

伊拉兔生长过程中肉质特性变化

夏启禹¹, 贺稚非^{1,2}, 李洪军^{1,2,*}, 邓泽丽¹, 洪金艳¹, 陈康¹

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400716; 2.重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400716)

摘要:为探讨生长过程中伊拉兔肉质品质的变化,以伊拉兔配套系公兔为研究对象,测定不同日龄兔肉的食用品质和营养特性。结果表明:不同日龄下,伊拉兔肉的 L^* 、pH值变化差异不显著($P>0.05$);随着饲养时间的增加,水分含量显著下降($P<0.05$),而蛋白质、粗脂肪和不饱和脂肪酸的含量显著升高($P<0.05$);伊拉兔肉胆固醇的含量随日龄升高呈先上升后下降的趋势,且显著低于其他畜禽肉类;在75 d时,兔肉系水力、熟肉率、氨基酸总量及多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸的比值均最高,表明75 d的伊拉兔肉具有良好的加工特性且营养价值较高。

关键词:伊拉兔;生长过程;食用品质;营养成分

Change of Meat Quality during the Growth of Ira Rabbits

XIA Qiyu¹, HE Zhifei^{1,2}, LI Hongjun^{1,2,*}, DENG Zeli¹, HONG Jinyan¹, CHEN Kang¹

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Chongqing Special Food Engineering and Technology Research Center, Chongqing 400716, China)

Abstract: This study was aimed to investigate the effect of age at slaughter on the meat quality of Ira rabbits. The eating quality and nutritional properties were evaluated in meat from male Ira rabbits slaughtered at different ages. Results showed that: 1) There was no significant difference in L^* values or pH during different ages ($P > 0.05$); 2) however, a significant reduction of water content in rabbit meat was observed with slaughter age, while the contents of protein, fat and unsaturated fatty acids became higher ($P < 0.05$); 3) cholesterol content increased initially followed by a decrease, which was much lower than in chicken, beef and pork; 4) meat from 75-day-old Ira rabbits had a higher water-holding capacity, cooking loss, total amino acid content and PUFA/SFA ratio than other ages. Accordingly, it can be concluded that meat from Ira rabbits slaughtered at the age of 75 days has excellent processing characteristics and high nutritional value.

Key words: Ira rabbit; growth; eating quality; nutritional components

中图分类号: TS251.54

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)01-0075-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201501014

随着生活水平的提高及保健意识的增强,人们在肉品消费时,对其营养品质越来越关注。兔肉与其他畜禽肉类相比质地细嫩、营养丰富,并因其“三高三低”的特性(即高蛋白质、高赖氨酸、高消化率,低脂肪、低胆固醇、低热量),逐渐出现在餐桌上,成为一种时尚的消费食品,亦被称为“美容肉”和“益智肉”等^[1]。我国是世界兔肉生产大国,约占世界总产量的30%,但是我国兔肉消费却仅为西方发达地区的1/10^[2]。伊拉兔,又称伊拉配套系肉兔,是法国欧洲兔业公司培育的杂家品种,具有生长周期短、出肉率高等特点,于2000年引入我国。目前,我国对于伊拉肉兔的研究还比较少,且主要集中在饲养条件、脂肪酸、蛋白质和风味物质上^[3-6],对其肉质品质特别是生长过程中兔肉的食用

品质和营养成分的变化规律研究较少。因此,本实验以伊拉兔为实验对象,对其生长过程中的肉质品质进行分析检测,以期能够得到各种物理指标和营养指标在生长过程中的变化趋势,进而为伊拉兔肉质的进一步研究和生产加工提供理论基础,从而促进兔肉产业的发展,引导兔肉的消费。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

实验兔为伊拉配套系商品代,取自重庆市高校草食动物工程研究中心种兔场。采用舍饲,并在相同的环境和饲料条件且同一批次的条件下饲养。饲养密度为每

收稿日期: 2014-03-06

基金项目: 农业部国家兔产业技术体系岗位科学家项目(CARS-44-D-1); 公益性行业(农业)科研专项(201303144)

