

肉品品质评定方法研究进展

徐玉婷, 董华发, 曾晓房, 陈海光*

(仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广州 510225)

摘要: 肉类产业是食品产业的重要支柱, 世界范围内肉类的人均年消费量接近 30 kg, 随着世界经济的不断发展, 肉类消费量也具有很大的提升空间。肉品的品质是影响消费意欲的重要因素, 肉品品质评定方法的建立对肉类食品的健康发展具有十分重要的意义。目前国内外关于肉品品质的评定方法研究主要是针对猪、牛、鸡、鸭等大宗产品, 其中对猪肉、牛肉的品质研究较为全面, 有相对完整的评定体系, 其他畜禽肉的评定方法则主要参考猪肉和牛肉的指标, 考虑到不同物种的差异性, 最终的评价结果可能会有较大差异。本文综述了肉色、pH 值、系水力和嫩度等主要肉品品质指标的评定方法及相关影响因素, 并将不同评定方法的测定条件和结果进行了比较, 为肉品品质评定体系的建立及完善提供参考依据。

关键词: 肉; 品质; 评定方法

Research progress of meat quality evaluation methods

XU Yu-Ting, DONG Hua-Fa, ZENG Xiao-Fang, CHEN Hai-Guang*

(College of Light Industry and Food Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

ABSTRACT: The meat industry is an important pillar of the food industry in the world, with per capita consumption of nearly 30 kg, while the world economy continues to develop. The quality of meat is an important factor affecting the desire to consume, and the establishment of evaluation methods of meat quality is of great significance to the healthy development of meat products. At present, the researches of meat quality evaluation methods at home and abroad are mainly aimed at large products such as pigs, cows, chickens, ducks and so on. Among them, the quality evaluation of pork and beef is relatively comprehensive evaluation system. Other methods of livestock and poultry meat evaluation mainly refer to the indexes of pork and beef. Taking into account the differences between different species, the final evaluation results may be different. This paper introduced the color, pH value, influence factors of water capacity and the tenderness of the main meat quality index, and compared different conditions and results of different evaluation methods, so as to provide references for the establishment of quality evaluation system of meat.

KEY WORDS: meat; quality; evaluation method

基金项目: 广东省现代农业产业技术体系创新团队项目(2016LM2151)、广州市科技计划项目(201604020050)

Fund: Supported by Innovation Project of Modern Agricultural Industry Technology System in Guangdong Province (2016LM2151) and Guangzhou Science and Technology Program (201604020050)

*通讯作者: 陈海光, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为肉制品加工与质量控制。E-mail: chg1508@163.com

*Corresponding author: CHEN Hai-Guang, Professor, College of Light Industry and Food Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China. E-mail: chg1508@163.com

1 引言

随着人们生活水平的提高以及膳食结构的改变,人们对肉类食品的品质和安全提出了更高的要求。我国是肉类生产消费的大国,肉类作为我国膳食结构中不可缺少的部分,其品质直接关系到人们的健康及消费意欲,研究肉类品质的评定方法对肉类产业的健康发展具有重要的意义^[1]。肉类品质的现代概念由英国诺丁汉大学 Lawrie 博士于 1996 年出版的专著《Meat Science》中提出:肉质性状除了 pH 值、系水力、肉色等客观性状之外,还包括口感惬意度、嫩度和风味等主观性状^[2]。自 Ludvigsen^[3]首次报道 Pale-Soft-Exudative(PSE)肉以后,肉类品质问题越来越受到人们的重视。目前,国外研究主要集中在 PSE 和 Dark-Firm-Dry(DFD)等异常肉的研究,并且对猪肉肉质评定建立了较为完善的标准体系^[4],而在鸡肉、鸽肉等禽肉的品质评定方面的研究还少见报道,其品质评定标准体系有待完善。

