



FAKULTA BIOTECHNOLÓGIE  
A POTRAVINÁRSTVA  
SPU V NITRE

# Vplyv skladovania a techniky aplikácie pamajoránovej silice na oxidačnú stabilitu kuracieho mäsa

## The impact of storage and techniques for applying oregani aetheroleum on the oxidative stability of chicken meat

Mária Angelovičová • Alica Bobková • Michal Angelovič



antioxidačná  
aktivita

Mária Angelovičová, Alica Bobková, Michal Angelovič

**Vplyv skladovania a techniky aplikácie pamajoránovej silice  
na oxidačnú stabilitu kuracieho mäsa**

**The impact of storage and techniques for applying oregani aetherolum  
on the oxidative stability of chicken meat**

Nitra 2022

<https://doi.org/10.15414/2022.9788055224992>

**Názov:** Vplyv skladovania a techniky aplikácie pamajoránovej silice na oxidačnú stabilitu kuracieho mäsa

The impact of storage and techniques for applying oregani aetheroleum to the oxidative stability of chicken meat

**Autori:** prof. Ing. Mária Angelovičová, CSc. (1,52 AH)  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
FBP, Ústav potravinárstva

doc. Ing. Alica Bobková, PhD. (3,05 AH)  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
FBP, Ústav potravinárstva

Ing. Michal Angelovič, PhD. (3,05 AH)  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
TF, Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky

**Recenzenti:** RNDr. Emília Hanusová, PhD.  
Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum  
Výskumný ústav živočíšnej výroby v Nitre

prof. Ing. Anna Trakovická, CSc.  
Ústav výživy a genomiky  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

prof. Ing. Peter Haščík, PhD.  
Ústav potravinárstva  
Fakulta biotechnológie a potravinárstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

### Pod'akovanie

Táto publikácia vznikla s podporou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR, grantom KEGA 024SPU-4/2021 (Kultúrna a edukačná grantová agentúra MŠVVaŠ SR).

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 7. 7. 2022 ako online vedeckú monografiu.

This work is published under the license of the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Public License (CC BY-NC 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## Obsah

<b>Zoznam skratiek a značiek</b> .....	4
<b>Úvod</b> .....	5
<b>1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí</b> .....	7
1.1 Oxidačné procesy a výživová hodnota kuracieho mäsa.....	7
1.2 Mechanizmus oxidácie tukov.....	8
1.3 Faktory vplyvajúce na oxidáciu tukov .....	16
1.4 Spôsoby merania zlúčenín odvodených z oxidácie tukov .....	19
<b>2 Cieľ práce</b> .....	26
<b>3 Metodika práce a metódy skúmania</b> .....	27
3.1 Technika vykonania skupinového kŕmneho pokusu .....	27
3.2 Vzorkovanie kuracej stehennej svaloviny s kožou na chemickú analýzu .....	28
3.3 Sledovanie ukazovateľov a spôsob ich sledovania .....	30
3.4 Štatistická analýza nameraných údajov .....	42
<b>4 Výsledky a diskusia</b> .....	43
4.1 Vlastnosti a výsledky analýzy pamajoránovej silice .....	43
4.2 Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah sušiny, tuku a cholesterolu .....	44
4.3 Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu čísla kyslosti tuku, peroxidového čísla a látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou.....	57
4.4 Korelačné vzťahy medzi sledovanými premennými podľa skupín pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice.....	79
<b>Návrh na využitie výsledkov</b> .....	89
<b>Záver</b> .....	91
<b>Abstrakt</b> .....	93
<b>Abstract</b> .....	94
<b>Zoznam použitej literatúry</b> .....	95

## **Zoznam skratiek a značiek**

$O_2^{\cdot -}$	superoxid
$R^{\cdot}$	alkylový radikál
$RO^{\cdot}$	alkoxylový radikál
$ROO^{\cdot}$	peroxylový radikál
ROOH	hydroperoxid
$OH^{\cdot}$	hydroxylový radikál
$HO_2^{\cdot}$	hydroperoxylový radikál
$H_2O_2$	peroxid vodíka
$LO^{\cdot}$	alkoxylový radikál
$LOO^{\cdot}$	peroxylový radikál
$^1O_2$	singletový kyslík
$^3O_2$	tripletový kyslík
$^3S^*$	senzitivizér tripletov
ROS	reaktívne formy kyslíka
DPPH $\cdot$	2,2'-difenyl-1-pikrylhydrazyl
TBA	kyselina tiobarbiturová
TBARS	látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
MDA	malóndialdehyd
EDTA	kyseliny etyléndiaminotetraoctová
TCA	kyselina trichlóroctová
FTIR	Fourierova transformovaná infračervená spektroskopia
ODA <sup>®</sup>	Kvantitatívna deskriptívna analýza
UV-Vis	ultrafialový viditeľný
UPLC	vysokoúčinná kvapalinová chromatografia
PUFA	polynenasýtené mastné kyseliny

## Úvod

Kuracie mäso si dlhodobo udržuje prvenstvo u spotrebiteľa pre známe dôvody, ako sú jeho dietetické vlastnosti, výživová hodnota, rýchla kulinárska úprava, vhodnosť pre každú vekovú kategóriu obyvateľov a tiež dostupnosť z finančného hľadiska.

Objektom skúmania kvality a zdravotnej bezpečnosti kuracieho mäsa sú najčastejšie tuky. Na jednej strane tuky sú pre výživu človeka životne dôležité živiny, pretože dodávajú energiu biologickým procesom v tele, obsahujú veľké množstvo látok, ako sú esenciálne mastné kyseliny alebo vitamíny rozpustné v tukoch, ktoré môžu poskytovať iba potraviny, strava. Okrem toho sú tuky zodpovedné za mnohé požadované vlastnosti kuracieho mäsa, pretože ovplyvňujú jeho chuť a prispievajú k zlepšeniu jemnosti a šťavnatosti. Z tohto aspektu sú obsah a zloženie tukov pre spotrebiteľa veľmi dôležité, pretože ovplyvňujú kvalitu mäsa a výživovú hodnotu.

Na druhej strane sú tuky náchylné na degradáciu. Oxidácia tukov je hlavnou nemikrobiálnou príčinou zhoršenia kvality mäsa. Degradácia sa začína už pri zabíjaní kurčiat určených na produkciu mäsa a pokračuje postupne počas celého potravinového reťazca, kým sa konečný produkt nespotrebuje. Preto musia byť všetky medziprodukty z manipulácie, spracovania a skladovania kuracieho mäsa starostlivo kontrolované, aby sa zabránilo vstupu rizík do potravinového reťazca, vzniku reakciám poškodzovania kvality kuracieho mäsa a znižovaniu výživovej hodnoty, čo má za následok minimalizovanie ekonomických strát pri produkcii hydinového mäsa.

Hlavným cieľom vedcov vo výskume je porozumieť mechanizmom oxidácie tukov v kuracom mäse, identifikovať podmienky pre ich inhibíciu a zistiť najúčinnšie metódy na kontrolu tohto procesu.

V nadväznosti na uvedenú problematiku manipulácie a skladovania kuracieho mäsa sme nadviazali svojim výskumom, výsledky ktorého sme spracovali a vyhodnotili v predloženej vedeckej monografii.



# 1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

## 1.1 Oxidačné procesy a výživová hodnota kuracieho mäsa

Z literárnych poznatkov je známe, že oxidačné reakcie znižujú výživovú hodnotu mäsa, a to v dôsledku straty esenciálnych mastných kyselín a vitamínov rozpustných v tukoch. Rovnako je pozorovaná zmena, a to ako prvá, ktorá má spravidla za následok postupné zhoršovanie senzorických vlastností. Patria sem zmeny farby, textúry a vzhľadu, zatuchnutej vône a chuti, ktoré ovplyvňujú výber a prijatie mäsa spotrebiteľom (**Purriños et al., 2011**).

Počas oxidácie tukov vznikajú toxické zlúčeniny. Autori, ktorí sa zaoberali výskumom tejto problematiky, dospeli k záveru, že jedným z najdôležitejších problémov oxidácie tukov je tvorba škodlivých zlúčenín, ktoré majú za následok vznik ochorení u ľudí, ako je ateroskleróza, rakovina, zápalové procesy a procesy starnutia (**Pereira a Abreu, 2018**).

**Angeli et al. (2011)** zistili, že hydroperoxydy tukov prispievajú k bunkovej cytotoxicite, pričom už nízke koncentrácie hydroperoxidov predstavujú pre bunky toxické účinky.

Aj produkty oxidácie cholesterolu sú pre arteriálne bunky nebezpečnejšie ako celkový cholesterol. Tieto produkty oxidácie cholesterolu súvisia s koronárnymi ochoreniami, mutagénnou aktivitou a aterosklerózou (**Broncano et al., 2009**).

V nedávno publikovanej štúdií je uvedené, že aldehydy a oxysteroly vznikajúce z oxidácie tukov majú prozápalové, cytotoxické a mutagénne účinky (**Sottero et al., 2019**).

Preto sa zdá byť zrejme na základe výsledkov oxidácie tukov, že produkty, ktoré vznikajú v tomto procese, sa podieľajú na vývoji alebo podpore mnohých chorôb človeka (**Yi et al., 2013**).

Oxidácia tukov je zložitý proces, ktorým vznikajú medziprodukty a ktoré prejavujú rozličné účinky. Snahou výskumníkov je porozumieť ich mechanizmu účinkov. Aj napriek tomu, že vo všeobecnosti oxidácia tukov má negatívne účinky na mäso, v niektorých prípadoch prispieva k rozvoju príjemných aróm (**Bermúdez et al., 2015; Lorenzo a Carballo, 2015; Pateiro et al., 2015; Lorenzo a Fonseca, 2019**).

Známe sú poznatky o zlúčeninách odvodených z oxidácie tukov, ktoré prispievajú svojimi účinkami k vývoju typickej arómy mäsových výrobkov počas dozrievania alebo sušenia, čo je jeden z najoceňovanejších atribútov spotrebiteľov (**Chaijan a Panpipat, 2017; Domínguez et al., 2019a**).

Oxidácia tukov sa označuje za veľmi zložitý proces, pretože zahŕňa viacero mechanizmov, ktoré na seba vzájomne pôsobia. Tak napr. nenasýtené mastné kyseliny reagujú s molekulárnym kyslíkom mechanizmom voľných radikálov. Odvodené zlúčeniny, ktoré sú výsledkom tejto reakcie, sú hydroperoxydy, ktoré sú



označené za prvé oxidačné produkty. Na rozdiel od iných produktov odvodených od tukov sú hydroperoxydy bez zápachu a neprispievajú žiadnou arómou. Tieto zlúčeniny sú však veľmi nestabilné. Rýchlo sa rozkladajú, následkom čoho vzniká veľký počet sekundárnych zlúčenín, medzi ktoré patria uhľovodíky, aldehydy, ketóny, alkoholy, estery a kyseliny (**Ross a Smith, 2006**).

V dôsledku týchto sekundárnych zlúčenín sa pozoruje výskyt pachutí a pachov v mäse (**Domínguez et al., 2019b**).

Napriek tomu nie všetky tieto zlúčeniny sú rovnako dôležité pri ovplyvňovaní celkového vnímania arómy. Význam každej zlúčeniny v konečnej aróme závisí od koncentrácie a čuchového prahu (**Rivas-Cañedo et al., 2009**).

Vo všetkých zlúčeninách pochádzajúcich z oxidačných procesov sú aldehydy považované za najdôležitejšie produkty rozkladu s najväčším podielom na tvorbe prechavých príchutí v mäse (**Cheng, 2016**).

Tento aspekt súvisí so skutočnosťou, že majú nízky prah zápachu a sú prítomné vo významných množstvách vo výrobkoch, ktoré prešli oxidačnými procesmi (**Domínguez et al., 2019a**).

Medzi prevládajúce aldehydy odvodené z oxidácie tukov patria n-alkanaly, trans-2-alkanaly, 4-hydroxy-trans-2-alkanaly a malóndialdehyd (**Chaijan a Panpipat, 2017**).

Okrem toho, že aldehydy prispievajú k aróme mäsa s proteínmi, podieľajú sa na zmenách výživovej hodnoty a organoleptických vlastností (**Guyon et al., 2016**).

Trvanlivosť mäsa je daná stavom, momentom, v ktorom je spotrebiteľ schopný zistiť oxidačné produkty, ktoré spôsobujú žltnutie (hlavne prechavé produkty) alebo sa pozorujú zmeny farby mäsa (**Barden a Decker, 2016**).

Napriek nespočetným výskumom, ktoré sa uskutočnili počas niekoľkých desaťročí s cieľom porozumieť teoretickým a praktickým mechanizmom oxidácie tukov, znalosti niektorých z nich nie sú úplne jasné. V súčasnom ponímaní oxidácie tukov poznatky o niektorých reakciách chýbajú alebo sú neúplné a ťažko je mechanizmu oxidácie porozumieť (**Schaich, 2013**).

Pri navrhovaní stratégie na účinné zabránenie oxidácii tukov v mäse sú potrebné komplexne pochopené mechanizmy, reakcie a hlavné faktory zahrnuté v celom procese (**Chaijan a Panpipat, 2017**).

## **1.2 Mechanizmus oxidácie tukov**

Známe sú poznatky o nenasýtených mastných kyselinách a kyslíku ako zložkách, ktoré reagujú počas procesu oxidácie tukov.

Ale tiež o ďalších zložkách, ktoré podporujú alebo predchádza sa nimi oxidačnými reakciami.

Tuky môžu byť oxidované tromi hlavnými spôsobmi, ktoré zahŕňajú komplexné reakcie:

- autoxidácia,
- enzymaticky katalyzovaná oxidácia,
- fotooxidácia.

Z týchto troch hlavných spôsobov oxidácie tukov v mäse je otvorenou otázkou na riešenie autooxidácia, ktorá je kontinuálnou radikálovou reťazovou reakciou. V nadväznosti na autooxidáciu sa pre vedcov stala hlavná výzva na riešenie dokončenia schémy oxidačného procesu, podľa ktorej sa dajú vysvetliť všetky súvisiace faktory oxidácie tukov, medziprodukty a reakcie (**Ghimi et al., 2017**).

### **Autoxidácia lipidov**

Autoxidácia je hlavným procesom, v ktorom interagujú nenasýtené mastné kyseliny a kyslík, a preto spôsobuje oxidačné poškodenie mäsa (**Erickson, 2002; Chaijan a Panpipat, 2017**).

Autoxidačný proces je zvyčajne reprezentovaný kombináciou troch rôznych fáz:

- a) *iniciácia*, pri ktorej dochádza k voľným radikálom,
- b) *propagácia*, pri ktorej sa znásobí počet reaktívnych zlúčenín,
- c) *terminácia*, pri ktorej reaktívne zlúčeniny degradujú alebo navzájom reagujú za vzniku nereaktívnych zlúčenín (**Cheng, 2016**).

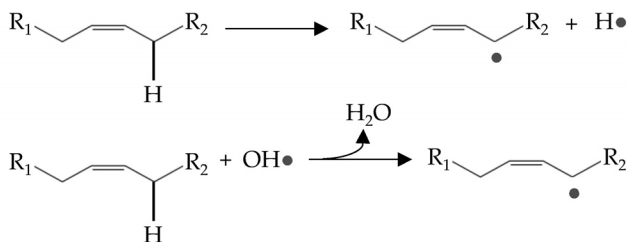
#### **a) Iniciácia**

Počiatkový stupeň oxidácie tukov je kontroverznou oblasťou a zostáva predmetom mnohých výskumov (**Gray a Monahan, 1992**).

Je dobre známe, že interakcia medzi nenasýtenými mastnými kyselinami a molekulou kyslíka nie je spontánna reakcia. V skutočnosti je kyslík v tripletovom elektronickom stave a dvojité väzby mastných kyselín sú v singletovom elektronickom stave. Tento aspekt určuje, že nemôžu reagovať priamo kvôli rôznym spinovým stavom. Tripletový kyslík sa nemôže sám zmeniť na singletový stav (**Chen et al., 2011**).

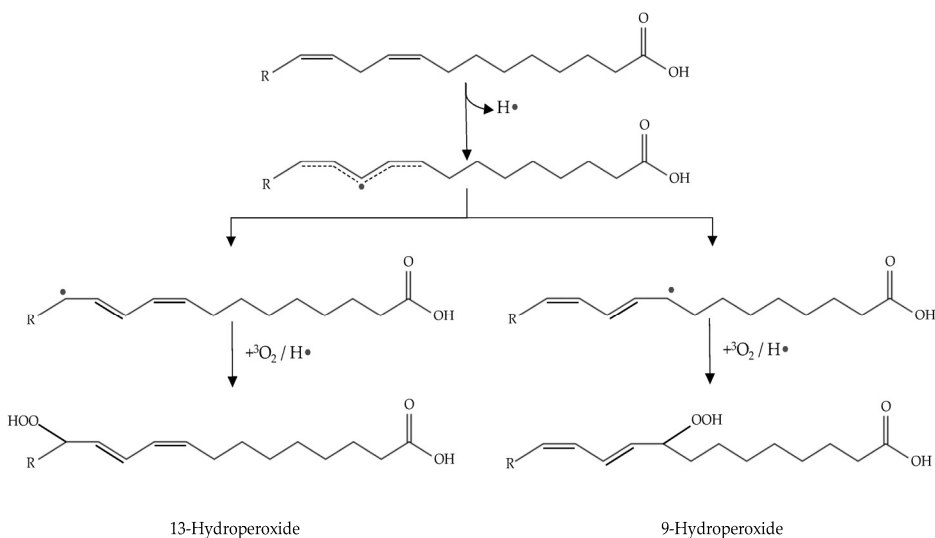
(Pozn. autorov: spin – správne spinové kvantové číslo,  $s$  – súvisí s vnútorným momentom hybnosti častice a určuje jeho veľkosť, zatiaľ čo smer je určený magnetickým spinovým číslom,  $m_s$ ).

Preto pred reakciou musí byť kyslík aktivovaný, čo vedie k tvorbe singletového kyslíka ( $^1O_2$ ) alebo reaktívnych foriem kyslíka, ako sú peroxid vodíka ( $H_2O_2$ ), superoxidový anión ( $O_2^-$ ) a hydroxylový radikál ( $OH^\cdot$ ) (**Obr. 1**) (**Erickson, 2002**).



**Obrázok 1** Jednoduché znázornenie procesu iniciácie oxidácie lipidov  
(Erickson, 2002)

Iniciácia vzniká, keď sa vodík odoberá z nenasýtenej mastnej kyseliny. Výsledný alkylový radikál má tendenciu byť stabilizovaný dvojitým väzbovým preskupením za vzniku konjugovaných diénov alebo triénov (Obr. 2) (Barriuso et al., 2013).



*hydroperoxide – hydroperoxid*

**Obrázok 2** Dvojito viazané preskupenie s produkciou konjugovaných diénov  
(iniciačná fáza) a následnou tvorbou hydroperoxidov (propagačná fáza)  
(Barriuso et al., 2013)

Tieto alkylové radikály sú prvými voľnými radikálmi, ktoré iniciujú oxidáciu tukov (Ghnimi et al., 2017).

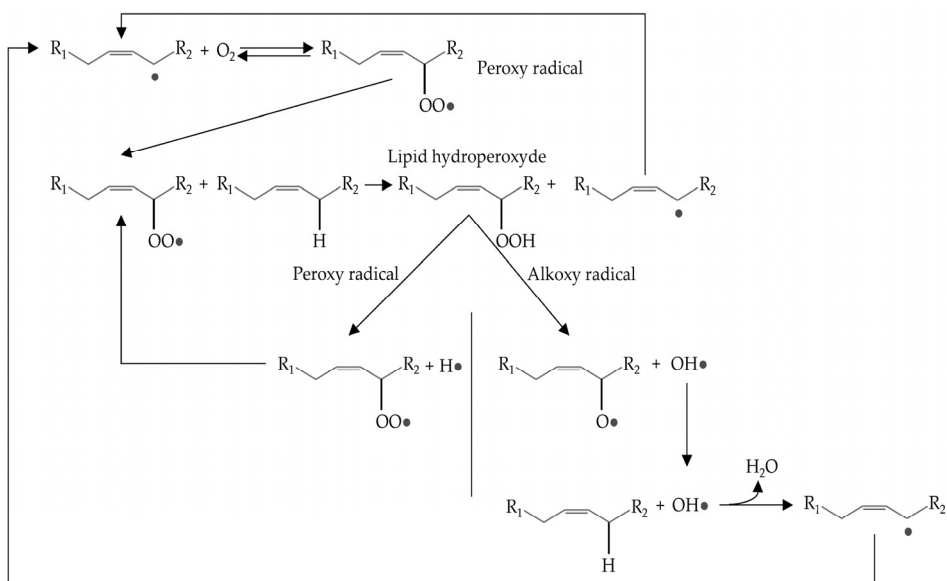
Iniciácia sa preto často pripisuje reakcii mastných kyselín s aktívnymi druhmi kyslíka (Erickson, 2002; Chaijan a Panpipat, 2017).

V počiatocnom štádiu je bežne pozorovaná oneskorovacia fáza, kde je akumulácia produktov oxidácie tukov pomalá. Je to spôsobené predovšetkým pomalým vytváraním voľných radikálov pred akumuláciou hydroperoxidov a tým, že voľné radikály prednostne oxidujú prírodné antioxidanty prítomné

v mäse, ktoré chráni mastné kyseliny v najskorších fázach oxidácie (**Barden a Decker, 2016**).

### b) Propagácia

Propagačná fáza oxidácie nastáva interakciami tuk-tuk, čo má za následok zväčšenie tvorby radikálov (**Obr. 3**).



peroxy radical – peroxylový radikál, lipid hydroperoxyde – tukový hydroperoxid, alkoxy radical – alkoxylový radikál

**Obrázok 3** Znáročenie procesov propagácie a zväčšovania počas oxidácie tukov (**Domínguez et al., 2019b**)

Alkoxylový radikál vytvorený počas iniciačnej fázy reaguje s molekulárnym kyslíkom za vzniku peroxylového radikálu (radikálová väzba s kyslíkom) (**Min a Ahn, 2005**).

Peroxylový radikál je vysoko reaktívny s vodíkom zo susedného tuku (proces prenosu atómu). Výsledkom tohto postupu je hydroperoxid a alkoxylový radikál. Nový alkoxylový radikál opäť reaguje s molekulárnym kyslíkom za vzniku nových peroxylových radikálov a proces sa znova opakuje (**Chaijan a Panpipat, 2017**).

Ako je možné vidieť na **Obr. 3**, okrem fázy rozšírenia existuje aj fáza zväčšenia. Toto je známe ako *sekundárna iniciácia*, pri ktorej sa hydroperoxydy vznikajúce počas propagácie rozkladajú za vzniku nových hydroxylových, peroxylových a alkoxylových radikálov. Tieto radikály sú vysoko reaktívne a môžu abstrahovať atóm vodíka z nenasýtenej mastnej kyseliny. Preto pôsobia

ako iniciátory autoxidácie a stimulujú procesy oxidácie tukov (**Králová, 2015; Chaijan a Panpipat, 2017**).

*Pri rozklade hydroperoxidov na radikály existujú 2 hlavné cesty:*

1. cesta je sprostredkovaná prítomnosťou kovov. Týmto spôsobom kovový ión prenáša elektrón na hydroperoxid, ktorý spôsobuje jeho fragmentáciu. Preto železo prítomné v mäse (hemové aj nehemové) je dôležitým katalyzátorom rozkladu hydroperoxidov. Reakcia so železnatým iónom prebieha rýchlejšie než s iónom železitým (**Erickson, 2002**).

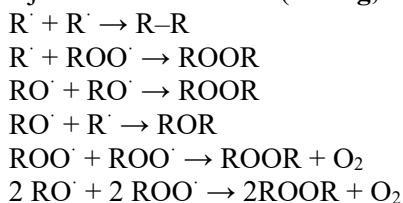
2. cesta zahŕňa interakciu medzi dvoma hydroperoxidmi. V tomto prípade je potrebné, aby 2 molekuly hydroperoxidu boli dostatočne blízko na to, aby vytvorili bimolekulárne asociácie, ktoré sa potom prerušia homolytickým štiepením medzi kyslíkom a kyslíkovou väzbou za vzniku alkoxylových a hydroxylových radikálov (**Choe a Min, 2007; Ghnimi et al., 2017**).

### **c) Terminácia**

Termináčna fáza pozostáva z reakcie medzi radikálmi alebo s inými neradikálovými zlúčeninami (antioxidantmi) za vzniku neradikálových produktov. V prípade reakcie medzi dvoma radikálmi môže dôjsť k spojeniu radikálov a radikálov a k disproporcionácii za vzniku neradikálového aduktu.

(Pozn. autorov: adukt je produktom a priame pridanie dvoch alebo viacerých odlišných molekúl, výsledkom čoho je jediný reakčný produkt obsahujúci všetky atómy všetkých zložiek).

Reakcie medzi peroxylovými, alkoxylovými a/alebo alkylovými radikálmi sú zvyčajne znázornené takto (**Cheng, 2016**):



kde:

*R* = alkylový radikál, *RO* = alkoxylový radikál, *ROO* = peroxylový radikál

Podobným spôsobom by antioxidačná zlúčenina mohla prenášať atóm vodíka na radikálové druhy odvodené z oxidácie tukov. Táto reakcia neutralizuje tukový radikál a vytvorí nový radikál z antioxidačnej zlúčeniny, ktorá je oveľa menej reaktívna. Preto sú v oboch prípadoch stabilné alebo málo reaktívne produkty tvorené z radikálov procesom prenosu atómu alebo skupiny. Termináčne reakcie však nie sú vždy účinné a môžu viesť k novým reaktívnym zlúčeninám. Mechanizmus, ktorý účinne zaisťuje ukončenie, je rozklad peroxylových a alkoxylových radikálov za vzniku sekundárnych produktov, ako sú alkány, alkoholy a karbonylové zlúčeniny (**Erickson, 2002**).

## Fotooxidácia tukov

Mäso je zvyčajne pri predaji vystavené svetlu, aby bolo atraktívne pre spotrebiteľov. Táto skutočnosť podporuje proces fotooxidácie, ktorý je oveľa rýchlejší ako autoxidácia (Lorenzo et al., 2017).

Fotooxidácia je ďalším mechanizmom iniciácie oxidácie tukov. Počas tohto procesu sa hydroperoxydy tvoria v prítomnosti senzibilizátorov (ako myoglobín alebo hemoglobín) a svetla. Fotooxidácia je preto alternatívnou cestou k tvorbe hydroperoxidov namiesto mechanizmu voľných radikálov vysvetleného v procese autoxidácie (Wasowicz et al., 2004).

Prvým krokom fotooxidácie je excitácia singletového senzibilizátora absorbovaním svetelnej energie, čím vzniknú excitované tripletové senzibilizátory.

*Fotooxidačné reakcie by potom mohli byť rozdelené na tri hlavné dráhy:*

V 1. dráhe excitované senzibilizéry tripletov ( $^3S^*$ ) reagujú s tripletovým kyslíkom ( $^3O_2$ ) a produkujú singletový kyslík ( $^1O_2$ ) prostredníctvom anihilačného mechanizmu triplet-triplet. Je to najbežnejší mechanizmus produkcie singletového kyslíka (Erickson, 2002).

Potom môže singletový kyslík reagovať priamo so skupinami s vysokou elektrónovou hustotou dvojitých väzieb nenasýtených mastných kyselín za vzniku hydroperoxidu bez tvorby alkylového radikálu (Wasowicz et al., 2004; Choe a Min, 2006).

(2) Na druhej strane excitovaný senzibilizátor môže reagovať s tripletovým kyslíkom a produkovať superoxidový radikálny anión ( $O_2^{\cdot-}$ ) prenosom elektrónov. Tento reaktívny druh kyslíka by mohol abstrahovať vodík z nenasýtených mastných kyselín a začať oxidáciu tukov. Superoxidový radikálny anión reaguje s peroxidom vodíka a vytvára tak hydroxylový radikál, ako aj singletový kyslík ( $H_2O_2 + O_2^{\cdot-} \rightarrow OH^{\cdot} + OH^- + ^1O_2$ ), ktoré môžu priamo reagovať s mastnými kyselinami a iniciovať oxidáciu tukov. Táto reakcia je katalyzovaná prítomnosťou kovov (Choe a Min, 2006).

(3) Napokon excitovaný tripletový senzibilizátor môže tiež abstrahovať vodík z nenasýtených mastných kyselín, čo vedie k produkcii alkylových radikálov (Wasowicz, et al., 2004; Choe a Min, 2006).

Následne tento alkylový radikál reaguje s molekulárnym kyslíkom, čím vzniká peroxylový radikál, ktorý môže abstrahovať vodík zo susednej mastnej kyseliny a iniciovať mechanizmus reťazových reakcií voľných radikálov, ako je popísané vyššie v propagačnej fáze (Chaijan a Panpipat, 2017).

## Enzymatická oxidácia tukov

Okrem vysvetlených neenzymatických mechanizmov existuje aj enzýmom sprostredkovaný mechanizmus, ktorý iniciuje oxidáciu tukov, ako sú podmienky pri pri fotooxidácii. Hlavným rozdielom medzi oxidáciou tukov katalyzovanou enzýmom a iniciáciou voľných radikálov je tvorba hydroperoxidov. Hlavným enzýmom zapojeným do enzymatickej oxidácie je *lipoxygenáza*. Je potrebné poznamenať, že množstvo lipoxygenázy hrá dôležitú úlohu vo vývoji oxidácie.

Je dobre známe, že enzymatická oxidácia tukov predstavuje počiatočnú fázu oneskorenia, ktorá je nepriamo úmerná koncentrácii lipoxygenázy (**Schilstra et al., 1993**).

Koncentrácia enzýmu lipoxygenáza určuje rýchlosť, ktorou sa vyvíja oxidácia tukov. Jeho vysoká koncentrácia je vhodná pre oxidačné procesy. Tento enzým má aktívne miesto, vykazuje aktivitu, kde je železo. Oxidačné procesy prebiehajú rýchlejšie pri železnom ióne ako pri železitom ióne (**Ghnimi et al., 2017**).

Aktívne miesto enzýmu abstrahuje atóm vodíka z metylénovej skupiny polynenasýtených mastných kyselín za vzniku systému konjugovaného diénu, ktorý reaguje s molekulárnym kyslíkom. Peroxy radikál odstráni vodík z ďalšej molekuly nenasýtených mastných kyselín a nakoniec sa vytvorí konjugovaný hydroperoxy diénový a alkylový radikál (**Wasowicz et al., 2004; Chaijan a Panpipat, 2017**).

### **Rozklad hydroperoxidov a alkoxylových a peroxylových radikálov**

Tukové hydroperoxidy nie sú považované za škodlivé pre kvalitu potravín, pretože sú bez zápachu a chuti (**Erickson, 2002**).

Hydroperoxidy sú však nestabilné zlúčeniny, takže majú tendenciu sa rozkladať na svoje alkoxylové a peroxylové radikály (**Talbot, 2016**).

Tieto radikály sú ďalej degradované na sekundárne zlúčeniny, ktoré sú zodpovedné za senzorické poškodenie, ako sú pachy a príchute súvisiace s oxidáciou tukov (**Richards, 2006**).

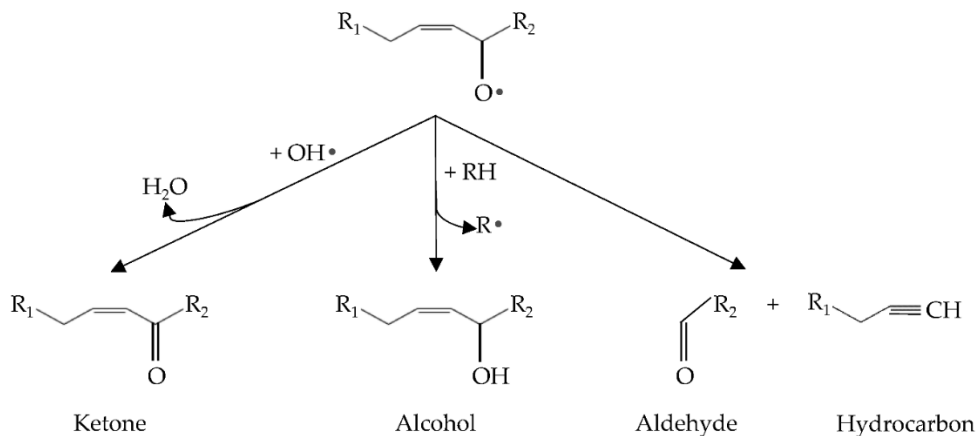
Medzi hlavné uvoľnené sekundárne zlúčeniny patria tukové alkoholy, ketóny, epoxidy, aldehydy a uhl'ovodíky (pozri **Obr. 4**).

Okrem toho môžu byť nenasýtené aldehydy ďalej oxidované a môžu sa vytvárať ďalšie prchavé produkty (**Erickson, 2002**).