作者简介: 夏启禹(1989—),女,硕士研究生,研究方向为食品生物技术。E-mail: 517611939@qq.com

*通信作者: 李洪军(1961—),男,教授,博士,研究方向为肉类科学与酶工程。E-mail: 983362225@qq.com

笼2只,在35、45、55、65、75、85、95日龄时随机取10只公兔宰杀。按常规方法击昏屠宰去皮后,剔去表面可见脂肪和筋腱,取背最长肌作为实验样品。

三氯甲烷、甲醇、无水乙醇、石油醚、乙醚、苯、正己烷、氯化钾、氢氧化钠、氢氧化钾等均为分析纯成都市科龙化工试剂厂;37种脂肪酸甲酯混标 美国Supelco公司。

1.2 仪器与设备

UltraScan PRO测色仪 美国HunterLab公司;UB-7 pH计 德国Sartorius AG公司;RE-52AA真空旋转蒸发器、SHZ-III型循环水真空泵 上海亚荣生化仪器厂;GC2010气相色谱、LC-20A高效液相色谱 日本岛津公司;L-8800全自动氨基酸分析仪 日本日立公司。

1.3 方法

1.3.1 食用品质的测定

pH值测定参照GB/T 9695.5—2008《肉与肉制品 pH测定》。

肉色:新鲜肉样分割成厚度为2 cm的肉样,静置30 min,利用色差仪测定样品色泽。每个肉样平行测定3次,结果取平均值。肉色由色差仪测定的 L^* 、 a^* 和 b^* 值表示。

系水力:取屠宰24 h后的新鲜肉样,称取10 g样品于离心管中,在8 000 r/min条件下离心30 min,取出,用滤纸吸取表面水分后称质量,计算失水率。每个样品平行测定3次,求平均值^[7]。

$$\text{失水率}/\% = \frac{\text{离心前肉样质量}/\text{g} - \text{离心后肉样质量}/\text{g}}{\text{离心前肉样质量}/\text{g}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{系水力}/\% = \frac{\text{肉样的含水量}/\% - \text{肉样的失水量}/\%}{\text{肉样的含水量}/\%} \times 100 \quad (2)$$

熟肉率:将约2.5 cm厚的肉块在水浴锅中蒸煮,至肉样的中心温度达到70 °C,取出冷却至室温,用滤纸吸去表面水分称质量,每个样品平行测定3次,求平均值。

$$\text{熟肉率}/\% = \frac{\text{蒸煮后肉样的质量}/\text{g}}{\text{蒸煮前肉样的质量}/\text{g}} \times 100 \quad (3)$$

1.3.2 营养成分的测定

水分含量测定参照GB/T 9695.15—2008《肉与肉制品 水分含量测定》;粗蛋白质含量测定参照GB/T 5009.05—2010《食品中蛋白质的测定》;粗脂肪含量测定参照GB/T 9695.7—2008《肉与肉制品 总脂肪含量测定》;胆固醇含量测定参照GB/T 22220—2008《食品中胆固醇的测定》;除被酸水解破坏的色氨酸之外的17种氨基酸含量测定参照GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》。

1.3.3 脂肪酸含量的测定^[4]

称取10 g样品,加入140 mL氯仿-甲醇溶液(2:1, V/V)恒温振荡2 h过滤,加入30 mL饱和NaCl溶液,摇匀

后静置分层,取下层的氯仿层并干燥,在45 °C旋转蒸发得到肌肉脂肪,加入2 mL苯-石油醚溶液(1:1, V/V),置于15 mL具塞试管中,加2 mL 14%三氟化硼甲醇使其甲酯化,恒温水浴反应30 min后加入1 mL正己烷和适量的饱和NaCl溶液。澄清后吸取上清液,装入进样瓶中,用于气相色谱分析。

气相色谱(gas chromatogram, GC)条件:Rtx-Wax毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);升温程序:140 °C保持1 min,以8 °C/min升至180 °C,保持5 min,再以3 °C/min升至210 °C不保持,最后以5 °C/min升到230 °C并保持10 min;载气:He,流速3.0 mL/min;进样量1 μL;分流比:5:1。脂肪酸的定性采用与标品的保留时间进行对比,定量采用面积归一化。

