

## **Pilotní studie vlivu rozmrazování a mikrovlnného ohřevu na tvorbu malondialdehydu**

ALENA HALAMÍČKOVÁ - LENKA VORLOVÁ - MIRIAM SMUTNÁ

**SOUHRN.** U samic brojlerů plemene bílá širokoprsá krůta, užitkový typ hybrid Big 6, byly sledovány oxidační změny lipidové složky prsní svaloviny stanovením malondialdehydu (MDA). Hodnoty naměřené ve zmrazeném stavu i po dvouhodinovém rozmrazování za pokojové teploty ukazují na nízkou lipoperoxidační aktivitu. Mikrovlnný ohřev zvýšil průměrnou hodnotu MDA u tržních brojlerů 6-krát, u brojlerů s jakostní odchylkou, kteří se vyznačovali nižším obsahem tuku, pouze 2,5-krát. Maximální povolená doba skladování hotových pokrmů ve veřejném stravování znamenala zvýšení MDA o 1,35 mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně u tržních brojlerů a 3,00 mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně u brojlerů s jakostní odchylkou. Analýzy vzorků skladovaných po mikrovlnném ohřevu ukazují, že lipoperoxidační pochody v prsní svalovině krůtích brojlerů se výrazně zvyšují ještě po dvoudenním skladování za pokojové i chladírenské teploty.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** lipoperoxidace; malondialdehyd; krůtí brojleři; prsní svalovina

V souvislosti s významnými změnami výživového chování obyvatelstva je celosvětově pozorována stoupající spotřeba drůbežího masa, především kuřecího a krůtího [1]. Vedle zastoupení životně důležitých složek, je stále více ceněna nízká energetická hodnota a nízký obsah tuku [2]. Z hlediska kvality a udržitelnosti tuku je významný nejen jeho celkový obsah, ale i jeho složení. Krůtí maso obsahuje vedle triacylglycerolů také relativně vysoké procento fosfolipidů bohatých na nenasycené mastné kyseliny [3], které mají klíčový význam při oxidaci tuků ve stavu *in vivo* nebo *postmortálně* v průběhu různých technologických postupů, v nichž se uplatňují endogenní nebo exogenní faktory těchto změn.

---

RNDr. Alena HALAMÍČKOVÁ, MVDr. Lenka VORLOVÁ, Ph.D., Prof. MVDr. Miriam SMUTNÁ, CSc., Ústav biochemie a biofyziky, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Palackého 1-3, 612 42 Brno, Česká republika.  
e-mail: vorloval@vfu.cz

Z pohledu hygieny výživy se jeví prioritní rozmrazování, tepelná úprava a následné tříhodinové skladování. Tyto kulinární technologie jsou každodenně používány ve všech profesionálních zařízeních veřejného stravování, stejně jako v domácnostech konzumentů.

Rozmrazování bývá nejčastěji realizováno vystavením masa krátkodobému účinku vyšší, zpravidla pokojové teploty, nebo dlouhodobějšímu působení nižších chladírenských teplot. K tepelné úpravě slouží různé způsoby konvenčního ohřevu, ale u spotřebitele si z důvodu snadné a především velmi krátké aplikace získal nezastupitelné postavení mikrovlnný ohřev. Nutričním aspektům aplikace mikrovln na potraviny byla věnována řada výzkumných studií. Většina prací se zabývá porovnáním mikrovlnného ohřevu s některou z klasických metod tepelné úpravy hlavně vzhledem k nutrientům citlivým na tepelný zásah [4].

Cílem předložené práce bylo provést orientační posouzení použitelnosti prsní svaloviny krůtích brojlerů hybrida Big 6 jako suroviny pro přípravu pokrmů a krmiv jednak sledováním změny lipidové složky během rozmrazování za podmínek, které nejčastěji předchází tepelné úpravě masa, a jednak sledováním účinků mikrovlnného ohřevu a následného skladování za chladírenské a pokojové teploty.

## **Materiál a metody**

K analýze byly použity kraniální části bílé prsní svaloviny m. pectoralis od samic brojlerů plemene bílá širokoprsá krůta, užitkový typ hybrid Big 6, stáří 15ti týdnů, průměrné porážkové hmotnosti 6,93 kg z krůtí porážky AGFTRADING, a. s., středisko Hodonín.

