

基于主成分分析法 对冷冻滩羊肉品质评价模型的构建

杨文婷,李俊丽,孔 丰,罗瑞明*
(宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

摘要:为建立与完善冷冻滩羊肉客观评价体系,本研究分别测定经过-30、-40、-50、-60、-70℃静止空气冻结后滩羊肉的pH、汁液流失率等指标,运用主成分分析法构建滩羊肉品质的评价模型。结果表明:不同冻结温度对滩羊肉的蒸煮损失无显著影响($p > 0.05$),随着冻结温度的上升,pH显著下降($p < 0.05$),系水力波动降低,汁液流失率波动上升,亮度和红度值逐渐降低,剪切力值波动降低;第一至第二主成分的累积贡献率达95.74%,足以描述七项理化指标反应出的滩羊肉品质。该模型的评价结果与感官评价结果具有良好的一致性,能综合的反映滩羊肉品质的优劣,为滩羊肉理化品质的评价提供了新方法。

关键词:滩羊肉,冻结温度,主成分分析,理化品质,评价模型

Modeling for quality evaluation of frozen lamb based on principal component analysis

YANG Wen-ting, LI Jun-li, KONG Feng, LUO Rui-ming*
(College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to establish and perfect the objective evaluation system of frozen lamb, in this research, the effects of frozen temperatures including -30, -40, -50, -60, -70℃ on the quality of Tan mutton were investigated, and the pH and juice loss rate were measured, the quality evaluation model of mutton was constructed by principal component analysis. The results showed that different freezing temperatures had no significant effect on the cooking loss ($p > 0.05$), with the increase of freezing temperature, the pH decreased ($p < 0.05$), the hydraulic fluctuation decreased, the juice loss rate increased, the brightness and redness value decreased, and the shear force value fluctuation decreased. The first to the second principal component of the cumulative contribution rate reached 95.74%, enough to describe the seven physical and chemical indicators reflect the quality of Tan mutton. Meanwhile, the model had a good agreement with sensory evaluation, it can synthetically reflected the quality, provide a new evaluation method of mutton physical and chemical quality.

Key words: lamb mutton; freezing temperature; principal component analysis; physical and chemical quality; evaluation model

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)09-0300-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.09.049

滩羊是宁夏地区具有代表性的畜种,因其肉质细嫩、多汁爽口、膻味淡薄、加工与食用品质俱佳,而被列入宁夏“五宝”之中^[1]。肉品质是鲜肉或加工肉的外观、适口性、营养价值等各方面理化性质的综合,它的优劣直接影响了消费者购买欲望^[2]。由于滩羊的养殖需要固定周期,幼崽的出栏时间不能完全符合市场的即时需求,部分滩羊肉产品需通过冷冻方式来实现较长时间的贮藏,因此建立与完善冷冻滩羊肉的品质客观评价体系尤为重要。滩羊肉是富含组织液的蛋白胶体,冰点温度在-1.4~1.7℃之间^[3]。由食品的冻结曲线可以知道滩羊肉在深冻冰

箱中的冻结过程分为三个阶段,首先滩羊肉与周围冷空气不断进行能量的热辐射传递,其温度不断降低,当温度降至-1.5℃时,滩羊肉中的液体开始逐渐相变为冰晶;然后温度继续下降,冰晶不断增长;最终温度达到-60℃附近时,滩羊肉中的液相才能全部冻结^[4]。

主成分分析(principal component analysis)是设法将原来众多具有一定相关性(比如P个指标),重新组合成一组新的互相无关的综合指标来代替原来的指标^[5]。主成分分析法已普遍应用于白茶、复合营养米、烟草、肉制品等产品品质的定量描述中^[6],目前

