

彭章蓉, 毕融冰, 任雨贺, 等. 不同年龄梅花鹿肉品质感官评价与食用品质分析 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (7): 28-35.

PENG Z R, BI R B, REN Y H, et al. Sensory evaluation and food quality analysis of meat quality of sika deer at different ages [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (7): 28-35.

不同年龄梅花鹿肉品质感官评价与食用品质分析

彭章蓉, 毕融冰, 任雨贺, 孙皓然, 赵金凤, 赵卉*, 张铁涛*

(中国农业科学院特产研究所, 吉林 长春 130117)

摘要: 旨在比较 2~4 岁龄梅花鹿不同部位肉品质感官品质和食用品质。选取梅花鹿颈部、上脑、外脊、前腿、鹿排、里脊、后腿、前腱子、鹿腩和后腱子肌肉组织, 检测肉色亮度 (L^* 值)、红度 (a^* 值)、黄度 (b^* 值) 以及滴水损失、蒸煮损失、pH 值、嫩度、肌苷酸含量、呈味氨基酸含量等肉品质指标。结果: 2 岁龄梅花鹿 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值、呈味氨基酸含量均好于 3、4 岁龄梅花鹿, 肉色最佳, 风味独特; 3、4 岁龄鹿肉蒸煮损失和滴水损失显著高于 2 岁龄 ($P<0.05$); 2 岁龄鹿肉 pH 值显著高于 3、4 岁龄 ($P<0.05$), 剪切力显著低于 3、4 岁龄 ($P<0.05$); 3 岁龄鹿肉肌苷酸含量显著高于 2、4 岁龄 ($P<0.05$)。上脑、前腿部分肌肉蒸煮损失和滴水损失显著低于其他部位, 肉色较其他部位更鲜亮 ($P<0.05$); 里脊、前腱子部分肌肉嫩度在 18.67~59.41 N, 显著低于颈部、后腱子 ($P<0.05$), 里脊肉肌苷酸含量显著高于前腱子 ($P<0.05$)。不同年龄和部位的鹿肉呈味氨基酸含量差异显著 ($P<0.05$)。pH 值与滴水损失、嫩度, 滴水损失与蒸煮损失, L^* 值与 b^* 值, a^* 值与 b^* 值、 L^* 值、嫩度均呈正相关, a^* 值与滴水损失、蒸煮损失呈负相关 ($P<0.05$)。由此可见, 梅花鹿不同年龄和部位的肉品质差异显著, 2、3 岁龄梅花鹿肉色明亮, 肉质鲜嫩, 风味独特, 里脊、前腱子肉质鲜嫩, 上脑、前腿肉色鲜亮、滴水损失低, 可作为高品质鹿肉进行开发利用。

关键词: 年龄; 部位; 梅花鹿; 食用品质; 感官品质

中图分类号: S865.4+2

文献标志码: A

文章编号: 0529-5130(2024)07-0028-08

Sensory evaluation and food quality analysis of meat quality of sika deer at different ages

PENG Zhangrong, BI Rongbing, REN Yuhe, SUN Haoran, ZHAO Jinfeng, ZHAO Hui*, ZHANG Tietao*

(Institute of Specialties, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130117, China)

Abstract: The aim of this study was to compare the sensory and edible qualities of meat from different parts of sika deer at 2 to 4 years of age. The muscle tissues of the neck, upper brain, external spine, foreleg, steak, loin, hind leg, front tendon, brisket and hind tendon of the deer were examined for meat color brightness (L^*), redness (a^*), yellowness (b^*), and meat quality indexes, such as dripping loss, cooking loss, pH, tenderness, inosinic acid, and flavor-presenting amino acids. The results were as follows: The L^* value, a^* value, b^* value, and flavor presenting amino acids of 2-year-old sika deer were better than those of 3-year-old and 4-year-old sika deer, with the meat color being the best in a unique flavor. The steaming loss and dripping loss of the 3-year-old and 4-year-old sika deer were significantly higher than those of the 2-year-old sika deer ($P<0.05$). The pH value of the 2-year-old sika deer was significantly higher than that of the 3-year-old and 4-year-old sika deer ($P<0.05$); and their shear force was significantly lower than that of the 3-year-old and 4-year-old sika deer ($P<0.05$). The venison inosinic acid content in the 3-year-old sika deer was significantly higher ($P<0.05$) than in the deer at 2 and 4 years of age. In the same deer, the steaming loss and dripping loss of the upper brain and the foreleg muscle were significantly lower than of the other parts, and the meat color was brighter than that of the other parts ($P<0.05$). The tenderness of muscle in the tenderloin and front tendon muscle was in the range of 18.67~59.41 N, which was significantly lower than that in the neck and hind tendon ($P<0.05$), and the inosinic acid content in the tenderloin was significantly higher than that in the front tendon ($P<0.05$). The differences in flavor-presenting amino acids in the venison of deer at different ages and meat of different body parts were significant ($P<0.05$). The pH value was positively correlated with drip loss and tenderness, drip loss and cooking loss, L^* value and b^* value, a^* value and b^* value, L^* value and

收稿日期: 2023-08-08; 修回日期: 2024-04-17

基金项目: 乌苏里梅花鹿育肥关键技术研究示范项目 (20230402033GH); 中国农业科学院特产研究所大型仪器开发共享后补助项目 (20240404083ZP)

第一作者: 彭章蓉, 女, 硕士研究生

* 通信作者: 张铁涛, 博士, 研究员, 主要从事特产动物营养与饲料科学研究, E-mail: zhangtietao@caas.cn; 赵卉, 硕士, 副研究员, 主要从事经济动植物营养含量研究, E-mail: 308297222@qq.com。

tenderness; and the a^* value was negatively correlated with drip loss and cooking loss ($P < 0.05$). It could be seen that the meat quality of sika deer at different ages and of different body parts varied significantly. The 2-year-old and 3-year-old sika deer had bright meat color, tenderness and unique flavor, tenderness of the loin and front tendon, bright meat color of the upper brain and front leg, and low drip loss, all of which could be developed and utilized as high-quality venison.

