

不同品种兔肉营养成分与质构比较研究

李 韬, 袁先铃*, 于 跃, 袁玉梅
(四川轻化工大学生物工程学院, 四川 自贡 643000)

摘 要: 为丰富我国兔肉营养数据库, 测定并分析四川、山东两地伊拉兔、伊高乐兔和伊普吕兔肉的水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、矿物质、氨基酸和脂肪酸等营养成分组成及含量以及硬度、弹性、胶着性等质构指标差异。结果表明: 不同地区和品种兔肉的水分、蛋白质和脂肪含量存在显著差异 ($P < 0.05$), 其中山东地区伊高乐兔肉水分含量最低、蛋白质含量最高, 四川地区伊拉兔肉脂肪含量最低; 不同地区和品种兔肉灰分、矿物质含量以及脂肪酸、氨基酸组成与含量无明显差异; 山东地区伊高乐兔肉硬度低、弹性好、咀嚼性高, 口感最好, 四川地区伊普吕兔肉硬度高、胶着性高, 口感最差。兔肉的营养成分与质构特性存在品种和地区差异, 山东地区伊高乐兔肉营养成分和质构特性优于其他5种兔肉。

关键词: 兔肉; 品种; 营养成分; 质构

Comparative Study of Nutritional Composition and Texture of Meat from Different Rabbit Breeds

LI Tao, YUAN Xianling*, YU Yue, YUAN Yumei
(College of Bioengineering, Sichuan University of Science and Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: In order to enrich the nutritional database of rabbit meat in China, the contents of water, crude protein, crude fat and ash, mineral composition, amino acid composition and fatty acid composition, as well as texture parameters such as hardness, elasticity and adhesiveness were comparatively measured and analyzed in the meat of Hyla, Elco and Hyplus rabbits in Sichuan and Shandong provinces. The results showed that the contents of water, crude protein and fat in rabbit meat were significantly different among different regions and breeds ($P < 0.05$). Among all meat samples, the meat of Elco rabbits in Shandong showed the lowest content of water and the highest protein content, while the meat of Hyla rabbits in Sichuan had the lowest fat content. On the other hand, there was no significant breed and regional difference in ash content, mineral composition, amino acid composition or fatty acid composition. The meat of Elco rabbits in Shandong had the best mouthfeel in terms of its low hardness as well as good elasticity and chewiness. On the contrary, the meat of Hyplus rabbits in Sichuan exhibited the worst mouthfeel owing to its high hardness and gumminess. Breed and regional differences existed in the nutritional composition and texture characteristics of rabbit meat with the meat of Elco rabbits in Shandong being superior to five other meat samples in terms of both parameters.

Keywords: rabbit meat; breeds; nutritional components; texture

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200220-046

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2020) 05-0006-05

引文格式:

李韬, 袁先铃, 于跃, 等. 不同品种兔肉营养成分与质构比较研究[J]. 肉类研究, 2020, 34(5): 6-10. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200220-046. <http://www.rlyj.net.cn>

LI Tao, YUAN Xianling, YU Yue, et al. Comparative study of nutritional composition and texture of meat from different rabbit breeds[J]. Meat Research, 2020, 34(5): 6-10. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200220-046. <http://www.rlyj.net.cn>

收稿日期: 2020-02-20

基金项目: 四川省教育厅科研基金项目 (15ZA0228; 2018CDZG-18)

第一作者简介: 李韬 (1997—) (ORCID: 0000-0003-0764-0310), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品质量与安全。

E-mail: 546293129@qq.com

*通信作者简介: 袁先铃 (1979—) (ORCID: 0000-0002-3990-386X), 女, 副教授, 硕士, 研究方向为肉制品开发、防腐工艺。

E-mail: 82745373@qq.com



我国兔业历史悠久,根据联合国粮食及农业组织统计数据,1975年我国兔肉产量仅6.7万t,占世界总产量的3%,改革开放之后,经过约40年的发展,2018年我国兔肉产量已达79.3万t,占世界总产量的28.9%,成为世界兔肉生产大国^[1]。我国兔肉生产主要集中在四川、山东、重庆、江苏、河南和河北等地,其他省份不具备养殖优势,大多生产规模较小。我国兔肉消费具有地域性,四川、重庆和山东的兔肉总消费量在主要兔肉消费省市中占据前三,尤其是四川地区,其兔肉消费量约占全国50%,是我国最主要的兔肉消费地^[2]。我国兔肉消费市场还有很大的发展空间和潜力,加强兔肉产品研发,开发消费量较低省市市场,可极大促进兔产业发展,增加兔产业效益^[3]。