收稿日期:2016-11-11

作者简介:杨文婷(1992-),女,硕士研究生,研究方向:畜产品贮藏与加工,E-mail: yangwenting199209@163.com。

* 通讯作者:罗瑞明(1964-),男,博士,教授,研究方向:畜产品贮藏与加工,E-mail: ruimingluo.nx@163.com。

基金项目:国家科技支撑计划课题“新丝路经济带清真食品生产技术升级与品牌创新模式研究及应用示范”(2015BAD29B05)。

在肉制品方面的应用主要是研究不同加工方式^[7]或香辛料^[8]对熟制品风味物质的影响,而对肉的品质评价模型的研究较少。

本研究以新鲜滩羊羊腿肉为原料,分别测定经过-30、-40、-50、-60、-70℃静止空气冻结后滩羊肉的pH、系水力、汁液流失、色泽、剪切力等指标,建立滩羊肉品质的主成分分析法评价模型,并通过感官评价对模型进行验证,以期冷冻滩羊肉品质评价方法和标准提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜滩羊羊腿肉(育龄10个月)由宁夏银川市大夏牧场清真食品有限公司提供。

BCD-649WE型普通冰箱 青岛海尔股份有限公司; MDF-U4086S型低温冰箱 三洋生物医学电子有限公司; MDF-382E(CN)型深冻冰箱 松下冷链(大连)有限公司; HH.SY21-Ni6-c型恒温水浴锅 北京长源实验设备厂; TDL-5-4型台式离心机 北京安亭科学仪器厂制造; AL204型电子天平 上海梅特勒-托利多仪器有限公司; PHS-3C型数字酸度计 上海光学仪器厂; CR-400型自动色差仪 上海图新电子科技有限公司; TA_XTC型质构仪 上海保圣实业发展有限公司; TP101型防水中心温度计 烟台创业测控工程有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 前处理方式 新鲜滩羊羊腿,剔除筋腱、肌束膜,分割为约100g(4cm×8cm)的块状。使用PA/PE/PP/PET/EVOH多层复合软塑袋对其进行包装,样品平铺、无叠压,将肉样分为5个组,编号为A、B、C、D、E,分别放入低温冰箱和深冻冰箱进行静止空气冻结,温度依次设定为-30、-40、-50、-60、-70℃,24h后采取25℃静止空气解冻,肉心温度到3℃^[9]。

1.2.2 指标测定

1.2.2.1 pH测定 参考文献[10]的方法:准确称取5g肉样,先用小刀切成碎末,再用研钵磨成肉泥,边搅拌边将45mL蒸馏水逐渐加入研钵内,在常温下静置600s,用数字酸度计测定pH。

1.2.2.2 系水力测定 参考文献[11]的方法:切取肉样(10g左右),用无纺布擦拭其表面水滴后称取质量,离心1200s(2500r/min),再用无纺布擦拭其表面水滴后称取质量,按式(1)计算系水力:

$$A(\%) = \left(1 - \frac{M_0 - M_1}{M_0}\right) \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中:A-系水力,%; m_0 -离心前滩羊肉的质量,g; m_1 -离心后滩羊肉的质量,g。

1.2.2.3 汁液损失率测定 参考文献[12]的方法:滩羊肉称重后冻结,解冻后用无纺布擦拭其表面水滴再称取质量,按式(2)计算汁液损失率:

$$C(\%) = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \times 100 \quad \text{式(2)}$$

式中:C-汁液流失率,%; d_0 -冻结前滩羊肉的质量,g; d_1 -解冻后滩羊肉的质量,g。

1.2.2.4 蒸煮损失率测定 参考文献[13]的方法:用

无纺布擦拭滩羊肉表面水滴,准确称重后放入蒸煮袋密封并投入恒温水浴锅中(80℃、40min)蒸煮,放置降温后拿无纺布擦拭其表层水滴并称重,按式(3)算出蒸煮失水率:

$$E(\%) = \frac{f_0 - f_1}{f_0} \times 100 \quad \text{式(3)}$$

式中:E-蒸煮损失率,%; f_0 -煮前滩羊肉的质量,g; f_1 -煮后滩羊肉的质量,g。

1.2.2.5 色泽的测定 使用手持色差计测定滩羊肉的色泽。冻结前将滩羊肉切成厚度1cm左右的片状,解冻后用无纺布擦拭其表面水滴,借鉴文献[14]确定采用双面测定,在滩羊肉的正反面分别选取三个测量点,三个测量点均匀的分布在最长对角线上,对每个测试点进行三次重复测定亮度值(L^*)和红度值(a^*)。