Keywords: age; body parts; sika deer; food quality; sensory quality

鹿肉具有高蛋白质、低脂肪、低胆固醇等特点,肉质细嫩,清香淡雅,还具有滋补治疗作用,《神农本草经》、《本草纲目》、《中药大辞典》等皆有记载鹿产品的滋补治疗功效^[1],鹿肉因养殖环境和饮食类型等被誉为“有机食品”^[2],因而受到消费者青睐。Ismail等^[3]从消费者角度将肉品质分为:信赖品质特征(reliance quality traits, RQT),如价格、安全性、营养;感官品质(appearance quality traits, AQT),如肉色、滴水损失等;食用品质(eating quality traits, EQT),如嫩度、风味等。肉的pH值、滴水损失、蒸煮损失、肉色等能很好地体现羊肉品质,羊肉的风味、口感、嫩度等也是肉质评价的重要指标^[4]。肉色、滴水损失、蒸煮损失、pH值等感官品质影响消费者的购买欲和肉的适口性,嫩度、肌苷酸和呈味氨基酸含量等食用品质特征影响肉的口感和风味^[5]。赵改名等^[6]研究表明,新疆褐牛不同部位肌肉嫩度、蒸煮损失等肉品质特征存在差异,适宜不同的加工方式。Kudrnacova等^[2]和Lorenzo等^[7]研究表明,马鹿不同年龄肉品质特征存在差异。此前,金春爱等^[8]对不同部位梅花鹿肉营养品质进行探究,但对梅花鹿不同年龄、部位肉品质感官品质和食用品质方面探究甚少。本研究旨在分析不同年龄、部位鹿肉感官品质和食用品质特征,为肉鹿或肉茸兼用鹿养殖、屠宰、鹿肉加工提供实际指导。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

试验于吉林省双阳市世鹿集团屠宰场进行,采集9头检疫合格的梅花鹿公鹿,2、3和4岁龄各3头。颈部放血宰杀后立刻采集颈部、上脑、外脊、前腿、鹿排、里脊、后腿、前腱子、鹿腩、后腱子共10个部位肌肉组织,剔除筋膜后分为3份保存。1份用于肉色、pH值、滴水损失、蒸煮损失、嫩度等肉品质测定;1份切块绞碎后于50℃电热鼓风干燥机烘干48h,制备成干样,粉碎,过60目筛,用于氨基酸含量测定;1份将肌肉组织部分液氮研磨粉碎后,-80℃冻存,用于肌苷酸含量测定。

1.2 鹿肉感官品质测定

肉色、pH值、滴水损失的测定参照NY/T 1333—2007《畜禽肉质的测定》方法。其中肉色亮

度(L^* 值)、红度(a^* 值)和黄度(b^* 值)采用美能达CR-400彩色色差计测定,pH值在屠宰后24h采用雷磁PHSJ-3F pH计测定,滴水损失每个肉样测定3个平行样。

蒸煮损失测定参照亢其鹏等^[9]的方法,在屠宰后24h,截取30g新鲜肌肉样称重(m_1),装入蒸煮袋后放入80℃恒温水浴锅,热电偶测温仪测定肉样中心温度达到70℃时取出肉样,冷却30min后擦干表面水分,测定蒸煮后肉样重量(m_2)。蒸煮损失= $(m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$ 。

1.3 鹿肉食用品质测定

剪切力测定在屠宰后24h,参照NY/T 1333—2007《畜禽肉质的测定》方法,采用Salter剪切力仪测定3~5次,取平均值。

氨基酸测定参照GB 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》方法,采用日立L-8900全自动氨基酸分析仪进行测定。

肌苷酸测定参照T/NAIA 003—2020《肌肉中肌苷酸的测定高效液相色谱法》方法,采用赛默飞U3000高效液相色谱仪测定。每百克肌肉中肌苷酸含量(mg) = $(c \times v) / m \times 10$,式中: c 为标准曲线下查的肌苷酸浓度($\mu\text{g}/\text{mL}$), v 为试样后定容体积(mL), m 为试样量(g)。

1.4 数据统计与分析

试验数据用“平均值±标准差”表示,采用SPSS 26.0软件进行双因素方差分析,分别比较年龄和部位对不同检测指标的影响及这两个因素对其的相互作用,采用Origin 2021软件绘制Ellipse相关系数矩阵图和Heat Map聚类分析。 $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果

2.1 不同年龄和部位对鹿肉感官品质的影响

由表1可知,梅花鹿不同年龄、部位、年龄与部位交互作用的肉色 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值差异极显著($P < 0.001$)。

由表2可知,梅花鹿不同年龄、部位、年龄与部位交互作用的24h滴水损失、48h滴水损失、蒸煮损失差异极显著($P < 0.001$)。

由表3可知,梅花鹿不同年龄pH值差异显著

($P < 0.05$), 不同部位、年龄与部位交互作用差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 1 不同年龄和部位鹿肉肉色情况