Vzorky byly odebrány do 30 minut po porážce dle pokynů pro odběr vzorků [5] v počtu 9 kusů bez jakostní odchylky, určených pro tržní spotřebu (soubor P<sub>1</sub>) a 9 kusů z konfiskovaných jatečných těl z důvodů kachexie (soubor P<sub>2</sub>). Vzorky byly přepraveny v Dewarově nádobě na suchém ledu a do doby analýzy uloženy v mrazicím boxu při teplotě -21 °C.

Jako indikátor tvorby lipoperoxidace byl zvolen malondialdehyd (MDA), resp. s thiobarbiturovou kyselinou reagující látky (TBARS) [6,7]. MDA byl stanoven fluorometrickou metodou malých množství vzorků [8]. Obsah MDA v butanolové fázi (xMDA) byl odečten z kalibrační křivky. Výsledky byly vyjádřeny v mg MDA v 1 kg vlhké tkáně podle vztahu:

$$m_{MDA} = x_{MDA} \cdot 0,787 \cdot \text{ředění}$$

Celkem bylo provedeno 179 analýz. Doplnujícími a pomocnými analyty byl tuk a sušina.

Sušina byla stanovena vysoušením vzorku při teplotě  $(105 \pm 1) ^\circ\text{C}$  do konstantní hmotnosti [9]. Tuk byl stanoven extrakcí podle Soxhleta ze vzorků po stanovení sušiny [9,10]. Těsně před analýzou byly vzorky zbaveny kůže, šlach a povázek. Jednotlivé analýzy se uskutečnily po vytažení z mrazícího boxu v sériích lišících se dobou rozmrazování:

- série č. 1 - kontrola,
- série č. 2 - po 2 hodinovém skladování za pokojové teploty,
- série č. 3 - po 18 hodinovém skladování v chladničce za teploty  $6 ^\circ\text{C}$ .

Pro sledování účinků mikrovlnného ohřevu (MV) byla část zmrazeného vzorku použita jako kontrola (série č. 4) a zbytek v množství cca 20 g byl dán na Petriho misku a s ní vložen na dobu 2 minut do mikrovlnné trouby Sanyo (2450 MHz). Tepelně ošetřený vzorek byl před analýzou rozkrájen a homogenizován v tříštivém mlýnku po dobu 15 sekund. Jednotlivé analýzy po MV se uskutečnily v sériích:

- série č. 5 - bezprostředně po mikrovlnném ohřevu,
- série č. 6 - po 3 hodinovém skladování za pokojové teploty,
- série č. 7 - po 48 hodinovém skladování v chladničce za teploty  $6 ^\circ\text{C}$ ,
- série č. 8 - po 48 hodinovém skladování v místnosti za teploty  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

Všechny získané výsledky byly zpracovány statistickým programem STAT-Plus. Pro každý soubor dané série byly vypočteny základní statistické parametry. Různé soubory ( $P_1$ ,  $P_2$ ) téže série a homogenní soubory ( $P_1$  nebo  $P_2$ ) různých sérií (1 až 8) byly mezi sebou hodnoceny Lordovým testem, Studentovým testem, F-testem, případně pomocí korelačního koeficientu. Pro sledování závislosti mezi množstvím vytvořeného MDA a dobou skladování byla použita metoda regresní analýzy [11].

## Výsledky a diskuse

Všechny testované samice brojlerů hybrida Big 6 byly vybrány z jedné série (jeden chov), vzhledem k zachování identických intravitálních vlivů. Pro studii byly zvoleny jednak vzorky z jatečných těl, posouzených jako požitelné a jednak vzorky z jatečných těl posouzených jako konfiskáty (vzhledem k nálezu kachexie), určené jako surovina pro krmivo psům.

Lipoperoxidace jejich postmortální prsní svaloviny ve stavu zmrazeném a během rozmrazování by měla být výslednicí koexistence a vzájemných

