

加热温度对鹅肉理化性质、质构与微观结构的影响

计红芳,张令文*,王方,郝书婷,马汉军

(河南科技学院食品学院,河南 新乡,453003)

摘要 采用常规物化特性测定方法,考察了不同加热温度对鹅肉理化性质、质构与微观结构的影响。结果表明,随加热温度升高,鹅肉损失率呈上升趋势。损失率由 55 ℃ 的 8.14% 上升为 95 ℃ 的 35.07%,增加了 26.93%;鹅肉 pH 值 55~60 ℃ 显著上升($P < 0.05$),70~85 ℃ 显著下降($P < 0.05$),90~95 ℃ 又显著上升($P < 0.05$),最高为 6.622; L^* 值总体均上升, a^* 值总体下降, b^* 值先上升后下降;随加热温度的升高,鹅肉剪切力先增大后减小,至 85 ℃ 时,剪切力最大为 43.255N,与其他温度的剪切力相比,差异显著($P < 0.05$);硬度与咀嚼性变化规律相似,均为先上升后下降,85 ℃ 达到最大;55~60 ℃ 加热,鹅肉肌纤维发生收缩,65~75 ℃ 加热,肌内膜和肌束膜与肌纤维发生分离,随加热温度的继续升高,肌纤维结构受到越来越严重破坏,至 95 ℃ 时,肌内膜几乎全部消失。90~95 ℃ 是鹅肉较为适合的加热条件。

关键词 鹅肉;加热;理化性质;质构;微观结构

鹅肉作为绿色健康食品,营养价值极高,兼具药用及食疗功能^[1-3]。目前,国内外学者对畜肉及家禽中的鸡鸭肉在加热过程中理化性质、质构及超微结构的变化研究较多^[4-6]。SAOWAKON 等研究了热处理对泰国土鸡质构、组织结构等影响^[7]。MA 等研究了超高压结合热处理对牛肉质构的影响^[8]。董晗等研究表明,不同加热温度对兔肉品质有不同程度影响,在温度不断上升过程中,兔肉品质逐渐下降^[9]。TIAN 等研究了水浴和欧姆加热对牛肉品质影响发现,欧姆加热的牛肉具有较低的蒸煮损失率和剪切力值,红度值比水浴加热显著增大^[10]。马驹肉的蒸煮损失率受到热处理方式的显著影响,从营养的角度讲,烧烤是烹调马驹肉最优的方法^[11-12]。然而,鲜见有不同加热温度对鹅肉品质变化影响规律的报道。

本文研究了不同加热温度对鹅肉常规理化指标、质构与微观结构的影响,以揭示加热温度对鹅肉品质特性的影响规律。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

第一作者:博士,副教授(张令文副教授为通讯作者,E-mail:lingwen2008@163.com)。

基金项目:河南省高校科技创新团队支持计划项目(13IRTSTHN006);河南省教育厅重点项目(12B550005);国家级大学生创新训练计划项目(201410467020);大学生创新训练计划项目(2014CX030)

收稿日期:2016-05-12,改回日期:2016-08-12

鹅肉,购自河南省新乡市永辉超市;戊二醛,中国医药集团上海化学试剂公司;乙酸,国药集团化学试剂有限公司;乙酸异戊酯,上海化学试剂有限公司。所有试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

101-2A 型电热鼓风干燥箱,天津市通力信达仪器厂;BSA124S 型电子天平,赛多利斯科学仪器有限公司;HH-4 型数显恒温水浴锅,金坛市城东光芒仪器厂;JJ-2 型组织捣碎匀浆机,常州国华电器有限公司;S-25 型 pH 计,上海雷磁仪器厂;CR-400 型色差仪,日本 KONICA MINOLTA;C-LM4 型数显肌肉嫩度仪 东北农业大学;轴承式热电偶(直径 0.5 mm,1 mm),北京中仪华世技术有限公司;TA-XT2i 型质构仪,英国 Stable Micro System;Quanta 200 型扫描电镜 美国,FEI 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 样品处理

鹅肉去除肉中可见结缔组织、脂肪以及筋膜,切成大小为 30 mm × 30 mm × 10 mm 的肉块,-18 ℃ 冷冻。煮制,经 4 ℃ 12 h 解冻,装入蒸煮袋中,室温放置至中心温度为 20 ℃。加热处理参考董晗等的方法,采用热电偶测定肉样的中心温度^[9]。肉样分别浸入 $T + 2$ ℃ 的水浴中加热,温度计显示肉样中心达到目的温度 T (55~95 ℃) 后立即浸入冰水中降温至 25 ℃。

