zeleniny. Není jisté, zda se chtěl samec s ošetřovateli podělit, anebo zda si chtěl ověřit případnou jedovatost nové potravy.

Podle hodnotitelů (Barbies 1985) měl dospělý samec Towan vyšší zájem o pelety, pokud byly barevné. Bylo to ale obtížně přesně kvantifikovat, protože během experimentu dvě dospělé samice (Chinta, Melati) často Towanovi kradly vybranou potravu, protože je velmi omezoval v přístupu ke zdroji potravy. Dospělí orangutani byli také často pozorováni při požívání nebarevných pelet, které poté vytlačovali na spodní ret, dívali se na ně a následně je vyplivovali – takové pozorování nebylo zaznamenáno u barevné potravy. Jedna z adultních samic (Melati) nedovolovala svému mláděti (samice, Bellawan) požívat barevné kusy. Sama mláděti dávala naopak pouze kusy nebarevných, i když mládě se jí pokoušelo zbarvené pelety krást.

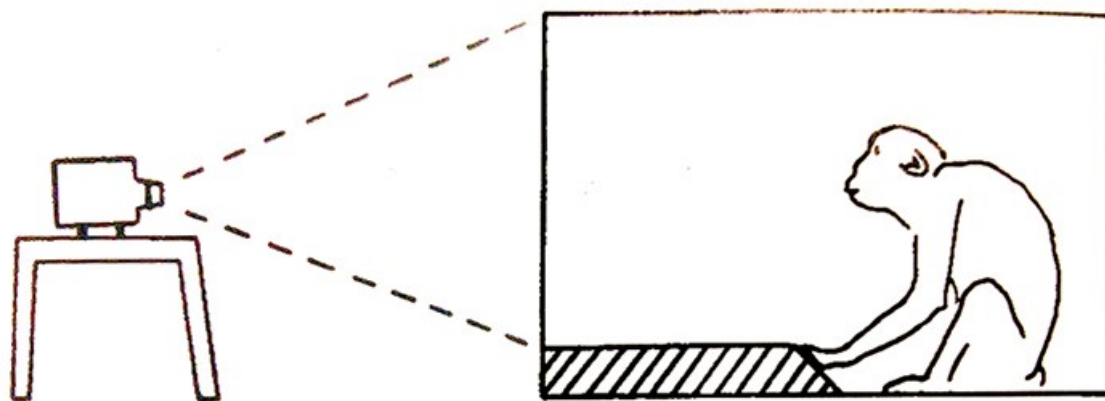
Statisticky byla preference obarvené potravy prokázána u všech jedinců, avšak specifická barvová preference byla potvrzena pouze u jedné ze samic (Biruté, červená barva). Autor

studie (Barbies 1985) se domnívá, že by se barvová preference projevila i u ostatních jedinců, pokud by od sebe byli izolovaní. Dominantní a tyranské chování samce Towana znemožňovalo výběr barevné potravy samicím Melati a Chinta. Také by podle autorů (Barbies 1985) bylo třeba zvolit jinou metodu pozorování, protože samec Rusti byl mnohem více zaneprázdněný hraním si s pozorovatelem, než požíváním potravy. Možná právě proto, že Biruté byla s potravou v podstatě sama (Rusti si jí moc nevěšmal) – mohla projevit skutečně barvovou preferenci a žádný z vnějších rušivých faktorů její chování neomezoval.

1.5. Barvová preference primátů v nepotravním kontextu

1.5.1. Barvová preference u úzkonosých primátů v nepotravním kontextu

Humphrey (1971) zkoumal barvovou preferenci v laboratoři u druhu makak rhesus (*Macaca mulatta*) v nepotravním kontextu. Čtyři samci byli zkoumáni v testovací komoře o velikosti 80 x 65 x 45 cm (viz obr. 2), na jejíž stěnu byly promítány barevné stimuly. Stimulem byla homogenní barevná pole se subjektivně stejnou světlostí. Opice měla možnost manipulovat s promítanými stimuly. Měřen byl čas strávený se stimulem, který primáti sami určovali. Opice byla za spolupráci při experimentu odměňována.



Obrázek 2 - Ilustrační obrázek testovací komory, ve které byli makaci testováni. Obrázek byl přejet ze studie Humphrey (1971)

Čtyři dospělí samci makak rhesus (*Macaca mulatta*) byli rok před studií importováni z Indie. Mimo dobu testování byli v klecích v párech a měli potravu volně k dispozici. Jeden pár (Henry a James) byl testován intenzivněji a poznatky tedy plynou hlavně od této dvojice. Byli testováni 6 dní v týdnu, dvakrát denně. Henry i James měli silnou preferenci

pro barvy, ze kterých byla nejpreferovanější modrá a nejméně preferovaná červená. Dva mladší primáti měli preference podobné, ale slabší. Vysvětlení averze vůči červené barvě v nepotravním kontextu může být hned několik (Humphrey 1976). Červená může vyvolávat asociace se stmíváním a svítáním, což je čas, kdy jsou predátoři primátů nejvíce aktivní. To by přímo vysvětlovalo nelibost červeného světla v ubikacích, kde byla světla projektována na stěnu. Dále se mohlo jednat o asociaci s krví, ohněm nebo jinými signály prezentovanými v přírodním prostředí (Humphrey 1976). Zářivé barvy také často představují aposematické signály (červená a žlutá v kontrastních kombinacích, např. s černou barvou), kterým je vhodné se vyhnout (Rowe and Guilford 1999).

V druhé části experimentu byly místo homogenních barevných polí primátům prezentovány barevné fotografie lidí, zvířat a krajinných scénérií (všechny měly podobnou světlost, která byla vyvážená). U těchto komplexnějších stimulů se ukázalo, že preference začala být individuální mezi opicemi. Mezi primáty se ukázala velká variabilita – autor například poněkud anekdoticky popisuje, že makak Henry projevoval poměrnou lhostejnost k fotografii Toma, který pracoval jako uklízeč laboratoře. Ostatní opice se v reakci na stejnou fotografii chovaly jinak, některým se fotografie líbila, některé tento stimul raději přeskakovaly.

Řada lidských každodenních rozhodnutí závisí obvykle na „estetických preferencích.“ Existují tedy podobné preference i u primátů? Objevuje se i podobný komparativní fenomén u non-humánních primátů (Humphrey 1971)?

1.5.2. Barvová preference u lidoopů v nepotravním kontextu

Studie autorů Wells *et al.* (2008) se věnovala barvové preferenci v nepotravním kontextu u šesti šimpanzů (*Pan troglodytes*) a šesti goril (*Gorilla gorilla gorilla*). Testování primátů v této studii probíhalo volnou exploračními objektů s odlišnými barvami (červená, zelená, modrá).

Za stimuly byly použity bavlněné textilie, kartonové krabice a průhledné plastové folie nalepené na skle. Stimuly se sice od sebe lišily velikostí a nepatrně i světlostí a saturací, ale podle autorů nebyl rozdíl subjektivně zřetelný. Byla sledována a nahrávána přímá manipulace s krabicemi a textiliemi. U průhledných plastových folií byl sledován pouze oční kontakt, protože manipulace s nimi nebyla možná. Autoři studie předpokládali, že preferovanou barvou bude červená a chtěli ověřit, zda potravní hypotézy platí i u lidoopů (Wells *et al.* 2008).

Výsledkem této studie (Wells *et al.* 2008) byla preference zvířat pro zelenou a modrou barvu, bez signifikantního rozdílu mezi těmito dvěma barvami. Tyto barvy byly voleny signifikantně více než barva červená. Autoři studie (Wells *et al.* 2008) navrhuji, že si možná zúčastnění lidoopi stimuly asociovali s potravou. V přírodě totiž tvoří hlavní složku jejich potravy listy, keře a byliny, které jsou spíše zelené. Nemalou část jejich jídelníčku také tvoří ovoce, a to převážně banány (žlutá), fíky (modré, fialové), papája (zelená). Je tedy možné, že relativní nedostatek zájmu o červené stimuly by mohl být uzpůsoben tím, že se nejedná o stimuly, o které by se v přírodě příliš zajímali. Podobně jako u sociosexuální signalizace primátů, kdy samci makaků tráví signifikantně více času sledováním digitálních obrázků samic s uměle přibarvenými hýžděmi, ale nikoli přibarvenými obličejí samic (Waite *et al.* 2006). Jak je zmíněno výše, platí i zde atraktivita pouze ve správné a reálné kombinaci. Je tedy možné, že červená barva v této studii se šimpanzi a gorilami také nehraje pro lidoopy žádnou roli, a není pro ně atraktivní, protože v přírodě by pro ně tento stimul nebyl nijak existenčně důležitý. Nelze opomenout, že je možné, že tato zvířata nemusí úplně vnímat rozdíl mezi modrou a zelenou, stejně, jak je tomu u některých lidských kultur (Fagot *et al.* 2006), což by mohlo narušit statistickou analýzu dat.

1.6. Barvové preference u lidí

Lidská barvová preference se často dávala do spojitosti s náladou (Jacobs and Suess 1975), psychologickými reakcemi (Schafer and Kratky 2006) a kognitivním fungováním (Knez 2001, Wolfson and Case 2000).

Často se také zkoumá barvová preference např. z hlediska marketingu – od nejvýraznějších reklamních poutačů, preferencí barev pro dekorování domovů, až po koupi nového automobilu. Mnohdy se barvy dávají do spojitosti s lidskými emocemi a pocity, jako je radost a smutek (Gao *et al.* 2007). Saturované základní barvy, jako jsou zelená, žlutá a modrá jsou často asociované s pozitivními pocity. Modrá barva v člověku často evokuje klid, bezpečí a pohodlí, zelená barva mír, naději, štěstí a žlutá radost, živost, spokojenost a energii (Crozier 1997, Kaya and Epps 2004). Modrá barva se považuje za barvu nejméně závislou na kontextech a bývá nejpreferovanější barvou u lidí v mnoha studiích (Dittmar 2000, Hemphill 1996, Madden *et al.* 2000, Saito 1999). Občas ale i modrá barva může být spojována s negativními konotacemi – deprese, smutek, osamělost (Kaya and Epps 2004). Význam červené barvy bývá velice často nejednoznačný a většinou silně mění svůj význam v závislosti na kontextu. Někdy bývá spojována s kladnými emocemi - láska,

radost, energie (Crozier 1997, Kaya and Epps 2004), ale současně evokuje zlobu, nenávisť a zášť (Kaya and Epps 2004). Méně studií se věnuje otázce, proč tyto barvové preference existují a jaká je vlastně jejich příčina - na rozdíl od studií prováděných na primátech (Palmer and Schloss 2010).

Studie (Hurlbert and Ling 2007) porovnávala adultní jedince z Číny a Británie. Dohromady bylo testováno 208 lidí (171 Britů (79 mužů), 37 Číňanů (19 mužů)). Experiment (forced choice test, color picking task) byl prováděn na počítači a participantů měli co nejdříve zmáčknout preferovanou barvu (8 odstínů, 3 odlišné experimenty). Ve výsledcích se ukázal rozdíl v barvové preferenci mužů a žen, kde muži spíše volili modro-zelené odstíny a ženy spíše odstíny červeno-fialové. Autoři si větší preferenci červené u žen vysvětlují možnými adaptacemi, kdy by měly být ženy údajně citlivější na červenou pro jejich roli pečovatelek a „empatických bytostí“ (Hurlbert and Ling 2007). V čínské populaci ale byla červená barva preferovaná u mužů i žen relativně více, než u populace britské. To může být dáno právě kulturními rozdíly - červená je v Číně barvou štěstí (Hurlbert and Ling 2007). V tradiční asijské kultuře bývá zase bílá barva barvou smrti a smutečního oblečení (opačně k např. naší kultuře, kde je bílé oblečení barvou nevěsty a barva smutku je černá). Barvy jsou tedy často spjaty nějakým způsobem s kulturou a bývají u dospělých jedinců často pevně asociovány, kulturně zakořeněny. Barevné vnímání a preference barev u lidí jsou faktory ovlivňující lidské chování včetně kulturních a společenských fenoménů. Hlavním cílem této diplomové práce je ale zaměřit se na původní barvové preference spojené s evoluční historií, nikoli preference kulturně ovlivněné.

Humphrey (1976) ve své studii navrhoval, že barevná preference u lidí podobně jako u zkoumaných makaků závisí na zakořeněných barevných signálech, které jsou vlastní dění v přírodě. Je ale možné, že lidé nebudou preferovat červenou barvu v nepotravním kontextu. Nemáme jako lidé často žijících ve městech snížený styk s těmito přírodními asociacemi? Může stmívání stále asociovat potenciální příchod predátorů?

Existuje však určitý konsenzus vycházející z dosavadních studií. U adultních jedinců bývají univerzální tendence preferovat modré (McManus *et al.* 1981, Saito 1994, Ou *et al.* 2004, Lišková *et al.* 2015) a červené barvy více, než žluté a zelené barvy (např. Hurlbert and Ling 2007, Palmer and Schloss 2010). Dále se obecně u žen na rozdíl od mužů ukazuje silnější preference červené barvy (Hurlbert and Ling, 2007, McManus *et al.* 1981).

Introverti mívají často tendenci preferovat temnější barvy (hnědá, olivová, šedá, černá) než extroverti (Gotz and Gotz 1975). Teplé barvy (červená, oranžová) v nepotravních kontextech bývají obecně spíše méně pozitivně přijímány (Crozier 1997, Valdez and Mehrabian 1994) jelikož zvyšují pocity úzkosti a stresu a zvyšují tendence k rozčilení (Jacobs and Suss 1975, Wolfson and Case 2000). Zde si opět můžeme všimnout jisté podobnosti s výsledky Humphreyho experimentů s makaky a jeho evolučních domněnek (1976,1971).

Považuji za ideální zkoumat barvovou preferenci u dětí, ve snaze získat data od co nejméně ovlivněných jedinců a zaměřit se tak na barvové preference z evolučního hlediska. To bude i cílem této diplomové práce.

Moderní lidé se vyvinuli z předků podobných šimpanzům (Pilbeam 1996). Anatomie a fyziologie trávicího systému (Milton and Demment 1988), mikrobiální společenství ve střevech primátů (Ochman *et al.* 2010) a neurální aktivita v percepci chuti (Scott 2010) lidí a recentních lidoopů je společná – tato zjištění podporují i jisté podobnosti v preferenci potravy mezi předky lidí a jiných primátů (Milton 1999, Ungar and Teaford 2002). Ačkoliv strava dnešních lidí je částečně ovlivněna zemědělstvím, vznik zemědělství se datuje na dobu „jen“ před 12 000 lety (Ungar and Teaford 2002). Nicméně, ancestrální linie vedoucí k současným šimpanzům a lidem se divergovala v době před zhruba 4,5 miliony let (Takahata *et al.* 1997). To by tedy znamenalo, že většinu dosavadního času lidé žili jako lovci-sběrači (Conroy 1997). Role sběračů byla typická pro ženy, zatímco muži byli spíše lovci (Kaplan 1996) Strava lovců-sběračů (podle rekonstrukce Eatona *et al.* 1985, 1997) obsahovala z jedné třetiny maso, a ze dvou třetin ovoce divoce rostoucích plodů. Studie Prokopa a Fančovičové (2012) naznačuje, že lidské potravní preference hlavně u ovoce a semen se odvíjejí od jejich estetických vlastností. Koevoluce disperze rostlin a estetického mínění je tvarována přírodní selekcí (Schmidt *et al.* 2004). Tento mechanismus platí zejména pro zvířata denní, včetně lidí, která mají barevné vnímání (Wilson and Camet 1993, Osorio and Vorobyev 1996, Regan *et al.* 2001, Osorio *et al.* 2004). Mnoho druhů primátů je lesních a jejich potrava zahrnuje částečně listy, ovoce a květy tropických stromů (Wrangham 1998, Milton 1999, Ungar and Teaford 2002). Barevnost a jiné estetické vlastnosti ovoce mohou být určitou adaptací, která usnadňuje šíření jejich semen prostřednictvím zvířat. Trichromatické vidění tedy umožňovalo lepší detekci ovoce, semen a dalších zdrojů potravy.

Nicméně ne všechny rostlinné druhy jsou jedlé. Barvy saturované a kontrastní (červená, žlutá, černá a hnědá) často charakterizují nechutné, popřípadě nejedlé či jedovaté druhy (Gittleman and Harvey 1980, Lev-Yadum 2001). Nabízí se tedy otázka, jak naši předci rozlišovali mezi jedlými a jedovatými zdroji rostlinné potravy?

Lidé preferují červenou oproti zelené barvě (Maier *et al.* 2009). Tato preference pro červenou barvu je výraznější u žen (Hurlbert and Ling 2007) možná kvůli silnějšímu vztahu odvozeného od evoluční historie role „sběratelek“ barevných bobulí oproti zelenému pozadí (Hurlbert and Ling 2007). Slovenská studie (Prokop and Fančovičová 2012) zkoumala vztah lidí k různým druhům ovoce. Autoři se snažili vybrat ovoce méně obvyklé, které mělo na obrázcích podobný kontrast a světlost. Participanti hodnotili atraktivitu, jejich představu o jedlosti nebo jedovatosti a případně osobní zkušenost s ovocem. Ve výsledcích se ukázalo, že participanti nebyli schopni z obrázků určit, zda se podle barvy jedná o jedlé nebo jedovaté ovoce. Zajímavé je, že ženy hodnotily ovoce a semena jako více atraktivní, než muži. Jedná se možná opět o souvislost s evoluční historií žen jako sběratelek (Prokop and Fančovičová 2012). Červené ovoce bylo hodnoceno oběma pohlavími jako více atraktivní než ovoce zelené a hnědé. Výsledky potvrzují hypotézu, že přírodní selekce nejspíše formovala koevoluci disperze a estetického mínění lidí (Prokop and Fančovičová 2012).

Otázkou je, jak naši předci dokázali mezi jedlou a nejedlou potravou rozlišovat. Jednalo se o kulturní přenášení znalostí? Při určení, zda ovoce bude požřeno, či nikoliv pravděpodobně nehraje roli jen barva ale celková „atraktivita“ ovoce, kde se připojují i další smysly, jako je třeba čich (Hoover 2010). Tato hypotéza je podpořena i výsledkem studie (Hiramatsu *et al.* 2009), kde bylo dokázáno, že primáti používají čich na rozlišení jedlého a nejedlého ovoce. Mimo to, ancestrální lidé také mohli kopírovat sběr potravy od zkušenějších jedinců ve skupině, případně i od jiného druhu primáta (Prokop and Fančovičová 2012). Jedna z domněnek autorů, proč se neprokázala schopnost rozeznat jedlé a nejedlé plody je, že skupina mladších participantů ve studii ještě neměla vývoj potravních preferencí ukončený. Bylo by tedy ideální získat data od starších participantů - ta by mohla přinést relevantnější výsledky. Podle autora (Litovitz *et al.* 1992) totiž juvenilní jedinci (10- 15 let) nemusejí být schopni rozlišovat podle barvy jedlé a nejedlé ovoce, což je podpořeno poměrně vysokým množstvím nehod souvisejícím s otravou dětí toxickým ovocem. Ale sama brava přece nestačí na určení jedovatosti, je to tedy relevantní tvrzení?