1.4 统计分析

利用SPSS16.0和Excel软件对数据统计分析,用*t*检验法进行显著性检验。实验数据均表示为 $\bar{x} \pm s$,以 $P < 0.05$ 确定为有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 日龄对伊拉兔肉食用品质的影响

2.1.1 伊拉兔肉的色泽

生鲜肉的肉色及其稳定性是评定肉品质量好坏最直观的指标,它也决定着消费者对肉质的感官评价,影响着消费者对肉品的选择^[8]。 L^* 称为明度系数, L^* 值为0表示黑色,为100表示白色; a^* 值称为红度值, $a^* > 0$ 表示红色, $a^* < 0$ 表示绿色; b^* 值称为黄度值, $b^* > 0$ 表示黄色, $b^* < 0$ 表示蓝色; $C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ 表示色度, C 值越大则颜色越鲜艳。由表1可知,随着日龄的增加,兔肉的 L^* 值变化不显著($P > 0.05$)。 a^* 、 b^* 和 C 值随着日龄的升高均呈先下降后上升的趋势,其中不同日龄间的 a^* 值均有显著性差异($P < 0.05$),55 d的伊拉兔肉 b^* 值和 C 值最低,与其他日龄兔肉差异显著($P < 0.05$)。肉的颜色主要是取决于肌红蛋白和血红蛋白。有报道称,畜禽类随着日龄的增长,肌肉中肌红蛋白和血红蛋白的含量会升高,即肉的红度值增加^[9]。

表1 日龄对伊拉兔肉色泽的影响
Table 1 Effect of feeding time on the color of Ira rabbit meat

日龄/d	L^*	a^*	b^*	C
35	55.88±0.30 ^a	3.39±0.01 ^a	13.07±0.62 ^a	13.39±0.82 ^a
45	52.32±1.62 ^a	2.38±0.03 ^a	11.27±0.70 ^a	11.56±0.81 ^a
55	53.99±1.87 ^a	-0.11±0.06 ^a	9.62±1.57 ^b	9.63±1.58 ^b
65	56.45±0.88 ^a	0.30±0.02 ^f	11.85±0.13 ^a	11.85±0.90 ^a
75	56.37±1.41 ^a	0.44±0.04 ^a	12.47±0.83 ^a	12.48±0.82 ^a
85	54.92±1.90 ^a	1.22±0.03 ^d	12.33±2.13 ^a	12.39±2.11 ^a
95	52.74±0.85 ^a	2.64±0.06 ^b	12.14±0.49 ^a	12.42±0.49 ^a

注:同列小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。表2、3同。

2.1.2 伊拉兔肉的食用品质

表2 日龄对伊拉兔肉食用品质的影响

Table 2 Effect of feeding time on the eating quality of Ira rabbit meat

日龄/d	pH	失水率/%	系水力/%	熟肉率/%
35	5.94±0.19 ^a	18.63±0.23 ^{ab}	75.81±0.31 ^c	78.53±0.97 ^a
45	6.20±0.02 ^a	19.15±0.27 ^a	74.89±1.21 ^c	80.53±0.78 ^{ab}
55	6.25±0.04 ^a	18.08±0.61 ^b	75.87±1.45 ^c	81.04±2.74 ^{ab}
65	5.96±0.15 ^a	13.52±0.51 ^c	81.86±2.02 ^{ab}	84.62±1.63 ^{bc}
75	5.77±0.14 ^a	12.00±0.46 ^d	83.83±1.02 ^a	86.60±2.88 ^c
85	5.69±0.08 ^a	14.26±0.19 ^c	81.08±2.90 ^{ab}	83.23±1.71 ^{bc}
95	5.83±0.05 ^a	15.92±0.19 ^f	78.98±1.58 ^b	82.48±2.95 ^{abc}