1.3.2 损失率测定

取出经蒸制处理后的肉块,用滤纸擦干表面水分

冷却后称量。

$$CL/\% = [(m_b - m_a)/m_b] \times 100 \quad (1)$$

式中:CL 为蒸煮损失率, m_b 为蒸煮前质量, m_a 为蒸煮后质量^[13]。

1.3.3 pH 值测定

称取 2.0 g 肉样, 切碎后加入 20 mL 4 ℃ 预冷的蒸馏水, 经高速均质机(11 000 r/min)均质 25 s 后静置 30 min, 然后用 pH 计测定^[14]。

1.3.4 色泽测定

采用 CR-400 便携式色差仪, 以标准白色样板作为对照进行样品色差测定, 分别记录 L^* 、 a^* 、 b^* 值作为所测定样品的白度值、红度值、黄度值^[15]。

1.3.5 剪切力测定

用直径为 1 cm 的空心取样器, 沿肌纤维方向钻取肉样, 然后用剪切力仪垂直肌纤维方向测定每个肉柱的剪切力值。6 次重复取平均值, 单位 N^[9]。

1.3.6 质构特性测定

进行 TPA 参数测定时, 取平衡到室温的鹅肉, 切成 20 mm × 20 mm × 10 mm 规格, 测定参数如下: 测前速率为 2 mm/s, 测试速率为 1 mm/s, 测后速率为 1 mm/s, 压缩比 40%, 测定间隔时间为 5 s, 启动形式为 auto-20 g, 探头型号为 P/50^[6]。

1.3.7 扫描电镜样品制备

将处理好的样品切成 0.5 cm × 0.5 cm × 1 cm 肉柱, 在 2.5% 戊二醛(由 25% 戊二醛溶液与 0.1 mol/L pH 7.4 的 PBS 缓冲液按照体积比 1:9 混合)中于 4 ℃ 固定 2 d 以上, 然后用 PBS(pH 7.4)清洗 3 次, 每次 30 min, 于 1% 锇酸中固定 1.5 h, 然后再用 PBS 清洗 3 次, 每次 30 min, 之后用乙醇溶液逐级(30%、50%、70%、90%、100%)脱水, 每级脱水 20 min。进行乙酸异戊酯置换, 再放入临界点干燥仪干燥 2~3 h, 粘台, IB-5 离子溅射仪喷金, 扫描电子显微镜观察拍照^[16]。

1.4 数据处理

数据采用 Excel 2010 与 SPSS 13.0 软件进行处理。采用 ANOVA 进行方差分析, 采用 LSD 法检验进行显著性分析, $P < 0.05$ 判定为影响显著。

2 结果与分析

2.1 加热温度对鹅肉损失率的影响

肉在加热过程中往往伴随着明显的汁液流失、体积变小、质量减轻。由图 1 可知, 随加热温度升高, 鹅肉损失率整体呈上升趋势。55 ℃ 与 60 ℃ 加热鹅肉

损失率分别为 8.14% 与 8.85%, 二者差异不显著($P > 0.05$), 随后增加明显, 至 95 ℃ 时, 损失率最高为 35.07%。有研究表明, 在 65~75 ℃ 加热, 损失的增加主要是与肌肉中已发生严重变性的肌浆蛋白随自由水分大量溶出有关; 在 75~85 ℃ 加热, 损失的增加则与肌球、肌动蛋白的剧烈变性以及可溶性胶原蛋白形成明胶溶出有关^[14]。

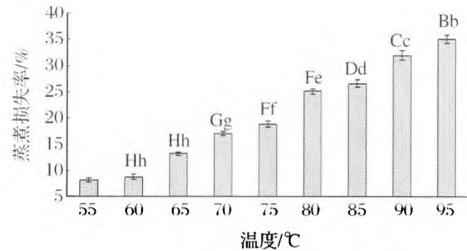


图 1 加热温度对鹅肉损失率的影响

Fig. 1 Effect of heating temperature on the loss rate of goose meat

注: 误差线代表标准差, 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$); 不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 图 2、图 4 同。