目前,我国学者在肉兔营养品质研究方面取得了很多进展,研究对象以伊拉兔为主。夏启禹等^[4]分析伊拉兔生长过程中的肉质变化;张岩等^[5]比较分析獭兔和肉兔的营养成分及肉用品质;关随霞等^[6]分析不同蒸煮温度对伊拉兔肉营养成分的影响;薛山等^[7]研究伊拉兔宰后肌糖原变化及其与兔肉品质的相关性;关于不同地区伊高乐兔与伊普吕兔的肉品质研究较少。

本研究以四川、山东两地的伊拉兔、伊高乐兔和伊普吕兔为实验材料,探讨不同兔肉营养成分与质构特性差异,以此丰富我国兔肉营养基础数据库,为兔肉消费提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

实验兔为75日龄的伊拉兔、伊高乐兔和伊普吕兔(每一品种3只,体质量相近),购自四川省自贡市寥二农副产品经营部,其中山东地区肉兔是幼兔运至四川,同四川地区肉兔在相同环境、饲料、同一批次条件下舍饲。

浓硫酸、盐酸 重庆川东化工(集团)有限公司化学试剂厂;硫酸钾 天津市致远化学试剂有限公司;氢氧化钠 天津大陆化学试剂厂;无水乙醇、硝酸、无水乙醚、石油醚、甲醇 成都市科隆化学品有限公司;高氯酸 天津市鑫源化工有限公司;乙酸镁 天津市大茂化学试剂厂;以上试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

DFT-200A高速粉碎机 温岭市林大机械有限公司;101-3AB电热鼓风干燥箱 北京中兴伟业仪器有限公司;HWS-12电热恒温水浴锅 上海齐欣科学仪器有限公司;SX-5-12马弗炉 上海和羽良电子科技有限公司;Tecator Digestor Auto 8消化炉、Kjeltec 8400全自动凯氏定氮仪 丹麦Foss分析仪器公司;L-8900全自动氨基酸

分析仪 日立高新技术公司;Optima 8000电感耦合等离子体发射光谱(inductively coupled plasma optical emission spectroscopy, ICP-OES)仪 金埃默默仪器(上海)有限公司;GCMS-QP2010气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)仪 日本岛津公司;TA-XT Plus物性分析仪 英国Stable Micro Systems公司。

1.3 方法

1.3.1 样品预处理

选取健康无病、生长状态良好的肉兔,每个品种随机挑选3只作为平行样。屠宰、去皮,采集背最长肌,真空包装后放入-18℃冰箱保存备用。

1.3.2 营养成分测定

1.3.2.1 水分含量测定

参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》,采用直接干燥法进行测定^[8]。

1.3.2.2 蛋白质含量测定

参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》,采用自动凯氏定氮仪法进行测定^[9]。

1.3.2.3 脂肪含量测定

参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》,采用索氏抽提法进行测定^[10]。

1.3.2.4 灰分含量测定

参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》,采用高温灼烧方法进行测定^[11]。

1.3.2.5 矿物质元素含量测定

参考孙春华等^[12]的湿法消化法。将解冻后的兔肉捣碎均匀备用,准确称取1.0 g于消化管中,加入5 mL硝酸和0.5 mL高氯酸,放置过夜,18 h后将消化管放入消化炉中升温至120℃消解,待试样溶解呈完全透明状为止,蒸馏水定容至10 mL。采用ICP-OES仪进行测定,由仪器直接得出矿物质元素含量测定结果。

1.3.2.6 脂肪酸组成测定

参考汪蹕等^[13]的方法对样品进行预处理。取冷冻样品4~5 g,置于表面皿中,75℃烘箱中烘干,于粉碎机中粉碎混匀后,称取0.5 g肉样于具塞试管中;加入2 mL苯-石油醚(体积比1:1)混合物,浸提24 h,加入2 mL 0.4 mol/L NaOH-甲醇溶液,静置12 h,加入2 mL蒸馏水,静置至澄清后吸取上清液,装入进样小瓶中,供GC-MS仪分析。通过NIST图谱库检索进行定性,通过峰面积归一化法进行定量分析。

1.3.2.7 氨基酸组成测定

1) 样品处理:参考刘雅娜等^[14]的方法,将样品烘干、冷却后用索氏抽提法脱脂,烘干粉碎,称取0.5 g置于试管,加入15 mL 6 mol/L盐酸水解,置于旋转蒸发器中蒸干,取出冷却至室温,摇匀过滤,取1 mL滤液于