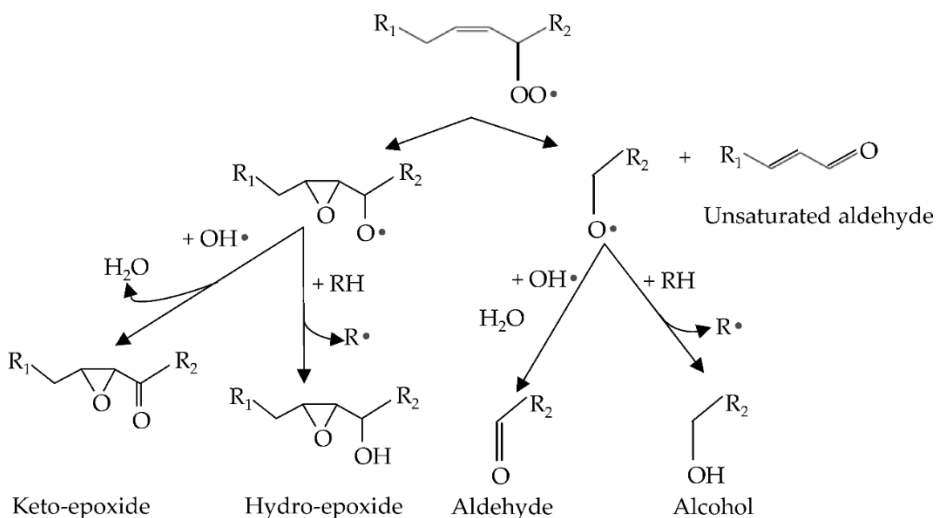
Tvorba týchto zlúčenín je produkovaná hlavne prostredníctvom  $\alpha$ - alebo  $\beta$ -štiepných reakcií a je minimálna počas iniciačnej fázy, ale exponenciálne sa zvyšuje počas propagačnej a koncovej fázy (**Min a Ahn, 2005; Ghnimi et al., 2017**).

Je dôležité zdôrazniť vplyv tohto typu reakcie na oxidáciu tukov. Ako je uvedené v procesoch ukončovania oxidácie tukov, očakáva sa, že tieto reakcie poskytnú stabilné zlúčeniny. Štiepenie  $\alpha$  a  $\beta$ , vnútorné preskupenie na epoxidy a disproporcionácia tukových radikálov sú však aktívne reakcie, ktoré môžu abstrahovať vodíky nenasýtených mastných kyselín alebo hydroperoxidov, čo podporuje fázu propagácie a tým aj oxidáciu tukov. Reakcie, ktoré prebiehajú počas rozkladu hydroperoxidov a ich radikálov, môžu podstatne meniť kinetiku oxidácie tukov a oxidačné produkty (**Schaich, 2013**).

Alkoxy radical



Peroxy radical



*alkoxy radical* – alkoxylový radikál, *ketone* – ketón, *alcohol* – alkohol, *aldehyde* – aldehyd, *hydrocarbon* – uhľovodík, *peroxy radical* – peroxylový radikál, *unsaturated aldehyde* – nenasýtený aldehyd, *keto-epoxide* – keto-epoxid, *hydro-epoxide* – hydroepoxid

**Obrázok 4** Rozklad alkoxylových a peroxylových radikálov na produkty sekundárnej oxidácie (Erickson, 2002)



### **1.3 Faktory vplývajúce na oxidáciu tukov**

Oxidácia tukov je proces, ktorý zahŕňa viacero mechanizmov s veľmi zložitými reakciami a interakciami medzi substrátmi a katalyzátorom. Tieto reakcie sú ovplyvnené rôznymi faktormi. Vlastné vnútorné (zloženie mäsa) aj vonkajšie faktory (podmienky spracovania a skladovania) môžu podporovať alebo inhibovať oxidačné reakcie (Wasowicz et al., 2004; Lorenzo et al., 2017).

Oxidačná stabilita mäsa preto závisí od rovnováhy anti- a prooxidačných zlúčenín (Pereira a Abreu, 2018).

Pokiaľ ide o vnútorné parametre, zloženie mastných kyselín je jedným z najdôležitejších, pretože sú hlavným substrátom pre vývoj oxidácie tukov. Avšak obsah iných prooxidačných zlúčenín, ako sú hemové proteíny, kovy, prooxidačné enzýmy alebo antioxidačné zlúčeniny, ako sú vitamíny, antioxidačné enzýmy alebo peptidy, sú určujúce pri vývoji oxidačných procesov. Nepriame faktory, ako je typ svalu, druh zvierat alebo plemeno, systém chovu, krmivo, ktoré sa zvieratám predkladá, okrem iného, ovplyvňujú oxidáciu tukov, pretože významne menia zloženie mäsa (Min a Ahn, 2005; Kráľová, 2015).

Podmienky skladovania majú veľký význam pri podpore oxidácie tukov (Munekata et al., 2017; Fernandes et al., 2018; Alirezalu et al., 2019).

Faktory, ako je teplota alebo prítomnosť svetla a kyslíka, zvyšujú oxidačné procesy (Wasowicz et al., 2004).

Podobne niektoré spracovateľské postupy tiež podporujú oxidáciu tukov. V tomto ohľade procesy ako rezanie, vykosťovanie, mletie alebo varenie urýchľujú vývoj oxidácie tukov (Cheng, 2016).

Spravidla všetky procesy spôsobujú narušenie svalovej membrány podporujúce oxidačné reakcie. Súvisí to so spracovaním uvoľnených membránových fosfolipidov, čím sa zvyšuje ich kontakt s prooxidačnými zložkami, akými sú kyslík, enzýmy alebo kovy, ktoré podporujú oxidáciu (Min a Ahn, 2005; Richards, 2006; Cheng, 2016).

Na oxidačný proces navyše vplýva aj použitie ďalších zložiek (antioxidantov alebo prooxidantov) (Chaijan a Panpipat, 2017).

#### **Zloženie mäsa**

##### **Zloženie tuku**

Hlavnými faktormi, ktoré ovplyvňujú oxidáciu tuku v mäse, sú obsah tuku a zloženie mastných kyselín. Množstvo intramuskulárneho tuku priamo súvisí s počtom triglyceridov, pretože ide o rezervné tuky (asi 95 % tukov v mäse), pričom fosfolipidy predstavujú asi  $500 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$  mäsa (Christie, 1978).

Zvýšenie intramuskulárneho tuku má teda za následok zvýšenie objemu tukových buniek (triglyceridov), zatiaľ čo počet fosfolipidov zostáva konštantný, pretože počet membrán sa nemení. Napriek tomu, že veľké množstvo tukov je vo frakcii triglyceridov, viacerí vedci poukázali na to, že fosfolipidy sú nevyhnutné pri vývoji oxidácie tukov.

*Existujú 2 hlavné vysvetlenia tejto vysokej reaktivity na fosfolipidy:*

(1) Usporiadanie tukov v membránach uľahčuje fázu propagácie oxidácie tukov, pretože oxidačné katalytické miesta sú bližšie (**Erickson, 2002**).

Okrem toho je dobre známe, že fosfolipidy majú vyššie množstvo polynenasýtených mastných kyselín ako triglyceridy (**Amaral et al., 2018**).

Je dokázané, že fosfolipidy sú hlavným prispievateľom k rozvoju oxidácie tukov a žltnutia (**Erickson, 2002; Cheng, 2016**).

V tejto súvislosti na základe výsledkov výskumu uskutočneného s cieľom sledovať úlohu fosfolipidov a triglyceridov pri tvorbe malóndialdehydu sa dospelo k záveru, že fosfolipidová frakcia predstavuje asi 90 % malóndialdehydu (**Pikul et al., 1984**).

(2) Vedú sa odborné diskusie o vplyve obsahu tuku na oxidáciu mäsa. Niektorí autori tvrdia, že celkové tuky (hrubý tuk) sú hlavným prispievateľom k žltnutiu tuku mäsa (**Wilson et al., 1976**), zatiaľ čo iní autori poukazujú na to, že zloženie mastných kyselín v tuku je dôležitejšie ako obsah tuku (**Min et al., 2008**).

V chudom mäse s veľmi nízkym obsahom intramuskulárneho tuku je vysoký podiel fosfolipidov veľmi náchylný na oxidáciu (**Cheng, 2016**).

Preto pokiaľ ide o citlivosť na oxidáciu, nenasýtenie tukov je oveľa dôležitejším parametrom ako obsah tuku (**Domínguez et al., 2019b**).

### ***Cholesterol a produkty oxidácie cholesterolu***

Cholesterol je základnou súčasťou živočíšneho tkaniva, ktorého chemická štruktúra ho robí náchylným na oxidáciu. Proces oxidácie cholesterolu je podobný tým, ktoré sa vyskytujú v iných nenasýtených tukoch, pretože je náchylný reagovať s reaktívnymi druhmi kyslíka (ROS) (**De Oliveira et al., 2018**).

Dvojité väzby medzi uhlíkmi 5 a 6, uhlíkom 7 a terciárnymi uhlíkmi C20 a C25 sú hlavnými polohami citlivými na oxidáciu (**Smith, 1987**).

Zlúčeniny, ktoré pochádzajú z oxidácie a ich koncentrácie závisia od niekoľkých faktorov spracovania alebo skladovania, ako je teplo, pH, svetlo, kyslík, doba oxidácie, typ pufra, aktivita vody, forma substrátu a prítomnosť nenasýtených mastných kyselín (**Kim a Nawar, 1993**).

Medzi výsledné produkty oxidácie cholesterolu patrí tvorba mono- alebo polyoxygenovaných zlúčenín, ktoré sú charakterizované prítomnosťou ďalších polárnych skupín (**Kulig et al., 2016**).

Najbežnejšími produktmi oxidácie cholesterolu prítomnými v mäse sú 7-ketocholesterol, 20 $\alpha$ -hydroxycholesterol, 25-hydroxycholesterol,  $\alpha$ ,  $\beta$ -epoxycholesterol a 7 $\alpha$ , 7 $\beta$ -hydroxycholesterol (**Hur et al., 2007; Orczewska-Dudek et al., 2012**).

Zistený obsah 7-ketocholesterolu však ukázal, že ide o najrozšírenejší oxid cholesterolu. Koncentrácie medzi 57 až 71  $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  možno identifikovať v mäse (**Petrón et al., 2003**), dokonca ho možno použiť aj ako marker celkového oxidačného procesu (**Broncano et al., 2009**).

Medzi ďalšie zložky mäsa, ktoré sú významné pre oxidáciu tukov patria: hemo-proteíny a kovy, prooxidačné enzýmy a endogénne antioxidanty (vitamíny, peptidy, enzýmy) (Domínguez et al., 2019b).

## **Podmienky skladovania**

### **Čas a teplota**

S vedomím, že oxidačné procesy sú viacnásobnými chemickými reakciami, je zrejmé, že ako každá iná chemická reakcia aj oxidácia sa mení s pribudajúcim časom a teplotou (Saeed a Howell, 2002; Chaijan a Panpipat, 2017).

Kontakt medzi substrátmi a oxidačným katalyzátorom je podporovaný teplotou. Okrem toho je potrebné vziať do úvahy rozklad hydroperoxidov, ktoré sa zintenzívňuje so zvyšujúcou sa teplotou (Choe a Min, 2006), čím sa podporuje fáza propagácie. Rozhodujúca však nie je len hodnota teploty, ale v zmrazených výrobkoch je dôležitý proces zmrazenia a možné teplotné výkyvy, ktorým je tuk v skladovanom mäse vystavený. Je to spôsobené tým, že teplotné výkyvy spôsobujú tvorbu extracelulárnych ľadových kryštálov, následkom čoho sa zvyšuje poškodenie buniek, uvoľňovanie prooxidačných zlúčenín a stimulácia oxidácie (Erickson, 2002; Thanonkaew et al., 2006).

Mäso v procese zmrazenia a rozmrazovania podlieha zrýchlenej oxidácii tukov, ktorá začína v bunkovej membráne a ďalej pokračuje v procese rozmrazovania radikálnou sekundárnou oxidáciou tukov (Hansen et al., 2004).

Teplota zmrazenia a rýchlosť rozmrazovania sú dôležité faktory, ktoré ovplyvňujú kvalitu mäsa. Proces zmrazenia pri nízkych teplotách spôsobuje menšie poškodenie buniek, pretože prebieha rýchlejšie, a preto sú kryštály ľadu menšie (Richards, 2006).

Pokiaľ ide o rozmrazovanie, skrátenie času rozmrazovania má za následok tvorbu menšej kapacity exsudátu a vody, čo znamená zníženie narušenia štruktúry svalových vlákien (Leygonie et al., 2012).

Doba skladovania tiež ovplyvňuje oxidačné procesy. Možnosť, že radikály spôsobia poškodenie tukov, sa s časom zvyšuje. Treba však zdôrazniť, že dlhá doba skladovania podporuje uvoľňovanie železa z hemových proteínov (Richards, 2006), ktoré katalyzujú mnohopočetné reakcie v počiatočných a propagačných fázach oxidácie tukov (Domínguez et al., 2019b).

### **Balenie a koncentrácia O<sub>2</sub>**

Moderné metódy balenia ponúkajú výhody oproti konvenčným technikám. V mäse ale aj mäsových výrobkoch sú najbežnejšími technikami vákuové balenie, balenie v upravenej atmosfére a aktívne balenie (Lorenzo et al., 2017).

Všetky však majú výhody a nevýhody. V prvom rade je potrebné poznamenať, že zloženie plynu v atmosfére obklopujúcej mäso súvisí s rozvojom oxidačných procesov. Z hľadiska oxidácie tukov je potrebné vziať do úvahy skutočnosť, že kyslík funguje ako hlavná zložka v propagačnej fáze

prostredníctvom svojej schopnosti reagovať s alkylovými radikálmi za vzniku peroxy radikálov a tiež ako zdroj reaktívnych foriem kyslíka (Richards, 2006).

Je zrejmé, že znížením jeho koncentrácie v zabalenom mäse bola by dobrá stratégia na obmedzenie oxidácie tukov (Amaral et al., 2018).

Nielen prítomnosť kyslíka ovplyvňuje reakcie oxidácie tukov, ale tiež svetlo je ďalším dôležitým parametrom, ktorý je potrebné kontrolovať, pretože podporuje iniciačnú fázu fotooxidáciou a produkciou reaktívneho kyslíka ( $^1O_2$ ). Použitím obalových materiálov, ktoré absorbujú ultrafialové svetlo, sa zabraňuje fotooxidácii, a tým sa zvyšuje oxidačná stabilita (Erickson, 2002).

Používanie aktívnych obalov poskytuje alternatívy, ktoré umožňujú efektívnejšiu kontrolu oxidácie tukov (Domínguez et al., 2019b).

## **1.4 Spôsoby merania zlúčenín odvodených z oxidácie tukov**

Ako bolo uvedené vyššie v literárnom prehľade, široká škála faktorov, ktoré ovplyvňujú oxidačné procesy, ako je zloženie mäsa, zložitosť reakcií a interakcií počas oxidácie tukov, prakticky znemožňujú vyvinúť jedinečnú techniku na meranie stupňa oxidácie. Ak sa berie do úvahy dôležitosť, ktorú má oxidácia tukov na kvalitu mäsa a následne na výrobu mäsových výrobkov, je nevyhnutné zmerať jej úroveň, aby sa vytvorili stratégie na minimalizáciu strát kvality mäsa. Z tohto dôvodu existuje množstvo analytických techník, ktoré pomáhajú pri identifikácii a kvantifikácii zmien vo faktoroch a produktoch oxidácie tukov. Ako je uvedené vyššie, hydroperoxy sú najdôležitejšími počiatočnými oxidačnými produktmi, ktoré sa kvôli svojej prechodnej povahe rýchlo rozkladajú, pričom vznikajú sekundárne zlúčeniny (Estévez et al., 2009).

Preto metódy oxidácie tukov by mohli merať zmeny v primárnych produktoch (zmeny v mastných kyselinách a tvorbu tukových hydroperoxidov a konjugovaných diénov/triénov) a zmeny v sekundárnych produktoch (tvorba karbonylov, aldehydov, prchavých látok, malóndialdehydu) (Shahidi, 1998; Ross a Smith, 2006).

Pretože výber metódy je veľmi ťažký, najbežnejší a najvhodnejší na získanie spoľahlivých a úplných informácií stavu oxidácie tukov mäsa je miera primárnych aj sekundárnych oxidačných zlúčenín. Známe sú rutinné metódy na stanovenie produktov oxidácie tukov v mäse ale aj nedávno vyvinuté ďalšie analytické techniky, ako je chemiluminiscencia, fluorescenčná emisia, Ramanova spektroskopia, infračervená spektroskopia alebo magnetická rezonancia. Tieto techniky preskúmali Shahidi (2002); Barriuso et al. (2013); Yang a Boyle (2016), ktoré sa používajú na monitorovanie oxidácie tukov za veľmi špecifických podmienok. Autori konštatujú, že tieto metódy nie sú ľahko prispôsobiteľnými metódami pre laboratórnu rutínu.

Exaktná experimentálna práca a interpretácia výsledkov týmito novými technikami navyše vyžadujú veľmi špecifické znalosti. Sú tiež prácne a vyžadujú finančne náročné vybavenie (Domínguez et al., 2019b).

## **Zlúčeniny odvodené z primárnych zmien**

Medzi hlavné metódy, ktoré analyzujú primárne zmeny počas oxidácie tukov, patria ďalšie metódy, ktoré merajú stratu reaktantov a produkciu primárnych zlúčenín odvodených z oxidácie (**Gray a Monahan, 1992**).

### **Zmeny na substrátoch**

Meranie zmien na substrátoch sa vykonáva metódou, ktorá sa zvyčajne nepoužíva na hodnotenie oxidácie tukov. Je to spôsobené niekoľkými faktormi, ktoré ju robia zložitou.

### **Číslo kyslosti tukov**

Číslo kyslosti tukov alebo hodnota kyslosti je dôležitým ukazovateľom na hodnotenie kvality tukov, pretože meria obsah voľných mastných kyselín vytvorených po hydrolytickej degradácii tukových molekúl a môže sa použiť na označenie stupňa žltnutia pri hydrolýze tuku (**Prescha et al., 2014**).

Hodnota čísla kyslosti tukov vyjadruje obsah voľných mastných kyselín vytvorených pri hydrolytickej degradácii tukových molekúl, v dôsledku ktorých dochádza k skráteniu skladovateľnosti mäsa (**Warner, 2008**).

### **Peroxidy**

Hlavnými produktmi oxidácie sú tukové hydroperoxydy. Meranie produkcie hydroperoxidov, nazývané tiež peroxidové číslo alebo hodnota peroxidu, sa už dlho používa ako hlavný ukazovateľ produkcie primárne oxidačných zlúčenín v mäse. V počiatočných fázach oxidácie je pozorovaný nárast hydroperoxidov, pretože úroveň tvorby je vyššia ako pri rozklade. Tieto zlúčeniny sú však nestabilné, preto v pokročilejších fázach oxidácie tukov je proces rozkladu hydroperoxidov väčší ako proces tvorby, takže je pozorovaný pokles obsahu hydroperoxidov (peroxidové číslo, hodnota peroxidu). Nízka hodnota peroxidového čísla môže predstavovať skorú alebo pokročilú oxidáciu (**Estévez et al., 2009**).

Vzhľadom na to je ľahké dospieť k záveru, že v pokročilých štádiách oxidácie by použitie peroxidov ako indikátora oxidácie tukov viedlo k podceneniu stupňa oxidácie (**Ross a Smith, 2006**), takže by to nebol dobrý ukazovateľ vo vysoko oxidovanom mäse (**Shahidi, 1998**).

V tomto ohľade je hodnota peroxidu široko používaným parametrom poznať stupeň oxidácie, je účinný iba v počiatočných fázach oxidačných procesov (**Shahidi a Wanasundara, 2002**).

V skutočnosti sa odporúča sledovať vývoj hodnoty peroxidu za určitý čas na získanie výsledku o stave oxidácie tukov (**Yang a Boyle, 2016**) a získať informácie, či je tuk v rastovej alebo rozkladnej časti krivky koncentrácie hydroperoxidu (**Shahidi a Wanasundara, 2002**).

Metódy používané na stanovenie hodnoty peroxidov sú založené na ich redukčnej sile (**Barriuso et al., 2013**).

Tieto metódy vyžadujú predchádzajúcu extrakciu tukov (**Gray a Monahan, 1992**), v ktorých sa nachádzajú hydroperoxydy, ktoré ľahko oxidujú anorganické ióny, ako je jód alebo železo.

### Jodometrická titrácia

Jodometrická titrácia je metóda, ktorá sa najčastejšie používa na meranie hodnoty peroxidu, predovšetkým z dôvodu jednoduchosti experimentálneho postupu. Ako naznačuje jeho názov, táto metóda je založená na titrácia jódu uvoľneného počas reakcie s hydroperoxidmi (**Estévez et al., 2009**).

V tejto súvislosti jodidový ión ( $I^-$ ) pridaný ako jodid draselný znižuje hydroperoxydy v kyslom prostredí, čo vedie k uvoľneniu jódu ( $I_2$ ). Koncentrácia hydroperoxidov je preto priamo úmerná uvoľňovaniu  $I_2$ , ktoré sa meria titráciou tiosíranom sodným v prítomnosti škrobu, ktorý funguje ako indikátor (**Shahidi a Wanasundara, 2002**).

Výsledky hodnoty peroxidu sú obvykle vyjadrené ako miliekvivalenty kyslíka. $kg^{-1}$  tuku (**Estévez et al., 2009**).

Táto metóda má však niekoľko nevýhod, ktoré môžu viesť k chybným výsledkom. Hlavné zdroje chýb sú spôsobené tým, že jód ( $I_2$ ) je možné vyprodukovať oxidáciou jodidu draselného v prítomnosť kyslíka a tiež uvoľnený jód môže byť absorbovaný na nenasýtených miestach mastných kyselín (**Barriuso et al., 2013**).

Výsledky môžu byť navyše ovplyvnené teplotami a reakčným časom, tiež štruktúrou a reaktivitou peroxidov (**Shahidi a Wanasundara, 2002**).

Napriek uvedeným nevýhodám je použitie tejto metódy spolu s určovaním niektorých sekundárnych zlúčenín stále užitočné na preskúmanie oxidácie tuku v mäse (**Estévez et al., 2009**).

### Oranžový železo-xylenol (FOX)

Bolo navrhnuté použitie oxidácie železa ako metódy na stanovenie hodnoty peroxidu, pretože je to jednoduchšia metóda ako jodometrická titrácia a železitý ión je oveľa menej náchylný na spontánnu oxidáciu atmosférickým kyslíkom počas reakcie ako jód (**Barriuso et al., 2013**).

### **Konjugované zlúčeniny (Dienes a Trienes)**

Ako je uvedené v časti „Mechanizmus oxidácie lipidov“, alkylový radikál vytvorený v počiatočnom štádiu má tendenciu byť stabilizovaný dvojitém väzbovým preskupením za vzniku konjugovaných diénov alebo triénov (**Barriuso et al., 2013**).

Abnormálnu produkciu konjugovaných zlúčenín je preto možné použiť na meranie oxidácie lipidov v mäse, pretože ich nárasty sú úmerné tvorbe hydroperoxidov (**Min a Ahn, 2005**).

Ako sa však vyskytuje v metódach s peroxidovou hodnotou, meranie konjugovaných zlúčenín je účinné iba v nízkych oxidačných stupňoch, v ktorých



dochádza k nízkemu rozkladu hydroperoxidov (Shahidi a Wanasundara, 2002; Estévez et al., 2009).

### **Produkty oxidácie cholesterolu**

Plynová chromatografia a vysokovýkonná kvapalinová chromatografia (GC a HPLC) sú najčastejšie používané techniky na analýzu produktov oxidácie cholesterolu. Plynová chromatografia s hmotnostným spektrometrom (GC-MS) je najpresnejšou a bežne používanou kvantifikačnou metódou pre tieto druhy zlúčenín, ktorá poskytuje veľmi dobré výsledky (Cardenia et al., 2012; Chiu et al., 2018).

Experimentálny postup zahŕňa extrakciu tukov, zmydelnenie, čistenie a derivatizáciu s cieľom zvýšiť ich prchavosť a tepelnú stabilitu a znížiť kontaminanty (stopy cholesterolu a/alebo čiastočných glyceridov) (Chen et al., 2012).

Naopak, ultraperformačná kvapalinová chromatografia s tandemovou hmotnostnou spektrometriou (UPLC-MS/MS) sa považuje za zaujímavú pri určovaní profilu hlavných produktov oxidácie cholesterolu v široko konzumovaných potravinách, pretože poskytuje spoľahlivé výsledky v krátkom čase s nízkymi detekčnými limitmi (Domínguez et al., 2019b).

### **Zlúčeniny odvodené zo sekundárnych zmien**

Ako bolo uvedené vyššie v texte, meranie zlúčenín odvodených z prvých zmien oxidácie tukov poskytuje spoľahlivé informácie o oxidačnom stave iba v skorších fázach. Tento poznatok je veľmi dôležitý, pretože primárne produkty sú veľmi nestabilné a rýchlo sa rozkladajú, pričom so zvyšovaním oxidácie klesá ich obsah. Vysoko oxidované produkty preto nie sú spoľahlivým ukazovateľom. Z tohto dôvodu je meranie sekundárnych zlúčenín zvyčajne vhodnejšie na stanovenie úrovne oxidácie mäsa (Gray a Monahan, 1992).

Sekundárne zlúčeniny sú stabilné a sú zodpovedné za výskyt zatuchnutých chutí a pachov. Sú dôležité pre zisťovanie zhoršovania kvality mäsa, ktoré je spôsobené oxidačnými reakciami (Estévez et al., 2009).

### **Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou (TBARS)**

Malóndialdehyd alebo MDA (1,3-propandial) je jedným z najdôležitejších aldehydov produkovaných počas sekundárnej oxidácie tukov polynenasýtených mastných kyselín. Tento aldehyd sa vyznačuje tým, že v malých množstvách vytvára zatuchnuté arómy (Jones, 2017) a je považovaný za hlavný produkt sekundárnej oxidácie tukov (Pereira a Abreu, 2018).

Autori rôznych štúdií stanovili hodnotu 2 – 2,5 mg MDA.kg<sup>-1</sup> ako *akceptovaný limit*, pri ktorom v mäse dochádza k žltnutiu tukov (Campo et al., 2006; Zhang et al., 2019).

Na stanovenie malónďialdehydu bolo navrhnutých niekoľko metód. Je to preto, že ide o vysoko reaktívnu molekulu, ktorá sa bežne viaže na iné zložky potravín (**Pereira a Abreu, 2018; Estévez et al., 2009**).

Pred meraním sa musí malónďialdehyd uvoľniť, aby mohol reagovať s činidlami. Na uvoľnenie viazaného malónďialdehydu boli navrhnuté úpravy kyselinou a/alebo teplotou (**Estévez et al., 2009**).

Test kyseliny tiobarbiturovej (TBA) je hlavnou technikou na kvantifikáciu malónďialdehydu. Pozostáva z kolorimetrickej miery komplexu vytvoreného medzi kyselinou tiobarbiturovou a malónďialdehydom. Napriek tomu, že malónďialdehyd je hlavnou reaktívnou látkou kyseliny tiobarbiturovej, je dobre známe, že reakcia s kyselinou tiobarbiturovou nie je špecifická pre malónďialdehyd, ale existuje množstvo aldehydov a ďalších oxidačných produktov, ktoré reagujú aj s kyselinou tiobarbiturovou. Preto objektívnejší názov pre túto metódu je látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou (TBARS), aby zahŕňala všetky látky, ktoré reagujú s kyselinou tiobarbiturovou (**Estévez et al., 2009; Yang a Boyle, 2016**).

Pred meraním látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou sa musí vykonať úplná extrakcia malónďialdehydu. Na extrakciu v mäse sa navrhli rôzne postupy, ale najbežnejšou metódou je extrakcia kyselinou a destilácia (**Estévez et al., 2009**).

Metóda extrakcie kyselinou spočíva v homogenizácii mäsa, zvyčajne kyselinou trichlóroctovou, po čom nasleduje centrifugácia za získania extraktu. Táto metóda je napriek tomu pomerne jednoduchá a jej nevýhodou je, že extrahuje farebné zložky (pigmenty a farbivá) a solubilizuje proteíny, čo má za následok farebné alebo zakalené extrakty, ktoré môžu byť nesprávnym výsledkom látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou (**Shahidi, 1998**).

Okrem toho extrakcia niektorých zložiek, ktoré reagujú s malónďialdehydom a blokujú reakciu s kyselinou tiobarbiturovou má za následok podhodnotenie hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Destilačná metóda predchádza problémom spojených s extrakciou kyselinou, pretože pri destilácii sa neextrahujú žiadne ďalšie nevhodné látky. Prchavé zlúčeniny odvodené z oxidácie sú oddelené od mäsa vhodným rozpúšťadlom, po ktorom nasleduje destilačná fáza. Tento destilovaný extrakt sa používa na meranie látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou (**Jones, 2017**).

Hlavnou nevýhodou tejto metódy je skutočnosť, že aplikácia vysokých teplôt na destiláciu podporuje degradáciu existujúcich hydroperoxidov a môžu sa vytvárať nové tiobarbiturické reaktívne látky, čo by viedlo k nadhodnoteniu hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou (**Estévez et al., 2009**).

Po extrakčných postupoch vzniká reakcia, t. j. 2 móly kyseliny tiobarbiturovej reagujú s jedným molom malónďialdehydu a vznikne červený komplex. Táto reakcia sa uskutočňuje pri nízkych hodnotách pH a vysokých teplotách (okolo 90 – 100 °C) (**Barriuso et al., 2013**).

Vytvorený farebný komplex ponúka maximálnu absorbcanciu pri 532 – 535 nm. Kvantifikácia malónďialdehydu sa vykonáva spektrofotometrom



UV-Vis. Na druhej strane, vzhľadom na skutočnosť, že kyselina tiobarbiturová nie je špecifická pre malóndialdehyd a môže reagovať s inými zlúčeninami, bolo navrhnuté, že na posúdenie všeobecnej oxidácie tukov sa použije postup látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou a nie kvantifikácia malóndialdehydu (**Gray a Monahan, 1992; Jones, 2017**).

Test látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou je najpoužívanejším na odhad oxidačného stavu mäsa, pretože je jednoduchý a dobre koreluje so senzorickým poškodením mäsa (**Shahidi, 1998**).

Nedávno boli vyvinuté chromatografické techniky na kvantifikáciu obsahu malóndialdehydu. Tieto bežne zahŕňajú separáciu aduktu malóndialdehydu kvapalinovou chromatografiou s reverznou fázou a detekcia sa vykonáva pomocou fotodiódového poľa (PAD) alebo fluorescencie. V nedávno publikovanej štúdií autori opisujú validovanú metódu ultraperformačnej kvapalinovej chromatografie na kvantifikáciu komplexu MDA-TBA<sub>2</sub>, ktorý sa deteguje pomocou fotodiódového poľa (530 nm) a fluorescencie ( $\lambda_{ex} = 530 \text{ nm}/\lambda_{em} = 550 \text{ nm}$ ) v surovom mäse (**Bertolín et al., 2019**).

Kondenzácia 2 molekúl kyseliny tiobarbiturovej (TBA) s jednou molekulou malóndialdehydu (MDA) vznikne MDA-TBA<sub>2</sub> konjugát. Výsledný produkt MDA-TBA<sub>2</sub> je ružovo-červený konjugát, ktorý absorbuje pri 532 nm. Intenzita MDA-TBA<sub>2</sub> derivátu ukazuje mieru lipoperoxidácie (**Fernandez et al., 1997**).

V iných prípadoch je malóndialdehyd derivatizovaný 2,4-dinitrofenylhydrazínom za vzniku derivátov dinitrofenylhydrozónu, ktoré sú kvantifikovateľné fotodiódovým poľom pri 300 – 330 nm (**Barriuso et al., 2013**).

V publikovaných štúdiách sú opísané metódy plynovej chromatografie na kvantifikáciu malóndialdehydu, ale viac sa používajú kvapalnú chromatografiu (**Shahidi a Wanasundara, 2002**).

Je dôležité uviesť, že aj keď chromatografické techniky ponúkajú lepšiu špecificitu a citlivosť na kvantifikáciu malóndialdehydu, spektrofotometrické metódy sú preferované počas rutinného postupu pri analýzach vzhľadom na ich jednoduchosť a nízke náklady (**Pereira a Abreu, 2018**).

### ***P-anisidín (para-anisidín)***

*P*-anizidín je bežnou spektroskopickou metódou na meranie oxidácie sekundárnych tukov, ktorá kvantifikuje karbonyly, najmä nenasýtené aldehydy (**Yang a Boyle, 2016**).

### ***TOTOX***

Je to celkový oxidačný index (TOTOX), na základe ktorého sa uskutočňuje výpočet celkovej oxidácie tukov vzoriek mäsa na základe *p*-anisidínu a peroxidu (**Jones, 2017**).