本文对肉类品质的肉色、pH 值、系水力和嫩度等指标的评定方法及影响因素的研究进展进行综述,为肉品品质评定标准体系的完善提供参考。

2 肉色的评定方法

2.1 肉色的影响因素

肉色是肉类外观评定的重要指标之一,也可作为判断肉类功能特性和深加工肉产品品质的重要指标,同时也是肌肉的生理学、生物化学和微生物学变化的外观体现^[5]。

Lynch 等^[6]研究表明 74% 的消费者在选择购买鸡肉时将肉色作为最重要的参考指标。Mugler 等^[7]研究发现鸡的性别、年龄、应激处理、加工过程等是影响鸡肉肉色的主要因素。此外,一些环境因素如含氧量、温度、湿度、贮藏时间、微生物等都会影响肉的颜色^[8]。Millar 等^[9]对禽肉进行电离辐射的研究中发现,辐射处理后的肉样 a^* 值明显小于对照样, b^* 值明显高于对照样, L^* 值只有微小的变化,因此可以推测出现这种现象的原因是由于辐照引起了血红素羧基化。Genswein 等^[10]研究表明,禽类运输过程的条件(如装载密度、温度、运输时长等)会对禽肉食用品质(包括肉色)造成一定的不利影响。Barbut 等^[11]研究关于控制禽肉和猪肉 PSE 肉产生的方法中指出,宰前应激和早期的宰后处理(例如冷却速率)会严重增加 PSE 肉(L^* 值偏高, a^* 值偏低)的产生。因此,在参考其他肉类肉色的变化规律之后可以得出,肉品肉色的变化由外部因素和内部因素共同作用决定。

肉品肉色与其他肉品质指标也密切相关,肉色越深则 pH 值越高,反之则越低, pH 值对肉色的影响机理较为复杂,主要影响蛋白质的亲水能力,从而影响到肉组织的

物理结构和折光性^[12]。Allen 等^[13]指出,胸肉颜色的改变可能主要受 pH 值的影响,并与肉的生命、气味演变、腌制过程的保湿能力、滴水损失、系水力、烹饪损失等方面相关。

2.2 肉色评定方法

肉色评定方法可分为主观和客观两种,主观评定目前使用较普遍的是日本的肉色比色板(日本肉品协会)^[14]。该比色板一般应用于猪肉,而对禽肉类 PSE 肉的标准划分还在进一步的讨论研究当中,因此目前还未见到权威的禽肉比色板。

客观评定方法主要使用 Minolta CR 系列色差计^[14]和化学法^[15,16]。何翔等^[17]将鸽胸肌剪碎匀浆后进行离心,测得 $D_{540\text{nm}}$ 为 1.135 高于如皋鸡 $D_{540\text{nm}}$ (0.581)。付亮亮等^[18]比较了分光光度法和主观评分法测定肉色的差异,并指出 2 种方法测定的结果基本一致,其中主观评分的方法更加准确;分光光度法的准确度虽然高,但处理样本时间太长、操作也较为复杂,同时对于肉样造成的破坏不可恢复,2 种方法各有其适用性。周波等^[19]利用美能达 CR-10 色差仪和标准肉色板(日本制)2 种方法对猪肉的肉色进行测定,发现色差板法易受到外界光源和人为主观误差的影响,可信度较色差仪低,色差仪能较全面的反映个体的肉色水平,结果相对可靠。

近年来,国内关于色差仪在肉色评定上的应用研究逐渐增多,其评定结果均使用国际通用的颜色标准 CIE Lab 色度空间^[20]表示,其中 L^* 值表示亮度,数值范围从 0~100(从黑色到白色); a^* 值负值表示绿色,正值表示红色; b^* 值负值表示蓝色,正值表示黄色。 a^* 、 b^* 数值范围从 -120 到 +120。衣文正等^[21]指出在操作规范条件下,肉色测定的最佳测量条件分别为 10° 视角、样品温度低于 40 °C、适当的观测时间以及适当的光源,满足以上条件就可以有效降低测量误差。李世鹏等^[22]利用 Data Processer DP-400 全自动色差计对鸽胸肉的颜色进行测定,发现屠宰 6 h 以后鸽肉的亮度基本不变,说明鸽肉适合保存,而肉色虽不会对肉的滋味有所贡献,但可以在一定程度上可以提升感官印象。

3 肉品 pH 值的评定方法

3.1 pH 值的影响因素

畜禽的品种差异、宰前状况、屠宰方法等都会对 pH 值造成影响,宰前过度疲劳、虚弱的牲畜因为能量消耗过大,肌肉中贮存的糖原较少,屠宰后肌肉中乳酸的蓄积也较少,导致 pH 偏高。罗才文^[23]对使用不同屠宰方式对猪肉宰后 1 h 时的 pH 值进行测量,结果发现用电击昏方式屠宰的猪肉,22% 的样品 pH 值都小于 6.0,用二氧化碳致昏的方式屠宰的样品 6% 的 pH 值小于 6.0,而直接宰杀的方式测得仅有 3% 的样品 pH 值小于 6.0。