部位	L* 值			a* 值			b* 值		
	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄
颈肉	35.76±1.36	33.22±0.94	32.20±1.02	20.48±1.19	14.85±1.14	12.94±1.44	6.18±0.64	3.18±0.29	4.56±0.78
上脑	30.83±1.48	28.51±0.75	28.45±0.74	17.07±6.03	10.89±0.32	13.44±1.17	4.05±0.46	5.70±0.59	3.87±0.81
外脊	33.04±1.44	27.19±0.10	31.19±1.71	20.38±5.75	10.87±0.40	18.28±5.86	4.21±0.11	2.54±0.93	4.91±0.21
前腿	29.02±0.27	29.42±1.55	30.40±1.00	11.64±0.50	11.87±1.04	14.69±1.10	3.99±0.04	4.01±0.44	2.06±0.49
鹿排	36.35±0.80	28.62±0.91	38.08±0.24	14.13±0.49	13.94±0.73	19.27±0.47	2.63±0.23	3.15±0.12	4.21±0.10
里脊	27.83±0.57	28.18±1.60	36.63±1.15	13.16±0.23	12.16±1.43	11.82±1.00	3.33±0.11	1.82±0.36	4.27±0.88
后腿	33.09±0.57	31.23±0.71	35.60±0.62	16.77±0.60	9.45±0.57	12.46±0.82	5.66±0.59	3.77±0.35	5.66±0.39
前腱子	33.24±0.43	32.00±0.87	28.84±0.76	11.03±0.57	12.19±0.19	13.53±0.91	5.65±0.54	2.12±0.07	3.85±0.08
鹿脯	37.50±0.75	29.70±0.49	28.85±0.71	20.50±0.54	13.16±0.43	14.44±0.80	4.23±0.23	3.62±0.07	1.75±0.23
后腱子	32.12±1.09	23.29±0.97	31.91±1.45	15.07±0.38	8.56±0.33	9.91±0.99	3.79±0.19	0.88±0.10	3.61±0.70
主效应	年龄	部位	年龄+部位	年龄	部位	年龄+部位	年龄	部位	年龄+部位
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 2 不同年龄和部位鹿肉滴水损失和蒸煮损失

部位	24 h 滴水损失			48 h 滴水损失			蒸煮损失		
	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄
颈肉	11.23±0.45	7.91±1.99	11.51±0.43	18.98±0.21	15.91±0.85	20.47±0.54	27.08±0.29	28.33±2.67	44.62±1.10
上脑	4.86±0.16	8.63±0.50	6.69±0.81	13.25±0.51	16.23±0.61	14.19±0.86	33.09±2.99	37.31±2.05	32.56±0.64
外脊	10.11±0.72	7.87±0.52	9.27±1.10	19.56±0.82	18.87±1.26	18.60±0.51	42.25±3.77	26.51±2.26	41.23±2.17
前腿	7.44±0.21	9.10±1.21	9.14±0.17	16.00±0.17	18.39±2.05	17.09±1.11	36.69±0.64	37.04±1.66	53.82±2.22
鹿排	13.74±0.35	13.82±0.85	7.49±0.18	22.20±0.42	23.33±0.44	13.35±0.37	34.59±2.34	43.49±2.85	34.22±1.64
里脊	11.52±0.20	15.57±1.47	8.99±0.20	22.73±0.41	20.64±0.75	16.22±0.50	34.11±1.51	32.89±1.80	33.91±3.32
后腿	9.44±0.07	14.07±0.76	13.47±1.05	16.91±0.08	27.49±1.65	26.03±1.12	33.79±2.46	64.43±1.39	53.62±2.92
前腱子	14.70±0.97	14.65±0.41	15.82±0.68	26.95±1.43	27.18±1.05	23.36±0.55	45.86±0.58	41.09±2.67	37.64±1.63
鹿脯	16.28±0.49	17.24±0.51	13.13±0.95	27.69±0.98	28.65±0.91	22.36±0.13	14.96±1.14	53.17±1.20	35.83±1.55
后腱子	15.49±0.47	18.53±0.43	18.55±1.20	24.88±0.81	29.65±0.48	26.89±0.64	37.84±1.64	26.66±0.69	42.17±3.26
主效应	年龄	部位	年龄+部位	年龄	部位	年龄+部位	年龄	部位	年龄+部位
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 3 不同年龄和部位鹿肉 pH 值

部位	pH 值			部位	pH 值		
	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄		2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄
颈肉	5.97±0.02	5.68±0.04	5.83±0.17	后腿	6.01±0.16	5.75±0.06	5.85±0.13
上脑	5.87±0.07	5.75±0.24	5.77±0.10	前腱子	5.80±0.19	5.80±0.18	5.90±0.25
外脊	5.79±0.14	5.59±0.09	5.77±0.05	鹿脯	5.88±0.25	5.94±0.09	5.75±0.08
前腿	5.79±0.04	5.80±0.05	5.79±0.18	后腱子	5.89±0.05	5.91±0.08	5.94±0.09
鹿排	5.91±0.19	5.62±0.05	5.72±0.22	主效应	年龄	部位	年龄+部位
里脊	5.91±0.11	5.67±0.03	5.73±0.21	P 值	0.002	0.127	0.412

2.2 不同年龄和部位对鹿肉食用品质的影响

由表4可知,梅花鹿不同年龄、年龄与部位交互作用的肌苷酸含量差异极显著 ($P<0.001$),不同部位差异不显著 ($P>0.05$)。

表4 不同年龄和部位每百克鹿肉肌苷酸含量 mg

部位	2岁龄	3岁龄	4岁龄
里脊	0.18±0.03	0.70±0.16	1.48±0.19
前腱子	0.20±0.06	1.58±0.25	0.56±0.18
主效应	年龄	部位	年龄+部位
P值	<0.001	0.946	0.001

由表5可知,梅花鹿不同年龄、部位、年龄与部位交互作用的剪切力值差异极显著 ($P<0.001$)。

由表6、表7可知,梅花鹿不同部位、年龄与部位交互作用的4种呈味氨基酸差异显著 ($P<0.05$),

不同年龄鲜味、无味氨基酸差异极显著 ($P<0.001$)。

表5 不同年龄和部位鹿肉剪切力 N

部位	2岁龄	3岁龄	4岁龄
颈肉	53.57±10.07	45.00±6.82	116.12±7.65
上脑	65.24±6.69	31.58±7.21	60.08±5.87
外脊	44.66±9.60	21.84±3.58	27.95±1.43
前腿	52.38±5.83	49.18±2.72	23.45±2.73
鹿排	48.09±1.55	52.57±3.89	73.63±2.68
里脊	18.67±5.90	18.91±0.91	35.48±3.54
后腿	51.37±2.64	45.89±6.26	32.41±1.94
前腱子	38.96±0.89	59.41±3.71	37.31±1.26
鹿脯	86.81±5.28	80.82±1.95	46.01±1.82
后腱子	44.17±4.94	45.61±3.49	75.25±1.81
主效应	年龄	部位	年龄+部位
P值	<0.001	<0.001	<0.001