### **Karbyonyly**

Meranie karbyonylov (aldehydov a ketónov) vo vzorkách mäsa umožňuje monitorovať sekundárne oxidačné procesy (**Shahidi, 1989**).

Jedná sa o jednoduchú a rýchlu metódu, ktorá dobre koreluje so zhoršením zatuchnutej chuti (**Wasowicz et al., 2004**).

### **Prchavé zlúčeniny**

Vedľajšie produkty oxidácie zahŕňujú prchavé zlúčeniny s rôznymi funkčnými skupinami, ako sú aldehydy, ketóny, alkoholy, karboxylové kyseliny a uhlíkovodíky (**Purriños et al., 2012; Lorenzo et al., 2013, 2014; Lorenzo, 2014**).

Prchavý charakter týchto zlúčenín určuje ich významnú úlohu vo výskyte zatuchnutých chutí a pachov (**Yang a Boyle, 2016**).

Stanovenie prchavých zložiek umožňuje odhaliť niekoľko zlúčenín odvodených z viacnásobných oxidačných procesov tukov (**Domínguez et al., 2019b**).

## **Závery zo spracovaných literárnych poznatkov**

Mäso predstavuje veľmi zložitú maticu svojim zložením, ktoré ho robí náchylným na oxidačné procesy. Oxidačné procesy tukov, proteínov, pigmentov a vitamínov sú publikované v mnohých štúdiách, pretože sa často vyskytujú a sú vzájomne prepojené. Ich výsledok sa negatívne prejavuje na kvalite mäsa, výživovej hodnote a senzorických vlastnostiach vrátane zmeny farby a štruktúry, vývoja žltnutia, strát živín a tvorby toxických zlúčenín.

Aj napriek tomu, že oxidácia tukov je už desaťročia široko skúmaná, zložitost' reakcií, tvorba nestabilných zlúčenín, ktoré sú rýchlo degradované a viacnásobné faktory, ktoré ovplyvňujú oxidačné reakcie, znamenajú, že mechanizmy zahrnuté v oxidácii tukov ešte neboli úplne pochopené.

Zámerom spracovania literárnych poznatkov bolo zhrnúť:

- hlavné mechanizmy zahrnuté v oxidačných procesoch tukov,
- vplyvy, ktoré na oxidačné procesy má hlavne zloženie tuku mäsa a podmienky skladovania,
- hlavné rutinné analytické metódy, ktoré sa používajú na stanovenie stupňa oxidácie mäsa.

Zo zhrnutého prehľadu poznatkov o metódach stanovenia oxidácie mäsa vyplýva, že na stanovenie oxidačného stavu vzorky mäsa nie je postačujúca jedna metóda, ale je potrebná kombinácia rôznych metód. Metódy oxidácie tukov by spravidla mali mať dobrú koreláciu so senzorickým skóre, pretože organoleptické zmeny výrazne ovplyvňujú kvalitu mäsa, na základe čoho sa spotrebiteľ rozhoduje pri výbere mäsa.

Viac pozornosti sme venovali spracovaniu literárnych poznatkov v nadväznosti na náš výskum.

## **2 Cieľ práce**

Cieľom predloženej vedeckej monografie bolo skúmanie a hodnotenie vplyvu rozličnej doby skladovania pri teplote 4 °C rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou a techniky aplikácie pamajoránovej silice na oxidačnú stabilitu.

Na porovnanie bola použitá kontrolná skupina s rovnako skladovanou čerstvou kuracou svalovinou s kožou pri teplote 4 °C bez aplikácie pamajoránovej silice.

V nadväznosti na základný cieľ boli stanovené tieto čiastkové ciele:

- a) vykonanie skupinového krmného pokusu s brojlerovými kurčatami,
- b) stanovenie antioxidačnej aktivity pamajoránovej silice,
- c) vzorkovanie kurčiat na technologické opracovanie a prípravu vzoriek stehien na skladovanie a chemickú analýzu,
- d) chemická analýza vzoriek čerstvej a rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou,
- e) štatistická analýza nameraných údajov a ich hodnotenie.

### **Stanovené hypotézy**

- a) Vplyvom pamajoránovej silice sa zvýši oxidačná stabilita tuku skladovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou.
- b) Kuracia stehenná svalovina s vyšším obsahom tuku je náchylnejšia na oxidačné procesy.
- c) Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou a následne skladovaná v podmienkach chladenia je náchylnejšia na oxidačné procesy než čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou skladovaná v rovnakých podmienkach chladenia.

### **3 Metodika práce a metódy skúmania**

#### **Objekt skúmania**

Objektom skúmania predloženej vedeckej monografie bola kuracia stehenná svalovina s kožou, jej oxidačná stabilita v čerstvom stave a po rozmrazení so zvolenou technikou aplikácie pamajoránovej silice.

#### **3.1 Technika vykonania skupinového krmného pokusu**

Skupinový krmný pokus sa vykonal v praktických podmienkach na Hydinárskej farme, a. s. v Zámostí s kurčatami hybridnej kombinácie Ross 308. Na začiatku haly pre výkrm 20 tis. ks kurčiat sa vymerala plocha pre 2 boxy o rozmeroch 2,2 x 3,5 m pre umiestnenie 100 ks kurčiat do každého, t. j. kontrolná skupina (n = 100) a pamajoránová skupina (n = 100). Skupinový krmný pokus trval 42 dní vo veku kurčiat 1 až 42 dní v systéme chovu na hlbokoj podstielke s použitím pšeničnej slamy.

Pri riadení mikroklimatických podmienok sa postupovalo v súlade s odporučeniami producenta uvedeného typu kurčiat, ktoré sa realizovalo v celej hale automatickým nastavením teploty, svetelného režimu a vetrania. Kŕmenie v pokuse sa zabezpečovalo vlastnými pokusnými kompletnými krmnými zmesami práškovej štruktúry, vlastným pokusným krmným a napájacím zariadením.

Na kŕmenie sa použili krmne zmesi rovnakého zloženia pre kontrolnú a pamajoránovú skupinu bez použitia kokcidiostatík. Základ krmných zmesí tvorila kukurica, pšenica a sójový extrahovaný šrot. Pri výrobe krmných zmesí sa použila kukurica a pšenica, ktorá bola objektom skúmania pri riešení úloh vo výskume v rámci spolupráce s Ústavom poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky. Krmne zmesi sa miešali v krmivárskej firme Biofeed, a. s., Kolárovo.



**Obrázok 5** Brojlerové kurčatá hybridnej kombinácie Ross 308 v skupinovom krmnom pokuse vo veku 27 dní (Foto: **Angelovičová, 2022**)

Pokusné obdobie sa rozdelilo na 3 fázy v závislosti od veku kurčiat a typu kŕmnej zmesi:

1. fáza – štartérová, štartérová kŕmna zmes a vek kurčiat 1. – 14. deň,
2. fáza – rastová, rastová kŕmna zmes a vek kurčiat 15. – 33. deň,
3. fáza – finálna, finálna kŕmna zmes a vek kurčiat 34. – 42. deň.

## **3.2 Vzorkovanie kuracej stehennej svaloviny s kožou na chemickú analýzu**

Na konci skupinového kŕmneho pokusu sa vybralo po 26 ks kurčiat z kontrolnej skupiny a skupiny s pamajoránovou silicou. Kurčatá sa zabili humánnym spôsobom rýchlym prerezaním oboch krčných tepien (*Arteria carotis communis*), po ktorom nasledovalo obarenie vo vode teplej 70 °C, čistenie od peria a pitvanie. Pripravili sa jatočné telá po odstránení hlavy za 1. krčným stavcom a behákov v päťovom kĺbe. Z jatočne opracovaného tela kurčiat sa oddelili obidve stehna s kožou. Každé dve stehná z jedného kurčaťa sa vykostili a rozdelili rezom pozdĺž svalových vlákien na 4 rovnaké diely. Každá zo 4 vzoriek sa individuálne zabalila do mikroténového vrečka na uskladnenie a označila.

### **Príprava vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou na uskladnenie**

Príprava vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou na uskladnenie v závislosti od podmienok a doby skladovania je uvedená v **Tab. 1**.

Pred vzorkovaním kuracej stehennej svaloviny sa pripravila schéma prípravy vzoriek v závislosti od podmienok a doby skladovania. Čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou v kontrolných skupinách sa použila na skúmanie bez aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky. Vzorky sa skladovali pri laboratórnej teplote 30 minút a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni. Od zabitia kurčiat uplynula doba 30 minút, 1 deň, 4 a 8 dni.

Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou v pamajoránových skupinách sa použila na skúmanie bez aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pre podmienky zmrazenia pri teplote -18 °C po dobu 6 mesiacov. Po uplynutí doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou v podmienkach zmrazenia sa nechali vzorky rozmraziť pri laboratórnej teplote. Po rozmrazení sa na povrch vzoriek aplikovala pamajoránová silica a vzorky sa skladovali pri laboratórnej teplote 30 minút a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni. Od zabitia kurčiat uplynulá doba 6 mesiacov pri skladovaní vzoriek v podmienkach zmrazenia a pôsobením pamajoránovej silice 30 minút pri laboratórnej teplote a 1 deň, 4 a 8 dni pri teplote 4 °C (exaktný postup pozri nižšie v kapitole Metodika práce a metódy skúmania).

**Tabuľka 1** Schéma prípravy vzoriek kuracej stehennej svaloviny  
s kožou v závislosti od podmienok a doby skladovania  
(Angelovičová et al., 2022)

Označenie vzorky v závislosti od podmienok a doby skladovania		Čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou	Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou	
Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C, dni	Skladovanie vzorky	
			pri -18 °C	pri 4 °C, dni
Kontrolná	26	0*		
Pamajoránová	26		6 mesiacov	0*
Kontrolná	26	1		
Pamajoránová	26		6 mesiacov	1
Kontrolná	26	4		
Pamajoránová	26		6 mesiacov	4
Kontrolná	26	8		
Pamajoránová	26		6 mesiacov	8

Poznámka: kontrolná skupina – bez aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou, pamajoránová skupina – aplikácia pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou, n – počet vzoriek, označenie \*0 v hornom indexe pri kontrolných a pamajoránových skupinách – skladovanie vzorky 30 min. pri laboratórnej teplote

### **Technika aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou**

Na aplikáciu pamajoránovej silice sa použila injekčná striekačka, typ BBraun INJEKT 5 ml, Luer a glazovaná, porcelanová tretia miska o objeme 400 ml. Rozmrazená vzorka kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vybrala z mikroténového sačka, zvažila a vložila do tretej misky. Pamajoránová silica v závislosti od hmotnosti vzorky sa rovnomerne aplikovala na jej povrch pomocou injekčnej striekačky v prepočte 1,65 ml na 100 g. Ručne s ochranou chirurgických rukavíc sa pamajoránová silica rozotrela po celom povrchu vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou. Vzorky s pôsobením pamajoránovej silice sa zabalili do označeného mikroténového vrečka a podľa schémy prípravy sa skladovali 30 minút pri laboratórnej teplote a 1 deň, 4 a 8 dni pri teplote 4 °C.

### **Označenie vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou v závislosti od podmienok a doby skladovania na vykonanie chemických analýz**

Vzorky pamajoránovej od kontrolnej skupiny sa odlišovali tým, že sa na ich povrch aplikovala pamajoránová silica. Na kontrolné vzorky sa neaplikovala pamajoránová silica. Označovanie vzoriek sa vykonalo podľa skupiny, v akých podmienkach sa skladovali a počtom dni skladovania pri teplote 4 °C.

### **Vzorkovanie kuracej stehennej svaloviny s kožou na chemické analýzy**

Vzorkovanie kuracej stehennej svaloviny s kožou na chemické analýzy je uvedené v **Tab. 2**.

Každé vykostené stehno s kožou vážilo 260 a viac g. Z jedného stehna sa získali 2 vzorky, z ktorých jedna o hmotnosti 70,0 g sa použila na chemickú analýzu pre zistenie obsahu sušiny, tuku, čísla kyslosti tuku, peroxidového čísla a 1,5 g pre vyšetrenie látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou a druhá vzorka o hmotnosti 50,0 g sa skúmala na obsah cholesterolu.

**Tabuľka 2** Schéma vzorkovania kuracej stehennej svaloviny s kožou na chemickú analýzu (**Angelovičová et al., 2022**)

Skupina	n	Rozborová vzorka pôvodnej hmoty stehennej svaloviny s kožou na sušenie a stanovenie MDA, g	Rozborová vzorka pôvodnej hmoty stehennej svaloviny s kožou na stanovenie cholesterolu, g	Skladovanie v chladničke pri teplote 4 °C
Kontrolná	52 ks stehien	70 + 1,5	50	0*
		70 + 1,5	50	1 deň
		70 + 1,5	50	4 dni
		70 + 1,5	50	8 dni
Pamajoránová	52 ks stehien	70 + 1,5	50	0*
		70 + 1,5	50	1 deň
		70 + 1,5	50	4 dni
		70 + 1,5	50	8 dni

Poznámka: MDA – molóndialdehyd (látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou), vykostené stehno s kožou o hmotnosti 260 g a viac, kontrolná skupina – vzorky bez aplikácie pamajoránovej silice, pamajoránová skupina – vzorky s aplikáciou pamajoránovej silice, 0\* – skladovanie vzorky 30 min. pri laboratórnej teplote

### **3.3 Sledované ukazovatele a spôsob ich sledovania**

Za účelom skúmania ukazovateľov oxidačnej stability kuracej stehennej svaloviny s kožou sa realizovala príprava vzoriek a pomôcok zadovažením pamajoránovej silice, naplánovania kŕmneho pokusu s kurčatami určenými na produkciu mäsa a chemických analýz.

#### **Pamajoránová silica**

Pamajoránová silica sa vyrobila v slovenskej firme Calendula, a. s., Nová Ľubovňa na základe objednávky pre výskumné účely. Vyrobená vzorka o objeme



250 ml sa deklarovala A-testom z aspektu vyhovujúcich požadovaných kritérií s minimálnym percentuálnym podielom karvakrolu 50 %.

### **Kŕmny pokus**

Skupinový kŕmny pokus sa vykonal na hydinárskej farme v praktických podmienkach za účelom získania vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou. Aplikácia pamajoránovej silice sa vykonala na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou v pamajoránových skupinách. Na porovnanie sa použila kontrolná skupina bez aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky.

### **Chemická analýza**

Vzorky sa analyzovali za účelom zistenia:

- vlastností a obsahu karvakrolu v pamajoránovej silici,
- antioxidačnej aktivity pamajoránovej silice,
- sušiny vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou,
- tuku vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou,
- cholesterolu vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou,
- čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou,
- peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou,
- látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou v kuracej stehennej svalovine s kožou vyjadrených ako malóndialdehyd.

### **Spôsob sledovania ukazovateľov**

#### ***Hodnotenie vlastností pamajoránovej silice a stanovenie obsahu karvakrolu***

Organoleptické hodnotenie pamajoránovej silice

Pri vlastnostiach pamajoránovej silice sa charakterizovali 2 ukazovatele na základe organoleptického hodnotenia, a to sfarbenie a intenzita arómy. Sfarbenie pamajoránovej silice sa hodnotilo premiestnením vzorky do Petriho misky a jej naplnením po horný okraj. Pod Petriho misku sa použil biely podklad (filtračný papier) a hodnotenie sa vykonalo vizuálne pri svetle stolovej lampy, značka Eglo, typ FIRMO so žiarovkou 60 W.

Intenzita arómy sa hodnotila voňaním pamajoránovej silice hneď po otvorení tesného uzáveru fľaše, v ktorej sa skladovala pri teplote 4 °C.

Stanovenie karvakrolu v pamajoránovej silici

*Postup:*

Obsah karvakrolu v pamajoránovej silici sa stanovil pomocou plynovej chromatografie, pričom sa použil chromatograf typ Varian 3900, Saturn 2100T GC/MS. Použila sa kolóna, typ Factor four capillary column VF 5 ms, dĺžky 30 m, s priemerom 0,25 mm. Množstvo kvapalnej vzorky 10,0 µl sa jednorazovo



nadávkovo cez injektor do prúdu nosného plynu (hélium). V injektore sa vzorka zohriala a nosným plynom sa presunula do kolóny. V kolóne sa uskutočnila separácia zložiek zmesi podľa afinity jednotlivých zložiek k stacionárnej fáze. Prvá zložka, ktorá vystúpila z kolóny, sa vyznačovala najnižšou afinitou (najmenej zadržovaná stacionárnou fázou). Posledná výstupná zložka z kolóny mala najvyššiu afinitu k stacionárnej fáze (najdlhšie zadržovaná v kolóne). Výstup separovaných zložiek zmesi z kolóny sa zaznamenal detektorom. Z detektora vychádzal elektrický signál, ktorý sa ďalej spracovával a vyhodnocoval softwarovým programom MS – Work station toolbar (SP2), verzia 6.41. Za finálny výstup sa označil chromatografický záznam (chromatogram), ktorý obsahoval tzv. píky prislúchajúce k jednotlivým zložkám pamajoránovej silice. Poloha píku na časovej osi chromatogramu (os x) predstavovala mieru kvality zložky (identifikácia zložky), v našej vzorke pamajoránovej silice karvakrolu.

### Antioxidačná aktivita pamajoránovej silice

#### *Príprava základného roztoku na stanovenie antioxidačnej aktivity pamajoránovej silice*

Navázilo sa 0,5 g zhomogenizovanej vzorky vňate *pamajoránu obyčajného* (*Origanum vulgare* L.), ktoré sa zalialo 10,0 ml teplej vody 60 °C. Zmes sa vyluhovala 15 minút za občasného miešania a roztok sa prefiltraval. Pridalo sa 7,5 ml 50 % metanolu a zmes sa nechala extrahovať v ultrazvukovom kúpeli po dobu 1 hodiny. Získaný extrakt sa následne centrifugoval 15 minút pri 2 500 otáčkach za minútu. Vzorka sa prefiltravala 22 µm filtrom a odplynila v ultrazvukovom kúpeli počas 15 minút. Vykonala sa extrakcia kvapalina – kvapalina, kde sa 1,0 ml vzorky v 50 % metanole zmiešal s 2,0 ml dietyléteru a táto zmes sa miešala na minitrepačke po dobu 15 minút. Následne bola odobraná vrchná fáza s dietyléterom a odparená do sucha na koncentrátore vzoriek. Vzniknutý extrakt sa rozpustil v 0,5 ml 50 % metanolu. Extrakciou získaný extrakt sa použil na meranie absorbancie spektrofotometrom.

#### *Stanovenie antioxidačnej aktivity pamajoránovej silice*

Na stanovenie antioxidačnej aktivity pamajoránovej silice sa použila modifikovaná metóda DPPH· podľa **Brand-Williamsa et al. (1995)** a **Sánchez-Moreno et al. (1998)**.

#### *Princíp:*

Princípom metódy je redukcia stabilného radikálu 2,2-difenyyl-1-pikrylhydrazyl (DPPH·) v roztoku metanolu za prítomnosti antioxidantov, ktorá sa prejavuje poklesom absorbancie pri 515,6 nm. Pokles sa zaznamenáva v stanovených časových intervaloch až do dosiahnutia reakčnej rovnováhy na spektrofotometri, typ Shimadzu 1601 UV-VIS.

*Postup:*

Do kyvety na meranie sa napipetovalo presne 3,9 ml DPPH· (0,025 g·dm<sup>-3</sup> 2,2'-difenyl-1-pikrylhydrazylu v metanole), odčítala sa hodnota absorbcie ( $A_{C0}$ ) na UV/VIS spektrofotometri (UV-1601, Shimadzu, Tokyo, Japonsko).

Následne sa pridalo 0,1 ml vzorky a zaznamenávala sa závislosť:  $A = f(t)$  pri 515,6 nm.

Účinnosť silice sa vypočítala podľa vzorca:

$$\% \text{ inhibície} = [(A_{C0} - A_{At})/A_{C0}] \times 100 \quad (1)$$

kde:

$A_{C0}$  – absorbanca kontroly v čase  $t = 0$  min. (roztok DPPH·)

$A_{At}$  – absorbanca v prítomnosti antioxidantu v čase  $t$  min.

### **Váženie vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou**

Kuracie stehná a ich vzorky určené na chemickú analýzu sa vážili na váhach typu Kern 440-49N s presnosťou  $d = 0,01$  g.

Každé vykostené kuracie stehno s kožou určené na chemickú analýzu dosiahlo hmotnosť 260 g a viac.

### **Homogenizácia vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou**

#### ***Príprava vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou na skladovanie pri teplote 4 °C***

Vzorky podľa označenia doby skladovania pri teplote blízkej 4 °C sa vybrali z podmienok skladovania pri teplote -18 °C a zabalené v mikroténovom vrecku sa nechali rozmraziť v laboratórnych podmienkach v trvaní 4 h.

#### ***Príprava vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou na chemickú analýzu***

Príprava vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vykonala podľa oficiálnej metódy **AOAC 983.18**, ktorá je uznaná Codex-AOAC, najmä pre mäso a mäsové výrobky.

*Princíp:*

Princíp metódy spočíva v dôkladnom rozmixovaní a zhomogenizovaní vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou.

*Postup:*

Každá označená vzorka kuracej stehennej svaloviny s kožou sa pred chemickou analýzou individuálne rozmixovala a zhomogenizovala v laboratórnom mixéri, typ Grindomix 200.

### **Sušenie vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou**

Metóda stanovenia sušiny (vlhkosť), ktorá sa využila v našom výskume, je štandardnou referenčnou metódou (AOAC 950.46).

Z každej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou sa pred sušením navážilo 70,0 g určenej na chemickú analýzu, ktoré sa kvantitatívne preniesli do Petriho misky označenej číslom vzorky v závislosti od doby skladovania pri teplote 4 °C.

Obsah sušiny v kuracej stehennej svalovine s kožou kontrolnej skupiny sa stanovil vo vzorkách uchovaných pri laboratórnej teplote 30 minút a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni od zabitia kurčiat.

V pamajoránovej skupine s aplikáciou pamajoránovej silice po rozmrazení sa vykonalo sušenie od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou uchovaných pri laboratórnej teplote 30 minút a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni.

*Princíp:*

Sušina sa stanoví sušením vzorky v sušiarňi pri teplote  $103 \pm 2$  °C do konštantnej hmotnosti.

*Postup:*

Morský piesok sa nasýpal rovnomerne na dno Petriho misky. Petriho miska s morským pieskom sa zväžila. Do Petriho misky sa preniesla zhomogenizovaná vzorka kuracej stehennej svaloviny s kožou z laboratórneho mixéra. Petriho miska s morským pieskom a vzorkou sa zväžili. Pripravené vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou určené na chemickú analýzu sa sušili v sušiarňi, typ HS 62A pri teplote 103 – 105 °C 12 hodín do konštantnej hmotnosti.

Vysušené vzorky spolu s Petriho miskou a morským pieskom sa schladili v exikatoru a následne zväžili. Rozdiel medzi hmotnosťou vysušenej vzorky s Petriho miskou a morským pieskom a hmotnosťou Petriho misky s morským pieskom predstavoval rozborovú vzorku kuracej stehennej svaloviny s kožou pripravenú na chemickú analýzu tuku. Hmotnosť každej rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou sa pohybovala v rozmedzí 17,98 – 18,84 g. Sušina pôvodnej hmoty kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vypočítala podľa vzorca:

$$S1 = \frac{a}{n} \times 100 \quad (2)$$

kde:

*S1* – sušina pôvodnej hmoty kuracej stehennej svaloviny s kožou, %

*a* – hmotnosť vysušenej vzorky, g

*n* – navážka vzorky, g.

Sušina rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vypočítala podľa vzorca:

$$S = \frac{a}{n} \times 100 \quad (3)$$

kde:

*S* – sušina rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou, %

*a* – hmotnosť vysušenej vzorky, g

*n* – navážka rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou, g.

Prepočtové faktory *f0* a *f1* sa vypočítali podľa vzorca:

$$f0 = \frac{100}{S} > 1,0 \quad (4)$$

$$f1 = \frac{S1}{100} < 1,0 \quad (5)$$

kde:

*f0* – prepočtový faktor, ktorým sa prepočíta obsah tuku zo sušiny rozborovej vzorky na sušinu (100 %)

Hodnota prepočtového faktora *f0* sa pohybovala v rozmedzí 1,0170 – 1,0242

*f1* – prepočtový faktor, ktorým sa prepočíta obsah tuku zo sušiny (100 %) na pôvodnú hmotu

Hodnota prepočtového faktora *f1* sa pohybovala v rozmedzí 0,2698 – 0,2841

*S* – sušina rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou

*S1* – sušina pôvodnej hmoty (čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou).

## **Tuk kuracej stehennej svaloviny s kožou**

Chemická analýza vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou na obsah tuku sa vykonala na základe oficiálnej metódy **AOAC 976.21** pre hrubý tuk.

Obsah tuku v kuracej stehennej svalovine s kožou kontrolnej skupiny sa stanovil vo vzorkách uchovaných pri laboratórnej teplote 30 minút a pri 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni od zabitia kurčiat. V pamajoránovej skupine s aplikáciou pamajoránovej silice po rozmrazení sa stanovil tuk od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou uchovanej pri laboratórnej teplote 30 minút a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni.

*Princíp:*

Rozborová vzorka kuracej stehennej svaloviny s kožou (vysušená) sa extrahuje petroléterom za varu (alebo iným extrakčným činidlom), pričom tuk sa zisťuje po odparení extrakčného činidla vázkovou metódou.

**Postup:**

Hliníkové patróny z extrakčného prístroja (spolu 6 ks) sa zväžili. Z každej vysušenej rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou podľa označenia v závislosti od doby skladovania pri teplote blízkej 4 °C sa navážilo presne 12,0 g, ktoré sa kvantitatívne preniesli do extrakčnej celulózovej patróny uzatvorenej vatou. Celulózová patróna s rozborovou vzorkou kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vložila do hliníkovej patróny a zapojila do laboratórneho extrakčného prístroja, typ Det-gras N, model 4002842. Extrakcia za pomoci extrakčného činidla petroléru sa uskutočnila pri pracovnej teplote 120 °C v trvaní 60 min. Počas extrakcie sa tuk rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou zachytával v hliníkovej patrónke. Po ukončení extrakcie a odparení zvyšného extrakčného činidla zo vzorky tuku sa hliníkové patróny s tukom zväžili. Rozdiel medzi hmotnosťou hliníkovej patróny s tukom a hmotnosťou prázdnej hliníkovej patróny predstavoval hmotnosť tuku rozborovej kuracej stehennej svaloviny s kožou. Hmotnosť rozborovej vzorky tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou sa pohybovala v rozmedzí 9,14 – 9,73 g.

Tuk rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vypočítal podľa vzorca:

$$T = \frac{a}{b} \times 100 \quad (6)$$

kde:

*T* – tuk, %

*a* – hmotnosť tuku získaného extrakciou rozborovej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou, g

*b* – hmotnosť navážky rozborovej vzorky, g.

### **Cholesterol kuracej stehennej svaloviny s kožou**

Chemická analýza vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou na celkový obsah cholesterolu sa vykonala infračerveným spektrometrom s Fourierovou transformáciou Nicolet 6700 FT-IR. Fourierova transformovaná infračervená (FTIR) spektroskopia je vhodným analytickým nástrojom, ktorým sa rýchle stanovujú dôležité parametre kvality potravín (Sherazi et al., 2009). Infračervená spektroskopia patrí medzi spektroskopické techniky, ktorá využíva infračervenú časť elektromagnetického spektra, t. j. molekuly, ktoré sa vyznačujú špecifickými energetickými hladinami zodpovedajúcimi frekvenciám, pri ktorých rotujú alebo vibrujú (Badr, 2012). Fourierova transformovaná infračervená spektroskopia nespôsobuje deštrukciu vzorky a nevyžaduje pracovnú prípravu (Kurniawati et al., 2014). Je to účinný analytický nástroj pre kvalitatívnu aj kvantitatívnu analýzu zložiek potravín v dôsledku značných informácií o funkčných skupinách obsiahnutých v infračervenom spektre (Badr, 2012).

### **Príprava vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou na stanovenie obsahu cholesterolu**

Pri príprave vzoriek kontrolnej a pamajoránovej skupiny na meranie obsahu cholesterolu od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou v pamajoránovej skupine po rozmrazení a uchovaní pri laboratórnej teplote 30 min. a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dní sa postupovalo rovnako ako pri príprave vzoriek určených na stanovenie sušiny. Rozdiel bol v hmotnosti vzorky. Na stanovenie obsahu cholesterolu kuracej stehennej svaloviny s kožou sa použili vzorky o hmotnosti 50,0 g.

#### *Princíp:*

Princípom metódy Fourierovej transformovanej infračervenej (FTIR) spektroskopie je schopnosť látok absorbovať žiarenie z infračervenej oblasti, kde dochádza k zmene rotačných alebo vibračných energetických podmienok molekuly v závislosti od zmien molekuly dipólovej hybnosti.

#### *Postup:*

V našich pripravených vzorkách kuracej stehennej svaloviny s kožou sa stanovil Fourierovou transformovanou infračervenou spektroskopiou obsah cholesterolu podľa **Bučko et al. (2012)**. Zhomogenizovaná a navážená vzorka (50,0 g) sa merala spektrometrom A Nicolet 6700 FTIR (Thermo Nicolet Corp., Madison, WI) vybavenom detektorom a rozdeľovačom lúčov KBr/Germanium pripojenom na softvér operačného systému OMNIC (verzia 7.0 Thermo Nicolet) pre automatické meranie a zber údajov. Na meranie vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou sa použila metóda zoslabenej totálnej reflektancie. Pri tejto metóde sa použil diamantový nástavec s diamantovým kryštálom. Návod na prácu s infračerveným spektrometrom s Fourierovou transformáciou Nicolet 6700 FT-IR je dostupný v používateľskej príručke Nicolet FT-IR (**Nicolet FT-IR User's Guide**).

Presne navážená vzorka sa umiestnila na povrchu prístroja tak, aby sa vytvoril kontakt medzi ňou a diamantovým kryštálom. Na rozhraní kryštálu vznikol celkový odraz, ktorý predstavoval opticky hustejšie prostredie v porovnaní so vzorkou, ktorá sa vyznačovala opticky redším prostredím. Pri tomto type odrazu nepatrne, čiastočne prenikalo žiarenie do vzorky, čím sa získala spektrálna informácia, t. j. analytický výstup – infračervené spektrum. Toto spektrum graficky zobrazilo funkčnú závislosť energie vyjadrenej v percentách transmitancie, priepustnosti (T) alebo jednotkách absorbcie (A) na vlnovej dĺžke dopadajúceho žiarenia.

Metodiky pre chemické analýzy vrátane infračervenej spektroskopie sa neustále zdokonaľujú a zjednocujú medzi jednotlivými laboratóriami. **Challa Kumar (2011)**. **Čech Barabasová (2012)** odporúčajú používať spektrometry s Fourierovou transformáciou, ktoré majú disperzné prvky nahradené interferometrom, ktoré inhibujú rozklad žiarenia a umožňujú kombinovanie a rekombinovanie.

### **Číslo kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou**

Chemická analýza vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou na zistenie čísla kyslosti tuku sa vykonala na základe normy **ISO 660**.

Číslo kyslosti tuku vo vzorkách kontrolnej a pamajoránovej skupiny sa stanovilo od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou v pamajoránovej skupine po rozmrazení a uchovaní pri laboratórnej teplote 30 minút a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni.

Číslo kyslosti tuku je ukazovateľ, ktorý vyjadruje spotrebu hydroxidu draselného (KOH) potrebného na neutralizáciu voľných mastných kyselín prítomných v 1,0 g tuku ( $\text{mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku). Číslom kyslosti tukov sa vyjadruje stupeň hydrolýzy tukov. Je to ukazovateľ, ktorým sa hodnotí stav spracovanej potravinovej suroviny v podmienkach skladovania.

#### *Princíp:*

Princípom stanovenia čísla kyslosti tuku je rozpustenie vyextrahovaného tuku v zmesi etanol-dietyléter alkalimetrickou titráciou za použitia fenolftaleínu.

#### *Postup:*

Navážilo sa 2,5 g vyextrahovaného tuku vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou, ktorá sa kvantitatívne preniesla do extrakčnej banky, ktorá sa vopred mierne ohriala nad laboratórnym kahanom. K tuku v extrakčnej banke sa pridalo 25,0 ml zmesi etanol-dietyléru v pomere 1 : 1 a 2 kvapky indikátora fenolftaleínu. Obsah sa miešal ručne kruživým pohybom extrakčnej banky. Pripravená vzorka v extrakčnej banke sa položila na biely podklad (filtračný papier) pod presne naplnenú byretu o objeme 25,0 ml roztokom hydroxidu draselného (KOH). Kruživým pohybom vzorky v extrakčnej banke sa opatrne po kvapkách vykonala titrácia roztokom hydroxidu draselného do slaboružového sfarbenia vzorky so stabilitou 30 s.

