

热鲜和冷鲜处理对白切鸡食用品质、微观结构以及体外消化率的影响

李继昊, 黄明远, 王虎虎, 徐幸莲*, 周光宏

(南京农业大学食品科技学院, 肉品加工与质量控制教育部重点实验室, 江苏南京 210095)

摘要: 本试验旨在研究热鲜鸡(15℃, 宰后处理1、2、4 h)和冷鲜鸡(0~4℃, 宰后处理24、36、48、60 h)加工的白切鸡在表皮颜色、保水性、剪切力、质构、微观结构、体外消化率及感官评价等方面的差异, 探讨能否用冷鲜鸡替代热鲜鸡制作白切鸡。结果表明, 热鲜组与冷鲜组在保水性和感官评价方面无显著差异($p > 0.05$); 热鲜1 h组的亮度值显著高于其他各处理组($p < 0.05$), 黄度值各组无显著差异($p > 0.05$); 热鲜组与冷鲜组在硬度、弹性、粘聚性以及回复力方面无显著差异($p > 0.05$), 热鲜4 h、冷鲜24 h和60 h组的咀嚼性显著高于热鲜1 h组($p < 0.05$); 冷鲜组剪切力与肌纤维直径均小于热鲜组, 嫩度更佳; 冷鲜48、60 h组消化率显著高于热鲜3个处理组($p < 0.05$), 且冷鲜4个处理组消化率均高于热鲜组。综上, 冷鲜鸡制作的白切鸡与用热鲜鸡制作的白切鸡在食用品质、微观结构、体外消化率等方面差异不大, 甚至更佳, 因此, 冷鲜鸡能替代热鲜鸡制作白切鸡, 同时, 本研究也为使用冷鲜鸡制作白切鸡提供了理论依据。

关键词: 白切鸡, 热鲜鸡, 冷鲜鸡, 食用品质, 微观结构, 体外消化率

Effect of Hot Fresh and Chilling Treatment on Eating Quality, Ultrastructure and *in Vitro* Digestibility of Soft-boiled Chicken

LI Ji-hao, HUANG Ming-yuan, WANG Hu-hu, XU Xing-lian*, ZHOU Guang-hong

(Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Ministry of Education, College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The objectives of this study were to analyse the skin color, water holding capacity, shear force, texture profile analysis (TPA), ultrastructure, *in vitro* digestibility and relative sensory evaluation of soft-boiled chicken prepared by hot fresh (15℃, stored for 1, 2, 4 h) and chilled chicken (0~4℃, stored for 24, 36, 48, 60 h) and to discuss whether it was feasible to use chilled or frozen chicken to replace hot fresh chicken to make this dish. Results showed that there were no significant differences in water holding capacity and sensory evaluation among hot fresh and chilled treatments ($p > 0.05$). Hot fresh 1 h treatment had significantly higher L^* value ($p < 0.05$) than the other treatments while b^* value had no significant difference ($p > 0.05$). There also were no significant differences in hardness, springiness, cohesiveness, resilience among all treatments ($p > 0.05$), but chewiness of hot fresh 1 h treatment was significantly lower than hot fresh 4 h, chilled 24 h and 60 h treatments ($p < 0.05$). Chilled treatments had relative lower shear force and shorter fiber diameter than hot fresh treatments so that they had better tenderness. Chilled 48, 60 h treatments had significantly higher digestibility than all the three hot fresh treatments ($p < 0.05$) and the digestibility of chilled treatments were relatively higher than hot fresh treatments. The results showed that soft-boiled chicken made from chilled chicken had similar or better qualities than that made from hot fresh chicken. So it was feasible to use chilled chicken to replace hot fresh chicken to make this dish and this paper provided a basis for commercial processing of the soft-boiled chicken.

Key words: soft-boiled chicken; hot fresh chicken; chilled chicken; eating quality; ultrastructure; *in vitro* digestibility

中图分类号: TS251.5+5

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2018)21-0015-08

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2018.21.004

引文格式: 李继昊, 黄明远, 王虎虎, 等. 热鲜和冷鲜处理对白切鸡食用品质、微观结构以及体外消化率的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(21): 15-21, 28.

据美国农业部统计显示, 在过去十年中, 世界鸡肉产量从7310万吨增长到了9044万吨^[1]。同时中

收稿日期: 2018-01-29

作者简介: 李继昊(1993-), 男, 硕士, 研究方向: 畜产品加工与质量控制, E-mail: 2015108065@njau.edu.cn。

* 通讯作者: 徐幸莲(1962-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 畜产品加工与质量控制, E-mail: xlxus@njau.edu.cn。

基金项目: 国家肉鸡现代产业技术体系(CARS-41); 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)。

国、韩国等许多亚洲国家的鸡肉消费显著增加,其中,中国作为世界上第二大鸡肉消费国^[2],2017年消费的鸡肉量占世界总量的14.13%^[1]。黄羽肉鸡作为亚洲特殊的鸡种,因其营养价值丰富、风味独特、肉质特殊,备受消费者青睐^[3-6],2016年屠宰的黄羽肉鸡数量已占中国总屠宰肉鸡数量的46.55%。

黄羽肉鸡销售的形式主要是整鸡销售,用于制作鸡汤、白切鸡等传统菜肴。但是近年来,禽流感(H7N9)频发,为了抑制流感病毒的传播,绝大多数城市中开始禁止活禽交易^[7-8],这就导致一些以热鲜鸡为原料的传统菜肴的制作受到影响,热鲜鸡消费明显减少,而冷鲜鸡消费占比明显增加^[7-9]。白切鸡是典型的整鸡菜肴,深受消费者的喜爱,具有爽滑弹嫩、鲜嫩多汁、骨中带血的特点^[10-12]。消费者通常会使用现杀的热鲜鸡制作白切鸡,认为用热鲜鸡制作的白切鸡嫩、有弹性,而很少有人使用冷鲜鸡,认为用冷鲜鸡做的白切鸡“口感”差,并且“不新鲜”,失去了鸡的原味。但是目前,尚未见相关研究证明此观点,所以用冷鲜鸡制作白切鸡的研究值得重视。

有一些学者研究了热鲜肉与冷鲜肉之间品质及风味的差异^[13-16],但是对于热鲜、冷鲜黄羽肉鸡及其产品食用品质、微观结构及消化率的研究较少。因此,本文研究用热鲜鸡和冷鲜鸡制作的白切鸡在食用品质、微观结构和消化率等方面的差异,探讨能否用冷鲜鸡替代热鲜鸡制作白切鸡,并为白切鸡的工业化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