interakcí mezi oxilabilní složkou svalové tkáně, ochrannými antioxidačními systémy, endogenními a exogenními zdroji radikálů. Oxilabilní tuková složka se vyznačuje poměrně vysokým podílem fosfolipidů s nenasycenými mastnými kyselinami, avšak maso brojlerů je méně náchylné k oxidačnímu žluknutí než maso krůt [12,13]. Významnými složkami antioxidačního systému svaloviny, které zabráňují tvorbě radikálů, vychytávají nebo eliminují již vytvořené radikály jsou  $\alpha$ -tokoferol [14-16], karnosin [15,17], karoteny, pyruvát, kyselina močová a bilirubin [18]. Mezi endogenní zdroje vzniku radikálů se řadí enzymy a neenzymové systémy lokalizované v subcelulárních membránách, cytoplazmě nebo extracelulárně. Ve svalovině z nich připadá v úvahu myoglobin, zůstatkový hemoglobin, nehemové železo, případně ionty některých dalších kovů, redukovaný cytochrom c, katecholaminy, xanthinoxidasa a biochemický stav postmortální hypoxie [19]. Z chemických a fyzikálních exogenních faktorů je za podmínek experimentu významný kyslík a vlnění, jako zdroj aktivací energie enzymových i radikálových oxidací [18,20].

V naší studii kontrolní sérii reprezentovaly zmrazené vzorky prsní svaloviny souboru tržních brojlerů a souboru brojlerů s jakostní odchylkou (kachexie). Výsledné hodnoty stanovení obsahu sušiny, intramuskulárního tuku a MDA ve vlhké tkáni udává tabulka 1.

Obsah sušiny ve vzorcích kolísal v rozmezí (25,75–29,98) %, obsah tuku (1,3–2,4) % a množství MDA (0,26–0,67) mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně. Soubor tržních brojlerů vykazoval vysokou variabilitu vzorků ( $CV_{P1} = 44,4$  %) ve srovnání se souborem brojlerů s jakostní odchylkou ( $CV_{P2} = 23,9$  %), který se dále vyznačoval vyšším obsahem sušiny a nižším obsahem tuku i MDA. Mezi vyšetřovanými soubory nebyl potvrzen statisticky průkazný rozdíl. Ze získaných hodnot lze usuzovat na závislost intenzity oxidačních změn

TAB. 1. Obsah sušiny, tuku a MDA v krůtí prsní svalovině.  
TAB. 1. Content of dry matter, fat and MDA in turkey breast muscle.

Ukazatel <sup>1</sup>	Krůtí prsní svalovina <sup>2</sup>	
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
Sušina <sup>3</sup> [%]	27,70 ± 1,95	28,73 ± 1,25
Tuk <sup>4</sup> [%]	1,85 ± 0,55	1,63 ± 0,29
MDA [mg.kg <sup>-1</sup> ]	0,47 ± 0,21	0,35 ± 0,08

P<sub>1</sub> - tržní brojeři, P<sub>2</sub> - brojeři s jakostní odchylkou.

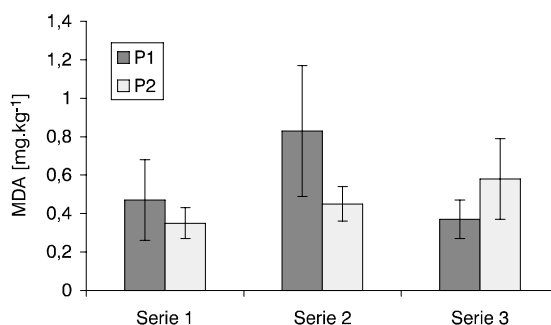
P<sub>1</sub> - market broilers, P<sub>2</sub> - broilers with a quality deviation.

1 - constituent, 2 - turkey breast muscle, 3 - dry matter, 4 - fat.

na množství tuku v testované tkáni. Vzhledem k jeho nízkému obsahu probíhají oxidace pomalu a hladiny oxidačních produktů jsou tedy nízké. Obdobná zjištění uvádí literatura [3].

Lipidová složka podléhá i za mrazírenských teplot ( $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) oxidačním změnám, které začínají nejdříve v nenasycených kyselinách fosfolipidové fáze. K průkaznému vzestupu lipoperoxidačních procesů však dochází po době delší než půl roku [3]. Naše vzorky byly analyzovány již po dvou měsících skladování, t. j. v periodě, kdy oxidační změny probíhají pomalu a u prsní svaloviny hodnoty TBARS se ještě signifikantně nezvyšují [21]. Naměřené výsledky úzce korespondují s literárním údajem pro drůbeží brojlery [22] a současně jsou výrazně nižší, a to i po rozmrazení, ve srovnání se separovanou krůtí svalovinou [3] nebo drůbežím separátem [23], což rovněž vyhovuje teoretickému předpokladu. Tato skutečnost je důležitá i z hlediska využití konfiskované svaloviny jako krmiva pro psy ve zmrazeném stavu. Z hygienického hlediska je přínosné, že krůtí prsní svalovina samic brojlerů hybrida Big 6 se vyznačuje nižšími hodnotami MDA než např. maso některých sladkovodních ryb [24].