50 mL烧杯中,用60 °C恒温水浴蒸干滤液,加入0.02 mol/L盐酸稀释10倍,用0.45 μm滤膜过滤,用氨基酸自动分析仪进行测定,由仪器直接得出测定结果。

2) 氨基酸评价:根据联合国粮农组织/世界卫生组织的模式标准进行判定^[15]。分别计算四川、山东两地伊拉兔、伊高乐兔、伊普吕兔背最长肌的总氨基酸(total amino acid, TAA)、非必需氨基酸(non-essential amino acid, NEAA)、必需氨基酸(essential amino acid, EAA)含量、EAA/NEAA及EAA/TAA。

1.3.3 质构特性测定

参考余力等^[16]的方法,应用TA-XT Plus质构分析仪,通过Exponent软件控制。将肉块切成规则的正方体(1 cm×1 cm×1 cm)。测定方法:应用TPA模式,测定参数:目标形变50%;触发点负载5 g;测试速率1 mm/s;返回速率1 mm/s;循环次数2;探头:P36R。

1.4 数据处理

所有实验平行测定3次,实验数据采用平均值±标准差表示,使用SPSS 19.0软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种兔肉常规营养成分组成

表1 不同品种兔肉营养成分含量

指标	山东			四川		
	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉
水分含量	75.73±1.32 ^{ab}	74.01±0.93 ^c	74.89±1.58 ^{bc}	76.39±0.73 ^a	75.11±0.58 ^b	75.75±1.29 ^{ab}
脂肪含量	1.41±0.03 ^{ab}	1.61±0.03 ^c	1.62±0.06 ^{bc}	1.34±0.09 ^a	1.55±0.06 ^b	1.51±0.07 ^b
蛋白质含量	21.23±0.23 ^{ab}	23.01±0.46 ^a	22.46±0.31 ^{ab}	20.99±0.88 ^b	22.34±0.51 ^{ab}	21.79±0.56 ^{ab}
灰分含量	1.18±0.03 ^a	1.15±0.09 ^a	1.11±0.06 ^a	1.14±0.03 ^a	1.10±0.06 ^a	1.09±0.09 ^a

注:同行小写字母不同,表示差异显著($P<0.05$)。下同。

由表1可知,各品种兔肉的水分含量差异不大,其中伊拉兔>伊普吕兔>伊高乐兔,不同地区、同一品种兔肉水分含量也存在差异,四川地区兔肉水分含量普遍高于山东地区。脂肪为人体提供能量、产热,是人体摄入脂溶性维生素和必需脂肪酸的重要来源^[17]。山东地区兔肉脂肪含量普遍高于四川地区;同一地区、不同品种伊拉兔肉和伊普吕兔肉的脂肪含量无明显差异。3种兔肉的蛋白质含量,伊高乐兔>伊普吕兔>伊拉兔,且山东地区兔肉的蛋白质含量略高于四川地区。蛋白质含量的高低是评价肉营养价值的重要指标。本研究测得兔肉蛋白质平均含量在21 g/100 g以上,其中山东地区伊高乐兔最高(23.01 g/100 g),高于羊肉(16.35 g/100 g)、猪肉(19.08 g/100 g)^[18]和牛肉(20.08 g/100 g)^[19],属于高蛋白肉制品。各品种兔肉的灰分含量无显著差异。

2.2 不同品种兔肉矿物质含量

矿物质元素是人体所必需的六大营养素之一。按其在人体中的含量可分为常量元素和微量元素^[20]。矿物质元素不能在人体内合成,需从食物中摄入,在人体中含量极少,但对人体的生理调节作用至关重要^[21]。