黄羽肉鸡胴体 日龄约115 d的雪山黄母鸡35只,屠宰净膛,购自于江苏立华食品有限公司;苏木素染液、伊红染液 武汉谷歌生物科技有限公司;氢氧化钠、盐酸、无水乙醇、二甲苯、中性树胶 国药集团化学试剂有限公司;磷酸氢二钠(Na_2HPO_4)、磷酸二氢钠(NaH_2PO_4)、十二烷基硫酸钠(SDS)、BCA试剂盒 南京瑞翼特生物科技有限公司;胃蛋白酶、胰蛋白酶 美国Sigma公司。

TA.XT2i plus 物性测试仪 英国 Stable Micro Systems 公司;电子天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;M2e 多功能酶标仪 美国 MD 公司;BX41 明场显微镜 日本 Olympus 公司;CM1850 冷冻切片机 美国 Leica 公司;CR-400 便携式色差仪(D65)光源 日本 Minolta 公司;C-LM3B 数显式肌肉嫩度仪 东北农业大学工程学院;YYW-2 型应变控制式无侧限压力仪 江苏南京土壤仪器有限公司;台式高速冷冻离心机 美国 Beckman-Coulter 公司;鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理 鸡胴体分为两个处理组:热鲜组:15只鸡胴体净膛后直接取出,每5只一组,在室温(约15℃)下分别贮藏处理1、2和4 h;冷鲜组:20只鸡胴体经过预冷池(0~4℃)冷却后,每5只一组,在4℃下分别贮藏处理24、36、48和60 h。

1.2.2 白切鸡的制作以及取样方法 采用传统工艺

进行白切鸡产品的制作,将清洗干净的鸡胴体放入沸水中焯水3次,每次2~3 s(目的是使鸡皮蛋白质部分变性收缩,变得紧致美观);之后将鸡胴体放入沸水中,待微沸呈现菊花形的水泡后,计时蒸煮20 min;将煮熟的白切鸡放入事先准备好的冰水中(约0℃)冷却15 min。

取样方法:完整地取出左右鸡胸以及鸡腿,去除表皮、表面可见脂肪以及结缔组织,胸肉与腿肉以质量比1.5:1混合,用绞肉机搅碎,用于消化率的测定。剩下的鸡肉样品不搅碎,用于感官评价、质构(TPA)、剪切力、加压损失以及微观结构等指标测定。

1.2.3 色差测定 采用便携式色差仪(D65光源),用校正板标准化后,分别测定白切鸡鸡胸部、鸡腿部以及鸡背部的表皮的 L^* 值(亮度)和 b^* 值(黄度),每个部位测量3次,取平均值反映白切鸡样品外观颜色。选择表皮颜色代表白切鸡产品整体颜色,是因为白切鸡的表皮具有明显光亮的色泽,且白切鸡在制作完成,斩切上菜时,消费者会首先对鸡皮的颜色产生第一印象。消费者通常更喜欢表皮亮一些、黄一些的白切鸡,本文在色差测量时,以亮度值和黄度值为主要测量指标。

1.2.4 保水性测定

1.2.4.1 蒸煮损失率测定 在制作白切鸡产品前,记录鸡胴体质量(W_1)。煮制结束后,用挂钩将产品从冷却水中取出,待去除表面水分及溢出的脂肪并冷却至室温后,记录产品质量(W_2)。蒸煮损失率(cooking loss)表示为:

$$\text{蒸煮损失率}(\%) = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100$$

1.2.4.2 加压损失率测定 根据行业标准《NY/T 2793-2015 肉的食用品质客观评价方法》测定^[17],并根据实际情况稍作修改。沿肌纤维垂直方向取厚1.0 cm、直径1 cm的圆形肉柱,称重(W_a);用双层纱布包裹,再用上、下各16层普通吸水纸或定性滤纸包裹;用应变控制式无侧限压力仪加压35 kg,并保持5 min;去除纱布、吸水纸或滤纸后,再次称重(W_b)。加压损失率(pressure loss)表示为:

$$\text{加压损失率}(\%) = (W_a - W_b) / W_a \times 100$$

1.2.5 剪切力测定 根据行业标准《NY/T 2793-2015 肉的食用品质客观评价方法》测定^[17],并根据实际情况稍作修改。沿肌纤维垂直的方向切取1 cm × 1 cm × 3 cm的肉柱,采用嫩度仪测定剪切力值,每个重复测量3次平行,取平均值,单位(N)。

1.2.6 TPA测定 采用贾小翠^[18]的方法并稍作修改,取1 cm × 1 cm × 1 cm的肉柱,使用物性测试仪进行TPA测定。参数设置为:测试前速度为3 mm·s⁻¹,测试速度为2 mm·s⁻¹,测试后速度为3 mm·s⁻¹,形变量50%,两次下压时间间隔为5 s,触发力为5 g,探头类型为P50。

1.2.7 肌纤维微观结构测定 参考戚军等^[19]的方法并稍作修改,顺肌纤维方向取1 cm × 0.5 cm × 0.5 cm的肉块,放入液氮中冷冻1~2 h,沿肌纤维垂直方向冻冰切片,厚度10 μm。染色步骤:晾片5~10 min→蒸

表1 感官评价标准表
Table 1 Standards of sensory evaluation

评价指标	评价方法
嫩度(门牙)	用门牙咀嚼样品直到咬断,咀嚼次数 3~11 次(9~1 分)
嫩度(后牙)	用右方后槽牙咀嚼样品直至呈肉糜状,咀嚼次数 7~15 次(9~1 分)
弹性	用右手食指按压样品至厚度 50% 后,可回复至原高度(9 分),可回复压缩厚度 50%(5 分),不可回复(1 分)
多汁性	咀嚼样品过程中,有较多肉汁溢出(9 分),无肉汁溢出(1 分)
颜色	样品整体较黄、较亮(9 分),样品整体较暗(1 分)

馏水浸泡 15 s→苏木素 3 min→温水返蓝 30 s→蒸馏水漂洗→75% 酒精脱水 2 min→80% 酒精脱水 2 min→伊红染 1 min→80% 酒精脱水 2 min→95% 酒精脱水 2 min→100% 酒精脱水 2 min→二甲苯通透 4 min→中性树脂封片。