表6 不同年龄和部位鹿肉鲜味氨基酸和甜味氨基酸含量 %

部位	鲜味氨基酸			甜味氨基酸		
	2岁龄	3岁龄	4岁龄	2岁龄	3岁龄	4岁龄
颈肉	18.75±0.16	19.91±0.63	18.25±0.40	15.76±0.23	23.86±0.73	19.95±0.47
上脑	21.99±1.81	20.67±0.50	19.82±0.80	16.84±1.37	16.70±0.45	19.35±0.78
外脊	21.77±1.71	21.88±1.76	21.63±1.00	17.68±1.39	16.52±1.31	16.59±0.79
前腿	22.92±1.48	21.81±0.22	17.67±1.41	18.45±1.11	16.90±0.17	14.84±1.24
鹿排	20.86±1.12	21.78±1.17	20.39±1.22	22.87±1.25	16.96±1.00	17.30±0.86
里脊	20.24±0.15	19.62±0.32	20.55±0.31	17.01±0.03	15.26±0.26	16.34±0.15
后腿	23.64±0.19	21.60±0.77	21.91±1.74	17.65±0.22	16.46±0.61	19.28±1.52
前腱子	20.08±0.24	20.12±0.21	21.33±0.67	16.45±0.18	16.91±0.31	16.55±0.52
鹿脯	22.31±0.17	20.84±0.81	20.57±0.16	16.77±0.12	16.72±0.63	15.66±0.13
后腱子	20.66±0.57	22.68±1.43	21.03±0.36	15.30±0.42	16.70±1.04	17.06±0.35
主效应	年龄	部位	年龄+部位	年龄	部位	年龄+部位
P值	<0.001	<0.001	<0.001	0.588	<0.001	<0.001

注:天冬氨酸和谷氨酸为鲜味氨基酸,丝氨酸、苏氨酸、丙氨酸和甘氨酸为甜味氨基酸。

表7 不同年龄和部位鹿肉苦味氨基酸和无味氨基酸含量 %

部位	苦味氨基酸			无味氨基酸		
	2岁龄	3岁龄	4岁龄	2岁龄	3岁龄	4岁龄
颈肉	26.81±0.24	27.24±0.87	26.34±0.63	10.84±0.12	13.83±0.53	12.11±0.30
上脑	30.65±2.58	30.17±0.98	29.00±1.44	12.25±1.01	11.90±0.42	12.48±0.64
外脊	31.83±2.39	32.62±2.86	32.05±1.62	12.92±1.01	11.89±0.83	12.15±0.57
前腿	32.43±1.9	32.04±0.41	29.18±2.37	13.28±0.72	12.29±0.25	8.79±0.72
鹿排	31.52±1.73	31.85±1.58	30.28±1.59	14.00±0.77	12.14±0.68	11.90±0.49
里脊	29.32±0.23	29.28±0.47	31.25±0.44	12.70±0.03	10.89±0.18	11.40±0.05
后腿	33.61±0.46	32.95±1.35	34.65±2.87	13.33±0.25	11.99±0.41	12.80±1.00

续表 7

%

部位	苦味氨基酸			无味氨基酸		
	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄	2 岁龄	3 岁龄	4 岁龄
前腱子	28.55±0.14	28.46±0.72	31.46±1.06	11.76±0.07	11.64±0.22	11.85±0.41
鹿脯	32.70±0.4	30.79±1.29	30.09±0.25	12.46±0.04	11.67±0.50	11.34±0.05
后腱子	28.69±0.76	33.52±1.95	30.91±0.61	11.28±0.30	12.32±0.77	11.94±0.25
主效应	年龄	部位	年龄+部位	年龄	部位	年龄+部位
P 值	0.596	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001

注：异亮氨酸、亮氨酸、组氨酸、缬氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、精氨酸和苯丙氨酸为苦味氨基酸，赖氨酸、胱氨酸和脯氨酸为无味氨基酸。

2.3 不同年龄和部位鹿肉呈味氨基酸聚类分析

由图 1A 可知，不同部位梅花鹿肉呈味氨基酸含量可分为两类，颈肉为第一类，鲜味、苦味氨基酸含量低，甜味氨基酸含量高，其余 9 个部位为第二类。第二类又可分为 2 个小类，鹿排、后腿、外脊为一类，各种呈味氨基酸含量较高；前腱子、里脊、后腱子、鹿脯、前腿、上脑为一类，前腱子、里脊各种呈味氨基酸含量较低，后腱子、鹿脯的鲜味和苦味氨基

酸含量较高，甜味氨基酸含量较低，前腿、上脑的鲜味、苦味和甜味氨基酸含量较高。

由图 1B 可知，不同年龄梅花鹿肉呈味氨基酸含量可分为两类，4 岁龄为一类，各种呈味氨基酸含量较低；2、3 岁龄为一类，2 岁龄鲜味、无味、甜味氨基酸含量高，苦味氨基酸含量低，风味最佳，3 岁龄鲜味、苦味氨基酸含量高，无味、甜味氨基酸含量较低。

