

Vědecký výbor výživy zvířat

Zvýšení kvality masa kuřat výkrmem na pastvě

Ing. Michaela Englmaierová, Ph.D.

prof. Ing. Věra Skřivanová, CSc.

Praha, prosinec 2022



Anotace

Studie posoudila vliv pastevního výkrmu na kvalitu masa kuřat s různou intenzitou růstu a zhodnotila možnost zvýšení příjmu pastevní vegetace kuřaty formou omezení krmné dávky. Pro výkrm ve venkovních výbězích s možností pastvy jsou vhodnější středně nebo pomalu rostoucí kuřata z důvodu vyšší fyzické aktivity a pomalejšího růstu a tím zajištění dostatečně dlouhé doby pobytu na pastevním porostu, což je zárukou vyššího příjmu pastevní vegetace. Kuřata s nižší intenzitou růstu se vyznačují pevnějším a vyzrálějším svalstvem s výraznými chuťovými vlastnostmi. Konzumace pastevní vegetace kuřaty příznivě ovlivňuje kvalitu masa zvýšením obsahu antioxidantů (vitaminů a karotenoidů) a n3 polynenasycených mastných kyselin s potenciálními přínosy pro lidské zdraví. Z důvodu zajištění vyššího příjmu pastevního porostu kuřaty je vhodné uskutečnit restrikcí cereální krmné směsi. Toto opatření musí ale být provedeno šetrně (snížení ad libitní dávky o 20 %), aby nevedlo k markantnímu snížení užitkovosti.

The study assessed the effect of pasture fattening on the meat quality of chickens with different growth intensities and evaluated the possibility of increasing the intake of pasture vegetation by chickens in the form of a reduction in feed ration. Medium or slow-growing chickens are more suitable for fattening in outdoor enclosures with the possibility of grazing due to higher physical activity and slower growth, thus ensuring a sufficiently long stay on the pasture, which is a guarantee of a higher intake of pasture vegetation. Chickens with a lower intensity of growth are characterized by firmer and more mature meat with distinctive taste characteristics. Consumption of pasture vegetation by chickens favorably affects meat quality by increasing the content of antioxidants (vitamins and carotenoids) and n3 polyunsaturated fatty acids with potential benefits for human health. In order to ensure a higher intake of pasture herbage by chickens, it is advisable to restrict the cereal mixed feed. However, this measure must be carried out sparingly (reduction the *ad libitum* dose by 20%) so that it does not lead to a significant decrease in performance.

Obsah

Anotace	2
1. Úvod	4
2. Pastevní výkrm kuřat	4
2.1. Pastevní výkrm kuřat a kvalita masa.....	4
2.2. Výběr vhodného genotypu kuřat pro pastevní výkrm.....	6
2.3. Vliv restrikce na příjem pastevního porostu a kvalitu masa	15
3. Závěr.....	21
4. Poděkování	22
5. Seznam literatury.....	22

1. Úvod

Většina produkce drůbežního masa v České republice pochází z hal, kde jsou kuřata vykrmována na podestýlce. Tento typ výkrmu je vhodný zejména pro nejčastěji chovaná rychle rostoucí kuřata. Další možností výkrmu je pastevní výkrm v mobilních boxech nebo ohrádkách na pastevním porostu. Pobyt kuřat na pastvě může přispět k pohodě kuřat, ale i částečně uspořit náklady na krmivo oproti konvenčnímu výkrmu v hale na podestýlce. Jak pohoda zvířat, tak i živiny z pastvy, mohou zvýšit kvalitu masa. Příjem pastevního porostu kuřaty závisí například na genotypu kuřat a podávané krmné směsi a může činit 10 – 15 % celkového příjmu krmiva (Lorenz a Grashorn, 2012). Pastevní porost je zdrojem nejenom čerstvé trávy, jetelovin a bylin, ale i hmyzu a červů.

Konzumace pastevní vegetace a druhová skladba rostlin mohou příznivě ovlivnit kvalitu masa kuřat ve volném výběhu zvýšením obsahu vitaminů, karotenoidů a minerálů (Mugnai et al., 2009; Sossidou et al., 2015). Dále lze tímto způsobem zvýšit úroveň n3 polynenasycených mastných kyselin v mase (Funaro et al., 2014; Michalczuk et al., 2017) s potenciálními přínosy pro lidské zdraví, ale i možnými silnějšími sklony k oxidaci a žluknutí (Michiels et al., 2014). V případě pomalu rostoucích kuřat by ale mohl nastat i opačný efekt, protože pomalejší tempo růstu by mohlo snížit oxidační stres snížením metabolické produkce volných radikálů (Wang et al., 2009). Skladba mastných kyselin v pastevním porostu pomáhá udržet optimální poměr n6/n3 mastných kyselin, který je sledován z hlediska zdraví lidí a měl by být dle světové zdravotnické organizace maximálně do 5. Z řad antioxidantů je pastevní vegetace zdrojem především karotenoidů a vitaminu E. Karotenoidy se ukládají do tukové tkáně a ovlivňují tak barvu masa a kůže. Vitamin E zase zvyšuje oxidační stabilitu masa a prodlužuje tak jeho trvanlivost při zachování jeho sensorických vlastností. Dále nelze opomenout, že vedlejším benefitem je přirozené pohnojení spasených porostů.

Cílem studie bylo na základě řady experimentů vyhodnotit vliv pastevního výkrmu kuřat na ukazatele užitečnosti a kvality masa kuřat, zvolit vhodný genotyp a posoudit význam restrikce pro takovýto typ výkrmu.

2. Pastevní výkrm kuřat

2.1. Pastevní výkrm kuřat a kvalita masa

Pastevní porost bohatý na vitaminy, karotenoidy a n3 mastné kyseliny v sobě skrývá potenciál zvýšit kvalitu masa, ale i zdraví zvířat. Vliv pastevního výkrmu na užitečnost a kvalitu masa byl sledován v pokusu s rychle rostoucími brojlery Ross 308. Kuřata byla rozdělena do dvou skupin, jedna zůstala po celou dobu výkrmu na podestýlce a druhá byla posledních 19 dní výkrmu umístěna do mobilního boxu na pastevní porost. Kuřata byla vykrmována do věku 42 dní. Výsledky týkající se užitečnosti jsou uvedeny v Tabulce 1. Kuřata z obou skupin měla obdobnou průměrnou živou hmotnost, což s největší

pravděpodobností souviselo s jejich krátkou dobou pastvy. Živá hmotnost kuřat vykrmovaných na pastvě bývá obvykle nižší oproti podestýlkovému výkrmu v hale a rozdíly se zvyšují s délkou výkrmu. Existují však i případy, kdy živá hmotnost kuřat se příliš nelišila, dokonce i po delší době pastevního výkrmu, od kontrolní skupiny chované uvnitř v hale (např. živá hmotnost 3,37 a 3,39 kg ve věku 63 dnů (Fanatico et al., 2009) a živá hmotnost 4,40 a 4,41 kg ve věku 65 dnů u kohoutků rychle rostoucího genotypu (Mikulski et al., 2011)). V těchto případech mohlo výsledky ovlivnit také složení krmiva, kvalita pastevního porostu, prostor nebo klimatické faktory.

Tabulka 1. Ukazatele užitečnosti (Skřivan et al., 2015)

Ukazatel	Podestýlka	Pastva	SEM	Průkaznost
Živá hmotnost 21. den (g)	1178	1173	18	NS
Živá hmotnost 35. den (g)	2588	2570	93	NS
Živá hmotnost 42. den (g)	3176	3140	114	NS
Konverze (kg/kg)	1,85	1,80		

SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný

Výkrm kuřat v mobilních boxech na pastevním porostu měl za následek maso s tmavší barvou s vyšší hodnotou červenosti a nižší hodnotou žlutosti (Tabulka 2). Maso těchto kuřat mělo i vyšší chuťové skóre. Obdobné účinky pastvy byly zjištěny i v pokusu Sun et al. (2013). Ze studie Ponte et al. (2008a) vyplývá, že příjem luštěnin při pastvě může příznivě přispívat k sensorickým vlastnostem kuřecího masa. Obsah α -tokoferolu stanovený v pastevním porostu prezentovaného pokusu byl 68 mg/kg sušiny. Informace o obsahu tokoferolu v čerstvé píci nejsou konzistentní (Kalač, 2012). Larsen et al. (2012) uvedli, že koncentrace α -tokoferolu v různých travách a luskovinách se značně liší podle zralosti rostlin a v menší míře i podle druhové skladby, např. v 1 kg sušiny vojtěškové směsi byla koncentrace α -tokoferolu 36 mg. Mimo to Kälber et al. (2011) zjistili v různých rostlinách 3–7 mg α -tokoferolu na kg sušiny. Naproti tomu Pavlata et al. (2008) uvádějí 80–200 mg α -tokoferolu na kg sušiny v čerstvé píci. Téměř dvojnásobná koncentrace vitamínu E v prsní svalovině po 19 dnech pastvy naznačuje, že z pastevního porostu je dobrá biologická dostupnost vitamínu E. Přestože maso nepředstavuje v lidské výživě příliš významný zdroj vitamínu E, jeho silné antioxidantní vlastnosti mohou zlepšit oxidační stabilitu a trvanlivost masa a masných výrobků. Surai (2003) zjistil, že vitamin E jako významný antioxidant v biologických systémech zabraňuje poškození volnými radikály v tkáních a je nezbytný pro zlepšení oxidační stability masa brojlerů (Grau et al., 2001). Podobný jev pozorovali Englmaierová et al. (2011), kteří prokázali, že přidání vitamínu E v dávce 50 mg/kg snížilo produkci látek reaktivních s kyselinou thiobarbiturovou (TBARS) v mase skladovaném při 4 °C. Obsah TBARS v mase se po 3 dnech skladování snížil o 41 %. V této studii se produkce TBARS snížila v prsním svalstvu kuřat chovaných na pastvě o 36 % ve srovnání s kontrolními kuřaty chovanými uvnitř v hale

na podestýlce (skladování při 4 °C po dobu 5 dnů). Tento výsledek odpovídá dietnímu doplňku vitamínu E 50 mg/kg. Vyšší oxidační stabilita lipidů masa kuřat chovaných na pastvě je v souladu se zjištěními Skřivana a Englmaierové (2014), které se týkají vajec slepic chovaných na pastvě.