1.2.2.6 剪切力的测定 参考文献[15]的方法。该指标使用质构仪进行测定,滩羊肉经冻融处理后斩断为棱长3cm的立方体,质构仪探头方向与肌纤维走向呈90°角,压切肉样,每种冻结条件进行三次重复测定。

1.2.2.7 数据的标准化 通过计算各种冻结温度的得分,评价各冻结温度下肉品的优劣。七项理化指标的数量级与量纲并不完全相同,所以每项理化指标的每个数据需要进行标准化后,才能带入函数,每个数据按照式(4)计算处理。

$$A_i = \frac{a_i - a_0}{a_s} \quad \text{式(4)}$$

式中: A_i -标准化数据; a_i -原始数据; a_0 -该项理化指标的平均值; a_s -该项理化指标的标准差。

1.3 感官评价

本实验选择色泽、气味、组织状态、弹性及煮沸后肉汤及评价总分六项指标作为冷冻滩羊肉的感官评价指标,评价总分为其他五项指标之和的平均值。采用5分制进行感官质量评价,评价标准^[16]如表1所示。选择畜产品相关专业研究生10人作为参评人员,分别对冷冻滩羊肉的各项指标进行等级评定,并记录评分结果。每个评价员必须独立打分,不能互相交流,在评价样品前后用清水漱口,防止口腔中余留的味道对待评价样品的影响。

将样品各取100g,单独放入恒温水浴锅中添加500mL蒸馏水100℃煮制30min,将肉块取出后,分别让评分小组成员评定打分^[17]。

1.4 统计分析

5个处理组的实验结果均取3次重复测定的平均值,并以平均值±标准偏差表示,运用Microsoft office Excel 2010进行绘图,数据采用IBM SPSS Statistics 21.0进行方差分析和主成分分析^[18]。

2 结果与分析

2.1 理化指标

由表2可知,不同冻结温度对滩羊肉的各项理化指标均有一定影响。其中蒸煮损失受冻结条件的影响较小,该项指标均无明显差异($p > 0.05$)。滩羊肉的化学本质是富含组织液的蛋白胶体,继而滩羊

表1 冷冻滩羊肉的感官质量评价标准

Table 1 The sensory evaluation criteria of frozen mutton

评价指标	感官等级				
	5分(很好)	4分(好)	3分(一般)	2分(差)	1分(很差)
色泽	颜色鲜红,有泽	颜色较鲜红,有光泽	颜色暗红,无光泽	色泽灰暗或苍白,无光泽	色泽暗褐色,不能接受
气味	具有鲜羊肉特有的气味,无任何异味	具有羊肉气味,无异味	稍有氨味	有氨味	有腐败气味,不能接受
弹性	弹性好,指压后凹陷立即恢复	弹性较好,指压后可恢复	弹性一般,指压后缓慢恢复	无弹性,指压后不能恢复	弹性丧失,指压后有凹陷
组织状态	无汁液流失	少量汁液流失	汁液流失较多	汁液流失多	汁液大量流失
煮沸后的肉汤	肉汤透明澄清,脂肪团聚于表面,具有香味	肉汤较香,脂肪团聚于表面	肉汤没有香味	肉汤浑浊,有异味	肉汤变色,异味重

表2 不同冻结条件处理下滩羊肉的理化指标

Table 2 Changes of physical indicators from Tan mutton at different freeze conditions