肌肉的pH值与肉质的许多性状都密切相关，如肉的颜色、嫩度、系水力等。它也是快速鉴别正常肉品与异常肉（PSE或DFD）的指标^[10]。由表2可知，伊拉兔肉在35~95 d，pH值总体呈略微下降的趋势，但每个日龄之间的pH值差异不显著（ $P>0.05$ ），其范围为5.77~6.25，处于正常变化范围内。Dalle Zotte等^[11]研究表明，随着屠宰日龄的增加，肌肉糖酵解能量代谢的能力增加，使得肌肉的氧化代谢和pH值降低。系水力反映的是肌肉的持水能力，兔肉在35~75 d日龄，其失水率呈下降趋势，即表示着系水力逐渐增强。通过方差分析，伊拉兔肉的失水率在生长过程中不同日龄间有显著性差异（ $P<0.05$ ），这与邢华等^[12]得出的规律一致。在85 d和95 d发现其失水率有上升的情况，这可能是与其水分含量相应升高而造成的。蒸煮损失是衡量肉品在蒸煮过程中损失程度的指标，它与肉品的系水力相关，一般来说，系水力高，在热加工过程中则水分损失少，熟肉率就越高。由表2可知，在生长过程中，伊拉兔背最长肌的熟肉率变化规律与系水力相一致。

2.2 日龄对伊拉兔肉营养成分的影响

表3 日龄对伊拉兔肉营养成分的影响

Table 3 Effect of feeding time on nutritional components in Ira rabbit meat

日龄/d	水分含量/%	蛋白质含量/(g/100 g)	粗脂肪含量/%	胆固醇含量/(mg/100 g)
35	77.00±0.80 ^a	19.70±0.80 ^a	1.08±0.08 ^a	54.33±0.12 ^d
45	76.26±0.96 ^{ab}	19.51±0.73 ^a	1.13±0.15 ^a	56.06±1.55 ^{cd}
55	74.91±0.34 ^c	20.25±0.81 ^{ab}	1.21±0.17 ^a	58.05±2.03 ^{bc}
65	74.53±0.55 ^c	21.49±1.05 ^{bc}	1.49±0.05 ^b	60.86±2.14 ^a
75	74.22±0.55 ^c	22.23±0.80 ^{bc}	1.55±0.07 ^b	59.44±1.21 ^b
85	75.36±0.36 ^{bc}	21.68±0.72 ^{bc}	1.58±0.09 ^b	50.02±1.22 ^e
95	75.75±0.28 ^{bc}	21.62±0.54 ^c	1.65±0.04 ^b	44.32±1.46 ^f

由表3可知，随着屠宰日龄的增长，兔背最长肌的水分含量逐渐降低，蛋白质和脂肪含量逐渐升高，这和刘雅娜^[13]、Gondret^[14]等的实验结果相符。在55 日龄后伊拉兔肉的蛋白质含量已高于20 g/100 g，高于猪牛羊羊肉蛋白质的含量^[15]。所测得的伊拉兔背最长肌的粗脂肪含量最高为1.65%，远低于甘南牦牛肉和新疆柯尔克孜羊肉等红肉，所以相应的其能量值也较低^[15-16]。

伊拉兔背最长肌的胆固醇含量随日龄的增加显著上升（ $P<0.05$ ），但是在85、95 d出现了下降趋势，造成该现象的原因还需要进一步的探究，在65 d时伊拉兔背最长肌的胆固醇最高为60.86 mg/100 g，低于兔肉胆固醇含量的平均值65 mg/100 g，远低于其他畜禽肉类胆固醇含量，陈娥英^[17]得出猪肉、鸡肉和牛肉分别为120、72、98 mg/100 g。综上，兔肉是典型的高蛋白、低脂肪、低胆固醇和低热能的肉品。

2.3 日龄对伊拉兔肉脂肪酸的影响

表4 日龄对伊拉兔肉脂肪酸组成的影响

Table 4 Effect of feeding time on the composition of phospholipids in Ira rabbit meat