Změny v obsahu MDA po dvouhodinovém rozmrazování za pokojové teploty a po rozmrazování spojeném s osmnáctihodinovým skladováním za chladírenské teploty zachycuje obr. 1.



OBR. 1. Dynamika změn MDA v krůtí prsní svalovině během rozmrazování za chladírenské a pokojové teploty.

P1 - tržní brojlery, P2 - brojlery s jakostní odchylkou.

Serie 1 - kontrolní skupina (ve zmrazeném stavu), serie 2 - po dvouhodinovém skladování za pokojové teploty, serie 3 - po 18 hodinovém skladování v chladničce ( $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

FIG 1. Dynamics of changes in MDA content in turkey breast muscle during defreezing at refrigeration and room temperatures.

P1 - market broilers, P2 - broilers with a quality deviation.

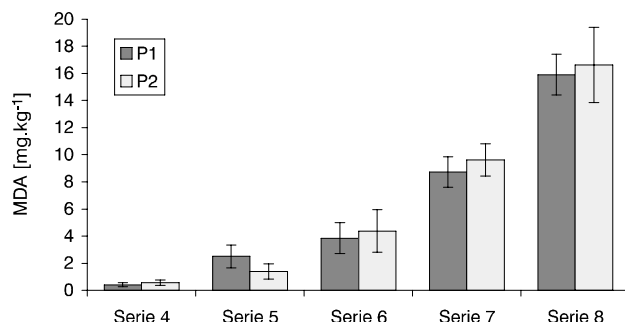
Series 1 - control group (in the frozen state), series 2 - after a two-hours storage at room temperature, series 3 - after a 18-hours storage in a refrigerator ( $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Při rozmrazování se bude uplatňovat především účinek teploty, ale nezanedbatelný vliv bude mít rovněž koncentrace kyslíku, velikost povrchu, která byla byt' omezeně vystavena účinku vzduchu, aktivita vody, struktura, koncentrace reagujících látek a některé další faktory. Dvouhodinové rozmrazování za pokojové teploty průkazně zvýšilo hodnotu MDA u obou souborů, ale nikdy nepřesáhlo v průměru  $1 \text{ mg.kg}^{-1}$  vlhké tkáně, z čehož lze usuzovat, že v analyzované prsní svalovině probíhají při tomto teplotním režimu rozmrazování lipoperoxidační děje nevýrazně. Průměrná hodnota u souboru tržních broilerů se zvýšila oproti kontrole o  $0,36 \text{ mg.kg}^{-1}$  vlhké tkáně. U souboru s jakostní odchylkou bylo zaznamenáno zvýšení jen o  $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$  vlhké tkáně.

Po rozmrazování spojeném s osmnáctihodinovým skladováním za chladírenské teploty byl zjištěn statisticky významný rozdíl ( $P < 0,05$ ) mezi kontrolní a rozmrazenou sérií jen u souboru s jakostní odchylkou. Soubor se vyznačoval vyšší průměrnou hodnotou i variabilitou obsahu MDA ( $CV_{P2} = 36,4 \%$ ) také ve srovnání se souborem tržních brojlerů, u jehož některých vzorků byl již zaznamenán pokles oproti kontrole, což literatura vysvětluje závislostí rychlosti vzniku a rozkladu karbonylových zplodin oxidace tuků na teplotě [20] a jejich reakcemi s proteiny [3]. Literární údaje uvádějí signifikantně zvýšené hodnoty během osmidenního chladírenského skladování pouze u krutých stehen nikoliv však u krutí svaloviny [21]. Stejně jako u předcházejících sérií i mezi soubory série č. 3 nebyl nalezen statisticky významný rozdíl.