实验分组(°C)	pH	系水力(%)	汁液流失率(%)	蒸煮损失率(%)	剪切力(g)	L^*	a^*
-70	6.24 ± 1.01 ^a	82.36 ± 2.32 ^a	22.62 ± 0.62 ^a	42.35 ± 2.36 ^a	2863.01 ± 72.62 ^a	39.62 ± 2.62 ^a	18.62 ± 1.32 ^a
-60	6.11 ± 0.42 ^b	85.32 ± 1.23 ^b	18.26 ± 1.62 ^b	43.75 ± 1.52 ^a	2885.29 ± 99.30 ^a	38.62 ± 1.62 ^a	18.69 ± 0.95 ^a
-50	6.06 ± 0.62 ^c	80.36 ± 2.31 ^c	28.24 ± 0.62 ^c	44.99 ± 2.36 ^a	2635.42 ± 85.32 ^b	35.62 ± 0.95 ^b	14.32 ± 0.63 ^b
-40	6.05 ± 0.32 ^c	81.62 ± 0.85 ^c	28.25 ± 1.45 ^c	45.62 ± 2.62 ^a	2598.35 ± 93.51 ^b	34.69 ± 0.62 ^b	13.69 ± 0.65 ^b
-30	5.88 ± 0.05 ^d	75.65 ± 1.02 ^d	33.45 ± 3.45 ^d	42.23 ± 2.62 ^a	2231.65 ± 56.32 ^c	30.36 ± 1.95 ^c	10.56 ± 0.56 ^c

注:同一列中不同字母表示数值差异显著($p < 0.05$)。

肉产生蒸煮损失的本质原因是蛋白胶体受热变性凝集,结构蛋白发生热变性收缩,水分的存留空间减小,导致水分伴随少量水溶性物质流出^[19]。相比加热带来的蛋白质剧烈变性,冻融仅是温和的处理方式,蛋白受其影响较小,其对蒸煮损失的影响可以忽略。

伴随冻结温度不断上升,滩羊肉 pH 呈现显著下降趋势,从 6.24 降为 5.88。其中 -30 °C 静止空气冻结组的 pH 已经低至 5.88,酸度过高将会严重影响肉品的色泽^[20]。冻融处理后,滩羊肉的酸度变化一般受两大因素影响,宏观因素是冻融过程中的汁液流失,导致肌肉中水分含量减少;微观原因是样品未完全成熟,在肌纤维中,肌糖原继续无氧酵解产酸,致使 pH 下降。本研究中的 pH 显著差异($p < 0.05$),可能由以上两种因素协同引发。

不同冻结温度处理的滩羊肉,其汁液流失率和系水力都存在着显著的差异($p < 0.05$)。伴随冻结温度不断上升,滩羊肉的汁液流失率从 22.62% 波动上升为 33.45%, -60 °C 静止空气冻结组的系水力值最大,为 85.32%。造成该变化的原因可能是,本实验采用普通冰箱、低温冰箱、深冻冰箱对样品进行冻结,三种冰箱的制冷功率存在一定差异,进而导致滩羊肉中冰晶的生成速率存在差异,即冻结过程中穿越最大冰晶带生成带的耗时存在差异,因此不同冻结温度对滩羊肉质构的破坏程度不同,最终表现为持水能力不同^[21]。-60 °C 静止空气冻结组中,滩羊肉的系水力最高、汁液流失最少,即该组滩羊肉的水分裹挟能力最强。

剪切力是指施加于相邻物体表面,引起相反方向的进行性平行滑动力量,通过其数值高低体现出肉的咀嚼品质,也是表示嫩度的一个指标。伴随冻结温度的逐步上升,其值从 2863.01 g 波动降低为 2231.65 g,滩羊肉的耐嚼性波动降低, -70 °C 静止空气冻结组中,滩羊肉的嫩度最佳。剪切力的大小本质上取决于肉品内部构造的阻力,包括肌原纤维、结缔组织等。产生该实验结果的原因,可能是内酶对肌原纤维的降解,样品温度愈高,酶活性愈高,进而分解水平愈高^[22]。

滩羊肉的色泽,受冻结条件影响而存在着显著的差异($p < 0.05$), L^* 表示滩羊肉的亮度, a^* 表示滩羊肉的红度, b^* 表示滩羊肉的黄度,人们对肉品的视觉购买欲主要取决于亮度和红度,因此本文只考量 L^* 值、 a^* 值。-70 °C 静止空气冻结组中,滩羊肉的色泽最好,亮度值和红度值分别为 39.62 和 18.62。伴随冻结温度的逐步上升,滩羊肉的亮度和红度逐渐降低。造成该实验结果的原因可能是,滩羊肉的冻结温度不同,冻结温度提高导致细菌的生长、繁殖加快,致使滩羊肉中氧气含量减少,进而加速了呈色蛋白的进一步吸氧,最终造成滩羊肉的色泽变深、变暗。肉品的酸度也会影响色泽,在酸度较高的肉品中,氧合血红蛋白稳定性较差,容易脱氧失色^[23];高酸度还会减弱血色素与结构蛋白的联系,从而加速其氧化失色。