Tabulka 2. Fyzikální ukazatele kvality prsního svalstva, oxidační stabilita tuků (mg/kg) a obsah cholesterolu (mg/kg) a α -tokoferolu (mg/kg sušiny) v prsním svalstvu (Skřivan et al., 2015)

Ukazatel	Podestýlka	Pastva	SEM	Průkaznost
pH – 24 hod.	5,8	6,0	0,04	NS
Barva masa				
L*	66,1 ^a	61,7 ^b	1,01	0,026
a*	0,3 ^b	1,9 ^a	0,34	0,009
b*	9,1 ^a	6,7 ^b	0,43	0,003
MDA 0. den	0,22	0,17	0,020	NS
MDA 5. den	0,36 ^a	0,23 ^b	0,030	0,013
Cholesterol	680	665	5,2	NS
α -Tokoferol	15,2 ^b	29,7 ^a	0,59	<0,001

^{ab}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný
Obsah látek reaktivních s kyselinou thiobarbiturovou byl vyjádřen v miligramech malondialdehydu (MDA) na kilogram masa

2.2. Výběr vhodného genotypu kuřat pro pastevní výkrm

Pro pastevní výkrm jsou vhodné středně nebo pomalu rostoucí genotypy kuřat. Do skupiny se střední rychlostí růstu patří kuřata Hubbard JA 757 (Hubbard, Francie), jejichž rodičovský chov provozuje v České republice státní podnik MTD Ústrašice. Kuřata se vykrmují 49 dnů, kdy dosahují porážkové hmotnosti 2,1 kg. Jejich svalovina je pevnější, vyzrálejší s výraznými chuťovými vlastnostmi. Mezi hybridy šlechtěné na střední rychlost růstu a uznané v České republice pro ekologický výkrm patří Ross Rowan (Aviagen, USA), Cobb Sasso 150 (Cobb-Vantress, USA) a Redbro S (Hubbard, Francie). Tito hybridy mají při výkrmu v halách na podestýlce a konvenční krmné směsi používané pro výkrm brojlerových kuřat 2 kg za 49 dní. Za podmínek ekologického výkrmu, kdy se používají krmné směsi v bio kvalitě s nižší koncentrací živin a kuřatům je umožněn přístup do výběhu s vegetací, dochází u kuřat ke snížení rychlosti růstu a kuřata tak mají porážkovou hmotnost ve věku 70 až 81 dní. Pomalu rostoucí kuřata jsou zastoupena například genotypem Red JA (Hubbard, Francie), který má 2,1 kg ve věku 63 dní, nebo S 757 (Hubbard, Francie) s živou hmotností 2 kg za 70 dní za podmínek komerčního výkrmu.

Další vhodnou variantou kuřat s pomalým růstem jsou kohoutci nosných linií nebo genotypů s kombinovanou užitkovostí. U slepic nosného typu se šlechtění zaměřilo na zvýšení intenzity snášky.

Slepice těchto hybridů vykazují vysokou produkci vajec, ale u kohoutků to vedlo k snížení rychlosti růstu a zmenšení osvalení. Nižší intenzita růstu znamená prodloužení doby výkrmu a zvýšení konverze, což je spotřeba krmiva na kilogram přírůstků. Z tohoto ekonomického důvodu nelze tyto kohoutky využít na intenzivní výkrm a jsou ihned po vysexování usmrčeni (Bruijnijns et al., 2015). Toto utrácení ale v dnešní době představuje etický problém a využití těchto kohoutků pro extenzivní způsob výkrmu by bylo jeho možným řešením. U hybridů s kombinovanou užitkovostí je růstová schopnost zvířat o něco vyšší než u nosných linií, ale zdaleka nedosahuje takových hodnot jako masné linie. Mezi tyto hybridy se řadí ISA Dual (Hendrix Genetics, Nizozemí), Lohmann Dual (Lohmann Tierzucht, Německo) anebo Dominant (Dominant CZ, ČR)

Funkční vlastnosti masa rychle rostoucích a středně rostoucích genotypů se zdají být mnohem vhodnější pro průmysl i spotřebitele (nižší ztráty odkapem a varem a vyšší křehkost), zatímco z nutričního hlediska se jeví zdravější maso pomalu rostoucích kuřat (méně tuku a vyšší obsah n3 polynenasycených mastných kyselin) (Sirri et al., 2011). Dal Bosco et al. (2012) zjistili, že pomalu rostoucí genotypy (nosné linie) mají zřejmě vyšší účinnost ukládání kyseliny eikosapentaenové a kyseliny dokosaheptaenové ve srovnání s kuřaty masného typu. To lze vysvětlit tím, že elongace je částečně ovlivněna hladinou estrogenu (Alessandri et al., 2012). Navíc, jak je zřejmé ze studie Dal Bosco et al. (2010), pomalu rostoucí kuřata byla aktivnější a urazila průměrnou denní vzdálenost 1 230 m, zatímco rychle rostoucí ptáci urazili pouze 125 m. Pomalu rostoucí kuřata tedy mají dobré předpoklady pro pastvu. Spotřeba pastevního porostu a druhová skladba dostupných travin a jetelovin může ovlivnit kvalitu masa kuřat z volného výběhu zvýšením obsahu vitamínů, karotenoidů a minerálních látek (Mugnai et al., 2009; Sossidou et al., 2015) a může také zvýšit hladiny n3 PUFA v mase (Dal Bosco et al., 2012; Ponte et al., 2008a; Michalczuk et al., 2017) s potenciálním přínosem pro lidské zdraví, ale potenciálně nižší oxidační stabilitou (Michiels et al., 2014). Může však nastat i opačný účinek, protože pomalejší rychlost růstu by mohla snížit oxidační stres snížením metabolické produkce volných radikálů (Wang et al., 2009).

V pokusu realizovaném ve VÚŽV byli porovnáváni kohoutci tří genotypů s kombinovanou užitkovostí, jež produkuje česká firma Dominant (Dominant Sussex D104, Dominant Brown D102 a Dominant Tinted D723). Tyto kohoutky lze řadit, vzhledem k růstovým schopnostem, do kategorie pomalu rostoucích kuřat. Do 49 dní věku byli kohoutci ustájeni v boxech na podestýlce (hustota osazení 15 ks na m²) a poté byli do 77. dne věku přemístěni na pastvu do mobilních ohrádek (hustota osazení 9,2 ks na m²), které byly dvakrát denně posunovány. Růstová schopnost kuřat s kombinovanou užitkovostí je ve srovnání s brojlery velmi malá (Mueller et al., 2018). Významně (P<0,001) nejvyšší živou hmotnost v 77. dni výkrmu dosahovali kohoutci Dominant hnědý D102 (1842 g) oproti kohoutkům Dominant Sussex D104 (1796 g) a Dominant Tinted D723 (1614 g, Tabulka 3). Rovněž konverze krmiva byla nejnižší v této skupině (2,79). Data týkající se užitkovosti kohoutků Dominant jsou omezená. Proto budou výsledky porovnány zejména s kohoutky nosného typu nebo kuřaty s kombinovanou užitkovostí. V případě halového výkrmu na podestýlce kohoutci

Dominant Sussex D104 vážili v 77 dnech 1974 g (Jelínková, 2015). To je o 178 g více než u stejného genotypu v tomto experimentu. Kohoutci kombinovaného genotypu Tetra-H z halového a volného systému ustájení vážili 1790 g po 70 dnech výkrmu (Almasi et al., 2015). Kuřata Bresse Gauloise chovaná v ekologickém systému se zlepšeným životním prostředím, který zahrnuje přístup na pastvu, vážila 2570 g po 84 dnech (Muth et al., 2018). Konverze krmiva kohoutků Dominant Sussex D 104 (0–84 dní) ve studii Jelínkové (2015) byla 3,1. Tyto hodnoty jsou srovnatelné s výsledky tohoto pokusu.

Jak je uvedeno v Tabulce 3, vyšší příjem pastevního porostu byl zaznamenán u kuřat Dominant hnědý D102 (7,41 g DM/ks/den) a Dominant Tinted D723 (7,52 g DM (sušiny)/ks/den) oproti kuřatům Dominant Sussex D104 5,95 g DM/ks/den). Příjem pastvy kuřaty závisí na doplňkovém krmivu. Lorenz a Grashorn (2012) uvádějí spotřebu pastevního porostu u kuřat a slepic na úrovni 2 – 5 g sušiny denně. Kuřata pomalu rostoucích genotypů mívají nižší podíl prsního svalstva a o něco vyšší podíl stehenního svalstva na rozdíl od rychle rostoucích kuřat. Jak je patrné z Tabulky 3, existují rozdíly i v rámci různých genotypů Dominant. Genotyp kuřat ovlivnil některé ukazatele jatečného rozboru. Nejvyšší ($P < 0,001$) hmotnost jatečně opracovaného trupu a jatečnou výtěžnost ($P = 0,036$) měla kuřata Dominant hnědý D102 (1256 g a 68,1 %). Podíl prsou a stehen z jatečně opracovaného trupu a množství abdominálního tuku ovlivněny nebyly.