肉在成熟过程中, pH 从中性变成酸性, 而肉腐败过程中的细菌作用会使蛋白质被分解为氨和胺类化合物等碱性物质, 导致 pH 升高。冷处理的方式对肉的 pH 也会有一定的影响, 新鲜冷藏肉的 pH 为 5.8~6.4, 冻肉的 pH 为 6.0~6.5。其中, 快速冷冻肉比缓慢冷冻肉的 pH 约高 0.2^[23]。影响肉类 pH 值测定准确性的因素还有室内温度和湿度、测量速度和频率、pH 计探头是否清洁等。宰后肌肉 pH 值下降的原因是由于肌肉组织中的蛋白质保持内含水分的能力降低, 因此 pH 值是影响肌肉组织的系水力和嫩度的直接因素^[24]。李婉平等^[25]发现宰后 24 h pH 值高的肌肉, 其嫩度也高。禽肉的 pH 值能够影响肉中微生物的繁殖, 可以说 pH 值在一定程度上决定了其货架寿命的长短^[26]。

3.2 pH 值评定方法

目前常用来测定禽肉 pH 值的方法有: (1)用便携式 pH 计插入胸肌测定^[27]; (2)将新鲜肉样与碘醋酸盐缓冲液或去离子水一起匀浆后, 用 pH 计对混合液进行测定^[28]; (3)肌肉中糖元含量、乳酸盐含量或 R 值(指 ATP 降解产物肌苷与 ATP 腺苷间的比例, 能间接反映 ATP 损耗)的测量结果也能间接估测肌肉 pH 的变化^[29]。第 3 种评定糖原酵解速率较准确, 但操作复杂; 前 2 种虽易受到多种因素的影响, 但因其操作便捷而被广泛使用。

王艳萍等^[24]使用 B-4 型酸度计分别测定宰后 45 min 内的新鲜石岐鸽肉 pH₁ 和 4 °C 冷藏 24 h 的肉样 pH₂₄, 结果发现腿部的 pH 值稍高于背部和胸部的 pH 值。鸽肉宰后的 pH 值变化不大, 因而不会抑制肌肉蛋白质分解酶的活性使嫩度下降, 也不易酸败^[22]。使用雷磁 PHS-2F 型 pH 计对绞碎和不绞碎的兔肉和羊肉进行测定后发现, 绞碎的兔肉和羊肉 pH 值均低于未绞碎的兔肉和羊肉, 但绞碎的羊肉 pH 值显著低于绞碎兔肉($P < 0.05$), 未绞碎羊肉的 pH 值却显著高于未绞碎兔肉($P < 0.05$)^[30]。陈剑等^[31]试用探针式 pH 计直接插入测定法对鹅肉 pH 值进行了测定, 并与现行国标-酸度计电位电极法进行了相关性分析, 结果表明该方法测定的数据有效可行。

4 肉系水力的评定方法

4.1 系水力的影响因素

肌肉的系水力指的是肌肉组织能够保持水分的能力, 它会影响到肉的颜色、嫩度、多汁性等特性, 也是评定肉类品质的重要指标, 系水力还能影响加工肉的产量、结构和色泽^[4]。一般影响肉的保水性的因素有: 肉的品种、部位、饲养管理、宰前运输与管理、屠宰以及加工处理等^[32]。孙玉民等^[33]指出, 影响猪肉系水力的主要因素有乳酸含量、肌肉能量水平(ATP 的损失)、尸僵开始时间等, 不同的品种、年龄、肌肉部位, 系水力也不尽相同。

4.2 系水力评定方法

传统用来测定系水力的方法一般有压力法、重力法、离心法和烹饪损失法等^[34], 这些测定方法分别模拟了肌肉在不同情况下的水分流失状况, 从而表示肌肉的系水性能。压力法的原理是利用外力作用改变水的结构, 再测定肌肉汁液的流失量^[35]。不同文献中测定压榨损失的条件各有不同, 因此数据之间的相关性无法进行比较^[34-38]。重力法即滴水损失, 能够模拟冷鲜肉贮藏过程当中水分流失情况, 从而客观地反映肉的持水率^[36], 但这种方法缺乏对放置条件和肉样规格的要求。蒸煮损失则是通过高温条件使鲜肉变为熟肉, 从而测定水分的流失情况^[37], 使用该方法测定也缺乏统一的热处理方式和条件^[38]。

