

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vada masa DFD: vznik, význam a výskyt u přežvýkavců
Bakalářská práce**

Martina Štrbová

Chov hospodářských zvířat

Ing. Daniel Bureš, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vada masa DFD vznik, význam a výskyt u přežvýkavců" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil(a) autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Danielu Burešovi, Ph.D. za odborné vedení, spolupráci a vstřícnost při konzultacích, které napomohly vzniku této bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala rodině za podporu v průběhu studia.

Vada masa DFD: vznik, význam a výskyt u přežvýkavců

Souhrn

Bakalářská práce na téma "Vada masa DFD: vznik, význam a výskyt u přežvýkavců" shrnovala rozsáhlou analýzu této problematiky z různých perspektiv. Práce se zaměřovala na následující klíčové kapitoly: Postmortální změny v mase: Tato část práce se zabývala procesy, které nastávají v mase po smrti zvířete. Analyzovala postmortální rozklad ATP a další biochemické a fyziologické procesy, které ovlivňovaly kvalitu masa. Detailněji zkoumala roli ATP ve svalové tkáni po smrti zvířete a její vliv na vývoj vady DFD (tmavé, tuhé, suché). DFD vada masa: Tato část práce byla zaměřena na samotnou vadu masa DFD, včetně její definice, charakteristik a důsledků pro spotřebitele a průmysl. Souvislosti barvy DFD masa korelující s ostatními jakostními znaky: Analyzovala vztah mezi barvou masa s výskytem vady DFD a dalšími jakostními znaky, jako je textura a chuť masa. Dark cutting beef: Podrobně zkoumaný fenomén dark cutting beef a jeho spojitost s výskytem vady DFD u skotu. Příčiny vzniku vady DFD: Identifikovali a analyzovali jsme hlavní faktory, které přispívají k vzniku vady DFD u přežvýkavců. Přeprava dobytka: Zhodnocení vlivu stresu z přepravy dobytka na vznik vady DFD a kvalitu masa. Proteomické metody: Zkoumání moderních proteomických metod jako nástroj pro analýzu a diagnostiku vady DFD. Druhy zvířat, u nichž se vyskytuje DFD vada masa: Identifikace různých druhů zvířat se zaměřením především na přežvýkavce, u kterých byla vada DFD častá, a analyzuje možné odlišnosti mezi nimi. Využití a zpracování DFD masa: Diskutovali jsme o možnostech využití a zpracování masa postiženého vadou DFD a případných opatřeních k minimalizaci ztrát.

Tato práce přináší komplexní pohled na problematiku vady masa DFD a poskytuje důležité poznatky pro průmysl, vědu a spotřebitele. Její výsledky mohou sloužit jako podklad pro další výzkumy a zlepšení postupů v prevenci a řízení výskytu této vady v praxi.

Klíčová slova: postmortální proces, prevence, přežvýkavci, textura, údržnost

DFD meat defect: origin, importance and occurrence in ruminants

Summary

The bachelor thesis on "DFD meat defect: origin, significance and occurrence in ruminants" summarized an extensive analysis of this issue from different perspectives. The thesis focused on the following key chapters: Post-mortem changes in meat: This part of the thesis dealt with the processes that occur in meat after the death of the animal. It analysed the post-mortem degradation of ATP and other biochemical and physiological processes that affected the quality of meat. It examined in detail the role of ATP in muscle tissue after animal death and its effect on the development of DFD defects (dark, tough, dry). DFD meat defect: This part of the thesis focused on the DFD meat defect itself, including its definition, characteristics and implications for consumers and industry. Correlation of DFD meat colour correlating with other quality traits: It analysed the relationship between DFD defect meat colour and other quality traits such as texture and flavour. Dark cutting beef: Investigated in detail the phenomenon of dark cutting beef and its association with the occurrence of DFD defects in cattle. Causes of DFD: The main factors contributing to the development of DFD in ruminants were identified and analysed. Cattle transport: Evaluation of the effect of cattle transport stress on the development of DFD defects and meat quality. Proteomic methods: Exploring modern proteomic methods as a tool for the analysis and diagnosis of DFD defects. Identification of the different animal species in which the DFD meat defect occurs: Identification of the different animal species, focusing in particular on ruminants in which the DFD defect was common, and analysing possible differences between them. Utilisation and processing of DFD meat: We discussed the possibilities of utilisation and processing of meat affected by DFD defect and possible measures to minimise losses. This paper provides a comprehensive view of the DFD meat defect issue and provides important insights for industry, science and consumers. Its results can serve as a basis for further research and improvement in the prevention and management of this defect in practice.

Keywords: postmortem process, prevention, ruminants, sustainability, texture

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Postmortální změny v mase	10
3.1.1 <i>Pre-rigor mortis</i>	10
3.1.2 Rigor mortis	10
3.1.3 Zrání masa.....	11
3.1.4 Autolýza	12
3.1.5 Proteolýza	12
3.2 ATP v postmortálních procesech	12
3.3 DFD vada masa	13
3.4 Souvislosti barvy DFD masa korelující s ostatními jakostními znaky	15
3.4.1 Rozdělení DFD masa dle pH hodnot	15
3.4.2 Vztahy mezi barvou a jakostními znaky DFD hovězího masa	15
3.5 Dark cutting beef	16
3.5.1 Mezní hodnoty pro DCB.....	17
3.5.2 Výskyt DCB	17
3.5.3 Rozdíl mezi DCB masem a normálním nepostíženým masem	17
3.5.4 Metabolický rozklad glykogenu ve svalech	18
3.6 Příčiny vzniku vady DFD	18
3.6.1 Příčiny související s anomáliemi autolýzy masa	18
3.6.2 Příčiny související s vnějším prostředím	18
3.6.3 Příčiny vzniku vady ovlivněné jedincem	21
3.6.4 Předporážkové faktory ovlivňující kvalitu masa	21
3.6.5 Stres a negativní vlivy působící na kvalitu jatečně opracovaného těla	24
3.6.6 Negativní před porážkové faktory u skotu	24
3.7 Přeprava dobytka	25
3.8 Další druhy zvířat, u nichž se vyskytuje DFD vada masa	27
3.8.1 Maso ovcí.....	27
3.8.2 Netradiční druhy zvířat pro produkci masa	28
3.8.3 Maso jelenovitých.....	32
3.8.4 Zvěřina	33
3.9 Využití a zpracování DFD masa	33
3.9.1 Využití a zpracování DFD masa v tepelně opracovaném i neopracovaném stavu 33	
3.9.2 Vysokotlaká netepelná pasterizace	33
3.9.3 Balení v modifikované atmosféře	34

3.10 Proteomické metody	34
4 Závěr	35
5 Literatura.....	36
6 Seznam použitých zkratek a symbolů.....	45

1 Úvod

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku výskytu vady masa s označením "Dark, Firm, and Dry" (DFD – tmavé, tuhé, suché). Tato práce se zabývá vznikem a rozšířením této vady u různých druhů zvířat, především u přežvýkavců. Vedle tradičních druhů přežvýkavců je v práci též prozkoumána problematika výskytu vady DFD u nedomestikovaných druhů přežvýkavců, zejména na africkém kontinentu.

Vady masa, jako je DFD, mají negativní dopad na spotřebitele a ovlivňují tržní ekonomiku, především pokud jde o využití masa s touto vadou v mletých masných výrobcích.

Literární rešerše vychází z publikací uvedených v seznamu literatury.

Hlavním cílem práce bylo se detailně seznámit s problematikou vady DFD, včetně post mortálních procesů, které k jejímu vzniku přispívají, jako je rozklad ATP a hromadění kyseliny mléčné ve svalech po smrti zvířete. Práce dále analyzuje charakteristické znaky vady DFD, jako je hodnota pH a barva masa. Značná pozornost je věnována kapitole, která se zabývá příčinami vzniku této vady, a je rozdělena do několika podkapitol podle faktorů, které ji způsobují.

Samotný proces přepravy dobytka na jatka je důležitým aspektem, který často negativně ovlivňuje kvalitu masa, které bude zpracováno, a to zejména stresovým působením na zvířata během přepravy.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo provedení analýzy příčin vzniku, významu a rozšíření vady masa označované jako DFD u domestikovaných i nedomestikovaných přežvýkavců. Na základě dostupných literárních zdrojů. Zjištění řešení problematiky spojené s vadou masa. Jak vady masa eliminovat v přepravě zvířat, manipulací se zvířaty před porážkou. Možnost využití a zpracování masa z hlediska minimalizace jakostních ztrát.

3 Literární rešerše

3.1 Postmortální změny v maso

Maso hospodářských zvířat si lze představit jako složitý biologický systém, ve kterém po porážce probíhá celá řada biochemických a fyziologických procesů. Biochemické a fyziologické procesy se označují termínem „zrání masa“. Zrání masa vede k přeměně svaloviny zvířat v maso. Tomu odpovídají všechny technologické a organoleptické charakteristiky, které jsou pro finální kvalitu masa určující.

Postmortální změny započnou v okamžiku usmrcení zvířete, kdy se zamezí přívodu kyslíku krevním oběhem (Pipek 1995). Startuje proces, kdy se začínají nahrazovat aerobní procesy v buňkách svalových vláken. Dochází k hromadění se kyseliny mléčné. K poklesu pH dochází zvyšováním koncentrace kyseliny mléčné ve svalech (Bureš et al. 2020). Anaerobní procesy pokračují až do dosažení hodnoty pH, kdy se inaktivují glykolytické enzymy. Avšak nejčastěji dochází k celkovému vyčerpání glykogenu (Pipek 1995). Fragmentaci dlouhých řetězců bílkovin způsobují endogenní proteolytické enzymy, které zapříčiňují zlepšené texturní charakteristiky u tepelně upraveného masa.

Přeměna svaloviny v maso lze rozdělit do 4 fází.

3.1.1 *Pre-rigor mortis*

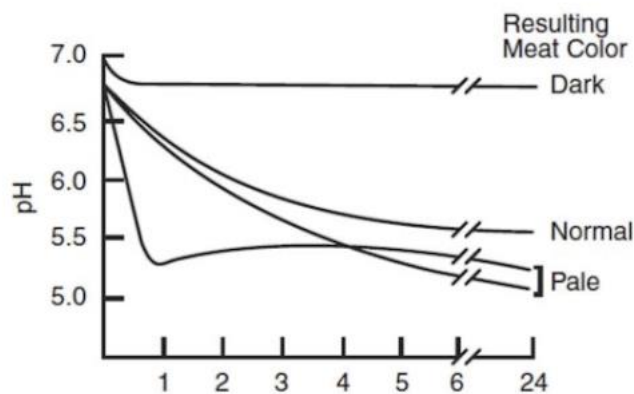
První fází je doba před dosažením posmrtné ztuhlosti (*pre-rigor*) tzv. teplé maso (Pipek 1995). Hodnota pH se zde pohybuje v neutrální oblasti hodnot 6,9-7,2 (Rysová 2019). Nutno uvést, že pojem teplé maso nesouvisí s teplotou, ale s biochemickým stavem masa. V této fázi je maso vysoce vazné, není tuhé, neuvolňuje vodu. Toto maso je vhodné do mělněných masných výrobků (Pipek 1995). V této fázi je stále přítomné ATP, proto dochází k disociaci aktomyozinového komplexu. Poklesem koncentrace ATP nedochází k udržení disociovaného aktinu a myosinu. Nevratné spojení tenkých a tlustých fragment označujeme za vznik aktomyosinového komplexu, který zapříčiňuje posmrtnou ztuhlost. Přejít do 2. fáze označované jako *rigor mortis* (Rysová 2019).

3.1.2 *Rigor mortis*

Druhá fáze se označuje jako posmrtná ztuhlost (*rigor mortis*). K posmrtné ztuhlosti dochází při poklesu koncentrace ATP na hodnotu 1 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$. Ve svalovině poraženého zvířete je však koncentrace ATP až 5 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$. Tím můžeme říct, že k *rigor mortis* fázi může dojít, až po 75-80% poklesu koncentrace ATP. Dochází k vytvoření aktomyosinového komplexu, při kterém svalovina ztrácí svoji pružnost. Smrštění svaloviny v přímém směru zapříčiňuje spojení aktinu a myosinu. Vzniká tím prostor mezi endomysiem, který se pravděpodobně vyplní sarkoplazmatem. Toto místo je tak průchozí pro mikroorganismy do svalové tkáně. *Rigor mortis* je ovlivněn nejen poklesem pH ale i teplotou. Při zvýšené teplotě *rigor mortis* nastupuje rychleji. Při příliš brzkém snížení teplot před nástupem *rigor mortis* může dojít k tzv. chladovému zkrácení. Hovězí svalovina do fáze *rigor mortis* vstupuje obvykle 3-6 hodin *post mortem*. Po dosažení 20 hodin můžeme říct, že fáze dosáhla maxima a nyní bude trvat 24-48

hodin (Pipek 1995). Textura masa je nejvíce ovlivněna zkrácením svalových vláken (Bureš et al. 2020). Je známo, že vlákno ve fázi posmrtné ztuhlosti se zkracuje o 7-10 % své původní délky. Svalová vlákna jsou náchylná k lámavosti (Pipek 1995). Vaznost masa je maximální pouze ihned po porážce. S nástupem posmrtné ztuhlosti vaznost masa klesá, protože zároveň dochází k poklesu pH. Vaznost zároveň ovlivňuje aktomyosinový komplex, kdy dochází ke svalové kontrakci a odbourává se ATP. Snížená vaznost společně s extrémní tuhostí zapříčinuje velmi obtížnou zpracovatelnost masa. Maso se špatně krájí, při zvýšené teplotě v místě krájení dochází k lokální denaturaci. Tím je zapříčiněna následná snížená vaznost, která ovlivňuje ztrátu masové šťávy (Pipek 1995).

Na obrázku můžeme vidět změnu klesajícího pH ve svalovině. Během období po porážce při normálním průběhu postmortálních změn (Normal). Křivku vyznačující změnu pH při výskytu vady DFD (Dark). V poslední řadě je znázorněna křivka pH vyskytující se u vady PSE (Pale).



Obrázek 1: Změna pH u D masa (Pipek 1995)

3.1.3 Zrání masa

Vlastní zrání masa je třetí fází, kde probíhají změny především v textuře masa, které jsou zapříčiněné strukturálními změnami. Vlastní zrání masa velmi ovlivňují i dvě předchozí fáze. Stále se zde, ale uplatňují ostatní faktory jako jsou teplota, druh svalu nebo genotyp jedince.

Kalpainy, katepsiny a kaspázy patří mezi aktivované endogenní proteolytické enzymy svalových vláken. Významně ovlivňují degradační procesy svalových vláken, které ovlivňují konzistenci masa a činní ho křehčím (Bureš et al. 2020). Katepsiny ovlivňují odbourávání bílkovin především troponin T, který ovlivňuje křehnutí masa v období zrání. Míra křehkosti je ovlivněna zkrácením sarkomer v momentě ztuhnutí. Značně zkrácené svaly oproti méně zkráceným obsahují více příčných vazeb, které zapříčinují horší křehkost masa (Pipek 1995). Nedochází pouze ke změnám v textuře, ale i ke změnám sensorických vlastností například vůně, chuť i barva, které ovlivňují degradační procesy a zvyšování koncentrace mnoha aromatických i chuťově aktivních látek (Bureš et al. 2020). Změny v průběhu zrání masa by se daly shrnout následovně. Dochází k mírnému zvýšení hodnot pH, které se nikdy nevrátí na hodnoty původní. Ztráta masové šťávy u vařeného masa je větší než u masa ve fázi *rigor mortis*. Křehkost masa se značně zlepšuje. V důsledku degradačních procesů stoupá množství

oligopeptidů, dipeptidů a volných aminokyselin v mase. Bílkoviny v mase jsou lépe rozpustné. Zlepšují se organoleptické vlastnosti.