Studie barvových preferencí se nejčastěji shodují v tom, že děti mívají odlišné barvové preference než dospělí (Taylor *et al.* 2013). Zelená barva je častěji preferovaná dospělými (Choungourian 1968). Z toho důvodu je tedy důležité tyto dvě věkové kategorie zkoumat odděleně. Výzkum barvové preference u dětí má odlišné výsledky v potravním a nepotravním kontextu. Barvovou preferenci v potravním kontextu sledovala studie (Walsh *et al.* 1990). Studie se účastnilo 120 dětí ve věku 5 až 9 let z Los Angeles (Kalifornie, USA). Dětem byly předloženy 3 sladkosti (Skittles, M&Ms a lokální značka čokoládového cukrátky) vždy v barvě červené, zelené, žluté a oranžové. Autoři studie (Walsh *et al.* 1990) záměrně vybrali pouze tyto barvy, protože se podle nich nejvíce objevují v potravě. Autoři sice uvádějí, že vzorky si byly vizuálně podobné barvou, velikostí, texturou, tvarem i saturací, ale jednalo se o odlišná cukrátky (dvě obalené v čokoládě a jedno v ovocné polevě), která navíc děti již znaly. Sladkosti byly vybrány z toho důvodu, že se skutečně může jednat o relevantní odraz preference, protože obecně bývají u dětí oblíbené. Testovací místnost byla uzavřená, aby nedocházelo k rušení z venku, plně větraná a světlá. Aby experiment neovlivňovali neznámí experimentátoři, pokus prováděli učitelé dětí, kteří byli proškoleni pro testování. Studie (Walsh *et al.* 1990) nenalezla rozdíly mezi věkem, pohlavím a typem jídla, ale pouze ve výběru barev. Nejvíce preferované barvy v potravním kontextu tohoto experimentu byly červená, zelená, a nejméně volené byly oranžová a žlutá. Výsledek studie souhlasí s potravními hypotézami frugivorie (Mollon 1989) a folivorie (Dominy and Lucas 2001). Autoři ale uvádějí, že děti volily (pouze u Skittles bonbonu) červenou barvu, protože chuť těchto konkrétních bonbonů považují za nejlepší a děti ji znaly už před experimentem. Tomuto problému by se dalo předejít vlastními potravinovými stimuly, které by pro děti byly neznámé.

Další studie barevných preferencí u dětí jsou poměrně rozsáhlé, zkoumány byly různé barvy, s použitím různých metodik, stimulů, v různých věkových skupinách i v různých částech světa. Některé studie ukazují velice silnou preferenci pro červenou (Adams 1987, Bornstein 1976), jiné ukazují preferenci pro červenou průměrnou, či parciální (Zemach *et al.* 2007). Změny ve výsledcích (v preferencích) mohou být způsobeny rozdílnými odstíny barev použitých v jednotlivých studiích, například „červená“ ve studii Zemach *et al.* (2007) je podobnější „oranžové“ ve studii Bornstein (1976). Zajímavé je, že preference pro červenou barvu se ukazuje být závislá na věku. Preference pro červenou většinou mizí s nástupem dětí do první třídy a s přibývajícím věkem již není patrná (Norman and Scott 1952). Kontext se tedy ukazuje jako podstatný faktor u výzkumu dětské barvové

preferenci. Neméně důležitý se ukazuje kontext pozitivní a negativní (hostile/hospitable), ve kterém experiment představujeme.

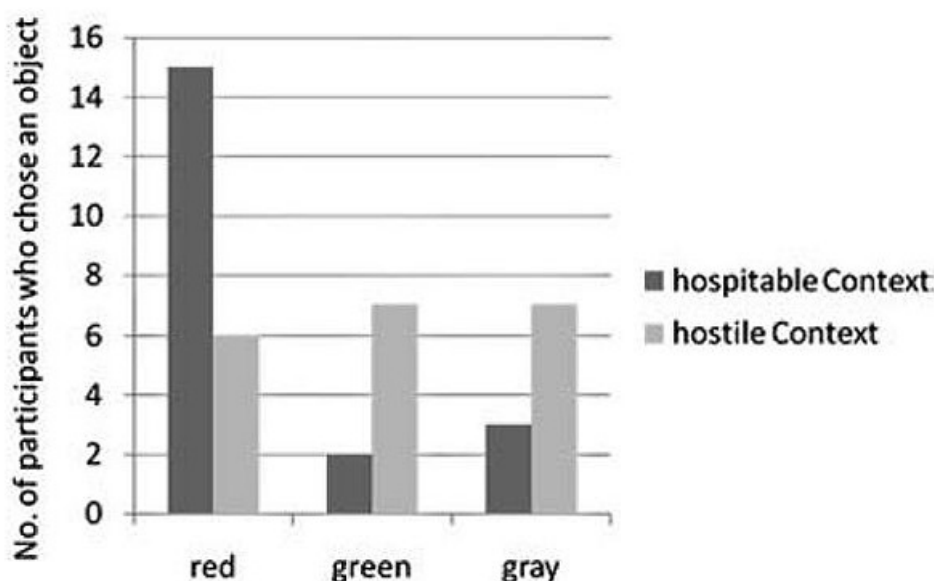
Studie (Maier *et al.* 2009) se jako jedna z prvních zajímala o preferenci červené barvy v různém kontextuálním prostředí („hostile/hospitable“) a přinesla prvotní důkaz o měnících se preferencích pro červenou barvu v různých kontextech u menších dětí. Hypotézou této studie bylo, že manipulace s kontextem bude mít vliv na preferenci červené barvy u dětí. Přesněji, že prezentace červené barvy ve vlídném (hospitable) kontextu bude evokovat preferenci a naopak expozice v hostilním kontextu vyvolá její nelibost (Maier *et al.* 2009). Experiment byl rozdělen do tří fází. Nejdříve chtěli autoři (Maier *et al.* 2009) ověřit preferenci červené barvy nad kontrolní barvou ve spontánní selekci v přátelském prostředí (experiment 1). Autoři v experimentech pracovali s poměrně malými dětmi, a i přesto se vyhýbali záměrně metodikám, které se u takto malých dětí často používají, jako je „looking preference“ (monitorování doby pohledu na určitý objekt a frekvence). Důvodem je to, že se není snadné rozpoznat, zda se dítě dívá déle nebo častěji na objekt, který je mu příjemný, vzbuzuje zvědavost nebo „warning signal“ (Adams 1987). Spontánní selekce barevných objektů se tedy zdá jako přímější indikátor preference, protože přímo a jasně reprezentuje pohybovou akci k objektu. Recentní studie také potvrzují, že výběr objektu skutečně indikuje jeho preference (Savani *et al.* 2008). Děti měly za úkol uchopit jeden barevný předmět ze dvou, které měly před sebou. Předměty byly v barvě červené a zelené, kde zelená podle autorů slouží jako kontrola ve více studiích (Elliot and Maier 2007). Experimentu 1 se zúčastnilo 22 dětí (12 dívek, 10 chlapců) a jejich průměrný věk byl zhruba 13 měsíců. Všechny děti navštěvovaly stejnou školku. Experimentální stimuly byly sestaveny z Lego kostiček (17cm x 10cm) do unikátního tvaru, připomínající asymetrické číslo 8. Hlavní myšlenka autorů při sestavování stimulů byla, aby se předmět nepodobal ničemu, s čím mohl participant přijít do styku a mít již s ním vytvořené nějaké asociace. Všechny další chromatické podněty byly z místnosti ve školce před začátkem testování odstraněny, aby dítě nerozptylovaly. Experimentální místnost byla osvětlena bílým světlem. Experimentu se vždy účastnili dva experimentátoři a pečovatka, kterou děti znaly, aby situace byla co nejméně stresová. Důležité pro experiment bylo, že samotní experimentátoři a pečovatka neznali hypotézu. Pečovatka se posadila za stoleček a dítě si vzala na klín tak, aby bylo přímo před stolem. Byla poučena, ať s dítětem během testování nijak neinteraguje. Jeden z experimentátorů zadával úlohu a druhý experiment natáčel. Na stole byly položeny dva stimuly, zahalené bílou látkou. Experimentátor nejprve

přátelsky komunikoval s dítětem, aby se uklidnilo a následně odhalil objekty a řekl „Podívej, co jsme ti přinesli“. Monitorováno bylo, se kterým předmětem začne dítě interagovat jako první, poté bylo nahrávání ukončeno. Výsledky ukázaly, že červená barva je preferovanější v přátelském kontextu, než kontrolní zelená barva (Maier *et al.* 2009).

V druhé části (experiment 2) byl experiment opakován s tím rozdílem, že před výběrem objektů byla dítěti prezentována jedna ze dvou černobílých fotografií portrétu muže. Na jedné fotce se tvářil šťastně a na druhé našťavaně („angry/happy face“). Hypotézou bylo, že červená bude preferovanější po expozici šťastného obličeje a méně preferována po expozici našťavaného obličeje. Experiment měl tedy demonstrovat, že preference červené barvy je závislá na kontextu, ve kterém je prezentována. V předchozích studiích bylo dokázáno, že děti dokáží rozlišovat výrazy již od raného dětství a vykazují předpokládanou pozitivní a negativní reakci na šťastný nebo rozzlobený obličej (Balaban 1995, Caron *et al.* 1985, Nelson 1987). Existují ale i studie, které měřily chování dětí (approach/avoidance) po vystavení šťastnému, smutnému, neutrálnímu či rozzlobenému obličejí a nenašly žádný konzistentní výsledek, který by prokázal, že 4-9 měsíční děti registrují afektivní podtóny obličejů (Serrano *et al.* 1995). Zůstává tedy otázkou, na kolik může prezentace fotek u dětí opravdu navodit kontext „hospitable“ nebo „hostile“ a hlavně, zda se to povedlo v této studii. Opět byly testovány děti ze stejné školky. Tentokrát byly stimuly vyrobeny z červených a zelených papírových kartonů velikostí podobné těm v experimentu 1. Nebylo uvedeno, proč se autoři (Maier *et al.* 2009) rozhodli pro změnu materiálu, tato změna však ukázala, že materiál není pro metodiku podstatný. Experimentu 2 se zúčastnilo 27 dětí (9 dívek, 18 chlapců), jejichž průměrný věk činil zhruba 13 měsíců. U 12 participantů byl použit veselý obličej a u 15 participantů našťavaný obličej. Experimentátor dopředu nevěděl, jaký obličej dítěti ukáže. Fotografie dítěti prezentoval po dobu 2 sekund. Výsledky potvrdily hypotézu studie a děti měly po expozici šťastného obličeje jasnou preferenci pro červenou barvu oproti hostilnímu kontextu, kde děti měly preferenci pro zelenou barvu. Nebyly nalezeny rozdíly v pohlaví. Výsledky ukazují, že preference pro červenou a zelenou barvu se mění v kontextu, ve kterém jsou prezentovány s tím, že červená bývá preferována ve vlídném a přátelském kontextu a zelená v hostilním (Maier *et al.* 2009).

Ve třetí fázi projektu (experiment 3) byl přidán ještě jeden šedý stimul, kontextová manipulace zůstala stejná. Autoři studie (Maier *et al.* 2009) chtěli ověřit, zobecnit a zajistit replikovatelnost studie, když se použije jiná barva jako kontrola. Hypotézou bylo, že preference pro červenou se bude opět měnit podle kontextu, preference pro zelenou a

šedou nikoliv. Tohoto experimentu se zúčastnilo 40 dětí (25 dívek a 15 chlapců) s průměrným věkem 15-26 měsíců. Opět to byly děti ze stejné školky. Stimuly byly ze stejného materiálu jako v experimentu 2 (karton) a byl přidán další šedivý objekt. Participant měl tedy tentokrát na výběr ze tří předmětů. Výsledky byly podobné a ukazovaly, že preference pro červenou barvu variuje v kontextu. Opět se po expozici veselých obličejů objevují silné preference pro červenou barvu. Zelená a šedá barva v kontextu význam nemají v porovnání s červenou barvou, kde je vliv kontextu silný. Neukázal se vliv pohlaví, ani vliv pořadí (Maier *et al.* 2009).



Obrázek 3 - Preference jako funkce barvy a kontextu v experimentu 3. Tento graf ukazuje variabilitu v preferencích barev při kontextuální manipulaci (příjemný vs. hostilní kontext). Obrázek převzat ze studie (Maier *et al.* 2009)

Obecná diskuze této studie (Maier *et al.* 2009) tedy ukazuje, že děti mají ve spontánní volbě preference pro červenou spíše, než pro zelenou (experiment 1). Dětská preference pro červenou se mění s kontextem (experiment 2 a 3). Variabilita preference pro zelenou a šedou nebyla objevena v kontextu. Studie (Maier *et al.* 2009) přinesla jako první důkaz o kontextově specifické barvové preferenci pro červenou barvu. Důležitým poučením z této studie by bylo, že výsledky starších studií dětské barvové preference červené barvy nemusejí být konsistentní, pokud není stejně kontrolovaný kontext, ve kterém experiment probíhal. Jakékoli nekontrolované proměnné jako je familiárnost objektů, přítomnost neznámých experimentátorů, popřípadě změny jejich emocí a výrazů mohou u dětí

manipulovat s kontextem, a tedy i s výsledky preference červené barvy, a to bez vědomí výzkumníků (Maier *et al.* 2009). Zdá se tedy velice důležité, aby byla detailně popsána nejen metodika, ale také kontext, aby mohl budoucí výzkum v tomto oboru efektivně navazovat.

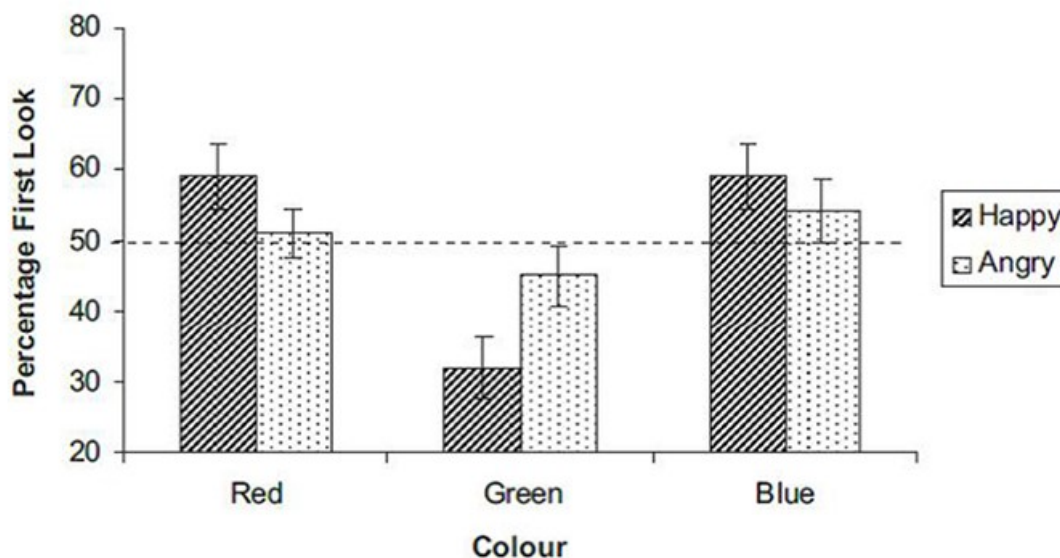
Studie (Franklin *et al.* 2012) chtěla navázat na studii kontextové specifity a rozšířit ji (Maier *et al.* 2009), ale autoři ji nedokázali replikovat. Výsledky Maierovo studie (2009) podle autorů (Franklin *et al.* 2012) nejsou signifikantní. V experimentu 3 v nepříjemném (hostile) kontextu je počet dětí, které volily červenou (N=6) ne o tolik nižší, než u těch, které volily zelenou (N=7) nebo šedou (N=7). Přitom by se podle hypotézy měly červené barvě děti skutečně vyhýbat. Spíše se tedy podle autorů novější studie (Franklin *et al.* 2012) ukazuje, že rozzlobený obličej snižuje variabilitu v preferencích napříč všemi barvami. Navíc vzhledem k tomu, že byla zařazena pouze červená (Maier *et al.* 2009) ze dvou obecně preferovaných barev (červená, modrá), není jisté, zda ztráta preference pro červenou po vystavení rozzlobeného obličeje je selektivní pouze pro červenou (a působí tak opravdu jako evoluční signál) – nebo by preference mizela i pro jinou preferovanou barvu. Expozice rozzlobeného obličeje tedy může pouze dětskou barvovou preferenci obecně snížit, což může být způsobeno tím, že participant věnuje pozornost jinému stimulu. Podle autorů novější studie by tedy bylo vhodné zařadit další dětmi oblíbenou barvu (Franklin *et al.* 2012). Cílem Franklinovo studie (2012) bylo tedy rozšíření studie předchozí (Maier *et al.* 2009) a ověření její správnosti přidáním další dětmi oblíbené barvy (modré) do testování (Franklin *et al.* 2012).

Zatímco (Maier *et al.* 2009) používá metodu „výběru“ (forced choice test), v rozšiřující nastávající studii (Franklin *et al.* 2012) je použita metoda „looking preference“. Tuto metodu autoři zvolili, protože ji považují za základní stavební kámen ve zkoumání dětské barvové preference z toho důvodu, že byla použita v řadě studií (Adams 1987, Bornstein 1975, Franklin *et al.* 2008, Franklin *et al.* 2010, Zemach *et al.* 2007). Autoři nesouhlasí s tvrzením, že tato metoda je horší v tom, že není jasná „preference“, kdežto v metodice „výběru“ ano. Naopak tvrdí, že metoda „výběru“ může být horší, protože při ní může být přítomen potenciální vliv motoriky (Hood 2001). Autoři obecně uvažují o tom, v čem obě metody mohou být nepřesné, a že by neměly být považovány za přímé měření dětské barvové preference, protože obě metody mohou pouze přitahovat pozornost tím, že barva je výrazná (Franklin *et al.* 2012). Nicméně, obě metodiky se jim zdají jako vhodné pro posouzení preference určitých barev po vystavení šťastného a rozzlobeného obličeje.

Osobně si myslím, že přímá volba objektu lépe reflektuje preferenci, než pohled, pokud jsou barevné objekty stranově vyváženy a motorika participanta se zdá být v pořádku. O metodě pohledu (looking preference), můžeme polemizovat, zda relevantnější informace pocházejí z toho, kam se subjekt podívá jako první, nebo kam se dívá déle.