拍照及肌纤维直径的测定:使用明场显微镜 BX41 对切片进行拍摄,每个处理拍摄 10 次。每张图片中随机选择 10 个肌纤维,使用 Image J(National Institutes of Health, USA) 软件测定其直径,最后以 100 个测定值的平均值作为该处理下肌纤维的直径。

1.2.8 感官评价 产品的嫩度(门牙、后牙)、弹性、多汁性以及颜色的感官评定,由 8 名(4 男、4 女)经过培训的评价员(22~28 岁)完成。评价员通过感官评价标准内容,对产品进行打分,感官评价标准采取 9 分制。感官评价标准如表 1 所示。

1.2.9 体外消化率测定 蛋白提取液制备方法:取 3.12 g NaH₂PO₄ 溶于蒸馏水,定容至 2 L;取 7.16 g Na₂HPO₄ 溶于蒸馏水,定容至 2 L;两者按一定比例混合,调至成 pH = 7.0 的磷酸盐缓冲液(PBS);取 1 L PBS 溶液,加入 20 g SDS,完全溶解后即为蛋白提取液。胃蛋白酶预混液配制方法:取 0.64 g 胃蛋白酶溶于 20 mL 0.1 mol/L HCl,现配现用,混匀即为胃蛋白酶预混液。胰蛋白酶预混液配制方法:取 0.24 g 胰蛋白酶溶于 10 mL PBS 溶液,现配现用,混匀即为胰蛋白酶预混液。

参考温斯颖^[20]的方法并稍作修改,取 4 g 搅碎样品于 80 mL 离心管内(记录离心管重量),加入 16 mL 蛋白提取液;在 4 ℃ 条件下 9600 r/min 匀浆两次,每次 30 s,再以 13400 r/min 匀浆两次,每次 30 s,消化备用;用 1 mol/L HCl 调节 pH 至 2.0 ± 0.1,加 4 mL 胃蛋白酶预混液,37 ℃ 水浴反应 2 h;加 1 mol/L NaOH,混匀,终止反应,调节 pH 至 7.5 ± 0.1,加 4 mL 胰蛋白酶预混液,37 ℃ 水浴反应 2 h,95 ℃ 煮 5 min 灭酶;在 4 ℃ 条件下加入 3 倍体积的乙醇,沉淀蛋白质 12 h;4 ℃、9100 r/min 离心 20 min,去上清;将残留物进行烘干,烘干的温度设置在 60 ℃ 以下,记录干燥后离心管总质量;精确称量 0.05 g 干燥后的干物质,涡旋溶于 2 mL 蛋白提取液,5800 r/min、2 min,上清用 BCA 试剂盒测定蛋白浓度,计算不溶物中蛋白含量(W_i)。

全蛋白测定:将 1 g 未消化肉样绞碎,加入 15 mL 蛋白提取液匀浆 4 次(9600 r/min 两次,13400 r/min 两次,每次 30 s),离心(5800 r/min,15 min),除去少量不溶成分,离心后的上清液即为全蛋白溶液,上清用 BCA 试剂盒测定蛋白总浓度,计算全蛋白含量(W_i)。体外消化率(gastrointestinal digestion)表

示为:
$$\text{体外消化率}(\%) = (W_i - W_f) / W_i \times 100$$

1.3 数据处理
实验重复 5 次,数据以 $\bar{x} \pm SD$ 的形式表示,采用 SAS 9.0 统计分析软件的 One-Way ANOVA 程序进行单因素方差分析和 Duncan's 多重比较, $p < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 色差测定结果

由表 2 可以得出,热鲜 1 h 组的亮度值显著高于其他各组($p < 0.05$),其余各组间亮度值无显著差异($p > 0.05$),且热鲜组组内亮度值随贮藏时间的延长而下降。同时,所有处理组的黄度值均无显著差异($p > 0.05$)。

表2 热鲜、冷鲜处理后白切鸡表皮色差
Table 2 Skin color of chicken that was soft-boiled after hot fresh and chilled tkeutments

处理	<i>L</i> [*]	<i>b</i> [*]
热鲜 1 h	75.29 ± 2.58 ^a	26.82 ± 4.09 ^a
热鲜 2 h	71.17 ± 2.89 ^b	26.94 ± 6.42 ^a
热鲜 4 h	69.91 ± 2.81 ^b	27.08 ± 3.00 ^a
冷鲜 24 h	71.79 ± 2.16 ^b	27.05 ± 3.91 ^a
冷鲜 36 h	71.40 ± 2.87 ^b	30.19 ± 4.17 ^a
冷鲜 48 h	71.03 ± 4.63 ^b	28.38 ± 3.49 ^a
冷鲜 60 h	72.22 ± 3.49 ^b	29.29 ± 2.49 ^a

注:同列不同字母者表示差异显著($p < 0.05$)。表 3~表 5 同。

本文测定了鸡胸部、鸡腿部以及鸡背部表皮的亮度值和黄度值,并取其平均值来代表白切鸡产品的外观颜色,从亮度值和黄度值的标准差可以看出,三个部位的平均值之间,差异不大,所以三者平均值可以代表整个产品的颜色。热鲜 1 h 组亮度值显著高于冷鲜组($p < 0.05$),在外观颜色方面较冷鲜组更佳;热鲜 2、4 h 组亮度值和黄度值与热鲜组均无显著差异($p > 0.05$),在外观颜色方面相当。有研究表明,脂肪氧化和储藏过程中,水分流失会导致亮度值下降,这可能就是热鲜组组内亮度值随贮藏时间延长而下降的原因^[21-22]。本试验中各处理组黄度值无显著差异,这与一些研究结果即黄度值随贮藏时间延长而降低不同^[23-24],这可能是由于所选原料种类、设置的处理时间点以及热加工条件不同。

2.2 保水性测定结果

由图 1 可得,各处理组的加压损失率无显著差异($p > 0.05$),同时热鲜组组内和冷鲜组组内的蒸煮

损失率也无显著差异($p > 0.05$),但热鲜1 h组的蒸煮损失率要显著高于冷鲜处理组($p < 0.05$),且热鲜3个处理组的蒸煮损失率均高于冷鲜4个处理组。