Zrání masa je významně ovlivněno teplotou. Zrání masa bude rychleji probíhat při vyšší teplotě za rychlejší aktivity enzymů. Ovšem musíme brát v potaz mikrobiální kontaminaci, které je nutno předcházet. Z tohoto důvodu udržujeme teplotu chladicího boxu, kde maso zraje, v nižších stupních celsia. Pipek (1995) uvádí, že optimální teplota zrání hovězího masa je 0 °C po dobu 10-12 dní, při 8-10 °C po dobu 5-6 dní a při 16-18 °C po dobu 3 dnů. Zatím co Kameník (2024) uvádí, že optimální teplota k co nejrychlejšímu zrání masa je v rozmezí 3 až 5 °C. Snížení teploty na 0-1°C má proběhnout až po konci procesu zrání masa. K této fázi dochází v chladárnách, které mají předejít mikrobiální kontaminaci. V praxi z důvodu kapacity chladírny a ekonomické náročnosti, dochází k dřívějšímu vyskladnění masa. Čímž se zkracuje doba zrání, která se negativně odráží na kvalitě (Pipek 1995).

3.1.4 Autolýza

Poslední fází je hluboká autolýza, ke které dochází při dlouhodobém skladování. Hluboká autolýza je velmi nežádoucí. Dochází při ní ke štěpení peptidů na oligopeptidy a aminokyseliny, rozkladu tuků. Nelze i vyloučit mikrobiální kontaminaci. Maso se stává nepoživatelným a mění se jeho chuť i konzistence (Pipek 1995).

3.1.5 Proteolýza

Jedná se o exogenní proces rozkladu bílkovin působením mikroorganismy a mikrobiálními enzymy. Proteolýza probíhá současně s autolýzou ovšem v jiné intenzitě a rychlosti časového horizontu. Proteolýza se na počátku postmortálního období neprojevuje. Z počátku působí velmi intenzivní autolýza, která postupně intenzitu snižuje. K proteolýze nedochází i z důvodu poklesu pH, které má pro některé bakterie bakteriostatický účinek (Ingr 2003).

3.2 ATP v postmortálních procesech

V postmortálních procesech se velmi významně podílí ATP. ATP zastupuje roli především jako energetický zdroj pro svalovou kontrakci a pro hnací složku transportu vápenatých iontů proti koncentračnímu spádu. Zabraňuje sdružování aktinu a myosinu. Degradací produkty ATP se podílejí na vytváření aromatu. Po smrti zvířete obsah ATP značně ihned neklesá. Nejprve se nesnižuje a zůstává na stejné úrovni, která je ovlivněna tvořením nových molekul ATP. ATP se resyntetizuje mnoha způsoby, a to aerobní glykogenolýzou, kdy dochází k výtěžku 39 molekul ATP. Anaerobní glykolýzou, kdy výtěžek je značně nižší a proces poskytuje pouze 3 molekuly ATP. Také nelze opomenout Lohmanovou reakci (Pipek 1995). Lohmanova reakce jinak známá jako Kreatinkinázová reakce. Jedná se o vratnou reakci, která probíhá oběma směry. Při této reakci za účasti enzymu kreatinkináza, která katalyzuje přenos fosfátu z kreatinofosfátu na ADP za vzniku ATP a kreatinu (Žurmanová 2014). U hovězí svaloviny k poklesu hladiny ATP dochází až po několika hodinách. Pomalý pokles hladiny ATP zapříčiňuje skladba svalových vláken, které jsou orientovány na aerobní metabolismus (pomalá oxidativní vlákna, Pipek 1995).

3.3 DFD vada masa

Je vadou, která postihuje především přežvýkavce od skotu, koz až po antilopy. Tato vada se méně často vyskytuje u prasat. Dle vědeckého výpočtu je až 800 000 tun ročně hovězího masa postiženo vadou DFD (Gorlov et al. 2013). Dle popisu vad můžeme konstatovat, že v Americe je tato vada známá pod jménem Dark cutting beef, zkráceně DCB. Maso se vyznačuje velmi malým poklesem pH. To je důsledkem vysoké vaznosti, která způsobí suchost a nízkou šťavnatost masa. Barva je v extrémních případech až černá. Vždy se však od normálu projevuje tmavším odstínem. Koloidní stav bílkovin společně s vysokou hodnotou pH zapříčiňuje, že DFD maso bude více vázat vodu. Svalová vlákna bobtnají a jejich povrch méně odráží dopadající světlo. Z tohoto důvodu maso vykazuje tmavší barvu.

Vysoká vaznost DFD masa je vítána při masné výrobě (Pipek 1995). Nutno dbát na pomalejší proces prosolování. Sůl hůře difunduje do svaloviny (Gorlov et al. 2013). Při použití dusitanové solící směsi pomaleji dochází k přeměně dusitanu na oxid dusnatý. Barva po nasolení vykazuje i nižší stabilitu.

Maso nemá odpovídající organoleptické vlastnosti, je tuhé s nedostatečnou a výraznou chutí i aromatem, které zapříčiňuje vysoké pH. Chutnost je ovlivněna extrémně rychlým odbouráváním nukleotidů před porážkou. Nukleotidy odchází s krví při vykrvení následně v mase chybí (Pipek 1995). Vysoké pH je problémem postihující mnoho zemí. Míru výskytu vysokého pH v procentech v jednotlivých zemích světa v tabulce 1.

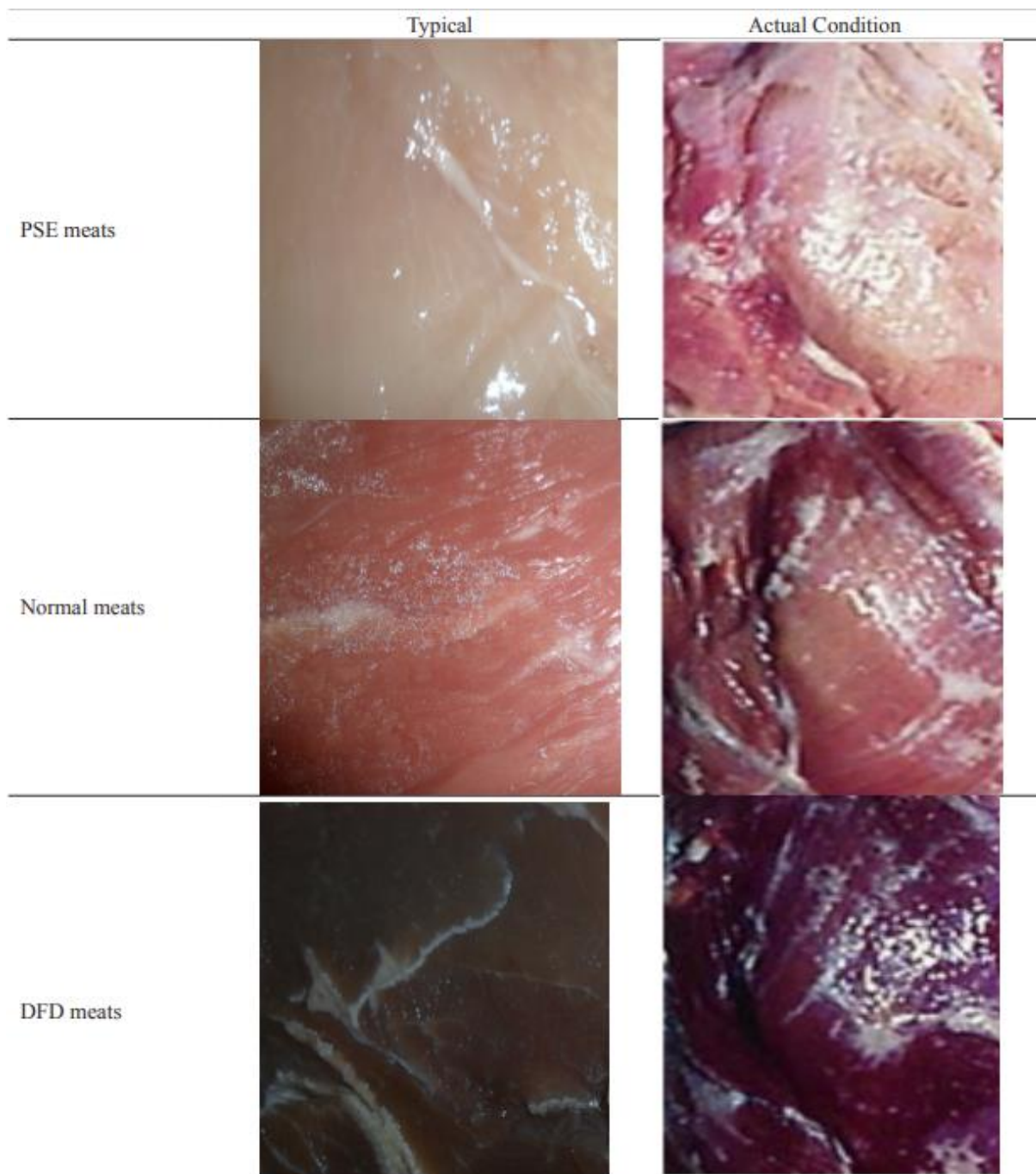
Charakteristika této vady spočívá v abnormální purpurově červené až černé barvě libového masa. Pevná struktura s nízkou schopností vázat vodu. Jedná se o maso s vysokým pH v důsledku vyčerpání zásob svalového glykogenu. Hodnota pH masa 12 až 48 hodin po porážce je ≥ 6 (Warriss 2000).

Je nutno uvést že svaly z oblasti krku a plece, které se skládají z červených oxidačních vláken mají vyšší hodnotu pH. Tato vlákna mají nízkou koncentraci svalového glykogenu, který po smrti může být snadno vyčerpán (Warriss 2000). Červená vlákna zvládají pracovat dlouhý časový úsek, při stále trvající kontrakci například srdce. Červené svaly nepotřebují vysoké množství ATP za minutu díky bohatému zastoupení mitochondriálních organel. Tyto organely přeměňují glukózo-6fosfát pomaleji na CO_2 a H_2O v porovnání s bílým vláknem (Caballero 2003).

Svaly složené z bílých svalových vláken jsou bohatě zásobeny glykogenem. Tudiž nepodléhají tolik náchylnosti k vadě DFD (Warriss 2000). Bílé svaly jsou schopny rychlé kontrakce oproti porovnání se svaly červenými kde kontrakce probíhá pomaleji. Bílé svaly pracují krátký časový úsek při těžké zátěži, kdy je vyšší potřeba ATP pro anaerobní glykolýzu (Caballero 2003).

Stát	Míra výskytu (%)	Zdroj
Kanada	1,3	Holdstock et al. 2014
USA	3,2	Maet and Livestock Australia 2014
Brazílie	4,5	Moore et al.2012
Austrálie	10,0	Rosa et al. 2016
Čína	10,1	Zhao 2013

Tabulka 1: Výskyt vysokého pH



Obrázek 2: Skutečný stav tkáně různých druhů masa ve spojitosti s vadami masa (Adzitey & Nurul 2011)

3.4 Souvislosti barvy DFD masa korelující s ostatními jakostními znaky

3.4.1 Rozdělení DFD masa dle pH hodnot

Byla provedena studie, při které byla pozorována zvířata ve věku 18-24 měsíců (Ijaz et al. 2020). Jednalo se o skot stejného plemene, chovaný ve stejné technologii chovu a krmení. K porážce všech zvířat docházelo dle předpisů halal v tentýž den. Rozdílem halal rituální porážky, oproti klasické porážce s provedeným omráčením a následném vykrvení, nastává v okamžik omráčení, kdy se zvířata neomračují a vykrvují se bez omráčení elektrickým proudem. JUT v průměru vážila 351 kg.

Naměřené hodnoty po 24 h při zchlazení na teplotu 4 °C měřené na pravém nejdelším zádovém svalu (*M. longissimus thoracis et lumborum*) mezi 11. a 12. žebrem. Měření se třikrát opakovalo a dle průměru se JUT rozčlenilo do tří skupin. Členění do skupin uvedeno v obrázku 3. Významně vyšším pH se projevovalo atypické a typické hovězí maso s DFD, oproti pH normálnímu hovězímu masu bez této vady. Téměř stejným průběhem se vyznačovalo atypické a typické DFD hovězí maso. K snižování pH u těchto skupin docházelo od 1. dne skladování vzorků. U všech tří skupin bylo zjištěno, že pH 7. den skladování bylo vyšší než 1. den skladování (Ijaz et al. 2020).

M. Ijaz, et al.

Meat Science 161 (2020) 107954

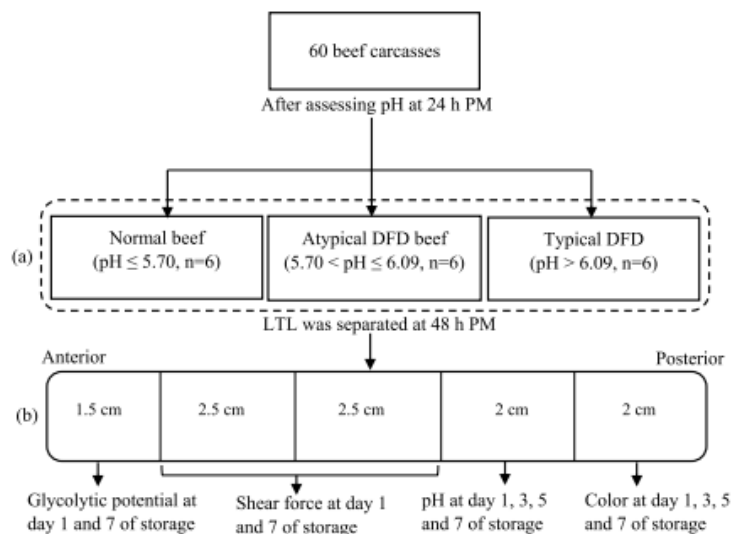


Fig. 1. Experimental design: (a) selection of three beef groups from randomly selected 60 carcasses at abattoir and (b) cutting of right sided *longissimus thoracis et lumborum* into five parts for analysis of meat quality attributes at different storage times.

Obrázek 3: Skupiny DFD dle hodnot pH (M. Ijaz, et al. Meat Science 161 (2020))

3.4.2 Vztahy mezi barvou a jakostními znaky DFD hovězího masa

Hovězí maso zařazeno do typického DFD 1. den po porážce nabývalo nižších hodnot glykolytického potenciálu, chromatičnosti a koncentrace oxymyoglobinu. Zatímco schopnost zadržet vodu dosahovala nejvyšších hodnot. Atypické hovězí maso mělo nejvyšší hodnotu síly stříhu, což znamená nejvyšší instrumentálně měřenou tuhost.

Můžeme říct, že barva DFD hovězího masa není ovlivňována pouze konečným pH. Tato vlastnost též souvisí se silou stříhu, glykolytickým potenciálem také se schopností zadržovat vodu.

3.5 Dark cutting beef

Vada DCB je popsána z Ameriky, kde je spojována se vznikem za příčin stresu. Vzniká u jatečných těl mladých jatečných zvířat obvykle do stáří 30 měsíců věku zvířete. Vada u skotu vzniká ve spojení s fyzickým stresem před porážkou a vyčerpáním energetických zásob ve svalech.

Výskyt této vady se přísně penalizuje dle kanadského způsobu hodnocení jatečných těl skotu. V Kanadě v roce 2019 bylo prokázáno 1,4 % postižených JUT vadou DCB (Scanga et al. 1998).