Ve studii (Franklin *et al.* 2012) považovali za preferovanou barvu tu, na kterou se dítě podívá jako první po expozici černobíle fotografie portrétu ženy s rozzlobeným nebo šťastným výrazem. Experimentu se zúčastnilo 29 dětí, jejichž průměrný věk byl zhruba 20 měsíců (podobný věk jako v předchozí studii v experimentu 3 (Maier *et al.* 2009)). Bylo prověřeno, že žádné z dětí nemá příbuzného, který by trpěl disfunkcí barevného vidění. V experimentu dítě sedělo na klíně jednoho ze svých rodičů a dívalo se na monitor. Rodiče byli instruováni, aby měli zavřené oči, popřípadě, aby měli sklopenou hlavu a neovlivňovali tak dítě. Pozadí obrazovky bylo z počátku šedé. Následně byl pro zvýšení pozornosti dětí před expozicí obličejů zahrán tón, po dvou sekundách expozice fotografie byly zobrazeny barvy. Bylo monitorováno, na kterou barvu se dítě podívalo jako první. Výsledky ukázaly, že po vystavení šťastného obličej se děti dívaly na červenou a modrou barvu více, než na zelenou. Červená a modrá barva byla preferována relativně stejně. Tento výsledek se shoduje i s ostatními studiemi, ve kterých nebylo manipulováno s kontextem za použití expozice fotografií s obličejí (Bornstein 1975, Franklin *et al.* 2008). Po vystavení rozzlobeného obličej se neukázala averze vůči červené barvě. Na červenou i modrou se děti dívaly relativně stejně i v tomto kontextu. Variabilita v barvových preferencích (červené, modré a zelené) byla signifikantní, pokud předcházel šťastný stimul – pokud předcházel rozzlobený stimul, variabilita signifikantní nebyla. Nicméně, preference byly podobné u obou kontextů. Nenašel se důkaz, že by se děti dívaly na červenou v nepříjemném kontextu signifikantně méně. Nepříjemný kontext sice redukuje preferenci pro červenou, ale zároveň i pro modrou (ve stejném rozsahu). V nepříjemném kontextu je první pohled na barvu téměř náhodný.

Přestože se metodika obou studií liší (Franklin *et al.* 2012, Maier *et al.* 2009) preference pro červenou barvu oproti barvě zelené se shoduje. Franklinova (2012) studie jen navíc nachází stejný efekt pro snížení preference v nepříjemném kontextu i u modré barvy. „Looking preference“ i „forced choice test“ se v tomto případě navzájem potvrdily jako vhodné metodiky pro zkoumání této problematiky.



Obrázek 4 - Tento graf ukazuje výsledky preference barev při kontextuální manipulaci. Obrázek byl převzat ze studie Franklin *et al.* (2012)

Čím může rozzlobený obličej snižovat barvové preference? Rozzlobený obličej je nápadnější než ten šťastný, kvůli některým anatomickým rysům, které jsou v tomto stavu výraznější (jako je například obočí) (Lundqvist *et al.* 1999). Komplexita anatomických struktur tedy může tlumit pozornost od následně prezentovaného stimulu (Peltola *et al.* 2008). Toto snížení pozornosti pak může negativně ovlivnit odpověď na barevný stimul. Bylo by potřeba dalších metodik pro vytváření negativního kontextu, bez takové komplexity jako má rozzlobená tvář, který by neměl tlumící dopad, a dítě by mělo kapacitu řešit barvou preferenci. Je ale možné, že expozice našťavaného obličejce může v subjektech evokovat hrozbu a zvyšovat stres, a tím u dítěte snižovat schopnost jakkoliv dobrovolně rozhodovat. Pokud by toto byl faktor, tak by byl přítomen vždy u negativního kontextu, bez ohledu na použitou metodiku.

1.7. Barvová preference a kontext

Jaké důvody může mít spojitost mezi preferencí červené barvy a kontextem? Autoři (Maier *et al.* 2009) se domnívají, že ji malé děti mají na základě vrozených (ne naučených) vzorců, které vycházejí z evoluce. Výsledky se také dále částečně shodují s barvou preferencí primátů a dospělých lidí. I když je potvrzeno, že u dospělých jedinců se kontext stává méně důležitým, než u dětí, i přes to hraje určitou roli (Elliot and Maier 2007, Elliot and Niesta 2008).

Nejedná se tedy pouze o odlišné vnímání červené barvy v potravním a nepotravním kontextu, u lidí i non-humánních primátů můžeme naleznout pozitivní a negativní vnímání červené barvy i v socio-sexuálních kontextech. Můžeme nalézt hned několik příkladů z přírody a experimentů u primátů i u lidí. Jak již bylo popsáno, preferovaná barva pro samce primátů je červená na hýždích samic, která signalizuje jejich připravenost k páření (Nunn, 1999). Efekt červené barvy v sexuální signalizaci a „romantickém chování“ byl objeven i v mnoha studiích, ve kterých participovali lidé. Pokud participanti měli oblečení červené barvy, případně drželi červené předměty, zdáli se respondentům opačného pohlaví atraktivnější. V tomto případě nebyla potřeba ani přímá asociace s konkrétním anatomickým rysem a přesnou situací. Tento efekt se zdá být v řadě studií univerzální. Muži také preferují červenou na těle žen (vzrušení, červenání se), podobně, jako je tomu u primátů (Elliot and Niesta 2008, Elliot *et al.* 2010, Guéguen 2012, Lin 2014, Pazda *et al.* 2012, Roberts *et al.* 2010, Schwarz and Singer 2013, Elliot *et al.* 2013).

Naopak v kompetitivních kontextech červená barva také nebývá preferována u lidí, ani u non-humánních primátů (Elliot *et al.* 2007). Výzkum u primátů ukazuje averzi k červené barvě v hostilním kontextu, kde má červená barva negativní konotaci a představuje hrozbu a nebezpečí. Červená barva souvisí se samčí dominancí (vyšší hodnotou testosteronu) a tím redukuje přibližování jiného jedince. Například červená barva v kompetitivním kontextu na hrudi samce dželady (*Theropithecus*) je signálem dominance a připravenosti k útoku – to následně udržuje samce s nižším postavením dále od dominantního alfa samce a způsobuje vyhýbavé chování. Podobně je tomu u pavíánů (*Papio*), kde červený obličej také signalizuje dominanci a hrozbu potenciálním oponentům (Setchell and Wickings 2005, Bergman *et al.* 2009, Changizi *et al.* 2006, Waitt *et al.* 2003). Nejinak je tomu u lidí, kde červená barva na jiném člověku může evokovat vyšší dominanci a hrozbu, například, jak bylo ukázáno v jedné studii, při zápasech častěji vyhrávají jedinci v červeném oblečení (Hill and Barton 2005).

V přírodě tedy kontext (hospitable/hostile) určuje, zda je červená barva žádoucí nebo nežádoucí signál. Jedná se o velice ambivalentní signál, protože červená barva v přírodě dává - ať už pozitivní či negativní – ale většinou vždy podstatnou informaci, kterou je důležitou vnímat a vyhodnocovat.

2. Experimentální část

2.1. Cíle experimentu

Tato práce se zaměřuje na studium barvových preferencí u lidí i non-humánních primátů. Speciálně jsme se soustředili na roli červené barvy, abychom přispěli k diskusi o adaptivních výhodách vzniku červené barvy.

Cíl 1. Zjistit, zda mají primáti druhu makak rhesus (*Macaca mulatta*) spontánní barvovou preferenci v potravním a nepotravním kontextu

Cíl 2. Zjistit, zda mají děti spontánní barvovou preferenci v nepotravním kontextu

2.2. Experimentální otázky

Jaké bude postavení červené barvy v preferenčním žebříčku u dětí a makaků? Jak se bude lišit preference v potravním a nepotravním kontextu?

2.3. Hypotézy

Hypotéza 1. Na základě literární rešerše byla stanovena hypotéza, že makakové i děti budou preferovat červenou barvu.

Hypotéza 2. Barvová preference se bude lišit v nepotravním a potravním kontextu. Pokud by byly hypotézy potvrzeny, může to svědčit ve prospěch frugivorní a folivorní funkce trichromatického vidění, nikoli ve funkci aposematickou.

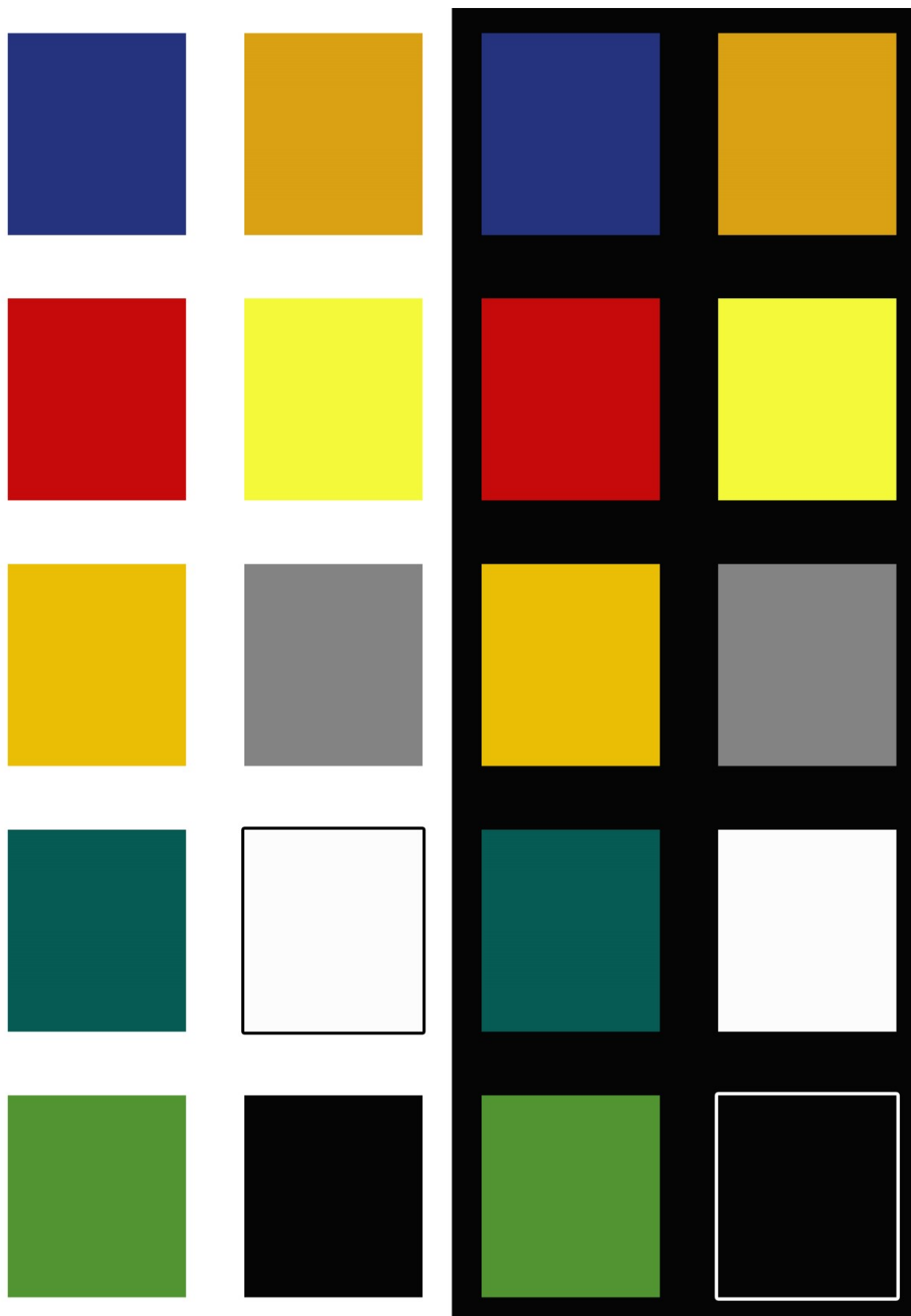
2.4. Metodika výběru barev a realizace stimulů

Abychom mohli přesně definovat odstíny jednotlivých barev, použili jsme standardizovaný vzorník RAL. Změřili jsme spektra všech barevných odstínů spektrofotometrem OceanOptics usb4000 s xenonovým zdrojem světla PX-2. Každý z odstínů byl naměřen 3x z 5mm vzdálenosti a z úhlu 45 stupňů (abychom se vyhnuli odrazům z lesklého povrchu vzorníku, místnost byla i částečně zastíněná). Spektrofotometr byl před každým třetím měřením recalibrován. Průměrná odrazivost každého vzorku byla zprůměrována ze tří příslušných měření. V další fázi jsme na základě hodnocení respondentů zúžili počet barevných odstínů. Respondenti měli za úkol zvolit 10 odstínů od plánovaných testových barev (žlutá, zelená, modrá, červená). V programu Avicol jsme na základě naměřených dat vypočítali chromatický a achromatický kontrast odstínů vůči pozadí a vůči sobě navzájem.

Pozadí jsme zvolili jako černé (5% reflektance) a bílé (95% reflektance). Sestavili jsme matici vzájemných kontrastů a do konečného experimentu jsme vybrali ty odstíny, kde vyšly největší rozdíly ve vzájemném kontrastu mezi jednotlivými barevnými odstíny. Pro účely experimentů bylo tedy použito 10 barev (černá, bílá, žlutá (3 odstíny), zelená (2 odstíny) modrá, červená, šedá). Tento výběr barev zaručil standardní podmínky i opakovatelnost experimentu.

Barevné stimuly byly tištěné na kalibrované tiskárně tak, aby vytištěné barvy přesně odpovídaly vybraným hodnotám. Barvy byly použity na kartičky pro děti a stimuly pro primáty. Neurální zpracování informace ve zrakových drahách a spektrální citlivosti u lidí a makaků rhesus si jsou podobné, a proto je možné oba druhy porovnávat (Harwerth and Smith 1985).

Při barvení stimulů pro barvovou preferenci v potravním kontextu pro opice byla výsledná barva produktů subjektivně porovnávána s vytištěnými kartičkami pro zajištění co nejpřesnějšího výsledku. Potravinářská barviva byla míchána s bílkovou polevou (šlehaný bílek + cukr). Pro dosažení konkrétní barvy bylo často nutné smíchat více barev dohromady a pečlivě kontrolovat, jak bude barva vypadat, až poleva zatuhne (často se měnil odstín). Všechny potravní stimuly byly vyráběny nejednou, aby se předešlo tomu, že budou v jiné várce odlišnější.



Obrázek 5 – Ukázka jednotlivých barev na černém a bílém pozadí. Čísla v Ral vzorníku pro jednotlivé barvy jsou modrá (5002), červená (3020), zelená 1 (6018), zelená 2 (6026), žlutá 2 (1021), žlutá 3 (1006), žlutá 1 (1016), šedá (9022), černá, bílá

2.5. Primáti a podmínky experimentu

Zkoumání byli čtyři samci druhu makak rhesus (*Macaca mulatta*) v laboratorních podmínkách. Primáti jsou chováni ve specializovaném zařízení Ústavu normální, patologické a klinické fyziologie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Experimenty, které jsem prováděla, jsou součástí projektu schváleného etickou komisí 3. lékařské fakulty. Zařízení je autorizované Ústřední komisí pro ochranu zvířat Ministerstva zemědělství ČR (akreditace č. 36505/2015-MZE-17214). Dvěma starším samcům (Attila a Puck) bylo na začátku testování 14 let, mladším jedincům (Dante a Vergilius) bylo 6 let. Experimenty barevné preference v potravním i nepotravním kontextu probíhaly od roku 2014 do roku 2016. Starší jedinci se již v minulosti účastnili různých testování a kognitivního tréninku. Jednalo se o prostorové úlohy s pomocí dotykové obrazovky, dále primáti plnili úlohy typu „object permanence“ (stálosti objektu) a zjišťovány byly i jejich reakce na nové objekty (neofobie vs. neofilie). Mladší jedinci byli testováni před začátkem experimentu pouze na stálost objektů a preferenci nových objektů (neofobie vs. neofilie), a současně s mým experimentem u všech opic probíhal experiment numerických kompetencí.

Uspořádání voliér umožňuje testovat primáty odděleně. Tím lze částečně předcházet rozptylování testovaných subjektů zbytkem skupiny. Nicméně makaci zůstávají stále ve stejné místnosti, a tak je často potřeba dominantní jedince během testování ostatních zaměstnávat, aby testování nerušili (např. rozházením drobných odměn po zemi – opice jsou následně zaměstnány jejich sběrem). Makaci mají částečně ustanovenou hierarchii. Nejdominantnější jedinec (Attila) je ve voliére společně s Puckem, který je velice submisivní (řidší srst a bledší okolí *testes*, menší vzrůst). Attila se snaží získat dominantní postavení i u zbylých primátů, kteří ještě v době začátku experimentu neměli mezi sebou jasně stanovenou hierarchii. Attila neustále sleduje dění v místnosti a často ostatním hrozí (sklopené uši, vyceněné zuby a vokalizace). V experimentech Attila pracoval dobře, ale občas je neklidný, roztržitý a agresivní. Submisivní chování Pucka se projevuje tak, že neustále kontroluje Attilovo chování (uhýbá se, aby mu nestál v cestě a byl pokud možno co nejdále), i k potravě přichází až po něm. V experimentech s Puckem je nutné Attilu oddělovat do vedlejší voliéry, protože by rušil testování a nenechal by Pucka ani přijít k místu, kde se testuje. V době testování je ale Puck hodně motivovaný, i když možná občas až moc nedočkavý, když si snaží ukořistit odměny. Dante a Vergilius museli být dočasně odděleni každý do vlastní voliéry, protože se u nich v rámci ustanovování

hierarchie začaly objevovat výrazně agresivní interakce. Dante se jevil motivovaný k experimentům. Občas byl experiment narušen tím, že na sebe hrozili s Attilou a s Vergiliem do vedlejších voliér (poté bylo nezbytné rušící jedince během testování zabavovat, aby si ho nevšímalí). Vergilius je plachý a často hned po splnění jednoho úkolu odchází na své místo a přijde zase až na přivolání. Často mi také hrozil otevřenou tlamou (v tomto případě pasivní hrozba). Testování probíhalo pokud možno od nejdominantnějšího samce, po toho nejvíce submisivního. Snažila jsem se, aby během testovacího dne byli otestováni všichni primáti (často to ale záleželo i na aktuální motivaci primátů).

Počty sezení během dne byly uzpůsobeny tak, aby opice byly stále motivované. Testování neprobíhalo, pokud se opice nesoustředily. V takovém případě byl experiment opakován jiný den, aby se nesnižovala jejich motivace – to se ale stávalo minimálně. Po testování byli primáti odměněni větším množstvím odměn, včetně krmení (krmná granulovaná směs pro primáty, ovoce a zelenina), které se posouvalo na dobu po testování, aby byla zachována pozitivní potravní motivace.

Všechny experimenty byly nahrávány.