李世鹏等^[22]对鸽肉的滴水损失和蒸煮损失进行了测定, 结果表明鸽肉的滴水损失率小于 1%, 且蒸煮前后的质量变化不大, 是肉质优良的品种。此外, 肉类系水力测定还可以应用低场核磁共振(low field nuclear magnetic resonance, LF-NMR)、电导法、近红外分析技术和蛋白组学技术等新技术^[39]。其中 LF-NMR 这种新的水分测定技术能够检测出肉与肉制品中水分的多项信息, 在检测中应用得越来越多^[40]。Pearce 等^[41]利用 LF-NMR 技术研究了肌肉中水分的分布和迁移特征, 结果发现弛豫时间 T_2 可以很好地反应肉的持水性。Micklander 等^[42]对 10 头猪的背部最长肌(longissimus muscle of back)进行 LF-NMR 测定, 并且借助超声测量肉品持水性的高低, LF-NMR 结果表明, 主要结构的改变发生在宰后 85 min 到 24 h 的区间内, 此时肌肉刚完成尸僵并进入成熟过程, 肌肉中水分分布发生剧烈改变, 此外, NMR 弛豫曲线还说明了在宰后 24 h 的肉中, 保水性低的肉中比保水性高的肉蛋白质变性更加剧烈。Ben-Gera 等^[43]根据红外透射的情况, 研究分析了肉制品的乳液中脂肪和水分的含量。Lanza^[44]利用近红外光谱分析研究了生猪肉和牛肉的蛋白质、脂肪、水分和卡路里含量, 发现在波长为 1100~2500 nm 时, 其反射光谱与水分、脂肪和卡路里有较高的相关性($R \geq 0.987$), 与蛋白质的相关系数(R)为 0.885。

5 肉嫩度的评定方法

5.1 嫩度的影响因素

嫩度是以切断肉品肌纤维的难易程度为判断标准, 即剪切力值来表示, 国际上通用的标准单位为 N/cm^2 。测定单位横断面肌肉的剪切力值越小, 其肉品嫩度就会越高^[45]。肉品的嫩度通常受肌肉内部生物化学变化对各组分特性改变的程度影响, 是肉品最重要的感官指标之一。影响肉嫩度的因素有: 物种、品种及性别、饲养管理、年龄、肌肉部位、温度、成熟和烹调加热等^[46], 其中不同的煮制方式, 会对肉的剪切力测定结果造成较大的影响^[36]。

李同树等^[47]比较3种评定肌肉嫩度的方法得出,采用剪切力法测定的结果分辨率最高,且与胶原蛋白和肌纤维结构两项指标的相关性较高。Li等^[48]研究指出鸭胸肉嫩度和热处理引起的蛋白质变性与肌节的收缩有关,剪切力值在终点温度40~50℃、60~90℃范围内显著升高;蛋白质的溶解度也随着温度的升高而下降。王艳萍等^[24]对石岐鸽肉质物理学特性与组织学特性的相关关系进行了比较,结果发现剪切力与肌纤维直径呈极显著正相关($P < 0.01$),与肌纤维密度呈极负相关($P < 0.01$)。

5.2 嫩度评定方法

硬度、弹性、咀嚼性等都是评价嫩度的指标。目前常用来测定嫩度的方法是感官评定和仪器分析^[49]。感官评定结果的准确度受主观因素的影响较明显,且评定人员需要经过专业的培训才具有评定的资格;仪器分析法则不会受到主观因素的影响,它通过对穿透力、切断力、压缩力、咬力、弹力、拉力等指标的测定得到客观的数据,结果的可靠程度较高。仪器测定嫩度的方法主要有剪切力法、Texture-Profile-Analysis(TPA)法、压缩法、穿透法、扭曲法等^[39]。