Číslo kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vypočítalo podľa vzorca:

$$\check{C}KT = \frac{V}{n} \times T \quad (7)$$

kde:

$\check{C}KT$  = číslo kyslosti tuku,  $\text{mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$

$V$  = spotreba odmerného roztoku hydroxidu draselného pri titrácii, ml

$n$  = navážka tuku získaného extrakciou rozborovej vzorky, g (2,5 g)

$T$  = koncentrácia hydroxidu draselného v odmernom roztoku,  $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$   
(pri koncentrácii roztoku presne  $c(\text{KOH}) = 0,05 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  je  $T = 2,8055 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ ).

Navážka tuku získaného extrakciou rozborovej vzorky sa vykonala na základe predpokladaných výsledkov čísla kyslosti tuku v kuracej stehennej svalovine s kožou uvedená v **Tab. 3**.



**Tabuľka 3** Predpokladaná hodnota čísla kyslosti tuku (**Metrohm, 2019**)

Hmotnosť vzorky, g	Predpokladaná hodnota čísla kyslosti tuku, mg KOH.g <sup>-1</sup>
20	0 – 1
10	1 – 4
2,5	4 – 15
0,5	15 – 75
0,2	> 75

### **Peroxidové číslo tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou**

Chemická analýza vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou na zistenie peroxidového čísla sa vykonala na základe normy **ISO 3960**.

Peroxidové číslo tuku vo vzorkách kontrolnej a pamajoránovej skupiny sa stanovilo od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou v pamajoránovej skupine po rozmrazení a uchovaní pri laboratórnej teplote 30 minút a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni.

Metóda, ktorá sa vybrala na stanovenie peroxidového čísla v tuku kuracej svaloviny s kožou, sa používa na stanovenie peroxidového čísla živočíšnych a rastlinných tukov a olejov jodometricky. Peroxidové číslo je ukazovateľ množstva chemicky viazaného kyslíka v tukoch a olejoch vo forme hydroperoxidov. Je nutné vziať do úvahy, že hodnota peroxidového čísla je dynamický parameter, ktorý je závislý od histórie vzorky. Jeho stanovenie je vysoko empirický proces a získaná hodnota závisí od hmoty vzorky. Je potrebné zdôrazniť, že v predpísanej navážke vzorky môže byť peroxidové číslo mierne nižšie ako získané z nižšej navážky. Peroxidové číslo je ukazovateľ na sledovanie oxidácie tukov. Vyjadruje množstvo aktívneho kyslíka v 1,0 g tuku ( $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{g}^{-1}$ ).

#### *Princíp:*

Princípom stanovenia peroxidového čísla je stanovenie jódu titráciou pri jeho uvoľňovaní z jodidu hydroperoxidmi nenasýtených tukov v kyslom prostredí.

#### *Postup:*

Pred samotným postupom stanovenia peroxidového čísla vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou sa pripravil škrobový indikátor.

*Príprava škrobu:* navážilo sa 5,0 g škrobu, ku ktorému sa pridalo 30,0 ml vody a zmes sa dôkladne premiešala.

Do každej Erlenmayerovej banky so zábrusom sa navážilo 2,0 g tuku vyextrahovaného z kuracej stehennej svaloviny s kožou, ku ktorému sa pridalo 10,0 ml chloroformu. Erlenmayerová banka s obsahom sa uzatvorila. Ručne kruživým pohybom banky sa obsah pretrepával do úplného rozpustenia tuku. K rozpustenej vzorke tuku sa pridal 1,0 ml nasýteného vodného roztoku jodidu draselného (KI) a 15,0 ml koncentrovanej kyseliny octovej (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>), pričom sa banka hneď uzatvorila a obsah v nej sa znovu ručne pretrepával v trvaní 1 min. Následne sa vzorka v uzavretej banke uložila na 5 min. v laboratórnych podmienkach (teplote) a zamedzenom prístupe svetla. Po uplynutí 5 min. sa ku vzorke v banke



*Vplyv skladovania a techniky aplikácie pamajoránovej silice na oxidačnú stabilitu kuracieho mäsa*

pridalo 75,0 ml vody a obsah v uzatvorenej banke sa znovu ručne dôkladne pretrepával. Po premiešaní sa ku vzorke v banke pridalo 5,0 ml škrobového indikátora vo forme škrobového roztoku. Pripravená vzorka sa titrovala roztokom tiosíranu sodného 0,01 mol.l<sup>-1</sup> c(Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> x 5 H<sub>2</sub>O). Jeho koncentrácia sa určovala na základe odfarbenia.

*Príprava štandardného roztoku tiosíranu sodného:* do 1000 ml odmernej banky sa navážilo presne 15,811 g tiosíranu sodného (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), ktorý sa postupne dokonale rozpustil v čerstvo uvarenej vode. Po vychladnutí sa roztok doplnil destilovanou vodou po značku (roztok môže byť skladovaný v trvaní maximálne 1 mesiac v hnedej fľaši).

Paralelne so stanovením peroxidového čísla vzorky tuku sa vykonal slepý pokus vzorky bez tuku.

Peroxidové číslo tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vypočítalo podľa vzorca:

$$P\check{C} = \frac{(V1 - V0) \times T \times 1000}{n} \quad (8)$$

kde:

*PČ* = peroxidové číslo tuku, μmol O<sub>2</sub>.g<sup>-1</sup>

*V0* = odmerný roztok tiosíranu sodného použitý v slepom pokuse, ml

*V1* = odmerný roztok tiosíranu sodného použitý pri titrácii vzorky, ml

*T* = koncentrácia použitého odmerného roztoku tiosíranu sodného, mol.l<sup>-1</sup>

*n* = navážka vzorky tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou, g.

Navážka vyextrahovaného tuku sa vykonala na základe výsledkov predpokladaného peroxidového čísla tuku v kuracej stehennej svaloviny s kožou uvedená v **Tab. 4**.

**Tabuľka 4** Predpokladaná hodnota peroxidového čísla (Metrohm, 2019)

Hmotnosť vzorky, g	Predpokladaná hodnota peroxidového čísla, μmol O <sub>2</sub> .g <sup>-1</sup>
2,0 – 5,0	0 – 12
1,2 – 2,0	12 – 20
0,8 – 1,2	20 – 30
0,5 – 0,8	30 – 50
0,3 – 0,5	50 – 90

**Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou v kuracej stehennej svalovine s kožou**

Hodnota látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou vo vzorkách kontrolnej a pamajoránovej skupiny sa stanovila od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou v pamajoránovej skupine po rozmrazení a uchovaní pri laboratórnej teplote 30 minút a pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni.

Metóda látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou (TBARS) je vhodná na stanovenie oxidácie tukov v mäse. Malóndialdehyd je finálny produkt tukovej peroxidácie reaktívnymi druhmi kyslíka. Patrí medzi ukazovatele tukovej peroxidácie. Malóndialdehyd je aldehyd, ktorý vzniká pri odbúravaní nenasýtených mastných kyselín. Jedna molekula malóndialdehydu reaguje s dvoma molekulami kyseliny tiobarbiturovej zahriatím v kyslom roztoku za vzniku unikátnej zlúčeniny Schiffovej zásady, v dôsledku ktorej vzniká ružové sfarbenie, ktoré je možné merať pomocou viditeľného (pri 532 – 535 nm) alebo fluorescenčného (excitácia 515 nm, emisia 553 nm) spektrofotometra (**Jung et al., 2016; Zeb a Ullah, 2016**).

*Princíp:*

Princípom metódy je stanovenie tiobarbiturového čísla, ktoré vyjadruje mieru poškodenia tukov v dôsledku oxidácie nenasýtených mastných kyselín. Absorbancia meraná na spektrofotometri sa vyjadruje ako obsah malóndialdehydu ( $\text{mg MDA.kg}^{-1}$ ).

*Postup:*

Extrakcia malóndialdehydu (MDA) zo vzoriek kuracej stehennej svaloviny s kožou sa vykonala podľa **Grau et al. (2000)**. Do centrifugačnej skúmavky o objeme 50 ml sa navážilo 1,5 g zhomogenizovanej vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou, ku ktorej sa pridal 1,0 ml 0,3 % kyseliny etyléndiaminotetraoctovej (EDTA). Zmes sa mierne premiešala, pridalo sa 5,0 ml 0,8 % butyl-hydroxytoulénu (BHT) v hexáne. Obsah v skúmavke sa znova mierne premiešal. Tesne pred homogenizáciou sa pridal 8,0 ml ľadovo vychladenej 5 % kyseliny trichlóroctovej (TCA) a zmes sa homogenizovala 30 s pri maximálnych otáčkach. Po homogenizácii sa nechala vzorka 10 min. v pokoji a následne sa centrifugovala 5 min. (3 500 g, 4 °C). Po centrifugácii sa odstránila vrchná hexánová vrstva a vzorka sa prefiltrovala pomocou filtračného papiera, typ Whatman 4. Prefiltrovaná vzorka sa v odmernej banke doplnila do 10,0 ml 5 % kyselinou trichlóroctovou.

Na stanovenie tiobarbiturového čísla (TBA) sa použila metóda opísaná **Grau et al. (2000)**. K 3,0 ml vzorky v skúmavke sa pridali 2,0 ml 0,8 % kyseliny tiobarbiturovej. Vzorky a štandardné roztoky malóndialdehydu sa inkubovali vo vodnom kúpeli 30 min. pri teplote 70 °C. Po ochladení v ľadovom kúpeli a temperovaní vzoriek pri izbovej teplote v trvaní 45 min. sa merala absorbancia vzoriek na spektrofotometri, typ Jenway UV/VIS-7305UK pri vlnovej dĺžke 532 nm oproti tiobarbiturovému číslu. Hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou (TBARS) sa vyjadrili ako  $\text{mg MDA.kg}^{-1}$ .

Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou (TBARS) sa vypočítali podľa vzorca:

$$\text{TBARS (MDA.kg}^{-1} \text{ vzorky)} = (\text{Absorpcia vzorky} - \text{Absorbancia slepej vzorky}) \times 5,2 \quad (9)$$

kde:

*MDA* = malóndialdehyd.

### **3.4 Štatistická analýza nameraných údajov**

Namerané údaje sa štatisticky vyhodnotili podľa ukazovateľov popisnej charakteristiky, t. j.  $\bar{x}$  – aritmetický priemer a  $SD$  – smerodajná odchýlka, ktorej výsledkom je informácia o presnosti merania. Analýza rozptylu sa použila na vzájomné porovnávanie skupín, t. j. predpoklad zhodnosti rozptylu sa verifikoval F testom (F). Na vzájomné porovnávanie skupín, t. j. predpoklad zhodnosti rozptylu sa verifikoval F testom (F). Štatistické vyhodnotenie rozdielov sa vykonávalo na základe Scheffeho testu medzi kontrolnou a pamajoránovou skupinou s aplikáciou pamajoránovej silice skladovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou po rozmrazení pri laboratórnej teplote 30 minút, medzi kontrolnou a pamajoránovou skupinou s aplikáciou pamajoránovej silice skladovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou po rozmrazení pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dní, vzájomne medzi kontrolnými skupinami v závislosti od doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou a vzájomne medzi pamajoránovými skupinami s aplikáciou pamajoránovej silice po rozmrazení v závislosti od doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou. Pri výsledkoch sa hodnotila štatistická preukaznosť pri zvolenej hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Vzájomná lineárna závislosť medzi dvoma premennými sa testovala podľa Pearsonovho korelačného koeficienta ( $r$ ). Hodnoty ( $r$ ) sú stanovené v rozmedzí medzi +1 a -1 a hodnota 0 znamená, že neexistuje žiadny lineárny vzťah medzi údajmi súboru. Podľa **Cohen (1988)** hodnota ( $r$ ) medzi dvoma premennými znamená: menej ako 0,1 triviálnu závislosť, 0,1 až 0,3 slabú závislosť, 0,3 až 0,5 strednú závislosť a viac ako 0,5 silnú závislosť. Výsledok korelačného vzťahu ( $r$ ) medzi dvoma premennými sa štatisticky testoval pri hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ ,  $\alpha = 0,01$  a  $\alpha = 0,001$ .

Na štatistické hodnotenie výsledkov sa využil balík programu SAS, verzia 8.2. Pre štatistické hodnotenie v programe SAS je podmienkou triedenie údajov, čo všeobecne znamená zoradenie pozorovaní podľa hodnôt určitej veličiny (veličín). Pre program SAS sa zotriedili (sortovali) údaje v určitom poradí hneď na začiatku, kedy sa z nich vytváral SAS súbor a triediaci postup. Zotriedené údaje sa v programe SAS použili na vykonanie matematicko-štatistických výpočtov ukazovateľov popisnej charakteristiky po skupinách podľa hodnôt určitej veličiny a štatistickej preukaznosti rozdielu medzi skupinami. Základný súbor v každom štatistickom súbore kontrolnej a pamajoránovej skupiny predstavoval 26 štatistických jednotiek ( $n \leq 30$ ).

## 4 Výsledky a diskusia

### 4.1 Vlastnosti a výsledky analýzy pamajoránovej silice

Vlastnosti a výsledky analýzy pamajoránovej silice použitej na povrch vzoriek rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou sú uvedené v **Tab. 5**.

**Tabuľka 5** Vlastnosti a výsledky analýzy pamajoránovej silice použitej na povrch vzoriek rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou

Ukazovateľ	$\bar{x} \pm SD$
DPPH* (% inhibície)	93,67 ± 0,08
Karvakrol, %	57,00 ± 3,00
Relatívna hustota, g.cm <sup>-3</sup>	0,949 ± 0,001
Index lomu	1,511 ± 0,001

Poznámka:  $\bar{x}$  – aritmetický priemer, *SD* – smerodajná odchýlka

Hlavnou stratégiou používanou v mäsovom priemysle na inhibíciu oxidácie tukov je prídanie antioxidantov do mäsa (Cunha et al., 2018; Lorenzo et al., 2018a, 2018b; Zamuz et al., 2018).

Na druhej strane spotrebiteľ v dnešnej dobe viac inklinuje k prírodným produktom, čo obmedzuje priemysel vo využívaní v súčasnosti povolených syntetických antioxidantov v potravinách (Barden a Decker, 2016).

Okrem toho si spotrebiteľia začínajú lepšie uvedomovať nezdravé účinky vysokého množstva tukov a nasýtených mastných kyselín v mäse a mäsových výrobkoch. Preto rastie záujem o vývoj nových produktov so zdravotným konceptom, ako sú „výrobky s vysokým obsahom polynenasýtených mastných kyselín“ alebo „obohatené o omega-3 polynenasýtené mastné kyseliny“ (Domínguez et al., 2017; Heck et al., 2017, 2018; Da Silva et al., 2018).

Uvedený stav s používaním polynenasýtených mastných kyselín má vplyv na trvanlivosť a oxidačnú stabilitu mäsa a mäsových výrobkov. Aby bolo možné tento problém prekonať, vykonáva sa niekoľko smerov vo výskume, zameraného predovšetkým na získavanie prírodných antioxidantov, ktoré nahrádzajú tieto syntetické potravinárske prídavné látky (Domínguez et al., 2018).

Oxidačná stabilita kuracieho mäsa je opísaná v dostupných vedeckých štúdiách na základe výsledkov získaných v experimentálnych podmienkach s kurčatami určenými na produkciu mäsa a kŕmenými pokusnými kŕmami zmesami (Chmiel et al., 2019).

V našom výskume sa zvolila podobná technika organizácie kŕmneho pokusu. Pokus sa vykonal priamo na hydinárskej farme v hale so systémom chovu na hlbokú podstielku a pokusnými kŕmami zmesami rovnakého zloženia pre kontrolnú a pamajoránovú skupinu bez použitia kokcidostatík. Základ kŕmnych zmesí tvorila kukurica, pšenica a sójový extrahovaný šrot. V pokuse sa

využilo vlastné pokusné krmne a napájacie zariadenie, ktoré je exaktne opísané v kapitole Metodika práce a metódy skúmania.

Pamajoránová silica, ktorá sa aplikovala na kuracie stehná s kožou v pamajoránových skupinách po rozmrazení sa vyznačuje, okrem iných biologicky aktívnych látok, obsahom karvakrolu, ktorý je validovaný aj na antioxidačné vlastnosti (Lahmar et al., 2018).

Pamajoránová silica použitá v našom pokuse s aplikáciou na povrch vzoriek rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou v pamajoránových skupinách, ktoré sa skladovali rozličnú dobu pri teplote 4 °C, sa vyrobila z vňate pamajoránu obyčajného (*Origanum vulgare* L.). Pamajorán obyčajný je liečivá rastlina čeľade hluchavkovité (Lamiaceae). Typickými organoleptickými vlastnosťami pamajoránovej silice sú hlavne žlté až červenohnedé sfarbenie a intenzívna aromatická vôňa. Vyrába sa ako číra kvapalina. Tieto vlastnosti organoleptického hodnotenia splňala pamajoránová silica použitá v našom pokuse. Analýzou pamajoránovej silice sa zistili tieto vlastnosti a výsledky: antioxidačná účinnosť stanovená DPPH metódou (% inhibície) 93,67 %, podiel karvakrolu 57,0 %, relatívna hustota 0,949 g.cm<sup>-3</sup> a index lomu 1,511.

Výsledky percentuálneho podielu karvakrolu pamajoránovej silice sa v literatúre odlišujú. Özkan et al. (2017) uvádzajú jeho percentuálny podiel 63,97 %, Mychalczyk et al. (2015) až 68,5 % a Stanojević et al. (2016) iba 37,4 %. Tieto výsledky podielu karvakrolu pamajoránovej silice môžu súvisieť s lokalitou a podmienkami pestovania pamajoránu obyčajného a tiež metodickým postupom získavania pamajoránovej silice.

## **4.2 Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah sušiny, tuku a cholesterolu**

### **Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah sušiny**

Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah sušiny je uvedený v **Tab. 6a** a **6b**.

Na základe správania spotrebiteľa potravín v ostatných rokoch sa pozoruje, že pri uprednostňovaní kuracieho mäsa zohráva dôležitú úlohu uplatňovanie princípov welfare v systéme chovu a používanie prírodných krmných doplnkov pri výrobe krmných zmesí (Mehta et al., 2015).

**Tabuľka 6a** Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah sušiny, g.100 g<sup>-1</sup> (Angelovičová et al., 2022)

Čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou		Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou						
Uplýnulá doba od zabíjania kurčiat Ross 308								
Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$	Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C		$\bar{x} \pm SD$
						pri -18 °C	0* deň	
Kontrolná*0	26	0* deň	26,79 ± 0,97	Pamajoránová*0	26	6 mesiacov	0* deň	28,13 ± 1,13
Kontrolná <sup>1</sup>	26	1 deň	27,52 ± 0,75	Pamajoránová <sup>1</sup>	26	6 mesiacov	1 deň	27,85 ± 0,94
Kontrolná <sup>4</sup>	26	4 dni	27,78 ± 1,39	Pamajoránová <sup>4</sup>	26	6 mesiacov	4 dni	28,28 ± 1,34
Kontrolná <sup>8</sup>	26	8 dni	28,11 ± 0,81	Pamajoránová <sup>8</sup>	26	6 mesiacov	8 dni	27,49 ± 1,04

Poznámka: n – počet vzoriek z 26 kurčiat, \*0 – skladovanie vzorky pri laboratórnej teplote 30 min.,  $\bar{x}$  – aritmetický priemer, SD – smerodajná odchýlka

**Tabuľka 6b** Štatistická preukaznosť rozdielu vplyvu rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah sušiny

Skupina	Kontrolná <sup>1</sup> p > 0,05	Kontrolná <sup>4</sup> p > 0,05	Kontrolná <sup>8</sup> p > 0,05	Pamajoránová*0 p > 0,05	Pamajoránová <sup>1</sup> p > 0,05	Pamajoránová <sup>4</sup> p > 0,05	Pamajoránová <sup>8</sup> p > 0,05
Kontrolná*0							
Kontrolná <sup>1</sup>							
Kontrolná <sup>4</sup>							
Kontrolná <sup>8</sup>							
Pamajoránová*0							
Pamajoránová <sup>1</sup>							
Pamajoránová <sup>4</sup>							

označenie pri hodnote analýzy rozptylu znamená štatisticky nepreukazný rozdiel (p > 0,05), p > 0,05 znamená štatisticky nepreukazný rozdiel

V našom výskume sme nadviazali na uvedenú skutočnosť a objektom skúmania sa stala kuracia stehenná svalovina s kožou z hľadiska rozličnej doby skladovania pri 4 °C, a to v čerstvom stave a po rozmrazení s aplikáciou pamajoránovej silice na jej povrch.

Štatistickým hodnotením obsahu sušiny kuracej stehennej svaloviny v skupinách podľa analýzy rozptylu sa porovnávala kritická hodnota s testovacou charakteristikou, na základe ktorého sa zamietla nulová hypotéza  $H_0$ . Z výsledku porovnania vyplýva, že obsah sušiny kuracej stehennej svaloviny s kožou je odlišný v skupinách štatisticky nepreukazne  $F(1,08, p > 0,05)$ . Vplyv rozličnej doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou sa neprejavil na obsahu sušiny.

Po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice na vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou pamajoránových skupín v podmienkach laboratórnej teploty sa zaznamenal priemerný obsah sušiny 26,79 g.100 g<sup>-1</sup> v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a 28,13 g.100 g<sup>-1</sup> v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu sušiny po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách pri laboratórnej teplote sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt obsahu sušiny pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $SD = 1,13$  oproti  $SD = 0,97$ ).

Po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal priemerný obsah sušiny 27,52 g.100 g<sup>-1</sup> v čerstvej kuracej svalovine s kožou a 27,85 g.100 g<sup>-1</sup> v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej svalovine s kožou. Rozdiel v obsahu sušiny po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt obsahu sušiny pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $SD = 0,94$  oproti  $SD = 0,75$ ).

Po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal priemerný obsah sušiny 27,78 g.100 g<sup>-1</sup> v čerstvej kuracej svalovine s kožou a 28,28 g.100 g<sup>-1</sup> v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej svalovine s kožou.



Rozdiel v obsahu sušiny po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo mierne väčšie kolísanie hodnôt obsahu sušiny pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 1,39 oproti SD = 1,34).

Po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal priemerný obsah sušiny 28,11 g.100 g<sup>-1</sup> v čerstvej kuracej svalovine s kožou a 27,49 g.100 g<sup>-1</sup> v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu sušiny po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt obsahu sušiny pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 1,04 oproti SD = 0,81).

Rozdiel v obsahu sušiny kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal rovnako štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi ostatnými sledovanými skupinami kontrolnými vzájomne, kontrolnými a pamajoránovými a pamajoránovými vzájomne v závislosti od rozličnej doby skladovania.

Naše výsledky obsahu sušiny v kuracej stehennej svalovine s kožou sú takmer zhodné s priemernými hodnotami, ktoré uvádzajú vo svojej štúdií **Mitrovic et al. (2010)**. Títo autori vyhodnotili obsah sušiny v kuracej stehennej svalovine podľa pohlavia a typu chovného systému. U sliepok zaznamenali obsah sušiny 27,68 g.100 g<sup>-1</sup> a u kohútov 26,35 g.100 g<sup>-1</sup> v klieťkovom chove, pričom rozdiel v obsahu sušiny medzi pohlavím bol štatisticky preukazný ( $p \leq 0,01$ ). Vo voľnom výbehu zistili obsah sušiny v stehennej svalovine 27,35 g.100 g<sup>-1</sup> u sliepok a 26,50 g.100 g<sup>-1</sup> u kohútov.

**Liu et al. (2013)** uvádzajú priemerný obsah sušiny v kuracej stehennej svalovine 25,21 g.100 g<sup>-1</sup>, čo je nižšia hodnota v porovnaní s výsledkami nášho pokusu, ale výsledok smerodajnej odchýlky SD = 1,05 bol podobný našim hodnotám smerodajnej odchýlky. Autori uviedli aj minimálnu hodnotu obsahu sušiny 22,12 g.100 g<sup>-1</sup> a maximálnu hodnotu obsahu sušiny 28,29 g.100 g<sup>-1</sup>. Tento nimi uvádzaný maximálny obsah sušiny je takmer zhodný s našimi priemernými



hodnotami obsahu sušiny v kuracej stehennej svalovine s kožou 28,11 g.100 g<sup>-1</sup>, 28,13 g.100 g<sup>-1</sup> alebo 28,28 g.100 g<sup>-1</sup>.

Na rozdiel od nášho postupu aplikácie pamajoránovej silice priamo na povrch kuracej stehennej svaloviny s kožou **Forde et al. (2018)** vykonali pokus s pridaním pamajoránovej silice do kŕmnych zmesí pre brojlerové kurčatá. Na základe vyhodnotených výsledkov dospeli k záveru, že používanie tejto doplnkovej látky môže prispieť k uspokojovaniu zvýšeného dopytu spotrebiteľov po živočíšnych produktoch, ktoré sú produkované šetrnejšie vo vzťahu k životnému prostrediu a znížiť používanie syntetických antioxidantov.

Spotrebiteľ uprednostňuje kuracie mäso v porovnaní s inými druhmi mias z aspektu niekoľkých benefitov, ktoré vyplývajú z jeho chemického zloženia, ako je nízky obsah tuku, energie a cholesterolu a vysokému obsahu bielkovín. Kuracie mäso je navyše lacnejšie, ako je napr. bravčové, hovädzie a jahňacie (**Sujiwo et al., 2018**).

### **Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah tuku**

Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah tuku je uvedený v **Tab. 7a** a **7b**.

Z poznatkov vedeckej literatúry je známe, že sa diskutuje o vplyve množstva tuku v mäse na oxidačné procesy. Na jednej strane je skupina autorov, podľa ktorých celkové tuky sú hlavným prispievateľom k žltnutiu tuku mäsa (**Wilson et al., 1976**), zatiaľ čo iní autori poukazujú na to, že zloženie mastných kyselín tuku je dôležitejší faktor ako obsah tuku (**Min et al., 2008**).

Chudé mäso (s veľmi nízkym obsahom intramuskulárneho tuku) je z dôvodu vysokého podielu fosfolipidov veľmi náchylné na oxidáciu (**Cheng, 2016**). Pri oxidačnej náchylnosti je nenasýtenie mastných kyselín v tuku oveľa dôležitejší parameter ako obsah tuku. Aj keď oxidácia tukov všeobecne má negatívne účinky na mäso a mäsové výrobky, v niektorých prípadoch prispieva k rozvoju príjemných aróm (**Gómez a Lorenzo, 2013; Lorenzo a Fonseca, 2014; Lorenzo a Carballo, 2015**). V skutočnosti je dobre známe, že zlúčeniny odvodené od oxidácie tukov majú dôležitú úlohu pri vývoji typickej arómy mäsových výrobkov počas štádií dozrievania alebo sušenia, čo je jedným z najviac oceňovaných atribútov spotrebiteľmi (**Chaijan a Panpipat, 2017; Domínguez et al., 2019b**).

V našom pokuse sa štatistickým hodnotením obsahu tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou v skupinách podľa analýzy rozptylu porovnávala kritická hodnota s testovacou charakteristikou, na základe ktorého sa zamietla nulová hypotéza H<sub>0</sub>. Z výsledku porovnania vyplýva, že obsah tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou je odlišný v skupinách štatisticky nepreukazne

F(0,71,  $p > 0,05$ ). Vplyv rozličnej doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou sa neprejavil na obsahu tuku.

Po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice na vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou pamajoránových skupín v podmienkach laboratórnej teploty sa zaznamenal priemerný obsah tuku  $2,42 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $2,46 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu tuku po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách pri laboratórnej teplote sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt obsahu tuku pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 0,45 oproti SD = 0,19).

Po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal takmer rovnaký priemerný obsah tuku  $2,56 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v čerstvej kuracej svalovine s kožou a  $2,57 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu tuku po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt obsahu tuku pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 0,28 oproti SD = 0,15).

Po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal priemerný obsah tuku  $2,49 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $2,68 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu tuku po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou.

**Tabuľka 7a** Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah tuku, g.100 g<sup>-1</sup> (Angelovičová et al., 2022)

Čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou		Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou						
Uplynulá doba od zabíjania kurčiat Ross 308								
Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$	Skupina	n	Skladovanie vzorky pri -18 °C	pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$
Kontrolná*0	26	0* deň	2,42 ± 0,19	Pamajoránová*0	26	6 mesiacov	0* deň	2,46 ± 0,45
Kontrolná <sup>1</sup>	26	1 deň	2,56 ± 0,15	Pamajoránová <sup>1</sup>	26	6 mesiacov	1 deň	2,57 ± 0,28
Kontrolná <sup>4</sup>	26	4 dni	2,49 ± 0,31	Pamajoránová <sup>4</sup>	26	6 mesiacov	4 dni	2,68 ± 0,34
Kontrolná <sup>8</sup>	26	8 dni	2,51 ± 0,43	Pamajoránová <sup>8</sup>	26	6 mesiacov	8 dni	2,51 ± 0,36

Poznámka: n – počet vzoriek z 26 kurčiat, \*0 – skladovanie vzorky pri laboratórnej teplote 30 min.,  $\bar{x}$  – aritmetický priemer, SD – smerodajná odchýlka

**Tabuľka 7b** Štatistická preukaznosť rozdielu vplyvu rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah tuku

Analýza rozptylu 0,71									
Skupina	Kontrolná <sup>1</sup>	Kontrolná <sup>4</sup>	Kontrolná <sup>8</sup>	Pamajoránová*0	Pamajoránová <sup>1</sup>	Pamajoránová <sup>4</sup>	Pamajoránová <sup>8</sup>		
Kontrolná*0	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	Pamajoránová <sup>8</sup>	
Kontrolná <sup>1</sup>		p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	
Kontrolná <sup>4</sup>			p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	
Kontrolná <sup>8</sup>				p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	
Pamajoránová*0					p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	
Pamajoránová <sup>1</sup>						p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	
Pamajoránová <sup>4</sup>							p > 0,05	p > 0,05	

označenie pri hodnote analýzy rozptylu znamená štatisticky nepreukazný rozdiel (p > 0,05), p > 0,05 znamená štatisticky nepreukazný rozdiel

Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo mierne väčšie kolísanie hodnôt obsahu tuku pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 0,34 oproti SD = 0,31).

Po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal rovnaký priemerný obsah tuku 2,51 g.100 g<sup>-1</sup> v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu tuku po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt obsahu tuku pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 0,43 oproti SD = 0,36).

Rozdiel v obsahu tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal rovnako štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi ostatnými sledovanými skupinami kontrolnými vzájomne, kontrolnými a pamajoránovými a pamajoránovými vzájomne v závislosti od rozličnej doby skladovania.

**Weng et al. (2022)** uvádzajú vo svojej štúdií obsah tuku v kuracej stehennej svalovine 2,76 g.100 g<sup>-1</sup>, čo je hodnota nepatrne vyššia v porovnaní s výsledkami nášho pokusu. Štatistickým vyhodnotením nameraných údajov o obsahu tuku v kuracej stehennej svalovine vyjadrených smerodajnou odchýlkou zistili ich kolísanie SD = 0,58, čo je tiež zvýšenie oproti nami zistenými výsledkami smerodajnej odchýlky.

Pri produkcii kuracieho mäsa sa vykonáva kontrola v súlade s prijatými legislatívnymi opatreniami. Smerom ku kontrolným orgánom a spotrebiteľovi sú potrebné vedecké poznatky o vlastnostiach kvalitatívnych znakov a zdravotnej bezpečnosti, ale hlavne faktoroch, ktoré ich môžu ovplyvňovať alebo ovplyvňujú. Z hľadiska zdravotnej bezpečnosti je dôležitý vzťah medzi kvalitou kuracieho mäsa a charakteristikami svalových vlákien, ktorý musí byť správne pochopený. Pre tento vzťah sú dôležité poznatky aj o tuku v kuracom mäse, zvlášť o intramuskulárnom tuku, ktorý sa často považuje za kľúčový faktor pre rozvoj senzorických vlastností hydinového mäsa, ktorý ovplyvňuje najmä šťavnatosť, chuť a jemnosť (**Hocquette et al., 2010**). Podľa **Liu et al. (2016)** v kuracom mäse sa ťažko skúma intramuskulárny tuk, pretože je problémom anatomicky ho

oddeliť, čo sťažuje skúmanie mechanizmu jeho ukladania. Vývoj a rast svalov úzko súvisí s ukladaním intramuskulárneho tuku, ktoré je rozhodujúce pre kvalitu mäsa (Ishamri a Joo, 2017). Z toho dôvodu je dôležité skúmať obsah tuku v kuracom mäse pri definovaných podmienkach chovu brojlerových kurčiat, v našom prípade je to chov na hlbkej podstielke, hybridná kombinácia Ross 308 a vek pri zabíjaní 42 dní (pozri metodiku).

Tuk kuracieho mäsa sa vyznačuje vysokým obsahom polynenasýtených mastných kyselín, v dôsledku ktorých vzniká počas skladovania ich oxidačné poškodenie (Ahn a Lee, 2002).