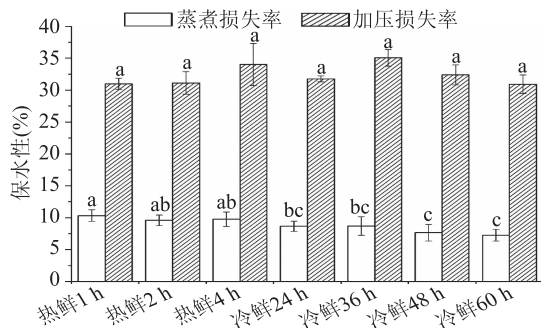


图1 热鲜、冷鲜处理后白切鸡的保水性

Fig.1 Water holding capacity of chicken that was soft-boiled after hot fresh and chilled treatments

注:同指标不同字母者表示

差异显著($p < 0.05$)。图2、图4同。

蒸煮损失是由于蛋白的热变性所引起的^[25],热鲜组在贮藏时的温度要高于冷鲜组,这导致蛋白酶的活性较高,从而煮制前骨架蛋白分解速率高于冷鲜组,使蒸煮损失率较高。热鲜组内、冷鲜组内蒸煮损失无显著差异($p > 0.05$),与 Monika 等^[26]、Franco 等^[27]和 Ouilic 等^[28]的研究结果一致。冷鲜组保水性较好,肌原纤维的粗肌丝与细肌丝之间的水分就越多^[29],咀嚼时产生的肉汁越多,白切鸡产品的口感就越好。另外,冷鲜组的蒸煮损失率要普遍低于热鲜组,在工业生产中可以有效降低生产成本,带来更多的经济效益。

2.3 剪切力测定结果

嫩度是肉制品主要的食用品质之一,反映了肉的质地,由肉中各种蛋白质的结构特点决定。从图2中可以看出,热鲜组与冷鲜组内剪切力无显著差异($p > 0.05$),但热鲜2、4 h组的剪切力数值要显著高于冷鲜24、36和48 h组($p < 0.05$),且3个热鲜处理组剪切力在数值上均高于4个冷鲜处理组。

热鲜组剪切力高于冷鲜组,是因为宰后胴体温度较高,使得肌球蛋白的滑动收缩更为剧烈,导致肌肉纤维较粗,剪切力较冷鲜组大^[30-33]。而冷鲜组由于其在低温下经历的较长的成熟过程,肌原纤维明带上的Z线(Z-disk)降解,结缔组织松散,肌细胞骨架蛋白水解,导致肉的剪切力下降,嫩度升高^[29]。本试验结果与 Berry 等^[34]和 White 等^[35]的研究结果相一

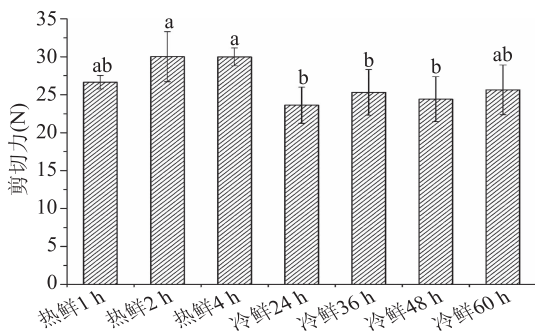


图2 热鲜、冷鲜处理后白切鸡的剪切力

Fig.2 Shear force of chicken that was soft-boiled after hot fresh and chilled treatments

致,热鲜组剪切力要高于冷鲜组。

2.4 TPA 测定结果

肉的质构特性是决定肉的质量与消费者可接受性的重要指标之一^[32]。从表3可以得出,热鲜和冷鲜组在硬度、弹性、粘聚性和回复力方面均无显著差异($p > 0.05$),热鲜1、2 h组与热鲜4 h组在咀嚼性方面差异显著($p < 0.05$),冷鲜组中,冷鲜60 h组的咀嚼性显著高于冷鲜36、48 h组($p < 0.05$)。同时,冷鲜组TPA数值要高于热鲜1、2 h组,除热鲜4 h组咀嚼性显著高于冷鲜36 h外,热鲜4 h组与冷鲜4个处理组无显著差异($p > 0.05$)。

白切鸡的特点之一是肉质“爽滑弹嫩”,这是评价白切鸡产品最关键的指标之一。热鲜处理组内,TPA数值随贮藏时间的延长而增加,这可能是由于胴体温度较高,在贮藏期间导致蛋白质氧化程度加剧,后经过沸水蒸煮使蛋白质产生了交联^[36],使得TPA数值上升。冷鲜组具有较高的质构指标,这可能也是因为在低温成熟过程中,经过较长时间的贮藏,蛋白质交联引起的。

2.5 肌纤维微观结构观察结果

图3为热鲜和冷鲜处理组白切鸡样品的明场显微镜照片,表4为各处理的肌纤维直径,其中,热鲜组内肌纤维直径随贮藏时间延长先增加后下降,冷鲜组内肌纤维直径随贮藏时间延长而降低,热鲜2 h组的肌纤维直径显著高于热鲜1 h、冷鲜48 h和冷鲜60 h组($p < 0.05$)。

从明场显微镜照片可以看出,热鲜1 h组肌束间的沟壑尚不明显,可能是因为仍处于僵直前的状态,而热鲜2、4 h组肌束间沟壑逐渐变大、增多;冷鲜组

表3 热鲜、冷鲜处理后白切鸡质构指标

Table 3 TPA of chicken that was soft-boiled after hot fresh and chilled treatments

处理	硬度(g)	弹性	粘聚性(N)	咀嚼性(g)	回复力
热鲜1 h	3503 ± 728 ^a	0.553 ± 0.033 ^a	0.477 ± 0.024 ^a	936 ± 209 ^d	0.184 ± 0.014 ^a
热鲜2 h	3665 ± 335 ^a	0.562 ± 0.032 ^a	0.487 ± 0.029 ^a	1049 ± 183 ^{cd}	0.194 ± 0.005 ^a
热鲜4 h	4133 ± 90 ^a	0.579 ± 0.013 ^a	0.490 ± 0.042 ^a	1383 ± 73 ^{ab}	0.197 ± 0.008 ^a
冷鲜24 h	4147 ± 406 ^a	0.584 ± 0.043 ^a	0.524 ± 0.074 ^a	1274 ± 209 ^{abc}	0.217 ± 0.037 ^a
冷鲜36 h	3832 ± 649 ^a	0.601 ± 0.032 ^a	0.473 ± 0.036 ^a	1064 ± 168 ^{cd}	0.187 ± 0.015 ^a
冷鲜48 h	3818 ± 288 ^a	0.601 ± 0.013 ^a	0.499 ± 0.033 ^a	1113 ± 124 ^{bcd}	0.202 ± 0.025 ^a
冷鲜60 h	4451 ± 383 ^a	0.608 ± 0.036 ^a	0.543 ± 0.037 ^a	1441 ± 100 ^a	0.219 ± 0.014 ^a