Tabulka 3. Ukazatele užítkovosti a jatečný rozbor (Englmaierová et al., 2018)

Ukazatel	Hybridní kombinace			SEM	Průkaznost
	Dominant Sussex D104	Dominant hnědý D102	Dominant Tinted D723		
Živá hmotnost 77. den (g)	1796 ^b	1842 ^a	1614 ^c	10,2	<0,001
Konverze (kg/kg)	2,91	2,79	3,01		
Spotřeba krmiva/ks/den (g)	59,8	58,1	56,8		
Úhyn (ks)	0	3	0		
Příjem pastvy/ks/den - 70. den (g DM)	5,95	7,41	7,52		
Hmotnost JOT (g)	1210 ^b	1256 ^a	1078 ^c	16,9	<0,001
Jatečná výtěžnost (%)	66,6 ^b	68,1 ^a	67,7 ^{ab}	0,24	0,036
Podíl prsou z JOT (%)	12,0	11,4	11,1	0,19	NS
Podíl stehen z JOT (%)	32,9	32,2	32,0	0,30	NS
Abdominální tuk (g)	11,5	10,5	8,4	1,30	NS

^{abc} číslo na stejném řádku označené jiným písmenem než předchozí se průkazně liší; DM = sušina; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný

Barva masa i ztráta vody odkapem a varem nebyly rovněž genotypem ovlivněny (Tabulka 4). U kohoutků Dominant Tinted D723 byla zjištěna vyšší hodnota pH měřená 24 hodin po porážce ($P=0,001$) oproti ostatním genotypům. Glamoclija et al. (2015) a Mueller et al. (2018) uvedli, že pH masa bylo nižší u brojlerů vykrmovaných delší dobu nebo u pomalu rostoucích genotypů. Berri et al. (2005) dospěli k podobným zjištěním. Zvyšující se rychlost růstu a/nebo vývoje svalů by mohla zpomalit posmrtnou glykolýzu a zvýšit konečné pH snížením obsahu glykogenu v prsním svalstvu (Berri et al., 2001). Hodnota pH souvisí se ztrátou masové šťávy při vaření a s křehkostí, protože nízké pH je spojeno se zhoršenou schopností čerstvého masa zadržovat vodu. Křehkost masa po uvaření hodnocená na základě hodnoty síly stříhu měřené pomocí Warner-Bratzlerova nože ($P=0,049$), ale i ze sensorického hodnocení ($P=0,022$, Tabulka 5), byla nejvyšší u kohoutků Dominant Tinted D 723. Nicméně žádný průkazný rozdíl nebyl zaznamenán u ztráty vody varem. Negativní vliv venkovního systému ustájení na křehkost masa byl zjištěn ve studii Michalczuk et al. (2014). Sirri et al. (2011) uvedli, že použití pomalu rostoucích kuřat nosného typu negativně ovlivnilo schopnost zadržovat vodu a křehkost masa. Debut et al. (2003) a Fanatico et al. (2005) také zjistili vyšší ztráty odkapem a varem u prsního svalstva pomalu rostoucích kuřat chovaných venku než u rychle rostoucích brojlerů. Křehkost masa obecně klesá s věkem kuřat (Touraille et al., 1981).

Tabulka 4. Fyzikální ukazatele kvality prsního svalstva (Englmaierová et al., 2018)

Ukazatel	Hybridní kombinace			SEM	Průkaznost
	Dominant Sussex D104	Dominant hnědý D102	Dominant Tinted D723		
Ztráta vody odkapem (%)	2,24	1,79	1,63	0,119	NS
Ztráta vody varem (%)	22,1	20,2	21,5	0,51	NS
pH - 24 hod.	5,62 ^b	5,66 ^b	5,78 ^a	0,019	0,001
Barva masa na řezu					
L*	55,43	56,87	53,95	0,594	NS
a*	0,391	-0,480	-0,216	0,1644	NS
b*	10,78	11,22	10,97	0,298	NS
Textura (Warner-Bratzlerův nůž, N)					
Syrové maso	18,14	16,75	17,74	0,558	NS
Vařené maso	39,44 ^a	37,92 ^{ab}	33,46 ^b	1,036	0,049

^{ab}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný

Z posuzovaných ukazatelů sensorické kvality masa uvedených v Tabulce 5 byla ovlivněna pouze křehkost prsního svalstva ($P=0,022$). Nejkřehčí maso měli kohoutci Dominant Tinted D723 (6,16) a nejnižší hodnota křehkosti byla zaznamenána u kohoutků Dominant hnědý D102 (5,35). Na ostatní ukazatele neměl genotyp vliv. Celkově bylo nejlépe hodnoceno maso kohoutků Dominant Tinted D723 (6,05), poté následovalo maso genotypu Dominant Sussex D104 (5,89) a nakonec maso Dominanta hnědého D102 (5,50). Ale tento výsledek není podložen statistickou průkazností.

Tabulka 5. Sensorické hodnocení kvality prsního svalstva (Englmaierová et al., 2018)

Ukazatel	Hybridní kombinace			SEM	Průkaznost
	Dominant Sussex D104	Dominant hnědý D102	Dominant Tinted D723		
Intenzita vůně	5,78	5,45	5,61	0,114	NS
Příjemnost vůně	5,74	5,64	5,61	0,110	NS
Křehkost	5,69 ^{ab}	5,35 ^b	6,16 ^a	0,121	0,022
Šťavnatost	5,53	5,40	5,85	0,104	NS
Intenzita chuti	5,80	5,91	5,89	0,106	NS
Příjemnost chuti	5,80	5,61	5,94	0,109	NS
Celková přijatelnost	5,89	5,50	6,05	0,110	NS

Stupnice byla devítibodová od nejméně příjemné (1) po nejvíce příjemné (9); $n=8$; z mraženého masa; 10 hodnotitelů.

^{ab}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný

V Tabulce 6 je uveden obsah vybraných karotenoidů a vitaminů a ukazatel oxidační stability tuků v prsním svalstvu. Pastevní vegetace (analyzovaná po lyofilizaci), kterou spásala kuřata v tomto pokusu, byla zvláště bohatá na karotenoidy lutein a zeaxanthin (175,0 a 170,3 mg/kg sušiny). Statisticky neprůkazně vyšší obsah karotenoidů, luteinu a zeaxantinu byl stanoven u kohoutků Dominant Tinted D723. Toto zjištění koresponduje s vyšším příjmem pastevního porostu a nižší intenzitou růstu (Tabulka 3) ve srovnání s ostatními genotypy. Příjem píce je ovlivněn motorickou aktivitou kuřat, obohacením venkovních výběhů podporující delší setrvání kuřat v nich a ročním obdobím. Prokazatelně ($P<0,001$) nejvyšší obsah vitaminu E byl zaznamenán u genotypů Dominant hnědý D102 a Dominant Tinted D723. Tento výsledek lze rovněž přisuzovat vyšší spotřebě vegetace u těchto skupin oproti skupině s kohoutky Dominant Sussex D104 uvedené v Tabulce 3 (7,41 a 7,52 *versus* 5,95 g sušiny/den/kus). Skřivan et al. (2015) a Dal Bosco et al. (2016) zjistili téměř dvojnásobně vyšší obsah α -tokoferolu v mase kuřat s venkovním výběhem.

Významný přínos píce na zvyšování antioxidantů je zřejmý i z jiných studií (Castellini et al., 2006; Mugnai et al., 2009; Skřivan a Englmaierová, 2014). Vitamin E a karotenoidy přítomné v pastevním porostu obvykle snižují citlivost nenasycených mastných kyselin na oxidaci. To dokládají i výsledky tohoto pokusu. Významně ($P=0,012$) vyšší oxidační stabilitu tuků vykazovalo čerstvé prsní svalstvo kohoutků Dominant

hnědý D102 a Dominant Tinted D723, u kterého byl stanoven právě i vyšší obsah vitamínu E. U pět dní skladovaného masa už ale významné rozdíly ve stabilitě tuků zaznamenány nebyly. Na rozdíl od výsledků této studie, Dal Bosco et al. (2016) a Cartoni Mancinelli et al. (2019) zjistili, že i přes zlepšený antioxidační profil u skupiny s volným výběhem došlo ke zvýšení oxidačních procesů v mase. Tento efekt nastal pravděpodobně v důsledku vyšší fyzické aktivity venkovních kuřat a z toho vyplývajícího procesu oxidace (Castellini et al., 2002). Na druhou stranu výsledky studie Mattioli et al. (2017) naznačují, že mírné cvičení u ptáků s vrozeným pohybovým chováním je prospěšné, protože produkuje nižší dávku radikálů, které zvyšují neenzymatickou antioxidační obranu (vitamin E a retinol). Oxidační stabilitu masa ovlivňuje také jeho lipidový profil. Polynenasycené mastné kyseliny, jejichž zdrojem je pastevní vegetace, se oxidují snadněji než nasycené mastné kyseliny (Dal Bosco et al., 2016).