脂肪酸种类	日龄						
	35 d	45 d	55 d	65 d	75 d	85 d	95 d
C _{14:0}	0.44±0.05 ^a	0.45±0.01 ^a	0.32±0.01 ^a	0.45±0.16 ^c	0.45±0.03 ^b	0.39±0.12 ^a	0.41±0.19 ^a
C _{14:1n-6}	0.25±0.18 ^a	0.36±0.02 ^a	0.32±0.02 ^a	0.35±0.01 ^a	0.36±0.06 ^a	0.37±0.01 ^a	0.40±0.02 ^a
C _{15:0}	1.02±0.01 ^a	1.10±0.27 ^a	1.16±0.10 ^a	1.00±0.64 ^a	1.38±0.11 ^a	1.84±0.49 ^a	2.45±0.55 ^a
C _{16:0}	26.08±1.11 ^a	26.71±0.60 ^a	26.47±1.24 ^a	25.41±0.19 ^a	25.14±0.42 ^a	26.03±0.74 ^a	25.11±0.86 ^a
C _{16:1n-7}	1.12±0.32 ^b	1.64±0.01 ^{bc}	1.62±0.02 ^{bc}	2.29±0.19 ^d	1.84±0.16 ^c	1.20±0.35 ^b	0.88±0.09 ^a
C _{17:0}	0.51±0.16 ^c	0.40±0.022 ^a	0.31±0.02 ^a	0.31±0.06 ^c	0.35±0.03 ^a	0.42±0.06 ^a	0.48±0.01 ^a
C _{17:1}	0.54±0.21 ^{ab}	0.38±0.07 ^{ab}	0.18±0.13 ^a	0.36±0.07 ^{ab}	0.49±0.06 ^{ab}	0.56±0.10 ^{ab}	0.66±0.11 ^b
C _{18:0}	9.22±1.67 ^{ab}	8.41±0.47 ^{ab}	7.12±0.36 ^{ab}	6.46±0.21 ^a	6.21±0.14 ^a	7.99±1.08 ^{ab}	8.96±0.23 ^b
C _{18:1n-6}	15.05±1.49 ^a	15.50±0.64 ^a	18.40±1.81 ^{ab}	21.06±0.44 ^b	20.74±1.70 ^b	17.28±0.75 ^{ab}	17.74±2.10 ^{ab}
C _{18:1n-7}	0.18±0.03 ^a	0.19±0.01 ^a	0.15±0.01 ^a	0.19±0.01 ^a	0.24±0.01 ^a	0.24±0.02 ^a	0.20±0.02 ^a
C _{18:2n-6}	28.34±0.10 ^a	27.29±0.37 ^{ab}	27.53±0.85 ^{ab}	28.00±0.37 ^a	25.85±1.31 ^b	24.62±0.10 ^b	22.56±0.78 ^c
C _{18:3n-3}	0.91±0.14 ^{ab}	0.71±0.01 ^b	0.78±0.02 ^{ab}	1.00±0.10 ^a	0.98±0.14 ^a	0.63±0.16 ^b	0.47±0.02 ^c
C _{20:2n-6}	0.72±0.24 ^a	0.57±0.03 ^a	0.49±0.02 ^a	0.57±0.01 ^a	0.60±0.13 ^a	0.59±0.04 ^a	0.51±0.02 ^a
C _{20:3n-6}	0.66±0.02 ^a	0.74±0.04 ^{ab}	0.69±0.01 ^a	0.62±0.01 ^a	0.76±0.14 ^{ab}	0.87±0.02 ^b	0.86±0.03 ^b
C _{20:4n-6}	9.26±0.19 ^b	11.08±0.26 ^{bc}	9.47±0.12 ^b	7.66±0.11 ^a	9.09±1.57 ^b	10.75±1.27 ^b	11.87±0.30 ^c
C _{20:5n-3}	3.08±0.30 ^{ab}	1.62±0.60 ^{ab}	2.43±0.43 ^a	2.41±0.07 ^a	2.69±0.28 ^{ab}	3.65±0.37 ^{bc}	3.87±0.18 ^c
C _{22:5n-3}	1.29±0.08 ^a	1.79±0.22 ^a	1.48±0.41 ^a	1.11±0.01 ^a	1.69±0.14 ^a	1.44±0.03 ^a	1.39±0.06 ^a
C _{22:6n-3}	1.33±0.31 ^a	1.06±0.03 ^a	1.08±0.22 ^a	0.76±0.03 ^a	1.14±0.28 ^a	1.13±0.09 ^a	1.19±0.06 ^a
SFA	36.62±0.78 ^{ab}	37.03±1.53 ^b	35.38±0.96 ^{ab}	33.62±0.82 ^a	33.53±0.34 ^a	35.89±0.73 ^{ab}	37.40±1.49 ^b
UFA	62.73±0.78 ^a	62.93±1.52 ^a	64.62±0.58 ^{ab}	66.38±0.95 ^b	66.47±1.32 ^b	66.33±1.03 ^b	62.60±0.92 ^a
MUFA	18.23±1.75 ^a	18.07±0.59 ^a	20.06±0.96 ^{ab}	24.25±0.57 ^b	23.67±1.42 ^b	20.08±0.33 ^{ab}	19.88±1.06 ^{ab}
PUFA	45.15±0.96 ^a	44.90±1.41 ^a	43.95±0.73 ^a	42.13±0.24 ^a	42.80±0.76 ^a	44.03±1.06 ^a	42.72±1.28 ^a
P/S	1.23±0.01 ^a	1.21±0.07 ^a	1.24±0.02 ^a	1.25±0.03 ^a	1.28±0.02 ^a	1.23±0.01 ^a	1.14±0.03 ^a
n-6/n-3	6.36±0.15 ^a	6.97±0.93 ^a	6.68±0.29 ^a	7.04±0.24 ^a	5.71±0.19 ^a	5.54±0.12 ^a	5.23±0.15 ^a