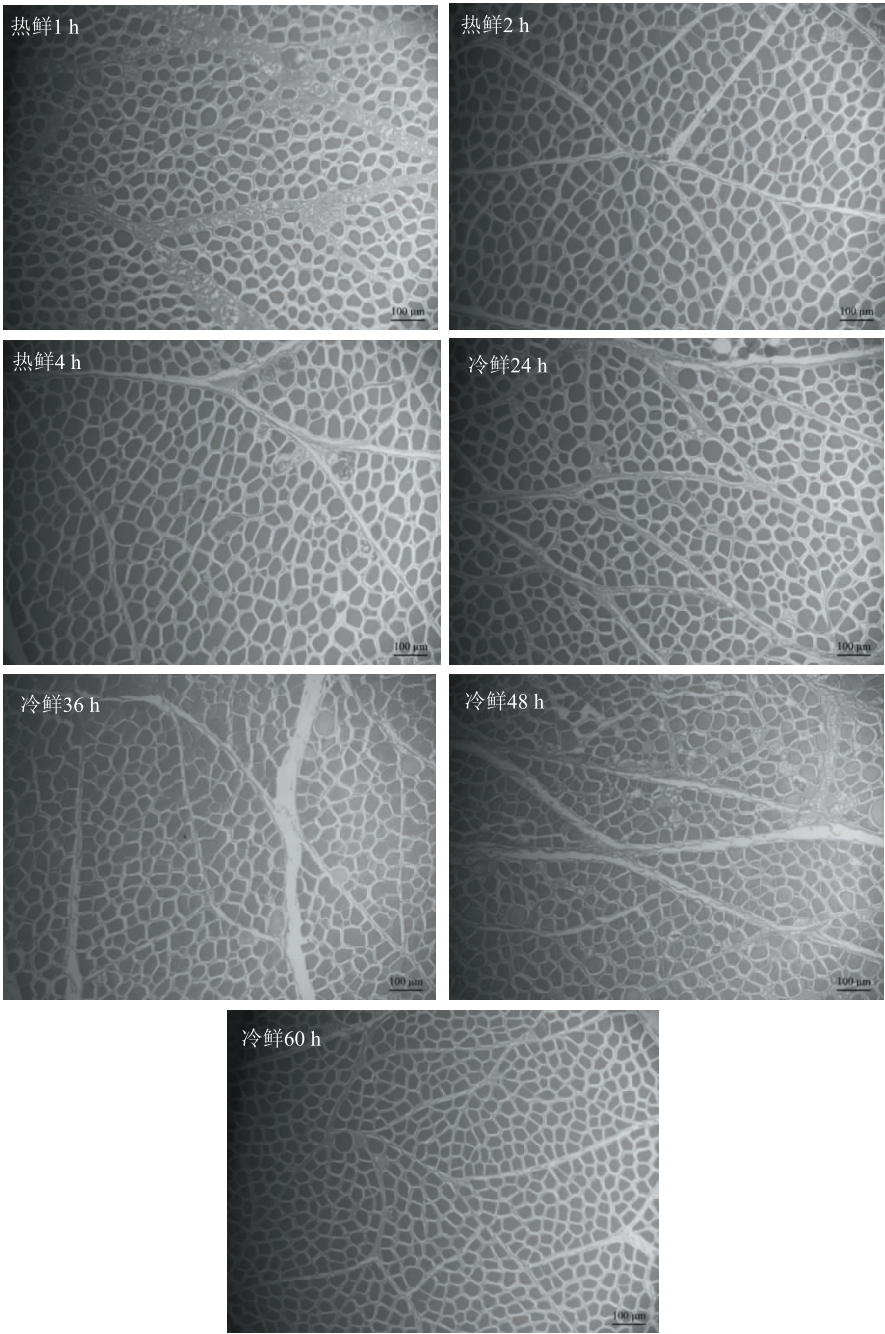


图3 热鲜、冷鲜处理后白切鸡微观结构(100 ×)

Fig.3 Microstructure of chicken that was soft-boiled after hot fresh and chilled treatments(100 ×)

表4 热鲜、冷鲜处理后白切鸡肌纤维直径

Table 4 Fiber diameter of chicken that was soft-boiled after various treatments of the raw chicken

处理	肌纤维直径(μm)
热鲜 1 h	4.124 ± 0.379 ^c
热鲜 2 h	4.686 ± 0.492 ^a
热鲜 4 h	4.406 ± 0.123 ^{abc}
冷鲜 24 h	4.557 ± 0.373 ^{ab}
冷鲜 36 h	4.309 ± 0.167 ^{abc}
冷鲜 48 h	4.249 ± 0.239 ^{bc}
冷鲜 60 h	3.514 ± 0.115 ^d

因为经过解僵成熟阶段,蛋白骨架部分分解,较之热鲜组肌束间沟壑增多、变大^[19]。许多研究表明^[37-43],

肌肉嫩度与肌纤维直径密切相关,肌纤维越细,肉质越嫩;肌纤维越粗,肉质越硬。热鲜 2 h 组肌纤维直径最大,是因为宰后 2 h,胴体处于僵直状态,肌纤维收缩,与前文热鲜 2 h 组剪切力最大相一致。冷鲜组经历低温排酸成熟过程,肌纤维收缩有所缓解,肌纤维较细。冷鲜 60 h 组肌纤维直径显著小于热鲜 3 个处理组($p < 0.05$),此结果与热鲜 3 个处理组嫩度小于(剪切力大于)冷鲜 60 h 组相一致;冷鲜 48 h 组肌纤维直径显著小于热鲜 2 h 组($p < 0.05$),此结果也与热鲜 2 h 组的剪切力大于冷鲜 48 h 组相一致。

2.6 感官评价结果

感官评价是反映消费者对产品喜好最直观的指标,本试验采用的感官评价方法是针对白切鸡食用

表5 热鲜、冷鲜处理后白切鸡感官评价

Table 5 Sensory evaluation of chicken that was soft-boiled after hot fresh and chilled treatments