2.2 加热温度对鹅肉 pH 值的影响

肉在加热过程中会有大量的汁液流失, 蛋白质变性与脂肪水解, pH 值也会随着加热温度的不同, 发生相应的变化(图 2)。

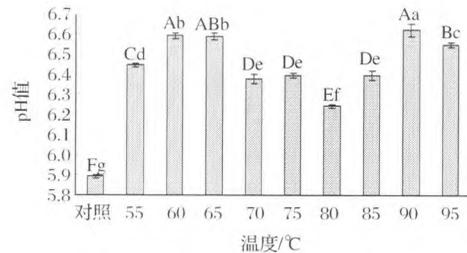


图 2 加热温度对鹅肉 pH 值的影响

Fig. 2 Effect of heating temperature on pH value of goose meat

由图 2 可知, 随加热温度升高, pH 值呈先上升后下降再上升趋势, 55~60 ℃ 显著上升($P < 0.05$), 70~85 ℃ 显著下降($P < 0.05$), 90~95 ℃ 又显著上升($P < 0.05$), 最高为 6.622。加热使鹅肉中大部分乳酸随着水分大量流失, 可能会对 pH 值上升有一定的影响。另外, 鹅肉加热后, 蛋白质发生变性而分解断裂, 氨基酸残基暴露酸性基团减少等可能是造成 pH 值升高的直接原因^[9]。70~85 ℃ 加热过程中的 pH 值下降, 可能与肌肉中脂肪发生部分水解生成脂肪酸

有关,实验结果与 JOSEPH 等的研究一致^[17]。

2.3 加热温度对鹅肉色泽的影响

肉色主要取决于肌肉中色素物质肌红蛋白与血红蛋白,肌红蛋白是肌肉呈红色的主要成分。生鲜鹅肉呈现淡红色或鲜红色,加热使血红蛋白和肌红蛋白变性而发生颜色改变。由图 3 可知,加热使 L^* 值总体上升,80 °C 时最亮,与 75、85、90 °C 的亮度差异不显著 ($P > 0.05$); a^* 值总体下降, b^* 值呈先上升后下降趋势,60 °C 时其值最大,与其他温度 b^* 值相比,差异显著 ($P < 0.05$)。鹅肉在不同加热温度下,表现出 L^* 值增加、 a^* 值下降,主要是由于肌肉蛋白及色素的流失,汁液积于肉块表面,对光的反射能力增强所致^[18];随加热温度升高,氧合肌红蛋白被过度氧化,变成褐色的高铁肌红蛋白,反而使亮度与红度有所下降^[19]。

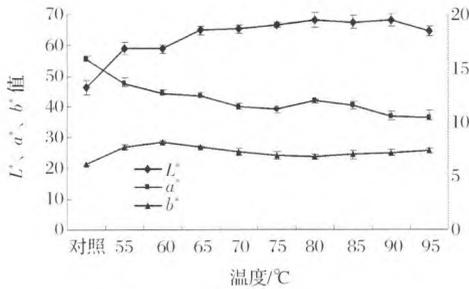


图 3 加热温度对鹅肉色泽的影响

Fig. 3 Effect of heating temperature on color of goose meat

2.4 加热温度对鹅肉剪切力的影响

嫩度主要由肌肉中结缔组织、肌原纤维和肌浆蛋白含量与化学结构状态决定。目前嫩度的客观评定主要用剪切力值来表示,剪切力值越小,则嫩度越好^[15]。由图 4 可知,随加热温度升高,剪切力表现出先增大后减小趋势,55 ~ 60 °C 加热,剪切力增加显著 ($P < 0.05$),至 85 °C 时,剪切力最大为 43.255 N,90 ~ 95 °C 剪切力减小,在 35.685 ~ 35.935 N 间,二者差异不显著 ($P > 0.05$)。BOUTON 等研究表明,肉在 60 °C 以下的变硬是由结缔组织变化引起的,而在 65 ~ 80 °C 的变硬是由肌原纤维蛋白变性引起的^[20]。加热一方面使肌肉纤维聚集、长度缩短,使肉失水变硬;另一方面,加热使肌肉结缔组织中的胶原转变为明胶,使肉质变软。肉在加热时变硬或变软取决于两者中哪一个占主导地位^[9,15]。