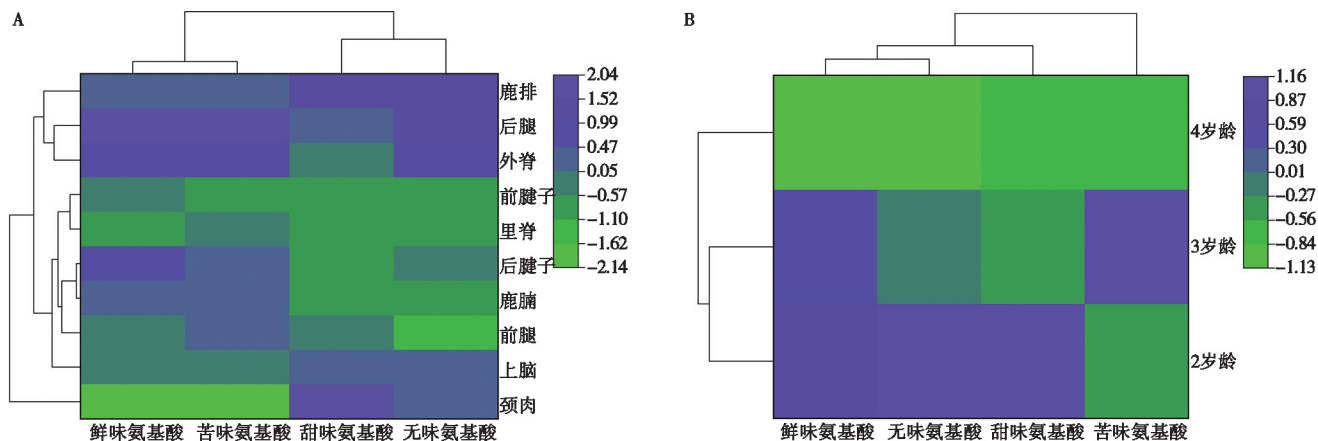


图 1 不同部位 (A) 和不同年龄 (B) 鹿肉呈味氨基酸聚类分析

2.4 不同年龄和部位鹿肉感官品质与食用品质的相关性分析

由图 2 可知，pH 值与 24 h 滴水损失、48 h 滴水损失、嫩度、b* 值呈正相关 (P<0.05)，相关系数为 0.25、0.22、0.22、0.21；48 h 滴水损失与 24 h 滴水损失、蒸煮损失呈正相关 (P<0.05)，相关系数为 0.91、0.26；L* 值与 b* 值、嫩度呈正相关 (P<0.05)，相关系数为 0.58、0.31，a* 值与 b* 值、L* 值呈正相关，与 24 h、48 h 滴水损失、蒸煮损失呈负相关 (P<0.05)，相关系数为 0.56、0.30、-0.27、-0.29、-0.30，b* 值与 24 h、48 h 滴水损失呈负相关 (P<0.05)，相关系数为 -0.26、-0.22。

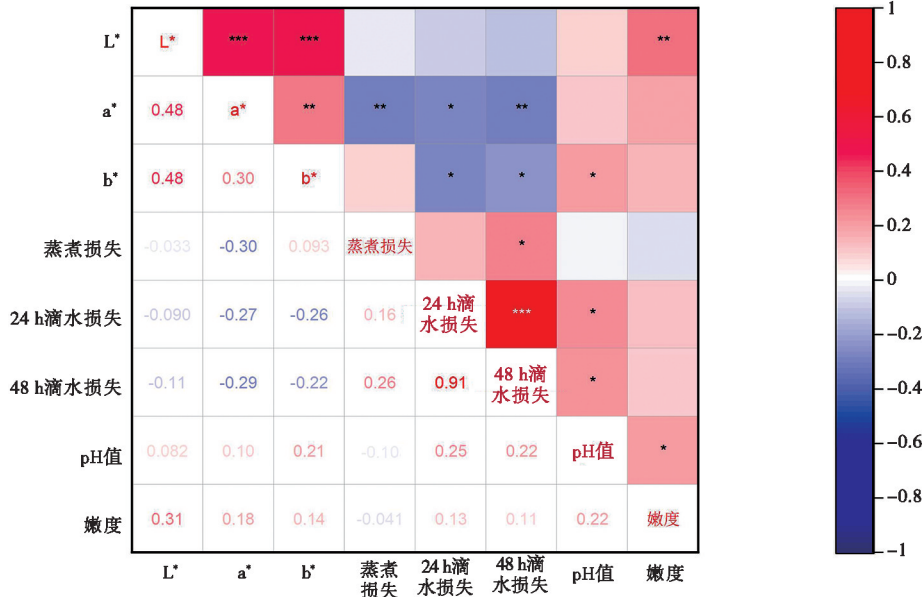
3 讨论

3.1 不同年龄和部位鹿肉感官品质分析

肉色 L* 值从 1 到 100 代表肉色由黑变白，a* 值越大肉色越红，b* 值从负到正表示肉色由蓝变黄^[10]。牛、羊肉 L* 值 30~45、a* 值 10~25、b* 值 5~15 为正常范围^[11]，但因运动量的不同，鹿肉较牛羊肉肌红蛋白含量更高，肉色更深^[12]。本研究结果表明，梅花鹿大多数部位肉色值都在正常范围内，且 L* 值和 a* 值 2 岁龄>4 岁龄>3 岁龄，由此可见，2 岁龄梅花鹿肉色最佳，4 岁龄次之。Hopkins 等^[13]报道年龄越大羊其肉色越深，与本试验结果相符。梅花鹿颈肉、后腿肉 L* 值、a* 值、b* 值在不同年龄段均

在正常范围值内，且显著高于其他部位，表明梅花鹿颈肉、后腿肉肉色最佳，更具有吸引力。不同部位肌肉的表面结构排列和含水率差异可导致对光的散射特性不同，从而导致 L* 值不同^[14]，不同部位氧合肌红