Existujú rozličné postupy s kŕmnymi doplnkami alebo potravinárskymi prídavnými látkami na zamedzenie oxidačných procesov v mäse. Pamajoránová silica je jedným z mnohých rastlinných silíc, ktoré majú po aplikácii v mäse silné antioxidantné účinky (Scramlin et al., 2010). Antioxidantný účinok pamajoránovej silice je spôsobený vysokým obsahom polyfenolov. Okrem karvakrolu, tymol, p-cymén a y-terpenén sú hlavné zložky, v dôsledku ktorých sa prejavuje antioxidantná aktivita pamajoránovej silice (Al-Bandak, 2007).

V našom pokuse sme tiež využili pamajoránovú silicu s aplikáciou na povrch kuracej stehennej svaloviny s kožou.

Pri hodnotení oxidačnej stability kuracieho mäsa treba postupovať v širších súvislostiach využívania vedeckých poznatkov. Kuracie mäso rýchlo podlieha poškodeniu a má obmedzenú trvanlivosť bez ohľadu na skladovanie napr. v chladničke. Zhoršenie kvality alebo čerstvosti chladeného kuracieho mäsa je do značnej miery spôsobené aj psychrotrofnými mikroorganizmami a fyzikálno-chemickými zmenami (Rukchon et al., 2014).

### **Vplyv rozličnej doby skladovania pri teplote 4 °C na obsah cholesterolu v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice**

Vplyv rozličnej doby skladovania pri teplote 4 °C na obsah cholesterolu v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice je uvedený v **Tab. 8a** a **8b**.

Cholesterol je prítomný vo svaloch, ako aj v tukovom tkanive, pretože je základnou zložkou bunkových membrán a môže byť uložený ako estery cholesterolu v tukových kvapôčkach (Dessi a Batetta, 2003). Vzhľadom na to, že podstatná časť cholesterolu v mäse sa nachádza v bunkovej membráne, rozdiel vo veľkosti buniek a počte buniek na jednotku objemu alebo hmotnosti svalov môže viesť k rozdielom v celkovej ploche povrchu membrány a v konečnom dôsledku aj obsahu membránových zložiek vrátane cholesterolu (Dinh et al., 2011).

Le Lay et al. (2001) uviedli možnú súvislosť medzi veľkosťou adipocytov a ich metabolickými aktivitami, ktorá poskytla dôkaz o veľkosti adipocytov

ovplyvňujúcich tvorbu tukových raftov a metabolizme adipocytov zmenou obsahu cholesterolu v membránach.

Okrem typu svalového vlákna je viac než pravdepodobné, že ďalším faktorom ovplyvňujúcim obsah cholesterolu v kuracom mäse je zloženie svalových tukov, nie samotný obsah tukov, pričom tento faktor môže mať význam iba v rámci druhu (Dinh et al., 2011).

Obsah tuku a cholesterolu v kuracom mäse je predmetom stáleho výskumu už desaťročia. Táto téma je opakovane študovaná a skúmaná.

Štatistickým hodnotením obsahu cholesterolu kuracej stehennej svaloviny v skupinách podľa analýzy rozptylu v našom pokuse sa porovnávala kritická hodnota s testovacou charakteristikou, na základe ktorého sa zamietla nulová hypotéza  $H_0$ . Z výsledku porovnania vyplýva, že obsah cholesterolu kuracej stehennej svaloviny s kožou je odlišný v skupinách štatisticky nepreukazne  $F(0,55, p > 0,05)$ . Vplyv rozličnej doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou sa neprejavil na obsahu cholesterolu.

Po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice na vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou pamajoránových skupín v podmienkach laboratórnej teploty sa zaznamenal priemerný obsah cholesterolu  $0,039 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $0,044 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu cholesterolu po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách pri laboratórnej teplote sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt obsahu cholesterolu pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $SD = 0,007$  oproti  $SD = 0,005$ ).

Po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal priemerný obsah cholesterolu  $0,040 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v čerstvej kuracej svalovine s kožou a  $0,042 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu cholesterolu po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou.

**Tabuľka 8a** Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah cholesterolu, g.100 g<sup>-1</sup> (Angelovičová et al., 2022)

Čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou		Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou						
Uplýnulá doba od zabitia kurčiat Ross 308								
Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$	Skupina	n	Skladovanie vzorky pri -18 °C	pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$
Kontrolná*0	26	0* deň	0,039 ± 0,005	Pamajoránová*0	26	6 mesiacov	0* deň	0,044 ± 0,007
Kontrolná <sup>1</sup>	26	1 deň	0,040 ± 0,006	Pamajoránová <sup>1</sup>	26	6 mesiacov	1 deň	0,042 ± 0,006
Kontrolná <sup>4</sup>	26	4 dni	0,051 ± 0,006	Pamajoránová <sup>4</sup>	26	6 mesiacov	4 dni	0,048 ± 0,007
Kontrolná <sup>8</sup>	26	8 dni	0,045 ± 0,006	Pamajoránová <sup>8</sup>	26	6 mesiacov	8 dni	0,045 ± 0,005

Poznámka: n – počet vzoriek z 26 kurčiat, \*0 – skladovanie vzorky pri laboratórnej teplote 30 min.,  $\bar{x}$  – aritmetický priemer, SD – smerodajná odchýlka

**Tabuľka 8b** Štatistická preukaznosť rozdielu vplyvu rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na obsah cholesterolu

Analýza rozptylu 0,55									
Skupina	Kontrolná <sup>1</sup>	Kontrolná <sup>4</sup>	Kontrolná <sup>8</sup>	Pamajoránová*0	Pamajoránová <sup>1</sup>	Pamajoránová <sup>4</sup>	Pamajoránová <sup>8</sup>		
Kontrolná*0	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	Pamajoránová <sup>8</sup>
Kontrolná <sup>1</sup>		p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
Kontrolná <sup>4</sup>			p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
Kontrolná <sup>8</sup>				p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
Pamajoránová*0					p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
Pamajoránová <sup>1</sup>						p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
Pamajoránová <sup>4</sup>							p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

označenie pri hodnote analýzy rozptylu znamená štatisticky nepreukazný rozdiel (p > 0,05), p > 0,05 znamená štatisticky nepreukazný rozdiel



Štatistickým vyhodnotením výsledkov obsahu cholesterolu vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistila rovnaká priemerná hodnota kolísania pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou a ( $SD = 0,006$ ).

Po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal priemerný obsah cholesterolu  $0,051\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $0,048\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v obsahu cholesterolu po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo mierne väčšie kolísanie hodnôt obsahu cholesterolu pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $SD = 0,007$  oproti  $SD = 0,006$ ).

Po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenal priemerný obsah cholesterolu  $0,045\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a rovnako  $0,045\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou. Rozdiel v obsahu cholesterolu po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt obsahu cholesterolu pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $SD = 0,006$  oproti  $SD = 0,005$ ).

Rozdiel v obsahu cholesterolu kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal rovnako štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi ostatnými sledovanými skupinami kontrolnými vzájomne, kontrolnými a pamajoránovými a pamajoránovými vzájomne v závislosti od rozličnej doby skladovania.

**Shang et al. (2020)** uvádzajú vo svojej štúdií obsah cholesterolu v stehennej svalovine  $0,06\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ , čo je vyššia hodnota v porovnaní s našimi výsledkami.



Rozdiely v obsahu cholesterolu medzi rôznymi svalmi toho istého druhu kurčaťa a medzi rovnakými svalmi u rôznych druhov sa všeobecne vysvetľujú zmenami v absorpcii a biosyntéze cholesterolu, metabolizmu lipoproteínov, distribúciou typov svalových vlákien, genetickými variáciami, podkožným a intramuskulárnym tukom (**Padre et al., 2006**).

Vo všeobecnosti má surové kuracie mäso obsah cholesterolu približne 0,027 – 0,09 g.100 g<sup>-1</sup>. V tomto rozmedzí obsahu cholesterolu v kuracej stehennej svalovine sa pohybujú aj naše výsledky. Je ťažšie porovnať obsah cholesterolu v kuracom mäse s obsahom cholesterolu v hovädzom a bravčovom mäse, pretože kuracie výrobky niekedy obsahujú kožu, ktorá má vysoký obsah cholesterolu (približne 0,08 až 0,10 g.100 g<sup>-1</sup> (**Bragagnolo, 2009**)). Naše vzorky kuracej stehennej svaloviny obsahovali kožu.

Okrem toho je rozdiel v obsahu cholesterolu medzi bielym a tmavým kuracím mäsom výraznejší (čo je rozdiel medzi prsnou a stehennou svalovinou) ako medzi bielymi (prevažne glykolytickými) a červenými (prevažne oxidačnými) svalmi hovädzieho a bravčového mäsa (**Sinclair et al., 2010**).

Oxidačné vlákna vo svaloch stehna využívajú oxidačnú fosforyláciu ako zdroj energie a majú viac mitochondrií ako glykolytické vlákna. Oxidačné vlákna sú tiež viac vaskularizované a ukladajú viac myoglobínu v sarkoplazme. To dáva mäsu zo stehien červené sfarbenie v porovnaní s prsnou svalovinou (**Henckel et al., 2002**).

**Březková (2015)** uvádza rozmedzie obsahu cholesterolu v kuracom mäse 0,05 až 0,10 g.100 g<sup>-1</sup>, pričom človek je schopný využiť z mäsa iba 30 % a zvyšný podiel si syntetizuje vo vlastnom organizme.

Cholesterol je hlavným faktorom, ktorý ovplyvňuje biofyzikálne vlastnosti biologických membrán určujúcim ich bočnú heterogenitu, t. j. určuje funkčnú rozmanitosť membránových mikrodomén. Modeluje funkciu širokého spektra proteínov zabudovaných v membráne pomocou špecifických a nešpecifických mechanizmov (**Zakan et al., 2020**).

### **4.3 Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu čísla kyslosti tuku, peroxidového čísla a látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou**

#### **Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu čísla kyslosti tuku**

Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu čísla kyslosti tuku je uvedený v **Tab. 9a** a **9b**.

Štatistickým hodnotením čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny v skupinách podľa analýzy rozptylu v našom pokuse sa porovnávala kritická hodnota s testovacou charakteristikou, na základe ktorého sa zamietla nulová hypotéza  $H_0$ . Z výsledku porovnania vyplýva, že hodnota čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou je odlišná v skupinách štatisticky preukazne  $F(87,42, p \leq 0,001)$ . Vplyv rozličnej doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou sa prejavil na hodnote čísla kyslosti tuku.

Po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice na vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou pamajoránových skupín v podmienkach laboratórnej teploty sa zaznamenala priemerná hodnota čísla kyslosti tuku  $5,22 \text{ mg KOH.g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $6,94 \text{ mg KOH.g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách pri laboratórnej teplote sa zistil štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt čísla kyslosti tuku pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $SD = 0,84$  oproti  $SD = 0,78$ ).

Po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota čísla kyslosti tuku  $5,19 \text{ mg KOH.g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $7,30 \text{ mg KOH.g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

**Tabuľka 9a** Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu čísla kyslosti tuku, mg KOH.g<sup>-1</sup> (Angelovičová et al., 2022)

Čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou		Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou					
Uplýnulá doba od zabitia kurčiat Ross 308							
Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$	Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$
Kontrolná* <sup>0</sup>	26	0* deň	5,22 ± 0,78	Pamajoránová* <sup>0</sup>	26	0* deň	6,94 ± 0,84
Kontrolná <sup>1</sup>	26	1 deň	5,19 ± 0,51	Pamajoránová <sup>1</sup>	26	1 deň	7,30 ± 0,75
Kontrolná <sup>4</sup>	26	4 dni	6,23 ± 0,73	Pamajoránová <sup>4</sup>	26	4 dni	9,98 ± 1,54
Kontrolná <sup>8</sup>	26	8 dni	9,26 ± 0,91	Pamajoránová <sup>8</sup>	26	8 dni	11,40 ± 2,13

Poznámka: n – počet vzoriek z 26 kurčiat, \*0 – skladovanie vzorky pri laboratórnej teplote 30 min.,  $\bar{x}$  – aritmetický priemer, SD – smerodajná odchýlka

**Tabuľka 9b** Štatistická preukaznosť rozdielu vplyvu rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu čísla kyslosti tuku

Analýza rozptylu 87,42 <sup>+++</sup>							
Skupina	Kontrolná <sup>1</sup>	Kontrolná <sup>4</sup>	Kontrolná <sup>8</sup>	Pamajoránová* <sup>0</sup>	Pamajoránová <sup>1</sup>	Pamajoránová <sup>4</sup>	Pamajoránová <sup>8</sup>
Kontrolná* <sup>0</sup>	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05
Kontrolná <sup>1</sup>		p > 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05
Kontrolná <sup>4</sup>			p ≤ 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Kontrolná <sup>8</sup>				p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Pamajoránová* <sup>0</sup>					p > 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05
Pamajoránová <sup>1</sup>						p ≤ 0,05	p ≤ 0,05
Pamajoránová <sup>4</sup>						p ≤ 0,05	p ≤ 0,05

<sup>+++</sup> označenie pri hodnote analýzy rozptylu znamená štatisticky preukazný rozdiel (p ≤ 0,001), p > 0,05 znamená štatisticky nepreukazný rozdiel a p ≤ 0,05 štatisticky preukazný rozdiel

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa zistil štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt čísla kyslosti tuku pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 0,75 oproti SD = 0,51).

Po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota čísla kyslosti tuku 6,23 mg KOH.g<sup>-1</sup> v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a 9,98 mg KOH.g<sup>-1</sup> v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v číse kyslosti tuku po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na jej povrch sa zistil štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt čísla kyslosti tuku pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 1,54 oproti SD = 0,73).

Po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota čísla kyslosti tuku 9,26 mg KOH.g<sup>-1</sup> v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a 11,40 mg KOH.g<sup>-1</sup> v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou. Rozdiel v číse kyslosti tuku po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na ich povrch sa zistil štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt čísla kyslosti tuku pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou v porovnaní s čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 2,13 oproti SD = 0,91).

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal rovnako štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) alebo štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi ostatnými sledovanými skupinami kontrolnými vzájomne, kontrolnými a pamajoránovými a pamajoránovými vzájomne v závislosti od rozličnej doby skladovania.

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými skupinami vzájomne:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými a pamajoránovými skupinami:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote,

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi týmito pamajoránovými skupinami navzájom:

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými skupinami vzájomne:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách

sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými a pamajoránovými skupinami:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote čísla kyslosti tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C.

**Bigolin et al. (2013)** skúmali vplyv doby skladovania kuracieho mäsa pri teplote 0 °C na hodnotu čísla kyslosti tuku. Výsledky, ktoré dosiahli, sa pohybujú v podobnom rozsahu ako naša priemerná hodnota čerstvého kuracieho mäsa s kožou skladovaná pri teplote 4 °C 1 deň. Po uplynutí 1 dňa skladovania kuracieho mäsa namerali hodnotu čísla kyslosti tuku 2,34 – 5,18 mg KOH.g<sup>-1</sup>, pričom maximálna hodnota je porovnateľná nášmu výsledku 5,19 mg KOH.g<sup>-1</sup>.

Kuracie mäso je nestabilný produkt a jeho trvanlivosť je krátka (**Chmiel et al., 2019**).

**Xiao et al. (2011)** konštatujú, že práve vysoký obsah nenasýtených mastných kyselín v kuracom mäse môže byť príčinou zhoršenia jeho senzorickej kvality a skrátenia trvanlivosti z aspektu oxidačných procesov.

Oxidáciou tukov vznikajú prechavé zlúčeniny, ktoré spôsobujú nepríjemnú arómu a zmenu chuti mäsa (**Ahn et al., 2009**).

**Du et al. (2000)** tiež uvádzajú vo svojej štúdii, že senzorické vlastnosti mäsa, ako je farba alebo štruktúra, môžu byť ovplyvnené procesom oxidácie.

Do potravín sa používajú synteticky vyrábané antioxidanty za účelom inhibície oxidačných procesov. Najčastejšie používanými sú hlavne hydroxyanizol (BHA), butylovaný hydroxytoluén (BHT) a propylgalát (PG). V ostatných rokoch sa pozoruje zmena správania spotrebiteľa potravín, ktorý uprednostňuje potraviny hlavne na prírodnej báze pred potravinami so syntetickými potravinárskymi prídavnými látkami. Preto potravinársky priemysel prejavuje záujem o používanie prírodných prídavných látok antioxidantov, ktoré by nahradili syntetické. Tieto prírodné potravinárske prídavné látky musia byť založené na vedeckom základe (**Solomakos et al., 2008**).



Dnes sú známe poznatky z vedeckej literatúry o možnosti používania rozličných prírodných zdrojov na získavanie extraktov alebo silíc, ktorými je možné zlepšiť chuť, vôňu a predĺžiť trvanlivosť potravín (**Abdel-Hamied et al., 2009**).

Oxidačná stabilita frakcií tukov závisí do značnej miery od zloženia mastných kyselín. Citlivosť nenасыtených mastných kyselín na oxidačné procesy je spojená so stupňom ich nenasýtenia. Polynenasýtené mastné kyseliny sú náchylnejšie na oxidáciu v porovnaní s mononenasýtenými mastnými kyselinami. Zloženie mastných kyselín a riadenie procesu oxidácie tuku počas skladovania mäsa predstavujú kritické faktory, ktoré ovplyvňujú jeho kvalitu vrátane senzorických vlastností a zdravotnú bezpečnosť (**Kawahara et al., 2009**).

### **Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu peroxidového čísla tuku**

Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu peroxidového čísla tuku je uvedený v **Tab. 10a a 10b**.

Na základe poznatkov z dostupnej vedeckej literatúry je známe, že oxidačné procesy predstavujú mnohé chemické reakcie. Je zrejmé, že medzi chemickými reakciami dominuje oxidácia, pretože ju zvyhodňujú podmienky teploty a zvyšovania času pri skladovaní mäsa (**Chaijan a Panpipat, 2017**).

V procese zmrazenia mäsa dôležitým faktorom je teplota a proces rozmrazovania. V prípade zmrazeného mäsa v dôsledku možných teplotných výkyvov sa môže mäso poškodzovať. Teplotné výkyvy spôsobujú tvorbu extracelulárnych ľadových kryštálov, ktoré zvyšujú narušenie buniek, uvoľňovanie prooxidačných zlúčenín a stimulujú oxidáciu (**Thanonkaew et al., 2006**).

V procesoch zmrazenia a rozmrazovania mäsa sa uskutočňuje zrýchlená oxidácia tukov, ktorá začína v bunkovej membráne, aby pokračovala radikálnou sekundárnou oxidáciou tukov počas rozmrazovania (**Hansen et al., 2004**).

K peroxidácii tukov dochádza predovšetkým prostredníctvom reťazovej reakcie voľných radikálov a kyslík je najdôležitejším faktorom rozvoja peroxidácie tukov v mäse (**Ahn et al., 1993**).

Teoreticky molekula kyslíka a polynenasýtená mastná kyselina (PUFA) nemôžu navzájom interagovať kvôli termodynamickým obmedzeniam. Kyslík v základnom stave nemá dostatočne silnú reaktivitu, ale môže sa premeniť na reaktívne formy kyslíka (ROS), ako je hydroxylový radikál (OH $\cdot$ ), superoxidový anión (O $_2^{\cdot-}$ ), peroxid vodíka (H $_2$ O $_2$ ), hydroperoxylový radikál (HO $_2^{\cdot}$ ), lipidový peroxylový radikál (LOO $\cdot$ ), alkoxylový radikál (LO $\cdot$ ), komplex železo-kyslík (ferrylyl- a perferrylový radikál) a singletový kyslík ( $^1$ O $_2$ ), z ktorých niektoré sú vysoko reaktívne na spustenie peroxidácie tukov. Okrem toho početné faktory, ako napr. enzýmy a prechodné kovy môžu priamo alebo nepriamo



katalyzovať tieto oxidačné procesy prostredníctvom enzymatických a neenzymatických mechanizmov. Hlavne železo zohráva kritickú úlohu v procese peroxidácie tukov ako hlavný katalyzátor (**Min a Ahn, 2005**).

Bolo publikovaných mnoho komplexných prehľadov o mechanizme peroxidácie tukov v mäse vrátane hlavných iniciátorov a katalyzátorov oxidačného procesu. Peroxidácia tukov je reťazová reakcia voľných radikálov, ktorá je zložená z troch základných krokov: iniciácia, propagácia a ukončenie. Iniciácia peroxidácie tukov vznikne v akejkoľvek potravine, ktorá má dostatočnú reaktivitu odobrať labilný atóm vodíka od metylénovej skupiny v molekule tuku za vzniku tukových radikálov (**Angelo, 1996**).

Hoci je kyslík nevyhnutný pre život, môže však poškodiť rôzne bunky. Toxicita kyslíka nie je spôsobená samotným kyslíkom ako takým, ale zvýšenou tvorbou jeho reaktívnych foriem. Reaktívne formy kyslíka môžu byť produkované za normálnych fyziologických podmienok, ale sumy nepresahujú kapacitu prirodzeného obranného systému v tele. Znížením molekuly kyslíka prostredníctvom jedoelektrónových redukčných procesov sa produkujú krátkodobo vysoko reaktívne produkty kyslíka, z ktorých všetky sa môžu priamo alebo nepriamo podieľať na peroxidačných procesoch tuku v mäse (**Min a Ahn, 2005**).

Štatistickým hodnotením peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou v skupinách podľa analýzy rozptylu v našom pokuse sa porovnávala kritická hodnota s testovacou charakteristikou, na základe ktorého sa zamietla nulová hypotéza  $H_0$ . Z výsledku porovnania vyplýva, že hodnota peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou je odlišná v skupinách štatisticky preukazne  $F(8,28, p \leq 0,001)$ . Vplyv rozličnej doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou sa prejavil na hodnote peroxidového čísla tuku.

Po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice na vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou pamajoránových skupín v podmienkach laboratórnej teploty sa zaznamenala priemerná hodnota peroxidového čísla tuku  $1,38 \mu\text{mol O}_2 \cdot \text{g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $1,40 \mu\text{mol O}_2 \cdot \text{g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách pri laboratórnej teplote sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou.

Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt peroxidového čísla tuku pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $SD = 0,20$  oproti  $SD = 0,17$ ).

**Tabuľka 10a** Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu peroxidového čísla tuku,  $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{g}^{-1}$  (Angelovičová et al., 2022)

Čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou		Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou						
Uplýnulá doba od zabitia kurčiat Ross 308								
Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$	Skupina	n	Skladovanie vzorky pri -18 °C	pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$
Kontrolná*0	26	0* deň	1,38 ± 0,20	Pamajoránová*0	26	6 mesiacov	0* deň	1,40 ± 0,17
Kontrolná <sup>1</sup>	26	1 deň	1,48 ± 0,22	Pamajoránová <sup>1</sup>	26	6 mesiacov	1 deň	1,40 ± 0,17
Kontrolná <sup>4</sup>	26	4 dni	1,94 ± 0,50	Pamajoránová <sup>4</sup>	26	6 mesiacov	4 dni	1,71 ± 0,50
Kontrolná <sup>8</sup>	26	8 dni	1,63 ± 0,41	Pamajoránová <sup>8</sup>	26	6 mesiacov	8 dni	1,44 ± 0,23

Poznámka: n – počet vzoriek z 26 kurčiat, \*0 – skladovanie vzorky pri laboratórnej teplote 30 min.,  $\bar{x}$  – aritmetický priemer, SD – smerodajná odchýlka

**Tabuľka 10b** Štatistická preukaznosť rozdielu vplyvu doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu peroxidového čísla tuku

Skupina	Analýza rozptylu 8,28 <sup>+++</sup>							
	Kontrolná <sup>1</sup>	Kontrolná <sup>4</sup>	Kontrolná <sup>8</sup>	Pamajoránová*0	Pamajoránová <sup>1</sup>	Pamajoránová <sup>4</sup>	Pamajoránová <sup>8</sup>	Pamajoránová <sup>8</sup>
Kontrolná*0	p > 0,05	p ≤ 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
Kontrolná <sup>1</sup>		p ≤ 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Kontrolná <sup>4</sup>			p > 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Kontrolná <sup>8</sup>				p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05
Pamajoránová*0								p > 0,05
Pamajoránová <sup>1</sup>								p > 0,05
Pamajoránová <sup>4</sup>								p > 0,05

<sup>+++</sup> označenie pri hodnote analýzy rozptylu znamená štatisticky preukazný rozdiel ( $p \leq 0,001$ ),  
 $p > 0,05$  znamená štatisticky nepreukazný rozdiel a  $p \leq 0,05$  štatisticky preukazný rozdiel

Po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota peroxidového čísla tuku 1,48  $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a 1,40  $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou. Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt peroxidového čísla tuku pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 0,22 oproti SD = 0,17).

Po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota peroxidového čísla tuku 1,94  $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a 1,71  $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou. Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na jej povrch sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo v priemere rovnaké kolísanie nameraných hodnôt peroxidového čísla tuku pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a pri rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou (SD = 0,50 oproti SD = 0,50).

Po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota peroxidového čísla tuku 1,63  $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{g}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a 1,44  $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{g}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou. Rozdiel v čísle kyslosti tuku po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C od aplikácie pamajoránovej silice na ich povrch sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt peroxidového čísla tuku pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s rozmrazenou pamajoránovou silicou

fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou (SD = 0,41 oproti SD = 0,23).

Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal rovnako štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) alebo štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi ostatnými sledovanými skupinami kontrolnými vzájomne, kontrolnými a pamajoránovými a pamajoránovými vzájomne v závislosti od rozličnej doby skladovania.

Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými skupinami vzájomne:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými a pamajoránovými skupinami:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými skupinami vzájomne:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými a pamajoránovými skupinami:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote peroxidového čísla tuku kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi týmito pamajoránovými skupinami navzájom:

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,
- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C.

Tukové peroxididy sú nastavené s prijateľnou hornou úrovňou 5 – 10 mmol.kg<sup>-1</sup> v oleji alebo tuku (**Sattar a Deman, 1976**). Peroxidové limity zvyčajne nie sú definované pre iné produkty ako oleje a tuky. Je však bežnejšie jest' väčšie množstvo chudého mäsa ako mäsa s vyšším obsahom tuku alebo oleja v inom jedle. Uvádza sa, že zohrievané morčacie mäso má 1 mmol tukových hydroperoxidov.kg<sup>-1</sup> vlhkosti (**Kuffa, 2009**). To naznačuje vysokú hodnotu peroxidového čísla v endogénnych tukoch (~ 100 mmol.kg<sup>-1</sup> tukov). Okrem toho bielkoviny môžu obsahovať (niešť) aj peroxidy rovnajúce sa 3 – 22 mmol.kg<sup>-1</sup> (**Salminen a Heinonen, 2008**). Bielkoviny poškodené voľnými radikálmi v prítomnosti kyslíka môžu poskytovať bielkovinové peroxididy s relatívne dlhou životnosťou, u ktorých sa potvrdilo, že sa ľahko degradujú na voľné radikály pri reakcii so železom. Preto je potrebné ich zahrnúť do testu na meranie hydroperoxidov, najmä v chudom mäse, kde je obsah tukov nízky v porovnaní s obsahom bielkovín (**Davies et al., 1995**).

Stanovenie hydroperoxidov je náročné, pretože počas procesu oxidácie môžu vznikať rôzne typy hydroperoxidov. Na skúmanie hydroperoxidu t ukov

v biologických materiáloch a potravinách sa vyvinulo mnoho metód, ale analýzy sú citlivé na rôzne laboratórne detaily (**Bou et al., 2008**).

Peroxidy odvodené z tukov sú hlavným zdrojom prooxidantov v potravine, o ktorých sa predpokladá, že majú toxikologický význam (**Halliwell a Chirico, 1993**).

S dostatočným množstvom účinných antioxidantov by malo byť mäso homeostatickým systémom, ktorý má redukovaný obsah oxidovaných zlúčenín a reaktívnych zložiek alebo je bez nich. Peroxidy sa môžu tvoriť na niekoľkých aminokyselinových bočných reťazcoch, ale aj na proteínovom hlavnom reťazci po vystavení účinkom reaktívnych foriem kyslíka (**Gu et al., 2013**).

**Gay a Gebicki (2002a)** konštatujú, že tvorba peroxidov v proteíne závisí od typu proteínu. Účinok sa pozoruje hlavne pri peroxidoch viazaných na bielkoviny. Kinetika tvorby aj stabilita peroxidov sa môžu meniť s nižším pH.

Prechodná stabilita tukových peroxidov je opísaná v štúdiu **Reeder a Wilson (2001)**, **Takahashia et al. (2001)**. Ale aj peroxidy viazané na bielkoviny sú prechodné a majú maximálnu hodnotu vystavenú kyslíku za 2 – 4 hodiny (**Gu et al., 2013**).

### **Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou**

Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou je uvedený v **Tab. 11a** a **11b**.

Z poznatkov vedeckej literatúry je známe, že polynenasýtené mastné kyseliny sú citlivé na oxidáciu tukov pre obsah dvojitých väzieb. Táto ich citlivosť je príčinou tvorby mnohých degradačných produktov, medzi ktoré patria aldehydy, ketóny, alkoholy, alifatické uhľovodíky, kyseliny a estery, v dôsledku ktorých sa tvoria pachy v mäse (**Menchetti et al., 2020**). Oxidácia tukov, ako je zdôraznené v mnohých štúdiách, môže negatívne ovplyvniť bezpečnosť mäsa a vytvárať toxické zlúčeniny, ako je malóndialdehyd (MDA) a produkty oxidácie cholesterolu (**Wood et al., 2004**).

Malóndialdehyd je jedným z najrozšírenejších aldehydov generovaných počas sekundárnej oxidácie tukov a tiež pravdepodobne najčastejšie používaným ako oxidačný marker (**Barriuso et al., 2013**).

Prítomnosť oxidovaných tukov v potrave ľudí a krmive zvierat spôsobuje zvýšenie látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou (TBARS) v plazme a tkanivách (**Ruban, 2009**).

Malóndialdehyd je v mnohých prípadoch najrozšírenejším individuálnym aldehydom, ktorý vzniká peroxidáciou tukov v potravinách (**Kanner, 2007**).



Potvrdilo sa tiež, že počiatočné produkty oxidácie mastných kyselín (hydroperoxydy) sú pre ľudské fibroblasty toxickejšie ako konečné produkty malóndialdehyd alebo 4-hydroxynonenal (**Michiels a Remacle, 1991**).

Produkty primárnej oxidácie tukov môžu vytvárať, ak sú vystavené ďalším oxidačným podmienkam, produkty sekundárnej oxidácie vrátane aldehydov, ketónov, epoxidov, hydroxyzlúčenín, oligomérov a polymérov. Tieto zlúčeniny vykazujú širokú škálu fyzikálno-chemických vlastností, ktoré sa líšia najmä prchavosťou, polaritou a molekulovou hmotnosťou. Malóndialdehyd je vysoko toxická molekula a je schopná narušiť mnohé fyziologické procesy u zvierat a ľudí. Z toho dôvodu je považovaný za dôležitý vedľajší produkt peroxidácie tukov (**Czauderna et al., 2011**).

Spomedzi rôznych karbonylových zlúčenín produkovaných ako sekundárne produkty oxidácie tukov sa malóndialdehydu venuje osobitná pozornosť z dôvodu jeho potenciálneho zdravotného rizika (**Park, 1995**).

Vzhľadom na zmeny, ktoré vznikajú v mäse počas skladovania, sa výskum zamerával na zvýšenie antioxidačnej kapacity svalov brojlerových kurčiat, a to z dôvodu obmedziť oxidáciu tukov. Skúmali sa rozličné postupy na zvýšenie antioxidačnej kapacity používaním prídavných antioxidantov do mäsa alebo kŕmnych antioxidantov do krmiva. V ostatných rokoch, vzhľadom na požiadavky spotrebiteľov potravín, sa začali používať viac prírodné antioxidanty (**Surai, 2007**).

Doba skladovania ovplyvňuje oxidačné procesy. Možnosť, že radikály spôsobia poškodenie tukov, sa zvyšuje s časom skladovania (**Domínguez et al., 2019b**).

V dôsledku oxidačných procesov, ako uviedlo niekoľko autorov a zdôrazňujú to aj **Wang et al. (2018)**, vzniká zníženie kvality mäsa. Oxidácia tukov vzniká prostredníctvom reakcií voľných radikálov, ktoré pôsobia na nenasýtené väzby mastných kyselín a tým vytvárajú rôzne produkty, ktorých účinkami vznikajú zmeny farby, vône a textúry (**Falowo et al., 2014**). Voľné radikály pôsobia aj na bielkoviny, spúšťajú oxidáciu s tvorbou odlišných produktov, vplyvom ktorých vznikajú zmeny dôležitých parametrov kvality mäsa a nutričnej hodnoty v dôsledku zníženia esenciálnych aminokyselín a zníženia stráviteľnosti bielkovín (**Ferreira et al., 2018**).

Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou (TBARS) sa tvoria ako vedľajší produkt peroxidácie tukov, vyjadrené ako koncentrácia malóndialdehydu (MDA), ktorý sa zvyčajne skúma na vyhodnotenie úrovne peroxidácie tukov. Dlhodobé skladovanie je jedným z dôvodov, prečo sa *post mortem* zvyšuje peroxidácia tukov v mäse (**Aziza et al., 2010**).

Nadmerné množstvo voľných radikálov je hlavnou príčinou peroxidácie tukov. Oxidačná stabilita kuracieho mäsa po zabití súvisí so schopnosťou



svaloviny zachytávať voľné radikály dopĺňaním prídavných potravinárskych alebo kŕmnych antioxidantov (Zhang et al., 2015).

Botsoglou et al. (2002) skúmali oxidačnú stabilitu kuracej prsnej a stehennej svaloviny. Na základe dosiahnutých výsledkov konštatovali, že prsná svalovina sa vyznačuje nižšou koncentráciou malondialdehydu ako stehenná svalovina.

Svalové tkanivá stehna sú náchylnejšie na oxidáciu ako tkanivá prsnej svaloviny. Je to spôsobené vyšším celkovým obsahom tuku a obsahom polynenasýtených mastných kyselín v stehennej svalovine ako v prsnej svalovine (Jensen et al., 1997; Wen et al., 1997).

Aj napriek tomu, že poznatky o náchylnosti vyššieho obsahu tuku na oxidáciu sú zo skôr publikovaných literárnych zdrojov, na problematiku obsahu tuku v kuracom mäse vo vzťahu k oxidácii nie je jednotný názor medzi odborníkmi.

Štatistickým hodnotením látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou v kuracej stehennej svalovine v skupinách podľa analýzy rozptylu v našom pokuse sa porovnávala kritická hodnota s testovacou charakteristikou, na základe ktorého sa zamietla nulová hypotéza  $H_0$ . Z výsledku porovnania vyplýva, že hodnota látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou kuracej stehennej svaloviny s kožou je odlišná v skupinách štatisticky preukazne  $F(52,88, p \leq 0,001)$ . Vplyv rozličnej doby skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou sa prejavil na hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou.

Po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice na vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou pamajoránových skupín v podmienkach laboratórnej teploty sa zaznamenala priemerná hodnota látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou  $0,11 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $0,12 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou po uplynutí 30 min. od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách pri laboratórnej teplote sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo v priemere rovnaké kolísanie nameraných hodnôt látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou ( $SD = 0,03$  oproti  $SD = 0,03$ ).

Aj po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou  $0,11 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej

svalovine s kožou a  $0,12 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovú silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou po uplynutí 1 dňa skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice v pamajoránových skupinách sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo v priemere rovnaké kolísanie nameraných hodnôt látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a rozmrazenej pamajoránovú silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou ( $\text{SD} = 0,03$  oproti  $\text{SD} = 0,03$ ).

Po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou  $0,13 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $0,14 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovú silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou po uplynutí 4 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na jej povrch sa nezistil štatisticky preukazný ( $p > 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou. Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo nepatrne vyššie kolísanie nameraných hodnôt látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $\text{SD} = 0,03$  oproti  $\text{SD} = 0,02$ ).

Po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky pamajoránových skupín sa zaznamenala priemerná hodnota látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou  $0,33 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$  v čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou a  $0,23 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$  v rozmrazenej pamajoránovú silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou. Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou po uplynutí 8 dní skladovania kuracej stehennej svaloviny s kožou pri teplote  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  od aplikácie pamajoránovej silice na ich povrch sa zistil štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi čerstvou a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou.

**Tabuľka 11a** Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou, mg MDA.kg<sup>-1</sup> (Angelovičová et al., 2022)

Čerstvá kuracia stehenná svalovina s kožou		Rozmrazená kuracia stehenná svalovina s kožou						
Uplynulá doba od zabitia kurčiat Ross 308								
Skupina	n	Skladovanie vzorky pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$	Skupina	n	Skladovanie vzorky pri -18 °C	Skladovanie vzorky pri 4 °C	$\bar{x} \pm SD$
Kontrolná*0	26	0* deň	0,11 ± 0,03	Pamajoránová*0	26	6 mesiacov	0* deň	0,12 ± 0,03
Kontrolná <sup>1</sup>	26	1 deň	0,11 ± 0,03	Pamajoránová <sup>1</sup>	26	6 mesiacov	1 deň	0,12 ± 0,03
Kontrolná <sup>4</sup>	26	4 dni	0,13 ± 0,03	Pamajoránová <sup>4</sup>	26	6 mesiacov	4 dni	0,14 ± 0,02
Kontrolná <sup>8</sup>	26	8 dni	0,33 ± 0,10	Pamajoránová <sup>8</sup>	26	6 mesiacov	8 dni	0,23 ± 0,07

Poznámka: n – počet vzoriek z 26 kurčiat, \*0 – skladovanie vzorky pri laboratórnej teplote 30 min.,  $\bar{x}$  – aritmetický priemer SD – smerodajná odchýlka

**Tabuľka 11b** Štatistická preukaznosť rozdielu vplyvu rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C na hodnotu látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou

Analýza rozptylu 52,88 <sup>+++</sup>									
Skupina	Kontrolná <sup>1</sup>	Kontrolná <sup>4</sup>	Kontrolná <sup>8</sup>	Pamajoránová*0	Pamajoránová <sup>1</sup>	Pamajoránová <sup>4</sup>	Pamajoránová <sup>8</sup>	Pamajoránová <sup>4</sup>	Pamajoránová <sup>8</sup>
Kontrolná*0	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Kontrolná <sup>1</sup>		p > 0,05	p ≤ 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Kontrolná <sup>4</sup>			p ≤ 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Kontrolná <sup>8</sup>				p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05	p ≤ 0,05
Pamajoránová*0					p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Pamajoránová <sup>1</sup>						p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05
Pamajoránová <sup>4</sup>							p > 0,05	p > 0,05	p ≤ 0,05

<sup>+++</sup> označenie pri hodnote analýzy rozptylu znamená štatisticky preukazný rozdiel (p ≤ 0,001), p > 0,05 znamená štatisticky nepreukazný rozdiel a p ≤ 0,05 štatisticky preukazný rozdiel

Štatistickým vyhodnotením výsledkov vyjadrených smerodajnou odchýlkou sa zistilo väčšie kolísanie hodnôt látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou pri čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou v porovnaní s rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou ( $SD = 0,10$  oproti  $SD = 0,07$ ).

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal rovnako štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) alebo štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi ostatnými sledovanými skupinami kontrolnými vzájomne, kontrolnými a pamajoránovými a pamajoránovými vzájomne v závislosti od rozličnej doby skladovania.

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými skupinami vzájomne:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými a pamajoránovými skupinami:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C,
- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote,

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi týmito pamajoránovými skupinami navzájom:

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C,

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C,

- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 8 dní pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi kontrolnými skupinami vzájomne:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C.

Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi týmito kontrolnými a pamajoránovými skupinami:

- medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,
  - medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
  - medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote,
  - medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
  - medzi čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote.
- Rozdiel v hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou kuracej stehennej svaloviny s kožou od aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky v pamajoránových skupinách sa zaznamenal štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi týmito pamajoránovými skupinami navzájom:
- medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C,
  - medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 30 min. pri laboratórnej teplote a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C,
  - medzi rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 1 deň pri teplote 4 °C a rozmrazenou pamajoránovou silicou fortifikovanou kuracou stehennou svalovinou s kožou skladovanou 4 dni pri teplote 4 °C.

Oxidácia tukov patrí medzi faktory, ktoré sa používajú ako indikátory zhoršenia kvality kuracieho mäsa. Zintenzívnené procesy oxidácie tukov v mäse prispievajú k zhoršeniu kvality mäsa. Test TBARS (látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou) meria koncentráciu malóndialdehydu (MDA), ktorý je degradačným produktom oxidácie tukov. **Sujiwo et al. (2018)** sa zamerali vo svojom výskume na kvalitu kuracej prsnej svaloviny, na rozdiel od nášho výskumu, ktorého objektom bola stehenná svalovina s kožou, z hľadiska oxidácie tuku v závislosti od doby skladovania pri 4 °C. Autori uvádzajú, že hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou vzoriek kuracej prsnej svaloviny

štatisticky významne vzrástli počas skladovania z 0,012 mg MDA.kg<sup>-1</sup> v 1. deň na 0,105 mg MDA.kg<sup>-1</sup> v 12. dni skladovania pri 4 °C ( $p \leq 0,05$ ). Tieto hodnoty však boli nižšie ako hodnoty, ktoré uvádzajú **Kruk et al. (2011)**, ktorí namerali hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou 0,28 mg MDA.kg<sup>-1</sup> v 1. deň a 0,47 mg MDA.kg<sup>-1</sup> na 7. deň skladovania. **Brewer et al. (1992)** uvádzajú, že hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou pod 0,2 mg MDA.kg<sup>-1</sup> by mali byť prijateľné pre spotrebiteľov.

V našom pokuse týmto hodnotám látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou zodpovedá skladovaná kuracia stehenná svalovina s kožou čerstvá aj rozmrazená fortifikovaná s pamajoránovou silicou pri laboratórnej teplote 30 min. a pri teplote 4 °C 1 deň a 4 dni. Iná štúdia uvádza, že bežní spotrebiteľia (netrénovaní) môžu odhaliť nepríjemné pachy pri hodnotách látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou v rozsahu 0,6 až 2,0 mg MDA.kg<sup>-1</sup> (**Chandra Mohan et al., 2017**). Hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou uvedené v štúdiu **Sujiwo et al. (2018)** naznačujú, že mäso by malo byť pre spotrebiteľov stále prijateľné aj po 12 dňoch skladovania pri 4 °C. V našom pokuse intenzívny pach kuracej stehennej svaloviny s kožou skladovanej pri teplote 4 °C sa prejavil pri vzorkách na 8. deň skladovania, a to tak pri čerstvej stehennej svalovine s kožou ako aj pri rozmrazenej s pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svalovine s kožou. Vyššie uvedení autori ďalej v štúdiu uvádzajú, že kuracia prsná svalovina po 12 dňoch skladovania prejavila vlastnosti kazení, ktoré podložili výsledkami výskumu celkového počtu mikroorganizmov a senzorického hodnotenia. Títo autori odôvodňujú rozdiel v dňoch kazení mäsa argumentáciou, že je spôsobený vzorkovaním buď z prsnej svaloviny alebo stehennej svaloviny a ich obsahom tuku. Kuracia prsná svalovina obsahuje v porovnaní so stehennou svalovinou vysoký obsah bielkovín. Kuracia prsná svalovina na rozdiel od stehennej svaloviny sa môže kaziť skôr degradáciou bielkovín ako oxidáciou tukov. **Jang et al. (2010)** uviedli, že hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou pre kuraciu stehennú svalovinu skladovanú 0, 3 a 7 dní sa zaznamenali 0,11, 0,17 a 0,48 mg MDA.kg<sup>-1</sup>. Výsledky látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou dosiahnuté v našom pokuse sú rovnaké pri skladovaní 0 deň 0,11 mg MDA.kg<sup>-1</sup> alebo sa pohybujú v rozmedzí hodnôt uvedených autorov. Výsledky hodnôt látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou naznačujú, že určenie čerstvosti mäsa nemôže byť založené na jednom špecifickom znaku, ale na niekoľkých hlavných znakoch čerstvosti spolu. Pri určovaní čerstvosti mäsa by sa mala brať do úvahy okrem hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou aj hodnota čísla kyslosti tuku a peroxidového čísla, spolu s ďalšími vlastnosťami ako to vyplýva z poznatkov literatúry, t. j. celkový počet mikroorganizmov a senzorické hodnotenie.



**Zhou et al. (2010)** konštatujú, že kazenie mäsa môže byť ovplyvnené niekoľkými faktormi vrátane teploty skladovania, úpravy balenia, chemického zloženia mäsa, intenzity svetla, počiatocnej mikrobiálnej záťaže, hladín endogénnych enzýmov a vnímania spotrebiteľ'a. Jedným z mechanizmov oxidácie tukov je autooxidácia, kontinuálna reakcia reťazca voľných radikálov a najdôležitejší mechanizmus oxidácie tukov v mäse (**Cheng, 2016**). Voľné radikály sú atómy alebo molekuly s nespárovaným elektrónom a sú vysoko nestabilné a reaktívne. Proces oxidácie tukov generuje tukové hydroperoxydy z autooxidácie mastných kyselín, ktoré sa rozkladajú na produkty, ako sú aldehydy, alkény, ketóny a alkoholy, ktoré sú zodpovedné za tvorbu nepríjemného zápachu a pachu (**Brewer, 2011**). S oxidáciou tukov v mäse súvisí mnoho faktorov vrátane tepla a svetla, obsahu kyslíka a typov kyslíka, katalyzátorov, fosfolipidov, nenasýtených mastných kyselín, procesov, ktoré poškodzujú svalové membrány, podmienok pred zabitím brojlerových kurčiat a pH (**Cheng, 2016**).

Tak ako naše výsledky hodnôt látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou, tak aj výsledky vyššie uvedených autorov v závislosti od doby skladovania sú v súlade aj so zisteniami **Coetzee a Hoffman (2001)** a **Adeyemi a Olorunsanya (2012)**, ktorí pozorovali, že hodnoty látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou pri tepelne neupravenom kuracom mäse sa postupne zvyšovali počas *post mortem* skladovania. Avšak prahová hodnota látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou 5,0 mg MDA.kg<sup>-1</sup>, ktorá bola označená na detekciu zápachu a pachov autormi **Insausti et al. (2001)**, sa nepozorovala pri našich výsledkoch ani výsledkoch vyššie uvedených autorov, ktoré sa konfrontovali v diskusii. Pach sa pozoroval v našom pokuse už pri nízkych hodnotách látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou 0,33 mg MDA.kg<sup>-1</sup> v čerstvej alebo 0,23 mg MDA.kg<sup>-1</sup> v rozmrazenej pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny s kožou v závislosti od doby skladovania pri 4 °C na 8. deň.

#### 4.4 Korelačné vzťahy medzi sledovanými premennými podľa skupín pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej s aplikáciou pamajoránovej silice

**Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine\*<sup>0</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri laboratórnej teplote 30 min.**

Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine\*<sup>0</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri laboratórnej teplote 30 min. je uvedený v **Tab. 12**.

Medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine\*<sup>0</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri laboratórnej teplote 30 min. sa

zaznamenal prevažne triviálny alebo stredný pozitívny alebo negatívny lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ).

**Tabuľka 12** Korelačný vzťah ( $r$ ) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine\*<sup>0</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri laboratórnej teplote 30 min.

Ukazovateľ	Tuk	Cholesterol	Číslo kyslosti tuku	Peroxidové číslo	Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
Sušina	0,11	0,31	0,21	-0,34	-0,28
Tuk		-0,14	-0,25	-0,17	-0,15
Cholesterol			0,19	-0,26	0,17
Číslo kyslosti tuku				-0,17	0,29
Peroxidové číslo					-0,13

Poznámka: číselná hodnota je výsledok  $r$  (korelačný koeficient),  
označenie znamená štatisticky nepreukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p > 0,05$ )

### **Korelačný vzťah ( $r$ ) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>1</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 1 deň**

Korelačný vzťah ( $r$ ) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>1</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 1 deň je uvedený v **Tab. 13**.

Medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>1</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 1 deň sa zaznamenal negatívny silný lineárny vzťah štatisticky preukazný ( $p \leq 0,001$ ) medzi hodnotou peroxidového čísla a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Medzi všetkými ostatnými premennými sa zaznamenal prevažne triviálny alebo stredný pozitívny alebo negatívny lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ).

**Tabuľka 13** Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>1</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 1 deň

Ukazovateľ	Tuk	Cholesterol	Číslo kyslosti tuku	Peroxidové číslo	Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
Sušina	0,32	-0,24	-0,18	0,32	-0,32
Tuk		-0,17	-0,14	0,28	-0,20
Cholesterol			-0,10	-0,34	0,10
Číslo kyslosti tuku				-0,33	0,27
Peroxidové číslo					-0,68 <sup>+++</sup>

Poznámka: číselná hodnota je výsledok r (korelačný koeficient),

<sup>-</sup>označenie znamená štatisticky nepreukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými,

<sup>+++</sup>označenie znamená štatisticky preukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p \leq 0,001$ )

### **Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>4</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 4 dni**

Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>4</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 4 dni je uvedený v **Tab. 14**.

Medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>4</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 4 dni sa zaznamenal iba triviálny pozitívny alebo negatívny lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ).

**Tabuľka 14** Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>4</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 4 dni

Ukazovateľ	Tuk	Cholesterol	Číslo kyslosti tuku	Peroxidové číslo	Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
Sušina	0,16	-0,23	-0,19	0,11	0,25
Tuk		0,15	-0,23	0,23	0,14
Cholesterol			-0,11	0,18	0,19
Číslo kyslosti tuku				-0,11	-0,26
Peroxidové číslo					0,23

Poznámka: číselná hodnota je výsledok r (korelačný koeficient),  
označenie znamená štatisticky nepreukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p > 0,05$ )

### **Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>8</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 8 dni**

Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>8</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 8 dni je uvedený v **Tab. 15**.

Medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>8</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 8 dni sa zaznamenal pozitívny silný lineárny vzťah štatisticky preukazný ( $p \leq 0,001$ ) medzi hodnotou čísla kyslosti tuku a hodnotou peroxidového čísla a medzi hodnotou peroxidového čísla a hodnotou látok reagujúcich s tiobarbiturovou kyselinou. Pozitívny stredný lineárny vzťah štatisticky preukazný ( $p \leq 0,01$ ) sa zaznamenal medzi hodnotou čísla kyslosti tuku a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Negatívny stredne silný lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) sa zaznamenal medzi obsahom sušiny a hodnotou peroxidového čísla, medzi obsahom tuku a hodnotou peroxidového čísla a medzi obsahom tuku a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Medzi všetkými ostatnými premennými sa zaznamenal triviálny pozitívny alebo negatívny lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ).

**Tabuľka 15** Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v kontrolnej skupine<sup>8</sup> pri skladovaní čerstvej stehennej svaloviny s kožou pri teplote 4 °C 8 dni

Ukazovateľ	Tuk	Cholesterol	Číslo kyslosti tuku	Peroxidové číslo	Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
Sušina	0,33	-0,15	-0,18	-0,48	-0,22
Tuk		-0,10	-0,13	-0,35	-0,48
Cholesterol			-0,22	-0,29	-0,13
Číslo kyslosti tuku				0,63 <sup>+++</sup>	0,40 <sup>+++</sup>
Peroxidové číslo					0,53 <sup>++</sup>

Poznámka: číselná hodnota je výsledok r (korelačný koeficient),

<sup>-</sup>označenie znamená štatisticky nepreukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p > 0,05$ ),

<sup>++</sup>označenie znamená štatisticky preukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p \leq 0,01$ ),

<sup>+++</sup>označenie znamená štatisticky preukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p \leq 0,001$ )

### Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine\*<sup>0</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri laboratórnej teplote 30 min.

Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine\*<sup>0</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri laboratórnej teplote 30 min. je uvedený v **Tab. 16**.

Medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine\*<sup>0</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri laboratórnej teplote 30 min. sa zaznamenal negatívny stredný lineárny vzťah štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi obsahom tuku a hodnotou čísla kyslosti tuku. Negatívny stredne silný lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) sa zaznamenal medzi obsahom sušiny a hodnotou peroxidového čísla, pozitívny stredne silný lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi hodnotou čísla kyslosti tuku a látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Medzi všetkými ostatnými premennými sa zaznamenal triviálny pozitívny alebo negatívny lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ).

**Tabuľka 16** Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine\*<sup>0</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri laboratórnej teplote 30 min.

Ukazovateľ	Tuk	Cholesterol	Číslo kyslosti tuku	Peroxidové číslo	Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
Sušina	0,31	-0,11	-0,22	-0,39	0,32
Tuk		0,24	-0,41 <sup>+</sup>	0,25	0,18
Cholesterol			0,09	0,27	-0,14
Číslo kyslosti tuku				-0,22	0,37
Peroxidové číslo					-0,27

Poznámka: číselná hodnota je výsledok r (korelačný koeficient),

<sup>-</sup>označenie znamená štatisticky nepreukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p > 0,05$ ),

<sup>+</sup>označenie znamená štatisticky preukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p \leq 0,05$ )

### **Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>1</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 1 deň**

Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>1</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 1 deň je uvedený v **Tab. 17**.

Medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>1</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri laboratórnej teplote 4 °C 1 deň sa zaznamenal pozitívny stredný lineárny vzťah štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi obsahom tuku a hodnotou čísla kyslosti tuku a medzi obsahom cholesterolu a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Pozitívny stredne silný lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) sa zaznamenal medzi obsahom sušiny a obsahom cholesterolu, medzi obsahom sušiny a hodnotou čísla kyslosti tuku, obsahom tuku a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou a medzi hodnotou peroxidového čísla a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Medzi všetkými ostatnými premennými sa zaznamenal triviálny pozitívny alebo negatívny lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ).

**Tabuľka 17** Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>1</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 1 deň

Ukazovateľ	Tuk	Cholesterol	Číslo kyslosti tuku	Peroxidové číslo	Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
Sušina	0,22	0,39	0,34	-0,31	0,26
Tuk		0,17	0,50 <sup>+</sup>	0,25	0,35
Cholesterol			-0,31	-0,20	0,41 <sup>+</sup>
Číslo kyslosti tuku				-0,23	-0,25
Peroxidové číslo					0,55

Poznámka: číselná hodnota je výsledok r (korelačný koeficient),

<sup>-</sup>označenie znamená štatisticky nepreukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p > 0,05$ ),

<sup>+</sup>označenie znamená štatisticky preukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p \leq 0,05$ )

### Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>4</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 4 dni

Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>4</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 4 dni je uvedený v **Tab. 18**.

Medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>4</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri laboratórne teplote 4 °C 4 dni sa zaznamenal pozitívny stredný lineárny vzťah štatisticky preukazný ( $p \leq 0,05$ ) medzi hodnotou čísla kyslosti tuku hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Pozitívny stredne silný lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) sa zaznamenal medzi obsahom sušiny a hodnotou čísla kyslosti tuku, medzi obsahom sušiny a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou a negatívny stredne silný lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi obsahom cholesterolu a hodnotou čísla kyslosti tuku. Medzi všetkými ostatnými premennými sa zaznamenal triviálny pozitívny alebo negatívny lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ).



**Tabuľka 18** Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými  
v pamajoránovej skupine<sup>4</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny  
s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 4 dni

Ukazovateľ	Tuk	Cholesterol	Číslo kyslosti tuku	Peroxidové číslo	Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
Sušina	-0,18	0,26	0,37	0,29	0,48
Tuk		0,19	-0,18	-0,28	0,22
Cholesterol			-0,39	-0,16	0,26
Číslo kyslosti tuku				-0,16	-0,42 <sup>+</sup>
Peroxidové číslo					-0,28

Poznámka: číselná hodnota je výsledok r (korelačný koeficient),

<sup>-</sup>označenie znamená štatisticky nepreukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p > 0,05$ ),

<sup>+</sup>označenie znamená štatisticky preukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p \leq 0,05$ )

### **Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>8</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 8 dni**

Korelačný vzťah (r) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>8</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 8 dni je uvedený v **Tab. 19**.

Medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>8</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri laboratórne teplote 4 °C 8 dni sa zaznamenal pozitívny stredne silný lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi obsahom sušiny a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou, medzi obsahom tuku a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou a negatívny stredne silný lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ) medzi obsahom sušiny a hodnotou čísla kyslosti tuku a medzi hodnotou peroxidového čísla a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Medzi všetkými ostatnými premennými sa zaznamenal triviálny pozitívny alebo negatívny lineárny vzťah štatisticky nepreukazný ( $p > 0,05$ ).

**Tabuľka 19** Korelačný vzťah ( $r$ ) medzi sledovanými premennými v pamajoránovej skupine<sup>8</sup> pri skladovaní rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice pri teplote 4 °C 8 dni

Ukazovateľ	Tuk	Cholesterol	Číslo kyslosti tuku	Peroxidové číslo	Látky reagujúce s kyselinou tiobarbiturovou
Sušina	0,27	-0,19	-0,38	0,21	0,41
Tuk		0,24	-0,19	-0,28	0,35
Cholesterol			0,25	0,28	-0,16
Číslo kyslosti tuku				-0,27	-0,24
Peroxidové číslo					-0,33

Poznámka: číselná hodnota je výsledok  $r$  (korelačný koeficient),   
označenie znamená štatisticky nepreukazný rozdiel korelačného vzťahu medzi dvoma premennými ( $p > 0,05$ )

Kuracie mäso na kulinárske účely sa ponúka spotrebiteľm hlavne ako zmrazené mäso. Postup zmrazenia mäsa sa využíva pri riadení jeho produkcie, spracovania a skladovania. Výhodou zmrazenia hlavne pri preprave chladeného mäsa je možnosť jeho dlhodobého skladovania a vyššia flexibilita pri manipulácii v maloobchode aj vo veľkoobchode. Aj napriek tomu, že sa mäso zmrazuje pri nízkych teplotách, proces zmrazenia ovplyvňuje kvalitu mäsa (Akhtar et al., 2013).

Gambuteanu et al. (2013), Huang et al. (2013) konštatujú, že v zmrazenom mäse prebiehajú biologicko-fyzikálno-chemické procesy. Zmrazením sa spomaľujú alebo zastavujú procesy zrenia mäsa *post mortem* a zintenzívňuje sa kryštalizácia vody v mäse (Gambuteanu et al., 2013). Kvalita skladovaného mäsa zmrazením závisí od nasledujúcich zmien, ktoré súvisia s podmienkami počas počiatočného predbežného zmrazenia a v neskorších fázach skladovania zmrazením (Ali et al., 2016; Fernandes et al., 2016; Chen et al., 2017).

V našom pokuse sa vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou zabálené v mikroténovom vrecku vložili do väčšieho mikroténového vrečka označeného podľa skupín. Vzorky pamajoránových skupín sa zmrazovali v mraziacom boxe vopred nastavenom na teplotu -18 °C, v ktorom sa skladovali 6 mesiacov.

Procesom rozmrazenia mäsa podľa Leygonie et al. (2012) sa sleduje obnova pôvodnej kvality, ktorá je zásadná. Vplyv rozmrazovania na kvalitu mäsa je určený teplotou, časom a postupmi, na ktoré vedecká literatúra je chudobná (Kondratowicz et al., 2006). Neprimerané rozmrazovanie môže narušiť kvalitu mäsa z hľadiska výživovej hodnoty, senzorických vlastností a zdravotnej

bezpečnosti v súvislosti s oxidačnými procesmi tukov a bielkovín (**Benjakul et al., 2003**). Najčastejší postup rozmrazovania mäsa je v podmienkach chladenia pri teplote 4 °C, ktorý je vo vedeckých štúdiách najcitovanejšou metódou. Považuje sa však za pomalú metódu. Pre spotrebiteľa chýbajú informácie hlavne o vhodnej teplote zmrazovania a metódach rozmrazovania rýchlych alebo pomalých, ktoré by boli šetrnejšie z hľadiska nežiaducich zmien senzorických vlastností mäsa (**Aroeira et al., 2016**).

V našom pokuse sa vzorky stehennej svaloviny s kožou v pamajoránových skupinách rozmrazovali pri laboratórnej teplote v trvaní 4 h zabalené v mikrotenovom vrecku a skladovali pri laboratórnej teplote 30 min., pri teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni.

**Kim et al. (2020)** vo svojej štúdií uvádzajú účinky zmrazenia, **Manios a Skandamis (2015)** účinky rozmrazovania a **Muela et al. (2015)** doby skladovania zmrazením na kvalitu mäsa. Štúdie sú chudobné na poznatky o kombinácii účinkov zmrazenia, rozmrazenia a doby zmrazenia. Väčšina štúdií sa zameriavala na senzorickú analýzu zmrazeného mäsa, najčastejšie na chuť a štruktúru, ale nie v kombinácii s procesom rozmrazovania (**Ji et al., 2019; Zhang et al., 2019**), pričom sa nevyužila kvantitatívna deskriptívna analýza (QDA®) na opísanie účinkov procesov zmrazenia/rozmrazovania vo vzťahu k senzorickým vlastnostiam mäsa, ako je vzhľad, aróma, chuť a štruktúra a ku komplexnému senzorickému hodnoteniu (**Gomes et al., 2021**).

Na základe poznatkov vedeckej literatúry a výsledkov nášho pokusu s kuracou stehennou svalovinou s kožou môžeme konštatovať, že výskum procesov zmrazovania, zmrazenia a rozmrazovania vyžaduje komplexné riešenie vzťahov pri pôsobení:

- biologických faktorov, ako je mikrobiologický tlak na začiatku a konci skladovania mäsa,
- fyzikálnych faktorov, ako sú teplota skladovania a jej zmeny počas skladovania, doba skladovania mäsa,
- chemických faktorov, ako sú chemické zloženie kuracieho mäsa, ukazovatele priamej a sekundárnej oxidácie a prejavov senzorických vlastností mäsa.

## **Návrh na využitie výsledkov**

V predloženej vedeckej monografii sú zhromaždené najnovšie aktuálne vedecké poznatky z dostupných literárnych zdrojov o oxidačných procesov a výživovej hodnote kuracieho mäsa, mechanizme oxidácie tukov, faktoroch vplyvajúcich na oxidáciu tukov a spôsoboch merania zlúčenín odvodených z oxidácie tukov.

Exaktne je opísaná technika uskutočnenia pokusu s kurčatami hybridnej kombinácie Ross 308, vzorkovanie, príprava vzoriek na meranie, postupy chemických analýz, štatistického hodnotenia nameraných údajov a spracovania výsledkov. Vyhodnotené, významné výsledky sú konfrontované so stanoviskami a závermi iných autorov.

Výsledky uvedené v predloženej vedeckej monografii majú svoje využitie v teoretickej rovine pre ďalší rozvoj vedy a v praktických podmienkach.

### ***Teoretický prínos***

Zhromaždené vedecké poznatky a údaje spracované v predloženej vedeckej monografii sú odporúčané na ich využitie pri výučbe študentov Fakulty biotechnológie a potravinárstva, Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre rôzneho stupňa štúdia, rôznych disciplín a študijných programov, riešení záverečných prác a riešení vedeckých projektov podobného zamerania.

### ***Praktický prínos***

Na základe výsledkov pokusu s kurčatami hybridnej kombinácie Ross 308 určenými na produkciu mäsa sa potvrdil vplyv rozličnej doby skladovania pri 4 °C čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej stehennej svaloviny s kožou s aplikáciou pamajoránovej silice na povrch vzorky na hodnotu čísla kyslosti tuku, peroxidového čísla a látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou (malóndialdehyd).

Aplikáciou pamajoránovej silice na povrch vzorky rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou skladovanej pri teplote 4 °C sa nepotvrdili inhibičné účinky na oxidačné procesy merané číslom kyslosti tuku a peroxidovým číslom oproti hodnotám čísla kyslosti tuku a peroxidového čísla čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou skladovanej v rovnakých podmienkach.

Naopak, pri čísle kyslosti tuku sa potvrdili podporné účinky oxidačných procesov tuku aplikáciou pamajoránovej silice na povrch vzorky rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou skladovanej pri teplote 4 °C oproti čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou.

Inhibičné účinky sa potvrdili na oxidačné procesy merané látkami reagujúcimi s kyselinou tiobarbiturovou pri aplikácii pamajoránovej silice na povrch vzorky rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou skladovanej

pri teplote 4 °C 8 dni oproti hodnote látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou čerstvej kuracej stehennej svalovine s kožou.

Na 8. deň skladovania pri teplote 4 °C sa zaznamenali nepríjemné pachy pri čerstvej aj s pamajoránovou silicou fortifikovanej kuracej stehennej svaloviny.

Tieto výsledky overené v pokuse sú prínosom pre producentov, spracovateľov a predajcov kuracieho mäsa. V ostatných rokoch sa pozoruje zmena v správaní spotrebiteľa potravín. Viac uprednostňuje potraviny produkované alebo spracované s prídavnými látkami na prírodnej báze. Pri skladovaní kuracieho mäsa je vedecky dokázané, že na jeho skladovanie pôsobia rozličné faktory, ktoré sa podieľajú na vzniku oxidačných reakcií, v dôsledku ktorých sa znižuje výživová hodnotu mäsa následkom straty hlavne esenciálnych mastných kyselín a vitamínov rozpustných v tukoch, ale aj aminokyselín a znižuje sa stráviteľnosť bielkovín. Pozorovaná je zmena senzorických vlastností mäsa, ako farby, textúry, vzhľadu a vône, ktoré ovplyvňujú výber a prijatie mäsa spotrebiteľom.