处理	嫩度(后牙)	嫩度(门牙)	弹性	多汁性	颜色
热鲜 1 h	7.00 ± 0.82 ^a	6.00 ± 0.82 ^a	8.25 ± 0.50 ^a	7.25 ± 0.96 ^a	8.75 ± 0.50 ^a
热鲜 2 h	6.50 ± 0.58 ^a	6.50 ± 0.58 ^a	8.25 ± 0.96 ^a	7.00 ± 0.82 ^a	8.25 ± 0.50 ^a
热鲜 4 h	7.00 ± 0.82 ^a	7.00 ± 0.82 ^a	7.00 ± 0.82 ^a	8.00 ± 0.82 ^a	8.25 ± 0.96 ^a
冷鲜 24 h	6.22 ± 0.67 ^a	6.44 ± 1.24 ^a	7.67 ± 1.41 ^a	6.89 ± 1.90 ^a	8.22 ± 0.97 ^a
冷鲜 36 h	6.14 ± 2.73 ^a	7.43 ± 1.62 ^a	7.71 ± 1.38 ^a	7.00 ± 2.83 ^a	8.43 ± 0.79 ^a
冷鲜 48 h	6.86 ± 1.46 ^a	7.43 ± 1.27 ^a	7.43 ± 1.72 ^a	7.43 ± 1.13 ^a	8.00 ± 1.41 ^a
冷鲜 60 h	7.80 ± 0.45 ^a	7.60 ± 0.89 ^a	8.20 ± 0.84 ^a	8.20 ± 0.84 ^a	8.40 ± 0.55 ^a

品质所制定的,与前文中 TPA、剪切力、色差等指标相对应。其中嫩度(后牙)、弹性对应 TPA 测定,嫩度(门牙)对应剪切力测定,多汁性对应保水性测定,颜色对应色差测定。

由表 5 可知,感官评价各指标在各处理之间无显著差异($p > 0.05$)。TPA 测定中,各处理组硬度和弹性均无显著差异($p > 0.05$);剪切力测定中,冷鲜组剪切力要小于热鲜组,虽然感官评价中,嫩度(门牙)无显著差异($p > 0.05$),但在数值上冷鲜组的嫩度(门牙)要普遍高于热鲜组;保水性测定中,冷鲜 60 h 组蒸煮损失显著小于热鲜 3 个处理组($p < 0.05$),且蒸煮损失最小,而在多汁性评价中,冷鲜 60 h 组的得分最高,与蒸煮损失的结果相对应;色差测定中,热鲜 1 h 组的亮度值显著高于其他各组($p < 0.05$),而各处理组黄度值无显著差异($p > 0.05$),与感官评价中颜色得分相一致:热鲜 1 h 组得分最高,所有处理组得分均处于较高水平(8 分以上)。

2.7 体外消化率测定结果

各处理白切鸡样品的蛋白质消化率结果如图 4 所示。热鲜组组内消化率无显著差异($p > 0.05$),冷鲜 60 h 组消化率显著高于热鲜 3 个处理组和冷鲜 24、36 h 组,冷鲜 48 h 组消化率也显著高于热鲜 3 个处理组($p < 0.05$),冷鲜组消化率随贮藏时间延长而增加且高于热鲜组。

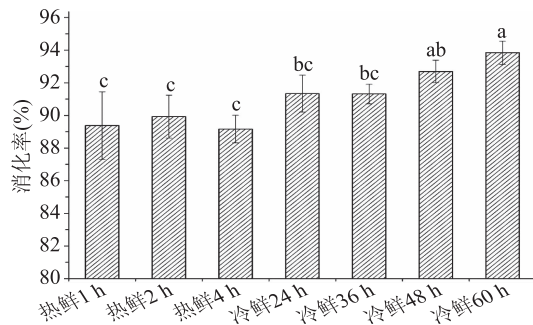


图4 热鲜、冷鲜处理后白切鸡消化率

Fig.4 Digestibility of chicken that was soft-boiled after hot fresh and chilled treatments

样品(鸡胴体)在贮藏过程中,鸡肉中的蛋白质会在内源酶的作用下发生氧化。随着储藏时间的延长,蛋白质氧化程度加剧,可能发生羰基化等反应,使得酶切位点数量发生变化^[44-45]。在体外消化实验中,胃蛋白酶是一种天冬氨酸蛋白酶,它会优先催化分解联结在疏水残基上的苯丙氨酸、甲硫氨酸、亮氨

酸和色氨酸的羧基端,而胰蛋白酶则会水解蛋白质上酪氨酸、苯丙氨酸、色氨酸、亮氨酸、甲硫氨酸、丙氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、精氨酸和赖氨酸的羧基端^[44],所以在贮藏过程中蛋白质发生氧化,可能暴露出更多的胃蛋白酶和胰蛋白酶能够作用的位点,从而消化率也会越高。这与 Ve'ronique 等^[46]的研究结果相一致,该研究中,在冷藏条件下,随着贮藏时间的增加,蛋白质的消化率显著升高($p < 0.05$)。

3 结论

用冷鲜鸡制作的白切鸡在保水性和感官评价方面与用热鲜鸡制作的白切鸡无显著差异($p > 0.05$);冷鲜组白切鸡的外观颜色略差于热鲜 1 h 组($p < 0.05$),与热鲜 2 h 和 4 h 无显著性差异($p > 0.05$);冷鲜组与热鲜组样品在硬度、弹性、粘聚性以及回复力方面无显著差异($p > 0.05$),且冷鲜组咀嚼性与热鲜组相当,甚至更佳;冷鲜 60 h 处理组肌纤维直径小于热鲜处理组,嫩度更佳(剪切力小);冷鲜处理组消化率均比热鲜组高。本研究结果表明,冷鲜鸡总体上可以替代热鲜鸡制作白切鸡,为使用冷鲜鸡制作白切鸡提供了理论依据,也为白切鸡的工业化生产提供了理论基础。