Nelze si nepovšimnout, že je to odlišná charakteristika již popsané vady DFD. První zmínka o DCB byla již v roce 1774 (Lawrie 1958). Pracovníci na této studii prováděli výzkum ohledně vlastností tmavého výsekového masa, která prokázala abnormálně vysoké pH, nízké zastoupení glukózy a téměř žádné zastoupení glykogenu. Byl zastoupen vysoký obsah anorganického fosfátu, nízký oxidační potenciál, který rychle spotřebovával kyslík (Hall et al. 1944). Studie dospěla závěru, že DCB je ovlivněno především nízkým obsahem kyslíku v krvi a tkáni během porážky (Mackintosh 1832).

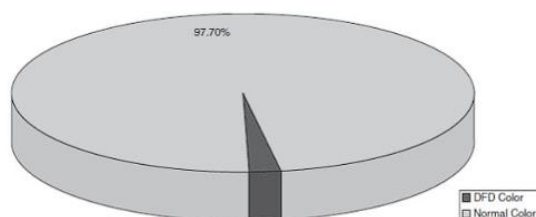
Víme, že pH masa je úzce provázáno s obsahem glykogenu ve svalech. Však nutno zmínit další faktory ovlivňující tmavou barvu masa například dobu třídění JUT, rychlost poklesu pH a teploty zahrnující i způsob těchto poklesů. Nadále je ovlivněna i způsobem zpracování masa a typem svalu (Gagaoua 2021).

Mezi tmavou barvou masa a dobou třídění 1512 jatečně upravených těl byla zjištěna závislost.

Při třídění masa, které proběhlo 14 hodin po porážce byl výskyt tmavého masa vyšší a dosahoval 8 %. Když doba pro třídění JUT byla prodloužena na 31 hodin výskyt klesl o 3 %. Toto třídění proběhlo pouze na základě doby třídění s korelací tmavé barvy masa (Hughes, Kearney a Warner 2014). Stejný efekt potvrzuje i studie z roku 2021 od Steel et al.

Pokles pH koreluje s teplotou. Při snížení teploty na 0 °C do 5 hodin po vykrvení JUT skotu pH se může zvýšit až o 0,1-0,2 (Aalhus, Robertson, Dugan, & Best, 2002; Sikes, Jacob, D'Arcy, & Warner 2017). Svalovina ve stádiu *rigor mortis* při teplotě 15-25 °C má tmavší odstín barvy oproti svalovině, která prochází *rigor mortis* při teplotě 35-40 °C (Hughes, Kearney & Warner, 2014; Warner, Dunshea, Gutzke, Lau, & Kearney 2014). Rozdíly pH

hodnot ovšem nezpůsobuje obsah svalového glykogenu. Zapříčiňuje to především předčasné uvolnění ztuhlých svalů ve fázi *rigor mortis*.



Obrázek 4: Koláčový graf s procentickým zastoupením tmavé barvy DFD masa v populaci skotu (podle Národního auditu kvality hovězího masa z roku 2000 USA).

3.5.1 Mezní hodnoty pro DCB

DCB se obecně definuje jako maso s vysokým konečným pH naměřeným 24 h po porážce. Mezní hodnoty pH jsou různé dle rozdílných zemí světa. Tabulka 2 přehled k porovnání mezních hodnot konečného pH v různých zemích.

Místo určení mezní hodnoty	Mezní hodnota pH pro DCB	Zdroj
Čína	>6,2	Zhang et al. 2021
Světově užívaná (průměrná)	≥ 6,0	Gagaoua et al. 2021
Kanada	>5,9	Mahmood et al. 2018
Austrálie	>5,7	Grayson et al. 2016

Tabulka 2: Mezní hodnoty pH pro vadu DCB

3.5.2 Výskyt DCB

Již zmíněné faktory (výživa, roční období a stres) ovlivňující výskyt vady DCB (Ponnampalam et al., 2017; Terlouw et al. 2021).

Problematika týkající se nedostatečné úrovně výživy v důsledku zhoršené kvality pastvy v období podzimu a zimy v Austrálii je jednou z příčin výskytu DCB (Knee, Cummins, Walker a Warner 2004).

V Kanadě společně s USA se výskyt JUT postižených vadou pohybuje kolem 0,72 % (Boykin et al., 2017). Zatím co v teplejším období srpna a října se výskyt zvyšuje na 2-2,5 % (Bruce, Holdstock, Uttaro, Larsen, & Aalhus 2021). Ve Francii je výskyt zaznamenán ve výši 3,36 % nebo méně (Gagaoua, Picard, Soulat, & Monteils, 2018; Mounier, Dubroeuq, Andanson, & Veissier 2006). Bylo zjištěno, že hodnoty se však liší u různých zvířat příslušných plemen (Gagaoua, Picard, & Monteils 2018).

Druh krmiva též ovlivňuje výskyt vady. Skot krmený zelenou pící vykazuje vyšší výskyt DCB oproti skotu, který je krmen pouze jadrným krmivem (Hughes, Kearney, & Warner 2014).

3.5.3 Rozdíl mezi DCB masem a normálním nepostiženým masem

Největším rozdílem mezi masem s vadou DCB a bez vady je hodnota jejich pH. Normální hodnotu pH svalu z 6,9 na kyselé pH 5,5. Při této hodnotě pH atom železa z myoglobinu poutá atmosférický kyslík a dochází k zářivě červenému vybarvení. Oproti fyzicky vyčerpanému zvířeti, kde značnou roli hrál i stres či nedostatek krmiv nejsou dostatečné

zásoby glykogenu, který by se mohl účastnit anaerobního metabolismu. Anaerobní metabolismus je důležitý pro tvorbu kyseliny mléčné, která snižuje pH, když tento proces neprobíhá kyselina mléčná má malou šanci okyselovat sval. Tím nemůže dojít ke změnám barvy a sval zůstává tmavě červený nebo fialový (Tarrant & Sherington 1980).

3.5.4 Metabolický rozklad glykogenu ve svalech

Svalový glykogen je zdrojem energie při zátěži organismu fyzickou činností. Při lehké námaze organismu se glukóza společně s mastnými kyselinami a ketolátkami zcela odbourávají a vzniká z nich CO₂ a H₂O. Adenosin trifosfát s kreatinofosfátem vyskytující se při relaxaci ve svalu udržují potřebnou energii, která je potřebná pro funkčnost svalové kontrakce (Caballero 2003). V organismu se nachází více tukové tkáně a v ní obsažený tuk má i vyšší energetickou hodnotu než sacharidy (Caballero 2003). V 1 g sacharidů či bílkovin jsou obsaženy 4 kalorie, zatímco v 1 g tuku je obsaženo 9 kalorií. K trávení cukrů, tuků a bílkovin dochází ve střevě (Bhupathiraju 2023). Při nízké zásobě energie játra mobilizují uložený glykogen a k jeho vyčerpání dochází po 6-12 h. Při vyčerpání glykogenu dochází ke zvýšení rychlosti glukoneogeneze pro syntézu glukózy. Proces odbourání glykogenu „Glukóza-1 fosfát, první metabolit vznikající při odbourávání glykogenu, se izomerací zpracovává na glukóza-6 fosfát. Z tohoto metabolitu vzniká ATP buď oxidativní fosforylací, je-li přítomen O₂, nebo přeměnou na laktát prostřednictvím anaerobní glukózy“ (Caballero 2003).

Po smrti se kyselina mléčná hromadí ve svalech a způsobuje značný pokles pH ze 7,0 na přibližně 5,8 *post mortem* (Gagaoua 2021).

3.6 Příčiny vzniku vady DFD

3.6.1 Příčiny související s anomáliemi autolýzy masa

Anomálie autolýzy masa jsou způsobovány příčinami v průběhu výroby a zpracování masa. Důležitým a velmi významným faktorem tohoto typu je množství tuku ve vstupní surovině počáteční výroby produktu. Tento faktor se však neprojevuje pouze u masa přežvýkavců, ale i některých druhů zvířat například u vepřového masa. Lze říct, že při menším obsahu než 4 % svalového tuku u hovězího masa, lze očekávat častější výskyt vady DFD.

Významnou roli zde hraje hormonální homeostáza organismu zvířat. Hormonální homeostáza bývá často narušena stimulatory, které mají podporovat reprodukci zvířat v chovech. Tyto stimulatory jsou synteticky vyrobené sloučeniny. Podobající se hormonům. Tím dochází k procesu urychlení růstu, vývoje a zlepšení stravitelnosti krmiva.

Nízký obsah bílkovin a minerálních látek v mase též negativně ovlivňuje kvalitu (Gorlov et al. 2013).

3.6.2 Příčiny související s vnějším prostředím

Na výskytu této vady se též může podílet stres, způsob ošetřování a zacházení se zvířaty před porážkou. Stres se nejčastěji vyskytuje při přepravě zvířat na porážku. Kdy dochází k nešetrnému zacházení, nedodržení stálých skupin zvířat společně související s manipulací se zvířaty (Warriss 2000). Ta způsobuje vyčerpání zásob glykogenu ve svalech a vede k této vadě.

Za stresové faktory můžeme označit nadřazené skupiny např.

1. fyzikální stresory: zde bychom zařadili teplotu, vlhkost vzduchu, sluneční záření společně s ionizujícím zářením, hluk a proudění vzduchu.
2. chemické stresory: ty souvisejí především se složením vzduchu, kde jsou zvířata ustájena. Sledujeme množství amoniaku, sirovodíku, oxidu uhličitého společně s dalšími plyny v ovzduší, množství chemických látek spojené s výrobou krmiv a chovem hospodářských zvířat.
3. psychické stresory: zvířata ustájovaná ve skupinách si vydobývají místo v hierarchii.
4. doprava: pro zvířata velice stresující proces, který je často spojován s bolestí při nahánění a naskladňování či vyskladňování zvířat.

Všechny tyto skupiny můžeme souhrnně nazvat způsobem a úrovní technologie chovu. Při správném zacházení a dobře realizovaném chovu se těmto faktorům lze vyhnout či je alespoň minimalizovat (Gorlov et al. 2013).

Pozorování na základě životního prostředí	Rizika z hlediska stresu	Možná řešení
Vyskladnění zvířat na jatkách		
Venkovní vykládací zařízení	Strach z nových prostor s novými pachy	Začlenění vykládacího prostoru v co největší míře v prostoru skladu se střežou a vysokými pevnými stěnami.
Chybějící vybavení pro zvířata zraněná po jejich transportu	Bolest	Snadno a rychle vodění z prostoru vykládky
V době ustájení zvířat		
Míšení neznámých zvířat	Riziko agresivního chování jedinců vedoucí k bolesti, strachu a únavě	Používání jednotlivých boxů či udržování stálých nemíšených skupin jedinců.
Velké skupiny zvířat	Riziko agresivního chování jedinců vedoucí k bolesti, strachu a únavě	Snížení velikosti skupin pomocí více skupin s nižším počtem jedinců.
Používání individuálních boxů bez přístupu vrat	Nutné přimět zvířata chodit pozadu což vede k jejich stresu a nepohodě	Montáž předních vrat
Nepřístup ke krmivu	Hlad, zvyšuje reaktivitu vůči faktorům vyvolávající pocit strachu	Lépe naplánované ustájení s co nejkratší dobou ustájení s případným poskytnutím krmení.
Nepřítomnost funkčních napáječek dostupné a přístupné pro každého jedince	Žízeň také zvyšuje riziko reaktivnosti na stresové faktory	Pravidelné kontroly a údržba napáječek. Neustájoovat vysoký počet zvířat vyhýbat se vysoké hustotě v kotcích.

		Dobře zvolený typ napáječky dle druhu zvířete. Přizpůsobit výšku napáječky dle věku a velikosti zvířat.
Nedostatek prostoru	Zvířata nemají možnost ležet. To zapříčiňuje pocit nepohodlí a únavu	Dodržovat maximální počet zvířat na jednotku plochy kotce.
Nevyhovující teploty	Chladový či tepelný stres	Při chladovém stresu poskytnout deky, vylepšit izolaci stájových prostor, přidat podestýlku nebo využít gumových rohoží Tepelný stres zamezíme použitím zvlhčovačů vzduchu, přidat větrací otvory.
Špatné složení vzduchu společně s vyskytujícím se čpavkem	Nepohodlí	Zlepšení ventilačního systému nebo přidat větrací otvory pro větrání stájí. Zvýšit kvalitu a frekvenci čistících prací ve stáji.
Hlučné prostředí	Pocit strachu a nepohodlí	Hluk omezíme instalací pryže na dveře společně se zvukovou izolací na hydraulickém systému. Promazání zařízení.
Při manipulaci		
Světelné kontrasty: Otevírání přepravního vozu za slunného dne, Tma vozu, kdy zvíře nastupuje do přepravníku, stíny na zemi (Willson et. al. 2021)	Oslňování zvířat, Tma či stíny působí pro jedince jako překážky, které vyvolávají pocit strachu, který je v okamžiku nuceného pohybu v před.	Ponechat dostatek času pro přizpůsobení jedinců na světelné podmínky, pokud dochází ke změně. Vyvarovat se ostrým stínům. Přidat umělé osvětlení na temných místech. Využívat spíše teplé barvy světel nad 3000 K.

Tabulka 3: Příklady poznatků na základě prostředí, možné negativní důsledky pro stres zvířat a navrhované řešení (Bourguet et al. 2011 b, Grandin 2019).

3.6.2.1 Citlivost býků na stres

Byla provedena studie sledující citlivost vůči stresu u jednotlivých kategorií skotu. Bylo zjištěno že z 95 býků ve stáří 18 měsíců bylo 48 % citlivých na stres (46 jedinců). Dalších 30 % (28 jedinců) bylo ke stresu adaptabilních. Posledních 22 % (21 jedinců) bylo vůči stresu rezistentní (Gorlov et al. 2013).

3.6.2.2 Stres spojený s dopravou u býků citlivých na stres

Pro pokus byly využiti býci ve věku 16 měsíců, kteří byli citliví na stres. Byly vytvořeny 2 skupiny býků po 10 jedincích. Přeprava byla dlouhá 110 km. 1. skupina dostala základní krmivo, zatímco 2. skupina dostala základní krmivo obohacené o jantarovou kyselinu společně s extraktem z mateřídoušky, který byl zvířatům podáván 10 dní před přepravou. Zvířata byla ve stavu přepravy ve stresu dle měřených hodnot triasu, které byly zvýšené.

Bylo zjištěno, že kyselina jantarová přidaná do krmiva zvířat snižuje ztráty tělesné hmotnosti související s přepravním stresem. Tmavá barva masa je způsobena tím, že ve fázi mobilizace (1. krátkodobá fáze stresu) se více uvolňuje adrenalin, který zapříčiňuje zrychlení srdeční činnosti. Krev proudící krevním oběhem pomocí červených krvinek rozvádí kyslík. Červené krvinky se více tvoří a uvolňují se do krevního oběhu, dochází k vyššímu navázání kyslíku k jednotlivým krvinkám. Tím dochází k většímu zásobení kyslíkem a rychlejšímu rozvodu kyslíku do organismu. Z toho vyplývá, že při stresu zvířat před porážkou je v jejich těle vyšší obsah hemoglobinu v mase, který vede k vzniku tmavé barvy. Mateřídouška reguluje centrální nervový systém, který snižuje sekreci adrenalinu. Dochází ke snížení nervové dráždivosti při stresu.

Výsledkem bylo prokázání vady DFD u jedinců bez obohaceného krmiva. Jedinci 1. skupiny se základním krmivem měli hodnotu pH naměřenou 24 hodin po porážce 6,2. Kdežto u 2. skupiny byla průměrná hodnota pH 24 hodin po porážce na 5,8 (Gorlov et al. 2013).