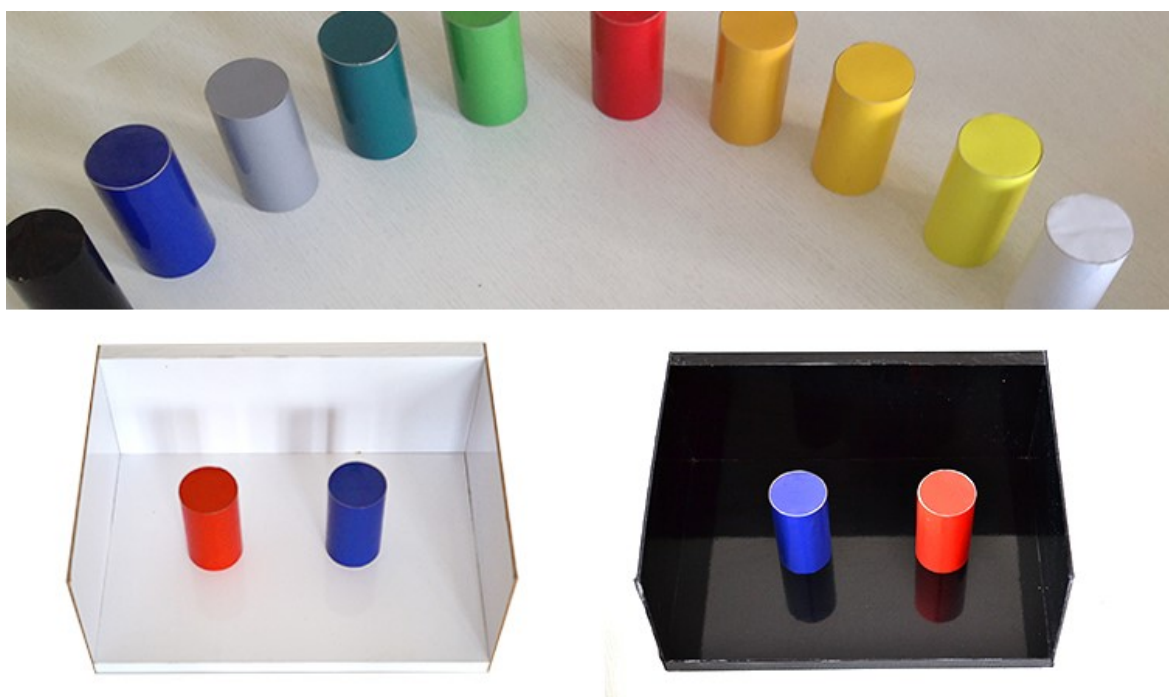
2.6. Barvová preference u primátů v nepotravním kontextu

Barvové preference v nepotravním kontextu u makaků byly v laboratorním prostředí testovány formou „nucené volby“ (forced choice test). Makakovi byly vždy předloženy dva kalíšky odlišné, přesně definované, barvy (barvy byly prezentovány v pseudonáhodném pořadí). Kalíšky byly umístěny na černém nebo bílém pozadí pro kontrolu vlivu kontrastu na barvovou preferenci. V laboratorních podmínkách používáme lampu generující světlo blízké vlnovým délkám denního světla.

2.6.1. Metodika

Experiment probíhal tak, že primátům byly předloženy vždy dva kalíšky různé barvy buď na černém, nebo bílém pozadí. Pod kalíšky se vždy skrývala rovnocenná odměna (hrozinka, kousek ovoce), kterou makaci viděli již při ukládání pod kalíšek. Při každém výběru měl makak pouze jednu možnost volby, to znamená, že získal odměnu jen z jednoho z prezentovaných kalíšků. Na tento typ testu jsou makaci zvyklí už z přechozích experimentů. Počet prezentací dvou různobarevných kalíšků pro jednoho primáta bylo 360 (360 x 4 = 1 440 zobrazení celkem, pro všechny opice dohromady). Makak zvolil kalíšek

tím, že ho nazdvihl, případně ho shodil a vzal si odměnu uloženou pod ním. Ten kalíšek, který si zvolil, jsme považovali za preferovaný. Sledován byl celkový počet voleb pro jednotlivé barvy a jejich vzájemné interakce. To nám umožnilo poznat, jaká barva je vybírána signifikantně častěji a je tedy preferovaná. Jedno sezení se skládalo maximálně ze třiceti voleb a trvalo zhruba 20-30 minut. Veškeré experimenty byly nahrávány na kameru pro pozdější kontrolu.



Obrázek 6 – Ilustrační fotografie všech barevných stimúlů pro makaky (horní obrázek) a jejich ukázka na černém a bílém pozadí (spodní obrázky).

Před začátkem vlastního testování byl proveden pretrénink, zhruba 10 opakování u každého primáta pro eliminaci faktoru neofilie či neofobie vůči stimúlům. V rámci pretréninku byly předkládány za stejných podmínek vždy dva kalíšky stejné barvy. Vzhledem k tomu, že bylo nutné při experimentu prezentovat stimuly v takové frekvenci, aby primáti neztratili pozornost, byla tato část pretréninku důležitá i pro zefektivnění mé práce jako experimentátora. Pretrénink byl prováděn během 12 - 21. října 2014.

2.6.2. Poznámky z pretréninku

U Pucka byla stranová preference v této prvotní úloze vyvážena. Subjektivně se mi zdálo, že Puck se od začátku představení nové úlohy ničeho nebál, přisunuté kalíšky volil ihned a testování probíhalo bez problémů.

Attila se také aparatury nebál, ale už během pretréninku se u něj objevila silná stranová preference. V podstatě volil pouze levou stranu (z jeho pohledu). Subjektivně to vypadalo, jako by bral kalíšek, co se mu dobře uchopeval (odměny i barvy byly stejné a výběr tedy nemusel hrát roli).

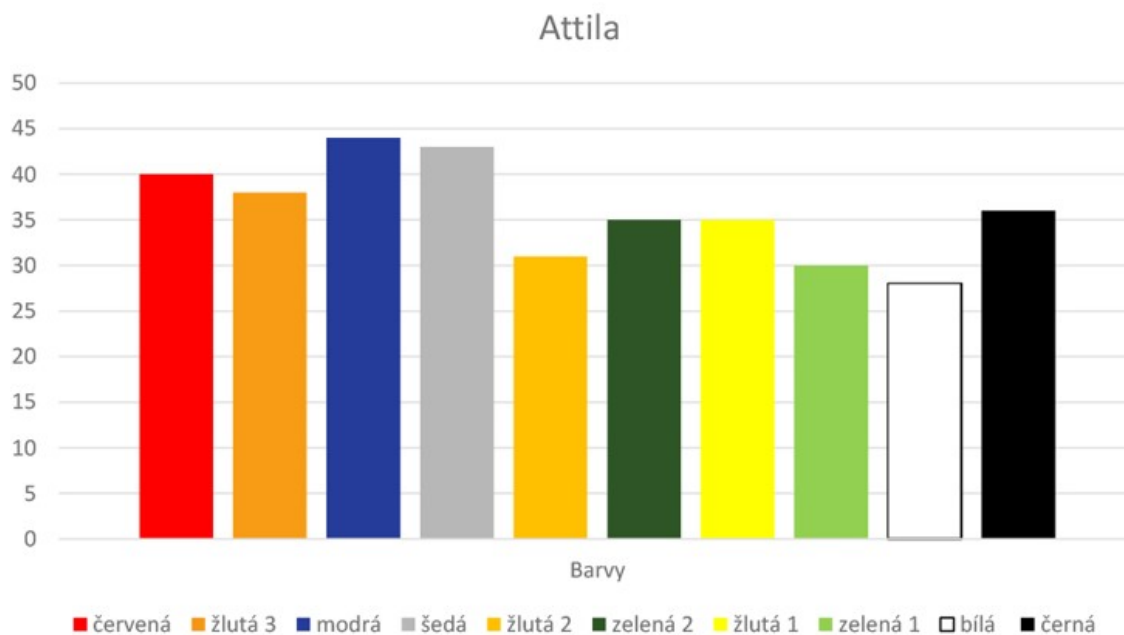
Vergillius se ze začátku se aparatury bál, hlavně vysoké lampy. Nechala jsem ho nejdříve zvyknout a odměňovala jsem ho za přibližování, než se přestal bát. Poté jsem začala s pretréninkem. U Vergillia se také ukázala silnější stranová preference (hlavně na černém pozadí).

Dante neměl s úlohou problémy, ukázala se u něj silná stranová preference na černém i bílém pozadí (stejně jako u Attily). Za začátku jsem měla pocit, že se bojí vybrat si mezi dvěma černými kalíšky na černém pozadí, jakoby špatně odhadoval kontury kalíšků a to kde vlastně prostorově objekty končí. S ostatními barvami jsem nezaregistrovala problémy.

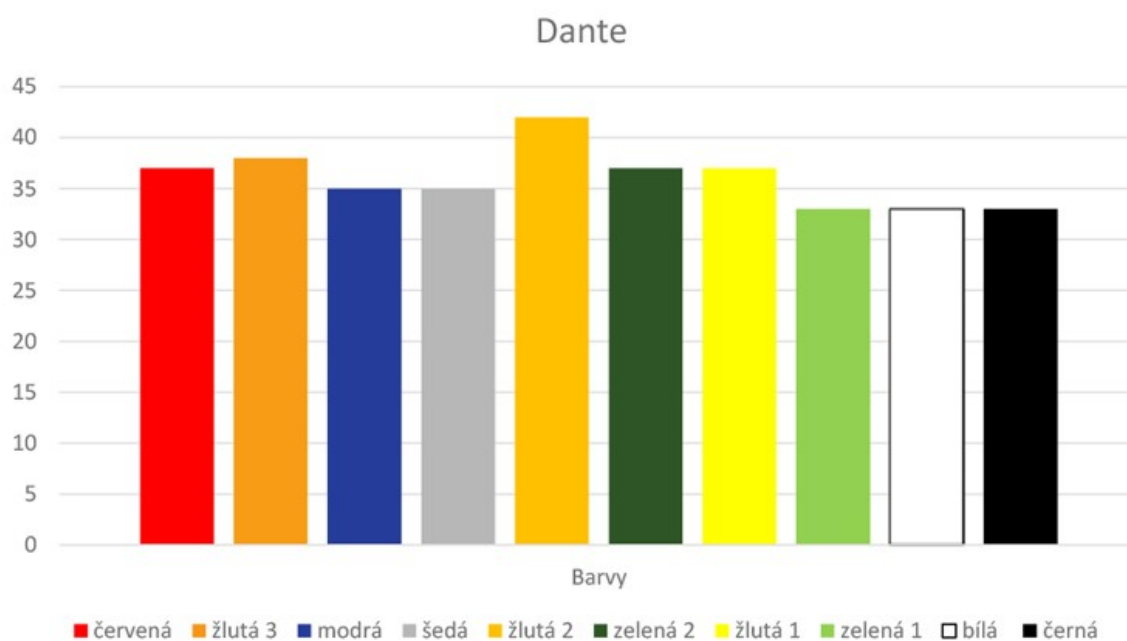
2.6.3. Výsledky

Každému jednotlivci byla 360x prezentována dvojice barevných kalíšků (maximálně 30 sezení denně, podle motivace makaka). Počet voleb pro jednotlivé barvy jsme zvolili jako indikátor preference dané barvy. Výsledky jsou zobrazeny pro každého jednotlivce (grafy 1,2,3,4), i pro všechny testované primáty dohromady (graf 5).

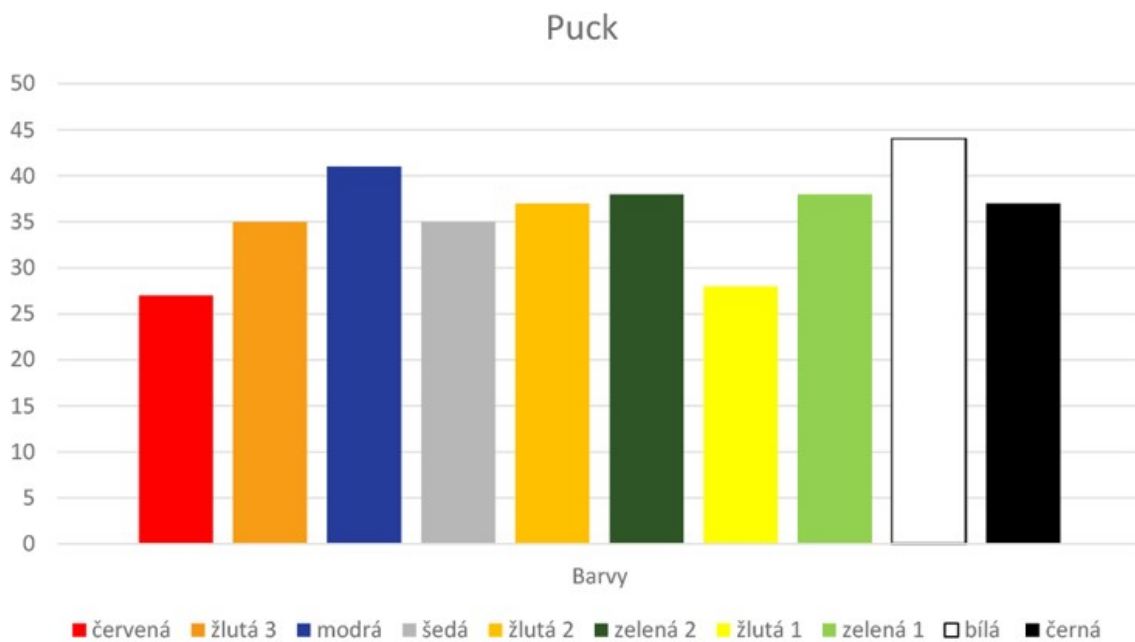
Grafy ukazují rozdílné pořadí zvolených barev u jednotlivých primátů, ale počet voleb se od sebe zásadně neliší. Když jsme analyzovali celková data, nezjistili jsme signifikantní preference při žádné kombinaci barev, ani vliv kontrastu (kombinace barva : pozadí), ani rozdíl mezi jednotlivými primáty (viz tabulka 1).



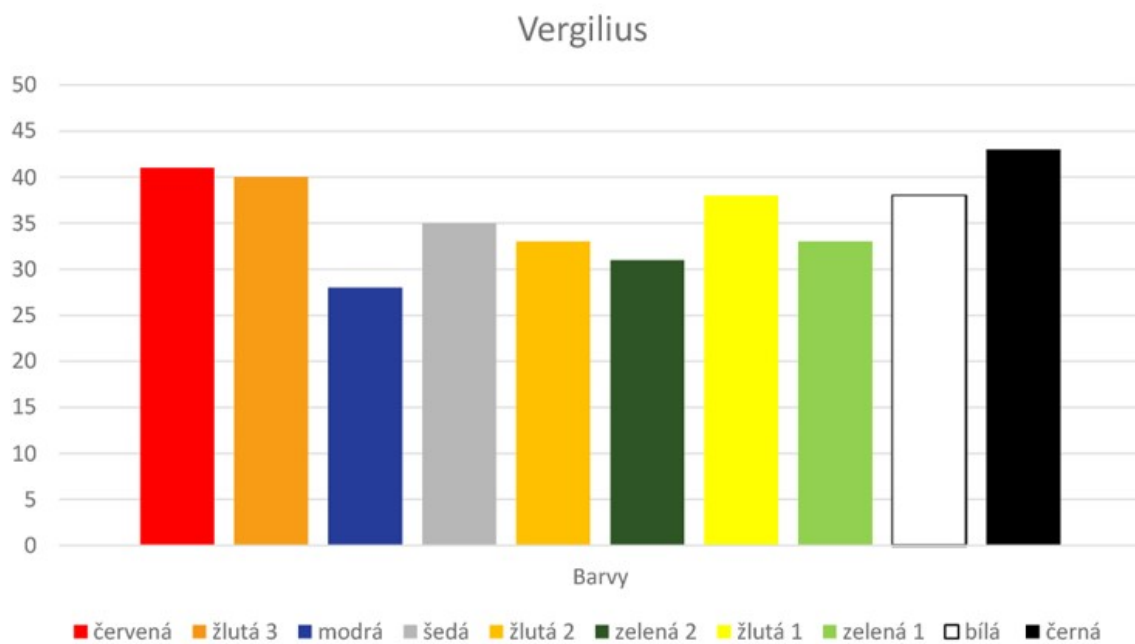
Graf 1 – Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy (pro obě pozadí dohromady) u jedince Attily v nepotravním kontextu.



Graf 2 – Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy (pro obě pozadí dohromady) u jedince Danteho v nepotravním kontextu.

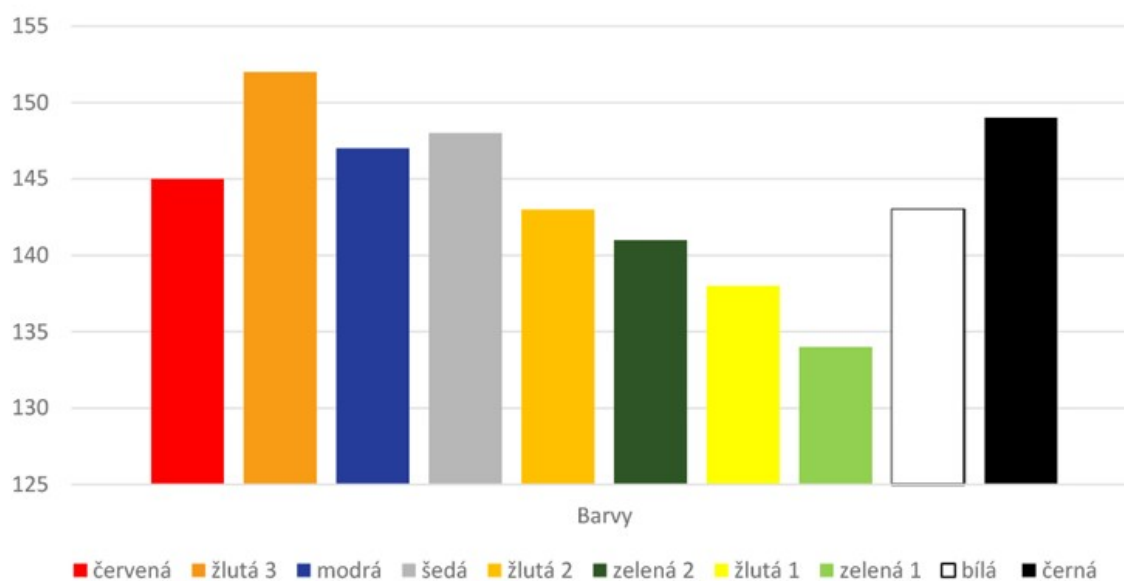


Graf 3 – Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy (pro obě pozadí dohromady) u jedince Pucka v nepotravním kontextu.



Graf 4 - Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy (pro obě pozadí dohromady) u jedince Vergilia v nepotravním kontextu.

Shrnuté volby



Graf 5 - Tento graf ukazuje celkové výběry všech makaků pro jednotlivé barvy pro obě pozadí dohromady v nepotravním kontextu.