参考文献

- [1] FAS/USDA.Livestock and poultry.2017.http://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade.
- [2] Sheng J, Chang H, Yu Z.Comparison of quality traits of meat from Korean native chickens and broilers used in two different traditional Korean cuisines [J]. Asian - Australasian journal of animal sciences,2013,26(7):1038-1046.
- [3] Wanwisa C, Tan F J. Relationships between descriptive sensory attributes and physicochemical analysis of broiler and taiwan native chicken breast meat[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2015,28(7):1028-1037.
- [4] Gao C, Zhang H, Yan H, et al.Satellite cells isolated from skeletal muscle will proliferate faster in WENS yellow feather chicks[J].Animal Science Journal,2016,87(1):126-133.
- [5] Jayasena D D, Jung S, Alahakoon A U.Bioactive and taste-related compounds in defatted freeze-dried chicken soup made from two different chicken breeds obtained at retail[J].Journal of Poultry Science,2015,52:156-165.
- [6] Jayasena D D, Jung S, Bae Y S, et al.Comparison of the amounts of endogenous bioactive compounds in raw and cooked

- meats from commercial broilers and indigenous chickens [J]. *Journal of Food Composition & Analysis*, 2015, 37: 20–24.
- [7] Zhang X, Wang H, Li N, et al. High CO₂ – modified atmosphere packaging for extension of shelf-life of chilled yellow-feather broiler meat: A special breed in Asia [J]. *LWT – Food Science and Technology*, 2015, 64(2): 1123–1129.
- [8] Zhang X, Wang H, Li M, et al. Near-freezing temperature storage (–2 °C) for extension of shelf life of chilled yellow-feather broiler meat: a special breed in Asia [J]. *Journal of Food Processing & Preservation*, 2016, 40(2): 340–347.
- [9] Peck M W, Stringer S C. The safety of pasteurised in-pack chilled meat products with respect to the foodborne botulism hazard [J]. *Meat Science*, 2005, 70(3): 461–475.
- [10] 芮汉明, 张立彦, 林小葵. 加工工艺对白切鸡品质的影响 [J]. *食品与机械*, 2008(6): 135–137.
- [11] 陈文波, 郭昕, 徐芬, 等. 不同制作工艺对白切鸡食用与卫生品质的影响 [J]. *肉类研究*, 2014(5): 16–19.
- [12] 傅亮, 孙唏, 黎东平, 等. 工业化生产高品质清远鸡白切鸡 [J]. *食品与机械*, 2005, 21(5): 66–67.
- [13] Górski – Horeczyczak, Elzbieta, Wojtasik – Kalinowska, et al. Differentiation of chill – stored and frozen pork necks using electronic nose with ultra-fast gas chromatography [J]. *Journal of Food Process Engineering*, 2017: e12540.
- [14] Ba H V, Oliveros C M, Park K M, et al. Effect of marbling and chilled ageing on meat-quality traits, volatile compounds and sensory characteristics of beef longissimus dorsi muscle [J]. *Animal Production Science*, 2016, 57(5): 981–992.
- [15] Faridnia F, Oey I, Hamid N, et al. Effect of chilled and freezing pre-treatments prior to pulsed electric field processing on volatile profile and sensory attributes of cooked lamb meats [J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2016, 37: 359–374.
- [16] Momchilova M M, Živanović G I, Yordanov D G, et al. Textural characteristics of fresh and frozen meat chicken and turkey [J]. *Proceedings of VSUET*, 2016(4): 194–200.
- [17] 中华人民共和国农业部. NY/T 2793–2015 肉的食用品质客观评价方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [18] 贾小翠. 禁食对鸡肉宰后僵直及其品质影响研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [19] Qi J, Li X, Zhang W, et al. Influence of stewing time on the texture, ultrastructure and *in vitro* digestibility of meat from the yellow-feathered chicken breed [J]. *Animal Science Journal*, 2018, 89(2): 474–482.
- [20] 温斯颖. 不同种类动物肌肉蛋白质消化产物比较研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [21] Muela E, Sañudo C, Campo M M, et al. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display [J]. *Meat Science*, 2010, 84(4): 662–669.
- [22] Vieira C, Diaz M T, Martínez B, et al. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing [J]. *Meat Science*, 2009, 83(3): 398–404.
- [23] Estradasolís J, Figueroarodríguez K A, Figueroasandoval B, et al. Microstructure and physical changes in the Mexican cooked lamb meat barbacoa made with chilled and frozen meat [J]. *Meat Science*, 2016, 118: 122–128.
- [24] Fernandes R D P P, Freire M T D A, Carrer C D C, et al. Evaluation of physicochemical, microbiological and sensory stability of frozen stored vacuum-packed lamb meat [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2013, 12(11): 1946–1952.
- [25] Pearce K L, Rosenvold K, Andersen H J, 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 Science*, 2011, 89(2): 111–124.
- [26] Modzelewska – Kapituła M, Kwiatkowska A, Jankowska B, et al. Water holding capacity and collagen profile of bovine m. infraspinatus, during postmortem ageing [J]. *Meat Science*, 2015, 100(100): 209–216.
- [27] Franco D, Bispo E, González L, et al. Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein – Fresian cull cows [J]. *Meat Science*, 2009, 83(3): 484–491.
- [28] Oillic S, Lemoine E, Gros J B, et al. Kinetic analysis of cooking losses from beef and other animal muscles heated in a water bath – effect of sample dimensions and prior freezing and ageing [J]. *Meat Science*, 2011, 88(3): 338–346.
- [29] 周光宏. 畜产品加工学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [30] 李超, 王道营, 卞欢, 等. 肉鸭屠宰加工过程中色泽、剪切力、pH及保水性的变化 [J]. *江苏农业学报*, 2011, 27(4): 868–871.
- [31] 魏燕超, 刘满顺, 刘永峰. 宰后成熟过程中羊肉食用品质及蛋白稳定性的变化研究 [J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(6): 205–210.
- [32] 教冉, 赵雪聪, 田晨曦, 等. 驴肉在低温成熟过程中理化指标的变化 [J]. *肉类研究*, 2016, 30(5): 11–14.
- [33] 王继婷, 王东亮, 柳尧波, 等. 预冷方式对宰后驴肉品质的影响 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2018(1): 132–134.
- [34] Berry B W, Ray E E, Stiffler D M. Sensory scores and shear force values for beef roasts cooked either before or after chilling [J]. *Journal of Food Science*, 1981, 46(1): 231–233.
- [35] White A, O’ Sullivan A, Troy D J, et al. Effects of electrical stimulation, chilling temperature and hot – boning on the tenderness of bovine muscles [J]. *Meat Science*, 2006, 73(2): 196–203.
- [36] Piqueras – Fiszman B, Spence C. The influence of the feel of product packaging on the perception of the oral – somatosensory texture of food [J]. *Food Quality & Preference*, 2012, 26(1): 67–73.
- [37] Ganhão R, Morcuende D, Estévez M. Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage [J]. *Meat Science*, 2010, 85(3): 402–409.
- [38] 赵红艳. 低压电刺激和冷却方式对山羊肉品质影响的研究 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2009.
- [39] 孙竹琰, 钟光辉. 九龙牦牛肌肉组织学特性研究 [J]. 西南