Tabulka 6. Obsah karotenoidů a vitamínů a oxidační stabilita tuků v prsním svalstvu (mg/kg) (Englmaierová et al., 2018)

Ukazatel	Hybridní kombinace			SEM	Průkaznost
	Dominant Sussex D104	Dominant hnědý D102	Dominant Tinted D723		
Lutein	0,158	0,139	0,203	0,0123	NS
Zeaxantin	0,139	0,130	0,193	0,0120	NS
Vitamin A	0,040	0,041	0,044	0,0016	NS
Vitamin E	3,44 ^b	4,52 ^a	4,64 ^a	0,148	<0,001
MDA 0. den	0,313 ^a	0,282 ^b	0,273 ^b	0,0061	0,012
MDA 5. den	0,366	0,372	0,356	0,0093	NS

^{ab}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný
Obsah látek reaktivních s kyselinou thiobarbiturovou byl vyjádřen v miligramech malondialdehydu (MDA) na kilogram masa

Pastevní porost je nejen zdrojem antioxidantů, ale i zdraví prospěšných nenasycených mastných kyselin. Genotyp kohoutků ovlivnil obsah většiny mastných kyselin v prsním svalstvu (Tabulka 7). Vliv genotypu zahrnuje především příjem pastevního porostu a pohybovou aktivitu. V tomto případě se jedná o pomalu rostoucí kohoutky Dominant s vyšší pohybovou aktivitou a vyšší spotřebou pastevního porostu oproti běžně používaným rychle rostoucím hybridům. Vyšší spotřebu pastvy měli kohoutci Dominant hnědý D102 a Dominant Tinted D723. Zde navíc svou roli sehrál i zdroj tuku v krmné směsi – řepkový olej, který je bohatý na nenasycené mastné kyseliny, a proto maso všech tří skupin splnilo požadavek Světové zdravotnické organizace na poměr n6/n3 do 5. Krmná směs obsahovala palmitovou, stearovou, olejovou a linolovou mastnou kyselinu, zatímco pastevní porost byl bohatý na α -linolenovou mastnou kyselinu. Tato skutečnost se projevila ve složení mastných kyselin v prsním svalstvu. Genotyp Sussex D 104, který vykazoval nižší spotřebu pastevního porostu, měl vyšší ($P < 0,001$) obsah palmitové,

stearové, olejové a linolové mastných kyselin a nižší obsah α -linoleové mastné kyseliny v prsním svalstvu ve srovnání s ostatními dvěma genotypy. Zlepšení profilu mastných kyselin v masě v důsledku vyšší dostupnosti polynenasycených n3 mastných kyselin prostřednictvím příjmu pastevní vegetace je také zřejmé ze studií Ponte et al. (2008a), Dal Bosco et al. (2016) a Michalczuk et al. (2017). Na druhé straně Givens et al. (2011) a Funaro et al. (2014) uvedli, že ustájení ve výběhu s přístupem k pastevní vegetaci snížil obsah n3 mastných kyselin a zvýšil poměr n6/n3 v prsním masě. Dále Dal Bosco et al. (2012) zjistili, že pomalu rostoucí genotypy vykazují vysoké procento polynenasycených mastných kyselin a pokles poměru n6/n3 ve srovnání s rychle rostoucími hybridy. Téměř dvojnásobně vyšší obsah mastných kyselin arachidonové, eikosapentaenové, klupanodonové a dokosahexaenové byl pozorován u kuřat Dominant Sussex D 104 ve srovnání s ostatními dvěma skupinami. Ačkoliv množství těchto mastných kyselin (kromě kyseliny klupanodonové) bylo srovnatelné jak v krmivu, tak v pastevní vegetaci. Vyšší obsah EPA a DHA u kuřat pomalu rostoucích genotypů nosných linií si lze vysvětlit tím, že nosnice mají vyšší účinnost ukládání těchto mastných kyselin ve srovnání s kuřaty masného typu, protože elongace mastných kyselin je částečně ovlivněna hladinou estrogeneru (Alessandri et al., 2012). Navíc Lizardo et al. (2002) se domnívají, že 15 % mastných kyselin z krmiva se přeměňuje prostřednictvím metabolických procesů. Ptáci jsou schopni desaturovat a elongovat kyselinu α -linoleovou na kyselinu eikosapentaenovou a dokosahexaenovou mastnou kyselinu (Zuidhof et al., 2009; Skiba et al., 2015). Prsa pomalu rostoucích kuřat obsahovala přibližně 2 až 3krát vyšší množství n3 mastných kyselin s dlouhým řetězcem a kyseliny arachidonové, v daném pořadí, než je tomu u středně a rychle rostoucích genotypů (Dal Bosco et al., 2012), což naznačuje odlišnou expresi genů kódující desaturační enzymy (Sirri et al., 2011; Boschetti et al., 2016). Vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin n6 a n3 v prsním svalstvu pomalu rostoucích kuřat odrážel zvýšenou expresi/aktivitu desaturázy $\Delta 5$ a $\Delta 6$ (Boschetti et al., 2016). Pomalu rostoucí kuřata navíc vykazovala vyšší fyzickou aktivitu, což mělo vliv na metabolismus (Dal Bosco et al., 2012). Hladiny mastných kyselin n3 a n6 v masě byly proto pravděpodobně ovlivněny genetickým založením kuřat nosných linií. Dominant Sussex D 104 je výsledkem křížení dvou Sussex linií, zatímco Dominant Brown 102 je výsledkem křížení otcovské linie Rhode Island Red s mateřskou linií Rhode Island White a Dominant Tinted D 723 je produktem křížení otcovské linie White Leghorn s mateřskou linií Rhode Island Red.

Z hlediska vlivu produktu na lidské zdraví jsou smysluplnější indexy mastných kyselin než samotné hladiny jednotlivých mastných kyselin. Například aterogenní a trombogenní indexy odrážejí pravděpodobnost nárůstu patogenních jevů, jako je tvorba aterosklerotických plaků a trombů a žádoucí je nižší hodnota. Riziko výskytu těchto jevů nejvíce snižuje konzumace masa kuřat Dominant Brown D 102. Poměr mezi hypocholesterolemickými a hypercholesterolemickými mastnými kyselinami, HH index, zvažuje specifické účinky mastných kyselin na metabolismus cholesterolu. V tomto případě je naopak žádoucí vyšší hodnota. Rovněž u tohoto indexu vyšlo nejlépe maso kohoutků Dominant hnědý D102 ($P=0,008$). S tím korespondují

výsledky obsahu cholesterolu, který byl prokazatelně ($P < 0,001$) nižší u kohoutků Dominant hnědý D102 a Dominant Tinted D723 oproti genotypu Dominant Sussex D104. Toto snížení může být způsobeno vyšším příjmem pastevního porostu. Jak již bylo dříve uvedeno (Ponte et al., 2004), zařazení luskovin do krmiva pro brojlerů přispělo ke snížení obsahu cholesterolu v mase brojlerů. Pastevní vegetace je dobrým zdrojem tokotrienolů (Kerry et al., 2000) a tokotrienoly pomáhají snižovat hladinu cholesterolu v plazmě (Qureshi et al., 1997). Naopak v jiné studii Ponte et al. (2008a) vysledovali, že spásání vegetace luskovin měla okrajový vliv na obsah cholesterolu v mase brojlerů.

Tabulka 7. Koncentrace vybraných mastných kyselin (mg/100g), sumy jednotlivých kategorií mastných kyselin (mg/100g), indexy mastných kyselin a obsah cholesterolu (mg/kg) v prsním svalstvu pomalu rostoucích kohoutků Dominant (Englmaierová et al., 2018)

Ukazatel	Vzorec	Hybridní kombinace			SEM	Průkaznost
		Dominant Sussex D104	Dominant hnědý D102	Dominant Tinted D723		
Myristová	C 14:0	11,37 ^a	4,20 ^b	3,18 ^c	0,780	<0,001
Palmitová	C 16:0	196 ^a	143 ^b	121 ^b	8,3	<0,001
Margarová	C 17:0	2,27 ^a	1,26 ^b	1,17 ^b	0,122	<0,001
Stearová	C 18:0	102,8 ^a	54,0 ^b	55,0 ^b	5,50	<0,001
Arachová	C 20:0	1,22 ^a	0,79 ^b	0,65 ^b	0,065	<0,001
Palmitolejová	C 16:1	15,8 ^b	20,8 ^a	10,0 ^c	1,16	<0,001
Olejová	C 18:1	268 ^a	207 ^b	161 ^c	12,0	<0,001
Eikosenová	C 20:1	1,78	2,11	1,54	0,132	NS
Eruková	C 22:1	0,083 ^a	0,055 ^b	0,044 ^b	0,0045	<0,001
Linolová	C 18:2	91,2 ^a	81,4 ^{ab}	66,6 ^b	3,74	0,018
α-Linolenová	C 18:3	2,77 ^b	3,10 ^a	2,95 ^b	0,094	0,013
γ-Linolenová	C 18:3	7,19	8,67	6,49	0,324	NS
Eikosadienová	C 20:2	2,69 ^a	2,00 ^b	1,65 ^c	0,105	<0,001
Arachidonová	C 20:4	47,5 ^a	28,5 ^b	23,4 ^c	2,28	<0,001
EPA	C 20:5	2,42 ^a	1,55 ^b	1,23 ^b	0,135	<0,001
Klupanodonová	C 22:5	11,06 ^a	6,73 ^b	6,30 ^b	0,548	<0,001
DHA	C 22:6	13,10 ^a	6,70 ^b	5,27 ^b	0,766	<0,001
SFA		319 ^a	206 ^b	184 ^b	14,6	<0,001
MUFA		304 ^a	246 ^b	185 ^c	13,6	<0,001
PUFA		183 ^a	143 ^b	117 ^c	7,4	<0,001
n3		34,4 ^a	24,1 ^b	19,7 ^b	1,56	<0,001
n6		148 ^a	118 ^b	97 ^c	5,8	<0,001
n6/n3		4,31 ^b	4,91 ^a	4,95 ^a	0,077	<0,001
AI		0,500 ^a	0,412 ^c	0,449 ^b	0,0087	<0,001
TI		0,941 ^a	0,789 ^b	0,910 ^a	0,0171	<0,001
HH		2,13 ^b	2,32 ^a	2,15 ^b	0,029	0,008
Cholesterol		441 ^a	396 ^b	306 ^c	13,0	<0,001

^{abc}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; EPA = eikosapentaenová; DHA = dokosahexaenová; SFA = nasycené mastné kyseliny; MUFA = mononenasycené mastné kyseliny; PUFA = polynenasycené mastné kyseliny; AI = aterogenní index; TI = trombogenní index; HH = poměr mezi hypocholesterolemickými a hypercholesterolemickými mastnými kyselinami; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný

Pro výkrm s možností výběhu se používají pomalu rostoucí kuřata, která vykazují vyšší fyzickou aktivitu a tím i schopnost pást se. Kombinované genotypy představují možnou alternativu tohoto způsobu výkrmu. Maso kohoutků kombinovaných genotypů vykrmovaných na pastevních porostech je na rozdíl od konvenčně vykrmovaných rychle rostoucích kuřat vyzrálejší a obohacené o antioxidanty a n3 mastné kyseliny, a lze jej tedy považovat za funkční potravinu. Kohoutci Dominant Brown D 102 jsou ze tří testovaných genotypů Dominant nejvhodnějším genotypem pro výkrm ve volném výběhu z důvodu vyšší užitkovosti a vyššího příjmu pastevní vegetace, což pozitivně ovlivnilo kvalitu masa. Kohoutci Dominant Brown D 102 vážili v 77. dni 1842 g při konverzi krmiva 2,79. Prsní svalstvo tohoto genotypu se vyznačovalo vyšším obsahem α -tokoferolu a oxidační stabilitou a nižším aterogenním a trombogenním indexem a obsahem cholesterolu ve srovnání se dvěma dalšími genotypy. Na druhou stranu maso kohoutků Dominant Sussex D104 vykazovalo více n3 mastných kyselin a nižší poměr n6/n3. Lze tedy konstatovat, že kohouti těchto genotypů Dominant jsou schopni plně využít potenciál pastevní vegetace pro zlepšení kvality jejich masa.