表2 不同品种兔肉的矿物质元素含量

元素种类	山东			四川		
	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉
Pb*	0.020±0.006 ^c	0.010±0.001 ^b	0.010±0.003 ^b	0.020±0.002 ^{ab}	0.014±0.002 ^b	0.020±0.001 ^{ab}
Al*	0.040±0.021 ^a	0.060±0.012 ^a	0.040±0.011 ^a	0.050±0.011 ^a	0.010±0.027 ^b	0.010±0.021 ^b
As*	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cd*	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Mg**	30.00±1.41 ^b	31.50±2.12 ^b	33.00±1.43 ^b	31.50±1.21 ^b	36.50±0.70 ^a	30.50±0.71 ^b
Ca**	25.00±3.53 ^a	23.00±0.70 ^a	24.00±1.51 ^a	22.00±2.82 ^a	23.00±1.41 ^a	25.00±0.81 ^a
Fe***	3.75±0.33 ^c	5.92±0.06 ^b	6.20±0.47 ^b	3.75±0.11 ^c	7.33±0.32 ^a	5.77±0.49 ^b
Zn***	1.30±0.11 ^a	1.44±0.15 ^a	1.53±0.30 ^a	1.63±0.09 ^a	1.49±0.11 ^a	1.39±0.07 ^a
Cr***	0.54±0.19 ^c	2.62±0.17 ^b	0.62±0.73 ^c	1.15±0.07 ^b	1.20±0.05 ^b	0.83±0.10 ^c
Cu***	0.27±0.06 ^c	0.73±0.05 ^b	0.86±0.07 ^b	0.30±0.02 ^c	0.66±0.02 ^b	0.72±0.04 ^b
Se***	0.050±0.007 ^b	0.060±0.006 ^a	0.060±0.004 ^a	0.060±0.005 ^a	0.070±0.004 ^a	0.050±0.008 ^b

注:*,有害元素;**,常量元素;***,微量元素。

由表2可知,不同品种兔肉Pb、Al、As、Cd等有害元素含量均非常低,尤其是As、Cd基本未检出。常量元素中,不同品种兔肉Mg含量相差不大,四川地区伊高乐兔肉Mg含量最高,且显著高于其余品种($P<0.05$);伊拉兔肉Ca含量略高于其他品种,不同地区、相同品种兔肉Ca含量无显著差异。不同品种兔肉微量元素Fe、Cr、Cu含量差异较为明显。兔肉中常量元素含量由大到小依次为Mg>Ca,微量元素为Fe>Zn>Cr>Cu>Se。

2.3 不同品种兔肉脂肪酸组成

表3 不同品种兔肉脂肪酸相对含量

脂肪酸	山东			四川		
	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉
肉豆蔻酸(C _{14:0})	1.85±0.69 ^a	2.48±0.39 ^a	1.73±0.17 ^b	1.63±0.27 ^b	1.54±0.75 ^b	1.82±0.29 ^b
棕榈酸(C _{16:0})	32.52±2.13 ^a	26.62±0.83 ^b	33.97±1.75 ^a	32.46±2.47 ^a	32.14±2.42 ^a	32.35±1.26 ^a
硬脂酸(C _{18:0})	7.63±1.19 ^b	11.04±0.30 ^a	8.42±1.16 ^b	7.89±0.67 ^b	9.71±1.44 ^b	9.01±1.28 ^b
油酸(C _{18:1n-7})	19.41±3.66 ^b	21.12±0.90 ^a	14.14±2.63 ^c	12.82±1.33 ^c	15.17±1.81 ^c	20.29±1.46 ^c
异油酸(C _{18:1n-7})	3.00±0.64 ^{ab}	2.25±0.23 ^c	2.44±0.60 ^c	3.18±0.55 ^a	2.82±0.50 ^b	3.29±0.63 ^b
亚油酸(C _{18:2n-6})	24.91±2.38 ^b	20.36±1.89 ^d	26.58±2.67 ^{ab}	27.32±2.52 ^a	26.28±3.82 ^b	20.28±2.55 ^d
亚麻酸(C _{18:3n-3})	1.58±0.31 ^c	3.09±0.71 ^a	2.31±0.15 ^b	3.28±0.41 ^a	1.47±0.11 ^c	2.49±0.29 ^b
花生四烯酸(C _{20:4n-6})	5.01±1.10 ^c	8.14±1.23 ^a	5.83±1.13 ^{bc}	7.50±0.27 ^a	6.43±1.03 ^b	5.54±0.55 ^{bc}
二十碳五烯酸(C _{20:5n-3})	1.73±0.25 ^{ab}	2.07±0.57 ^b	1.48±0.15 ^b	1.47±0.06 ^b	1.71±0.47 ^b	1.57±0.29 ^b
二十二碳四烯酸(C _{22:4})	0.96±0.10 ^c	1.52±0.43 ^b	1.40±0.15 ^c	1.23±0.32 ^b	1.15±0.41 ^b	1.57±0.41 ^b
二十二碳五烯酸(C _{22:5n-3})	0.76±0.19 ^b	1.06±0.36 ^c	1.07±0.40 ^c	0.64±0.18 ^c	0.94±0.05 ^{ab}	1.10±0.31 ^b
二十二碳六烯酸(C _{22:6n-3})	0.63±0.18 ^a	0.54±0.14 ^a	0.67±0.11 ^a	0.57±0.05 ^a	0.67±0.21 ^a	0.70±0.20 ^a
SFA	42.35±0.32 ^{ab}	40.87±0.98 ^b	41.73±1.21 ^b	38.53±1.32 ^c	46.37±1.23 ^a	36.87±1.89 ^c
MUFA	25.23±0.71 ^a	22.37±0.67 ^b	21.73±0.81 ^b	23.51±0.56 ^b	18.27±1.92 ^d	22.47±1.59 ^b
PUFA	32.03±1.21 ^c	37.48±0.15 ^a	38.82±0.43 ^a	36.88±0.73 ^b	35.85±1.51 ^{bc}	44.31±0.87 ^a
P/S	0.71±0.12 ^b	0.95±0.12 ^{ab}	0.86±0.08 ^b	1.02±0.09 ^a	0.75±0.16 ^b	1.22±0.11 ^a