Za konvenčního ohřevu je průběh oxidace lipidů urychlen iniciací tvorby radikálů vlivem vysokých teplot. U mikrovlnného ohřevu je tepelný účinek spojen s rotací dipolárních molekul ve středovém elektrickém poli při vysoké frekvenci střídání polarity pole. Teplo je generováno přímo v potravíně a to jako důsledek energie absorbovaného mikrovlnného záření, které probíhá do určité hloubky ohřívání potraviny, přičemž průnik záření a generace tepla jsou děje souběžné [4]. Literatura uvádí zvýšení TBA hodnot jak vlivem konvenčního, tak i mikrovlnného ohřevu [25]. Dynamiku lipoperoxidačních pochodů za mikrovlnného ohřevu a během následného skladování za vybraných teplot u souboru tržních brojlerů a souboru brojlerů s jakostní odchylkou znázorňuje obr. 2.

Mezi všemi testovanými sériemi byly prokázány u homogenních souborů ( $P_1$  nebo  $P_2$ ) statisticky významné rozdíly ( $P < 0,01$ ). Bezprostředně po 2-minutovém mikrovlnném ohřevu bylo zaznamenáno šestinásobné zvýšení obsahu MDA oproti kontrole, což potvrzuje předpoklad, že za vysokých teplot vznikají hydroperoxydy, které oxidují nenasycené mastné kyseliny radikálovým způsobem a oxidačních reakcí se účastní i nasycené a monoenoové kyseliny.



OBR. 2. Dynamika změn MDA v krůtí prsní svalovině vlivem mikrovlnného ohřevu a následného skladování.

P1 - tržní brojlery, P2 - brojlery s jakostní odchylkou.

Serie 4 - kontrolní skupina (ve zmrazeném stavu), serie 5 - bezprostředně po mikrovlnném ohřevu, serie 6 - po 3 hodinovém skladování za pokojové teploty, serie 7 - po 48 hodinovém skladování v chladničce (6 °C), serie 8 - po 48 hodinovém skladování za pokojové teploty (23 ± 2 °C).

FIG. 2. Dynamics of MDA changes in turkey breast muscle caused by microwave heating and subsequent storage.

P1 - market broilers, P2 - broilers with a quality deviation.

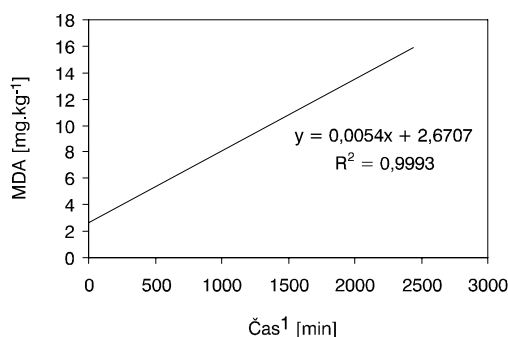
Series 4 - control group (in the frozen state), series 5 - directly after microwave heating, series 6 - after a 3-hours storage at room temperature, series 7 - after a 48-hours storage at refrigeration temperature (6 °C), series 8 - after a 48-hours storage at room temperature (23 ± 2 °C).

ny. Literární údaje uvádějí závislost zvýšení TBA hodnot na počtu dvojných vazeb oxidovaných mastných kyselin [26]. U souboru s jakostní odchylkou, kde bylo naměřeno v průměru o 0,22 % tuku méně, se obsah MDA zvýšil pouze 2,5-krát. V jednotlivých vzorcích byl zjištěn vysoký stupeň korelace ( $r = 0,927$ ) mezi hodnotou MDA před mikrovlnným ohřevem a po něm. Korelační koeficient u prvního souboru činil pouze 0,755, ale projevila se u něj nevýrazná kladná závislost mezi naměřenými hodnotami MDA a úbytkem vody během mikrovlnného ohřevu ( $r = 0,541$ ). Mezi oběma soubory byl potvrzen signifikantní rozdíl ( $P < 0,05$ ). Z uvedených výsledků je zřejmé, že se jedná o tkáň s relativně nižší lipoperoxidační aktivitou a tedy z veterinárně-hygienického pohledu méně rizikovou jak po kulinární úpravě, tak i po mrazírenském skladování.

Po tříhodinovém skladování za pokojové teploty došlo k dalšímu zvýšení obsahu MDA ve všech testovaných vzorcích. U souboru tržních brojlerů dosahoval nárůst 1,5 hodnoty mikrovlnného ohřevu ( $3,85 \pm 1,14 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) vlhké tkáně, u souboru s jakostní odchylkou 3,2 hodnot mikrovlnného ohře-

vu ( $4,38 \pm 1,57 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) vlhké tkáně. Mezi soubory již nebyl zjištěn signifikantní rozdíl. Experimentální podmínky série č. 6 byly voleny s ohledem na hygienickou praxi, povolující skladovat hotová jídla v zařízeních veřejného stravování maximálně tři hodiny po jejich přípravě. Zvážíme-li, že byla analyzována svalovina, vyznačující se nižší lipoperoxidační aktivitou, pak by bylo vhodné v tomto experimentu i nadále pokračovat.