3.6.3 Příčiny vzniku vady ovlivněné jedincem

Tato vada vzniká zapříčiněním několika faktorů například věkem a pohlavím, genetickými vadami, plemenem a druhem zvířete (Warris 2000). Genetické vady související s náchylností na stres. Vada PSE souvisí s určitými genotypy především prasat (Barton-Gade 1988). U prasat se častěji konstatuje o vadě masa PSE.

Genetické faktory složitě a vzájemně působí na zvířata, která dle předchozích zkušeností různě reagují na stres (Mormède et al. 2000 & Mounier et al. 2006).

Naopak starší studie uvádí že nekastrovaní samci oproti kastrátům jsou agresivnější. Čím dochází k vyčerpávání glykogenových zásob a jedinci jsou více náchylní k vadám masa. (Warriss 1996). S ohledem na pohlaví je prokázáno, že samci oproti kastrátům a samicím jsou odolnější vůči stresu a rychleji se z něho zotavují. To souvisí s jejich agresivnějším sexuálním chováním, které pomohlo k návyku na chronický stres (Van der Wal et al 1999). Pokud chceme eliminovat výskyt této vady, musí být eliminován stres zvířat, a to především před porážkou. Nadále se musí zajistit dodržování správných technologických postupů a šetrné zacházení se zvířaty. Tomu by se tak mělo dít jak před porážkou, taktéž i po porážce (Gorlov et al. 2013).

3.6.4 Předporážkové faktory ovlivňující kvalitu masa

Zprvu se řešila otázka, zda jsou zvířata vůbec schopná vnímat stres. Za posledních deset let se otázky související s lidským vědomím a vědomím zvířat rozvinuly. Hlavní hnací jednotkou napomáhající vývoji tohoto tématu byly především zobrazovací techniky (Lamme a Roelfsema 2000; Laureys a kol. 2004; Tononi 2012).

Prizpůsobení stresu u zvířat je důležité, avšak stres považujeme za problém v moment, kdy ho zvířata prožívají například v době prožívající strach či frustraci (Broom, 1991; Dantzer, 2002; Dawkins, 2008; Désiré et al., 2002; Duncan, 1996).

Mozek savců obsahuje takzvaný limbický systém, který je složen ze stejných struktur jako mozek lidský. Tento systém se zapojuje při mnoha behaviorálních reakcích během stresových situací (Damasio, 1998; LeDoux, 2000; Panksepp, 2005). Proto lze jednoznačně říct, že i jatečná zvířata mohou prožívat stres. Stresovým centrem mozku by se dala označit amygdala, která se nachází v dolní části předního mozku. Jedná se o část limbického systému. Pro příklad fungování amygdaly je zmíněná zastavená blokáce pohybových aktivit u myši při registraci kočičího pachu (Chen a kol., 2006; Li a kol. 2004). Dalším příkladem může být díky amygdale snížení stresových reakcí na hady u makaka Rhesus (Elorette et al., 2020).

V předporážkovém období jsou zvířata vystavena především psychickému stresu spojenému se sociálními nepokoji, náhlými událostmi a neznalostí různých situací. V důsledku přepravy na jatka jsou zvířata prostřednictvím velkokapacitních přepravníků (kamionů) přemísťována. V tento moment často dochází k narušení sociálních skupin v důsledku separace a míšení neznámých zvířat. Stresorem mohou být i neznámé zvuky (Terlouw et al. 2008). Mezi fyzické stresory můžeme uvést nedostatek potravy či vody, lidská manipulace se zařízeními jako jsou elektrické biče. Ale i boje mezi zvířaty kvůli neudržování ustálených skupin (Bourguet et al. 2011 b; Danziger 2006). Fyzické stresory taktéž ovlivňují emoční stav zvířat (Bourguet et al. 2011 a). Dle Bourguet et al. (2011 a) bylo prokázáno, že krávy a jalovice při 30hodinové přepravě, které neměly přístup ke krmivu a vodě (fyzický stresor) měly projevy vyššího strachu z lidské přítomnosti, manipulace a neočekávaných událostí.

Nesmíme opomenout bolest, která je zaznamenána nociceptory, specializovanými neurony somatosenzorického systému. Ty jsou aktivovány bolestivými podměty, které mohou potenciálně způsobit zranění. Tyto receptory jsou uloženy v kůži, kloubech, svalech či vnitřních orgánech. Jsou schopné reagovat na teplotu, chemikálie nebo tlak. Dle tohoto členění je můžeme označovat jako termoreceptory, chemoreceptory a mechanoreceptory (Millan 1999). Na jatkách se stres projevuje především strachem vyplývajícím z odmítání pohybu zvířat chůzí vpřed, couváním či úplnou nehybností (Bourguet et al. 2011 b). Obranou reakcí jedince je i pokus a útěk, který přináší rizika v podobě uklouznutí či pádu. Nejčastější projevy strachu zvířat na jatkách společně s příčinami jejich vzniku jsou uvedeny v tabulce 4 (Bourguet et al. 2011 b; Grandin 2019).

Projevy pozorovaných zvířat	Příčina
Ústup, pokus o ústup (otáčení hlavy zvířat směrem dozadu), odmítání pohybu jít vpřed, odmítnutí vstupu na konkrétní místa včetně konkrétní oblasti negativně působící na zvíře	Strach z vnímané situace či předmětu, očekávání negativních podmětů po posunu vpřed.
Uklouznutí, pád	Strach, bolest může být příčinou uklouznutí či pádu, ale také se může jednat o důsledek stresové situace.

Bdělost (nehybnost, hlava svržená na bok), upřený pohled směrem dozadu, pohled soustředěný na jeden předmět v okolí	Vnímání hrozby nebo stresové události, vyvolání strachu.
Nedostatek prostoru pro zvířata (zvířata mají křivá záda, protože kapacita prostoru je nedostačující. Blízká přítomnost zvířat nebo předměty omezující prostor například bariéry či stěny.)	Strach a bolest.
Třes těla	Strach, bolest, pocit chladu
Zrychlené či hluboké dýchání	Strach, bolest, tepelný stres
Vokalizace izolovaných zvířat	Stres ze sociální izolace
Vokalizace při přepravě nebo během jiných jatečných zásahů	Bolest způsobená elektrickým bičem, mechanickými bodci. Neúměrná síla stlačení zvířete ve fixační omračovací boxu.
Vokalizace během ustájení	Tato vokalizace je nejčastěji u telat. Jde o strach z neznámého prostředí nebo jiných zvířat.
Kopání	Projev strachu a bolesti během přepravy v průběhu převozu. Případně v prostorách omračovacího fixačního boxu.

Tabulka 4: Projevy stresu zvířat před porážkou a příčiny vzniku stresu (Bourguet et al. 2011 b; Grandin 2019).



Obrázek 5: Fixační box pro skot (Faucitano 2022)

Fixační box pro skot znázorněný na obrázku 5. Je místem pro zvíře složitě vyložitelné z důvodu velkého množství objektů, tvarů a stěn. Stěny jsou nízké a nezbraňují okolnímu vidění, proto dochází k rozptýlení pozornosti zvířat. Místo je špatně osvětlené s tmavými kouty. Podlaha není celistvá a u vstupu je výrazný schod, který může být překážkou. Jednosměrné zábrany jsou málo účinné.

Stres může způsobovat i již zmiňovaný hluk. Skot vnímá zvuky až kolem 35 kHz. Oproti člověku, který je schopen vnímat zvuky přibližně 20 kHz (Adamczyk et al. 2015; Heffner a Heffner 1992). Zjištěnými prahovými hodnotami, které již mohou způsobovat nepohodlí, se

pohybují v rozmezí 70-85 dB. O zdravotním riziku poškození ucha se jedná o hranici 110 dB (Adamczyk et al. 2015; Phillips 2010; Weeks et al. 2009).

3.6.5 Stres a negativní vlivy působící na kvalitu jatečně opracovaného těla

Kvalita jatečně upraveného těla se vlivem negativních a stresujících vlivů snižuje. V důsledku zamezeného kontaktu ke krmivu a vodě dochází ke ztrátě tělesné hmotnosti zvířat přepravovaných na jatka (Knowles 1999; Nicol & Scott 1990). Dalším případem, kdy dochází k snížení kvality JUT, může být vznik poškození kůže při lidské manipulaci se zvířaty, interakci zvířat mezi sebou nebo případné zranění zvířat o zařízení uvnitř ustájovacích či přepravních, shromažďovacích prostor (Strappini et al. 2013). Při úderu může dojít k poškození cév. Důsledkem úderu vznikají modřiny případně povrchové škrábnutí. K těmto úrazům může docházet použitím naháněcích a donucujících prostředků k pohybu vpřed. Nadále také kolizí s vybavením. Také může dojít k udeření zvířete do zad posuvnými dveřmi. Případně vzájemným zraněním jednotlivých zvířat mezi sebou (Bourguet et al. 2011 a; Sanchez-Hidalgo et al. 2020; Strappini et al. 2013). Výše zmíněné příklady vzniku modřin, podlitin a odřenin mohou vzniknout jak v okamžiku porážky, při přepravě zvířat na jatka, ustájení či omračujícím boxe, tak však musíme i podotknout, že zvířata si tato zranění mohou nést již z farmy odkud byla exportována. U skotu se vyskytují modřiny právě interakcemi mezi zvířaty, ale také s člověkem (Strappini et al. 2013). Co se zranění mezi zvířaty týká, nejzávažnějším problémem může být padlý dobytek, který je ostatními jedinci zadupán (Bourguet et al. 2011 b; Strappini et al. 2013).

Kvalita masa je ovlivněna energetickým metabolismem (Rocha et al. 2016). To jak energetický metabolismus souvisí a zapříčiňuje případné negativní účinky na kvalitu je popsáno v kapitole 3.1. a nadále 3.2.

3.6.6 Negativní před porážkové faktory u skotu

3.6.6.1 Velikost a prostor ustájovacích ploch

S rostoucí spotřebou masa došlo k intenzifikaci produkce. To bylo v některých zemích realizováno zejména pastevním způsobem chovu skotu. Pastva s rotací oplůtků je perspektivní díky kombinaci vhodného životního prostředí a dobrých podmínek pro skot. Při přehánění zvířat na pastvinu dochází k častější interakci mezi zvířetem a člověkem, proto zvíře pozitivněji vnímá kontakt s lidmi, který pro něj není tolik stresující. Díky častému opakování nejen negativních činností, například jako veterinární úkony či přesuny na jatka. Tento poznatek o snížené reaktivitě související s rotační pastvou zaznamenal Ceballos et al. (2016). Klidnějším temperamentem se projevují zvířata, která častěji interagovala s člověkem. To může vést i ke klidnějšímu vnímání situace přepravy na jatka.

Velkokapacitních systémů výkrmu skotu na světě přibývá. Jedná se jak o venkovní výkrm v otevřeném prostředí, ale také o výkrm uzavřený uvnitř stájí. Ovšem veřejností se rozšiřuje mínění o lepších životních podmínkách pro dobytek (Petherick 2005). Nejčastěji se mezi chovateli hovoří o vyhovujících podmínkách týkajících se přístřeší, přístupu k vodě a krmivu (Phillips 2009). Spotřebitelé nyní ale řeší i otázky týkající se svobody pohybu a možnosti projevu přirozeného chování zvířat (Vanhonacker et al. 2008). V prostorách výkrmny

soustředíme pozornost na dostatečný prostor, vhodnou nekluzkou podlahu, větratelnost, možnost úniku před přímým slunečním zářením, rovněž o enrichment, tedy zajištění dobrých životních podmínek například péčí o tělo. Tyto příklady jsou důležité k zajištění pozitivních výsledků welfare a kvality života skotu (Cozzi et al. 2009; Grandin 2016; Ishiwata et al. 2006; Salvin et al. 2020). Mělo by dojít ke zvýšení odolnosti během období před porážkou (Salvin et al. 2020). Park et al. (2020) se zaměřil na vliv velikosti ustájovacích prostor. Menší prostory mohou mít negativní dopad na welfare. Ty se mohou projevit sníženou frekvencí odpočinku, přežvykování, sníženou využitelností krmiva a nepohodou ve stádě. Vlivem stresu se také může vyplavovat více stresových hormonů. Větší prostory působí pozitivní přínosy od nižší četnosti abnormálního chování, k lepší využitelnosti krmiv související s vyššími přírůstky živé hmotnosti a zároveň nižší koncentrace hladiny stresových hormonů. Ve shrnutí lze říct, že zvířata, kterým bylo poskytnuto 3,0-4,5 m² plochy na jedince o přibližné hmotnosti 500 kg živé hmotnosti vykazovaly známky vyšší úrovně welfare s lepšími produkčními výsledky než zvířata, která měla k dispozici pouze 1,5 m².

U býků se prokázalo, že agresivní chování je dynamičtější, pokud je výkrm realizován v menších a nevhodných ustájovacích prostorách (Grandin 2016). Následkem tohoto chování, zvýšeného stresu mohou být pohmožděná JUT. Vhodné ustájení poskytuje pohodlí v podobě možnosti pohybovat se, ležet nebo vstát na volné nekluzké podlaze (Park et al. 2020). Nevhodná podlaha ustájovací části přináší negativa spojená s ovlivněním zdraví. Může docházet k otokům kloubů, poranění nohou. Tyto zdravotní problémy ovlivňují způsobilost k přepravě. Zvyšuje se riziko pádů a ušlapání jinými zvířaty (Cozzi et al 2005; Gottardo et al. 2003).

3.6.6.2 Provozní faktory a lidská manipulace se zvířaty

Nejúčinnějším prostředkem minimalizující stres před porážkou je zajištění hladkého a efektivního přesunu zvířat společně s manipulujícím zařízením. Nadále aby samotní chovatelé rozuměli zásadám manipulace (Grandin 2014 a; Grandin a Deesing 2008). K těmto doporučením přispívá i organizace OIE (2019). Zahrnují nejrůznější doporučení týkající se osvětlení, počtu přeháněných zvířat, manipulačních a přeháněcích uliček, ale také se zaměřuje na hluk, který zvířata stresuje a s tím řeší vhodnost materiálů používaných k manipulačnímu zařízení.

3.7 Přeprava dobytka

Skot je za svůj život přepravován většinou 1-7 krát podle nejrůznějších výrobních faktorů. První z faktorů je farma, kde je zprostředkován výkrm. Následuje obchodní část, kdy je dobytek shromážděn a prodán. Poslední zpracovatelský faktor představují jatka. Přeprava může být realizována mnoha způsoby od přemísťování zvířat takzvaně po kopytě, které probíhá přechodem samotného jedince. Stále více využívaným typem přepravy však bývá silniční, železniční, lodní nebo letecká doprava. K nejrozšířenějšímu způsobu dopravy ve vyspělých zemích patří silniční přeprava, která vyniká svou dostupností, flexibilitou a efektivitou přepravy dobytka (FAO 2001).