目前国际通用方法是剪切力法,这当中最为常用的是 Warner-Bratzler(WB)剪切仪^[29]。1995年,美国肉类科学协会(American Meat Science Association, AMSA)制定了普遍适用于各种肉类嫩度测定的剪切力测定标准^[50]。而国内则普遍使用的C-LM机械式肌肉嫩度计(东北农业大学陈润生等1987年研制)^[51]。Voisey等^[52]研究指出,影响WB剪切力法测定结果的因素包括:剪切速率、刀片厚度、刀片与其凹槽的空隙以及凹槽边缘的光滑度等。何翔等^[17]使用嫩度仪测定白羽王鸽的剪切力值,得出鸽肉的剪切力值为1.58 kg/cm²,小于太湖鹅肉(2.45~3.9 kg/cm²)即嫩度较好。王晓宇等^[53]对猪肉嫩度的测定条件和肉样预处理的方法进行了整理规定:肉样需在70~75℃水浴中加热至中心温度达到70℃,随后在流水中冷却,再放入0~4℃冷却24h后测定结果。魏心如等^[54]将猪肉嫩度的测定条件和预处理方法运用到鸡肉中进行验证后证实,在此预处理方法和测定条件下测得的剪切力值处在一个较稳定的状态。

Shackelford等^[55]研究表明,不同种类肉样的嫩度测定需要调整剪切力的测定条件和样品预处理的方法,不能一概而论。因此,不同品种的肉类最适宜的剪切力测定条件和预处理条件应该有一定的差异,有待进一步的研究。

6 结论与展望

评定肉的营养价值和品质的主要依据除了粗蛋白、粗脂肪等理化成分指标外,还应该包括肉色、pH值、系水力、嫩度等指标,肉的风味以及有害物质的变化也是研究关注的重点对象。不同种类的肉样具有不同的性质,在建立各自的评定体系时除了参考已知的经验方法外,还应考虑到

样品自身的特性。

随着冰鲜肉品在国内消费市场的逐渐推广,各类冰鲜肉在保藏过程中的品质变化成为评价肉品的商品价值的重要指标。所以,有针对性地研究建立各类冰鲜肉品的评价指标体系,对于我国肉品产业的持续健康发展具有十分重大的现实意义。

参考文献

- [1] 张壮彪,左浩,温凯欣,等.禽类肉品风味的研究进展[J].山东畜牧兽医,2016,37(6):65-66.
Zhang ZB, Zuo H, Wen KX, et al. Research on the flavor of poultry meat [J]. Shandong J Anim Sci Vet Med, 2016, 37(6): 65-66.
- [2] Lawrie RA. Meat Science [M]. London: London Sir Robert Robinson, 1996.
- [3] Ludvigsen J. Muscular degeneration in hogs Proc, 15th Int [J]. Vet Congr-siocholm I: 602(preliminary reprot), 1953: 123-125.
- [4] 席鹏彬,蒋宗勇,林映才,等.鸡肉肉质评定方法研究进展[J].动物营养学报,2006,18(Suppl 1): 347-352.
Xi PB, Jiang ZY, Lin YC, et al. Research advance in evaluation methods of meat quality in broiler [J]. J Anim Nutr, 2006, 18(Suppl 1): 347-352.
- [5] Owens CM, Hirschler EM, McKee SR, et al. The characterization and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a commercial plant [J]. Poult Sci, 2000, 79: 553-558.
- [6] Lynch NM, Kastner CL, Kropf DH. Consumer acceptance of vacuum packaged ground beef as influenced by product color and educational materials [J]. J Food Sci, 1986, 51(2): 253-255.
- [7] Mugler D, Cunningham F. Factors affecting poultry meat color—A review [J]. World's Poult Sci J, 1972, 28(4): 400-406.
- [8] 胡煌,吕飞,丁玉庭.肉制品的呈色机理和色泽评定研究进展[J].肉类研究,2016,30(12): 48-53.
Hu H, Lv F, Ding YT. Progress in coloration mechanism and color assessment of meat products [J]. Meat Res, 2016, 30(12): 48-53.
- [9] Millar SJ, Moss BW, Stevenson MH. The effect of ionising radiation on the colour of leg and breast of poultry meat [J]. Meat Sci, 2000, 55(3): 361-370.
- [10] Schwartzkopf-Genswein KS, Faucitano L, Dadgar S, et al. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its on animal welfare, carcass and meat quality: A review [J]. Meat Sci, 2012, 92(3): 227-243
- [11] Barbut S, Sosnicki AA, Lonergan SM, et al. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat [J]. Meat Sci, 2008, 79(1): 46-63.
- [12] 苗燕,武书庚,齐广海,等.禽肉色泽影响因素研究进展[J].中国饲料,2006,4(3): 8-10.
Miao Y, Wu SG, Qi GH, et al. Research progress of the influence factors of the color of poultry [J]. China Feed, 2006, 4(3): 8-10.
- [13] Allen CD, Feletcher DL, Northcutt JK, et al. The relationship of broiler breast colour to meat quality and shelf-life [J]. Poult Sci, 1998, 76: 1042-1046.
- [14] O'neil D, Lynch P, Troy D, et al. Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pig meat [J]. Meat Sci, 2003, 64(2): 105-111.
- [15] Hornsey H. The colour of cooked cured pork. I. -Estimation of the nitric