Tabulka 1 - Analýza deviance modelu vysvětlujícího volbu stimulu makaky kombinací barev, pozadím, stranovou pozicí a vybranými dvojnými interakcemi těchto faktorů (glm, quasibinomický model, logit link funkce, Chi2 test). Analyzováno v programu R (R version 3.0.0 (2013-04-03), R Core Team 2015)

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	Pr (>Chi)
kombinace barev	44	37.590	1395	1958.7	0,9285
pozadí	1	0.730	1394	1957.9	0,4370
subjekt	3	3.895	1391	1954.0	0,3585
stranová pozice	1	0.061	1390	1954.0	0,8218
kombinace barev:pozadí	44	45.854	1346	1908.1	0,7277
kombinace barev:subjekt	132	126.124	1214	1782.0	0,9636
pozadí:subjekt	3	2.615	1211	1779.4	0,5391
kombinace barev:pozadí:subjekt	132	149.609	1079	1629.8	0,6823

Data v této experimentální části byla analyzována v programu R (R version 3.0.0 (2013-04-03), R Core Team 2015) pomocí deviance modelu vysvětlujícího volbu stimulu kombinací barev, pozadím, stranovou pozicí a vybranými dvojnými interakcemi těchto faktorů (glm, quasibinomický model, logit link funkce, Chi2 test). Z analýzy deviance modelu 1 vyplývá, že žádný ze studovaných faktorů a jejich interakcí nemají vliv na volbu makaků v nepotravním kontextu.

2.6.4. Diskuze

Výsledky neukázaly preferenci, ani averzi vůči určité barvě. V prostoru laboratoře máme omezenou možnost volné explorační, proto byl použit „forced choice test“, ve kterém byli makakové trénováni už před tím.

Můžeme spekulovat, proč se neprojevila žádná preference. Barva nehrála v experimentu takovou roli, v tomto kontextu pro ně nebyla hrozbou ani případnou „potravní odměnou“ (dostávali identicky zbarvené odměny), a kontext byl tedy spíše neutrální. Po každém výběru následovala identická odměna nezávisle na tom, jakou barvu/stranu makaci volili. Jak jsem popsala výše, atraktivita stimulu přímo souvisí s kontextem (Waitt *et al.* 2003, Waitt *et al.* 2006). Waitt *et al.* (2003, 2006) zjistil, že atraktivita červeného stimulu platí jen na části opice, která má být nositelem této barvy. Podobně jako se samcům nelíbily uměle přibarvené obličejové samice, které v přírodě význam nemají, mohli naši makaci asociovat barvu s předmětem, který by pro ně v přírodě nehrál žádnou roli. Makaci v našich experimentech volili náhodně, protože žádný faktor se neukazuje jako signifikantní.

Naše data tedy nasvědčují tomu, že v nepotravním kontextu nejsou barvy pro makaky důležité. Na rozdíl od studie Wells *et al.* (2008) jsme nenalezly preferované barvy (modrá, zelená). V literární části jsem konstatovala, že je možné, že lidoopi ve Wellsově *et al.* (2008) experimentu mohli považovat stimuly za potenciální potravu, protože s ní mohli manipulovat a případně zkusit konzumovat. V našem experimentu makaci pouze gestem volili jeden ze dvou kalíšků, aby se dostali k potravě, o které věděli, že se pod nimi nachází. Je tedy možné, že barvová preference u makaků je specifická jen na potravu? Pokud mají „estetickou“ preferenci pro barvu pro objekty, které nepovažují za potenciální potravu, jako tomu bylo v experimentu Humphreyho (1971), tak výsledky našeho experimentu toto nepotvrzují. Je tedy nutná detailnější debata o designu navrženého experimentu a to s cílem definovat vnímání a hodnocení daného stimulu (potravní nebo nepotravní / prostředí nebo

uchopitelný objekt / dostupnost a možnost interakce). S naším stimulem nemohli opice zásadně interagovat (vzít do klece, zkoumat, ochutnávat). Je tedy možné, že v takovém případě je jeho barva nepodstatná? V případě, že by opice mohly interagovat s předmětem byly by výsledky jiné?

2.7. Barvová preference u primátů v potravním kontextu

Barvová preference v potravním kontextu byla zkoumána ve stejném laboratorním prostředí za stejných podmínek u identických jedinců u druhu makak rhesus (*Macaca mulatta*), kteří byli testováni předtím v nepotravním kontextu.

2.7.1. Metodika

V tomto experimentu primáti volili potravní stimuly, opakovaně jsem předkládala jednotnou potravu (piškoty) obarvenou potravinářským barvivem. Primáti mohli vybírat ze všech deseti definovaných barev, které byly prezentovány současně. Počet prezentací (všech deseti barev) se opakoval 40 krát pro každou opici. Obarvená potravina byla stejné velikosti a chuti a byla předkládána testovanému jedinci opět na černém nebo bílém pozadí, abychom otestovali vliv kontrastu. K obarvení jsme použili certifikované potravinářské barvivo, které by mělo být podle výrobců bez odlišné chuti i zápachu. Barvu, kterou makaci zvolili, jsme v experimentu považovali za preferovanou. Vybraný objekt by měl být ten preferovaný i podle studie Savani *et al.* 2008. Protože je tato úloha odlišná od těch, na které byli makaci doposud zvyklí, vlastnímu testování také ještě předcházely pretréninky. Během pretréninky byly makakům předloženy stejné potravní odměny, jako během testování, ale nebyly obarvené. Účelem pretréninky bylo, aby si makaci zvykli na potravní odměny v tomto kontextu.

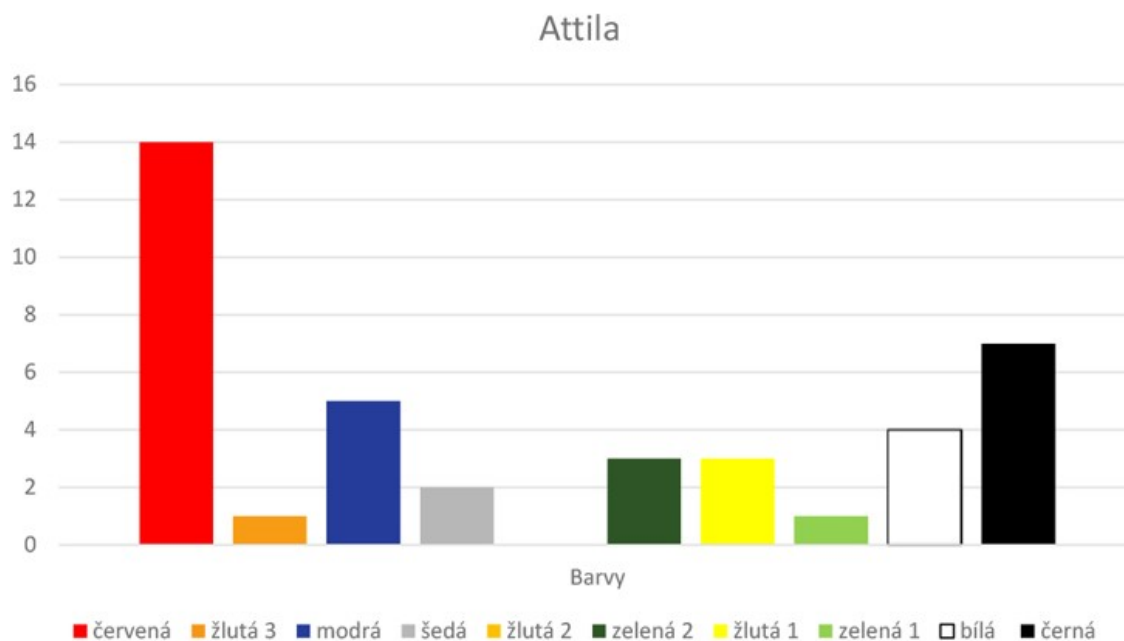
Makaci se občas snažili vzít si dva nebo více (popřípadě kolik se jim podařilo sebrat), ale tomu jsem se snažila předejít rychlým odstraněním aparatury, což se většinou podařilo.



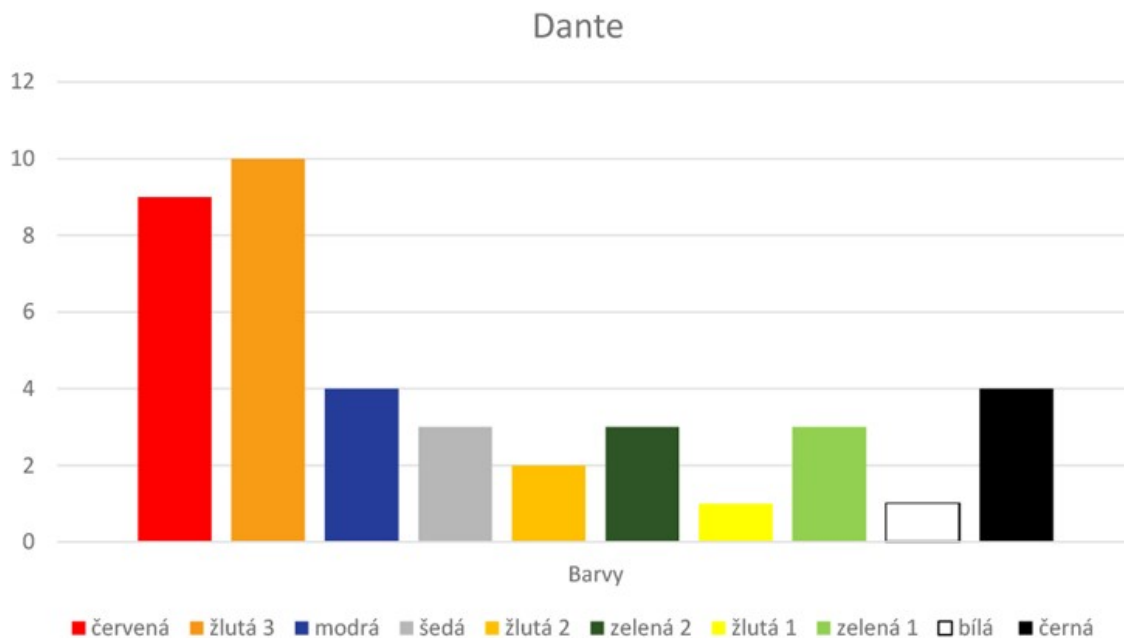
Obrázek 7 – Obrázek vlevo: Ukázka přípravy potravinových stimulů pro makaky podle barvy motivu na barevných stimulech pro děti. Vpravo: Ilustrační obrázek bílého připraveného pro pretrénink (neobarvené piškoty), barevné piškoty byly použity na reálné testování.

2.7.2. Výsledky

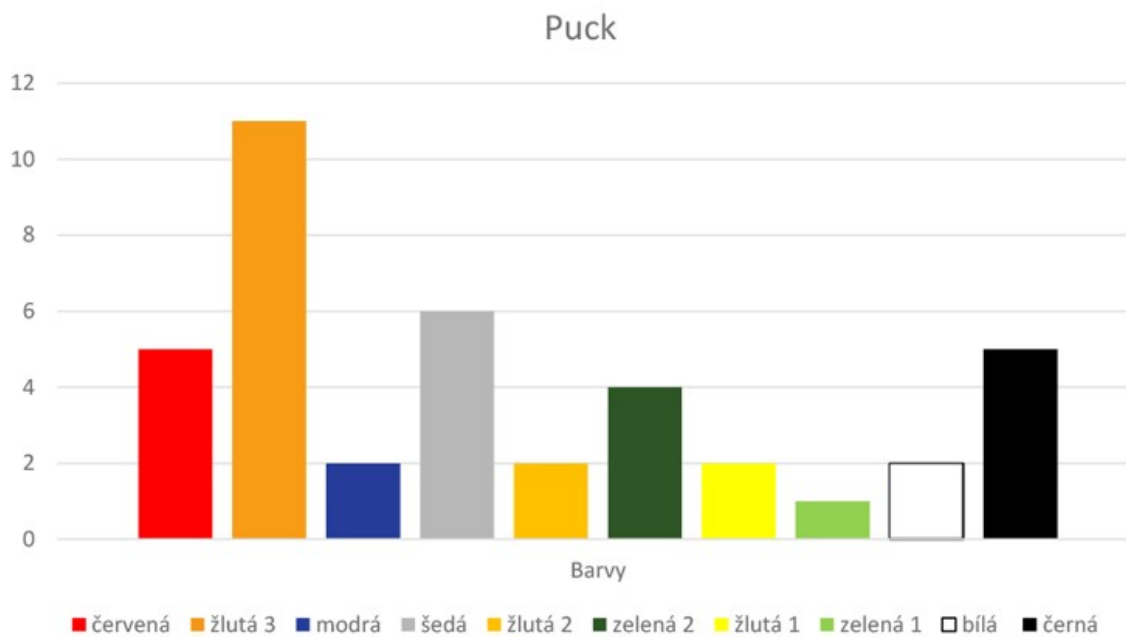
Počet voleb určité barvy jsme považovali za ukazatel preference. Testovali jsme, zda existuje vztah mezi subjektem, pozadím a barvou. Výsledky byly analyzovány v programu Statistika. Pomocí log-lineární analýzy jsme zjistili, které z možných vztahů mezi parametry je nutné zahrnout do modelu. Jsou to barva a interakce mezi barvou a pozadím (Tab. 3). Výsledná kontingenční tabulka (Tab. 2) ukazuje, že některé barvy jsou odlišně preferovány na bílém a černém pozadí. Je tomu tak v případě černé barvy, která nebývá preferována na pozadí stejné barvy, ale naopak bývá preferována na kontrastním pozadí. I u modré barvy můžeme vidět silnější vliv pozadí, protože bývá jen minoritně preferovaná na pozadí černém, naopak podstatně na pozadí bílém. Jako silně preferované barvy se ukazují červená a žlutá 3, mají v kontingenční tabulce největší množství voleb (toho si můžeme všimnout i v grafu 12) Jako nejméně preferované barvy se ukazují zelená 1 a žlutá 2. Grafické zpracování ukazuje jistý preferenční trend, který byl potvrzen i statistickou analýzou.



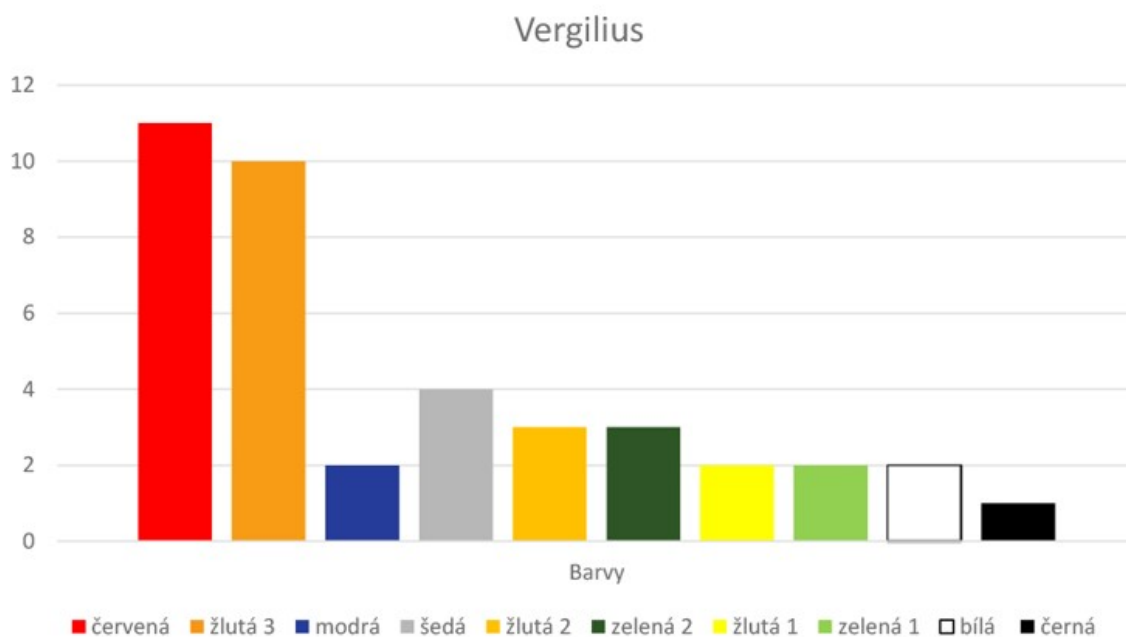
Graf 6 - Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy (pro obě pozadí dohromady) u jedince Attily v potravním kontextu.



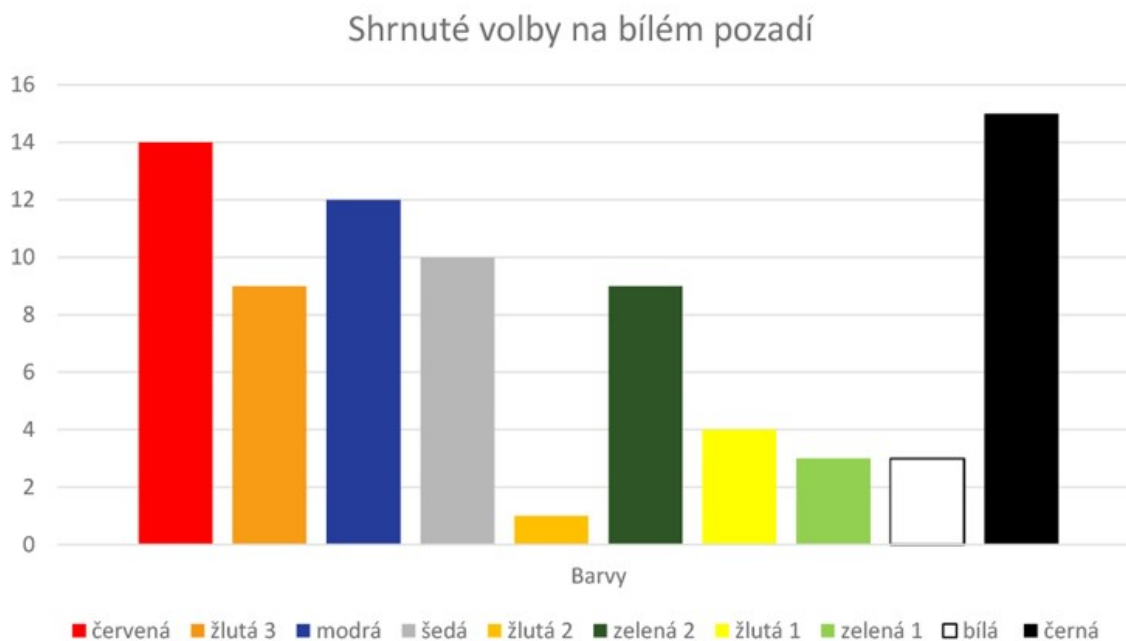
Graf 7 – Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy (pro obě pozadí dohromady) u jedince Danteho v potravním kontextu.