Co se faktorů ovlivňující stres dobytka během přepravy týká, jsou dosti podobné a vyplývají ze stejného základu jako je uveden v kapitole 3.6. Zásadním faktorem při přepravě

zvířat jsou schopnosti a zkušenosti řidiče. Jde o kombinaci zkušeností týkající se řízení, ale i zkušeností s přepravou dobytka (dodržení optimálního času přepravy s tím spojená minimalizace zpoždění, udržování správného mikroklimatu uvnitř přepravního zařízení, minimalizace zatačení, zastavení a rozjíždění). Kvalita jízdy odkazuje na řidičské dovednosti, které mohou pohodlí zvířat při přepravě snížit či zvýšit (Schwartzkopf-Genswein a Grandin, 2019). Dle Woods a Grandin (2008) jsou dopravní nehody při přepravě dobytka zapříčiněny zejména únavou řidičů a nedostatečnými řidičskými dovednostmi. Studie porovnávající stres přepravovaného dobytka řidičem s více než 5letou praxí v porovnání s řidičem s praxí kratší než 5 let dokazuje, že dobytek přepravovaný osobou s delší praxí méně kulhal, vykazoval vyšší stupeň pohyblivosti a měl nižší počet úhynů dobytka při přepravě, oproti přepravě osobou s kratší praxí (González et al. 2012 b). Nejvíce sledovaným stresorem souvisejícím s přepravou je délka trvání transportu. Délka trvání transportu pravděpodobně záporně koreluje s úbytkem živé hmotnosti dobytka, která negativně ovlivňuje ekonomiku. Můžeme říct, že s delší dobou přepravy se pravděpodobně snižuje welfare (Broom 2008 & Knowles et al. 2014). Úbytek živé hmotnosti během přepravy se pohybuje v rozmezí od 0 do 16 %. Jde o výsledek metabolických ztrát zapříčiňující urince, defekace a dýchání prvních 12 hodin přepravy (Barnes et al. 2004; Coffey et al. 2001; Jones et al. 1988, 1990). Úbytek hmotnosti po 12 hodinách je zapříčiněn především mobilizací energetických rezerv (Van Engen & Coetzee 2018).

Vyšší úbytek tělesné hmotnosti zvířete přesahující 10 % přičítáme štěpení energetických složek pro udržení homeostázy. Která může být narušena vyčerpáním zvířat z nedostatečného odpočinku (ležení). Dále se podílí nedostatečný příjem krmiva a vody. V neposlední řadě vystavení extrémním okolním teplotám po delší dobu. Tvrzení, že ztráty tělesné hmotnosti přesahující 10 % vedly k mobilizaci tělesných rezerv a dehydrataci potvrzuje mnoho studií (Knowles 1999; Tarrant et al. 1992; Warriss et al. 1995). Došlo také k zvýšení rizika úhynu skotu (González et al. 2012 a).

Maximální doba přepravy skotu je povolena na 36 hodin, kdy po uplynutí této doby musí skot 8 hodin odpočívat a být v klidu (Canadian Food Inspection Agency 2020). Dle předpisů Evropské unie však dospělý skot smí být přepravován nepřetržitě 8 hodin. S tím že pokud vozidlo splňuje dostatečné požadavky v okamžiku přepravy, smí se protáhnout přeprava až na 14 hodin. V tomto okamžiku musí doba odpočinku být minimálně 1 h s přístupem k vodě. Poté zvíře může být přepravováno dalších 14 hodin (Union 2004). V USA je přeprava řízena 28hodinovým zákonem, který udává, že přeprava nesmí trvat více než 28 po sobě jdoucích hodin bez vyložení dobytka, přístupu k vodě a krmivu. S nárokem na 5hodinový odpočinek (USDA 1994). Na pováženou musíme vzít i faktory jako jdou doba odpočinku, množství prostoru na jedince, které je vyjádřeno jednotkou tělesné hmotnosti (kg) na dostupný prostor (m²) na jedince (Schwartzkopf-Genswein & Grandin 2019).

3.8 Další druhy zvířat, u nichž se vyskytuje DFD vada masa

3.8.1 Maso ovčí

Ve světě jsou ovce chovány z 90 % pro masnou užitkovost. Jde o minoritní celosvětovou produkci masa, přesto se stabilně rostoucím trendem. Produktem masné užitkovosti jsou především jehňata, která se dle váhy rozdělují na těžká či lehká. Import jehněčího a ovčího masa je vyšší než export z naší země i s velice nízkou spotřebou tohoto masa na obyvatele 0,2-0,4 kg (Horák et al. 2012).

Ovčí maso představuje přibližně 5 % celkového objemu světové spotřeby masa (OECD/FAO 2021). Maso je preferováno především v zemích s muslimskými či hinduistickými obyvateli (Meat & Livestock Australia 2021). Co se výtěžnosti masa u ovčí týče, dosahuje 40-55 % (Horák et al. 2012).

Rozdělení významnosti partií	partie	% zastoupení z JUT	partie	% zastoupení z JUT
Nejcennější partie	Kýta	30-35	Hřbet	15-20
Středně hodnotné partie	Plec	17-20	Šrůtka	5-9
Méně hodnotné partie	Krk	5-8	Bok	15-20

Tabulka 5: Rozdělení partií jatečně opracovaného těla ovčí

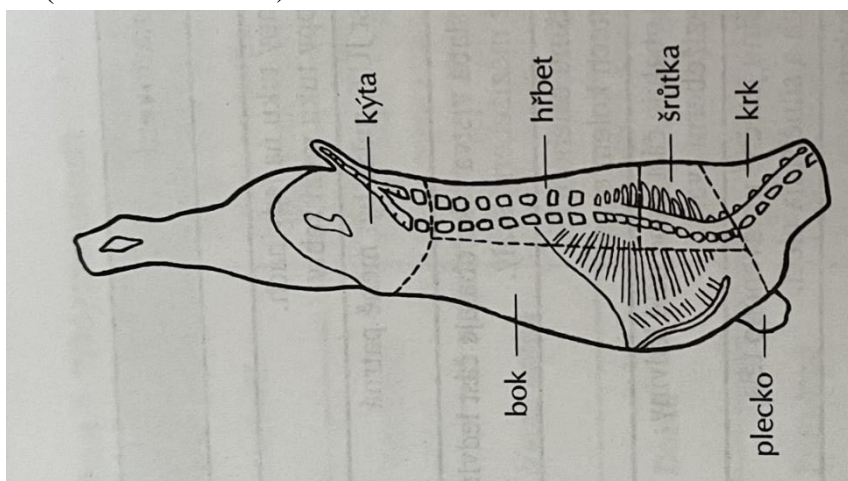
Třídění kvality masa jehněčího a skopového se stanovuje pomocí pH hodnot naměřených 24 hodin po porážce (Gallo et al. 2018). JUT s hodnotami vyššími než 6,2 byla klasifikována jako DFD jehněčí maso. Hodnoty pH nižší než 6,2 byly posuzovány jako normální jehněčí maso (McRae et al. 2016).

Můžeme říct, dle studie provedené Nenadović et al. (2021), že vyšší výskyt vady DFD je zapříčiněn špatným zdravotním stavem, kde jsou přímo konstatovány modřiny a zápal plic ovčí. S pozitivními vlastnosti jehněčího masa jako jsou dobrá stravitelnost, dobré dietetické vlastnosti a bohaté zastoupení výživných bílkovin též koreluje možná negativa. Za negativum můžeme považovat vysoké zastoupení vaziva v mase. Maso se též vyznačuje šťavnatostí a křehkostí. U jedinců z intenzivního výkrmu je zřejmá vyšší protučnělost pozitivně korelující se šťavnatostí. Jedinci chovaní v pastevním výkrmu mají nižší protučnění, které se projevuje v nižší šťavnatosti, oproti jedincům s vyšší intenzitou výživy. Jehničky mají menší zastoupení kolagenu ve svalovině oproti beránkům. Více zastoupený kolagen ve svalovině též ovlivňuje negativně křehkost či případně jiné texturní charakteristiky. Kritérium tuhost masa ovlivňující kvalitu produktu lze ovlivnit procesem zchlazení masa. Je proto doporučeno zchlazovat postupně v intervalu do 10 hodin po porážce a teplota by neměla klesnout pod 10 °C. Tento fakt upozorňuje na chladové zkrácení svalových vláken, které je trvalé, Tuhost masa přetrvává i po dlouhodobé tepelné úpravě.

Koncentrace vodíkových iontů (hodnota pH) dosahuje 24 hodin *post mortem* rozmezí 5,5-5,8. Při vyšších hodnotách pH 24 hodin *post mortem* se projevuje zhoršenými vlastnostmi masa v podobě křehkosti a šťavnatosti.

Vaznost ovčího a jehněčího masa je ovlivněna zastoupením svalových vláken a zařazením k červenému masu. Červené maso složené převážně z červených oxidativních svalových vláken má lepší vaznost, než maso světlejší s vyšším zastoupením světlých

glykolytických svalových vláken. Kde o této problematice hovořím v části práce 3.3, kdy popisují vadu masa DFD (Horák et al. 2012).



Obrázek 6: Schéma dělení JUT (Horák et al. 2012)

3.8.2 Netradiční druhy zvířat pro produkci masa

Aktuálně je masná výroba soustředěna především na produkci masa od hospodářských druhů zvířat například skot, prasata, drůbež. Nicméně neopomenutelným zdrojem obživy stále zůstává lov zvěře. V nejrůznějších zemích světa lov zastává i jiný význam než obživu jako například prestižní sport nebo rekreační činnost. Nelze opomenout i regulační činnost volně žijících populací zvířat. V jižní Africe lovná zvěř též zastává nezastupitelnou funkci potravinové bezpečnosti (dos Santos Morais et al. 2022; Kempen et al. 2023; Needham et al. 2023).

Zvěřina je termín označující maso z legálně lovených nedomestikovaných zvířat zahrnující mnoho druhů ptáků, suchozemských i vodních živočichů, kteří jsou loveni v jejich přirozeném prostředí (Kudrnáčová et al., 2018).

Netradiční druhy lovených zvířat pro masnou produkci pochází od řady druhů, jako jsou antilopy, jelenovití, kozy, velbloudi ale také sem můžeme zařadit druhy plazů, ptáků, vačnatců společně i s hmyzem.

Africké druhy zvířat lze rozdělit do 3 skupin.

1. Velká zvířata zde můžeme zařadit slony, hrochy, žirafy a buvoli
Tyto druhy nejsou loveny pro komerční účely. Jedná se především o trofejový lov.
2. Střední zvířata, kam se řadí především antilopy (kudu velký, antilopa losí, přímorožec jihoafrický, buvolec káma a zebry)
3. Malá zvířata, kam je zařazen buvolec běločelý, impala jihoafrická, antilopa skákavá a chocholátka schovávaná

Zvířata malé a střední velikosti, kam dle příkladů zařazujeme především nejrůznější druhy antilop jsou využívána pro masnou produkci.

K oblíbeným druhům zvěřiny pro produkci masa patří zejména antilopa losí, přímorožec jihoafrický, kudu velký, zebra hartmannové, antilopa skákavá, impala jihoafrická, buvolec stepní a buvolec běločelý (Hoffman & Wiklund 2006; Van Schalkwyk & Hoffman 2016). Hlavními důvody oblíbenosti těchto afrických druhů zvířat je především početnost, dobrá plodnost, dostupnost produkčních oblastí a jejich kvalita, blízkost zpracovatelských zařízení (Van Schalkwyk & Hoffman 2016).

Antilopy nejsou běžně poráženy na jatkách. Důvodem je extrémní nervozita a stresové chování antilop, které nejsou zvyklé na kontakt s člověkem. Proto přeprava a případné nakládání antilop do přepravního vozu není doporučeno bez použití sedativ (Bothma 1996). Můžeme ale říct, že při návyku antilop na manipulační systém je možné porážku provádět stejně jako u jelenů. Toto tvrzení se opírá o studii Musa et al. (2021), kdy byla zjištěna pozitivní změna temperamentu antilopy losí.

Nejvhodněji zvěřinu můžeme popsat na intenzivně chovaných nedomestikovaných druhích jelenovitých pro masnou produkci (Hoffman & Wiklund 2006).

Zvěřina se oproti druhům tradičního masa hospodářských zvířat považuje za zdravější alternativu. Především díky nízkému obsahu tuku, který je nižší než 3 %, nízký poměr n-6 ku n-3 mastných kyselin (Hoffman & Wiklund 2006). Díky těmto aspektům se zvěřina a srnčí maso považuje za přírodní, ekologické a bezpečné ve srovnání s intenzivně chovanými tradičními druhy zvířat. Tímto tématem se dnes nejvíce zabývají spotřebitelé vyspělých zemí světa, kteří uvažují nad uhlíkovou stopou, udržitelností a dobrými životními podmínkami zvířat. Obsah reziduí v mase berou v potaz při rozhodování o koupi produktu (Van Schalkwyk & Hoffman, 2016). Jedinec může lovit sám případně s lovnou skupinou i s využitím loveckých psů. K lovu se nejčastěji využívají střelné zbraně nebo luku.

Lovná zvěř slouží buď jako trofej nebo maso pro využití ve výživě obyvatel. Trofejový lov nesměruje střely na hlavu nýbrž na tělo. Tím dochází k poškození a znehodnocení těla (Van Schalkwyk & Hoffman 2016). Maso zvířat z trofejového lovu neputuje do komerčního systému, spíše se jedná o lokální zdroj potravy.

Chov divoké zvěře lépe řečeno farmový chov zvěře pro masné účely je v Africe nyní možný v oblastech, která umožňují vlastnická práva k volně žijícím zvířatům. Do těchto oblastí, kde je chov s vlastnickými právy povolen spadají Jihoafrická republika, Namibie a Zimbabwe. Chov je realizován především extenzivně s minimálními zásahy člověka.

V Namibii a Jihoafrické republice se nyní markantně rozvíjí soukromý sektor farem se zvěří. Současně dochází také k ekoturistice, prodeji živé zvěře, lovu zvěře pro trofejové účely, lovu pro produkci masa (tento lov je v jižní Africe označován jako „biltong hunting“). Farmy jsou producenti masa pro své zaměstnance a okolní obyvatele a komunity, čímž napomáhají potravinové bezpečnosti (Taylor et al. 2015). Díky vysokému počtu zaměstnanců, který je dvakrát vyšší než u zaměstnanců pečujících o hospodářská zvířata, poskytují tyto systémy chovu nedomestikovaných zvířat lepší pracovní příležitosti pro místní komunity (Taylor et al. 2020).

Podstatnou část zisku farem však tvoří trofejový lov oproti porážení zvířat a produkce masa pro komerční účely. Můžeme se domnívat, že negativním faktorem může být vysoká nákladovost pramenící z dodržování právních předpisů o hygieně masa společně s vyššími nároky na lov volně žijících druhů ve srovnání s hospodářskými druhy zvířat (Hoffman et al. 2004; Taylor et al. 2020).

Hoffman (2000) říká, že výskyt vady DFD v Jihoafrické republice je zapříčiněn vysoce stresujícím způsobem lovu zvěře. Též Adzitey & Nurul (2011) uvádí, že lovená zvěř často podléhá vadě DFD v důsledku stresu před porážkou způsobeným postupy při lovu. Svalovina lovené zvěře často dosahuje pH vyššímu než 6. Lov se negativně podepisuje na kvalitě produktu. Při lovu dochází k vyčerpání glykogenových zásob a svalovina podléhá vadě DFD (Shange et al., 2018). Loveni jsou například buvolec běločelý (*Damaliscus pygargus phillipsi*)

u nás také označován jako Buvolec běločelý. Jde populární a hospodářsky významný jihoafrický druh zvěře, který je loven nejen pro maso ale i kůži. Také se nachází v moha loveckých rančích (Neethling et al. 2016). Zvěřina jižní Afriky je často konzumenty vnímána negativně. Zapříčiňuje tomu vysoký obsah myoglobinu, který způsobuje nevábnu tmavou barvu masa (Hoffman et al. 2009; Wiklund & Smulders 2011).