注:SFA.饱和脂肪酸(saturated fatty acid); MUFA.单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid); PUFA.多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid); P/S. PUFA/SFA。



肉品中脂肪酸种类和组成很大程度上决定脂肪组织理化性质,是影响肉质风味的重要化学成分,其含量与种类可改善肉品风味、提高肉品食用价值^[22]。由表3可知,伊拉兔、伊高乐兔和伊普吕兔肉中的主要脂肪酸有12种,分别为肉豆蔻酸(C_{14:0})、棕榈酸(C_{16:0})、硬脂酸(C_{18:0})、油酸(C_{18:1 n-9})、异油酸(C_{18:1 n-7})、亚麻酸(C_{18:3 n-3})、亚油酸(C_{18:2 n-6})、花生四烯酸(C_{20:4 n-6})、二十碳五烯酸(C_{20:5 n-3})、二十二碳四烯酸(C_{22:4})、二十二碳五烯酸(C_{22:5 n-3})和二十二碳六烯酸(C_{22:6 n-3})。其中棕榈酸(C_{16:0})、硬脂酸(C_{18:0})、油酸(C_{18:1})和亚油酸(C_{18:2})相对含量最高。就单种脂肪酸而言,山东地区伊高乐兔肉亚麻酸相对含量>伊普吕兔>伊拉兔,四川地区伊拉兔肉亚麻酸相对含量>伊普吕兔>伊高乐兔。亚麻酸是构成人体组织细胞的主要成分,人体一旦缺乏会引起机体脂质代谢紊乱,导致免疫力降低、健忘、疲劳、视力减退等症状。尤其是婴幼儿、青少年如果缺乏亚麻酸,会严重影响其智力正常发育^[23]。

山东地区兔肉亚油酸相对含量伊普吕兔>伊拉兔>伊高乐兔,四川地区兔肉亚油酸相对含量伊拉兔>伊高乐兔>伊普吕兔。亚油酸在3种兔肉中均为相对含量最高的PUFA,与亚麻酸均为必需脂肪酸^[24]。脂肪酸对肉品营养价值的影响主要由P/S值来体现^[25]。山东地区伊拉兔、伊高乐兔与伊普吕兔肉的P/S分别为0.71、0.95和0.86,四川地区伊拉兔、伊高乐兔与伊普吕兔肉的P/S分别为1.02、0.75和1.22,均高于一般膳食营养要求的0.45,表明3种兔肉的营养价值较高,且四川地区伊普吕兔肉的P/S略高于其他兔种,较其他兔种更有营养优势。

2.4 不同品种兔肉氨基酸组成

由表4可知,山东、四川两地的伊拉兔、伊高乐兔、伊普吕兔背最长肌中均检出17种氨基酸,其中人体EAA 7种,半必需氨基酸2种。各品种兔肉中含量最高的氨基酸均为谷氨酸,含量最低的均为半胱氨酸。四川、山东两地的3个品种中,含量大于1 g/100 g的氨基酸种类基本一致,含量从低到高依次为丙氨酸、精氨酸、亮氨酸、赖氨酸、天冬氨酸和谷氨酸。谷氨酸是合成谷氨酰胺的重要原料,谷氨酰胺有利于恢复受创伤的机体。精氨酸可促进纤维增殖与胶原合成,促进伤口愈合。缬氨酸、异亮氨酸和亮氨酸协同作用修复肌肉组织,控制血糖含量,并为机体生理活动提供能量。赖氨酸是一类能促进食欲的氨基酸,对于幼儿的生长发育起着重要作用,还可提高机体对钙的吸收和积累,加速骨骼生长发育,同时是合成大脑神经再生性细胞的重要EAA^[26]。“高赖氨酸”是兔肉的营养特点之一^[27]。四川、山东两地的3个品种兔肉赖氨酸含量均大