2.3. Vliv restrikce na příjem pastevního porostu a kvalitu masa

Z již zde prezentovaných prací je zřejmý potenciál pastevního porostu na zvýšení kvality masa. Pro zvýšení zájmu kuřat o pastevní porost a zvýšení jeho spotřeby, a tedy i výraznějšího efektu je vhodné kuřatům omezit příjem konvenční krmné směsi. Ponte et al. (2008b) uvádějí, že odhadovaná spotřeba pastevního materiálu z celkového příjmu krmiva (na bázi sušiny) se zvýšila z 1,6 % u kuřat krmených adlibitně na 2,8 a 4,9 % u kuřat, kterým byla krmná dávka snížena o 25 a 50 %.

Vliv restrikce byl sledován v pokusu se středně rostoucími kohoutky Hubbard JA757, kteří byli rozděleni do šesti skupin po 70 kusech dle systému ustájení (podestýlka a mobilní box na pastevním porostu) a dle dávkování krmné směsi (*ad libitum*, snížená dávka o 20 % a snížená dávka o 30 %). Výsledky týkající se užitkovosti a jatečného rozboru jsou uvedeny v Tabulce 8. Živá hmotnost kohoutků na konci pokusu (56. den) byla prokazatelně ($P=0,023$) nejvyšší u adlibitně krmených kuřat ustájených v mobilních boxech na pastvě (3255 g). Adlibitně krmená kuřata z podestýlky vážila 3124 g. Poté následovaly obě skupiny s 20% restrikcí (2757 g (podestýlka) a 2663 g (pastva)). Nejnižší hmotnost měli kohoutci obou dvou skupin s 30% restrikcí (2473 g (podestýlka) a 2472 g (pastva)). Limitované krmení u kuřat ustájených v boxech na pastvě zvýšilo konverzi. Vyšší spotřeba krmiva u skupin vykrmovaných na pastvě byla pravděpodobně způsobena nižší venkovní teplotou (průměr za sledované období byl 11 °C) oproti té, jež byla udržována v případě podestýlkového výkrmu (20 °C). Úhyn byl velmi nízký. Zaznamenány byly pouze 3 uhynulé kusy ve skupinách ustájených na podestýlce, a to

s 20% (1 kus) a 30% restrikcí (2 kusy). Výsledky týkající se živé hmotnosti korespondují se studií Ponte et al. (2008b), kdy restrikce krmiva na úrovni 25 a 50 % rovněž snížila živou hmotnost kuřat. Také konverze krmiva se zvyšovala s úrovní restrikce. Na rozdíl od našeho sledování byla ale konverze nižší u skupin vykrmovaných na pastvě oproti podestýlkovému chovu. Rozdíly mohou být způsobené odlišnými genotypy kuřat v jednotlivých studiích. Ponte et al. (2008b) ve svém pokusu použil kohoutky RedBro Cou Nu × RedBro M, kteří mají nižší intenzitu růstu než námi sledovaní kohoutci Hubbard JA757.

Příjem pastevního porostu rostl spolu s úrovní restrikce. Nejnižší příjem v 50. dni výkrmu měli kohoutci krmení adlibitně (2,63 g DM/ks/den). Dvaceti procentní a 30% restrikce zvýšily příjem pastevní vegetace kuřaty na 3,50 a 3,94 g sušiny/ks/den. Příjem pastvy kuřaty závisí na množství a kvalitě podávaného krmiva. Lorenz a Grashorn (2012) uvádějí spotřebu pastevního porostu u kuřat a slepic na úrovni 2 – 5 g sušiny denně. Na základě koncentrace n-alkanů v pastevním porostu a trávenině Singh a Cowieson (2013) odhadli, že příjem pastevní vegetace se pohyboval od 3,7 do 4,3 % z celkového příjmu krmiva a představoval tak spotřebu trávy v množství 1,55–1,58 g na kuře za 1 hodinu. Obdobnou zvyšující se tendenci spotřeby pastevního porostu po restrikčním opatření uvádějí Ponte et al. (2008b).

Všichni sledovaní ukazatelé jatečného rozboru byli restrikcí negativně ovlivněni ($P < 0,001$) kromě podílu stehen z jatečně opracovaného trupu ($P < 0,001$), který se zvyšující se úrovní restrikce rostl. Rostoucí podíl stehen u restringovaných skupin může být zapříčiněn vyšší pohybovou aktivitou při hledání krmiva. Jatečná výtěžnost ($P < 0,001$) byla vyšší v případě klasického výkrmu na podestýlce, zatímco podíl prsou ($P = 0,008$) z jatečně opracovaného trupu dosahoval vyšších hodnot u pastevního výkrmu. Vyšší podíl prsního svalstva u kuřat s přístupem k travnatému výběhu je zřejmý i ze studie, kterou realizovali Castellini et al. (2002). Lei a Van (1997) uvádějí, že nucená pohybová aktivita zvyšuje podíl prsního svalstva z jatečně opracovaného trupu. Průkazná interakce systému ustájení a limitovaného krmení byla zjištěna u jatečné výtěžnosti ($P = 0,020$). Kohoutci z podestýlkového chovu krmení adlibitně vykazovali nejvyšší výtěžnost (73,8 %), kdežto restrikce 30 % u pastevního výkrmu snížila výtěžnost na 67,4 %. Jak se očekávalo, množství abdominálního tuku bylo významně nižší u restringovaných kuřat než u skupin krměných adlibitně. Tento výsledek byl pravděpodobně způsoben inhibicí jaterní lipogeneze a zvýšením oxidace mastných kyselin (Yang et al., 2010) a snížením počtu abdominálních tukových buněk (Zhong et al., 1995). Dále to mohlo být způsobeno mobilizací tuku pro zásobování energií a abdominální tuk se proto mohl snadněji mobilizovat během období hladovění (Omosebi et al., 2014).

Tabulka 8. Ukazatele užitkovosti a jatečný rozbor (Englmaierová et al., 2019)

Ustájení (U)	Podestýlka			Pastva			SEM	Průkaznost		
	AL	R20	R30	AL	R20	R30		U	R	UxR
Krmná technika (R)										
Živá hmotnost 56. den (g)	3124 ^b	2757 ^c	2473 ^d	3255 ^a	2663 ^c	2472 ^d	22,3	NS	<0,001	0,023
Konverze (kg/kg)	2,17	2,15	2,23	2,26	2,40	2,37				
Spotřeba krmiva/ks/den (g)	122,0	105,8	97,3	132,1	114,8	105,0				
Příjem pastvy/ks/den - 50. den (g DM)	-	-	-	2,63	3,50	3,94				
Úhyn (ks)	0	1	2	0	0	0				
Hmotnost JOT (g)	2219	1977	1834,0	2327	1915	1779	32,0	NS	<0,001	NS
Jatečná výtěžnost (%)	73,8 ^a	72,2 ^{bc}	70,8 ^c	73,3 ^{ab}	69,2 ^d	67,4 ^e	0,39	<0,001	<0,001	0,020
Podíl prsou z JOT (%)	25,1	22,9	23,5	28,2	24,2	24,1	0,38	0,008	<0,001	NS
Podíl stehen z JOT (%)	29,0	29,80	30,7	27,1	29,9	30,2	0,29	NS	<0,001	NS
Abdominální tuk (g)	59,4	49,7	29,0	74,0	43,3	25,2	3,33	NS	<0,001	NS

^{a-e}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; DM = sušina; JOT = jatečně opracovaný trup; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný.

Jak je patrné z Tabulky 9, významná ($P < 0,001$) interakce systému ustájení a restriktce byla stanovena u hodnoty pH masa měřené po 24 hodinách. Nejvyšší pH bylo naměřeno u skupiny pastevních kuřat s 20% restriktcí (5,38), zatímco nejnižší rovněž při ustájení na pastvě, ale s vyšší úrovní restriktce (30 %; 5,19). Hodnota pH měřeného po 24 hodinách od zabití slouží k detekci vady masa DFD. Hodnoty pH vyšší než 6,2 naznačují, že se jedná o maso s touto vadou. Hodnoty pH masa kuřat ze všech sledovaných skupin byly pod touto hranicí. Maso kuřat ustájených v mobilních boxech na pastvě vykazovalo nižší ztrátu vody varem ($P < 0,001$) a byly u něj naměřeny vyšší hodnoty červenosti (a^* ; $P = 0,008$), žlutosti (b^* ; $P < 0,001$). Pastva také prokazatelně zvýšila hodnoty červenosti (a^* ; $P = 0,030$) a žlutosti (b^* ; $P = 0,026$) kůže z prsou. Kdežto křehčí maso po uvaření (síla stříhu; $P = 0,001$) měla kuřata vykrmovaná na podestýlce. Tato zjištění jsou v souladu s prací Sun et al. (2013), kteří zjistili, že samotná pastva prokazatelně snížila hodnoty ztráty vody varem a zvýšila hodnoty červenosti (a^*) a síly stříhu prsního svalstva. Rovněž Michalczuk et al. (2014) uvádějí vyšší hodnoty síly stříhu ($P \leq 0,01$) u pasoucích se kuřat. Castellini et al. (2002) si zhoršení křehkosti masa kuřat chovaných ve volných výbězích vysvětluje větší pohybovou aktivitou takto vykrmovaných kuřat. Vyšší hodnoty červenosti a žlutosti prsního svalstva a kůže byly pravděpodobně způsobeny příjmem pastevního porostu bohatého na karotenoidy, které se ukládají v tukové tkáni.