Obrázek 7: Buvolec běločelý, *Damaliscus pygargus phillipsi* (D. Furstenburg)

3.8.2.1 Noční a denní porážky afrických druhů zvířat

Usmrcení zvířat můžou provádět pouze kvalifikovaní a způsobilí střelci. Denní odlov probíhá především odstřelem z vozidel nebo vrtulníků. Střela je mířena na hlavu případně vrchní část krku, aby zapříčinila okamžitou smrt případně bezvědomí. Můžeme říct, že se jedná o preventivní opatření zamezující dlouhé mučivé a stresující smrti (Hoffman, osobní pozorování). Výstřel mířený na hrud' představuje riziko v podobě nadměrného krvácení, které kontaminuje JUT. Střelné rány způsobující větší poranění jsou snadnou bránou ke kontaminaci prostřednictvím hmyzu. Střely mířené do oblasti břicha jsou též rizikové ve spojení s kontaminací JUT obsahem trávicího traktu. Dbá se na dodržení a splnění požadavků umožňující vývoz masa. Pozitivním kritériem lovu probíhajícího přes den je lepší viditelnost, která umožňuje střelbu z větších vzdáleností (až 300 m). Zatím co lov uskutečněn naháněním či pronásledováním zvěře přináší negativa, která ovlivňují kvalitu masa prostřednictvím vyčerpání a stresu lovených zvířat. Z toho důvodu se pro komerční účely upřednostňuje noční odstřel mnoha druhů zvířat (Hoffman & Laubscher 2009 a, 2010, 2011). Vyšší úspěšnost nočního lovu je spojena s prováděním v době úplňku odstřelem z vozidla. Dalším pomocným zařízením jsou halogenové reflektory společně s teleskopickým zaměřovačem. Pomocí ostrého světla dojde k oslnění zvířete. Zaměřovač napomáhá při určení věku a pohlaví loveného zvířete (Conroy 2005). Častěji prováděný intenzivní odstřel jednoho stáda má za následek nervóznost zbývajících zvířat, která souvisí s rychlejším únikem zbylých jedinců v okamžiku, kdy zaregistrují blížící se vozidla (Hoffman & Laubscher 2009 b). Lov probíhající využitím dvou vozidel, která se přibližují z opačných konců stáda, však mohou snižovat lovný stres a zvýšit i efektivitu lovu. Velice efektivním je i lov z vrtulníku ovšem finanční hledisko tohoto lovu může být kladně hodnoceno tehdy, když dojde k velkému zpracování lovné zvěře (Hoffman, osobní pozorování).

K vykrvení by mělo dojít 10 minut od výstřelu, avšak k úplnému vykrvení dochází pouze zřídka. Po ukončení srdeční činnosti se lovná zvěř zavěsí za Achillovu patu (šlachu) případně za bok u menších JUT. Je nutné dodržovat hygienická opatření mezi jednotlivými dny porážek očišťovat nože. Čistění nožů je prováděno prostřednictvím horké vody o teplotě vyšší jak 82 °C případně použitím chemických sterilizátorů (Van Schalkwyk & Hoffman 2016).

3.8.2.2 Vliv stresu vyskytující se při lovu a porážce zvěře s jeho důsledky pro maso zvěře

Přirozeným instinktem divoké zvěře je útek. Zvěř takto činí, dokud neunikne od nebezpečí nebo do vyčerpání jedince. Při lovu se jedná zejména o stresory:

1. Blízkosti vozidel, vrtulníků a člověka
2. Nadměrná a náhlá svalová aktivita
3. Zranění, která jsou způsobena podmínkami prostředí, infrastrukturou nebo jinými zvířaty

Zmíněné stresory bychom se měli snažit zmírnit a eliminovat před dosažením kritického bodu v podobě smrti zvířete. Překročení kritického bodu přináší důsledky v podobě tepelného stresu, myopatie z odchyty, vadu DFD, předchozího nedostatku potravy (Ebedes et al. 1996). Je žádoucí sledovat příznaky tepelného stresu (nadměrné pocení, dýchání, ležení s hlavou svrženou k zádi).

Myopatie jinak řečeno nemoc z přetížení nebo nemoc bílých glykolytických svalů je důsledkem nadměrné námahy. Tato nemoc nenapravitelně poškozuje svaly a vnitřní orgány. Typickými charakteristikami pro myopatii jsou příznaky kulhání, vyčerpání, deprese a smrt. Mimo jiné se též projevuje třesem, kávově zbarvenou močí a ochrnutím svalů (Hattingh et al. 1984). Při myopatii dochází k hromadění kyseliny mléčné v krvi, která vzniká odbouráváním svalového glykogenu a uvolňováním svalového myoglobinu. Tento proces může zapříčinit poškození ledvin i selhání srdce. Samice impaly, kudu velký a buvolec běločelý se s tímto problémem potýkají častěji oproti jiným druhům (Ebedes et al. 1996). Svaly jsou na pohled světlé barvy. Můžeme to přirovnat k vadě PSE (bledé měkké, vodnaté maso) (Hoffman 2001 a, b).

3.8.3 Maso jelenovitých

Specifické organoleptické vlastnosti masa jelenovitých zapříčiňují rostoucí oblibu u spotřebitelů (Bureš et al., 2015; Neethling et al., 2016). V porovnání s masem tradičních druhů hospodářských zvířat maso jelenovitých vykazuje vysokou nutriční hodnotu. S tou je spojen nízký podíl tuku, příznivé zastoupení mastných kyselin, vysoký obsah esenciálních aminokyselin a minerálních látek (Hoffman a Wiklund 2006; Hoffman a Cawthorn 2013).

Byla provedena studie na barvu masa lovených zvířat konkrétně prasete divokého a daňka evropského. V rámci studie bylo zkoumáno 25 ks divokých prasat a 14 ks daňka evropského. Byly uloveny dvěma různými metodami, a to kolektivním lovem s využitím honících psů (DH) a odstřelem při individuálním lovu (HC), kdy je nezbytné vnímat rozdílnou zátěž pro lovené jedince. Studie popisuje vyšší úroveň oxidace lipidů v masu ze skupiny DH ve srovnání se skupinou HC, která může být způsobena stresem při způsobu lovu se psy. Můžeme říct, že tato práce dokazuje ovlivnění oxidace lipidů metodou lovu volně žijících zvířat. Výsledky potvrdily vliv stresu před porážkou na kvalitu masa a stabilitu lipidů (Cifuni et al. 2014). Hoffmann a Wiklund (2006) uvedli, že maso ze zvířat, která byla před usmrcením a během něj vystavena vyššímu stresu, vykazovala vlastnosti spojené se stresem před porážkou v podobě vyššího konečného pH, nižší ztráty masové šťávy při odkapu a tmavší barvě masa.

3.8.3.1 Farmový chov jelenovitých

Farmový chov nejrůznějších druhů jelenovitých je novým, dá se říct, expandujícím a rozvíjejícím se odvětvím živočišné výroby. Nejen v České republice, ale i v rámci zemí Evropské unie, a v podstatě v celé řadě světových regionů. Produkce zvěřiny (maso z volně žijících lovených zvířat) nepokrývá spotřebu EU. Maso pocházející z farmových chovů garantuje lepší hygienické standardy při porážce a zpracování masa, ve srovnání s masem pocházejícím z lovu ve volnosti. Také se dá hovořit o pravidelnějších dodávkách do tržních sítí. Klíčovou vlastností pro některé spotřebitele je i dohledatelnost původu (Bureš et al. 2017). Jedná se o alternativní produkční systém, který původně měl být formou živočišné produkce s nízkou počáteční investicí. Chov měl být realizován na trvalých travních porostech za přirozené adaptace zvířat. Nyní ale můžeme hovořit, že díky vývoji došlo k intenzivní formě živočišné produkce (Kudrnáčová et al. 2018). Na téma výživy, vykrmování a chovu zvířat chovaných pro produkci masa je nyní stále málo dostupných informací. Důvodem málo početných informací této problematiky je relativně nově realizovaný systém chovu.

V České republice jsou nejvíce chovány dva druhy jelenovitých ve farmovém chovu, konkrétně daněk evropský a jelen evropský. V období 80. let se v České republice začal farmový chov jelena evropského a daňka evropského. K nejvyšší expanzi vzniku nových farem došlo v období 90. let minulého století. V tento okamžik na území našeho státu vznikla Asociace farmových chovů jelenovitých (Gorgoňová 2015). Dle znění zákona č. 166/1999 Sb., o veterinární péči je zvěř ve farmových chovech považována za hospodářská zvířata. Z tohoto důvodu nelze její maso označovat za zvěřinu nýbrž za maso z jelena či daňka (Bureš et al. 2018; Bokor et al. 2023; Needham et al. 2023).

3.8.4 Zvěřina

Ve světě bylo vyprodukováno 2,5 milionu tun masa nedomestikovaných lovných zvířat, z čehož přibližně 50 % produkce pocházelo z Afriky. Tyto statistické informace jsou datovány k roku 2021. FAOSTAT (2023) databáze uvádí nejnížší produkci zvěřiny v Asii činící 18,9 tisíc tun. Na území našeho státu činí roční produkce zvěřiny 18 tisíc tun. Nejvýznamnější část produkce zvěřiny u nás zastupuje maso divokých prasat. Zvěřina se z České republiky exportuje do zahraničí především do Německa, Rakouska a Švýcarska. Na export zvěřiny připadá až větší polovina celkové produkce. Co se dovozců do České republiky týče činí je Německo a Polsko. Legislativa týkající se lovu a distribuce masa lovné zvěře je globálně velice rozmanitá a mnohdy velmi odlišná. V zemích Evropské unie umožňuje Nařízení ES č. 853/2004 prodávat zvěřinu díky němuž lze udržitelně využívat volně žijící lovnou zvěř na produkci masa (Němec et al. 2023 a).

Co se organoleptických vlastností a kvality týká, zvěřina má obecně nízký obsah tuku zejména intramuskulárního, nízký podíl nasycených mastných kyselin ovšem s vyšším podílem polynenasycených mastných kyselin s příznivým poměrem n-6/n-3. Obsahu tuků ovlivňuje mnoho aspektů jako například pohlaví, věk, výživový stav a období lovu. Bílkoviny mohou být zastoupeny v mírně vyšším procentu případně shodně jako u tradičních druhů hospodářských zvířat (Kudrnáčová et al. 2018).

3.9 Využití a zpracování DFD masa

3.9.1 Využití a zpracování DFD masa v tepelně opracovaném i neopracovaném stavu

Zpracování masa s výskytem vady DFD, ale i jiných myopatií představuje pro zpracovatelský průmysl ztráty, neboť finální produkt nemůže být vždy využíván pro původně zamýšlené účely s nejvyšším stupněm ekonomického zhodnocení. Přesto existuje úsilí takovéto maso zpracovat a dané ekonomické ztráty minimalizovat. Při kombinaci masa postiženého vadou DFD s masem charakterizovaným jako PSE lze vzájemně neutralizovat nedostatky obou druhů. Kombinace využívající masa s vadami PSE a DFD se využívají především u výroby tepelně neopracovaných uzenin společně s rostlinnými bílkovinami a alkalickými fosfáty. Použití DFD masa v masných výrobcích přináší prodlouženou dobu solení a vytváří pevnější texturu výrobku. Maso s DFD vlastnostmi se zejména používá ve výrobě masných uzenin (salámů a klobás). Nutno uvést, že tyto masné výrobky jsou nestabilní vůči mikroorganismům. Tento stav zapříčiňuje mnohokrát zmiňovaná vysoká hodnota pH. Kvalitu zajišťují fosfáty, které mají kompenzovat vady masa (Gorlov et al. 2013).

3.9.2 Vysokotlaká netepelná pasterizace

Maso podléhající vadě DFD má vysoké pH, které také zapříčiňuje změnu sensorických vlastností projevující se mírným zápachem a sníženou trvanlivostí produktu. Ovlivněno je to především pH a vlhkostí DFD masa, které je vhodné prostředí, pro množení mikroorganismů (Lu et al. 2015).

DFD maso lze zpracovávat pomocí vysokotlakého zpracování. Vysokotlaká netepelná pasterizace (HPP) je novou technologií netepelné pasterizace. Metoda potlačuje množení

mikroorganismů zapříčiňující kažení masa. Prodlužuje trvanlivost masa s vadou DFD. Bylo dokázáno, že HPP zlepšuje organoleptické vlastnosti a nutriční hodnoty potravin (Campus 2010).

Práce sledující možnosti využití masa s vadou DFD dokázala, že hovězí maso DFD, které bylo vystaveno vysokotlakému ošetření 200 MPa, bylo světlejší barvy než hovězí maso DFD neošetřené tímto způsobem (Utuma et al. 2017).

Použitím HPP dochází také ke změně v textuře a dochází ke zjemnění masa (Suzuki et al. 1993). Tento poznatek napomáhá k řešení problémů, se spokojeností spotřebitelů, kteří požadují křehké maso s odpovídající texturou (Hao et al. 2019).

3.9.3 Balení v modifikované atmosféře

Způsob balení masa v modifikované atmosféře (MAP) zapříčiňující především zlepšení barvy masa pomocí okysličení myoglobinu (López-Campos et al. 2014). V obalu přítomný kyslík napomáhá oxidaci myoglobinu a koncentraci oxymyoglobinu, který vybarvuje maso do jasně červené barvy (Holman a Hopkins 2021).

V otázce ohledně trvanlivosti DFD masa může pomoci oxid uhličitý, který snižuje pH masa, čím se eliminuje šance množení a růst bakterií podporující kažení. Maso balené v MAP s 50-80 % kyslíku zachová barvu hovězího masa až 10 dní při teplotě 3 °C (Josef et al. 2014).

3.10 Proteomické metody

Tyto metody posledních deset let slouží ke zkoumání důležitých kvalitativních charakteristik masa, a kladou si za cíl porozumět souvislostem mezi zastoupením různých proteinů ve svalovině a vlivem na barvu masa. Tyto charakteristiky jsou významné především pro kupující. Kupující požadují chuťově vynikající produkt, který ovlivňuje rozhodování při koupi produktu.

Metody objevují a identifikují proteinové biomarkery. Ovlivňující chápání příčin vedoucích k výskytu závad v kvalitě červeného masa. Případně masných výrobků a příčin jejich vzniku související s biologickým mechanismem.

Pokroky v proteomice masa skotu byly objeveny faktory některých proteinů a souvisejících molekulárních drah, které důležitě ovlivňují potravinářské kvalitativní znaky hovězího masa (křehkost, barva).

Pomocí metaanalýzy proteomiky normální barvy hovězího masa byl vytvořen seznam dvaceti sedmi markerů. Pro parametry barvy hovězího masa (Gagaoua et al. 2021). Metody jsou především využívány pro posouzení kvalitativních charakteristik, které ovlivňují chuťový zážitek jedince. Také se díky metodám dá sledovat dynamických změn v postmortální svalovině. Dynamické změny můžeme sledovat jak v čerstvých, tak i tepelně opracovaných masných výrobcích (Gagaoua, Troy, & Mullen 2021; Montowska & Pospiech 2013; Tian et al. 2016).

U skotu byly objeveny druhy proteinů příslušných molekulárních drah, které ovlivňují potravinářské kvalitativní znaky jako jsou barva masa a křehkost (Gagaoua et al. 2021)

4 Závěr

V rámci této bakalářské práce byla podrobně analyzována problematika vady masa s označením "Dark, Firm, and Dry" (DFD) u přežvýkavců. Na základě provedené literární rešerše a analýzy dostupných dat byly popsány důležité poznatky týkající se vzniku, významu a výskytu této vady.

První část práce se zaměřila na vysvětlení *post mortálních* procesů, které vedou k vzniku vady DFD, přičemž důležitou roli hraje rozklad ATP a hromadění kyseliny mléčné ve svalech po smrti zvířete. Byly analyzovány také charakteristické znaky vady, včetně hodnoty pH a barvy masa.