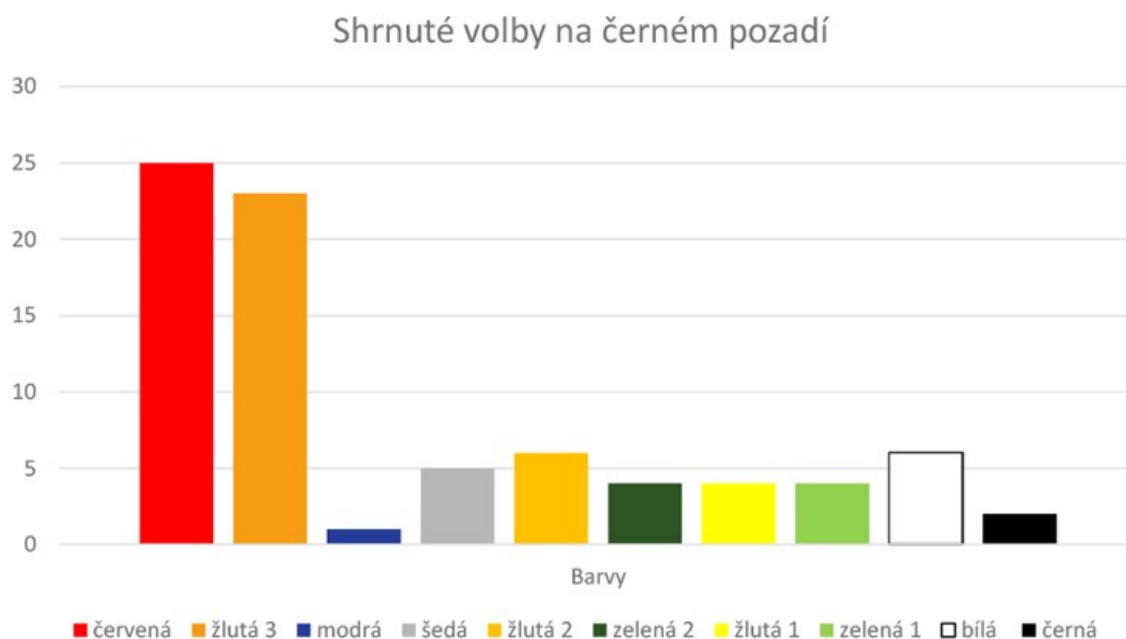
Graf 8 – Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy (pro obě pozadí dohromady) u jedince Pucka v potravním kontextu.



Graf 9 – Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy (pro obě pozadí dohromady) u jedince Vergilia v potravním kontextu.

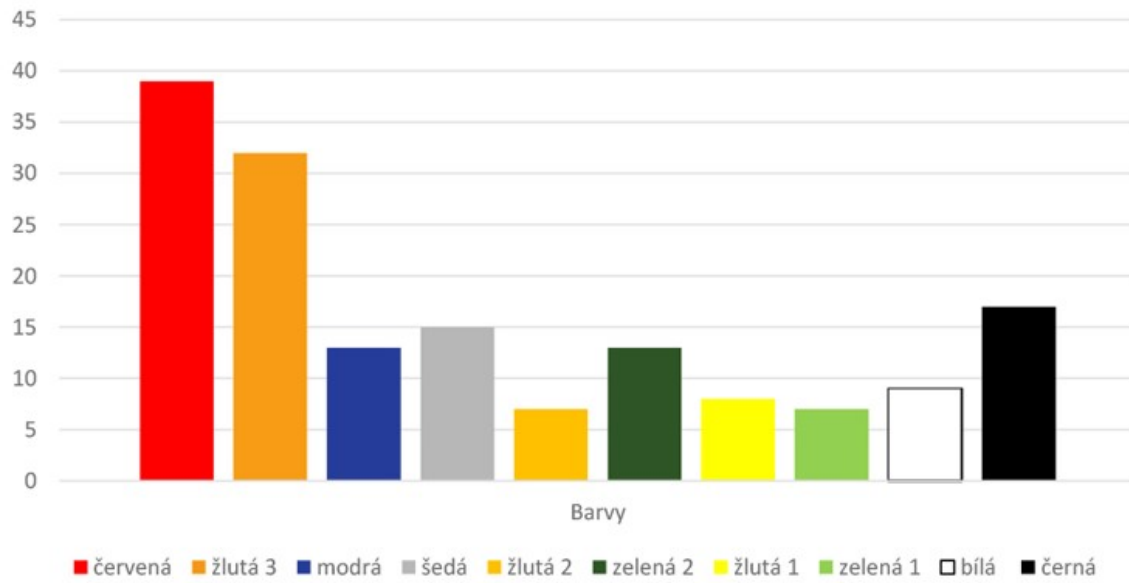


Graf 10 – Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy u všech makaků, pouze na bílém pozadí, v potravním kontextu.



Graf 11 – Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy u všech makaků, pouze na černém pozadí, v potravním kontextu.

Shrnuté volby



Graf 12 - Graf ukazující součet voleb pro jednotlivé barvy u všech makaků pro obě pozadí dohromady, v potravním kontextu.

Tabulka 2 - Kontingenční tabulka ukazující vztah barvové preference a pozadí, na kterém je barva exponovaná.

pozadí	červená výběr	bílá Výběr	modrá výběr	zelená1 výběr	zelená2 výběr	žlutá1 výběr	žlutá2 výběr	žlutá3 výběr	černá výběr	šedá výběr	celkem
bílé	14	3	12	3	9	4	1	9	15	10	80
černé	25	6	1	4	4	4	6	23	2	5	80
celkem	39	9	13	7	13	8	7	32	17	15	160

Tabulka 3 - Výsledky log-lineární analýzy: tabulka testů významnosti marginálních a parciálních asociací mezi faktory. Signifikantní význam nalezneme u barvy a v interakci mezi pozadím a barvou.

	Stupně volnosti	Parc.aso	Parc.aso	Marg.aso	Marg.aso
		Chi 2	p-hodnota	Chi 2	p-hodnota
Subjekt	3	0,00000	1,000000	0,00000	1,000000
Pozadí	1	0,00000	1,000000	0,00000	1,000000
Barva	9	47,43461	0,000000	47,43461	0,000000*
subjekt:pozadí	3	0,98099	0,805852	0,00000	1,000000
subjekt:barva	27	27,52113	0,435968	26,54015	0,488804
pozadí:barva	9	31,77394	0,000218	30,79296	0,000321*

2.7.3. Diskuze

Zjistili jsme, že barva i interakce barvy a pozadí se pro makaky stává důležitým v potravním kontextu, nevolí náhodně, jako v kontextu nepotravním. Kontext se tedy ukazuje jako velice důležitý.

Rozdíly v barvové preferenci u bílého a černého pozadí jsou pravděpodobně způsobené vlivem „viditelnosti“ odměny oproti pozadí. Záleží tedy nejen na barvě, ale i na interakci mezi barvou a pozadím.

Silná preference pro červenou barvu svědčí pro podporu potravní (frugivorní a folivorní) hypotézy. V Leonhardtovo *et al.* (2008) experimentu byla preference pro červenou také signifikantní, ale to pouze v porovnání s druhou zkoumanou barvou (zelenou). V experimentu Barbies (1985) byla barevná potrava sice u lidoopů oblíbenější než ta obvyklá, ale obecně nenašel specifickou barvovou preferenci. Ta se našla pouze u jednoho lidoopa (samice Biruté), která jako jediná byla s potravou nerušená, protože byla ve výběhu pouze s jedním dalším jedincem, který byl zaměstnán. U Biruté byla signifikantně preferovaná barva červená. Je možné, že se nám podařilo vytvořit takové experimentální podmínky, které se podobaly těm, ve kterých byla testována Biruté a ve kterých se mohou testování primáti na volbu více soustředit.

Další preferovanou barvou v našem experimentu byla žlutá 3, která obsahuje ze všech ostatních barev nejvíce červené. Toto zjištění také podporuje frugivorní / folivorní teorii, protože podle této hypotézy by měla oblíbenost barvy stoupat s podobností barvě zrajícího ovoce nebo listů (tz. od zelené k červené). U dalších žlutých (žlutá 1 a 2) barev tuto korelaci ale nenacházíme.

2.8. Barvová preference u lidí

Výzkumy dětské barvové preference byly prováděny buď v zázemí školek a dětských skupin, při návštěvách v domácím prostředí nebo v prostorách Národního ústavu duševního zdraví.

Projekt byl schválen etickou komisí Národního ústavu duševního zdraví a testování bylo prováděno s informovaným souhlasem rodičů a pouze tehdy, pokud děti byly ochotny se samy dobrovolně účastnit testování. Děti mohly kdykoli během testování odstoupit a úlohu nedokončit. Testování bylo dětmi vnímáno spíše jako hra. Celkem bylo otestováno 108 dětí.







2.8.1. Barvová preference u lidí v nepotravním kontextu

2.8.2. Metodika

Dětem byly prezentovány kartičky o velikosti 7x7cm, na kterých byly vytištěny motivy. Jednalo se o motivy živých předmětů (kachna, kůň), neživé předměty (auto, bicykl) a abstraktní tvary (kolečko, neurčitý tvar) v přesně definovaných barvách. Různé motivy jsme zařadili z toho důvodu, abychom redukovali barvovou preferenci pro konkrétní předmět a jeho případné asociace (červené auto, žlutá kačenka atd.). Motivы byly na bílém nebo černém pozadí, abychom mohli zkoumat vliv kontrastu stejně, jako u předchozích experimentů s makaky. Zařazena byla také série celobarevných kartiček bez motivu jako kontrola. Děti řadily kartičky v řadách od subjektivně nejpreferovanějších, a také od těch nejméně preferovaných. Při každém testování dítěte byly řazeny tři typy motivů od nejpreferovanějších a tři opačně – od nejméně preferovaných. Kůň, auto a kolečko byly motivy, které děti měly řadit od nejvíce preferovaných. Kachna, bicykl a neurčitý tvar byly motivy, které byly řazeny od nejméně oblíbených.

Zápisový arch – Barevný experiment

Datum: _____
 Jméno dítěte: _____
 Věk dítěte: _____
 Vyplnil: _____

	Černá	Modrá	Červená	Žlutá	Oranžová	Zelená	Šedá	Líbí
								
								
								
BARVA - sada								Líbí
								Nalíbí
								
								



Obrázek 8 – Vlevo: Zápisový arch pro zaznamenávání dětské barvové preference. Vpravo: Ilustrační fotografie kartiček a motivů.



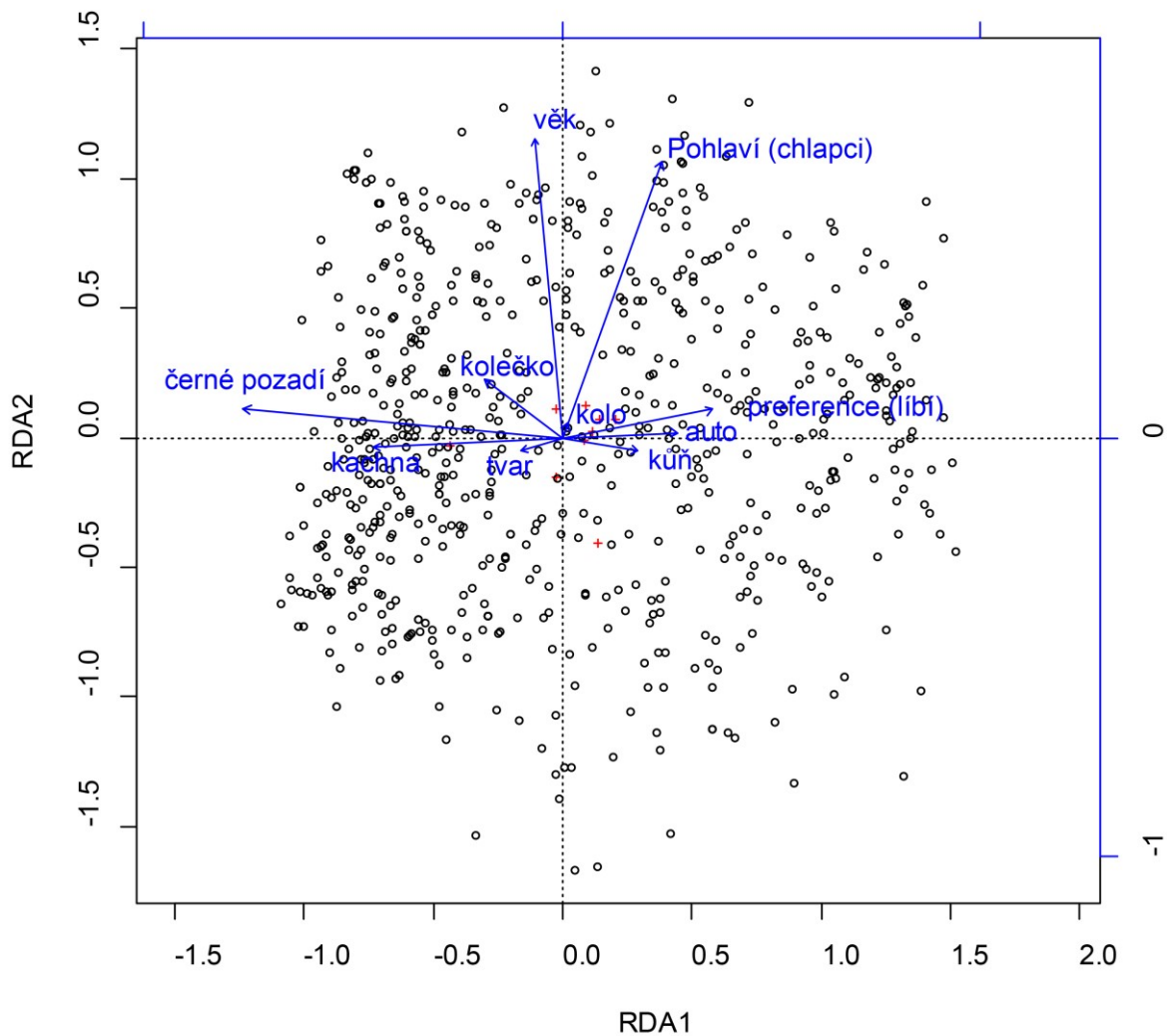
Obrázek 9 – Ilustrační fotografie experimentu dětské barvové preference.

Soustředili jsme se také na to, abychom navázali s dítětem kontakt a aby testování probíhalo v přátelském a klidném prostředí a aby se dítě cítilo spokojeně a bezpečně. Testování vždy začínalo rozhovorem, dítě většinou již experimentátory znalo (z přechodných experimentů – sociální kognice, paměti, numerických kompetencí). Vše bylo dětem vysvětleno a instrukce byly přizpůsobeny věku dítěte (mladší děti byly instruovány, aby

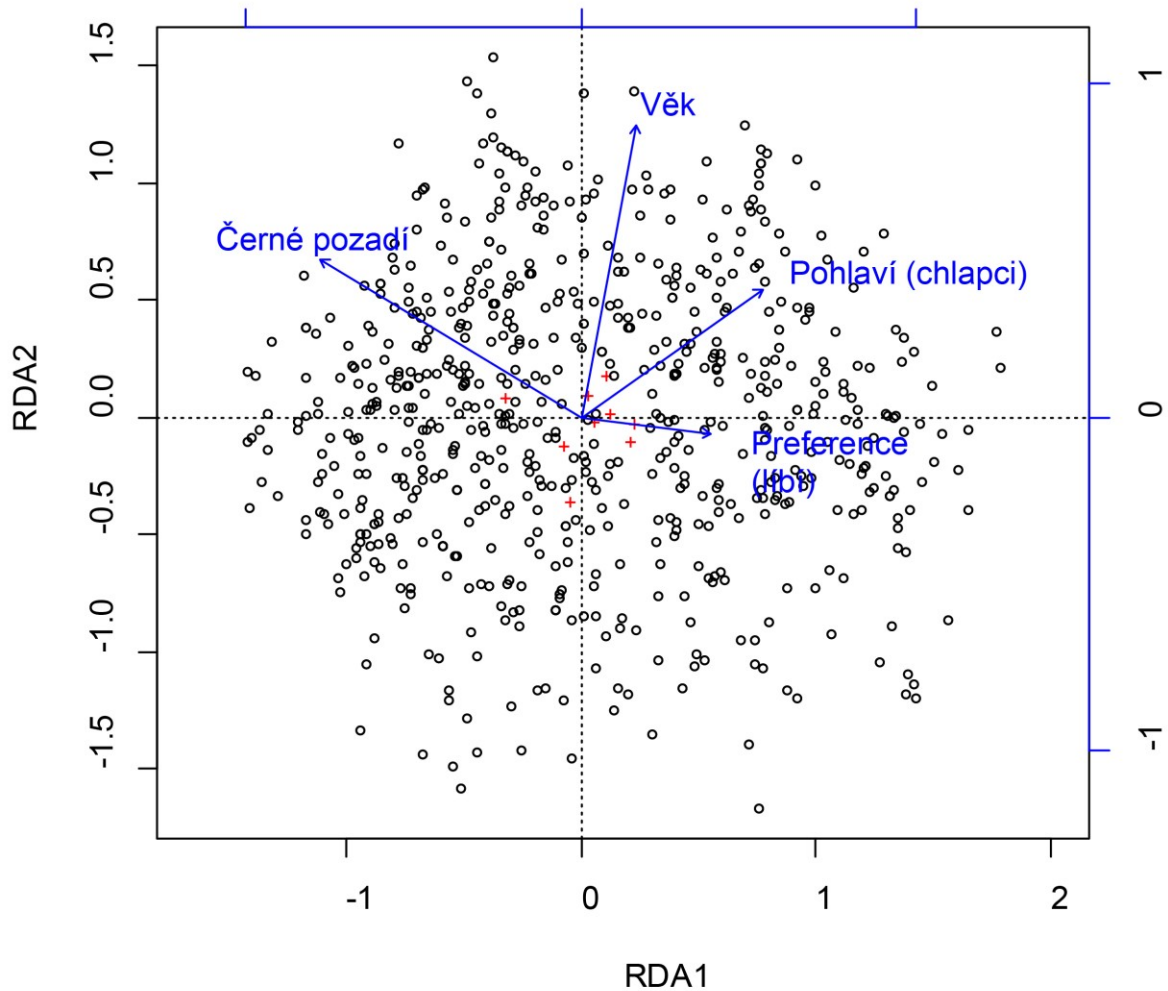
postupně vždy vybraly nejhezčí barvu a tyto kartičky byly odebírány, zatímco starší děti řadily celou sérii).

Experimenty probíhaly vždy na světle (pokud možno denním), aby nedocházelo ke změnám barev. Výsledky z testování byly ihned zapsány, popř. vyfoceny či nahrány. Několik testování muselo být vyřazeno, protože se dítě nesoustředilo, nepochopilo úlohu nebo odešlo z testování. Děti byly po testování odměněny samolepkou nebo drobnou hračkou, aby se udržela motivace do dalších experimentů.

2.8.3. Výsledky



Obrázek 10 – popis níže



Obrázek 11 – popis níže

Obrázek 10-11 : Ukázka analýzy redundance. **Obrázek 11** ukazuje vliv vybraných faktorů (barva pozadí, věk, pohlaví, způsob řazení - od nejpreferovanějšího/od nejméně preferovaného). **Obrázek 10** ukazuje vliv všech faktorů, včetně motivu. Červené křížky zobrazují jednotlivé barvy, kolečka jednotlivá řazení. Většina variability je daná variabilitou souboru, jediná barva, která v multivariačním prostoru souvisí alespoň částečně s vysvětlujícími proměnnými (věk a pohlaví) je zelená 1 (starší děti a chlapci ji preferují méně). Dále černé pozadí negativně ovlivňuje volbu černé barvy.