- oxide-haem pigments [J]. *J Sci Food Agric*, 1956, 7(8): 534-540.
- [16] Krzywicki K. The determination of haem pigments in meat [J]. *Meat Sci*, 1982, 7(1): 29-36.
- [17] 何翔, 屠云洁, 苏一军, 等. 白羽王鸽屠宰性能及肉品质研究[J]. *江苏农业科学*, 2010, (2): 215-217.
- He X, Tu YJ, Su YJ, *et al.* Research of white feather pigeon slaughtering performance and meat quality [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2010, (2): 215-217.
- [18] 付月亮, 何永涛, 郭雪峰. 分光光度法与肉眼评分评定猪肉肉色的研究[J]. *养殖与饲料*, 2006, (5): 16-18.
- Fu LL, He YT, Guo XF. Spectrophotometry and the macroscopic evaluation the color of pork [J]. *Breed Feed*, 2006, (5): 16-18.
- [19] 周波, 黄瑞华, 曲亮, 等. 色差仪和肉色板在猪肉肉色评定中的应用[J]. *江苏农业科学*, 2007, (2): 121-124.
- Zhou B, Huang RH, Qu L, *et al.* The application of chrominometer and flesh-colored plates in the evaluation of pork meat color [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2007, (2): 121-124.
- [20] Yam KL, Papadakis SE. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces [J]. *J Food Eng*, 2004, 61(1): 137-142.
- [21] 衣文正, 冯岗, 贾红亮, 等. 肉色测定过程中影响色差仪测量精度的因素分析[J]. *肉类工业*, 2012, (8): 36-39.
- Yi WZ, Feng G, Jia HL, *et al.* The analysis of the factors that influence the measurement precision of color difference instrument in the process of meat color measurement [J]. *Meat Ind*, 2012, (8): 36-39.
- [22] 李世鹏, 宁方勇, 杨洪燕, 等. 优质肉鸽屠宰性能和常规肉质性状的初步研究[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2008, (3): 107-108.
- Li SP, Ning FY, Yang HY, *et al.* Preliminary study of the performance of high-quality meat pigeons and the quality of regular meat [J]. *Heilongjiang Anim Husb Vet J*, 2008, (3): 107-108.
- [23] 罗才文. 影响肉 pH 的因素和肉 pH 的意义[J]. *动物检疫*, 1990, (2): 45.
- Luo CW. The factors that affect the pH of meat and the meaning of meat pH [J]. *Anim Quarant*, 1990, (2): 45.
- [24] 王艳萍, 石长青, 曾维斌, 等. 石岐肉鸽肉质特性的研究[J]. *中国畜牧杂志*, 2012, 48(13): 10-13.
- Wang YP, Shi CQ, Zeng WB, *et al.* Research of the characteristics of the Shiqi meat pigeon [J]. *Chin J Anim Sci*, 2012, 48(13): 10-13.
- [25] 李婉萍, 杜正智, 刘顺德. 星布罗肉用仔鸡肉用性能 and 肉质指标测定[J]. *甘肃畜牧兽医*, 1990, (2): 1-3.
- Li WP, Du ZZ, Liu SD. The measure with performance of chicken and meat quality in Starbro broiler [J]. *Gansu Anim Vet Sci*, 1990, (2): 1-3.
- [26] Russell SM, Fletcher DL, Cox NA. Spoilage bacteria of fresh broiler chicken carcasses [J]. *Poult Sci*, 1995, 74: 2041-2047.
- [27] Qiao M, Fletcher DL, Northcutt JK, *et al.* The relationship between raw broiler breast meat color and composition [J]. *Poult Sci*, 2002, 81: 422-427.
- [28] Cavitt LC, Meullenet JF, Gandhapuni RK, *et al.* Rigor development and meat quality of large and small broilers and the use of Allo-Kramer shear, needle puncture, and razor blade shear to measure texture [J]. *Poult Sci*, 2005, 84: 113-118.
- [29] Rammouz R E, Babile R, Fernandez X. Effect of ultimate pH on the physicochemical and biochemical characteristics of turkey breast muscle showing normal rate of postmortem pH fall [J]. *Poult Sci*, 2004, 83: 1750-1757.