Další část práce se věnovala faktorům nejčastěji ovlivňujícím výskyt vady DFD u přežvýkavců, přičemž byl zdůrazněn vliv stresových faktorů, jako je například přeprava dobytka na jatka.

Na základě provedené analýzy a zhodnocení dostupných informací lze konstatovat, že vada masa DFD představuje stále značný problém ve zpracovatelském průmyslu, který má negativní dopad na kvalitu masa a následně i na spotřebitelské preference. Výskyt této vady je závislý na řadě faktorů, a proto je nezbytné zaměřit se na prevenci a kontrolu výskytu této vady již v ranných fázích produkčního řetězce.

Práce je zpracována především jako přehled sledující problematiku vady DFD u přežvýkavců. Toto téma, vzhledem ke svému ekonomickému významu i teoretické náročnosti na pochopení vztahů, které ovlivňují kvalitu masa, by mělo být předmětem dalšího výzkumu, neboť ten je předpokladem pro zajištění produkce splňující očekávání současných konzumentů.

5 Literatura

1. Aalhus, Jennifer Lynn, et al. Very fast chilling of beef carcasses. *Canadian journal of animal science*, 2002, 82.1: 59-67. Available from <https://doi.org/10.4141/A01-020>
2. Adamczyk, Krzysztof, et al. Perception of environment in farm animals—A review. *Annals of Animal Science*, 2015, 15.3: 565-589.
3. Adzitey, Frederick; Nurul, Huda. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences—a mini review. *International food research journal*, 2011, 18.1.
4. Barnes, K., Smith, S. and Lalman, D., 2004. Managing shrink and weighing conditions in beef cattle. Factsheet ANSI-3257. Oklahoma State University Cooperative Extension Service Available at: https://shareok.org/bitstream/handle/11244/49982/oksa_ANSI-3257_2007-06.pdf?sequence=1
5. Barton-Gade P. A. 1988. The effect of breed on meat quality characteristics in pigs. Proceedings 34th International Congress Meat Science Technology, Australia, Brisbane p 568-570./
6. Bokor J., Nagy J., Donkó T., Horn P., Bokor Á. 2023. The effect of age and sex on carcass traits and body composition of Hungarian yearling farmed red deer (*Cervus elaphus hippelaphus*). *Meat Science* 204, 109290
7. Bothma, J. Du P., 1996. Harvesting game. In: Bothma, J. Du P. and Du Toit, J.G. (eds.) *Game ranch management*. Van Schaik Publisher, Pretoria, South Africa, pp. 246-270.
8. Bourguet, Cécile, et al. Behavioural and physiological reactions of cattle in a commercial abattoir: Relationships with organisational aspects of the abattoir and animal characteristics. *Meat Science*, 2011, 88.1: 158-168.
9. Bourguet, Cécile, et al. Effects of feed deprivation on behavioral reactivity and physiological status in Holstein cattle. *Journal of animal science*, 2011, 89.10: 3272-3285.
10. Boykin, C. A., et al. National Beef Quality Audit—2016: Survey of carcass characteristics through instrument grading assessments. *Journal of animal science*, 2017, 95.7: 3003-3011. Available from <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1544>.
11. Broom, Donald M. Assessing welfare and suffering. *Behavioural processes*, 1991, 25.2-3: 117-123.
12. Broom, Donald M., et al. The welfare of livestock during road transport. *Long distance transport and the welfare of farm animals*, 2008, 7: 157-181.
13. Bruce, H. L., et al. Extent of dark-cutting in beef carcasses graded Canada B4. *Meat Science*, 2021, 172: 108363 Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174020307956?via%3Dihub>
14. Bull, Sleeter; Rusk, Henry Perly; Snapp, Roscoe Raymond. Effect of pasture on grade of beef. Bulletin (University of Illinois (Urbana-Champaign campus). Agricultural Experiment Station); no. 475, 1941.
15. Bureš D, Bartoň L, Lebedová N. 2020. Inovační postupy při produkci a zpracování hovězího masa. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
16. Bureš D., Bartoň L., Kotrba R., Hakl J. 2015. Quality attributes and composition of meat from red deer (*Cervus elaphus*), fallow deer (*Dama dama*) and Aberdeen Angus and Holstein cattle (*Bos taurus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 2299–2306.
17. Bureš D., Bartoň L., Kotrba R., Kudrnáčová, E. 2017. Kvalita masa farmově chovaných jelenů a daňků. *Náš chov*, 77, č.1, 72–74.

18. Bureš D., Bartoň L., Kudrnáčová E., Panovská Z., Kouřimská L. 2018. Maso divokých zvířat a jeho role v lidské výživě. *Výživa a potraviny* 73 (1), 9–13.
19. Caballero B., Trugo, L. C., Finglas P. M. 2003. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Academic Press, Amsterdam.
20. Campus M., 2010. High pressure processing of meat, meat products and seafood. *Food Engineering Reviews* 2.4: 256-273.
21. Canadian Food Inspection Agency, 2020. Health of animals regulations: Part XII: transport of animals-regulatory amendment – interpretive guidance for regulated parties. Available at <https://tinyurl.com/3fn66zn6>.
22. Ceballos, Maria C., et al. Frequent handling of grazing beef cattle maintained under the rotational stocking method improves temperament over time. *Animal Production Science*, 2016, 58.2: 307 Available from <https://doi.org/10.1071/AN16025>
23. Coffey, K. P., et al. Basic principles and economics of transportation shrink in beef cattle. *The Professional Animal Scientist*, 2001, 17.4: 247-255.
24. Conroy, A. M. The springbok. *Intensive wildlife production in southern Africa. Pretoria: Van Schaik*, 2005, 214-225.
25. Cozzi, Giulio, et al. Growth performance, cleanliness and lameness of finishing Charolais bulls housed in littered pens of different design. *Italian Journal of Animal Science*, 2005, 4.sup2: 251-253.
26. Cozzi, Giulio; BRSCIC, Marta; GOTTARDO, Flaviana. Main critical factors affecting the welfare of beef cattle and veal calves raised under intensive rearing systems in Italy: a review. *Italian Journal of Animal Science*, 2009, 8.sup1: 67-80.
27. Damasio, Antonio R. Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain research reviews*, 1998, 26.2-3: 83-86.
28. Dantzer, Robert. Can farm animal welfare be understood without taking into account the issues of emotion and cognition?. *Journal of Animal Science*, 2002, 80.E-suppl_1: E1-E9.
29. Danziger, N. Bases neurologiques de l'affect douloureux. *Revue Neurologique*, 2006, 162.3: 395-399.
30. Dawkins, Marian Stamp. The science of animal suffering. *Ethology*, 2008, 114.10: 937-945.
31. Désiré, Lara; Boissy, Alain; Veissier, Isabelle. Emotions in farm animals: a new approach to animal welfare in applied ethology. *Behavioural processes*, 2002, 60.2: 165-180.
32. dos Santos Morais B. H., de Lima Cardoso D., da Silva Costa J., Mayor P., de Albuquerque N. I., Chisté R. C., de Araújo Guimarães D. A. 2022. Use of wildlife as an alternative protein source: Collared peccary meat. *Meat Science* 192 (6), 108895
33. Duncan, Ian JH. Animal welfare defined in terms of feelings. 1996.
34. Ebedes, H.; Du Toit, J. G.; van Rooyen, J. Game capture. *Game Ranch Management. JL van Schaik, Pretoria*, 1996, 271-333.
35. Elorette, Catherine, et al. Dysregulation of behavioral and autonomic responses to emotional and social stimuli following bidirectional pharmacological manipulation of the basolateral amygdala in macaques. *Neuropharmacology*, 2020, 179: 108275. Available from <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2020.108275>
36. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2001. Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock. FAO, Rome, Italy. Available at: <https://tinyurl.com/jnw8xbvt>.
37. FAOSTAT. 2023. Statistical database of Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available from <https://www.fao.org/faostat/en/#home>

38. Gagaoua, Mohammed, et al. Clustering of sensory eating qualities of beef: Consistencies and differences within carcass, muscle, animal characteristics and rearing factors. *Livestock Science*, 2018, 214: 245-258. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141318301872?via%3Dihub>
39. Gagaoua, Mohammed, et al. Dark-cutting beef: A brief review and an integromics meta-analysis at the proteome level to decipher the underlying pathways. *Meat science*, 2021, 181: 108611.
40. Gagaoua, Mohammed, et al. Molecular signatures of beef tenderness: Underlying mechanisms based on integromics of protein biomarkers from multi-platform proteomics studies. *Meat science*, 2021, 172: 108311 Available from <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108311>.
41. Gagaoua, Mohammed; PICARD, Brigitte; MONTEILS, Valérie. Associations among animal, carcass, muscle characteristics, and fresh meat color traits in Charolais cattle. *Meat science*, 2018, 140: 145-156. Available from <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.004>.
42. Gagaoua, Mohammed; TROY, Declan; MULLEN, Anne Maria. The extent and rate of the appearance of the major 110 and 30 kDa proteolytic fragments during post-mortem aging of beef depend on the glycolysing rate of the muscle and aging time: An LC-MS/MS approach to decipher their proteome and associated pathways. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2020, 69.1: 602-614. Available from <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06485>.
43. Gallo C., Tarumán J., Larrondo C. 2018. Main Factors Affecting Animal Welfare and Meat Quality in Lambs for Slaughter in Chile. *Animals*, 8: 165.
44. González, L. A., et al. Factors affecting body weight loss during commercial long haul transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science*, 2012, 90.10: 3630-3639.
45. González, L. A., et al. Relationships between transport conditions and welfare outcomes during commercial long haul transport of cattle in North America. *Journal of animal science*, 2012, 90.10: 3640-3651.
46. Gorgoňová, Š. 2015. Asociace farmových chovů jelenovitých ČR – Těžké
47. Gorlov, I. F.; Pershina; E. I.; Tikhonov, S. L. Identification and prevention of the formation of meat with PSE and DFD properties and quality assurance for meat products from feedstocks exhibiting an anomalous autolysis behavior. *Foods and Raw materials*, 2013, 1.2: 15-21.
48. Gottardo, Flaviana, et al. Welfare and meat quality of beef cattle housed on two types of floors with the same space allowance. *Italian Journal of Animal Science*, 2003, 2.4: 243-253.
49. Grandin, T., 2014 a. Behavioural principles of handling cattle and other grazing animals under extensive conditions. In: Grandin, T. (ed.) *Livestock handling and transport*. Cabi, Wallingford, UK, pp. 39-64./
50. Grandin, Temple, et al. Recommended animal handling guidelines & audit guide: a systematic approach to animal welfare. *North American Meat Institute*, 2019.
51. Grandin, Temple. Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. *Veterinary and Animal Science*, 2016, 1: 23-28.
52. Grandin, Temple. *Humane livestock handling*. Storey Publishing, 2008.

53. Grayson, A. L., et al. The effects of degree of dark cutting on tenderness and sensory attributes of beef. *Journal of Animal Science*, 2016, 94.6: 2583-2591. Available from <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/94/6/2583/4702281?redirectedFrom=fulltext>
54. Hall, J. L., et al. Quality of beef. 4. Characteristics of dark-cutting beef. Survey and preliminary investigation. *Quality of beef. 4. Characteristics of dark-cutting beef. Survey and preliminary investigation.*, 1944.
55. Hao W. M., Zhu C. Z., Zhao G. M., Nai B. J., Wang F. Q., Wang K. 2019. Research progress on the influence factors of the tenderness of the muscle and the technology of adjusting the tenderization of the beef. *Science and Technology of Food Industry* **40.24**: 349-354.
56. Hattingsh, J., * Wright, PG, * De Vos, V., * McNairn, IS, ** Ganhao, MF, * Silove, M., * Wolverson, G.* & Cornelius, ST*. Blood composition in culled elephants and buffaloes. *Journal of the South African Veterinary Association*, 1984, 55.4: 157-164.
57. Heffner, H.E. and Heffner, R.S., 1992. Auditory perception. In: Phillips, C. and Piggins, D. (eds.) *Farm animals and the environment*. CAB International, Oxon, UK, 430 pp
58. Hoffman, L. C. The effect of different culling methodologies on the physical meat quality attributes of various game species. In: *Proceedings of the 5th international wildlife ranching symposium sustainable utilization–conservation in practice*. 2001.
59. Hoffman, L. C., et al. The retail of South African game meat: current trade and marketing trends. *South African Journal of Wildlife Research-24month delayed open access*, 2004, 34.2: 123-134.
60. Hoffman, L. C., Wiklund, E. 2006: Game and venison – meat for the modern consumer. *Meat science*, 74(1). 197–208
61. Hoffman, L. C.; Laubscher, L. L. A comparison between the effects of day and night cropping on gemsbok (*Oryx gazella*) meat quality. *Meat science*, 2010, 85.2: 356-362.
62. Hoffman, L.C., Crawthorn, D. 2013: Exotic protein sources to meet all needs. *Meat Science*, 95, 764–771.
63. Hoffman, Louw C.; Laubscher, Liesel L. A comparison between the effects of day and night cropping on greater kudu (*Tragelaphus strepsiceros*) meat quality. *South African Journal of Wildlife Research-24month delayed open access*, 2009, 39.2: 164-169.
64. Hoffman, Louw C.; Laubscher, Liesel L. A comparison between the effects of day versus night cropping on the quality parameters of red hartebeest (*Alcelaphus buselaphus*). *South African Journal of Wildlife Research-24month delayed open access*, 2011, 41.1: 50-60.
65. Hoffman, Louw C.; Laubscher, Liesel L. Comparing the effects on meat quality of conventional hunting and night cropping of impala (*Aepyceros melampus*). *South African Journal of Wildlife Research-24month delayed open access*, 2009, 39.1: 39-47.
66. Hoffman, Louwrens C. The effect of day-time cropping on warthog (*Phacochoerus aethiopicus*) meat quality. In: *International Congress of Meat Science and Technology*. Japan Society for Meat Science and Technology, 2001.
67. Hoffman, Louwrens C., et al. Meat quality of kudu (*Tragelaphus strepsiceros*) and impala (*Aepyceros melampus*): Carcass yield, physical quality and chemical composition of kudu and impala Longissimus dorsi muscle as affected by gender and age. *Meat science*, 2009, 83.4: 788-795.
68. Holdstock, J., et al. The impact of ultimate pH on muscle characteristics and sensory attributes of the longissimus thoracis within the dark cutting (Canada B4) beef carcass grade. *Meat Science*, 2014, 98.4: 842-849.