Tabulka 4 - Podíl variability barvových preferencí, který postihuje RDA

	Inertia	Proportion	Rank
Total	0.63677	1.00000	
Constrained (související s vysvětlujícími proměnnými)	0.02604	0.04090	9
Unconstrained (celkové)	0.61073	0.95910	9

Tabulka 5 - Tabulka, která ukazuje průkaznost barev od barev ostatních (jedna z alternativních možností úpravy dat – z neupraveného souboru, ve kterém každý výběr odpovídá jednomu řádku (657 řádků))

	šedá	černá	zelená2	žlutá3	bílá	žlutá2	modrá	zelená1	žlutá1
černá	0.80394	-	-	-	-	-	-	-	-
zelená2	3.1e-06	0.00795	-	-	-	-	-	-	-
žlutá3	4.5e-10	1.3e-05	0.92382	-	-	-	-	-	-
Bílá	5.1e-12	4.2e-07	0.57623	0.99982	-	-	-	-	-
žlutá2	1.2e-13	2.0e-09	0.11131	0.90521	0.99781	-	-	-	-
modrá	2,00E-16	9.9e-14	1.7e-09	8.7e-06	0.00020	0.00718	-	-	-
zelená1	2,00E-16	9.8e-14	2.3e-11	2.7e-07	9.1e-06	0.00058	0.99985	-	-
žlutá1	2,00E-16	2,00E-16	2.5e-13	3.5e-09	1.8e-07	2.1e-05	0.95329	0.99956	-
červená	2,00E-16	2,00E-16	2.0e-14	1.0e-13	1.1e-13	1.1e-13	0.00017	0.00256	0.03195

Tabulka 6 - Tabulka, která ukazuje průkaznost barev od barev ostatních (jedna z alternativních možností úpravy dat – ze souboru, ve kterém byly pro každé ze 105 dětí použity výsledky výhradně z prvního testování (105 řádků))

	šedá	černá	zelená2	žlutá3	bílá	žlutá2	modrá	zelená1	žlutá1
černá	0.99789	-	-	-	-	-	-	-	-
zelená2	0.97132	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
žlutá3	0.69027	0.99079	0.99970	-	-	-	-	-	-
bílá	0.11349	0.57866	0.81591	0.99217	-	-	-	-	-
žlutá2	0.35806	0.89096	0.98063	0.99998	0.99996	-	-	-	-
modrá	0.00069	0.01900	0.06046	0.30260	0.91611	0.62730	-	-	-
zelená1	0.00244	0.04934	0.13508	0.49714	0.98063	0.81591	1.00000	-	-
žlutá1	0.00051	0.01500	0.04934	0.26435	0.89096	0.57866	1.00000	1.00000	-
červená	2.9e-06	0.00022	0.00114	0.01500	0.25228	0.06899	0.98541	0.93056	0.99079

Tabulka 7 - Tabulka, která ukazuje průkaznost barev od barev ostatních (jedna z alternativních možností úpravy dat – ze souboru, ve kterém byly pro každé dítě spočítány průměrné hodnoty za všechny testy (105 řádků)). Při analýze výsledků jsme apriori zvolili tuto variantu, kterou považujeme na nejkorektnější.

	šedá	černá	zelená2	žlutá3	bílá	žlutá2	modrá	žlutá1	zelená1
černá	0.99571	-	-	-	-	-	-	-	-
zelená2	0.05289	0.44280	-	-	-	-	-	-	-
žlutá3	0.01414	0.20590	1.00000	-	-	-	-	-	-
bílá	0.00118	0.03709	0.98977	0.99978	-	-	-	-	-
žlutá2	0.00050	0.01948	0.96646	0.99809	1.00000	-	-	-	-
modrá	7.8e-09	2.2e-06	0.03988	0.12545	0.45884	0.59881	-	-	-
žlutá1	2.0e-13	7.9e-11	5.9e-05	0.00040	0.00579	0.01200	0.85074	-	-
zelená1	8.7e-12	5.8e-09	0.00107	0.00554	0.04934	0.08696	0.99382	0.99981	-
červená	7.5e-14	2.8e-13	6.6e-07	6.4e-06	0.00016	0.00040	0.30882	0.99809	0.90885

Celkem bylo otestováno 108 dětí. Výsledky byly analyzovány pomocí programu R (R version 3.0.0 (2013-04-03), R Core Team 2015). Data jsme zpracovávali pomocí analýzy RDA (analýza redundance, „Redundancy analysis“, patřící do přímé gradientové analýzy, balíček „vegan“), která nám umožnila analyzovat vzájemné vysvětlení proměnných. Použili jsme v ní dva soubory, každý řádek v nich obsahoval údaje týkající se jednoho výběru. První soubor obsahoval hodnoty pořadí dané barvy dle preference respondenta (pro účely RDA transformované arcsinem druhé odmocniny relativního pořadí). Jeho deset sloupců odpovídá jednotlivým barvám. Druhý soubor obsahoval vysvětlující proměnné (jednotlivé typy stimulů, věk, pohlaví, pozadí). Z tabulky 4 si můžeme všimnout, že z celkové variability v prvním souboru je jen 4% vysvětlitelné efektem vysvětlujících proměnných. I přes to však permutační analýza prokázala signifikantní efekt vysvětlujících proměnných na preferenci barev. Tento efekt je dán především věkem a pohlavím, naproti tomu motivy na kartičkách se ukazují pro volbu jako relativně málo podstatné (obr. 10), proto jsme mohly faktory zredukovat (obr. 11).

Vzhledem k tomu, že každé dítě bylo testováno opakovaně, a tedy hodnoty preferencí pro jedno dítě nejsou vzájemně nezávislé, použili jsme při hodnocení tři alternativní možnosti úpravy dat (1) neupravený soubor, ve kterém každý výběr odpovídá jednomu řádku (657 řádků). (2) soubor, ve kterém byly pro každé ze 105 dětí použity výsledky výhradně z prvního testování (105 řádků). (3) soubor ve kterém byly pro každé dítě spočítány průměrné hodnoty za všechny testy (105 řádků). Při analýze výsledků jsme apriori zvolili variantu (3), kterou považujeme za nejkorektnější. Neparametrický Friedmanův test ((1) $\chi^2 = 338.66$, $df = 8$, $p\text{-value} < 2.2e-16$, (2) $\chi^2 = 501.4$, $df = 9$, $p\text{-value} < 2.2e-16$, (3) $\chi^2 = 155.97$, $df = 9$, $p\text{-value} < 2.2e-16$) prokázal, že jednotlivé barvy jsou preferovány v různé míře. Neukazuje však, které konkrétní dvojice barev se liší. K tomu jsme využili „Post hoc testu dle Friedmana a Nemenyiho“, který je implementován v balíčku „PMCMR“.

Výsledky těchto testů v podobě signifikancí rozdílů preferencí mezi příslušnými dvojicemi barev jsou uvedeny v tabulkách 5,6,7. Jako nejpreferovanější (nejprůkaznější od všech barev) se ukazuje barva červená, poté žlutá 1, zelená 1 a modrá. Další skupinu (méně preferovaných barev) tvoří žlutá 2, bílá, žlutá 3. Jako nejméně preferovaná je skupina zelené 2, černé a šedé. Mezi nejméně preferované barvy patří barvy spíše achromatické.

2.8.4. Diskuze

Mezi preferovanými barvami se ukazuje červená, což by svědčilo ve prospěch potravní hypotézy. Preferenci pro červenou potvrzují i ostatní studie (Adams 1987, Bornstein 1976, Norman and Scott 1952), včetně studií, zabývajících se kontextuální manipulací (Maier *et al.* 2009, Franklin *et al.* 2012). Pokud předpokládáme, že jsme děti testovali v příjemném kontextu (což bylo naším cílem), neměla by se averze k červené barvě ukázat (podle studie Maier *et al.* 2009). V našem experimentu se ale nenašla tak silná preference pro modrou barvu (je na čtvrtém místě z deseti), která byla také preferovaná v příjemném kontextu ve Franklinově (2012) experimentu. Rozdíl může být způsoben tím, že oproti Franklinovi (2012) používáme rozdílnou modrou barvu. Zde se tedy může jednat o přesnou definici modré, která se mezi experimenty může i lišit. Další faktor může být i to, že Franklin (2012) zkoumal pouze tři barvy, zatímco my používáme větší sadu.

Výhody metodiky zkoumající dětské barvové preference v této práci oproti jiným studiím spočívají hlavně v tom, že tyto úlohy byly provedeny přímou volbou a nebyla využita metoda „looking preference“, kde je diskutabilní, zda pozornost dítěte určité barvě je opravdu známkou preference. Námi použitá metodika se shoduje s tvrzením (Savani *et al.* 2008), že vybraný objekt je skutečně preferovaný. Zaměřovali jsme se záměrně pouze na děti (předškoláci, školáci) s účelem snížit minimalizovat kulturní konotace jednotlivých barev.

Při zkoumání většího vzorku dětí by srovnáním preferencí různě starých dětí mohlo do určité míry umožnit sledovat, jaký je vliv školního prostředí, kolektivu a výchovy.

I když nemáme od všech rodičů informace o tom, zda jejich dítě netrpí nějakou oční vadou, nepředpokládáme zásadní ovlivnění výsledků - výskyt nejběžnějších forem barvosleposti je v evropských populacích velice nízký – okolo 7,4% u mužů a 0,5% u žen (shrnutí v Sharpe *et al.* 1999).

Projekt budu dále rozvíjet během mého postgraduálního studia a budu testovat i mladší děti (např. v batolecím věku). V tomto experimentu bude ale použita jiná metodika (volná explorace), a také potravní preference.

2.9. Diskuze společná

Tato práce zkoumala barvovou preferenci dětí a non-humánní primátů za použití různých metodik ale stejně definovaných barev (viz metodika), což umožní srovnání výsledků.

Přes to, že jsme použili jinou metodiku a konfrontovali subjekty více možnými barvami, naše výsledky jsou shodné s částí experimentů popsány v literární části. Ve shodě s literárními výsledky (Adams 1987, Bornstein 1976, Norman and Scott 1952, Maier *et al.* 2009, Franklin *et al.* 2012) jsme prokázali preferenci dětí pro červenou barvu (v nepotravním kontextu) a preferenci červených stimulů u makaků v potravním kontextu (Leonhardt *et al.* 2008). Výjimkou jsou výsledky barvové preference v nepotravním kontextu u makaků. Zde je ale důležité brát v potaz rozdíly v metodice. Ve Wellsově *et al.* (2008) experimentu mohli primáti se stimuly interagovat, zatímco v našich experimentech byla manipulace s předměty omezena. Je proto možné, že primáti tyto stimuly nepovažovaly za tak zásadní, navíc, kdy odměnu získávali při manipulaci s libovolným objektem. Ve Wellsově experimentu mohly stimuly být (alespoň ze začátku) považovány za potravní. Považuji tedy za důležité, aby se v budoucnosti podrobněji definoval přesný design experimentů a hlavně motivace testovaných subjektů (primáti – na rozdíl od experimentátorů - mohou považovat za potravní a „ochutnávat“ i nepotravní objekty). Výsledky našeho experimentu barvové preference v nepotravním kontextu, který neprokázal žádnou signifikantní preferenci či averzi vůči konkrétní barvě, nemusejí tak být porovnatelné se studií Wells *et al.* (2008).

Otázkou zůstává, proč se liší preference dětí v nepotravních experimentech a non-humánních primátů v nepotravních experimentech. Vysvětlují si to větší motivací dětí pro volbu konkrétní barvy (byly k tomu přímo vyzvány instrukcí), zatímco pro makaky (jak je uvedeno výše) volba barvy nebyla zásadní a nepřinášela jim zvláštní výhodu (odměnu dostali v každém případě).

Výhoda našeho experimentu spočívá jednak v přesném výběru a definování použitých barev, což umožňuje jednak srovnání našich pokusů mezi sebou, ale i jejich replikovatelnost v dalších studiích.

Další výhodou je testování vlivu kontrastu (v podobě bílého/černého pozadí u všech experimentů) a zařazení achromatických barev do testování.

Tato práce srovnává barvové preference dětí a non-humánních primátů za pomoci různých metodik. Projekt bude dále rozvíjen – navážu testováním dětí za pomoci jiných metodik a v současnosti probíhá projekt ve spolupráci se Zoologickou zahradou v Praze, kde jsou testovány další druhy primátů metodou volné explorační objektů a také v potravním kontextu, tento projekt je zpracováván jako diplomová práce kolegyně Bc. Veroniky Pražské.

Naše práce může tedy přispět ke studiu mechanismů adaptivní výhody, kterou přinesl vznik genu pro pigment vnímající červenou barvu. Studie ale může být užitečná i ke zlepšení welfare primátů chovaných v zajetí, a i k poznatkům využitelných v dětské psychologii.

3. Citace

1. Osorio, D., Smith, A. C., Vorobyev, M., & Buchanan-Smith, H. M. (2004). Detection of fruit and the selection of primate visual pigments for color vision. *The American Naturalist*, 164(6), 696-708.
2. Caine, N. G., SurrIDGE, A. K., & Mundy, N. I. (2003). Dichromatic and trichromatic *Callithrix geoffroyi* differ in relative foraging ability for red-green color-camouflaged and non-camouflaged food. *International Journal of Primatology*, 24(6), 1163-1175.
3. Jacobs, G. H. (1993). The distribution and nature of colour vision among the mammals. *Biological Reviews*, 68(3), 413-471.
4. Tan, Y., & Li, W. H. (1999). Vision: Trichromatic vision in prosimians. *Nature*, 402(6757), 36-36.
5. Yoder, A. D., & Yang, Z. (2004). Divergence dates for Malagasy lemurs estimated from multiple gene loci: geological and evolutionary context. *Molecular Ecology*, 13(4), 757-773.
6. Morgan, M. J., Adam, A., & Mollon, J. D. (1992). Dichromats detect colour-camouflaged objects that are not detected by trichromats. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 248(1323), 291-295.
7. Smith, A. C., Buchanan-Smith, H. M., SurrIDGE, A. K., Osorio, D., & Mundy, N. I. (2003). The effect of colour vision status on the detection and selection of fruits by tamarins (*Saguinus* spp.). *Journal of Experimental Biology*, 206(18), 3159-3165.
8. Jacobs, G. H., & Deegan, J. F. (2003). Cone pigment variations in four genera of New World monkeys. *Vision research*, 43(3), 227-236.
9. Dominy, N. J., Garber, P. A., Bicca-Marques, J. C., & Azevedo-Lopes, M. A. D. O. (2003). Do female tamarins use visual cues to detect fruit rewards more successfully than do males?. *Animal Behaviour*, 66(5), 829-837.
10. Leonhardt, S. D., Tung, J., Camden, J. B., Leal, M., & Drea, C. M. (2009). Seeing red: behavioral evidence of trichromatic color vision in strepsirrhine primates. *Behavioral Ecology*, 20(1), 1-12.

11. Waite, C., Gerald, M. S., Little, A. C., & Krauselburd, E. (2006). Selective attention toward female secondary sexual color in male rhesus macaques. *American Journal of Primatology*, 68(7), 738-744.
12. Fagot, J., Goldstein, J., Davidoff, J., & Pickering, A. (2006). Cross-species differences in color categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 275–280.
13. Humphrey, N. (1976). The colour currency of nature. *Colour for Architecture*, eds Porter T, Mikellides B (Studio-Vista, London).
14. Crozier, W. R. (1997). The psychology of colour preferences. *Surface Coatings International*, 80, 577–585.
15. Schmidt, V., Schaefer, H.M. & Winkler, H. (2004). Conspicuousness, not colour as foraging cue in plant-animal interactions. *Oikos* 106, 551–557.
16. Willson, M.F. & Comet, T.A. (1993). Food choices by northwestern crows: experiments with captive, free-ranging and hand-raised birds. *Condor* 95, 596–615.
17. Osorio, D. & Vorobyev, M. (1996). Colour vision as an adaptation to frugivory in primates. *Proc. Roy. Soc. Lond. Ser. B* . 263, 593–599.
18. Regan, B.C., Juliot, C., Simmen, B., Vienot, F., Charles-Dominique, P.C. & Mollon, J.D. (2001). Fruits, foliage and the evolution of primate colour vision. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B* 356, 229–283.
19. Wrangham, R.W., Conklin-Brittain, N.L., & Hunt, K.D. (1998). Dietary response of chimpanzees and cercopithecines to seasonal variation in fruit abundance. I. Antifeedants. *Internat. J. Primatol.* 19, 949–970.
20. Milton, K. (1999). Nutritional characteristics of wild primate foods: Do the diets of our closest living relatives have lessons for us? *Nutrition* 15, 488–498.
21. Ungar, P.S. & Teaford, M.F. (2002). *Human diet: its origin and evolution*. Greenwood Publishing Group, Inc., USA.
22. Pilbeam, D. (1996). Genetic and morphological records of the Hominoidea and Hominid origins: A synthesis. *Mol. Phyl. Evol.* 5, 155–68.

23. Milton, K. & Demment, M. (1988). Digestion and passage kinetics of chimpanzees fed high and low fiber diets and comparison with human data. *J. Nutr.* 118, 1082–1088.
24. Ochman, H., Worobey, M., Kuo, Ch. H., Ndjango, J., Peeters, M., Hahn, B.H. & Hugenholtz, P. (2010). Evolutionary relationships of wild hominids recapitulated by gut microbial communities. *Plos Biol.* 8, e1000546.
25. Scott, T.R. (2010). Taste, reward, and physiology. *Chem. Percept.* 3, 3–15.
26. Takahata, N. & Satta, Y. (1997). Evolution of the primate lineage leading to modern humans: phylogenetic and demographic inferences from DNA sequences. – *Proc. Nat. Acad. Sci.* 94, 4811.
27. Eaton, S.B. & Konner, M. (1985). Paleolithic nutrition: A consideration of its nature and current implications. *N. Eng. J. Med.* 312, 283–289.
28. Eaton, S.B., Eaton, S.B. & Konner, M. J. (1997). Paleolithic nutrition revisited: A twelve-year retrospective on its nature and implications. *Eur. J. Clin. Nutr.* 51, 207–216.
29. Kaplan, H. (1996). A theory of fertility and parental investment in traditional and modern human societies. *Yearb. Phys. Anthropol.* 39, 91–135.
30. Gittleman, J.L. & Harvey, P.H. (1980). Why are distasteful prey not cryptic? *Nature* 286, 149–150.
31. Lev-Yadun, S. (2001). Aposematic (warning) coloration associated with thorns in higher plants. *J. Theor. Biol.* 210, 385–388.
32. Caine, N.G., Surridge, A.K. & Mundy, N.I. (2003). Dichromatic and trichromatic Geoffrey's marmosets (*Callithrix geoffrey*) differ in relative foraging ability for red-green color-camouflaged and non-camouflaged food. *Internat. J. Primatol.* 24, 1163–1175.
33. Smith, A.C., Buchanan-Smith, H.M., Surridge, A.K., Osorio, D. & Mundy, N.I. (2003). The effect of color vision on the detection and selection of fruits by tamarins (*Saguinus* spp.). *J. Exp. Biol.* 206, 3159–3165.