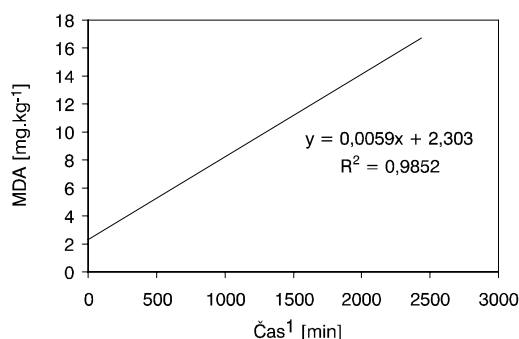
Uvádí se, že růst teploty sice urychlí průběh oxidace a tím rovněž přírůstek obsahu hydroperoxidů, avšak vznikající hydroperoxy jsou za vyšších tep-



OBR. 3. Korelační závislost mezi obsahem MDA a dobou skladování za pokojové teploty po mikrovlnném ohřevu v prsní svalovině tržních brojlerů.

FIG. 3. Correlationship between the MDA content and storage time at room temperature after microwave heating in breast muscles of market broilers.

1 - time.



OBR. 4. Korelační závislost mezi obsahem MDA a dobou skladování za pokojové teploty po mikrovlnném ohřevu v prsní svalovině brojlerů s jakostní odchylkou.

FIG. 4. Correlationship between the MDA content and storage time at room temperature after microwave heating in breast muscles of broilers with a quality deviation.

1 - time.



lot velmi nestálé. Zejména nestálé jsou hydroperoxyd trienových a tetraenových mastných kyselin [20]. Hodnoty, které byly naměřeny po 48 hodinách od mikrovlnného ohřevu, dokumentují další nárůst MDA, což může souviset nejen se sekundárními lipoperoxidačními pochody, ale i např. s produkty Maillardových reakcí nebo degradací jiných složek [27]. Stejně jako po tříhodinovém skladování i mezi těmito soubory nebyl prokázán signifikantní rozdíl. Ve vzorcích uchovávaných za chladírenské teploty kolísala obsah MDA v rozmezí (7,97–10,34) mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně, průměrná hodnota se zvýšila oproti kontrole 18,5-krát. V sérii skladované za pokojové teploty se pohyboval obsah MDA mezi (14,05–18,51) mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně a průměrná hodnota se zvýšila 33-krát. U obou sérií byl zaznamenán výrazný pokles ve variabilitě vzorků ( $CV_{\text{Série 7}} = 13,7 \%$ ,  $CV_{\text{Série 8}} = 13,1 \%$ ). Mezi obsahem MDA a dobou skladování byla nalezena kladná korelace jak znázorňuje obr. 3 a 4.

Vztah lineární závislosti za pokojové teploty a dalších zvolených experimentálních podmínek pro soubor brojlerů s jakostní odchylkou vyjadřuje rovnice regresní přímky  $y = 2,303 + 5,9 \cdot 10^{-3} x$  ( $R^2 = 0,9852$ ) a pro soubor tržních brojlerů rovnice  $y = 2,671 + 5,4 \cdot 10^{-3} x$  ( $R^2 = 0,9993$ ). Získané údaje naznačují nevhodnost několikaenního skladování již hotového pokrmu v chladničce a ponechání nezkonsumovaných tepelně upravených potravin nebo krmiv při pokojové teplotě, i v případě, že jejich masitá složka se vyznačuje nízkým obsahem tuku a nižší peroxidační aktivitou.

## Závěr

V pilotní studii byla testována prsní svalovina samic brojlerů plemene bílá širokoprsá krůta, užitkový typ hybrid Big 6 na obsah malondialdehydu.

Ve zmrazeném stavu nepřesahovaly průměrné hodnoty MDA u tržních brojlerů i brojlerů s jakostní odchylkou hodnotu 0,5 mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně.