Tabulka 9. Fyzikální ukazatele kvality prsního svalstva (Englmaierová et al., 2019)

Ustájení (U)	Podestýlka			Pastva			SEM	Průkaznost		
	AL	R20	R30	AL	R20	R30		U	R	UxR
Krmná technika (R)										
pH - 24 hod.	5,29 ^{bc}	5,30 ^b	5,36 ^{ab}	5,29 ^{bc}	5,38 ^a	5,19 ^c	0,013	NS	0,038	<0,001
Ztráta vody odkapem (%)	0,54	0,61	0,74	0,68	0,59	0,59	0,025	NS	NS	NS
Ztráta vody varem (%)	26,0	26,3	26,1	24,8	23,4	21,8	0,38	<0,001	NS	NS
Barva kůže										
L*	66,8	70,0	69,8	68,0	71,9	69,4	0,69	NS	NS	NS
a*	-0,26	0,69	-0,34	1,70	1,49	1,00	0,310	0,030	NS	NS
b*	10,1	11,6	8,8	13,4	13,4	12,8	0,66	0,026	NS	NS
Barva masa na řezu										
L*	54,1	51,9	53,2	54,1	53,7	55,4	0,48	NS	NS	NS
a*	-2,56	-2,07	-2,55	-2,04	-2,02	-1,67	0,095	0,008	NS	NS
b*	4,87	5,43	4,75	5,98	7,43	8,08	0,265	<0,001	NS	NS
Síla stříhu (Warner-Bratzlerův nůž, N)	18,2	16,6	15,2	21,4	20,9	21,3	0,69	0,001	NS	NS

^{a-c}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný.

Obsah vybraných karotenoidů a vitaminů a ukazatel oxidační stability tuků v prsním svalstvu je uveden v Tabulce 10. Statisticky významné interakce byly zaznamenány u obsahu luteinu (P=0,002) a zeaxantinu (P=0,006) v mase a oxidační stability 5 dní skladovaného masa (P=0,024). Nejvyšší hodnoty obsahu obou karotenoidů měla kuřata s přístupem na pastvu spolu s aplikací limitovaného krmení. Nejnižší oxidační stabilitu tuků vykazovalo maso kuřat z pastvy vystavených 30% restrikcí. Omezení dávek krmiva vedlo k vyššímu spásání pastevní vegetace (Tabulka 8) a to se projevilo vyšším zastoupením karotenoidů v mase a zhoršením oxidační stability masa. Možnost příjmu pastevního porostu zvýšila také obsah retinolu (P<0,001) a α -tokoferolu (P=0,017) a snížila obsah γ -tokoferolu (P=0,003) v prsním svalstvu kuřat a oxidační stabilitu čerstvého masa (P=0,002). Redukci obsahu α -tokoferolu (P<0,01) a γ -tokoferolu (P<0,01) u pasoucích se kuřat zaznamenali ve své studii Ponte et al. (2008b). Snížení oxidační

stability masa kuřat ustájených na pastvě mohlo být způsobeno vyšším zastoupením nenasycených mastných kyselin v tomto mase v důsledku příjmu pastevní vegetace, která je na tyto mastné kyseliny bohatá. Nižší oxidační stabilita prsního svalstva pasoucích se kuřat ($P \leq 0,05$) je patrná i z práce Michalczuk et al. (2014). Uplatnění limitovaného krmení snížilo obsah obou dvou sledovaných tokoferolů ($P=0,006$ a $P=0,003$). Vitamin E získaný potravou byl tedy pravděpodobně využit zvířetem ke snížení oxidace polynenasycených mastných kyselin a ke snížení stresu způsobeného nižšími krmnými dávkami. Na druhou stranu Ponte et al. (2008b) nezaznamenali průkazný vliv restriktce na obsah α -tokoferolu a γ -tokoferolu v prsním svalstvu pasoucích se i nepasoucích se kuřat. Významný přínos pastevní vegetace na zvyšování obsahu antioxidantů je zřejmý i z jiných prací (Castellini et al., 2006; Mugnai et al., 2009; Skřivan a Englmaierová, 2014; Englmaierová et al., 2020 a 2021). Vitamin E a karotenoidy přítomné v pastevním porostu obvykle snižují citlivost nenasycených mastných kyselin na oxidaci.

Tabulka 10. Obsah karotenoidů a vitaminů a oxidační stabilita tuků v prsním svalstvu (mg/kg) (Englmaierová et al., 2019)

Ustájení (U) Krmná technika (R)	Podestýlka			Pastva			SEM	Průkaznost		
	AL	R20	R30	AL	R20	R30		U	R	UxR
Lutein	0,043 ^b	0,032 ^b	0,030 ^b	0,059 ^b	0,100 ^a	0,123 ^a	0,0064	<0,001	NS	0,002
Zeaxantin	0,031 ^b	0,021 ^b	0,021 ^b	0,041 ^b	0,073 ^a	0,084 ^a	0,0048	<0,001	NS	0,006
Retinol	0,039	0,044	0,043	0,052	0,049	0,060	0,0016	<0,001	NS	NS
α -Tokoferol	3,81	3,41	3,13	4,46	3,36	3,94	0,111	0,017	0,006	NS
γ -Tokoferol	0,208	0,192	0,175	0,191	0,147	0,162	0,0047	0,003	0,003	NS
MDA 0. den	0,340	0,326	0,344	0,374	0,382	0,406	0,019	0,002	NS	NS
MDA 5. den	0,364 ^b	0,372 ^b	0,371 ^b	0,427 ^b	0,422 ^b	0,543 ^a	0,023	<0,001	0,017	0,024

^{ab}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný
Obsah látek reaktivních s kyselinou thiobarbiturovou byl vyjádřen v miligramech malondialdehydu (MDA) na kilogram masa

Pastevní porost je zdrojem i zdraví prospěšných polynenasycených n3 mastných kyselin (Ponte et al., 2008b; Dal Bosco et al., 2016; Michalczuk et al., 2017; Zhang et al., 2017). Jejich zvýšený ($P < 0,001$) obsah u skupin ustájených v mobilních boxech na pastevním porostu je zřejmý z Tabulky 11. Rovněž poměr n6/n3 mastných kyselin a aterogenní a trombogenní index byl nižší ($P < 0,001$) u těchto skupin, což je z hlediska zdraví lidí prospěšné. Také v případě HH indexu, kdy je naopak žádoucí vyšší hodnota, vyšlo nejlépe maso kuřat vykrmovaných venku

na pastevním porostu ($P < 0,001$). Restrikce krmiva u kuřat ustájených v mobilních boxech přinutila kuřata k vyššímu příjmu pastevní vegetace, což se projevilo i v zastoupení mastných kyselin v prsním svalstvu. U kuřat bez přístupu k pastevnímu porostu vedlo omezení příjmu krmiva k nižšímu obsahu kyseliny α -linolenové v mase, zatímco u kuřat z mobilních boxů na pastvě restrikce zvýšila ukládání této hlavní mastné kyseliny v prsním svalstvu. Tento výsledek koresponduje se studií Ponte et al. (2008b). Restrikce na úrovni 20 % u těchto kuřat významně zvýšila obsah n3 mastných kyselin ($P = 0,002$) a HH index ($P = 0,005$) a snížila poměr n6/n3 ($P < 0,001$) a aterogenní ($P < 0,001$) a trombogenní index ($P = 0,003$) oproti ostatním skupinám. Třicetiprocentní restrikce už byla pravděpodobně příliš vysoká a došlo při ní ke snížení n3 mastných kyselin v mase na úroveň adlibitně krmené skupiny v mobilním boxu. Nepříznivý účinek dlouhodobého omezení je zřejmý ze studie Michiels et al. (2014), kdy restrikce u pasoucích se kuřat trvajících 7 týdnů vedla ke snížení obsahu n3 mastných kyselin na hodnotu kuřat ustájených v hale a krmených adlibitně. Obsah cholesterolu v prsním svalstvu ovlivnila pouze úroveň restrikce ($P = 0,042$), kdy s nižší dávkou krmiva došlo ke snížení obsahu cholesterolu. Naopak Ponte et al. (2008b) uvedli, že koncentrace celkového cholesterolu byla vyšší v mase kuřat, která byla vystavena nejvyšší úrovni restrikce ($P < 0,01$).