34. Maier, M.A., Barchfeld, P., Elliot, A.J. & Pekrun, R. (2009). Context specificity of implicit preferences: the case of human preference for red. *Emotion* 9, 734–738.
35. Hurlbert, A.C. & Ling, Y.L. (2007). Biological components of sex differences in color preference. *Curr. Biol.* 17, 623–625.
36. Hoover, K.C. (2010). Smell with inspiration: the evolutionary significance of olfaction. *Am. J. Phys. Anthropol. Supp.* 51, 63–74.
37. Hiramatsu, C., Melin, A.D., Aureli, F., Schaffner, C.M., Vorobyev, M. & Kawamura, S. (2009). Interplay of olfaction and vision in fruit foraging of spider monkeys. *Anim. Behav.* 77, 1421–1426.
38. Prokop, P., & Fančovičová, J. (2012). Beautiful fruits taste good: the aesthetic influences of fruit preferences in humans. *Anthropologischer Anzeiger*, 69(1), 71-83.
39. Balaban, M. T. (1995). Affective influences on startle in five-month-old infants: Reactions to facial expressions of emotion. *Child Development*, 66, 28–36.
doi:10.2307/1131188
40. Caron, R. F., Caron, A. J., & Myers, R. S. (1985). Do infants see emotional expressions in static faces? *Child Development*, 56, 1552–1560. doi: 10.2307/1130474
41. Nunn, C. L. (1999). The evolution of exaggerated sexual swellings in primates and the graded-signal hypothesis. *Animal Behaviour*, 58, 229–246.
doi:10.1006/anbe.1999.1159
42. Elliot, A. J., & Maier, M. Z. (2007). Color and psychological functioning. *Current Directions in Psychological Science*, 15, 250–254. doi:10.1111/ j.1467-8721.2007.00514.x
43. Palmer, S. E., & Schloss, K. B. (2010). An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(19), 8877-8882.
44. Adams, R. J. (1987). An evaluation of color preference in infancy. *Infant Behavior and Development*, 10, 143–159. doi:10.1016/0163-6383(87)90029-4
45. Bornstein, M. H. (1975). Qualities of color vision in infancy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 19, 401– 419. doi:10.1016/0022-0965(75)90070-3

46. Zemach, I., Chang, S., & Teller, D. Y. (2007). Infant color vision: Prediction of infants' spontaneous color preferences. *Vision Research*, 47, 1368–1381. doi:10.1016/j.visres.2006.09.024
47. Serrano, J. M., Iglesias, J., & Loeches, A. (1995). Infants' responses to adult static facial expressions. *Infant Behavior and Development*, 18, 477–482. doi:10.1016/0163-6383(95)90036-5
48. Peltola, M. J., Leppänen, J. M., Palokangas, T., & Heitonen, J. K. (2008). Fearful faces modulate look duration and attention disengagement in 7-month old infants. *Developmental Science*, 11, 60–68. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00659.x
49. Nelson, C. A. (1987). The recognition of facial expressions in the first two years of life: Mechanisms of development. *Child Development*, 58, 889–909. doi:10.2307/1130530
50. Franklin, A., Bevis, L., Ling, Y., & Hurlbert, A. (2010). Biological components of infant colour preference. *Developmental Science*, 13, 346–354. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00884.x
51. Franklin, A., Pitchford, N. J. P., Hart, L., Davies, I. R. L., Clause, S., & Jennings, S. (2008). Salience of primary and secondary colours in infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 26, 471–483. doi:10.1348/026151007X256672
52. Hood, B. (2001). When do infants know about objects? *Perception*, 30, 1281–1284. doi:10.1068/p3011ed
53. Lundqvist, D., Esteves, F., & Öhman, A. (1999). The face of wrath: Critical features for conveying facial threat. *Cognition and Emotion*, 13, 691–711. doi:10.1080/026999399379041
54. Choungourian, A. (1968). Color preferences and cultural variation. *Perceptual and Motor Skills*, 26, 1203-1206
55. Changizi, M. A., Zhang, Q., & Shimojo, S. (2006). Bare skin, blood, and the evolution of primate color vision. *Biology Letters*, 2, 217–221. doi:10.1098/rsbl.2006.0440
56. Elliot, A. J., & Niesta, D. (2008). Romantic red: Red enhances men's attraction to women. *Journal of Personality and Social Psychology*, 94, 1150–1164.

57. Hurlbert, A., & Ling, Y. (2007). Biological components of sex differences in color preference. *Current Biology*, 17, R623–R625. doi:10.1016/j.cub.2007.06.022
58. Ou, L-C., Luo, M. R., Woodcock, A., & Wright, A. (2004). A study of colour emotion and colour preference. *Color Research and Application*, 29, 381–389. doi:10.1002/col.20047
59. Setchell, J. M., & Wickings, E. J. (2005). Dominance, status signals, and coloration in male mandrills (*Mandrillus sphinx*). *Ethology*, 111, 25–50. doi:10.1111/j.1439-0310.2004.01054.x
60. Dominy, N. J., & Lucas, P. W. (2001). Ecological importance of trichromatic vision to primates. *Nature*, 410(6826), 363–366.
61. Dulai, K. S., M. von Dornum, J. D. Mollon, and D. M. Hunt. (1999). The evolution of trichromatic colour vision by opsin gene duplication in NewWorld and OldWorld primates. *Genome Research* 9:629–638.
62. Dominy, N. J., J. C. Svenning, and W.-H. Li. (2003). Historical contingency in the evolution of primate color vision. *Journal of Human Evolution* 44:25–45.a
63. Jacobs, G. H. (1993). The distribution and nature of colour vision among the mammals. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 68:413–471.
64. Lucas, P. W., N. J. Dominy, P. R. Riba-Hernandez, K. E. Stoner, N. Yamashita, E. Lori'a-Caldero'n, W. Petersen-Pereira, *et al.* (2003). Evolution and function of routine trichromatic vision in primates. *Evolution* 57:2636–2643.
65. Mollon, J. D., J. K. Bowmaker, and G. H. Jacobs. (1984). Variations of colour vision in a New World primate can be explained by polymorphism of retinal photopigments. *Proceedings of the Royal Society of London B* 222:373–399.
66. Yokoyama, S., and F. B. Radlwimmer. (2001). The molecular genetics and evolution of red and green color vision in vertebrates. *Genetics* 158:1697–1710.
67. Kelber, A., M. Vorobyev, and D. Osorio. (2003). Animal colour vision: behavioural tests and physiological concepts. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 78:81–118.

68. Elliot, A. J., Tracy, J. L., Pazda, A. D., and Beall, A. T. (2013). Red enhances women's attractiveness to men: First evidence suggesting universality. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49, 165–168.
69. Elliot, A. J., Maier, M. A., Moller, A. C., Friedman, R., and Meinhardt, J. (2007). Color and psychological functioning: The effect of red on performance attainment. *Journal of Experimental Psychology*, 136, 154–168.
70. Bergman, T. J., Ho, L., and Beehner, J. C. (2009). Chest color and social status in male geladas (*Theropithecus gelada*). *International Journal of Primatology*, 30, 791–806.
71. Dittmar, M. (2000). Changing colour preferences with ageing: A comparative study on younger and older native Germans aged 19-90 years. *Gerontology*, 47, 219–226.
72. Elliot, A. J., Niesta, D., Greitemeyer, T., Lichtenfeld, S., Gramzow, R. H., Maier, M. A., and Liu, H. (2010). Red, rank, and romance in women viewing men. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139, 399–417.
73. Fernandez, A. A., and Morris, M. R. (2007). Sexual selection and trichromatic color vision in primates: Statistical support for the preexisting bias hypothesis. *The American Naturalist*, 170, 10–20.
74. Gao, X.-P., Xin, J. H., Sato, T., Hansuebsai, A., Scalzo, M., Kajiwara, K., Billger, M. (2007). Analysis of cross-cultural color emotion. *Color Research and Application*, 32, 223–229.
75. Heesy, Ch. P., and Hall, M. I. (2010). The nocturnal bottleneck and the evolution of mammalian vision. *Brain, Behavior and Evolution*, 75, 195–203.
76. Hemphill, M. (1996). A note on adults' color-emotion associations. *The Journal of Genetic Psychology*, 157, 275–280.
77. Kaya N., and Epps, H. (2004). Relationship between color and emotion: A study of college students. *College Student Journal*, 38, 396–405.
78. Lin, H. (2014). Red-colored products enhance the attractiveness of women. *Displays*, 35, 202–205.

79. Madden, T. J., Hewett, K., and Roth, M. S. (2000). Managing images in different cultures: A cross-national study of color meanings and preferences. *Journal of International Marketing*, 8, 90–107.
80. Martin, R. D., and Ross, C. F. (2005). The evolutionary and ecological context of primate vision. In J. Kremers (Ed.), *The primate visual system: A comparative approach* (pp 1–36). New York: John Wiley and Sons.
81. Pazda, A. D., Elliot, A. J., and Greitemeyer, T. (2012). Sexy red: Perceived sexual receptivity mediates the red-attraction relation in men viewing woman. *Journal of Experimental Social Psychology*, 48, 787–790.
82. Roberts, S. C., Owen, R. C., and Havlicek, J. (2010). Distinguishing between perceiver and wearer effects in clothing color-associated attributions. *Evolutionary Psychology: an International Journal of Evolutionary Approaches to Psychology and Behavior*, 8, 350–364.
83. Schwarz, S., and Singer, M. (2013). Romantic red revisited: Red enhances men's attraction to young, but not menopausal women. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49, 161–164.
84. Surridge, A. K., Osorio, D., and Mundy, N. I. (2003). Evolution and selection of trichromatic vision in primates. *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 198–205.
85. Waitt, C., Little, A. C., Wolfensohn, S., Honess, P., Brown, A. P., Buchanan-Smith, H. M., and Perrett, D. I. (2003). Evidence from rhesus macaques suggests that male coloration plays a role in female primate mate choice. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270, S144–S146.
86. Zhao, H., Rossiter, S. J., Teeling, E. C., Li, C., Cotton, J. A., and Zhang, S. (2009). The evolution of color vision in nocturnal mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 8980–8985.
87. Guéguen, N. (2012). Color and women attractiveness: When red clothed women are perceived to have more intense sexual intent. *The Journal of Social Psychology*, 152, 261–265.

88. Barbiers, R. B. (1985). Orangutans' color preference for food items. *Zoo biology*, 4(3), 287-290.
89. Mackinnon, J. (1974). The behaviour and ecology of wild orangutans (*Pongo pygmaeus*). *Animal Behaviour*, 22(1), 3-74.
90. Van Lawick-Goodall, J. (1968). The behaviour of free-living chimpanzees in the Gombe Stream Reserve. *Animal behaviour monographs*, 1, 161IN1-311IN12.
91. Kainz, P. M., Neitz, J., & Neitz, M. (1998). Recent evolution of uniform trichromacy in a New World monkey. *Vision Research*, 38(21), 3315-3320.
92. Bowmaker, J. K. (1998). Evolution of colour vision in vertebrates. *Eye*, 12, 541-547.
93. Zhang, J., & Webb, D. M. (2003). Evolutionary deterioration of the vomeronasal pheromone transduction pathway in catarrhine primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8337-8341.
94. Riba-Hernández, P., Stoner, K. E., & Lucas, P. W. (2005). Sugar concentration of fruits and their detection via color in the Central American spider monkey (*Ateles geoffroyi*). *American Journal of Primatology*, 67(4), 411-423.
95. Bowmaker, J. K., Astell, S., Hunt, D. M., & Mollon, J. D. (1991). Photosensitive and photostable pigments in the retinae of Old World monkeys. *Journal of Experimental Biology*, 156(1), 1-19.
96. Dominy, N. J., Garber, P. A., Bicca-Marques, J. C., & Azevedo-Lopes, M. A. D. O. (2003). Do female tamarins use visual cues to detect fruit rewards more successfully than do males?. *Animal Behaviour*, 66(5), 829-837.b
97. Milton, K. (1979). Factors influencing leaf choice by howler monkeys: a test of some hypotheses of food selection by generalist herbivores. *The American Naturalist*, 114(3), 362-378.
98. Drea, C. M., & Weil, A. (2008). External genital morphology of the ring-tailed lemur (*Lemur catta*): Females are naturally “masculinized”. *Journal of Morphology*, 269(4), 451-463.

99. Jacobs, G. H., & Blakeslee, B. (1984). Individual variations in color vision among squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) of different geographical origins. *Journal of Comparative Psychology*, 98(4), 347.
100. Gautier-Hion, A., Duplantier, J. M., Quris, R., Feer, F., Sourd, C., Decoux, J. P., & Mounrazi, A. (1985). Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical forest vertebrate community. *Oecologia*, 65(3), 324-337.
101. Izawa, K. (1978). Frog-eating behavior of wild black-capped capuchin (*Cebus apella*). *Primates*, 19(4), 633-642.
102. Visalberghi, E., & Néel, C. (2003). Tufted capuchins (*Cebus apella*) use weight and sound to choose between full and empty nuts. *Ecological Psychology*, 15(3), 215-228.
103. Jacobs, G. H. & Deegan, J. F. (2003). Cone pigment variations in four genera of new world monkeys. *Vision Research*, 43, 227-236.
104. Savani, K., Markus, H. R., & Conner, A. L. (2008). Let your preference be your guide? Preferences and choices are more tightly linked for North Americans than for Indians. *Journal of personality and social psychology*, 95(4), 861.
105. Franklin, A., Gibbons, E., Chittenden, K., Alvarez, J., & Taylor, C. (2012). Infant color preference for red is not selectively context specific. *Emotion*, 12(5), 1155.
106. Knez, I. (2001). Effects of colour of light on nonvisual psychological processes. *Journal of environmental psychology*, 21(2), 201-208.
107. Wolfson, S., & Case, G. (2000). The effects of sound and colour on responses to a computer game. *Interacting with computers*, 13(2), 183-192.
108. Mollon, J. D. (1989). "Tho'she kneel'd in that place where they grew..." The uses and origins of primate colour vision. *Journal of Experimental Biology*, 146(1), 21-38.
109. Humphrey, N. (1971). Colour and brightness preferences in monkeys. *Nature*.
110. Rowe, C., & Guilford, T. (1999). The evolution of multimodal warning displays. *Evolutionary Ecology*, 13(7), 655-671.
111. Jacobs, K. W., & Suess, J. F. (1975). Effects of four psychological primary colors on anxiety state. *Perceptual and motor skills*, 41(1), 207-210.

112. Schäfer, A., & Kratky, K. W. (2006). The effect of colored illumination on heart rate variability. *Forschende Komplementärmedizin/Research in Complementary Medicine*, 13(3), 167-173.
113. Hill, R. A., & Barton, R. A. (2005). Psychology: red enhances human performance in contests. *Nature*, 435(7040), 293-293.
114. McManus, I. C., Jones, A. L., & Cottrell, J. (1981). The aesthetics of colour. *Perception*, 10(6), 651-666.
115. Valdez, P., & Mehrabian, A. (1994). Effects of color on emotions. *Journal of experimental psychology: General*, 123(4), 394.
116. Walsh, L. M., Toma, R. B., Tuveson, R. V., & Sondhi, L. (1990). Color preference and food choice among children. *The journal of psychology*, 124(6), 645-653.
117. Gotz, K. O., & Gotz, K. (1975). Color preferences, extraversion, and neuroticism of art students. *Perceptual and motor skills*.
118. Taylor, C., Schloss, K., Palmer, S. E., & Franklin, A. (2013). Color preferences in infants and adults are different. *Psychonomic bulletin & review*, 20(5), 916-922.
119. Bornstein, M. H., Kessen, W., & Weiskopf, S. (1976). Color vision and hue categorization in young human infants. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 115-129.
120. Jacobs, G. H., & Rowe, M. P. (2004). Evolution of vertebrate colour vision. *Clinical and Experimental Optometry*, 87(4-5), 206-216.
121. Nathans, J., Thomas, D., & Hogness, D. S. (1986). Molecular genetics of human color vision: the genes encoding blue, green, and red pigments. *Science*, 232(4747), 193-202.
122. Nagy, S. S., & PE Wardowski, W. F. (1990). Fruits of tropical and subtropical origin composition, properties and uses. Florida Science Source, Inc.
123. Erickson, C. J. (1991). Percussive foraging in the aye-aye, *Daubentonia madagascariensis*. *Animal Behaviour*, 41(5), 793-801.
124. Boesch, C., & Boesch, H. (1982). Optimisation of nut-cracking with natural hammers by wild chimpanzees. *Behaviour*, 265-286.

125. Boinski, S., Quatrone, R.P., Sughrue, K., Selvaggi, L., Henry, M., Stickler, C.M., Rose, L.M. (2003). Do brown capuchins socially learn foraging skills? In: Fragaszy DM, Perry S (eds) *The biology of traditions: models and evidence*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 365–390
126. Saito, M. (1994). A cross-cultural study on color preference in three Asian cities. *Japanese Psychological Research*, 36(4), 219-232.
127. Schaefer, H. M., Schaefer, V., & Levey, D. J. (2004). How plant–animal interactions signal new insights in communication. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(11), 577-584.
128. Lišková, S., Landová, E., & Frynta, D. (2015). Human preferences for colorful birds: Vivid colors or pattern?. *Evolutionary Psychology*, 13(2), 147470491501300203.
129. Wells, D. L., McDonald, C. L., & Ringland, J. E. (2008). Color preferences in gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*, 122(2), 213.
130. R Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
131. Sharpe, L. T., Stockman, A., Jägle, H., & Nathans, J. (1999). Opsin genes, cone photopigments, color vision, and color blindness. *Color vision: From genes to perception*, 3-51

3.1. Sekundární literatura

1. Fobes, J. L., & King, J. E. (Eds.). (1982). Primate behavior. Academic Pr.
2. Robinson, J. G., & Janson, C. H. (1987). Capuchins, squirrel monkeys, and atelines: socioecological convergence with Old World primates.
3. Maple, T. (1981). Evaluating captive environments. In American Association of Zoo Veterinarians Annual Proceedings.
4. Harwerth, R. S., & Smith III, E. L. (1985). Rhesus monkey as a model for normal vision of humans. *Optometry & Vision Science*, 62(9), 633-641.
5. Conroy, G.C. (1997). *Reconstructing Human Origins*, Second Edition. W.W. Norton & Company.
6. Litovitz, T.L.&Flagler, S.L., Manouguerra,A.S., Veltri, J.C.&Wright, L. (1992). Recurrent poisonings among paediatric poisoning victims. *Med. Toxicol. Adv. Drug. Exper.* 4, 38–386.
7. Allen, G. (1879). *The colour sense: its origin and development*. Trubner, London.
8. Rodman, P. S. (1979). Individual activity patterns and the solitary nature of orangutans. *The great apes*, 234-255.
9. Norman, R. D., & Scott, W. A. (1952). Color and affect: a review and semantic evaluation. *The Journal of General Psychology*, 46(2), 185-223.