- [30] 张崑, 王卫. 样品处理方法对肉的 pH 值测定结果影响[J]. *农产品加工*, 2012, 10: 141-142.
- Zhang Y, Wang W. Effect of sample processing on pH value of meat [J]. *Farm Prod Process*, 2012, 10: 141-142.
- [31] 张剑, 蒋云升, 薛菲, 等. 探针式 pH 计应用与鹅肉加工在线品质分析[J]. *科技信息*, 2012, (34): 56-57.
- Zhang J, Jiang YS, Xue F, *et al.* Analysis of probe type pH application and online goose processing quality [J]. *Sci-Techol Inf*, 2012, (34): 56-57.
- [32] 周光宏, 李春保, 徐幸莲. 肉类食品品质评价方法研究进展[J]. *中国科技论文*, 2007, 2(2): 75-82.
- Zhou GH, Li CB, Xu XL. Research progress on the quality evaluation method of meat consumption [J]. *China Sci Paper*, 2007, 2(2): 75-82.
- [33] 孙玉民, 罗明. 畜禽肉品学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1993.
- Sun YM, Luo M. *Livestock and poultry meat science* [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1993.
- [34] 李红民, 陈韬, 卢杰. 肉及肉制品持水性测定方法的研究进展[J]. *肉类研究*, 2009, 2(3): 54-57.
- Li HM, Chen T, Lu J. The progress of the method of water-based determination of meat and meat products [J]. *Meat Res*, 2009, 2(3): 54-57.
- [35] 张伟力. 猪肉系水力测定方法[J]. *养猪*, 2002, (3): 25-26.
- Zhang WL. The method of hydraulic measurement of pork [J]. *Swine Prod*, 2002, (3): 25-26.
- [36] Kapper C, Walukonis CJ, Scheffler TL, *et al.* Moisture absorption early postmortem predicts ultimate drip loss in fresh pork [J]. *Meat Sci*, 2014, 96(2): 971-976.
- [37] Schonfeldt H, Strydom E. Effect of age and cut on cooking loss, juiciness and flavor of South African beef [J]. *Meat Sci*, 2011, 87(3): 180-190.
- [38] Petracci M, Baeza E. Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features [J]. *World's Poult Sci J*, 2011, 67(2): 417-418.
- [39] Damez JL, Clejon S. Meat quality assessment using biophysical methods related to meat structure [J]. *Meat Sci*, 2008, 80(1): 132-149.
- [40] Liu CL, Pan DD, Ye YF, *et al.* HNMR and multivariate data analysis of the relationship between the age and quality of duck meat [J]. *Meat Sci*, 2013, 141(2): 1281-1286.
- [41] Pearce KL, Rosenvold K, Andersen HJ, *et al.* Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes-A review [J]. *Meat Sci*, 2011, 89(2): 111-124.
- [42] Micklander E, Christine BH, Marnø H, *et al.* Early post-mortem discrimination of water-holding capacity in pig longissimus muscle using new ultrasound method [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2005, 38(5): 437-445.
- [43] Ben-Gera I, Norris KH. Direct spectrophotometric determination of fat and moisture in meat products [J]. *J Food Sci*, 1968, 33(1): 64.
- [44] Lanza E. Determination of moisture, protein, fat and calories in raw pork and beef by near infrared spectroscopy [J]. *J Food Sci*, 1983, 48(2): 471-474.
- [45] 宋代军, 王子苑, 杨游, 等. 影响畜禽肉质的主要因素及其作用机制[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2014, 36(11): 26-33.
- Song DJ, Wang ZY, Yang Y, *et al.* The main factors influencing livestock and poultry meat and their mechanism [J]. *Southwest Univ J (Nat Sci Ed)*, 2014, 36(11): 26-33.