Po dvouhodinovém rozmrazování za pokojové teploty došlo k signifikantnímu zvýšení MDA u obou souborů, průměrné hodnoty nepřekročily 1 mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně. Rozmrazení spojené s osmnáctihodinovým skladováním za chladírenské teploty vedlo k průkaznému zvýšení MDA pouze u brojlerů s jakostní odchylkou.

Mikrovlnný ohřev signifikantně zvýšil průměrnou hodnotu MDA u tržních brojlerů na 2,51 mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně a u brojlerů s jakostní odchylkou na 1,39 mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně.

Po tříhodinovém skladování za pokojové teploty, což je maximální povolená doba pro skladování hotových pokrmů ve veřejném stravování, se zvýšil obsah MDA cca na 4 mg.kg<sup>-1</sup> vlhké tkáně.

Analýzy vzorků skladovaných po mikrovlnném ohřevu ukazují, že lipoperoxidační pochody v prsní svalovině krůtích brojlerů, byť chudé na lipidy, se výrazně zvyšují ještě po dvoudenním skladování za pokojové i chladírenské teploty.

## Literatura

1. ANONYM: Deutsche essen weniger Fleisch Deutsche zeigen mehr Appetit auf Fisch. *Lebensmittelzeitung*, 33, 1995, č. 17, s. 24-26.
2. DOSTÁLOVÁ, J.: Význam drůbežího masa ve výživě dětí a dospělých. *Výživa a potraviny*, 50, 1995, č. 6, s. 14-15.
3. MÍKOVÁ, K. - HAVLÍKOVÁ, L. - ANDRASOVÁ, A.: Monitoring of the fat component oxidation changes in mechanically separated poultry meat. *Průmysl potravin*, 43, 1992, č. 6, s. 268 - 271.
4. BENEŠOVÁ, L. - ČURDOVÁ, M. - DEMMEROVÁ, K. - HOUŠKOVÁ, J. - CHÝLEOVÁ, L. - KVASNÍČKOVÁ, A. - POHLOVÁ, M. - SEDLÁČKOVÁ, J. - SUKOVÁ, I.: *Potravinářství 91*. Praha : Středisko potravinářských informací, 1992. 163 s.
5. ČSN ISO 3100-1. Odběr vzorků a příprava analytického vzorku. Část 1: Odběr vzorku. Praha : Český normalizační institut, 1995.
6. GUILLEN-SANS, R. - GUZMAN-CHOZAS, M.: The thiobarbituric acid (TBA) reaction in food: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition (USA)*, 38, 1998, č. 4, s. 315-330.
7. MIYAKE, T. - SHIBAMOTO, T.: Simultaneous determination of acrolein, malonaldehyde and 4-hydroxy-2-nonenal produced from lipids oxidized with Fenton's reagent. *Food and Chemical Toxicology*, 34, 1997, č. 10, s. 1009-1011.
8. TANIZAWA, H. - SAZUKA, Y. - TAKINO, Y.: Micro-determination of lipoperoxide in the mouse myocardium by thiobarbituric acid fluorophotometry. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 29, 1981, č. 10, s. 2910-2914.
9. DAVÍDEK, J. a kol.: *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Praha : SNTL, 1981, 718 s.
10. ČSN ISO 1443. Stanovení celkového obsahu tuku. Praha : Český normalizační institut, 1994.
11. MATOUŠKOVÁ, O. - CHALUPA, J. - CÍGLER, M. - HRUŠKA, K.: *STAT-Plus. Uživatelská příručka, verze 1.01*. Brno : Výzkumný ústav veterinárního lékařství, 1992. 168 s.
12. MOERCK, K. E. - BALL, H. R.: Lipid autooxidation in mechanically deboned chicken meat. *Journal of Food Science*, 39, 1974, s. 151-157.
13. DAWSON, L. E. - GARTNER, R.: Lipid oxidation in mechanically deboned chicken meat. *Food Technology Champaign*, 37, 1983, č. 7, s. 112-116.
14. KUHN, B. - HAEUSER, A. - FRIGG, M. - VOEGELI, P. - PRABUCKI, A.: The influence of vitamin E and lipoprotein allotypes on oxidation stability of pork. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 108, 1991, č. 3, s. 227-236.
15. O'NEILL, L. M. - GALVIN, K. - MORRISSEY, P. A. - BUCKLEY, D. J.: Inhibition of lipid oxidation in chicken by carnosine and dietary  $\alpha$ -tocopherol supplementation and its determination by derivative spectrophotometry. *Meat Science*, 50, 1998, č. 4, s. 479-488.
16. WEN, J. - MORRISSEY, P. A. - BUCKLEY, D. J. - SHEEHY, P. J. A.: Oxidative stability and  $\alpha$ -tocopherol retention in turkey burgers during refrigerated and frozen storage as influenced by dietary  $\alpha$ -tocopherol acetate. *British Poultry Science*, 37, 1996, č. 4, s. 787-795.