Snahou mnohých vedeckých tímov je nájsť alternatívu prírodných potravinárskych prídavných látok na uchovanie kvality kuracieho mäsa pri jeho skladovaní a porozumieť procesom oxidácie tukov na ich riadenie.

## **Záver**

Cieľom predloženej vedeckej monografie bolo skúmanie a hodnotenie vplyvu rozličnej doby skladovania pri teplote 4 °C rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou so zvolenou technikou aplikácie pamajoránovej silice na povrch vzorky vo vzťahu k oxidačnej stabilite.

Na porovnanie bola použitá kontrolná skupina s rovnako skladovanou čerstvou kuracou stehennou svalovinou s kožou pri teplote 4 °C bez aplikácie pamajoránovej silice.

Na základe štatisticky vyhodnotených výsledkov bol sformulovaný záver.

Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou a rozmrazenej fortifikovanej s pamajoránovou silicou na povrch vzorky pri laboratórnej teplote 30 min. a teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni sa:

- nepotvrdil štatisticky preukazne na obsahu sušiny, tuku a cholesterolu,
- potvrdil štatisticky preukazne na hodnote čísla kyslosti tuku, peroxidového čísla a látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou.

Fortifikáciou pamajoránovej silice na povrch vzorky rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou sa:

- potvrdili štatisticky preukazne vyššie hodnoty čísla kyslosti tuku pri laboratórnej teplote 30 min. a teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni skladovania oproti hodnotám čísla kyslosti tuku čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou,
- nepotvrdili štatisticky preukazne rozdiely v hodnote peroxidového čísla tuku pri laboratórnej teplote 30 min. a teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni skladovania oproti hodnote peroxidového čísla tuku čerstvej kuracej stehennej svaloviny s kožou,
- potvrdili štatisticky preukazne inhibičné účinky na oxidačné procesy merané látkami reagujúcimi s kyselinou tiobarbiturovou pri teplote 4 °C a 8 dni skladovania, pričom sa zaznamenali aj nepríjemné pachy.

Korelačný vzťah sa potvrdil štatisticky preukazne v čerstvej stehennej svalovine s kožou skladovanej pri teplote 4 °C:

- 1 deň lineárny negatívny medzi hodnotou peroxidového čísla a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou,
- 8 dni lineárny pozitívny medzi hodnotou čísla kyslosti tuku a hodnotou peroxidového čísla, medzi hodnotou čísla kyslosti tuku a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou a medzi hodnotou peroxidového čísla a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou.

Korelačný vzťah sa potvrdil štatisticky preukazne v rozmrazenej stehennej svalovine s kožou fortifikovanej s pamajoránovou silicou skladovanej:

- pri laboratórnej teplote 30 min. lineárny negatívny medzi obsahom tuku a hodnotou čísla kyslosti tuku,

- pri teplote 4 °C 1 deň lineárny pozitívny medzi obsahom tuku a hodnotou čísla kyslosti tuku a medzi obsahom cholesterolu a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou,
- pri teplote 4 °C 4 dni lineárny negatívny medzi hodnotou čísla kyslosti tuku a hodnotou látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou.

Záverom môžeme konštatovať, že otvorenou otázkou pre ďalší výskum zostáva oxidačná stabilita kuracieho mäsa:

- a jeho časti, ako je prsná svalovina a stehenná svalovina s kožou a bez kože, vzhľadom na komplikovanosť vzťahov vznikajúcich pôsobením chemických, biologických a fyzikálnych faktorov,
- vzhľadom na rozporné vedecké stanoviská o pôsobiacich faktoroch, ako je nízky a/alebo vysoký obsah tuku,
- vzhľadom na nedostatok vedeckých poznatkov o oxidačných procesoch vzájomného pôsobenia tuku a bielkovín v počiatkových a neskorších fázach skladovania mäsa,
- vzhľadom na nedostatočné vedecké poznatky o obsahu bielkovín a aminokyselín na začiatku a zmenách vznikajúcich v neskorších fázach skladovania mäsa,
- vzhľadom na nedostatočné vedecké poznatky o kombinácii procesov zmrazovania a rozmrazovania s odporúčaním vhodnej metódy rýchlej a/alebo pomalej hlavne v závislosti od doby skladovania a teploty,
- vzhľadom na rozporné vedecké stanoviská o vznikajúcich pachov v závislosti od doby skladovania a/alebo koncentrácie látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou.

Na skúmanie kuracieho mäsa v závislosti od doby a podmienok skladovania vo vzťahu ku oxidačnej stabilite odporúčame používať kombináciu metód mikrobiologických ukazovateľov na začiatku a konci skladovania mäsa, chemických metód priamej a sekundárnej oxidácie spojených so senzorickými ukazovateľmi.



## **Abstrakt**

Cieľom vedeckej monografie bolo skúmanie a hodnotenie vplyvu rozličnej doby skladovania pri 4 °C rozmrazenej kuracej stehennej svaloviny s kožou a techniky aplikácie pamajoránovej silice na oxidačnú stabilitu. Na porovnanie bola použitá kontrolná skupina s čerstvou kuracou svalovinou s kožou rovnako skladovanou a bez aplikácie pamajoránovej silice. Objektom skúmania bola kuracia stehenná svalovina s kožou, jej oxidačná stabilita v čerstvom stave a po rozmrazení s aplikáciou pamajoránovej silice na povrch vzorky v závislosti od rozličnej doby skladovania pri teplote 4 °C. Vzorky stehien boli získané vykonaným experimentom s kurčatami hybridnej kombináciou Ross 308 na hydinárskej farme v systéme chovu na hlbokjej podstielke. Oxidačná stabilita kuracej stehennej svaloviny s kožou bola skúmaná ukazovateľom čísla kyslosti tuku, peroxidovým číslom a látkami reagujúcimi s kyselinou tiobarbiturovou berúc do úvahy obsah sušiny, tuku a cholesterolu. Namerané výsledky boli hodnotené štatistickým programom SAS. Dosiahnuté výsledky preukázali, že nebol zistený štatisticky preukazný rozdiel ( $p > 0,05$ ) v obsahu sušiny, tuku a cholesterolu medzi čerstvou a rozmrazenou svalovinou fortifikovanou s pamajoránovou silicou na povrch vzorky. Vplyv rozličnej doby skladovania čerstvej a rozmrazenej svaloviny s kožou fortifikovanej s pamajoránovou silicou na povrch vzorky pri laboratórnej teplote 30 min. a teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni nebol zistený štatisticky preukazný rozdiel ( $p > 0,05$ ) pri obsahu sušiny, tuku a cholesterolu ale bol zistený štatisticky preukazný rozdiel ( $p \leq 0,05$ ) pri hodnote čísla kyslosti tuku, peroxidového čísla a látok reagujúcich s kyselinou tiobarbiturovou. Fortifikáciu s pamajoránovou silicou na povrch vzorky kuracej stehennej svaloviny s kožou boli zistené štatisticky preukazné ( $p \leq 0,05$ ) vyššie hodnoty čísla kyslosti tuku pri laboratórnej teplote 30 min. a teplote 4 °C 1 deň, 4 a 8 dni skladovania oproti hodnotám čísla kyslosti tuku čerstvej svaloviny a inhibičné účinky na oxidačné procesy merané látkami reagujúcimi s kyselinou tiobarbiturovou pri teplote 4 °C a 8 dni skladovania, pričom boli zaznamenané aj nepríjemné pachy. Záverom bolo konštatované, že výskum oxidačnej stability kuracieho mäsa zostáva otvorenou otázkou vzhľadom na komplikovanosť vzťahov vznikajúcich pôsobením chemických, biologických a fyzikálnych faktorov počas skladovania a následných ich účinkov na mäsovú kvalitu a zdravotnú bezpečnosť. Na skúmanie kuracieho mäsa v závislosti od doby a podmienok skladovania vo vzťahu ku oxidačnej stabilite bolo odporúčané používať kombináciu metód mikrobiologických ukazovateľov na začiatku a konci skladovania mäsa, chemických metód priamej a sekundárnej oxidácie spojených so senzorickými ukazovateľmi.

**Kľúčové slová:** brojlerové kurča, stehno s kožou, pamajoránová silica, skladovanie, oxidačná stabilita

## **Abstract**

The aim of the scientific monograph was to investigate and evaluate the effect of different storage times at 4 °C of thawed chicken thigh muscle with skin and technique for applying oregani aetheroleum on oxidative stability. For comparison, a control group was used with fresh chicken muscle with skin equally stored and without the application of oregani aetheroleum. The object of the research was chicken thigh muscle with skin, its oxidative stability in the fresh state and after thawing with the application of oregani aetheroleum to the surface of the sample depending on the different storage time at 4 °C. Thigh samples were obtained by experiment with chickens Ross 308 of hybrid combination on a poultry farm in a deep litter system. The oxidative stability of chicken thigh muscle with skin was investigated by acid value, peroxide value and thiobarbituric acid reactive substances, taking into account dry matter, fat and cholesterol content. The measured results were evaluated by the SAS statistical program. The results showed that no statistically significant difference ( $p > 0.05$ ) in dry matter, fat and cholesterol content was found between fresh and thawed muscle with skin fortified with oregani aetheroleum on the sample surface. The effect of different storage times of fresh and thawed muscle fortified with oregani aetheroleum on the sample surface at room temperature for 30 min. and at temperature 4 °C for 1 day, 4 and 8 days, no statistically significant difference ( $p > 0.05$ ) was found in dry matter, fat and cholesterol content but a statistically significant difference ( $p \leq 0.05$ ) was found in acid value, peroxide value and thiobarbituric acid reactive substances. Fortification with oregani aetheroleum on the surface of the chicken thigh muscle with skin revealed statistically significant ( $p \leq 0.05$ ) higher values of acid value at laboratory temperature for 30 min. and at temperature 4 °C for 1 day, 4 and 8 days of storage against fresh muscle acid value, and inhibitory effects on oxidative processes measured by thiobarbituric acid reactive substances at temperature 4 °C and for storage 8 days, with unpleasant odors also noted. In conclusion, research on the oxidative stability of chicken meat remains an open question given the complexity of the relations arising from chemical, biological and physical factors during storage and their subsequent effects on meat quality and health safety. It was recommended to use a combination of microbiological indicator methods at the beginning and end of meat storage, chemical methods of direct and secondary oxidation combined with sensory indicators to investigation chicken meat depending on storage time and conditions in relation to oxidative stability.

**Keywords:** broiler chicken, thigh with skin, oregani aetheroleum, storage, oxidative stability

## Zoznam použitej literatúry

1. ABDEL-HAMIED, A. A. – NASSAR, A. G. – EL-BADARY, N. 2009. Investigation on antioxidant and antibacterial activities of some natural extracts. In *World Journal of Food Science*, vol. 4, pp. 1-7. DOI: 10.5713/ajas.2013.13629
2. ADEYEMI, K. – OLORUNSANYA, O. 2012. Comparative analysis of phenolic composition and antioxidant effect of seed coat extracts of four cowpeas (*Vigna unguiculata*) varieties on broiler meat. In *Iranian Journal of Applied Animal Science*, vol. 2, pp. 343-349. Dostupné na: <<https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=287811>>
3. AHN, D. U. – WOLFE, F. H. – SIM, J. S. 1993. The effect of metal chelators, hydroxyl radical scavengers, and enzyme systems on the lipid peroxidation of raw turkey meat. In *Poultry Science*, vol. 72, pp. 1972-1980. DOI: 10.3382/ps.0721972
4. AHN, D. U. – LEE, E. J. 2002. Production of off-odor volatiles from liposome-containing amino acid homopolymers by irradiation. In *Journal of Food Science*, vol. 67, pp. 2659-2665. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb08795.x
5. AHN, D. U. – NAM, K. C. – LEE, E. J. 2009. Lipid oxidation and flavor. In DU, M. & MCCORMICK, R. J.: *Applied Muscle Biology and Meat Science* [online], CRC Press: Boca Raton, FL, USA. pp. 227-246. ISBN-13: 978-1420092721.
6. AKHTAR, S. – KHAN, M. I. – FAIZ, F. 2013. Effect of thawing on frozen meat quality: a comprehensive review. In *Pakistan Journal of Food Science* [online], vol. 23, no. 4, pp. 198-211. Dostupné na: <[https://www.researchgate.net/publication/308157099\\_Effect\\_of\\_thawing\\_on\\_frozen\\_meat\\_quality\\_A\\_comprehensive\\_review](https://www.researchgate.net/publication/308157099_Effect_of_thawing_on_frozen_meat_quality_A_comprehensive_review)>
7. AL-BANDAK, G. 2007. Antioxidant properties and composition of Majorana syriaca extracts. In *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 109, pp. 247-255. DOI: 10.1002/ejlt.200600234
8. ALI, S. – RAJPUT, N. – LI, C. B. – ZHANG, W. – ZHOU, G. 2016. Effect of freeze-thaw cycles on lipid oxidation myowater in broiler chickens. In *Brazilian Journal of Poultry Science* [online], vol. 18, no. 1, pp. 35-39. Dostupné na: <<https://doi.org/10.1590/1516-635x1801035-040>>
9. ALIREZALU, K. – HESARI, J. – NEMATI, Z. – MUNEKATA, P. E. S. – BARBA, F. J. – LORENZO, J. M. 2019. Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. In *Food Research International*, vol. 120, pp. 839-850. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.11.048

10. AMARAL, A. B. – DA SILVA, M. V. – DA LANNES, S. C. S. 2018. Lipid oxidation in meat: Mechanisms and protective factors - A review. In *Food Science and Technology*, vol. 38, pp. 1-15. DOI: 10.1590/fst.3251813
11. ANGELI, J. P. F. – GARCIA, C. C. M. – SENA, F. – FREITAS, F. P. – MIYAMOTO, S. – MEDEIROS, M. H. G. – DI MASCIO, P. 2011. Lipid hydroperoxide-induced and hemoglobin-enhanced oxidative damage to colon cancer cells. In *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 51, pp. 503-515. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2011.04.015
12. ANGELO, A. J. 1996. Lipid peroxidation in Foods. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 36, pp. 175-224. DOI: 10.1080/10408399609527723
13. ANGELOVIČOVÁ, M. – BOBKOVÁ A. – ANGELOVIČ, M. 2022. *Vplyv skladovania a techniky aplikácie pamajoránovej silice na oxidačnú stabilitu kuracieho mäsa (The impact of storage and techniques for applying oregani aetheroleum on the oxidative stability of chicken meat)*. Nitra : SPU. 114 s. (in press).
14. AOAC 976.21. 1979. Official Method – Fat (crude) in meat: rapid specific gravity method.
15. AOAC 983.18. 1983. Meat and Meat Products; Preparation of Test Sample Procedure.
16. AOAC 950.46. 2006. Official Method – Moisture in meat. AOAC Int [online]. Dostupné na: <www.aoac.org/omarev1/950\_46.pdf>
17. AROEIRA, C. N. – TORRES FILHO, R. A. – FONTES, P. R. – GOMIDE, L. A. M. – RAMOS, A. L. S. – LADEIRA, M. M. – RAMOS, E. M. 2016. Freezing, thawing and aging effects on beef tenderness from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. In *Meat Science*, vol. 116, pp. 118-125. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.02.006
18. AZIZA, A. E. – QUEZADA, N. – CHERIAN, G. 2010. Antioxidative effect of dietary Camelina meal in fresh, stored, or cooked broiler chicken meat. In *Poultry Science*, vol. 89, pp. 2711-2718. DOI: 10.3382/ps.2009-00548
19. BADR, H. M. 2012. Infrared Spectroscopy for the Detection of Irradiated Meats [online]. In *Journal of American Science*, vol. 8, no. 6. Dostupné na: <http://www.americanscience.org>
20. BARDEN, L. – DECKER, E. A. 2016. Lipid oxidation in low-moisture food: A review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 56, pp. 2467-2482. DOI: 10.1080/10408398.2013.848833
21. BARRIUSO, B. – ASTIASARÁN, I. – ANSORENA, D. 2013. A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. In *European Food Research and Technology*, vol. 236, pp. 1-15. DOI: 10.1007/s00217-012-1866-9

22. BENJAKUL, S. – VISESSANGUAN, W. – THONGKAEW, C. – TANAKA, M. 2003. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage. In *Food Research International*, vol. 36, pp. 787-795. DOI: 10.1016/S0963-9969(03)00073-5
23. BERMÚDEZ, R. – FRANCO, D. – CARBALLO, J. – LORENZO, J. M. 2015. Influence of type of muscle on volatile compounds throughout the manufacture of Celta dry-cured ham. In *Food Science and Technology International*, vol. 21, pp. 581-592. DOI: 10.1177/1082013214554935
24. BERTOLÍN, J. R. – JOY, M. – BLANCO, M. 2019. Malondialdehyde determination in raw and processed meat products by UPLC-DAD and UPLC-FLD. In *Food Chemistry*, vol. 298, pp. 125009. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125009
25. BIGOLIN, J. – WEBER, C. – ALFARO, A. 2013. Lipid Oxidation in Mechanically Deboned Chicken Meat: Effect of the Addition of Different Agents. In *Food and Nutrition Sciences*, vol. 4, no. 8A, pp. 219-223. DOI: 10.4236/fns.2013.48A027
26. BOTSOGLOU, N. A. – FLOROU-PANERI, P. – CHRISTAKI, E. – FLETOURIS, D. J. – SPAIS, A. B. 2002. Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. In *British Poultry Science*, vol. 43, pp. 223-230. DOI: 10.1080/00071660120121436
27. BOU, R. – CODONY, R. – TRES, A. – DECKER, E. A. – GUARDIOLA, F. 2008. Determination of hydroperoxides in foods and biological samples by the ferrous oxidation–xylenol orange method: A review of the factors that influence the method's performance. In *Analytical Biochemistry*, vol. 377, no. 1, pp. 1-15. DOI: 10.1016/j.ab.2008.02.029
28. BRAGAGNOLO N. 2009. Cholesterol and cholesterol oxides in meat and meatproducts. In NOLLET, L. M. L. – TOLDRA, F.: *Handbook of muscle foodsanalysis*, 1<sup>st</sup> ed. Florida: CRC Press. pp. 187-219. ISBN 9780429148255.
29. BRAND-WILLIAMS, W. – CUVELIER, M. E. – BERSSET, C. L. W. T. 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. In *LWT-Food Science and Technology*, vol. 28, pp. 25-30. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5
30. BREWER, M. S. – IKINS, W. G. – HARBERS, C. A. Z. 1992. TBA values, sensory characteristics, and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: effects of packaging. In *Journal of Food Science*, vol. 57, pp. 558-563. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb08042.x
31. BREWER, S. 2011. Natural Antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. In *Comprehensive Reviews in Food*

- Science and Food Safety*, vol. 10, pp. 221-247. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x
32. BŘEZKOVÁ, V. 2015. Mäsové výrobky z pohľadu liečebnej výživy [online]. Dostupné na: <[https://is.muni.cz/th/y8f43/Masove\\_vyrobyky\\_z\\_pohladu\\_liecebnej\\_vyzivy.pdf](https://is.muni.cz/th/y8f43/Masove_vyrobyky_z_pohladu_liecebnej_vyzivy.pdf)>
  33. BRONCANO, J. M. – PETRÓN, M. J. – PARRA, V. – TIMÓN, M. L. 2009. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberian pigs. In *Meat Science*, vol. 83, pp. 431-437. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.06.021
  34. BUČKO, O. – LEHOTAYOVÁ, A. – PETRÁK, J. – VAVRIŠÍNOVÁ, K. – ŠIMKO, M. – JURÁČEK, M. 2012. Effect of organic chromium to carcass composition and chemical composition of adductor muscle in large white breed. In *Research in Pig Breeding*, vol. 6, pp. 5-9.
  35. CAMPO, M. M. – NUTE, G. R. – HUGHES, S. I. – ENSER, M. – WOOD, J. D. – RICHARDSON, R. I. 2006. Flavour perception of oxidation in beef. In *Meat Science*, vol. 72, pp. 303-311 DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.07.015
  36. CARDENIA, V. – RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T. – BALDACCI, E. – SAVIOLI, S. – LERCKER, G. 2012. Analysis of cholesterol oxidation products by Fast gas chromatography/mass spectrometry. In *Journal of Separation Science*, vol. 35, pp. 424-430. DOI: 10.1002/jssc.201100660
  37. COETZEE, G. – HOFFMAN, L. 2001. Effect of dietary vitamin E on the performance of broilers and quality of broiler meat during refrigerated and frozen storage. In *South African Journal of Animal Science*, vol. 31, pp. 158-173. DOI: 10.4314/sajas.v31i3.3799
  38. COHEN, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Academic Press. 567 p. ISBN 9780203771587. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
  39. CUNHA, L. C. M. – MONTEIRO, M. L. G. – LORENZO, J. M. – MUNEKATA, P. E. S. – MUCHENJE, V. – DE CARVALHO, F. A. L. – CONTE-JUNIOR, C. A. 2018. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. In *Food Research International*, vol. 111, pp. 379-390. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.05.041
  40. CZAUDERNA, M. – KOWALCZYK, J. – MAROUNEK, M. 2011. The simple and sensitive measurement of malondialdehyde in selected specimens of biological origin and some feed by reversed phase high performance liquid chromatography. In *Journal of Chromatography B*, vol. 879, pp. 2251-2258. DOI: 10.1016/j.jchromb.2011.06.008



41. ČECH BARABASZOVÁ, K. 2012. *Vybrané instrumentální metody analýzy materiálů a nanomateriálů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 194 s. ISBN 978-80-7204-810-6.
42. DA SILVA, S. L. – AMARAL, J. T. – RIBEIRO, M. – SEBASTIÃO, E. E. – VARGAS, C. – DE LIMA FRANZEN, F. – SCHNEIDER, G. – LORENZO, J. M. – FRIES, L. L. M. – CICHOSKI, A. J. et al. 2019. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. In *Meat Science*, vol. 149, pp. 141-148. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.11.020
43. DAVIES, M. J. – FU, S. L. – DEAN, R. T. 1995. Protein hydroperoxides can give rise to reactive free radicals. In *Journal of Biochemistry*, vol. 305 (Pt 2), pp. 643-649. DOI: 10.1042/bj3050643
44. DE OLIVEIRA, V. S. – FERREIRA, F. S. – COPLE, M. C. R. – DA LABRE, T. S. – AUGUSTA, I. M. – GAMALLO, O. D. – SALDANHA, T. 2018. Use of Natural Antioxidants in the Inhibition of Cholesterol Oxidation – A Review. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 17, pp. 1465-1483. DOI: 10.1111/1541-4337.12386
45. DESSI, S. – BATETTA, B. 2003. Overview—intracellular cholesterol homeostasis:old and new players. In PANI, A. – DESSI, S.: *Cell growth and cholesterolesters*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. pp. 1-12. ISBN 0-306-48236-3.
46. DINH, T. T. N. – THOMPSON, D. L. – GALYEAN, M. L. – BROOKS, J. CH. – PATTERSON, K. Y. – BOYLAN, L. M. 2011. Cholesterol Content and Methods for Cholesterol Determination in Meat and Poultry. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 10, pp. 269-289. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2011.00158.x
47. DOMÍNGUEZ, R. – PATEIRO, M. – AGREGÁN, R. – LORENZO, J. M. 2017. Effect of the partial replacement of pork backfat by microencapsulated fish oil or mixed fish and olive oil on the quality of frankfurter type sausage. In *Journal of Food Science and Technology*, vol. 54, pp. 26-37. DOI: 10.1007/s13197-016-2405-7
48. DOMÍNGUEZ, R. – BARBA, F. J. – GÓMEZ, B. – PUTNIK, P. – BURSAĆ KOVAČEVIĆ, D. – PATEIRO, M. – SANTOS, E. M. – LORENZO, J. M. 2018. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. In *Food Research International*, vol. pp. 113, 93-101. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.073
49. DOMÍNGUEZ, R. – PURRIÑOS, L. – PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C. – PATEIRO, M. – BARBA, F. J. – TOMASEVIC, I. – CAMPAGNOL, C. P. – LORENZO, J. M. 2019a. Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. In *Food Analytical Methods*, vol 12, pp. 1263-1284. DOI: 10.1007/s12161-019-01491-x



50. DOMÍNGUEZ, R. – PATEIRO, M. – GAGAOUA, M. – BARBA, F. J. – ZHANG, W. – LORENZO, J. M. 2019b. A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. In *Antioxidants*, vol. 8, no. 429. DOI: 10.3390/antiox8100429
51. DU, M. – AHN, D. U. – NAM, K. C. – SELL, J. L. 2000. Influence of dietary conjugated linoleic acid on the volatile, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. In *Meat Science*, vol. 56, pp. 387-395. DOI: 10.1016/s0309-1740(00)00067-x
52. ERICKSON, M. C. 2002. Lipid oxidation of muscle foods. In AKOH, C. C. – MIN, D. B.: *Food Lipids, Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. New York, NY, USA: Marcel Dekker, Inc. pp. 384-430. ISBN 9781315151854.
53. ESTÉVEZ, M. – MORCUENTE, D. – VENTANAS, S. 2009. Determination of oxidation. In NOLLET, L. M. L. – TOLDRÁ, F.: *Handbook of Muscle Foods Analysis*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press. pp. 221-240. ISBN 9781420045291.
54. FALOWO, A. – FAYEMI, P. – MUCHENJE, V. 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. In *Food Research International*, vol. 64, pp. 171-181. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.06.022
55. FERNANDEZ, J. – PÉREZ-ALVAREZ, J. A. – FERNANDEZ-LOPEZ, J. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat [online]. In *Journal Food Chemistry*, vol. 59, pp. 345-353. Dostupné na: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302884414>>
56. FERNANDES, R. T. V. – DE ARRUDA, A. M. V. – DE OLIVEIRA COSTA, M. K. – DE OLIVEIRA LIMA, P. – DOS SANTOS, L. O. G. – DA SILVA MELO, A. – MARINHO, J. B. M. 2016. Physicochemical and microbiological parameters of frozen and chilled chicken meat. In *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 45, no. 7, pp. 417-421. DOI: 10.1590/S1806-92902016000700009
57. FERNANDES, R. P. P. – TRINDADE, M. A. – LORENZO, J. M. – DE MELO, M. P. 2018. Assessment of the stability of sheep sausages with the addition of different concentrations of *Origanum vulgare* extract during storage. In *Meat Science*, vol. 137, pp. 244-257. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.11.018
58. FERREIRA, V. – MORCUENDE, D. – MADRUGA, M. – SILVA, F. – ESTÉVEZ, M. 2018. Role of protein oxidation in the nutritional loss and texture changes in ready-to-eat chicken patties. In *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 53, no. 6, pp. 1518-1526. DOI: 10.1111/ijfs.13733
59. FORTE, C. – BRANCIARI, R. – PACETTI, D. – MIRAGLIA, D. – RANUCCI, D. – ACUTI, G. – BALZANO, M. – FREGA, N. G. –

- TRABALZA-MARINUCCI, M. 2018. Dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) aqueous extract improves oxidative stability and consumer acceptance of meat enriched with CLA and n-3 PUFA in broilers. In *Poultry Science*, vol. 97, pp. 1774-1785. DOI: 10.3382/ps/pex452
60. GAMBUTEANU, C. – BORDA, D. – ALEXE, P. 2013. The effect of freezing and thawing on technological properties of meat: review. In *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* [online], vol. 19, no. 1, pp. 88-93. Dostupné na: <<http://journal-of-agroalimentary.ro>>
61. GAY, C. A. – GEBICKI, J. M. 2002a. Measurement of protein and lipid hydroperoxides in biological systems by the ferric–xylenol orange method. In *Analytical Biochemistry*, vol. 315, no. 1, pp. 29-35. DOI: 10.1016/S0003-2697(02)00606-1
62. GAY, C. A. – GEBICKI, J. M. 2002b. Perchloric acid enhances sensitivity and reproducibility of the ferric-xylenol orange peroxide assay. In *Analytical Biochemistry*, vol. 315, no. 1, pp. 42-46. DOI: 10.1006/abio.2001.5566
63. GHNIMI, S. – BUDILARTO, E. – KAMAL-ELDIN, A. 2017. The new paradigm for lipid oxidation and insights to microencapsulation of omega-3 fatty acids. In *Compr. In Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 16, pp. 1206-1218. DOI: 10.1111/1541-4337.12300
64. GOMES, C. L. – SILVA, T. J. – PFLANZER, B. S. – BOLINI, H. M. A. 2021. Impact of frozen temperature and thawing methods on the Brazilian sensory profile of Nellore beef. In *Food Science and Technology*, vol. 78, no. 6. DOI: 10.1590/1678-992X-2020-0067
65. GÓMEZ, M. – LORENZO, J. M. 2013. Effect of fat level on physicochemical, volatile compounds and sensory characteristics of dry-ripened “chorizo” from Celta pig breed. In *Meat Science*, vol. 95, pp. 658-666. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.06.005
66. GRAU, A. – GUARDIOLA, F. – BOATELLA, M. – BARROETA, A. – CODONY, R.. 2000. Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivative spectrophotometry: influence of various parameters. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 48, no. 4, pp. 1155-1159. DOI: 10.1021/jf990518q
67. GRAY, J. I. – MONAHAN, F. J. 1992. Measurement of lipid oxidation in meat and meat products. In *Trends in Food Science & Technology*, vol. 3, pp. 315-319. DOI: 10.1016/S0924-2244(10)80019-6
68. GU, Y. – HAUG, A. – FROST NYQUIST, N. – EGELANDSDAL, B. 2013. Hydroperoxide formation in different lean meats. In *Food Chemistry*, vol. 141, no. 3, pp. 2656-2665. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.041
69. GUYON, C. – MEYNIER, A. – DE LAMBALLERIE, M. 2016. Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure

- treatments. In *Trends in Food Science & Technology*, vol. 50, pp. 131-143. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.01.026
70. HALLIWELL, B. – CHIRICO, C. 1993. Lipid peroxidation: Its mechanism, measurement, and significance. In *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 57, no. 5, pp. 715S-725S. DOI: 10.1093/ajcn/57.5.715S
71. HANSEN, E. – JUNCHER, D. – HENCKEL, P. – KARLSSON, A. – BERTELSEN, G. – SKIBSTED, L. H. 2004. Oxidative stability of chilled pork chops following long term freeze storage. In *Meat Science*, vol. 68, pp. 479-484. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.05.002
72. HECK, R. T. – VENDRUSCOLO, R. G. – DE ARAÚJO ETCHEPARE, M. – CICHOSKI, A. J. – DE MENEZES, C. R. – BARIN, J. S. – LORENZO, J. M. – WAGNER, R. – CAMPAGNOL, P. C. B. 2017. Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n-6/n-3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties? In *Meat Science*, vol. 130, pp. 16-25. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.03.010
73. HECK, R. T. – FAGUNDES, M. B. – CICHOSKI, A. J. – DE MENEZES, C. R. – BARIN, J. S. – LORENZO, J. M. – WAGNER, R. – CAMPAGNOL, P. C. B. 2018. Volatile compounds and sensory profile of burgers with 50% fat replacement by microparticles of chia oil enriched with rosemary. In *Meat Science*, vol. 148, pp. 164-170. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.10.017
74. HENCKEL, P. – KARLSSON, A. – JENSEN, M. T. – OKSBJERG, N. – PETERSEN, J. S. 2002. Metabolic conditions in Porcine longissimus muscle immediately pre-slaughter and its influence on peri- and post mortem energy metabolism. In *Meat Science*, vol. 62, pp. 145-155. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00239-X
75. HOCQUETTE, J. F. – GONDRET, F. – BAEZA, E. – MEDALE, F. – JURIE, C. – PETHICK, D. W. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. In *Animal*, vol. 4, pp. 303-319. DOI: 10.1017/S1751731109991091
76. HUANG, L. – XIONG, Y. L. – KONG, B. – HUANG, X. – LI, J. 2013. Influence of storage temperature and duration on lipid and protein oxidation and flavour changes in frozen pork dumpling filler. In *Meat Science*, vol. 95, pp. 295-301. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.04.034
77. HUR, S. J. – PARK, G. B. – JOO, S. T. 2007. Formation of cholesterol oxidation products (COPs) in animal products. In *Food Control*, vol. 18, pp. 939-947. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.05.008
78. CHAIJAN, M. – PANPIPAT, W. 2017. Mechanism of oxidation in foods of animal origin. In BANERJEE, R. – VERMA, A. K. – SIDDIQUI, M. W.:

*Natural Antioxidants. Applications in Foods of Animal Origin.* Boca Raton, FL, USA: Apple Academic Press, Inc. pp. 1-38. ISBN 978-1-315-36591-6.