Tabulka 11. Koncentrace vybraných mastných kyselin (mg/100g), sumy jednotlivých kategorií mastných kyselin (mg/100g), indexy mastných kyselin a obsah cholesterolu (mg/kg) v prsním svalstvu (Englmaierová et al., 2019)

Ustájení (U) Krmná technika (R)	Podestýlka			Pastva			SEM	Průkaznost		
	AL	R20	R30	AL	R20	R30		U	R	UxR
α-Linolenová	2,2 ^d	0,8 ^d	0,2 ^d	13,7 ^c	37,3 ^a	23,4 ^b	2,25	<0,001	0,001	<0,001
EPA	0,182 ^b	0,207 ^b	0,082 ^c	0,236 ^{ab}	0,283 ^a	0,293 ^a	0,0138	<0,001	NS	0,004
DHA	3,93 ^b	3,43 ^b	1,40 ^c	4,29 ^b	5,31 ^a	4,76 ^{ab}	0,223	<0,001	0,001	<0,001
SFA	180 ^b	103 ^c	60 ^c	207 ^{ab}	182 ^b	245 ^a	11,0	<0,001	0,006	<0,001
MUFA	121 ^{bc}	69 ^c	34 ^c	234 ^{ab}	193 ^b	257 ^a	14,0	<0,001	0,044	0,008
PUFA	110 ^{bc}	77 ^c	41 ^c	144 ^b	187 ^a	190 ^a	9,6	<0,001	NS	<0,001
n3	10,6 ^c	7,9 ^c	3,0 ^c	22,1 ^{bc}	56,4 ^a	33,7 ^b	3,26	<0,001	0,004	0,002
n6	100 ^b	69 ^{bc}	38 ^c	121 ^b	130 ^{ab}	156 ^a	6,8	<0,001	NS	<0,001
n6/n3	9,50 ^b	8,76 ^b	13,30 ^a	5,52 ^c	2,53 ^d	4,76 ^c	0,540	<0,001	<0,001	<0,001
AI	0,666 ^a	0,470 ^c	0,526 ^b	0,431 ^d	0,352 ^e	0,410 ^d	0,0149	<0,001	<0,001	<0,001
TI	1,24 ^b	1,08 ^c	1,32 ^a	0,84 ^d	0,55 ^e	0,78 ^d	0,040	<0,001	<0,001	0,003
HH	1,50 ^f	1,93 ^d	1,76 ^e	2,17 ^c	2,72 ^a	2,29 ^b	0,059	<0,001	<0,001	0,005
Cholesterol	367	313	310	352	345	336	6,5	NS	0,042	NS

^{a-f}Hodnoty na stejném řádku označené jinými písmeny se průkazně liší; EPA = eikosapentaenová; DHA = dokosahexaenová; SFA = nasycené mastné kyseliny; MUFA = mononenasycené mastné kyseliny; PUFA = polynenasycené mastné kyseliny; AI = aterogenní index; TI = trombogenní index; HH = poměr mezi hypocholesterolemickými a hypercholesterolemickými mastnými kyselinami; SEM = střední chyba průměru; NS = neprůkazný

Z hlediska zvýšení spotřeby pastevní vegetace kuřaty chovanými ve volném výběhu je výhodné snížit úroveň podávání běžné cereální krmné směsi. Nežádoucím efektem restriktce je však pokles ukazatelů užitkovosti. Proto je důležité najít kompromis, který zajistí zvýšení obsahu antioxidantů a n3 mastných kyselin v mase restriktcí, ale s tolerovatelným snížením užitkovosti. U středně rostoucích kohoutků Hubbard JA 757 byla restriktce cereální krmné směsi o 20 % dostatečná ke zvýšení obsahu luteinu a zeaxantinu a snížení poměru n6/n3 a aterogenního a trombogenního indexu při dosažení živé hmotnosti 2 663 g v 56 dnech věku.

3. Závěr

Pastevní vegetace je bohatá na karotenoidy, vitaminy i n3 mastné kyseliny, které se formou pastvy dostávají do organismu pasoucích se jedinců a obohacují tak jejich maso o tyto látky a

zvyšují tím nejen kvalitu produktů, ale i zdraví zvířat a lidí. Pro zajištění vyššího příjmu pastevní vegetace je vhodné u kuřat aplikovat restrikcí, tj. snížit množství předkládané cereální krmné směsi. Úroveň restrikce musí být s rozvahou, aby nedošlo k nechtěnému razantnímu snížení užitkovosti, ale jen v tolerovaných mezích.

Pro pastevní výkrm lze zvolit speciálně vyšlechtěného hybridu s pomalým růstem anebo kohoutky nosných linií, kteří by jinak byli po vysexování usmrceni. Tato kuřata vykazují vyšší pohybovou aktivitu a jsou vhodná pro výběhový výkrm s možností pastvy. Z hlediska zpracovatelů a konzumentů se jeví toto maso jako tužší, protože jsou u něj zaznamenány vyšší ztráty šťávy masa odkapem a varem a méně příznivé charakteristiky textury oproti masu rychle rostoucích kuřat. Ale ve vztahu ke zdraví lidí bude naopak maso těchto kuřat s většími předpoklady pást se zdrojem antioxidantů, především karotenoidů a vitamínu E, a nenasycených mastných kyselin s příznivým poměrem n6/n3 a tudíž ho lze považovat za funkční potravinu. Vzhledem k delší době výkrmu a vyšší spotřebě krmiva je ale cena masa těchto kuřat výrazně, mnohdy až trojnásobně, vyšší oproti běžně vykrmovaným rychle rostoucím brojlerovým kuřatům a bude tedy i limitujícím faktorem pro častější využívání pomalu rostoucích kuřat za účelem výkrmu.

4. Poděkování

Práce vznikla za finanční podpory Ministerstva zemědělství České republiky (projekty MZE-RO0718 a QK1910387).

5. Seznam literatury

- Alessandri, J.M., Extier, A., Al-Gubory, K.H., Harbeby, E., Lallemand, M., Linard, A., Laviolle, M., Guesnet, P. 2012. Influence of gender on DHA synthesis: The response of rat liver to low dietary α -linolenic acid evidences higher ω 3 Δ 4-desaturation index in females. *Eur. J. Nutr.* 51, 199–209.
- Almasi, A., Andrassyne, B.G., Milisits, G., Kustosne, P.O., Suto, Z. 2015. Effects of different rearing systems on muscle and meat quality traits of slow- and medium-growing male chickens. *Br. Poult. Sci.* 56, 320–324.
- Berri, C., Wacrenier, N., Millet, N., Le Bihan-Duval, E. 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poult. Sci.* 80, 833–838.

- Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Baeza, E., Chartrin, P., Picgirard, L., Jehl, N., Quentin, M., Picard, M., Duclos, M.J. 2005. Further processing characteristics of breast and leg meat from fast-, medium- and slow-growing commercial chickens. *Anim. Res.* 54, 123–134.
- Boschetti, E., Bordoni, A., Meluzzi, A., Castellini, C., Dal Bosco, A., Sirri, F. 2016. Fatty acid composition of chicken breast meat is dependent on genotype-related variation of FADS1 and FADS2 gene expression and desaturating activity. *Animal.* 10, 700–708.
- Bruijnis, M.R.N., Blok, V., Stassen, E.N., Gremmen, H.G.J. 2015. Moral "Lock-In" in Responsible Innovation: The Ethical and Social Aspects of Killing Day-Old Chicks and Its Alternatives. *J. Agric. Environ. Ethics.* 28, 939–960.
- Cartoni Mancinelli, A., Mattioli, S., Dal Bosco, A., Piottoli, L., Ranucci, D., Branciarri, R., Cotozzolo, E., Castellini, C. 2019. Rearing Romagnola geese in vineyard: pasture and antioxidant intake, performance, carcass and meat quality. *Ital. J. Anim. Sci.* 18, 372–380.
- Castellini, C., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Bernardini, M. 2002. Performance and behaviour of chickens with different growing rate reared according to organic system. *Ital. J. Anim. Sci.* 1, 291–300.
- Castellini, C., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Pedrazzoli, M. 2006. Comparison of two chicken genotypes organically reared: Oxidative stability and other qualitative traits of the meat. *Ital. J. Anim. Sci.* 5, 29–42.
- Dal Bosco, A., Mugnai, C., Sirri, F., Zamparini, C., Castellini, C. 2010. Assessment of a global positioning system to evaluate activities of organic chickens at pasture. *J. Appl. Poult. Res.* 19, 213–218.
- Dal Bosco, A., Mugnai, C., Ruggeri, S., Mattioli, S., Castellini, C. 2012. Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poult. Sci.* 91, 2039–2045.
- Dal Bosco, A., Mugnai, C., Mattioli, S., Rosati, A., Ruggeri, S., Ranucci, D., Castellini, C. 2016. Transfer of bioactive compounds from pasture to meat in organic free-range chickens. *Poult. Sci.* 95, 2464–2471.
- Debut, M., Berri, C., Baéza, E., Sellier, N., Arnould, C., Guémené, D., Jehl, N., Boutten, B., Jégo, Y., Beaumont, C., Le Bihan-Duval, E. 2003. Variation of chicken meat quality in relation to genotype and stressing pre-slaughter conditions. *Poult. Sci.* 82, 1829–1838.
- Englmaierová, M., Bubancová, I., Vít, T., Skřivan, M. 2011. The effect of lycopene and vitamin E on growth performance, quality and oxidative stability of chicken leg meat. *Czech J. Anim. Sci.* 56, 536–543.

- Englmaierová, M., Skřivan, M., Skřivanová, V. 2018. Kvalita masa kuřat Dominant chovaných na pastvě. Certifikovaná metodika, ISBN 978-80-7403-203-5. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
- Englmaierová, M., Skřivanová, V. 2019. Vliv pastvy a limitovaného krmení na kvalitu masa kuřat. Certifikovaná metodika, ISBN 978-80-7403-225-7. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
- Englmaierová, M., Skřivan, M., Taubner, T., Skřivanová, V. 2020. Performance and meat quality of dual-purpose cockerels of dominant genotype reared on pasture. *Animals*. 10:Article number 387.
- Englmaierová, M., Skřivan, M., Taubner, T., Skřivanová, V., Čermák, L. 2021. Effect of housing system and feed restriction on meat quality of medium-growing chickens. *Poult. Sci.* 100, Article number 101223.
- Fanatico, A.C., Pillai, P.B., Cavitt, L.C., Owens, C.M., Emmert, J.L. 2005. Evaluation of slower growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: growth performance and carcass yield. *Poult. Sci.* 84, 1321–1327.
- Fanatico, A.C., Owens, C.M., Emmert, J.L. 2009. Organic poultry production in the United States. *J. Appl. Poult. Res.* 18, 355–366.
- Funaro, A., Cardenia, V., Petracci, M., Rimini, S., Rodriguez-Estrada, M.T., Cavani, C. 2014. Comparison of meat quality characteristics and oxidative stability between conventional and free-range chickens. *Poult. Sci.* 93, 1511–1522.
- Givens, D.I., Gibbs, R.A., Rymer, C., Brown, R.H. 2011. Effect of intensive vs. free range production on the fat and fatty acid composition of whole birds and edible portions of retail chickens in the UK. *Food Chem.* 127, 1549–1554.
- Glamoclija, N., Starcevic, M., Janjic, N., Ivanovic, J., Boskovic, M., Djordjevic, J., Markovic, R., Baltic, M.Z. 2015. The effect of breed line and age on measurements of pH-value as meat quality parameter in breast muscles (m. pectoralis major) of broiler chickens. *Procedia Food Science.* 5, 89–92.
- Grau, A.F., Quardiola, S., Grimpa, A., Barroeta, C., Codony, R. 2001. Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage. Influence of dietary α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Poult. Sci.* 80, 1630–1642.
- Jelínková, P. 2015. Výkrm kohoutků nosného typu. Diplomová práce, Brno, Mendelova univerzita v Brně, 1–58.
- Kalač, P. 2013. Fresh and ensiled forages as a source of estrogenic equol in bovine milk: a review. *Czech J. Anim. Sci.* 58, 296–303.