2.2 理化指标的主成分分析及模型构建

表 3 是由 5 种冻结温度和 7 项理化指标构成的矩阵,对该 5 × 7 的矩阵进行主成分分析。

表3 主成分的特征值及方差贡献率
Table 3 Eigenvalues of principal components and their variance contributions

主成分	特征值	方差贡献率 (%)	方差累积贡献率 (%)
1	5.607	80.102	80.102
2	1.095	15.638	95.740
3	0.285	4.070	99.809
4	0.013	0.191	100.000
5	0.000	0.000	100.000
6	0.000	0.000	100.000

由表3可见,第一主成分为5.607,累积贡献为80.102%,第二主成分为1.095,累积贡献为95.740%。第一主成分与第二主成分均大于1,至第二主成分的累积贡献已超越85%。这说明第一主成分加第二主成分足以描述七项理化指标反应出的滩羊肉品质,用主成分的方差贡献率做加权系数,得到综合评价函数^[24],得到冻结温度的综合评价函数: $K = 80.102K_1 + 15.638K_2$ (K 为评价函数数, K_1 为主成分1, K_2 为主成分2,依据对每个评价对象计算出的 K 值大小进行排序)。

表4是不同冻结条件的综合成绩与名次,得分愈高名次愈前,滩羊肉品质愈好。不同冻结条件从优到劣顺序是:-60℃静止空气冻结>-70℃静止空气冻结>-50℃静止空气冻结>-40℃静止空气冻结>-30℃静止空气冻结。-60℃静止空气冻结的滩羊肉,其解冻后的综合品质优于-70℃静止空气冻结组。该实验结果的产生原因可能是,当温度达到-60℃附近时,肉类中的液相已全部冻结,温度再次降低对其影响已然十分微小,反而过低的冻藏温度拉长了相同条件下肉类的解冻时间^[25],从而可能致使微生物的繁殖、代谢增多,继而引起品质降低。

表4 不同冻结温度下滩羊肉理化指标的综合得分及排名
Table 4 Comprehensive score and rank of physical and chemical indexes of tan sheep under different freezing

冻结温度	K	排序
-70℃静止空气冻结	3.757188	2
-60℃静止空气冻结	4.331034	1
-50℃静止空气冻结	-0.54302	3
-40℃静止空气冻结	-0.67718	4
-30℃静止空气冻结	-6.86802	5

2.3 感官评价的结果

感官评价是一种常用的肉质评价方法,也是现代肉制品工业中不可缺少的分析方法,本实验从色泽、气味、组织状态、弹性、煮沸后肉汤及评价总分六项指标对肉样进行打分评价,结果如图1。

图1为不同冻结温度下对色泽评分、气味评分、弹性评分、组织形态评分、煮沸后肉汤评分及评价总分的汇总图。从图1中可以看出,-70℃和-60℃的色泽评分相差不大,分别为4.34和4.50分,-30℃的评分最低为2.68分,颜色灰暗,无光泽;气味评分和弹性评分总体相差不大,具有羊肉气味,无异味具有