- [46] 周光宏. 肉品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
Zhou GH. Science of meat process [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009.
- [47] 李同树, 刘凤民, 尹逊河. 鸡肉嫩度评定方法及其指标间的相关分析[J]. 畜牧兽医学报, 2004, 35(2): 171-177.
Li TS, Liu FM, Yin XH. Analyze the evaluation method of chicken and its index [J]. Chin J Anim Vet Sci, 2004, 35(2): 171-177.
- [48] Li C, Wang D, Xu W, *et al.* Effect of final cooked temperature on tenderness, protein solubility and microstructure of duck breast muscle [J]. LWT-Food Sci Technol, 2013, 51(1): 266-274.
- [49] Destefanis G, Brugiapaglia A, Barge MT, *et al.* Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force [J]. Meat Sci, 2008, 78(3): 153-156.
- [50] AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat [M]. Chicago: American Meat Science Association and National Live Stock and Meat Board, 1995.
- [51] 陈润生. 国内外肌肉嫩度测定前处理方法的研究概述[G]. 猪肉品质参考资料汇编, 1990.
Chen RS. Summary research of the pre-treatment methods of muscle tenderimetry at home and abroad [G]. Compile of pork quality reference materials, 1990.
- [52] Voisey PW, Larmond E. Examination of factors affecting performance of the Warner-Bratzler meat shear test [J]. Can Inst Food Sci Technol J, 1974, 7(4): 243-249.
- [53] 王晓宇. 冷却猪肉食品品质评定方法的标准化[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
Wang XY. Standardization of measurement on edible quality of chilled pork [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.
- [54] 魏心如. 冷却鸡肉食品品质测定方法标准化研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
Wei XR. Standardization of measurement on edible quality of chilled chicken [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014.
- [55] Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle [J]. J Anim Sci, 1995, 73(11): 33-40.
- [56] 严晓娟. 蓝孔雀肉用品质特性研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
Yan XJ. Research on quality characteristics of blue peacock meat [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2009.
- [57] 舒琦艳, 卢立志, 王得前, 等. 家禽肉质特性研究进展[J]. 畜牧与兽医, 2008, 40(3): 88-92.
Shu QY, Lu LZ, Wang DQ, *et al.* Research progress in poultry meat characteristics [J]. Anim Husb Vet Med, 2008, 40(3): 88-92.
- [58] 钟莉, 杨庆峰, 陈文, 等. 不同解冻方法对畜禽肉品质的影响[J]. 食品工业, 2016, 37(12): 42-46.
Zhong L, Yang QF, Chen W, *et al.* Effects of different thawing methods on animal meat quality [J]. Food Ind, 2016, 37(12): 42-46.
- [59] 黄文青, 赵永聚, 林艳华, 等. 不同月龄鸽肉氨基酸含量的分析比较[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016, (12): 228-231.
Huang WQ, Zhao YJ, Lin YH, *et al.* Analysis of amino acid content of different month old pigeon meat was compared [J]. Heilongjiang Anim Husb Vet J, 2016, (12): 228-231.
- [60] 张哲奇, 臧明伍, 张凯华, 等. 国内外肉品品质变化机制研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(2): 57-63.
Zhang ZQ, Zang MW, Zhang KH, *et al.* State of the art in worldwide studies on mechanism of meat quality changes [J]. Meat Res, 2017, 31(2): 57-63.
- [61] 曹宪福, 杨志成, 姜廷波, 等. 肌肉嫩度的影响因素分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016, (11): 60-63.
Cao XF, Yang ZC, Jiang TB, *et al.* Analysis of the effects of muscle teneness [J]. Heilongjiang Anim Husb Vet J, 2016, (11): 60-63.

(责任编辑: 姜姗)

作者简介



徐玉婷, 硕士研究生, 主要研究方向为肉制品加工与质量控制。
E-mail: 365411417@qq.com



陈海光, 教授, 主要研究方向为肉制品加工与质量控制。
E-mail: chg1508@163.com