- Kälber, T., Meier, J.S., Kreuzer, M., Leiber, F. 2011. Flowering catch crops used as forage plants for dairy cows: influence of fatty acids and tocopherols in milk. *J. Dairy Sci.* 94, 1477–1489.
- Kerry, J.P., Buckley, D.J., Morrissey, P.A. 2000. Improvement of oxidative stability of beef and lamb with vitamin E. In *Antioxidants in Muscle Foods*. Decker, E.A., Faustman, C., Lopez-Bote, C., Ed. Wiley-Interscience, New York, pp. 229–262.
- Larsen, M.K., Fretté, X.C., Kristensen, T., Eriksen, J., Søgaard, K., Nielsen, J.H. 2012. Fatty acid, tocopherol and carotenoid content in herbage and milk affected by sward composition and season of grazing. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 92, 2691–2698.
- Lei, S., Van, B. 1997. Influence of activity and dietary energy on broiler performance, carcass yield and sensory quality. *Br. Poult. Sci.* 38, 183–189.
- Lizardo, R., van Milgen, J., Mourot, J., Noblet, J., Bonneau, M. 2002. A nutritional model of fatty acid composition in the growing-finishing pig. *Livest. Prod. Sci.* 75, 167–182.
- Lorenz, C., Grashorn, M.A. 2012. Comparison of crop and gizzard content of conventional and organic broilers. In: *Proc. 24th World's Poultry Congress, Salvador de Bahia, Brazil*, 92.
- Mattioli, S., Dal Bosco, A., Ruggeri, S., Martino, M., Moscati, L., Pesca, C., Castellini, C. 2017. Adaptive response to exercise of fast-growing and slow-growing chicken strains: blood oxidative status and non-enzymatic antioxidant defense. *Poult. Sci.* 96, 4096–4102.
- Michiels, J., Tagliabue, M.M., Akbarian, A., Owyn, A., De Smet, S. 2014. Oxidative status, meat quality and fatty acid profile of broiler chickens reared under free-range and severely feed-restricted conditions compared with conventional indoor rearing. *Avian Biol. Res.* 7, 74–82.
- Michalczuk, M., Łukasiewicz, M., Zdanowska-Sasiadek, Ż., Niemiec, J. 2014. Comparison of selected quality attributes of chicken meat as affected by rearing systems. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 64, 121–126.
- Michalczuk, M., Zdanowska-Sasiadek, Z., Damaziak, K., Niemiec, J. 2017. Influence of indoor and outdoor systems on meat quality of slow-growing chickens. *CyTA-J. Food.* 15, 15–20.
- Mikulski, D., Celej, J., Jankowski, J., Majewska, T., Mikulska, M. 2011. Growth performance, carcass traits and meat quality of slower-growing chickens raised with and without outdoor access. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 24, 1407–1416.
- Mueller, S., Kreuzer, M., Siegrist, K., Mannale, R.E., Messikommer, I., Gangnat, D. 2018. Carcass and meat quality of dualpurpose chickens (Lohmann Dual, Belgian Malines, Schweizerhuhn) in comparison to broiler and layer chicken types. *Poult. Sci.* 97, 3325–3336.

- Mugnai, C., Dal Bosco, A., Castellini, C. 2009. Effect of rearing system and season on the performance and egg characteristics of Ancona laying hens. *Ital. J. Anim. Sci.* 8, 175–188.
- Muth, P.C., Ghaziani, S., Klaiber, I., Zárata, A.V. 2018. Are carcass and meat quality of male dual-purpose chickens competitive compared to slow-growing broilers reared under a welfare-enhanced organic system? *Org. Agr.* 8, 57–68.
- Omosebi, D.J., Adeyemi, O.A., Sogunle, M.O., Idowu, O.M.O., Njoku, C.P. 2014. Effects of duration and level of feed restriction on performance and meat quality of broiler chickens. *Arch. Zootec.* 63, 611–621.
- Pavlata, I., Antoš, D., Pechová, A., Podhorský, A. 2008. Occurrence of vitamin E metabolism disorders, their diagnostics and therapy in cattle. *Veterinářství.* 58, 38–43.
- Ponte, P.I.P., Mendes, I., Quaresma, M., Aguiar, M.N.M., Lemos, J.P.C., Ferreira, L.M.A., Soares, M.A.C., Alfaia, C.M., Prates, J.A.M., Fontes, C.M.G.A. 2004. Cholesterol levels and sensory characteristics of meat from broilers consuming moderate to high levels of alfalfa. *Poult. Sci.* 83, 810–814.
- Ponte, P.I.P., Rosado, C.M.C., Crespo, J.P., Mourão, J.L., Chaveiro-Soares, M.A., Brás, J.L.A., Mendes, I., Gama, L.T., Prates, J.A.M., Ferreira, L.M.A., Fortes, C.M.G.A. 2008a. Pasture intake improves the performance and meat sensory attributes on free-range broilers. *Poult. Sci.* 87, 71–79.
- Ponte, P.I.P., Prates, J.A.M., Crespo, J.P., Crespo, D.G., Mourão, J.L., Alves, S.P., Bessa, R.J.B., Chaveiro-Soares, M.A., Gama, L.T., Ferreira L.M.A., Fontes, C.M.G.A. 2008b. Restricting the intake of a cereal-based feed in free-range-pastured poultry: Effects on performance and meat quality. *Poult. Sci.* 87, 2032–2042.
- Qureshi, A.A., Bradlow, B.A., Salser, W.A., Brace, L.D. 1997. Novel tocotrienols of rice bran modulate cardiovascular disease parameters of hypercholesterolemic humans. *Nutr. Biochem.* 8, 290–298.
- Sirri, F., Castellini, C., Bianchi, M., Petracci, M., Meluzzi, A., Franchini, A. 2011. Effect of fast-, medium- and slow-growing strains on meat quality of chickens reared under the organic farming method. *Animal.* 5, 312–319.
- Skiba, G., Poławska, E., Sobol, M., Raj, S., Weremko, D. 2015. Omega-6 and omega-3 fatty acids metabolism pathways in the body of pigs fed diets with different sources of fatty acids. *Arch. Anim. Nutr.* 69, 1–16.
- Skřivan, M., Englmaierová, M. 2014. The deposition of carotenoids and α -tocopherol in hen eggs produced under a combination of sequential feeding and grazing. *Anim. Feed Sci. Technol.* 190, 79–86.

- Skřivan, M., Pickinpaugh, S.H., Pavlů, V., Skřivanová, E., Englmaierová, M. 2015. A mobile system for rearing meat chickens on pasture. *Czech J. Anim. Sci.* 60, 52–59.
- Sossidou, E.N., Dal Bosco, A., Castellini, C., Grashorn, M.A. 2015. Effects of pasture management on poultry welfare and meat quality in organic poultry production systems. *Worlds Poult. Sci. J.* 71, 375–384.
- Sun, T., Long, R.J., Liu, Z.Y. 2013. The effect of diet containing grasshoppers and access to free-range on carcass and meat physicochemical and sensory characteristics in broilers. *Br. Poult. Sci.* 54, 130–137.
- Surai, P.F. 2003. *Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction*. Nottingham University Press.
- Touraille, C., Ricard, F.P., Kopp, J., Valin, C., Leclercq, B. 1981. Chicken meat quality. 2 Changes with age of some physical chemical and sensory characteristics of the meat. *Arch. Geflügelkd.* 45, 97–104.
- Wang, K.H., Shi, S.R., Dou, T.C., Sun, H.J. 2009. Effect of a free-range raising system on growth performance, carcass yield, and meat quality of slow-growing chicken. *Poult. Sci.* 88, 2219–2223.
- Yang, X., Zhuang, J., Rao, K., Li, X., Zhao, R. 2010. Effect of early feed restriction on hepatic lipid metabolism and expression of lipogenic genes in broiler chickens. *Res. Vet. Sci.* 89, 438–444.
- Zhang, X.Q., Jin, Y.M., Badgery, W.B., Tana. 2017. Diet selection and n-3 polyunsaturated fatty acid deposition in lambs as affected by restricted time at pasture. *Scientific Reports*. 7, Article number 15641.
- Zhong, C., Nakaue, H.S., Hu, C.Y., Mirosh, L.W. 1995. Effect of full food and early food restriction on broiler performance, abdominal fat level, cellularity and fat metabolism in broiler chickens. *Poult. Sci.* 74, 1636–1643.
- Zuidhof, M.J., Betti, M., Korver, D.R., Hernandez, F.I.L., Schneider, B.L., Carney, V.L., Renema, R.A. 2009. Omega-3-enriched broiler meat: 1. Optimization of a production system. *Poult. Sci.* 88, 1108–1120.