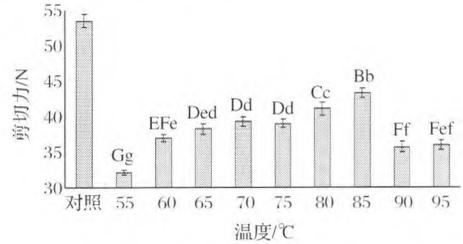


图 4 加热温度对鹅肉剪切力的影响

Fig. 4 Effect of heating temperature on shear force of goose meat

2.5 加热温度对鹅肉质构特性的影响 (表 1)

表 1 加热温度对鹅肉质构的影响

Table 1 Effect of heating temperature on goose meat texture

温度/°C	硬度/g	弹性	凝聚力	黏性	咀嚼性	恢复性
对照	5 314.255 ± 74.065 ^{Aa}	0.828 ± 0.005 ^{Ff}	0.564 ± 0.003 ^{Ff}	562.815 ± 18.115 ^{De}	1 572.731 ± 27.020 ^{Ef}	0.352 ± 0.008 ^{Aa}
55	3 283.245 ± 28.065 ^{Fg}	0.957 ± 0.004 ^{Bh}	0.689 ± 0.005 ^{Bc}	345.746 ± 18.757 ^{Fg}	1 543.866 ± 22.120 ^{Ef}	0.289 ± 0.005 ^{FGe}
60	3 756.143 ± 60.631 ^{Er}	0.966 ± 0.004 ^{Bh}	0.721 ± 0.007 ^{Aa}	435.722 ± 21.009 ^{Ef}	1 775.126 ± 18.122 ^{Dd}	0.326 ± 0.008 ^{BCDe}
65	3 910.926 ± 51.573 ^{Dd}	1.014 ± 0.015 ^{Aa}	0.725 ± 0.003 ^{Aa}	412.226 ± 31.220 ^{Ef}	1 856.206 ± 24.062 ^{Cc}	0.346 ± 0.003 ^{Aab}
70	4 005.673 ± 41.006 ^{Dd}	0.897 ± 0.013 ^{Dd}	0.690 ± 0.003 ^{Bc}	574.231 ± 26.120 ^{Dde}	1 884.082 ± 36.060 ^{Cc}	0.322 ± 0.007 ^{CDe}
75	3 992.565 ± 73.020 ^{Dd}	0.931 ± 0.008 ^{Cc}	0.665 ± 0.003 ^{Dd}	619.161 ± 33.065 ^{Dd}	1 873.469 ± 30.110 ^{Cc}	0.304 ± 0.010 ^{EFd}
80	4 187.204 ± 75.047 ^{Cc}	0.904 ± 0.005 ^{Dd}	0.693 ± 0.007 ^{Bb}	855.728 ± 40.011 ^{Bb}	1 971.861 ± 41.066 ^{Bb}	0.340 ± 0.003 ^{ABb}
85	4 411.776 ± 59.013 ^{Bb}	0.837 ± 0.006 ^{Ff}	0.687 ± 0.002 ^{BCbc}	998.650 ± 37.150 ^{Aa}	2 074.078 ± 47.076 ^{Aa}	0.328 ± 0.004 ^{BCc}
90	3 641.741 ± 28.756 ^{Ef}	0.858 ± 0.007 ^{Er}	0.651 ± 0.007 ^{Ee}	764.931 ± 22.981 ^{Cc}	1 713.565 ± 33.000 ^{De}	0.280 ± 0.005 ^{Ce}
95	3 657.827 ± 60.031 ^{Ef}	0.905 ± 0.006 ^{Dd}	0.681 ± 0.007 ^{Cc}	837.517 ± 25.116 ^{Bb}	1 715.570 ± 22.150 ^{De}	0.310 ± 0.011 ^{DEd}

注:表中值为平均值 ± 标准差,同列不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$);同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

由表 1 可知,随加热温度的升高,鹅肉硬度呈先上升后下降趋势,85 °C 最大,与其他加热温度的硬度相比,差异均显著 ($P < 0.05$),至 90 ~ 95 °C 硬度减小,在 3 641.741 ~ 3 657.827 g 间,二者差异不显著

($P > 0.05$);咀嚼性变化规律与硬度相似,90 ~ 95 °C 加热,咀嚼性最小,在 1 713.565 ~ 1 715.570 间,二者无显著差异 ($P > 0.05$);90 ~ 95 °C 加热,弹性较好,在 0.858 ~ 0.905 之间。肉的质构特性一般由肉的水