注：同行小写字母不同表示差异显著（ $P<0.05$ ）。表5同。

由GC的检测分析得出，伊拉兔背最长肌的脂肪由18种脂肪酸组成，主要包括软脂酸C_{16:0}、硬脂酸C_{18:0}、亚油酸C_{18:2n-6}、油酸C_{18:1n-9}、花生四烯酸C_{20:4n-6}，这和刘雅娜^[13]、Hemández^[18]等的研究结果一致。由表4可知，主要脂肪酸成分C_{16:0}随着日龄的增加呈下降趋势，但差异不显著（ $P>0.05$ ）；C_{18:0}随日龄的增加呈先下降后上升的趋势，在75 d时的相对含量最低。与黄业传等^[19]所测定的3月龄与5月龄獭兔背最长肌脂肪酸成分变化

有差异,这可能是由品种之间的差异性造成的。不同日龄兔肉不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acid, UFA)含量均高于62%,显著高于饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)含量($P<0.05$),其中多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)含量显著高于单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)($P<0.05$)。大量研究表明,肌肉中不饱和脂肪酸有益于人体健康。本实验中,伊拉兔背最长肌的UFA含量明显高于猪肉(55%)、牛肉(50%)、羊肉(56%)^[20],以亚油酸为主。目前,联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)推荐脂肪酸n-6/n-3营养素的比值为5:1~10:1^[21]。也有学者^[22-23]认为,肉类营养的价值也可以用PUFA和SFA的比值P/S衡量。本实验得出伊拉兔肉脂肪酸n-6/n-3比值为6左右, P/S在1.2左右,且各个日龄间差异不显著($P>0.05$),高于曹玮娜等^[24]所测的塞北兔肉P/S值(0.87)和黄业传等^[9]所测的雄性獭兔背最长肌P/S值(0.71)。由此可见,伊拉兔肉具有很好的营养价值。