- 83-87.
- [6] 田晓琳. 高压糊化玉米、糯玉米和糜子淀粉重结晶过程中性质和结构变化研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [7] Singh S, Singh N, Isono N, et al. Relationship of granule size distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2010, 58(2): 1180-1188.
- [8] Kohyama K, Matsuki J, Yasui T, et al. A differential thermal analysis of the gelatinization and retrogradation of wheat starches with different amylopectin chain lengths [J]. Carbohydrate Polymers, 2004, 58(1): 71-77.
- [9] Mua J P, Jackson D S. Retrogradation and gel textural attributes of corn starch amylose and amylopectin fractions [J]. Journal of Cereal Science, 1998, 27(2): 157-166.
- [10] Zhong F, Yokoyama W, Wang Q, et al. Rice starch, amylopectin, and amylose: Molecular weight and solubility in dimethyl sulfoxide-based solvents [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2006, 54(6): 2320-2326.
- [11] Chen M H, Bergman C J. Method for determining the amylose content, molecular weights, and weight - and molar - based distributions of degree of polymerization of amylose and fine - structure of amylopectin [J]. Carbohydrate Polymers, 2007, 69(3): 562-578.
- [12] Zhou X, Wang R, Yoo S H, et al. Water effect on the interaction between amylose and amylopectin during retrogradation [J]. Carbohydrate Polymers, 2011, 86(4): 1671-1674.
- [13] Zhang Y, Liu W, Liu C, et al. Retrogradation behaviour of high-amylose rice starch prepared by improved extrusion cooking technology [J]. Food Chemistry, 2014, 158(11): 255.
- [14] Yoshio N, Maeda I, Hisamatsu M. Relationship between fine structure and properties of gelatinization and retrogradation of starches from wheat harvested in Japan and Canada [J]. Journal of Applied Glycoscience, 2011, 59(1): 1-9.
- [15] Chang Y H, Lin J H, Chang S Y. Physicochemical properties of waxy and normal corn starches treated in different anhydrous alcohols with hydrochloric acid [J]. Food Hydrocolloids, 2006, 20(2-3): 332-339.
- [16] Lin J H, Chang Y H. Molecular degradation rate of rice and corn starches during acid-methanol treatment and its relation to the molecular structure of starch [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2006, 54(16): 5880-5886.
- [17] Chang Y H, Lin J H. Effects of molecular size and structure of amylopectin on the retrogradation thermal properties of waxy rice and waxy corn starches [J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(4): 645-653.
- [18] Lin J H, Singh H, Cui J Y, et al. Genotype diversity in structure of amylopectin of waxy rice and its influence on gelatinization properties [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 92(2): 1858-1864.
- [19] Cooke D, Gidley M J. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinisation: Origin of the enthalpic transition [J]. Carbohydrate Research, 1992, 227(92): 103-112.
- [20] Tester R F. Influence of growth conditions on barley starch properties [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 1997, 21(2): 37-45.
- [21] Phrukwiattanakul P, Wichienchotand S, Sirivongpaisal P. Comparative studies on physico-chemical properties of starches from jackfruit seed and mungbean [J]. International Journal of Food Properties, 2014, 17(9): 1965-1976.
- [22] Lin J H, Lee S Y, Chang Y H. Effect of acid - alcohol treatment on the molecular structure and physicochemical properties of maize and potato starches [J]. Food & Machinery, 2003, 53(4): 475-482.
- [23] Hasjim J, Li E, Dhital S. Milling of rice grains: effects of starch/flour structures on gelatinization and pasting properties [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 92(1): 682-690.
- [24] Kuakpetoon D, Wang Y J. Internal structure and physicochemical properties of corn starches as revealed by chemical surface gelatinization [J]. Carbohydrate Research, 2007, 342(15): 2253-2263.
- [25] Wang L, Xu J, Fan X, et al. The effect of branched limit dextrin on corn and waxy corn gelatinization and retrogradation [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 106: 116-122.
- [26] Hu X, Xu X, Jin Z, et al. Retrogradation properties of rice starch gelatinized by heat and high hydrostatic pressure (HHP) [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 106(3): 262-266.
- [27] 肖东, 周文化, 邓航, 等. 鲜湿面抗老化剂复配工艺优化及老化动力学 [J]. 农业工程学报, 2015(23): 261-268.
- (上接第 21 页)
- 民族大学学报: 自然科学版, 1990(3): 31-36.
- [40] 杨博辉, 王敏强, 陆伟璘, 等. 大通牦牛肌肉纤维组织学特性研究 [J]. 中国草食动物科学, 2001, 3(5): 78-79.
- [41] 孙竹琬. 藏山羊肌肉组织学特性研究 [J]. 西南民族大学学报: 自然科学版, 1991, 98(3): 48-54.
- [42] 杨晓静, 赵茹茜, 陈杰, 等. 猪背最长肌纤维类型的发育性变化及其品种和性别特点 [J]. 中国兽医学报, 2005, 25(1): 89-94.
- [43] 蔡治华, 蔡旭冉. AA 肉鸡肌纤维直径、嫩度变化与相关性分析 [J]. 中国畜牧兽医, 2007, 34(2): 36-38.
- [44] Santé-Lhoutellier V, Astruc T, Marinova P, et al. Effect of meat cooking on physicochemical state and *in vitro* digestibility of myofibrillar proteins [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2008, 56(4): 1488-1494.
- [45] Kaur L, Maudens E, Haisman D R, et al. Microstructure and protein digestibility of beef: The effect of cooking conditions as used in stews and curries [J]. LWT - Food Science and Technology, 2014, 55(2): 612-620.
- [46] Santé-Lhoutellier V, Engel E, Aubry L, et al. Effect of animal (lamb) diet and meat storage on myofibrillar protein oxidation and *in vitro* digestibility [J]. Meat Science, 2008, 79(4): 777-783.