79. CHALLA KUMAR, C. S. S. R. 2011. *Carbon nanomaterials.* Chichester: John Wiley. 482 p. ISBN 978-3-527-32169-8.
80. CHANDRA MOHAN, C. – RADHA KRISHNAN, K. – BABUSKIN, S. – SUD-HARSAN, K. – AAFRIN, V. – LALITHA PRIYA, U. – MARIYAJENITA, P. HARINI, K. – MADHUSHALINI, D. – SUKUMAR, M. 2017. Active compound diffusivity of particle size reduced *S. aromaticum* and *C. cassia* fusedstarch edible films and the shelf life of mutton (*Capra aegagrus hircus*) meat. In *Meat Science*, vol. 128, pp. 47-59. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.02.001
81. CHEN, B. – MCCLEMENTS, D. J. – DECKER, E. A. 2011. Minor components in food oils: A critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 51, pp. 901-916. DOI: 10.1080/10408398.2011.606379
82. CHEN, Y. C. – CHIEN, J. T. – INBARAJ, B. S. – CHEN, B. H. 2012. Formation and inhibition of cholesterol oxidation products during marinating of pig feet. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 60, pp. 173-179. DOI: 10.1021/jf204158a
83. CHEN, T. – ZHU, Y. – HAN, M. – WANG, P. – WEI, R. – XU, X. L. – ZHOU, G. H. 2017. Classification of chicken muscle with different freeze-thaw cycles, using impedance and physicochemical properties. In *Journal of Food Engineering*, vol. 196, pp. 94-100 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.10.003
84. CHENG, J. 2016. Lipid oxidation in meat. In *Journal of Nutrition & Food Sciences*, vol. 6, pp. 1-3. DOI: 10.4172/2155-9600.1000494
85. CHIU, C. W. – KAO, T. H. – CHEN, B. H. 2018. Improved Analytical Method for Determination of Cholesterol-Oxidation Products in Meat and Animal Fat by QuEChERS Coupled with Gas Chromatography-Mass Spectrometry. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 66, pp. 3561-3571. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b00250
86. CHMIEL, M. – ROSZKO, M. – ADAMCZAK, L. – FLOROWSKI, T. – PIETRZAK, D. 2019. Influence of storage and packaging method on chicken breast meat chemical composition and fat oxidation. In *Poultry Science*, vol. 98, no. 6, pp. 2679-2690. DOI: 10.3382/ps/pez029
87. CHOE, E. – MIN, D. B. 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 5, pp. 169-186. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x59
88. CHRISTIE, W. W. 1978. The composition, structure and function of lipids in the tissues of ruminant animals. In *Progress in Lipid Research*, vol. 17, pp. 111-205. DOI: 10.1016/0079-6832(78)90007-1

89. INSAUSTI, K. – BERIAIN, M. – PURROY, A. – ALBERTI, P. – GORRAIZ, C. – ALZUETA, M. 2001. Shelf life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. In *Meat Science*, vol. 57, 273-281. DOI: 10.1016/s0309-1740(00)00102-9
90. ISHAMRI, I. – JOO, S. T. 2017. Poultry meat quality in relation to muscle growth and muscle fiber characteristics. In *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* [online], vol. 37, no. 6, pp. 873-883 [cit. 2021-02-15]. DOI: 10.5851/kosfa.2017.37.6.87
91. ISO 3960. 2017. International Standard; Animal and vegetable fats and oils – determination of peroxide value – iodometric (visual) endpoint determination.
92. ISO 660. 2009. International Standard; Animal and vegetable fats and oils. In *ISO 660: Determination of Acid Value and Acidity*. 3<sup>rd</sup> ed. 2009, reviewed and confirmed in 2014.
93. JANG, A. – PARK, J. E. – KIM, S. H. – CHAE, H. S. – HAM, J. S. – OH, M. H. – KIM, H. W. – SEOL, K. H. – CHO, S. H. – KIM, D. H. 2010. Effect of dietary supplementation of quercetin on oxidative stability of chicken thigh. In *Korean Journal of Poultry Science*, vol. 37, pp. 405-413. DOI: 10.5536/KJPS.2010.37.4.405
94. JENSEN, C. – GUIDER, J. – SKOVGAAR, I. M. – STAUN, H. – SKIBSTED, L. H. – JENSEN, S. K. – MØLLER, A. J. – BUCKLEY, J. – BERTELSEN, G. 1997. Effects of dietary  $\alpha$ -tocopherol acetate supplementation on  $\alpha$ -tocopherol deposition in porcine m. longissimus dorsi and on drip loss, colour stability and oxidative stability of pork meat. In *Meat Science*, vol. 45, pp. 491-500. DOI: 10.1016/S0309-1740(96)00130-1
95. JI, D. S. – KIM, J. H. – YOON, D. K. – KIM, J. H. – LEE, H. J. – CHO, W. Y. – LEE, C. H. 2019. Effect of different storage-temperature combinations on Longissimus dorsi quality upon sous-vide processing of frozen/thawed pork. In *Food Science of Animal Resources*, vol. 39, pp. 240-254. DOI: 10.5851/kosfa.2019.e19
96. JONES, T. 2017. Methods and their applications for measuring and managing lipid oxidation: Meat, poultry, and seafood products. In BANERJEE, R. – VERMA, A. K. – SIDDIQUI, M. W.: *Natural Antioxidants. Applications in Foods of Animal Origin*. Boca Raton, FL, USA: Apple Academic Press, Inc. pp. 203-260. ISBN 978-1-315-36591-6.
97. JUNG, S. – NAM, K. C. – JO, C. 2016. Detection of malondialdehyde in processed meat products without interference from the ingredients. In *Food Chemistry*, vol. 209, pp. 90-94. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.04.035

98. KANNER, J. 2007. Dietary advanced lipid oxidation endproducts are risk factors to human health. In *Molecular Nutrition & Food Research*, vol. 51, pp. 1094-1101. DOI: 10.1002/mnfr.200600303
99. KAWAHARA, S. – TAKENOYAMA, S. – TAKUMA, K. – MUGURUMA, M. – YAMAUCHI, K. 2009. Effects of dietary supplementation with conjugated linoleic acid on fatty acid composition and lipid oxidation in chicken breast meat. In *Animal Science Journal*, vol. 80, pp. 468-474. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2009.00658.x
100. KIM, S. K. – NAWAR, W. W. 1993. Parameters influencing cholesterol oxidation. In *Lipids*, vol. 28, pp. 917-922. DOI: 10.1007/BF02537501
101. KIM, Y. H. B. – LIESSE, C. – KEMP, R. – BALAN, P. 2020. Evaluation of combined effects of ageing period and freezing rate on quality attributes of beef loins. In *Meat Science*, vol. 110, pp. 40-45. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.06.015
102. KONDRATOWICZ, J. – CHWASTOWSKA, I. – MATUSEVICIUS, P. 2006. Sensory quality of pork and total microbial count depending on deep-freeze storage time and thawing method. In *Veterinarija ir Zootechnika* [online], vol. 33, pp. 43-46. Dostupné na: <[https://www.researchgate.net/publication/239533679\\_Sensory\\_quality\\_of\\_pork\\_and\\_total\\_microbial\\_countDepending\\_on\\_deep-freeze\\_storage\\_time\\_and\\_thawing\\_method](https://www.researchgate.net/publication/239533679_Sensory_quality_of_pork_and_total_microbial_countDepending_on_deep-freeze_storage_time_and_thawing_method)>
103. KRÁLOVÁ, M. 2015. The effect of lipid oxidation on the quality of meat and meat products [online]. In *Maso International – Journal of Food Science and Technology*, vol. 2, pp. 125-132. Dostupné na: <[http://maso-international.cz/125\\_132\\_022015](http://maso-international.cz/125_132_022015)>
104. KRUK, Z. A. – YUN, H. – RUTLEY, D. L. – LEE, E. J. – KIM, Y. J. – JO, C. 2011. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet. In *Food Control*, vol. 22, pp. 6-12. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.06.003
105. KUFFA, M. – PRIESBE, T. J. – KRUEGER, C. G. – REED, J. D. – RICHARDS, M. P. 2009. Ability of dietary antioxidants to affect lipid oxidation of cooked turkey meat in a simulated stomach and blood lipids after a meal. In *Journal of Functional Foods*, vol. 1, no. 2, pp. 208-216. DOI: 10.1016/j.jff.2009.01.010
106. KULIG, W. – CWIKLIK, L. – JURKIEWICZ, P. – ROG, T. – VATTULAINEN, I. 2016. Cholesterol oxidation products and their biological importance. In *Chemistry and Physics of Lipids*, vol. 199, pp. 144-160. DOI: 10.1016/j.chemphyslip.2016.03.001
107. KURNIAWATI, E. – ROHMAN, A. – TRIYANA, K. 2014. Analysis of lard in meatball broth using Fourier transform infrared spectroscopy and



- chemometrics. In *Meat Science*, vol. 96, no. 1, pp. 94-98. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.07.003
108. LAHMAR, A. – AKCAN, T. – CHEKIR-GHEDIRA, L. – ESTÉVEZ, M. 2018. Molecular interactions and redox effects of carvacrol and thymol on myofibrillar proteins using a non-destructive and solvent-free methodological approach. In *Food Research International*, vol. 106, pp. 1042-1048. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.01.039
109. LE LAY, S. L. – KRIEF, S. – FARNIER, C. – LEFRERE, I. – LE LIEPVRE, X. – BAZIN, R. – FERRE, P. – DUGAIL, I. 2001. Cholesterol, a cell size-dependent signal that regulates glucose metabolism and gene expression in adipocytes. In *Journal of Biological Chemistry*, vol. 276, no. 20, pp. 16904-16910. DOI: 10.1074/jbc.M010955200
110. LEYGONIE, C. – BRITZ, T. J. – HOFFMAN, L. C. 2012. Impact of freezing and thawing on the quality of meat – Review. In *Meat Science*, vol. 91, pp. 93-98. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.01.013
111. LIU, R. – SUN, Y. – ZHAO, G. – WANG, F. – WU, D. – ZHENG, M. – CHEN, J. – ZHANG, L. – HU, Y. – WEN, J. 2013. Genome-Wide Association Study Identifies Loci and Candidate Genes for Body Composition and Meat Quality Traits in Beijing-You Chickens. In *PLoS One*, vol. 8, no. 4, pp. 61-172. DOI: 10.1371/journal.pone.0061172
112. LIU, J. – FU, R. – LIU, R. – ZHAO, G. – ZHENG, M. – CUI, H. – LI, Q. – SONG, J. – WANG, J. – WEN, J. 2016. Protein Profiles for Muscle Development and Intramuscular Fat Accumulation at Different Post-Hatching Ages in Chickens. In *PloS One*, vol. 11, no. 8, pp. e0159722. DOI: 10.1371/journal.pone.0159722
113. LORENZO, J. M. – BEDIA, M. – BAÑÓN, S. 2013. Relationship between flavour deterioration and the volatile compound profile of semi-ripened sausage. In *Meat Science*, vol. 93, pp. 614-620. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.11.006
114. LORENZO, J. M. 2014. Influence of the type of fiber coating and extraction time on foal dry-cured loin volatile compounds extracted by solid-phase microextraction (SPME) [online]. In *Meat Science*, vol. 96, pp. 179-186. Dostupné na: <<https://webqws.sigmaaldrich.cn/CN/zh/tech-docs/paper/998910>>
115. LORENZO, J. M. – FONSECA, S. 2014. Volatile compounds of Celta dry-cured “lacón” as affected by cross-breeding with Duroc and Landrace genotypes. In *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 94, pp. 2978-2985. DOI: 10.1002/jsfa.6643
116. LORENZO, J. M. – FRANCO, D. – CARBALLO, J. 2014. Effect of the inclusion of chestnut in the finishing diet on volatile compounds during the manufacture of dry-cured “Lacón” from Celta pig breed. In *Journal of*



- Integrative Agriculture*, vol. 12, pp. 2002-2012. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.07.007
117. LORENZO, J. M. – CARBALLO, J. 2015. Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. In *Meat Science*, vol. 99, pp. 44-51. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.08.013
118. LORENZO, J. M. – DOMÍNGUEZ, R. – CARBALLO, J. 2017. Control of lipid oxidation in muscle food by active packaging technology. In BANERJEE, R. – VERMA, A. K. – SIDDIQUI, M. W.: *Natural Antioxidants: Applications in Foods of Animal Origin*. Boca Raton, FL, USA: Apple Academic Press Inc. pp. 343-382. ISBN 9781771884600.
119. LORENZO, J. M. – PATEIRO, M. – DOMÍNGUEZ, R. – BARBA, F. J. – PUTNIK, P. – KOVAČEVIĆ, D. B. – SHPIGELMAN, A. – GRANATO, D. – FRANCO, D. 2018a. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. In *Food Research International*, vol. 106, pp. 1095-1104. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.005
120. LORENZO, J. M. – MUNEKATA, P. E. S. – GÓMEZ, B. – BARBA, F. J. – MORA, L. – PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C. – TOLDRÁ, F. 2018b. Bioactive peptides as natural antioxidants in food products – A review [online]. In *Trends in Food Science & Technology*, vol. 79, pp. 136-147. Dostupné na: <[https://digital.csic.es/bitstream/10261/173665/1/TIFS%202018%2079\\_136-147.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/173665/1/TIFS%202018%2079_136-147.pdf)>
121. MANIOS, S. G. – SKANDAMIS, P. N. 2015. Effect of frozen storage, different thawing methods and cooking processes on the survival of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157:H7 in commercially shaped beef patties. In *Meat Science*, vol. 101, pp. 25-32. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.10.031
122. MENCHETTI, L. – BARBATO, O. – SFORNA, M. – VIGO, D. – MATTIOLI, S. – CURONE, G. – TECILLA, M. – RIVA, F. – BRECCHIA, G. 2020. Effects of diets enriched in linseed and fish oil on the expression pattern of toll-like receptors 4 and proinflammatory cytokines on gonadal axis and reproductive organs in rabbit buck. In *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2020, pp. 1-10 DOI: 10.1155/2020/4327470
123. MEHTA, N. – AHLAWAT, S. S. – SHARMA, D. P. – DABUR, R. S. 2015. Novel Trends in Development of Dietary Fiber Rich Meat Products-A Critical Review. In *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, no. 2, pp. 633-647. DOI: 10.1007/s13197-013-1010-2

124. METROHM, 2019. Application Bulletin 200/3 e: Acid value, hydroxyl value, and isocyanates in raw materials for the fabrication of plastics; Determination by automatic potentiometric titration according to various standards (AB 200). Competence Center Titration, Metrohm International Headquarters. 8 p.
125. MICHIELS, C. – REMACLE, J. 1991. Cytotoxicity of linoleic acid peroxide, malondialdehyde and 4-hydroxynonenal towards human fibroblasts. In *Toxicology*, vol. 66, pp. 225-234. DOI: 10.1016/0300-483X(91)90221-L
126. MITROVIC, S. – DOSKOVIC, V. – BOGOSAVLJEVIC-BOSKOVIC, S. – DJOKOVIC, R. – DJERMANOVIC, V. 2010. Chemical composition of chicken meat produced in extensive indoor and free range rearing systems. In *African Journal of Biotechnology* [online], vol. 9, no. 53, pp. 9069-9075 [cit. 2020-02-29]. ISSN 1684-5315. Dostupné na: <<http://www.academicjournals.org/AJB>>
127. MIN, B. – AHN, D. U. 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products - A review. In *Food Science and Biotechnology*, vol. 14, pp. 152-163.
128. MIN, B. – NAM, K. C. – CORDRAY, J. – AHN, D. U. 2008. Endogenous factors affecting oxidative stability of beef loin, pork loin, and chicken breast and thigh meats. In *Journal of Food Science*, vol. 73, pp. 439-446. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00805.x
129. MUELA, E. – MONGE, P. – SAÑUDO, C. – CAMPO, M. M. – BELTRÁN, J. A. 2015. Meat quality of lamb frozen stored up to 21 months: Instrumental analyses on thawed meat during display. In *Meat Science*, vol. 102, pp. 35-40. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.12.003
130. MUNEKATA, P. E. S. – DOMÍNGUEZ, R. – CAMPAGNOL, P. C. B. – FRANCO, D. – TRINDADE, M. A. – LORENZO, J. M. 2017. Effect of natural antioxidants on physicochemical properties and lipid stability of pork liver pâté manufactured with healthy oils during refrigerated storage. In *Journal of Food Science and Technology*, vol. 54, pp. 4324-4334. DOI: 10.1007/s13197-017-2903-2
131. MYCHALCZYK, M. – MACURA, R. – BANAS, J. – TESAROWICZ, I. – MACIEJASZEK, I. 2015. Effect of adding oregano essential oil, garlic and tomato preparations separately and in combination on the stability of vacuum-packed minced pork during storage. In *Annals of Animal Science*, vol. 15, no. 1, pp. 221-235. DOI: 10.2478/aoas-2014-0065
132. NICOLET FT-IR User's Guide, b. r. [online]. Dostupné na: <[https://instrumentalanalysis.community.uaf.edu/files/2013/01/FT-IR\\_manual.pdf](https://instrumentalanalysis.community.uaf.edu/files/2013/01/FT-IR_manual.pdf)>
133. Obrázok na titulnej strane (modifikovaný autormi): Chladená a mrazená hydina [online]. Dostupné na:

- <<http://diamon.sk/produkty/cerstve-maso/chladena-a-mrazena-hydina/>>
134. ORCZEWSKA-DUDEK, S. – BEDERSKA-LOJEWSKA, D. – PIESZKA, M. – PIETRAS, M. P. 2012. Cholesterol and lipid peroxides in animal products and health implications - A Review. In *Annals of Animal Science*, vol. 12, no. 1, pp. 25-52. DOI: 10.2478/v10220-012-0003-9
135. ÖZKAN, O. E. – GÜNEY, K. – GÜR, M. – PATTABANOĞLU, E. S. – BABAT, M. – KHALIFA, M. M. 2017. Essential Oil of Oregano and Savory; Chemical Composition and Antimicrobial Activity. In *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, vol. 51, no. 3, pp. S205-S208. DOI: 10.5530/ijper.51.3s.13
136. PADRE, R. G. – ARICETTI, J. A. – MOREIRA, F. B. – MIZUBUTI, I. Y. – PRADO, I. N. – VISENTAINER, J. V. – SOUZA, N. E. – MATSUSHITA, M. 2006. Fatty acid profile, chemical composition of longissimus muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. In *Meat Science*, vol. 74, pp. 242-248 DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.02.012
137. PARK, P. W. 1995. Toxic compounds derived from lipids. In JEON, I. J. – IKINS, W. G. – DEKKER, M.: *Analyzing Foods for Nutrition Labeling and Hazardous Contaminants*. New York, NY, USA: CRC Press LLC. pp. 363-434. ISBN: 08-247-93498.
138. PATEIRO, M. – FRANCO, D. – CARRIL, J. A. – LORENZO, J. M. 2015. Changes on physico-chemical properties, lipid oxidation and volatile compounds during the manufacture of celta dry-cured loin. In *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, pp. 4808-4818. DOI: 10.1007/s13197-014-1561-x
139. PEREIRA, A. L. F. – ABREU, V. K. G. 2018. Lipid peroxidation in meat and meat products [online]. In MANSOUR, M. A.: *Lipid Peroxidation*. London, UK: IntechOpen. pp. 1-14. Dostupné na: <<https://www.intechopen.com/chapters/63958>>
140. PETRÓN, M. J. – GARCÍA-REGUEIRO, J. A. – MARTÍN, L. – MURIEL, E. – ANTEQUERA, T. 2003. Identification and quantification of cholesterol and cholesterol oxidation products in different types of Iberian hams. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, pp. 5786-5791. DOI: 10.1021/jf034100a
141. PIKUL, J. – LESZCZYNSKI, D. E. – KUMMEROW, F. A. 1984. Relative role of phospholipids, triacylglycerols, and cholesterol esters on malonaldehyde formation in fat extracted from chicken meat. In *Journal of Food Science*, vol. 49, pp. 704-708. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1984.tb13192.x
142. PRESCHA, A. – GRAJZER, M. – DEDYK, M. – GRAJETA, H. 2014. The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. In *Journal of*

- the American Oil Chemists' Society*, vol. 91, pp. 1291-1301. DOI: 10.1007/s11746-014-2479-1
143. PURRIÑOS, L. – BERMÚDEZ, R. – FRANCO, D. – CARBALLO, J. – LORENZO, J. M. 2011. Development of volatile compounds during the manufacture of dry-cured “Lacón,” a Spanish traditional meat product. In *Journal of Food Science*, vol. 76, pp. C89-C97. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01955.x
144. PURRIÑOS, L. – FRANCO, D. – CARBALLO, J. – LORENZO, J. M. 2012. Influence of the salting time on volatile compounds during the manufacture of dry-cured pork shoulder “lacón”. In *Meat Science*, vol. 92, pp. 627-634. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.06.010
145. REEDER, B. J. – WILSON, M. T. 2001. The effects of pH on the mechanism of hydrogen peroxide and lipid hydroperoxide consumption by myoglobin: A role for the protonated ferryl species. In *Free Radical Biology & Medicine*, vol. 30, no. 11, pp. 1311-1318. DOI: 10.1016/S0891-5849(01)00534-2
146. RICHARDS, M. P. 2006. Lipid chemistry and biochemistry. In HUI, Y: *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press; Taylor & Francis. pp. 8(1)-8(21). ISBN 0849398487.
147. RIVAS-CAÑEDO, A. – NUÑEZ, M. – FERNÁNDEZ-GARCÍA, E. 2009. Volatile compounds in Spanish dry-fermented sausage ‘salchichón’ subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material. In *Meat Science*, vol. 83, pp. 620-626. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.07.011
148. ROSS, C. F. – SMITH, D. M. 2006. Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 5, pp. 18-25. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2006.tb00077.x
149. RUBAN, S. W. 2009. Lipid peroxidation in muscle foods – An overview [online]. In *Global Veterinaria*, vol. 3, pp. 509-513. Dostupné na: <[http://www.idosi.org/gv/gv3\(6\)09/12.pdf](http://www.idosi.org/gv/gv3(6)09/12.pdf)>
150. RUKCHON, C. – NOPWINYUWONG, A. – TREVANICH, S. – JINKARN, T. – SUPPAKUL, P. 2014. Development of a food spoilage indicator for monitoring freshness of skinless chicken breast. In *Talanta*, vol. 130, pp. 547-554. DOI: 10.1016/j.talanta.2014.07.048
151. SAEED, S. – HOWELL, N. K. 2002. Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). In *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 82, pp. 579-586. DOI: 10.1002/jsfa.1080
152. SALMINEN, H. – HEINONEN, M. 2008. Plant phenolics affect oxidation of tryptophan. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, no. 16, pp. 7472-7481. DOI: 10.1021/jf800708t

153. SÁNCHEZ-MORENO, C. – LARRAURI, J. A. S. – SAURA-CALIXTO, F. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. In *Science of Food and Agriculture*, vol. 76, pp. 270-276. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9
154. SATTAR, A. J. M. – DEMAN, J. C. A. 1976. Light-induced oxidation of edible oils and fats. In *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, vol. 9, no. 3, pp. 149-152.
155. SCRAMLIN, S. M. – NEWMAN, R. B. – COX, R. B. – SEPE, H. A. – ALDERTON, A. L. – O'LEARY, J. – MIKEL, W. 2010. Effects of oregano oil brine enhancement on quality attributes of beef Longissimus dorsi and Semimbranosus muscles from various age animals. In *Journal of Food Science*, vol. 75, pp. 89-94. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01459.x
156. SHAHIDI, F. – WANASUNDARA, U. N. 2002. Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. In AKOH, C. C. – MIN, D. B.: *Food lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. New York, NY, USA: Marcel Dekker, Inc. pp. 484-507. ISBN 9781498744850.
157. SHANG, H. M. – ZHAO, J. C. – GUO, Y. – ZHANG, H. X. – SONG, H. 2020. Effect of supplementing feed with fermentation concentrate of *Hericium caput-medusae* (Bull.: Fr.) Pers. On cholesterol deposition in broiler chickens. In *Livestock Science*, vol. 235. DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104009.
158. SHERAZI, M. – YOUNIS TALPUR, M. – MAHESAR, S. A. – KANDHRO, A. A. – SARFRAZ, A. 2009. Main fatty acid classes in vegetable oils by SB-ATR-Fouriertransform infrared (FTIR) spectroscopy. In *Talanta*, vol. 80, no. 2, pp. 600-606. DOI: 10.1016/j.talanta.2009.07.030
159. SCHAICH, K. M. 2013. Challenges in elucidating lipid oxidation mechanisms: When, where and how do products arise? In LOGAN, A. – NIENABER, U. – PAN, X.: *Lipid Oxidation. Challenges in Food Systems*. Champagne, IL, USA: AOCS Press. pp. 1-52. ISBN 9780983079163.
160. SCHILSTRA, M. J. – VELDINK, G. A. – VLIAGENTHART, J. F. G. 1993. Kinetic analysis of the induction period in lipoxxygenase catalysis. In *Biochemistry*, vol. 32, pp. 7686-7691. DOI: 10.1021/bi00081a012
161. SINCLAIR, A. J. – BARONE, S. – STOBAUS, T. – TUME, R. – BEILKEN, S. – MULLER, W. – CUNNINGHAM, J. – BARNES, J. A. – GREENFIELD, H. 2010. Lipid composition of Australian pork cuts 2005/2006. In *Food Chemistry*, vol. 121, no. 3, pp. 672-681. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.096
162. SMITH, L. L. 198/7. Cholesterol autoxidation 1981–1986. In *Chemistry and Physics of Lipids*, vol. 44, pp. 87-125. DOI: 10.1016/0009-3084(87)90046-6
163. SOLOMAKOS, N. – GOVARIS, A. – KOIDIS, P. – BOTSOGLOU, N. 2008. The antimicrobial effect of thyme essential oil, nisin, and their

- combination against *Listeria monocytogenes* in minced beef during refrigerated storage. In *Journal of Food Microbiology*, vol. 25, pp. 120-127. DOI: 10.1016/j.fm.2007.07.002
164. SOTTERO, B. – LEONARDUZZI, G. – TESTA, G. – GARGIULO, S. – POLI, G. – BIASI, F. 2019. Lipid oxidation derived aldehydes and oxysterols between health and disease. In *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 121, 1700047. DOI: 10.1002/ejlt.201700047
165. STANOJEVIĆ, L. P. – STANOJEVIĆ, J. S. – CVETKOVIĆ, D. J. – ILIĆ, D. P. 2016. Antioxidant activity of oregano essential oil (*Origanum vulgare* L.) [online]. In *Biologica Nyssana*, vol. 7, no. 2, pp. 131-139. Dostupné na: <<http://journal.pmf.ni.ac.rs/bionys/index.php/bionys/article/view/160>>
166. SUJIWO, J. – KIM, D. – JANG, A. 2018. Relation among quality traits of chicken breast meat during cold storage: correlations between freshness traits and torrymeter values. In *Poultry Science* [online], vol. 97, pp. 2887-2894. DOI: 10.3382/ps/pey138
167. SURAI, P. F. 2007. Natural antioxidants in poultry nutrition: new developments. In *Proceedings of the 16th European Symposium on Poultry Nutrition*. Strasbourg, France, August 2007, pp. 669-676. Dostupné na: <<https://www.cabi.org/Uploads/animal-science/worlds-poultry-science-associati on/WPSA-france-2007/106.pdf>>
168. TAKAHASHIA, M. – SHIBATA, M. – NIKI, E. 2001. Estimation of lipid peroxidation of live cells using a fluorescent probe, diphenyl-1-pyrenylphosphine. In *Free Radical Biology & Medicine*, vol. 31, no. 2, pp. 164-174. DOI: 10.1016/S0891-5849(01)00575-5
169. TALBOT, G. 2016. The Stability and Shelf Life of Fats and Oils. In SUBRAMANIAM, P.: *The Stability and Shelf Life of Food*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. pp. 461-503. ISBN 978-18-557-3500-2.
170. THANONKAEW, A. – BENJAKUL, S. – VISESSANGUAN, W. – DECKER, E. A. 2006. The effect of metal ions on lipid oxidation, colour and physicochemical properties of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) subjected to multiple freeze – Thaw cycles. In *Food Chemistry*, vol. 95, pp. 591-599. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.01.040
171. WANG, Z. – HE, Z. – GAN, X. – LI, H. 2018. Interrelationship among ferrous myoglobin, lipid and protein oxidations in rabbit meat during refrigerated and superchilled storage. In *Meat Science*, vol. 146, pp. 131-139. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.08.006
172. WARNER, K. 2008. Chemistry of Frying Oils. *Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology*. Boca Raton (FL): CRC Press Taylor & Francis Group. pp. 189-202. ISBN: 978-1-4200-4663-2. DOI: 10.1201/9781420046649.ch7



173. WASOWICZ, E. – GRAMZA, A. – HES, M. – JELEN, H. H. – KORCZAK, J. – MALECKA, M. – MILDNER-SZKUDLARZ, S. – RUDZINSKA, M. – SAMOTYJA, U. – ZAWIRSKA-WOJTASIAK, R. 2004. Oxidation of lipids in food. In *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 13, pp. 87-100. Dostupné na: <<http://journal.pan.olsztyn.pl/OXIDATION-OF-LIPIDS-IN-FOOD,98621,0,2,h ml#ungrouped>>
174. WEN, J. – MCCARTHY, S. N. – HIGGINS, F. M. J. – MORRISSEY, P. A. – BUCKLEY, D. J. – SHEEHY, P. J. A. 1997. Effect of dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate on the uptake and distribution of  $\alpha$ -tocopherol in turkey tissues and lipid stability. In *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, vol. 36, pp. 65-74. Dostupné na: <<https://www.jstor.org/stable/25562293>>
175. WENG K. – HUO, W. – LI, Y. – ZHANG, Y. – ZHANG, Y. – CHEN, G. – XU, Q. 2022. Fiber characteristics and meat quality of different muscular tissues from slow- and fast-growing broilers. In *Poultry Science*, vol. 101, no. 1, pp. 101537. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101537
176. WILSON, B. R. – PEARSON, A. M. – SHORLAND, F. B. 1976. Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavor in red and white muscle from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 24, pp. 7-11. DOI: 10.1021/jf60203a040
177. WOOD, J. – RICHARDSON, R. – NUTE, G. – FISHER, A. – CAMPO, M. – KASAPIDOU, E. – SHEARD, P. – ENSER, M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality – A review. In *Meat Science*, vol. 66, no. 1, pp. 21-32. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00022-6
178. XIAO, S. – ZHUANG, H. – ZHOU, G. – ZHANG, J. 2018. Investigation of inhibition of lipid oxidation by L-carnosine using an oxidized-myoglobin-mediated washed fish muscle system. In *Food Science and Technology*, vol. 97, pp. 703-710. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.08.003
179. YANG, X. – BOYLE, R. A. 2016. Sensory evaluation of oils/fats and oil/fat-based foods. In HU, M. – JACOBSEN, C.: *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. pp. 157-185. DOI: 10.1016/B978-1-63067-056-6.00003-3
180. YI, G. – HAUG, A. – NYQUIST, N. F. – EGELANDSDAL, B. 2013. Hydroperoxide formation in different lean meats. In *Food Chemistry*, vol. 141, pp. 2656-2665. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.041
181. ZAKAN, F. – KOVACS, T. – PÁNMI, G. – VARGA, Z. 2020. Direct and indirect cholesterol effects on membrane proteins with special focus on potassium channels. In *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular and Cell Biology of Lipids*, vol. 1865, pp. 782-797. DOI: 10.1016/j.bbalip.2020.158706



182. ZAMUZ, S. – LÓPEZ-PEDROUSO, M. – BARBA, F. J. – LORENZO, J. M. – DOMÍNGUEZ, H. – FRANCO, D. 2018. Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: Evaluation of their impact on physicochemical properties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential. In *Food Research International*, vol. 112, pp. 263-273. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.053
183. ZEB, A. – ULLAH, F. 2016. A simple spectrophotometric method for the determination of thiobarbituric acid reactive substances in fried fast foods. In *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. Article ID 9412767, 5 p. DOI: 10.1155/2016/9412767
184. ZHANG, J. F. – HU, Z. P. – LU, C. H. – BAI, K. W. – ZHANG, L. L. – Wang, T. 2015. Effect of various levels of dietary curcumin on meat quality and antioxidant profile of breast muscle in broilers. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 63, pp. 3880-3886. DOI: 10.1021/jf505889b
185. ZHANG, Y. – HOLMAN, B. W. B. – PONNAMPALAM, E. N. – KERR, M. G. – BAILES, K. L. – KILGANNON, A. K. – COLLINS, D. – HOPKINS, D. L. 2019. Understanding beef flavour and overall liking traits using two different methods for determination of thiobarbituric acid reactive substance (TBARS). In *Meat Science*, vol. 149, pp. 114-119. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.11.018
186. ZHOU, G. H. – XU, X. L. – LIU, Y. 2010. Preservation technologies for fresh meat – a review. In *Meat Science*, vol. 86, pp. 119-128. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.04.033

**Autori:**

Mária Angelovičová, Alica Bobková, Michal Angelovič

**Názov:**

Vplyv skladovania a techniky aplikácie pamajoránovej silice  
na oxidačnú stabilitu kuracieho mäsa

The impact of storage and techniques for applying oregani  
aetherolum on the oxidative stability of chicken meat

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Rok vydania: 2022

Forma vydania: online

AH – VH: 7,62 – 7,79

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU.

**ISBN 978-80-552-2499-2**