2.4 日龄对伊拉兔肉氨基酸的影响

表5 日龄对伊拉兔肉氨基酸组成的影响

Table 5 Effect of feeding time on amino acid contents in Ira rabbit meat

氨基酸种类	日龄			
	35 d	55 d	75 d	95 d
天冬氨酸(Asp)	1.867±0.075	2.236±0.103	2.271±0.114	2.073±0.096
苏氨酸(Thr)	0.837±0.042	1.117±0.034	1.116±0.065	0.970±0.023
丝氨酸(Ser)	0.551±0.040	0.876±0.063	0.889±0.023	0.675±0.028
谷氨酸(Glu)	2.711±0.138	3.264±0.146	3.287±0.095	2.979±0.109
甘氨酸(Gly)	1.145±0.059	1.215±0.084	1.205±0.024	1.100±0.052
丙氨酸(Ala)	1.367±0.086	1.576±0.091	1.431±0.075	1.432±0.059
半胱氨酸(Cys)	0.206±0.012	0.260±0.013	0.294±0.020	0.261±0.025
缬氨酸(Val)	0.934±0.096	1.088±0.083	1.106±0.104	1.038±0.086
蛋氨酸(Met)	0.354±0.035	0.436±0.049	0.403±0.038	0.400±0.026
异亮氨酸(Ile)	0.976±0.071	1.144±0.094	1.231±0.086	1.088±0.069
亮氨酸(Leu)	1.768±0.092	2.107±0.106	2.122±0.119	1.939±0.084
酪氨酸(Tyr)	0.627±0.029	0.848±0.032	0.895±0.043	0.719±0.053
苯丙氨酸(Phe)	0.876±0.051	0.990±0.074	1.087±0.89	1.055±0.074
赖氨酸(Lys)	1.049±0.095	1.254±0.102	1.236±0.075	1.174±0.084
组氨酸(His)	0.653±0.037	0.713±0.053	0.780±0.038	0.750±0.063
精氨酸(Arg)	1.503±0.068	1.842±0.095	1.804±0.068	1.605±0.084
脯氨酸(Pro)	0.834±0.094	0.868±0.072	0.856±0.083	0.844±0.038
必需氨基酸(EAA)	7.627±0.054 ^a	9.244±0.080 ^b	9.490±0.090 ^c	8.644±0.089 ^d
非必需氨基酸(NEAA)	10.632±0.124 ^a	12.590±0.108 ^b	12.523±0.118 ^b	12.459±0.103 ^b
氨基酸总量(TAA)	18.259±0.154 ^a	21.834±0.098 ^c	22.013±0.113 ^c	21.103±0.201 ^b
EAA/TAA/%	41.771±0.283 ^a	42.338±0.184 ^b	43.111±0.385 ^c	40.961±0.271 ^d
EAA/NEAA/%	71.736±0.174 ^a	73.423±0.312 ^b	75.781±0.284 ^c	69.380±0.108 ^d

注:*.必需氨基酸。

由表5可知,伊拉兔肉中共含有17种氨基酸,包含7种必需氨基酸(essential amino acids, EAA),2种条件必需氨基酸(conditionally essential amino acids, CEAA)和8种非必需氨基酸(non-essential amino acid, NEAA)。伊拉兔肉中氨基酸总量随着日龄的升高而显著升高($P<0.05$),在75 d时为最高,95 d时略有下降。每个日龄中均以谷氨酸的含量为最高,其次为天冬氨酸、亮氨酸、精氨酸、丙氨酸、甘氨酸和赖氨酸。根据FAO/世界卫生组织(World Health Organization, WHO)的理想模式^[25],优质蛋白质中其氨基酸组成EAA/TAA(total amino

acid, TAA)约30%,EAA/NEAA高于60%,因此伊拉兔肉是一种高蛋白的优质肉品,营养价值高。

3 结论

本研究表明,从食用品质来看,随着日龄的增加,伊拉兔肉pH值略微下降,但是差异不显著($P>0.05$);系水力和熟肉率的值均高于70%,表明伊拉兔肉具有良好的加工特性和生产加工效益。从营养成分来看,随着屠宰日龄的增加,水分含量逐渐降低,蛋白质含量逐渐升高,粗脂肪和胆固醇含量也有升高,但相对于其他畜禽肉品来说伊拉兔肉中粗脂肪和胆固醇的含量均较低。另外伊拉兔肉中含有较多的UFA,且含量随着日龄的升高而升高,说明其具有较高的保健功能。伊拉兔75日龄时,失水率最低,系水力和熟肉率、P/S值和氨基酸总量为最高。综上所述,伊拉兔肉是一种味道鲜美且营养价值高的肉品,其肉质的营养成分具备了优质肉品的特性,具有较高的食用价值和保健价值,是一种适合人类营养需求和开发价值的优良品种。