于1.65 g/100 g,其中四川地区伊高乐兔肉赖氨酸含量最高(1.779 g/100 g),高于牛肉(1.385 g/100 g)^[28],但低于猪肉(2.512 g/100 g)^[29]。

表4 不同品种兔肉的氨基酸组成及含量

Table 4 Amino acid composition of rabbit meat from different breeds

氨基酸	山东			四川		
	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉
天冬氨酸	1.726	1.842	1.847	1.745	1.861	1.809
苏氨酸*	0.879	0.922	0.924	0.885	0.929	0.898
丝氨酸	0.738	0.788	0.797	0.745	0.800	0.780
谷氨酸	2.788	3.026	3.008	2.833	3.053	2.925
甘氨酸	0.951	1.090	1.187	0.913	1.130	1.031
丙氨酸	1.102	1.205	1.221	1.090	1.207	1.142
半胱氨酸	0.054	0.033	0.058	0.028	0.060	0.033
缬氨酸*	0.934	0.996	0.990	0.949	0.993	0.966
甲硫氨酸*	0.241	0.261	0.257	0.258	0.273	0.264
异亮氨酸*	0.855	0.917	0.900	0.879	0.914	0.902
亮氨酸*	1.544	1.634	1.642	1.560	1.640	1.596
酪氨酸	0.627	0.673	0.785	0.645	0.692	0.660
苯丙氨酸*	0.683	0.747	0.743	0.723	0.766	0.749
赖氨酸*	1.676	1.750	1.760	1.707	1.779	1.722
组氨酸**	0.422	0.452	0.460	0.468	0.459	0.454
精氨酸**	1.189	1.303	1.341	1.210	1.327	1.247
脯氨酸	0.700	0.845	0.842	0.695	0.812	0.758
TAA	17.108	18.484	18.763	17.333	18.706	17.936
EAA	6.812	7.227	7.216	6.961	7.294	7.097
NEAA	10.296	11.257	11.547	10.372	11.412	10.839
EAA/NEAA	66.2	64.2	62.5	67.1	63.9	65.5
EAA/TAA	39.8	39.1	38.5	40.2	39.0	39.6

注: *. EAA; **. 半必需氨基酸。

四川、山东两地的伊拉兔、伊高乐兔与伊普吕兔肉EAA总量无明显差异,其中伊高乐兔肉>伊普吕兔>伊拉兔。EAA不能由人体合成,只能从食物中摄取。食物中EAA的种类、含量和比例决定食物被人体利用的效率^[30]。山东地区伊拉兔、伊高乐兔和伊普吕兔肉的EAA/TAA分别为39.8%、39.1%和38.5%,四川地区伊拉兔、伊高乐兔和伊普吕兔肉的EAA/TAA分别为40.2%、39.0%和39.6%,均无明显差异。据联合国粮农组织/世界卫生组织推荐的优质蛋白模式EAA/TAA约为40%,EAA/NEAA高于60%^[24]。四川地区伊拉兔肉的EAA/TAA大于40%,其余品种兔肉的EAA/TAA接近40%。2个地区3个品种兔肉的EAA/NEAA均高于60%,因此3种兔肉蛋白质均属于优质蛋白质,符合人体所需的EAA比例,能有效提供有益于人体的EAA,具有较高营养价值。

2.5 不同品种兔肉质构特性

食品的硬度、胶着性、弹性等质构特性与外观、风味、营养成分是食品的品质要素^[31]。质构特性直接关系到肉的嫩度、口感、可食性和加工出品率^[32]。

表5 不同品种兔肉的质构特性

指标	山东			四川		
	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉	伊拉兔肉	伊高乐兔肉	伊普吕兔肉
硬度/g	1 271.26±56.49 ^a	1 159.45±8.91 ^b	1 257.82±29.28 ^b	1 016.12±7.07 ^c	1 380.59±8.28 ^a	1 347.59±8.24 ^a
弹性/mm	3.94±0.41 ^a	4.69±0.40 ^a	3.46±0.21 ^b	4.32±0.30 ^b	4.26±0.29 ^b	4.27±0.47 ^b
内聚性	0.63±0.16 ^c	0.61±0.01 ^d	0.61±0.05 ^d	0.66±0.14 ^d	0.67±0.04 ^d	0.66±0.07 ^d
胶着性/g	7 044.64±204.32 ^a	5 610.64±391.06 ^b	6 247.34±143.87 ^b	6 346.77±300.38 ^b	6 505.90±130.09 ^b	7 023.41±141.83 ^a
咀嚼性/g	31.45±1.87 ^a	43.23±1.40 ^b	40.71±1.35 ^b	35.74±1.38 ^b	33.73±1.82 ^b	36.77±2.18 ^b
回复性/ml	2.96±0.21 ^a	3.38±0.27 ^b	2.31±0.28 ^c	2.87±0.31 ^b	2.47±0.12 ^c	3.19±0.32 ^b