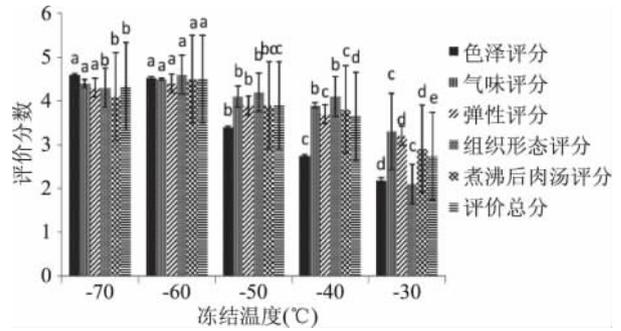


图1 感官评分汇总图

Fig.1 Sensory score summary chart

注:不同字母代表差异显著 $p < 0.05$ 。

弹性指压后可以恢复;-30℃条件下肉品汁液流失较多,组织形态评分最低,分值为2.1分;-60℃条件下样品煮沸后肉汤透明清澈,具有香味,得分最高,分值为4.5分;评价总分由大到小的顺序为:-60℃静止空气冻结>-70℃静止空气冻结>-50℃静止空气冻结>-40℃静止空气冻结>-30℃静止空气冻结。根据评价模型得出的排序与感官评价的排序具有良好的一致性,说明基于主成分分析得到的滩羊肉理化指标的评价模型具有真实可靠性。

3 结论

冻结温度对滩羊肉的蒸煮失水无明显影响,而对其余理化指标均有较明显的影响。伴随冻结温度的逐渐上升,滩羊肉的汁液流失率波动上升,系水力、剪切力波动降低,酸性显著增强,亮度和红度逐渐降低。其中系水力最好的是-60℃静止空气冻结组,色泽和嫩度最好的是-70℃静止空气冻结组。

利用主成分分析法,对滩羊肉的七项理化指标进行了综合分析,得到了不同冻结温度下滩羊肉的评价函数,即 $K = 80.102K_1 + 15.638K_2$,依据对每个评价对象计算出的 K 值大小进行排序,可以得出不同冻结温度从优到劣顺序是:-60℃静止空气冻结>-70℃静止空气冻结>-50℃静止空气冻结>-40℃静止空气冻结>-30℃静止空气冻结。评价模型得出的排序与感官评价的排序具有良好的一致性,说明基于主成分分析得到的滩羊肉理化指标的评价模型具有真实可靠性。

参考文献

[1]崔磊,杨芳,李玉凤.宁夏盐池滩羊产业发展现状及策略分析[J].安徽农业科学,2014,16:5261-5263.
 [2]谷英,孙海洲,桑丹,等.肉质评定指标及影响因素的研究进展[J].中国畜牧兽医,2013(7):100-106.
 [3]荆红彭,刘敬斌,黄汝敏,等.鲜肉冰点及与主要理化指标的相关性[J].肉类研究,2014(8):1-4.
 [4]何向丽.猪里脊肉冻结解冻特性及高压静电场(HVEF)解冻机理研究[D].北京:中国农业大学,2016.
 [5]郭丽,蔡良绥,林智,等.基于主成分分析法的白茶香气质量评价模型构建[J].热带作物学报,2010,31(9):1606-1610.
 [6]赵华武,贺帆,李祖良,等.基于主成分分析法的烤烟香气品质评价模型构建[J].西北农业学报,2012(2):88-93.

(下转第313页)