17. KANSKI, G. - GENOT, C. - GANDEMER, G.: Evaluation of antioxidant effect of carnosine on phospholipids by oxygen-uptake and TBA test. *Science de l'Alimentation*, 14, 1994, č. 5, s. 663-671.
18. MAGÁLOVÁ, T.: Antioxidant defence systems and trace elements. *Bratislavské lékařské listy*, 95, 1994, č. 12, s. 562-565.
19. RACEK, J. - HOLEČEK, V.: Formation of free radicals their effects on the external and internal environment of man. *Klinická biochemie a metabolismus*, 23, 1994, č. 2, s. 89-93.
20. VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. Tábor : OSSIS, 1999. 328 s.
21. WHANG, K. - PENG, I. C.: Lipid oxidation in ground turkey skin and muscle during storage. *Poultry Science*, 66, 1987, č. 3, s. 458-466.
22. AWONORIN, S. O. - AYOADE, J. A. - ABE, A. A.: Effects of preslaughter exercise of broiler chickens on carcass quality. *Nigerian Veterinary Journal*, 20, 1999, č. 2, s. 51-64.
23. BYSTRICKÝ, P. - PIPOVÁ, M.: The effect of fat component quality in raw materials on fat quality in the final product. *Veterinary Medicine - Czech*, 38, 1993, č. 7, s. 441-448.
24. SMUTNÁ, M. - SKOUPÁ, L. - VORLOVÁ, L.: Malonyldialdehyd ve svalovině ryb. Metodická a srovnávací studie. Předneseno na Vodňanském pracovním semináři I. VÚRH JU Vodňany, 2000.
25. WONG, J. W. - YEO, H. C. H. - SHIBAMOTO, T.: Determination of malonaldehyde and formaldehyde formed from fatty acid ethyl esters upon microwave and thermal heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry (USA)*, 39, 1991, č. 12, s. 2260-2262.
26. SPANIER, A. M. - TRAYLOR, R. D.: A rapid direct chemical assay for the quantitative determination of thiobarbituric acid reactive substances in raw, cooked, and cooked/stored muscle foods. *Journal of Muscle Foods*, 2, 1991, č. 3, s. 165-176.
27. HOZA, I. - HALAMÍČKOVÁ, A.: Oxidační změny lipidů u skladovaného sušeného plnotučného mléka. In: *Sborník Vysoké vojenské školy pozemního vojska ve Vyškově*, 1993, 1, s. 21-40.

Do redakcie došlo 9.8.2001.

#### **Pilot study of the effects of defreezing and microwave heating on malondialdehyde formation**

HALAMÍČKOVÁ, A. - VORLOVÁ, L. - SMUTNÁ, M.: *Bull. potrav. Výsk.*, 40, 2001, p. 231-241.

**SUMMARY.** Oxidative changes in the lipid component of the breast musculature in broilers of white wide-breast turkey-hen breed, utility type Big 6 hybrid, were followed by determination of malondialdehyde (MDA). Values measured in the frozen state and after a two-hour defreezing at room temperature showed a low lipoperoxidizing activity. Microwave heating increased the mean value of MDA at market broilers 6 times and only 2.5 times at broilers with a quality deviation featuring a lower fat content. Maximum admissible storage time of finished food in public catering meant an increase in MDA by 1.35 mg.kg<sup>-1</sup> of the humid tissue at market broilers and 3.00 mg.kg<sup>-1</sup> of the humid tissue at broilers with a quality deviation. Analyses of the samples stored after microwave heating showed that lipoperoxidising processes in the breast musculature of turkey-hen broilers were significantly increasing even after a two-days storage at room as well as refrigeration temperatures.

**KEYWORDS:** lipoperoxidation; malondialdehyde; turkey-hen broilers; breast musculature