由表5可知, 2个地区的不同品种兔肉中, 四川地区伊高乐兔肉硬度最高, 为(1 380.59±8.28) g, 同地区伊拉兔肉硬度最低, 为(1 016.12±7.07) g。山东地区伊高乐兔肉弹性最高, 为(4.69±0.30) mm, 同地区伊普吕兔肉弹性最低, 为(3.46±0.21) mm。山东地区伊拉兔肉胶着性最高, 为(7 044.64±204.32) g, 同地区伊高乐兔肉最低, 为(5 610.64±391.06) g。山东地区伊高乐兔肉咀嚼性最高, 为(43.23±1.40) g, 同地区伊拉兔肉咀嚼性最低, 为(31.45±1.87) g。山东地区伊高乐兔肉回复性最高, 为(3.38±0.27) mJ, 同地区伊普吕兔肉回复性最低, 为(2.31±0.28) mJ。综上, 山东地区伊高乐兔肉硬度较低、弹性较高、咀嚼性较高, 口感最好。

3 结论

从营养成分来看, 不同品种和地区兔肉的水分、蛋白质和脂肪含量存在显著差异。同一品种兔肉的水分含量, 四川地区>山东地区, 山东地区伊高乐兔肉水分含量最低; 同一品种兔肉的蛋白质含量, 山东地区>四川地区, 其中山东地区伊高乐兔肉蛋白质含量最高; 同一品种兔肉的脂肪含量, 山东地区>四川地区, 其中四川地区伊拉兔肉脂肪含量最低。不同品种和地区兔肉的灰分、矿物质含量及脂肪酸、氨基酸组成与含量无明显差异。不同品种和地区兔肉的质构特性有显著差异。山东地区, 伊高乐兔肉硬度最低、弹性好、咀嚼性高, 口感最好, 伊拉兔肉硬度最高、胶着性最高, 口感最差; 四川地区, 伊拉兔肉硬度和胶着性最低, 口感最好, 伊普吕兔肉硬度高、胶着性高, 口感最差。综上所述, 不同品种和地区兔肉的营养成分与质构特性存在差异, 山东地区伊高乐兔肉的营养成分和质构特性优于其他5个品种兔肉。

参考文献:

[1] 薛山. 我国兔产业发展现状及趋势展望[J]. 肉类研究, 2016, 30(8): 44-48. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.08.009.
 [2] 郭怡君, 邱敏凌. 大学生兔肉消费现状及影响因素研究: 以中国农业大学为例[J]. 中国养兔, 2019(3): 34-36.
 [3] 陈娥英. 兔肉营养价值的评定[J]. 福建畜牧兽医, 2005(5): 12-13.
 [4] 夏启禹, 贺稚非, 李洪军, 等. 伊拉兔生长过程中肉质特性变化[J]. 食品科学, 2015, 36(1): 75-78. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201501014.
 [5] 张岩, 简文素, 汪平, 等. 獭兔肉兔肉氨基酸脂肪酸组分比较分析[J]. 食品工业, 2015(9): 204-207.
 [6] 关随霞, 康怀彬, 刘朝建. 不同蒸煮温度对兔肉营养成分的影响[J]. 肉类工业, 2015(4): 29-31. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2015.04.009.