蛋白含量不同导致 a* 值不同，不同部位脂肪含量高也会影响 b* 值^[15]，因而，鹿肉不同部位肉色存在差异。



注：* 表示 P<0.05，** 表示 P<0.01，*** 表示 P<0.001。

图2 梅花鹿肉食用品质与感官品质的相关性

滴水损失和蒸煮损失与肉的保水性相关，损失越少，保水性越好，适口性越好。研究表明，上脑、前腿部位肌肉 24 h 滴水损失分别为 4.86%~8.63% 和 7.44%~9.14%，48 h 滴水损失分别为 13.25%~16.23% 和 16.00%~18.39%，损失较低，保水性较好，2、4 岁龄鹿肉滴水损失较低。Cawthorn 等^[16] 报道，梅花鹿滴水损失最高为 (1.60±0.10)%，最低为 (1.30±0.07)%，与本试验结果不相符，分析可能与梅花鹿不同年龄和屠宰季节有关。不同年龄、部位鹿肉滴水损失差异显著可能与肌肉糖酵解和蛋白质含量有关，动物死后肌肉发生糖酵解，pH 值快速下降导致一部分蛋白质变性，蛋白质与水分子结合能力下降，从而导致滴水损失增大^[17]。牛、羊肉蒸煮损失<35%为正常范围^[11]，研究表明，梅花鹿上脑、里脊部位肌肉蒸煮损失较低，食物更多汁，适宜蒸煮、烤制等加工方式^[18]。除里脊肉外，鹿肉各部位不同年龄蒸煮损失差异显著，4 岁龄显著高于 2 岁龄，Maggiolino 等^[12] 发现马鹿蒸煮损失随屠宰年龄增加而增加，与本试验结果相符。蒸煮损失受肌肉纤维类型影响较大，研究发现蒸煮损失与 II A 型肌纤维呈正相关，与 II X 型肌纤维和肌肉水分含量呈负相关，与 II B 型肌纤维呈正相关^[19]，而不同部位^[20] 和年

龄^[21] 的肌肉肌纤维类型存在较大差异，因而鹿肉蒸煮损失在不同年龄、部位间差异显著。

pH 值是反映肌肉品质最常用的指标之一，对肉的风味、色泽、嫩度、蒸煮损失和保水性等都有影响，pH 值过低，易产生色白 (pale)、柔软 (soft)、有渗出物 (exudative) 的 PSE 肉，pH 值过高，易产生黑色 (dark)、坚硬 (firm)、干燥 (dry) 的 DFD 肉^[22]。研究表明，梅花鹿肉 pH 值在 5.59~6.01。pH 值为 5.5~5.6 的鹿肉比 pH 值为 6.0 及以上的更嫩^[23]。Soriano 等^[24] 测定马鹿鹿肉 pH 值，63.4% 的鹿肉 pH 值低于 5.8，33.8% 在 5.8~6.2，2.8% 高于 6.2。由此可见，梅花鹿肉 pH 值良好。2、4 岁龄不同部位鹿肉 pH 值差异不显著，3 岁龄鹿腩和后腱子肉 pH 值显著高于其他部位，可能是由于不同部位肌肉糖酵解潜力、肌肉中快速酵解型肌纤维与慢速氧化型肌纤维占比不同等因素造成^[25]。本试验结果显示，除颈肉、后腿肉，其余部位不同年龄段鹿肉差异不显著，年龄与部位的相互作用对 pH 值的影响无统计学意义，与 Zochowska^[26] 的研究结果 3.5、4.5 岁龄黏鹿鹿肉较 1.5、2.5 岁龄 pH 值更低不完全一致，这可能与动物屠宰前肌糖原储备状况或宰前压力相关，也有可能是不同品种间的差异所致。

3.2 不同年龄和部位鹿肉食用品质分析

嫩度是影响牛肉食用品质最重要的因素,影响消费者的接受度^[27],而鹿肉一直以来也以鲜嫩著称。嫩度由剪切力值评定,牛、羊肉嫩度正常范围为宰后72 h 不超过 60 N^[11],剪切力值越低,肉质越嫩。本研究结果表明,2 岁龄和 3 岁龄梅花鹿鹿腩、4 岁龄颈部、鹿排、后腱子肉剪切力值超过 60 N,嫩度较低,不适于干制和烤制^[6]。Cawthorn 等^[16]测得野生雄性鹿背最长肌内皮素肌(LTL)剪切力为 30.2 N, Piaskowska 等^[28]测得野生马鹿腰最长肌剪切力为 22.05 N,与本试验结果相差较大,可能受动物年龄、pH 值、结缔组织数量、肌内脂肪含量的影响。里脊肉剪切力值最低(18.67~35.48 N),外脊肉次之(21.84~44.66 N),颈肉(45.00~116.12 N)和鹿腩(46.01~86.81 N)剪切力值最高,2、3 岁龄鹿肉剪切力值较 4 岁龄更低,由此可见嫩度随年龄的增长而降低,幼年鹿肉质鲜嫩,里脊、外脊肉质更嫩,更适宜烤制的加工工艺^[6]。窦玉琴等^[15]测得藏羊颈肉嫩度最小,肩肉、臀腰肉嫩度最大,与本试验结果相符。Volpelli 等^[21]测得鹿肉肌肉结缔组织厚度和横截面积随动物年龄增大而增长,I 型纤维结构增多,II A 型和 II B 型纤维减少,鹿肉嫩度降低;Maggiolion 等^[12]研究也表明肉的剪切力随年龄的增长而增加,与本研究结果相符。