69. Holman B. WB, Hopkins D.L., 2021. The use of conventional laboratory-based methods to predict consumer acceptance of beef and sheep meat. *Meat science* **181**: 108586.
70. Hopkins, David L.; Bruce, Heather; LI, Duo. Final Report–Causes and contributing factors to dark cutting: Current trends and future directions. Retrieved from Australian Meat Processing Corporation Available from: <https://www.ampc.com.au/uploads/cgblog/id98/2014.1060-Causesand-contributing-factors-to-dark-cutting.pdf>, 2016.
71. Horák, František. *Chováme ovce*. Praha: Ve spolupráci se Svazem chovatelů ovcí a koz v ČR vydalo nakl. Brázda, 2012. ISBN 978-80-209-0390-7./
72. Hughes, J. M.; Kearney, G.; Warner, R. D. Improving beef meat colour scores at carcass grading. *Animal Production Science*, 2014, 54.4: 422-429. Available from <https://www.publish.csiro.au/an/AN13454>
73. Chen, Sean WC; Shemyakin, Alexei; Wiedenmayer, Christoph P. The role of the amygdala and olfaction in unconditioned fear in developing rats. *Journal of Neuroscience*, 2006, 26.1: 233-240.
74. Ijaz, Muawuz, et al. Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. *Meat Science*, 2020, 161: 107954.
75. Ingr I. 2003. Zrání masa a jeho praktický význam. Available from <https://reznictvivasicek.websnadno.cz/Zrani-masa-a-jeho-prakticky-vyznam.html>
76. Ishiwata, Toshie, et al. Effects of an environmental enrichment using a drum can on behavioral, physiological and productive characteristics in fattening beef cattle. *Animal Science Journal*, 2006, 77.3: 352-362.
77. Jones, S. D. M., et al. The effects of fasting and transportation on beef cattle. 2. Body component changes, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*, 1988, 20.1: 25-35.
78. Jones, S. D. M., et al. The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle. *Meat Science*, 1990, 28.2: 131-139.
79. Kameník J. 2016. Vesmír. Available from <https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2016/08/zrale-maso-chutne-maso.html>(accessed January 2024).
80. Kameník J., Saláková A., Pavlík Z., Bořilová G., Hulanková R., Steinhäuserová I. 2014. Vacuum skin packaging and its effect on selected properties of beef and pork meat. *European Food Research and Technology*, **239**: 395-402.
81. Kempen E., Wassenaar A., Tobias-Mamina R. 2023. South African consumer attitudes underlying the choice to consume game meat. *Meat Science* 201, 109175.
82. Knee, B., Cummins, L., Walker, P., & Warner, R. 2004. Seasonal variation in muscle glycogen in beef steers. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(8),729–734.
83. Knowles, G. A review of the road transport of cattle. *Veterinary record*, 1999, 144.8: 197-201.
84. Knowles, T.G., Warriss, P. and Vogel, K.D., 2014. Stress physiology of animals during transport. In: Grandin, T. (ed.) *Livestock handling and transport*, Cabi, Wallingford, UK, p. 399-420.
85. Kudrnáčová, Eva, et al. Carcass and meat characteristics from farm-raised and wild fallow deer (*Dama dama*) and red deer (*Cervus elaphus*): A review. *Meat science*, 2018, 141: 9-27.
86. Lamme, Victor AF; Roelfsema, Pieter R. The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in neurosciences*, 2000, 23.11: 571-579.

87. Laureys, Steven, et al. Brain function in the vegetative state. *Brain death and disorders of consciousness*, 2004, 229-238.
88. Lawrie, R. A., et al. Physiological stress in relation to dark-cutting beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1958, 9: 721-727.
89. LeDoux, J.E. Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience* 2000, 23: 155-184./
90. LI, Chun-I.; Maglinao, Thomas L.; Takahashi, Lorey K. Medial amygdala modulation of predator odor-induced unconditioned fear in the rat. *Behavioral neuroscience*, 2004, 118.2: 324.
91. Longwell, John Harwood. Color of lean of beef as affected by grass and grain feeding. 1936.
92. López-Campos Ó., Zawadski S., Landry S., Aalhus J. L., Uttaro, B. 2014. Packaging for retail appearance improvement of dark cutting beef. *Meat Science* **1.96**: 121.
93. Lu X., Zhu L., Mao Y., Zhang Y., Niu L., Liang R., & Luo X. 2015. A review of previous studies on DFD beef. *Food Science* **36.19**: 271-276.
94. Mackintosh, David L.; Hall, J. Lowe. Some factors related to color of meat. *Journal of Animal Science*, 1936, 1936.1: 281-286.
95. McRae K. M., Baird H. J., Dodds K. G., Bixley M. J., Clarke S. M. 2016. Incidence and heritability of ovine pneumonia, and the relationship with production traits in New Zealand sheep. *Small Ruminant Research*, 145: 136-141.
96. Meat & Livestock Australia, Global Sheepmeat Industry and Trade Report, Meat & Livestock, Australia, 2021.
97. Millan, Mark J. The induction of pain: an integrative review. *Progress in neurobiology*, 1999, 57.1: 1-164.
98. Miranda-de la lama, G. C.; Villarroel, Morris; María, Gustavo A. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: a review. *Meat Science*, 2014, 98.1: 9-20.
99. Montowska, Magdalena; Pospiech, Edward. Species-specific expression of various proteins in meat tissue: proteomic analysis of raw and cooked meat and meat products made from beef, pork and selected poultry species. *Food chemistry*, 2013, 136.3-4: 1461-1469 Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.072>.
100. Moore, Melanie Catherine, et al. National Beef Quality Audit–2011: In-plant survey of targeted carcass characteristics related to quality, quantity, value, and marketing of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 2012, 90.13: 5143-5151.
101. Mormède P., Courvoisier H., Ramos A., Marissal-Arvy N., Ousova, O. and De'saute' S, C. 2002. Molecular genetics approaches to investigate individual variations in behavioral and neuroendocrine stress responses. *Psychoneuroendocrinology* **27.5**: 563-583.
102. Mounier L., Dubroeuq H., Andanson S. and Veissier I. 2006. Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. *Journal of Animal Science* **84.6**: 1567-1576.
103. Musa, Abubakar S., et al. Habituation of common eland (*Taurotragus oryx*) to intensive routine handling, and the effect of immunocastration thereon. *Applied Animal Behaviour Science*, 2021, 237: 105294. Available from <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105294>
104. N Bhupathiraju S., Hu F. 2023. Carbohydrates, Proteins, and Fats. Available from: <https://www.merckmanuals.com/home/disorders-of-nutrition/overview-of-nutrition/carbohydrates,-proteins,-and-fats> (February 2023).

105. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č.853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, ze dne 29.4. 2004. In: Úřední věstník L 13920. 5. 2004, s. 55–205. Available from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32004R0853>
106. Needham T., Bureš D., Černý J., Hoffman L. C. 2023. Overview of game meat utilisation challenges and opportunities: A European perspective. *Meat Science* 204, 109284.
107. Neethling, J., Hoffman, L.C., Muller. M. 2016: Factors influencing the flavour of game meat: A review. *Meat Science*, 113. 139–153.
108. Neethling, Nikki E., et al. Muscle-specific colour stability of blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*) meat. *Meat science*, 2016, 119: 69-79.
109. Němec M., Skřivánková A., Vaca D., Novák J., Riedl M., Dudík R., Jarský V. (2023 a). The factors limiting the venison market in the Czech Republic and options for limiting their impact on the forestry. *Journal of Forest Science* 69 (3), 101–113.
110. Nenadović, Katarina, et al. Welfare and meat quality of lambs. 2021.
111. Nicol, C. J.; Scott, G. B. Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 1990, 28.1-2: 57-73.
112. OECD/FAO, OECD-FAO Agricultural Outlook 2021–2030, OECD Publishing, Paris, France, 2021
113. Panksepp, Jaak. Affective consciousness: Core emotional feelings in animals and humans. *Consciousness and cognition*, 2005, 14.1: 30-80.
114. Park, Rachel M.; Foster, Margaret; Daigle, Courtney L. A scoping review: The impact of housing systems and environmental features on beef cattle welfare. *Animals*, 2020, 10.4: 565. Available from <https://doi.org/10.3390/ani10040565>
115. Petherick, J. Carol. Animal welfare issues associated with extensive livestock production: The northern Australian beef cattle industry. *Applied Animal Behaviour Science*, 2005, 92.3: 211-234.
116. Phillips, Clive JC. *Principles of cattle production*. 2010.
117. Pipek P. 1995. Technologie masa I. Kostelecké uzeniny, Praha.
118. Ponnampalam, Eric N., et al. Causes and contributing factors to “dark cutting” meat: Current trends and future directions: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2017, 16.3: 400-430. Available from <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12258>.
119. Rocha, L. M., et al. Can the monitoring of animal welfare parameters predict pork meat quality variation through the supply chain (from farm to slaughter)?. *Journal of Animal Science*, 2016, 94.1: 359-376.
120. Rosa, A., et al. Incidence of DFD meat on Brazilian beef cuts. *Meat Science*, 2016, 112: 132-133.
121. Rysová L. 2019. Jak zraje maso? Available from <https://www.agropress.cz/jak-zraje-maso-po-porazce/>
122. Salvin, Hannah E., et al. Welfare of beef cattle in Australian feedlots: A review of the risks and measures. *Animal Production Science*, 2020, 60.13: 1569-1590.
123. Sánchez-hidalgo, Melissa; Bravo, Viviana; Gallo, Carmen. Behavior and health indicators to assess cull cow's welfare in livestock markets. *Frontiers in veterinary science*, 2020, 7: 471. Available from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.00471/full>
124. Scanga, J., Belk, K., Tatum, J., Grandin, T., and Smith, G. 1998. Factors contributing to the incidence of dark-cutting beef. *Journal of Animal Science* 76: 2040-2047.
125. Shaid Mahmood, Shahid Mahmood, et al. Proteomics of dark cutting longissimus thoracis muscle from heifer and steer carcasses. 2018.

126. Shange, Nompumelelo; Gouws, Pieter; Hoffman, Louwrens C. Changes in pH, colour and the microbiology of black wildebeest (*Connochaetes gnou*) longissimus thoracis et lumborum (LTL) muscle with normal and high (DFD) muscle pH. *Meat science*, 2019, 147: 13-19.
127. Shenk, John H.; Hall, J. Lowe; King, H. H. Spectrophotometric characteristics of hemoglobins: I. Beef blood and muscle hemoglobins. *Journal of Biological Chemistry*, 1934, 105.4: 741-752.
128. Schwartzkopf-genswein, K. S.; Grandin, Temple. Cattle transport in North America. *Livestock handling and transport*, 2019, 153-183.
129. Sikes, Anita L., et al. Very fast chilling modifies the structure of muscle fibres in hot-boned beef loin. *Food Research International*, 2017, 93: 75-86. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.027>.
130. Steel, Cameron C., et al. Abattoir factors influencing the incidence of dark cutting in Australian grain-fed beef. *Animals*, 2021, 11.2: 474.
131. Strappini, A. C., et al. Bruises in culled cows: when, where and how are they inflicted?. *Animal*, 2013, 7.3: 485-491.
132. Suzuki A., Watanabe M., Ikeuchi Y., Saito M., & Takahashi K. 1993. Effects of high-pressure treatment on the ultrastructure and thermal behaviour of beef intramuscular collagen. *Meat science* **35.1**: 17-25.
133. Tarrant, P. and Sherington, J. 1980. An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science* **4**: 287-297.
134. Tarrant, P. V., et al. Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. *Livestock Production Science*, 1992, 30.3: 223-238.
135. Taylor, W. Andrew, et al. Jobs, game meat and profits: the benefits of wildlife ranching on marginal lands in South Africa. *Biological Conservation*, 2020, 245: 108561. Available from <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108561>
136. Taylor, W.A., Lindsey, P.A. and Davies-Mostert, H., 2015. An assessment of the economic, social and conservation value of the wildlife ranching industry and its potential to support the green economy in South Africa. The Endangered Wildlife Trust, Johannesburg, South Africa, 120 pp.
137. Terlouw, E. M. C., et al. Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: current status and possible future research. *animal*, 2008, 2.10: 1501-1517.
138. Terlouw, EM Claudia, et al. Understanding the determination of meat quality using biochemical characteristics of the muscle: stress at slaughter and other missing keys. *Foods*, 2021, 10.1: 84.
139. Tian Xiaojing, Tian XiaoJing, et al. Quality and proteome changes of beef *M. longissimus dorsi* cooked using a water bath and ohmic heating process. 2016. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856416300303>
140. Tononi, Giulio. The integrated information theory of consciousness: an updated account. *Archives italiennes de biologie*, 2012, 150.2/3: 56-90.
141. USDA, 1994. 28 hour law of 1873 Citation: 49 USC 80502. Available from: <https://www.nal.usda.gov/awic/twentyeight-hour-law>.
142. Utama D. T., Lee S. G., Baek K. H., Chung W. S., Chung I. A., Jeon J. T., & Lee S. K. 2017. High pressure processing for dark-firm-dry beef: effect on physical properties and oxidative deterioration during refrigerated storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*.
143. Van der Wal P. G., Engel B. and Reimert H. G. M. 1999. The effect of stress, applied immediately before stunning, on pork quality. *Meat Science* **53.2**: 101-106.

144. Van Engen, N. K.; Coetzee, J. F. Effects of transportation on cattle health and production: a review. *Animal health research reviews*, 2018, 19.2: 142-154.
145. Van Schalkwyk, Diana L.; Hoffman, Louwrens C. *Guidelines for the harvesting & processing of wild game in Namibia* 2016. Republic of Namibia, Ministry of Environment & Tourism, 2016. Available from <https://scholar.sun.ac.za/server/api/core/bitstreams/fdb7524b-3d51-4710-bd0d-2de53518221a/content>
146. Vanhonacker, Filiep, et al. Do citizens and farmers interpret the concept of farm animal welfare differently?. *Livestock science*, 2008, 116.1-3: 126-136.
147. Warner, R. D., et al. Factors influencing the incidence of high rigor temperature in beef carcasses in Australia. *Animal Production Science*, 2014, 54.4: 363-374. <https://doi.org/10.1071/AN13455>.
148. Warriss P. D. 1996. The consequences of fighting between mixed groups of unfamiliar pigs before slaughter. Meat Focus International, United Kingdom.
149. Warriss, P. D. 2000. Meat Focus International. Meat science: An introductory text, CAB-International, Wallingford **41.4**: 89-92.
150. Warriss, P. D., et al. Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. *The Veterinary Record*, 1995, 136.13: 319-323.
151. Weeks, C. A., et al. Noise levels in lairages for cattle, sheep and pigs in abattoirs in England and Wales. *Veterinary record*, 2009, 165.11: 308-314.
152. Wiklund, Eva; Smulders, Frans JM. Muscle biological and biochemical ramifications of farmed game husbandry with focus on deer and reindeer. In: *Game meat hygiene in focus*. Wageningen Academic, 2011. p. 297-314.
153. Willson, Dennis W.; BAIER, Faith S.; Grandin, Temple. An observational field study on the effects of changes in shadow contrasts and noise on cattle movement in a small abattoir. *Meat Science*, 2021, 179: 108539 Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174021001157?via%3DiHub>
154. Woods, Jennifer; Grandin, Temple. Fatigue: a major cause of commercial livestock truck accidents. *Veterinaria Italiana*, 2008, 44.1: 259-262.
155. začátky, nadějná budoucnosti. Available from <https://www.asz.cz/clanek/2914/asociace-farmovych-chovu-jelenovitych-cr-tezke-zacatky-nadejna-budoucnost/>.
156. Zákon č.166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ze dne 13. 7. 1999. In: Sběrka zákonů 30. 7. 1999, částka 57. s. 3122–3168. Available from <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1999-166>
157. Zhang, Yining, et al. Determination of a pH threshold for dark cutting beef based on visual evaluation by Asian consumers. *Meat Science*, 2021, 172: 108347. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174020307798?via%3DiHub>
158. Zhao, Q. Survey on DFD beef incidence in China and specification in pre-slaughter management of cattle. 2013. PhD Thesis. Master thesis). Shandong Agricultural University. (in Chinese).
159. Žurmanová J. 2014. Kreatinkinázový systém v kosterním svalu. *ŽIVA* **1**: 4-6.

6 Seznam použitých zkratek a symbolů

ATP – adenosintrifosfát

DCB – dark cutting beef

DFD – tmavé, tuhé, suché (dark, firm, dry)

HPP – vysokotlaká netepelná pasterizace

JUT – jatečně opracovaný trup

LTL – dlouhý sval zádový a krční

MAP – balení v modifikované atmosféře

PSE – bledé, měkké, vodnaté (pale, soft, exudatice)