参考文献:

- [1] 陈丽清,韩佳冬,马良,等.兔肉品质及其影响因素研究进展[J].食品科学,2011,32(19):298-301.
- [2] 杨佳志,李红军.我国兔肉加工现状分析[J].食品科学,2010,31(17):429-432.
- [3] 陈红霞,贺雅非,王毅,等.蒸汽加热对伊拉兔肉及其蛋白质热变性的影响[J].食品工业科技,2013,34(21):65-68.
- [4] 王毅,贺雅非,陈红霞,等.伊拉兔肉脂肪酸组成的GC-MS分析[J].食品科学,2013,34(24):154-157.
- [5] 陈康,李洪军,贺雅非,等.不同性别伊拉兔肉挥发性风味物质的SPME-GC-MS分析[J].食品科学,2014,35(6):32-36.
- [6] 赵全树.如何提高伊拉兔的繁殖力[J].中国草食动物,2007,27(1):64-65.
- [7] 明建,曾凯芳,李洪军.木瓜蛋白酶嫩化牛肉效果的研究[J].食品科学,2009,30(7):210-214.
- [8] 朱彤,王宇,杨君娜,等.肉色研究的概况及最新进展[J].肉类研究,2008,22(2):11-18.
- [9] 周光宏,张兰威,李洪军,等.畜产品加工学[M].北京:中国农业出版社,2011:59-63.
- [10] ABRIL M, CAMPO M, ÖNENT A, et al. Beef colour evolution as a function of ultimate pH[J]. Meat Science, 2001, 58(1): 69-78.
- [11] DALLE ZOTTE A D, OÙHAYOUN J, BINI R P, et al. Effect of age, diet and sex on muscle energy metabolism and on related physicochemical traits in the rabbit[J]. Meat Science, 1996, 43(1): 15-24.
- [12] 邢华,吴云霞,章世元,等.肉兔肌肉品质的研究[J].中国畜牧杂志,1995,31(2):25-26.
- [13] 刘雅娜,贺雅非,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.
- [14] GONDRET F, JUIN H, MOUROT J, et al. Effect of age at slaughter on chemical traits and sensory quality of *longissimus lumborum* muscle in the rabbit[J]. Meat Science, 1998, 48(1): 181-187.
- [15] 李鹏,王存堂,韩玲.甘南牦牛肉质特性和营养成分分析[J].食品科学,2010,31(22):414-416.
- [16] 李述刚,侯旭杰,许宗运,等.新疆阿勒克孜羊肉营养成分分析[J].现代食品科技,2005,26(1):118-119.
- [17] 陈娥英.兔肉营养价值的评定[J].福建畜牧兽医,2006,27(5):10-11.
- [18] HEMANDEZ P, CESARI V, BLASCO A. Effect of genetic rabbit lines on lipid content, lipolytic activities and fatty acid composition of hind leg meat and perirenal fat[J]. Meat Science, 2008, 78(4): 485-491.
- [19] 黄业传,李洪军,贺雅非.不同性别、部位和饲养时间对獭兔肉脂肪组成的影响[J].食品科学,2013,34(17):289-294.
- [20] 卢涵,陈孙福,罗永康.鳄鱼肉主要营养成分及与其他畜禽肉比较[J].肉类研究,2012,26(7):25-28.
- [21] 贾雪莹.膳食n-3/n-6多不饱和脂肪酸构成比对大鼠血脂影响及其机制研究[D].西安:第四军医大学,2009:12-13.
- [22] WOOD J D, RICHARDSON G R, NUTE A V. Effects of fatty acids on meat quality: a review[J]. Meat Science, 2003, 66: 21-32.
- [23] GOGUS U, SMITH C. n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45(3): 417-436.
- [24] 曹玮娜,任战军.塞北兔脂肪酸检测方法的选择与组成分析[J].食品科学,2013,34(20):207-212.
- [25] 朱成科,黄辉,向泉,等.泉水鱼肌肉营养成分分析及营养学评价[J].食品科学,2013,34(11):246-249.