分、胶原蛋白、弹性蛋白和肌纤维本身属性及相互作用决定。当鹅肉在不同温度条件下加热,这些物质本身结构或状态发生了改变,同时相互间的作用也发生了变化,表现出质构上存在明显差异^[6]。

2.6 加热温度对鹅肉微观结构的影响

不同加热温度,对鹅肉微观结构有不同程度的影响。由图5可知,与对照相比,经55~60℃加热,肌纤维发生收缩,肌束膜和肌内膜无明显变化。经65~75℃加热,原来卷曲包绕在肌纤维四周的肌内膜和肌束膜与肌纤维发生分离,肌纤维间隙距离显著增大,肌束膜内出现颗粒,这些颗粒可能为肌纤维细胞内的肌浆蛋白溶出物,肌内膜完整性也开始被破坏。随着加热温度的进一步升高,肌纤维结构遭受越来越严重的破坏,由胶原纤维组成的肌膜已发生相当程度的热变性降解,至95℃时,肌内膜几乎全部消失,由胶原转变为明胶,使肉质变软。

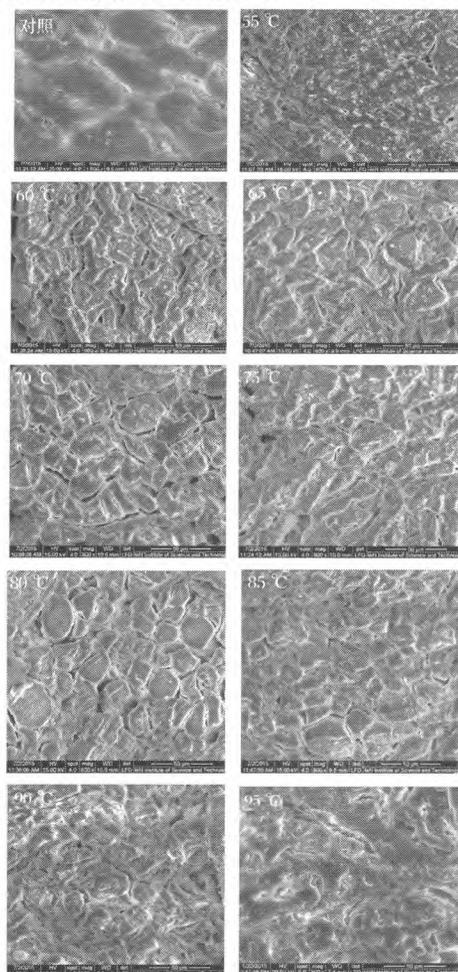


图5 加热温度对鹅肉微观结构的影响

Fig. 5 Effect of heating temperature on microstructure of goose meat

3 结论

由于加热温度的不同,导致鹅肉各种蛋白受热变性程度,以及理化性质与微观结构变化规律也有差别。随加热温度提高,鹅肉损失率总体呈上升趋势,95℃时损失率最高为35.07%;pH值呈先上升后下降再上升趋势,70~85℃加热pH值相对较低,90℃加热pH值最高;随加热温度上升, L^* 值总体均上升, a^* 值总体均下降, b^* 值呈先上升后下降趋势;剪切力表现出先增大后减小趋势,至85℃时,剪切力最大为43.255N;质构方面,随加热温度的提高,硬度与咀嚼性的变化规律相似,均先上升后下降,85℃最大;经55~60℃加热,肌纤维发生收缩,随加热温度的继续升高,肌纤维结构遭受越来越严重破坏,90℃以上时,过度加热破坏了肌束膜和肌内膜胶原蛋白分子间的共价交联,进一步变性降解,使肉质变软。90~95℃处理的鹅肉具有较低的剪切力、较小的硬度和较高的弹性。

参 考 文 献

- [1] 曲湘勇,何俊,贺长青. 武冈铜鹅与其他3种鹅肉品质特性的比较[J]. 动物营养学报, 2013, 25(10): 2277-2285.
- [2] 高海燕,潘润淑,马汉军. 超高压技术对鹅肉嫩度的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 107-110.
- [3] 谢媚,曹锦轩,潘道东,等. 滚揉对成熟过程中鹅肉品质及其蛋白质结构的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(10): 205-211.
- [4] TORNBERG E. Effects of heat on meat proteins-implications on structure and quality of meat products [J]. Meat Science, 2005, 70(3): 493-508.
- [5] VASANTHI C, VENKATAVAMANUJAM V, DUSHYANTHAN K. Effect of cooking temperature and time on the physico-chemical, histological and sensory properties of female carabeef (buffalo) meat [J]. Meat Science, 2007, 76(2): 274-280.
- [6] 罗章,马美湖,孙术国,等. 不同加热处理对牦牛肉风味组成和质构特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 148-154.
- [7] SAOWAKON W, SOOTTAENJAWAT B, DAVID A, et al. Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle [J]. Food Chemistry, 2005, 93: 337-348.
- [8] MA H J, LEDWARD D A. High pressure/thermal treatment effects on the texture of beef muscle [J]. Meat Sci-