- [8]王军节, 毕阳, 范存斐, 等. 采后水杨酸处理对早酥梨果实质泽和质地的影响[J]. 现代食品科技, 2010, 26(10): 1047-1051.
- [9]茅林春, 张上隆. 果胶酶和纤维素酶在桃果实成熟和絮败中的作用[J]. 园艺学报, 2001, 28(2): 107-111.
- [10]Fishman M L, Levaj B, Gillespie D. Changes in the physico-chemical properties of peach fruit pectin during on-tree ripening and storage[J]. Amer Soc Hort Sci, 1993, 118(3): 343-349.
- [11]韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 108-111.
- [12]大连轻工业学院. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1994: 234-237.
- [13]中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 146-150.
- [14]张婷, 车凤斌, 李萍, 等. 气调对库尔勒香梨果实贮藏质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(30): 14566-14568.
- [15]Byun J K, Her J S, Change K H, et al. Changes in pectic substances and cell wall hydrolases during ripening and storage of apple fruit[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1993.
- [16]Huber D J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening[J]. Horticultural Reviews, 1983, 5: 169-219.
- [17]李萍, 廖康, 赵世荣, 等. 杏果实发育成熟过程中细胞壁组分和水解酶活性的变化[J]. 新疆农业大学学报, 2013, 36(4): 298-303.
- [18]吴萍, 田世平, 徐勇. 气调贮藏对壶瓶枣果实细胞壁和角质层成分及品质的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(2): 619-625.
- [19]罗自生. 柿果实采后软化过程中细胞壁组分代谢和超微结构的变化[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2005, 31(6): 651-656.
- [20]李金龙. 采后不同浓度钙处理对贮藏期间李果实硬度及果胶含量的影响[J]. 中国林副特产, 2015(2): 20-22.
- [21]魏建梅, 朱向秋, 袁军伟, 等. 1-MCP对采后嘎拉苹果果实淀粉及细胞壁成分变化的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 121-124.
- [22]茅林春, 张上隆. 果胶酶和纤维素酶在桃果实成熟和絮败中的作用[J]. 园艺学报, 2001, 28(2): 107-111.
- [23]陈金印, 陈明, 甘霖. 1-MCP处理对冷藏“金魁”猕猴桃果实采后生理和品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(1): 1-5.
- (上接第303页)
- [7]彭小丽. 不同温度处理对绵羊肉中挥发性成分的影响[D]. 石河子: 石河子大学, 2014.
- [8]张同刚. 香辛料对手抓羊肉挥发性成分的影响及其气相指纹图谱研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2015.
- [9]张丽文, 孔丰, 李俊丽, 等. 不同解冻条件对滩羊肉水分的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 22: 103-107.
- [10]鲁蒙, 巴吐尔·阿不力克木, 欧阳宇恒, 等. 冻藏时间及pH对宰后不同部位羊肉保水性变化的影响[J]. 肉类研究, 2013(9): 26-30.
- [11]王薇, 罗瑞明, 李俊丽, 等. 不同贮藏温度下滩羊肉的保水性及色泽变化特性[J]. 食品与机械, 2015(3): 140-144.
- [12]Honikel K O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat[J]. Meat Science, 1998, 49(4): 447-457.
- [13]Wulf D M, Wise J W. Measuring muscle color on beef carcasses using the L* a* b* color space[J]. Journal of Animal Science, 1999, 77(9): 2418-2427.
- [14]周婷, 陈霞, 刘毅, 等. 加热处理对北京油鸡和黄羽肉鸡质构以及蛋白特性的影响[J]. 食品科学, 2007, 12: 74-77.
- [15]赵建生, 柴会悦, 黄现青, 等. 四种不同气调包装的冷却猪肉在冷藏过程中的理化及感官变化[J]. 肉类研究, 2010(3): 45-48.
- [16]张宏博, 靳焯. 基于模糊数学的羊肉感官综合评价方法[J]. 肉类研究, 2011, 12: 15-18.
- [17]李玉珍, 肖怀秋. 模糊数学评价法在食品感官评价中的应用[J]. 中国酿造, 2016(5): 16-19.
- [18]苏键, 陈军, 何洁. 主成分分析法及其在食品感官评价中的应用[J]. 轻工科技, 2012(9): 12-13, 16.
- [19]Lina Cheng, Da-Wen Sun. Effects of high pressure freezing (HPF) on denaturation of natural actomyosin extracted from prawn (*Metapenaeus ensis*) [J]. Food chemistry, 2017, 15: 252-259.
- [20]袁先群. 肉类色泽变化机理研究进展[J]. 肉类研究, 2010(9): 6-12.
- [21]苏永玲, 谢晶. 冻结和解冻过程对水产品品质的影响[J]. 食品工业科技, 2011(1): 304-308.
- [22]张婷, 吴燕燕, 李来好, 等. 咸鱼品质的质构与感官相关性分析[J]. 水产学报, 2013(2): 303-310.
- [23]陈景宜. 冷却牛肉褪色的生化因素分析及肉色稳定性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [24]郭丽, 蔡良绥, 林智, 等. 基于主成分分析法的白茶香气质量评价模型构建[J]. 热带作物学报, 2010(9): 1606-1610.
- [25]常海军, 唐翠, 唐春红, 等. 不同解冻方式对猪肉品质特性的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 1-5.