对肉鲜味贡献最大的两类物质分别是核苷酸类和氨基酸,肌苷酸是核苷酸中一种芳香族化合物,与谷氨酸钠呈正相关,可使谷氨酸钠鲜味增加数倍,并对苦味、酸味有抑制作用,因而鲜味增强^[29]。本试验对不同年龄段的里脊肉(脂肪含量较高)和前腱子肉(脂肪含量较低)进行肌苷酸含量分析,结果里脊肉肌苷酸含量为 4 岁龄>3 岁龄>2 岁龄,前腱子肉肌苷酸含量 3 岁龄显著高于 2 岁龄和 4 岁龄,4 岁龄梅花鹿里脊肉肌苷酸含量高于前腱子肉,由此可见梅花鹿年龄越大肉质越鲜香,脂肪含量越高的部位风味越独特。殷亚杰等^[29]检测雄性马鹿鹿肉肌苷酸含量为 0.941 7 mg/g,雌性马鹿鹿肉肌苷酸含量为 0.756 4 mg/g,与本试验结果相差较大,推测可能与鹿的品种、年龄和检测部位相关。Iwamoto 等^[30]研究表明,2 岁龄牛肉肌苷酸含量高于 1.5 岁龄,与本试验结果相符。不同年龄肌苷酸差异可能与运动量有关,3、4 岁龄梅花鹿运动幅度更大,代谢活动增强,机体内 ATP 含量增加,生成肌苷酸的能力增强^[31],也有可能和饮食类型有关,不同年龄段梅花鹿饮食精料配比不同。

谷氨酸、天门氨酸为鲜味氨基酸,决定食物的鲜美和可口程度,丙氨酸、苏氨酸、丝氨酸和甘氨酸为

甜味氨基酸,为食物提供甜味,组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、缬氨酸、精氨酸、酪氨酸、蛋氨酸和苯丙氨酸为苦味氨基酸,其余氨基酸为无味氨基酸^[32]。本研究结果表明,2 岁龄时外脊、鹿排、前腿和里脊肉的鲜味、甜味、无味氨基酸含量最高,苦味氨基酸含量最低,鹿腩的鲜味、甜味、无味氨基酸含量最高;3 岁龄时颈肉的鲜味、甜味、无味氨基酸含量最高,苦味氨基酸含量最低;4 岁龄时上脑、后腿肉的甜味、无味氨基酸含量最高,苦味氨基酸含量较低,后腱子、前腱子肉的鲜味、甜味、无味氨基酸含量最高,苦味氨基酸含量最低。因此,不同年龄和部位鹿肉风味存在差异,2 岁龄梅花鹿外脊、鹿排、前腿、鹿腩和里脊肉风味更佳,3 岁龄梅花鹿颈肉风味更佳,4 岁龄梅花鹿上脑、后腿、前腱子、后腱子肉风味更佳。Vopalensky 等^[33]报道性别和年龄对马鹿和跳羚肌肉氨基酸含量有一定影响,与本试验结果相符。鹿肉各部位里脊、后腿的鲜味、甜味、无味氨基酸含量更高,苦味氨基酸含量更低,鹿排的鲜味、甜味、无味氨基酸含量居中,苦味氨基酸含量更高,因而推测里脊、后腿肉风味更佳,鹿排肉风味次之。罗玉龙^[31]亦表示不同部位苏尼特羊肉呈味氨基酸差异显著。

3.3 呈味氨基酸聚类分析及感官品质和食用品质的相关性分析

呈味氨基酸聚类分析结果反映梅花鹿肉不同年龄、部位存在风味差异,前腿、上脑、后腿和外脊肉风味更佳。相关性分析说明,鹿肉 pH 值越低,肉质越多汁,嫩度、肉色越佳,与 Ertbjerg 等^[23]、王建军等^[34]和 Ludwiczak 等^[35]研究相符;肉色 a^* 值与 b^* 值、 L^* 值呈正比说明肉色越红,血红蛋白含量越高,色泽越亮、越黄,与 24 h、48 h 滴水损失、蒸煮损失呈负比说明肉色越红亮,肉质水分损失越低,与保善科等^[36]对牦牛肉、孙树远等^[37]对双驼峰肉感官品质研究结果相符。

4 结论

梅花鹿肉质多汁,肉色红亮,口感鲜嫩,风味独特,上脑、前腿肉色具有吸引力,蒸煮损失较小,里脊、外脊肉质鲜嫩,滴水损失较小。2、3 岁龄梅花鹿肉质更嫩,4 岁龄肉质鲜香。年龄对梅花鹿肉的颜色、滴水损失、蒸煮损失、pH 值、嫩度、肌苷酸含量影响较大,对呈味氨基酸影响较小;部位对梅花鹿肉的颜色、滴水损失、蒸煮损失、嫩度、呈味氨基酸影响较大,对肌苷酸含量、pH 值影响较小。不同年龄和部位肉质特征各有特色,肉鹿或肉茸兼用鹿市场养殖、屠宰、加工方式可根据具体数据而定。

参考文献:

- [1] 赵卉, 刘继永, 王峰等. 鹿茸等五种鹿产品中氨基酸含量及组成对比分析 [J]. 时珍国医国药, 2015, 26 (5): 1056-1058.
- [2] KUDRNACOVA E, BARTON L, BURES D, et al. Carcass and meat characteristics from farm-raised and wild fallow deer (*Dama dama*) and red deer (*Cervus elaphus*): a review [J]. Meat Science, 2018, 141: 9-27.
- [3] ISMAIL I, JOO S T. Poultry meat quality in relation to muscle growth and muscle fiber characteristics [J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2017, 37 (6): 873-883.
- [4] 于小杰, 王净, 白园园, 等. 放牧与舍饲饲养方式对小尾寒羊肉品质的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2021, 52 (8): 2223-2232.
- [5] 彭章蓉, 朱勇臻, 王新新, 等. 鹿肉品质及影响因素研究进展 [J]. 特产研究, 2022, 44 (6): 136-140.
- [6] 赵改名, 张桂艳, 等. 新疆褐牛不同部位肉品质特性差异分析 [J]. 现代食品科技, 2021, 37 (2): 261-267.
- [7] LORWNZO J M, MAGGIONLION A, GALLEGO L, et al. Effect of age on nutritional properties of Iberian wild red deer meat [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99 (4): 1561-1567.
- [8] 金春爱, 崔松焕, 赵卉, 等. 不同部位梅花鹿鹿肉营养成分分析 [J]. 食品工业科技, 2020, 41 (14): 276-286.
- [9] 亢其鹏, 孙宝忠, 韩玲, 等. 新疆地区三个肉牛品种各部位肉品质比较研究 [J]. 食品与发酵科技, 2019, 55 (2): 6-13.
- [10] HOLMAN B W B, MAO Y W, COOMBS C E O, et al. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability [J]. Meat Science, 2016, 121: 104-106.
- [11] 中华人民共和国农业部. 肉的食用品质客观评价方法: NY/T 2793—2015 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [12] MAGGIOLINO A, PATEIRO M, SERRANO M P, et al. Carcass and meat quality characteristics from Iberian wild red deer (*Cervus elaphus*) hunted at different ages [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99 (4): 1938-1945.
- [13] HOPKINS D L, WALKER P J, THOMPSON J M, et al. Effect of sheep type on meat and eating quality of sheep meat [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2005, 45 (5): 499-507.
- [14] 李威娜, 黄勋和, 陈洁波, 等. 五华三黄鸡及不同品种鸡肌纤维特性与肉品质的相关性 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45 (2): 157-160.
- [15] 窦玉琴, 孙万成, 罗毅皓, 等. 不同部位及地区藏羊肉的肉品质及其组织学特性 [J]. 食品研究与开发, 2023, 44 (9): 59-68.
- [16] CAWTHORN D M, FITZHENRY L B, MUCHENJE V, et al. Physical quality attributes of male and female wild fallow deer (*Dama dama*) muscles [J]. Meat Science, 2018, 137: 168-175.
- [17] WANG Q, LIU H J, BAI Y, et al. Research progress on mutton origin tracing and authenticity [J]. Food Chemistry, 2022, 373: 131387.
- [18] 孙灵霞, 李嘉辉, 祝超智, 等. 巴西内洛尔牛不同部位肉品质特性分析 [J]. 食品工业科技, 2022, 43 (1): 93-100.
- [19] 王丽莎. 肌纤维类型组成对猪肉持水力的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- [20] PICARD B, GAGAOUA M, AL - JAMMAS M, et al. Beef tenderness and intramuscular fat proteomic biomarkers: muscle type effect [J]. PeerJ, 2018, 6: e4891.
- [21] VOLPELLI L A, VALUSSO R, MORGANTE M, et al. Meat quality in male fallow deer (*Dama dama*): effects of age and supplementary feeding [J]. Meat Science, 2003, 65 (1): 555-562.
- [22] GREGORY N G. How climatic changes could affect meat quality [J]. Food Research International, 2010, 43 (7): 1866-1873.
- [23] ERTBJERG P, PUOLANNE E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: a review [J]. Meat Science, 2017, 132: 139-152.
- [24] SORIANO A, MURILLO P, MARTÍN P, et al. Nutritional quality of wild Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) meat; effects of sex and hunting period [J]. Meat Science, 2020, 168: 108189.
- [25] 苏琳. 巴美肉羊肌纤维特性、糖酵解潜力对羊肉品质的影响和 MyHC 表达量分析 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2015.
- [26] ŻOCHOWSKA-KUJAWSKA J, KOTOWICZ M, SOBCZAK M, et al. Age-related changes in the carcass composition and meat quality of fallow deer (*Dama Dama L.*) [J]. Meat Science, 2019, 147: 37-43.
- [27] MILLER M F, CARR M, RAMSEY C B, et al. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness [J]. J Anim Sci, 2001, 79 (12): 3062-3068.
- [28] PIASKOWSKA N, DASZKIEWICZ T, KUBIAK D. The Effect of gender on meat (longissimus lumborum muscle) quality characteristics in the fallow deer (*Dama dama L.*) [J]. Italian Journal of Animal Science, 2015, 14: 3845.
- [29] 殷亚杰. 马鹿不同部位肌肉组织特性与品质的差异性研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007.
- [30] IWAMOTO E, OKA A, IWAKI F, et al. Effects of the fattening period on the fatty acid composition of fat deposits and free amino acid and inosinic acid contents of the longissimus muscle in carcasses of Japanese Black steers [J]. Animal Science Journal, 2009, 80 (4): 411-417.
- [31] 罗玉龙. 放牧与舍饲条件下苏尼特羊肉风味差异及形成机制研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- [32] 尤梦晨, 徐欣如, 薛丹丹, 等. 10种食用菌对高汤风味品质的影响 [J]. 食品科学, 2018, 39 (14): 282-287.
- [33] VOPÁLENSK J, SUCH P, STRAKOVÁ E, et al. Amino acid levels in muscle tissue of eight meat cattle breeds [J]. Czech Journal of Animal Science, 2017, 62 (8): 339-346.
- [34] 王建军, 雷秋霞, 曹顶国, 等. 不同日龄对 817 肉鸡屠宰性能、肌肉品质和营养特性的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2023, 46 (1): 159-168.
- [35] LUDWICZAK A, STANISZ M, BYKOWSKA M, et al. Effect of storage on quality traits of the semimembranosus muscle of farmed fallow deer (*Dama dama*) bucks and does [J]. Animal Science Journal, 2017, 88 (8): 1149-1155.
- [36] 保善科, 张丽, 孔祥颖, 等. 不同部位高原牦牛肉品质评价 [J]. 畜牧兽医学报, 2015, 46 (3): 388-394.
- [37] 孙树远, 刘玥如, 何静, 等. 不同部位阿拉善双峰驼肉营养与食用品质分析 [J]. 食品科学技术学报, 2022, 40 (1): 109-123.