- ence, 2004, 68(3): 347 - 355.
- [9] 董晗, 张牧焱, 诸永志, 等. 不同加热温度对兔肉肉质的影响[J]. 江西农业学报, 2012, 24(5): 167 - 169.
- [10] TIAN X, WU W, YU Q, et al. Quality and proteome changes of beef *M. longissimus dorsi* cooked using a water bath and ohmic heating process[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2016, 34: 259 - 266.
- [11] DOMÍNGUEZ R, GÓMEZ M, FONSECA S, et al. Influence of thermal treatment on formation of volatile compounds, cooking loss and lipid oxidation in foal meat [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2014, 58: 439 - 445.
- [12] DOMÍNGUEZ R, BORRAJO P, LORENZO J M. The effect of cooking methods on nutritional value of foal meat [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2015, 43: 61 - 67.
- [13] FRANCO D, RODRÍGUEZ E, PURRIÑOS L, et al. Meat quality of "Galician Mountain" foals breed. Effect of sex, slaughter age and livestock production system [J]. *Meat Science*, 2011, 88: 292 - 298.
- [14] 吴兵, 张立彦. 加热对三黄鸡腿肉特性的影响研究 [J]. 食品工业科技, 2011, 32(5): 108 - 112.
- [15] 苏伟, 陈旭, 易重任, 等. 不同加热温度对三穗鸭肉品质的影响 [J]. 广东农业科学, 2013, 12: 125 - 129.
- [16] 董晗, 张牧焱, 王道营, 等. 不同加热处理对兔肉超微结构的影响 [J]. 西南农业学报, 2012, 25(6): 2 289 - 2 293.
- [17] JOSEPH J K, AWOSANYA B, ADENIRAN A T, et al. The effects of end-point internal cooking temperatures on the meat quality attributes of selected Nigerian poultry meats [J]. *Food Quality and Preference*, 1997, 8(1): 57 - 61.
- [18] 张小涛. 鹅肉 ROS 形成对宰后 caspase 介导细胞骨架蛋白降解的影响 [D]. 宁波: 宁波大学, 2013.
- [19] 郑晓. 浙东白鹅肉品特性的分析及鹅肉肠的开发研究 [D]. 宁波: 宁波大学, 2013.
- [20] BOUTON P E, HARRIS P V. The effects of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat [J]. *Journal of Food Science*, 1972, 37(1): 140 - 144.

Effects of heating temperature on physicochemical properties, texture and microstructure of goose meat

JI Hong-fang, ZHANG Ling-wen*, WANG Fang, HAO Shu-ting, MA Han-jun

(School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

ABSTRACT The effects of heating temperature on physicochemical properties, texture and microstructure of goose meat were explored by convention assay method. Results were shown that with the increase of temperature, the loss rate of goose generally increased. The meat loss rate was from 8.14% (at 55 °C) to 35.07% (at 95 °C), increased by 26.93%. The pH value of goose increased at first between 55 - 60 °C, then decreased between 70 - 85 °C, and increased again at 90 - 95 °C ($P < 0.05$), the highest pH value was 6.622. L^* value of goose generally increased, a^* value generally decreased, and b^* value increased firstly, and then decreased. The shear force of goose increased at first, and then decreased, with the largest shear force of 43.255 N at 85 °C, much higher than those of goose treated at other temperatures. Additionally, both the hardness and chewiness increased firstly, and then decreased. And at 85 °C, their values were the highest. At 55 - 60 °C, the myofibrillar protein started to contract. At 65 - 75 °C, endomysium and perimysium separated from muscle fiber, and with the increasing of heating temperature, muscle fiber structure was more seriously damaged. While at 95 °C, endomysiums almost disappeared. Temperature between 90 and 95 °C was much suitable for goose meat.

Key words goose meat; heating; physicochemical properties; texture; microstructure