[7] 薛山, 贺稚非, 李洪军, 等. 伊拉兔宰后肌糖原变化及其与兔肉品质的相关性[J]. 中国农业科学, 2014, 47(4): 814-822. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2014.04.022.
 [8] 黎嘉惠, 徐雯映, 罗伟, 等. 直接干燥法测定牛肉中水分含量的不确定度评定[J]. 职业与健康, 2014, 30(10): 1339-1341. DOI:10.3969/j.issn.1673-4092.2019.08.015.
 [9] 唐静. 全自动凯氏定氮仪测定蛋白饮料中蛋白质的不确定度分析[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(7): 152-154. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2018.07.047.
 [10] 张愉佳, 张伟, 佟庆龙. 进口大豆粉碎细度对索氏抽提法测粗脂肪含量的影响[J]. 粮食储藏, 2017, 46(1): 43-46. DOI:10.3969/j.issn.1000-6958.2017.01.010.
 [11] 王娟. 试分析食品中灰分测定应注意环节[J]. 中国科技投资, 2017(29): 78-80. DOI:10.3969/j.issn.1673-5811.2017.29.305.
 [12] 孙春华, 苏维娜, 王立娟. 电感耦合等离子体发射光谱法检测獭兔肉中的微量元素[J]. 光谱实验室, 2009, 26(5): 1329-1331. DOI:10.3969/j.issn.1004-8138.2009.05.065.
 [13] 汪萍, 贺稚非, 杨锐, 等. 气相色谱-质谱联用分析四川白兔肌内脂肪酸的组成[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(9): 197-203. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201609034.
 [14] 刘雅娜, 贺稚非, 李洪军, 等. 两个品种兔肉品质的比较研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 106-109.
 [15] 陈洪雨, 鲍大鹏, 杨瑞恒, 等. 亚东黑耳的氨基酸特征分析及蛋白质品质评价[J]. 核农学报, 2019, 33(1): 87-93.
 [16] 余力, 贺稚非, ENKHMAA B, 等. 不同解冻方式对伊拉兔肉品质特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 87-90. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201514049.
 [17] NAYGA R M. Fat economics: nutrition, health, and economic policy[J]. European Review of Agricultural Economics, 2009, 36(3): 455-457. DOI:10.1093/erae/jbp034.
 [18] 张亚楠, 包香香, 樊玉霞, 等. 油炸温度和时间对猪肉块品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(13): 19-24. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2018.13.004.
 [19] 杨玉莹, 张一敏, 董鹏程, 等. 不同品种牛肉品质特性概述[J]. 食品与发酵工业, 2018, 39(6): 65-68.
 [20] MCCLUNG J P, GAFFNEY-STOMBERG E, LEE J J. Female athletes: a population at risk of vitamin and mineral deficiencies affecting health and performance[J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2014, 28(4): 388-392. DOI:10.1016/j.jtemb.2014.06.022.
 [21] JOHANSEN K L, CHERTOW G M. Chronic kidney disease mineral bone disorder and health-related quality of life among incident end-stage renal-disease patients[J]. Journal of Renal Nutrition, 2007, 17(5): 305-313. DOI:10.1053/j.jrn.2007.06.005.
 [22] STAMPANONI C R, NOBLE A C. The influence of fat, acid and salt on the perception of selected taste and texture attributes of cheese analogs: a scalar study[J]. Journal of Texture Studies, 1991, 22(4): 367-380. DOI:10.1111/j.1745-4603.1991.tb00498.x.
 [23] 葛海涛, 刘志礼. γ -亚麻酸药理药效研究进展[J]. 中草药, 1999, 30(7): 554-556. DOI:10.7501/j.issn.0253-2670.1999.7.397.
 [24] ALBERT C M, OH K, WHANG W, et al. Dietary α -linolenic acid intake and risk of sudden cardiac death and coronary heart disease[J]. Circulation, 2005, 112(21): 3232-3238. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.105.572008.
 [25] 王震, 李俊, 郭晓光, 等. 气相色谱-质谱法测定腌制肉类食品中的多种脂肪酸[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 68-71.
 [26] 王小生. 必需氨基酸对人体健康的影响[J]. 中国食物与营养, 2005(7): 48-49. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2005.07.016.
 [27] 陈娥英. 兔肉营养价值的评定[J]. 福建畜牧兽医, 2005(5): 12-13.
 [28] 李维红, 高雅琴, 杨晓玲, 等. 不同牦牛肉氨基酸质量分析[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(12): 34-40. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2018.12.024.
 [29] 刘泽民, 曹日亮, 胡广英, 等. 中草药添加剂对猪肉氨基酸含量的影响研究[J]. 养猪, 2017(6): 86-88. DOI:10.3969/j.issn.1002-1957.2017.06.028.
 [30] ENG J K, MCCORMACK A L, YATES J R. An approach to correlate tandem mass spectral data of peptides with amino acid sequences in a protein database[J]. Journal of the American Society for Mass Spectrometry, 1994, 5(11): 976-989. DOI:10.1016/1044-0305(94)80016-2.
 [31] 张树峰, 陈丽丽, 赵利, 等. 不同解冻方法对脆肉鲩鱼肉品质特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019(3): 56-62.
 [32] 张瑞宇. 物理新技术改进肉类肌肉结构的机理与应用[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2005, 22(1): 44-48. DOI:10.3969/j.issn.1672-058X.2005.01.014.