

网络出版时间:2014-01-02 16:06

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.072

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.072.html>

獭兔和中系安哥拉兔不同组织脂肪酸组成分析

曹玮娜,任战军

(西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 【目的】比较獭兔和中系安哥拉兔背最长肌、皮下和肠系脂肪组织中脂肪酸的组成。【方法】采用氯仿-甲醇超声法提取獭兔和中系安哥拉兔背最长肌、皮下和肠系脂肪组织中的油脂,用碱法甲酯化法对油脂进行处理,利用气相色谱-质谱联用仪对脂肪酸进行定性和定量分析。【结果】獭兔和中系安哥拉兔的不饱和脂肪酸平均相对含量分别为 59.98% 和 66.10%,均高于饱和脂肪酸,是脂肪酸的主体成分。在獭兔和中系安哥拉兔的背最长肌、皮下和肠系脂肪组织中,软脂酸(十六碳酸, C16:0)、油酸(9-十八碳烯酸, C18:1)和亚油酸(9,12-十八碳二烯酸, C18:2)都是脂肪酸的主要组成成分。獭兔相对含量最大的脂肪酸是软脂酸(平均相对含量为 27.63%),而中系安哥拉兔则含油酸最多(平均相对含量为 32.41%)。【结论】獭兔和中系安哥拉兔脂肪酸组成具有共性,中系安哥拉兔脂肪酸种类较獭兔丰富。

【关键词】 獭兔;中系安哥拉兔;脂肪酸;气相色谱-质谱联用仪

【中图分类号】 S872

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)02-0007-06

Comparison on fatty acid compositions in different tissues of Rex rabbit and Angora rabbit

CAO Wei-na, REN Zhan-jun

(College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to compare fatty acid composition in longissimus dorsi, subcutaneous adipose tissue, and intestinal fat tissue of Rex rabbit and Angora rabbit. 【Method】 Chloroform-methanol hyperacoustic method was used for lipid separation, then alkaline methyl-esterification method was used for further process, and gas chromatography and mass spectrometry technique was used to determine the fatty acid composition in longissimus dorsi, subcutaneous adipose tissue, and intestinal fat tissue of studied rabbits. 【Result】 Unsaturated fatty acids accounted for the majority of the averaged fatty acids in both Rex rabbit (59.98%) and Angora rabbit (66.10%). Palmitic acid (C16:0), oleic acid (C18:1) and linoleic acid (C18:2) were the main components. Content of oleic acid was the largest in Rex rabbit (27.63%), while content of palmitic acid (C16:0) was the largest in Angora rabbit (32.41%). 【Conclusion】 Fatty acid composition of the two rabbits was in common, and the type of fatty acids of Angora rabbit was richer than that of Rex rabbit. .

Key words: Rex rabbit; Angora rabbit; fatty acids; GC/MS

随着人们对肉类品质要求的不断提高,美味、营养、绿色保健肉品已成为人们追求的新目标。兔肉

因其低脂肪、高蛋白的特点而逐渐受到消费者的青睐。近年来,市场对兔产品(肉、毛、皮及其制品)的

〔收稿日期〕 2013-03-15

〔基金项目〕 陕西省农业攻关项目(2010K01-16);西安市农业攻关项目(NC09049-4)

〔作者简介〕 曹玮娜(1988—),女,河北石家庄人,在读硕士,主要从事特种经济动物养殖研究。E-mail:849989054@qq.com

〔通信作者〕 任战军(1966—),男,陕西淳化人,副教授,主要从事经济动物养殖研究。E-mail:renzhanjun@nwsuaf.edu.cn

需求量越来越大,2009 年我国兔肉产量达到 70 万 t,占世界同期总产量的 42.6%^[1]。獭兔是以皮用为主的皮肉兼用型草食动物,用揉制好的獭兔皮制作高档裘皮服饰,雍容华贵,轻柔华美,尤如锦缎,而且保暖性强,不掉毛。安哥拉长毛兔是世界上惟一的毛用兔品种,毛质轻而柔软,保暖性强,是高级精纺原料,还可制毡等。每只年产毛量一般为 250~400 g,高产的可达 1 kg 以上^[2]。

毛兔和獭兔因其毛、皮、肉兼用而日益受到关注,但人们往往更重视利用毛皮而忽视了对其肉的研究和利用。为了更好的利用毛兔、獭兔肉,就有必要对其肉质进行评价。膳食脂肪的种类和数量是评价肉类的营养标准之一,对于生产有益健康的动物肉食品和动物育种及认识肉类营养价值和风味,合理保存和加工、食用这些动物肉类具有重要意义。

祝素珍^[3] 研究报道,新西兰兔肉肉豆蔻酸(C14:0)、棕榈酸(C16:0)、棕榈油酸(C16:1)的相对含量分别为 2.77%、37.05%和 6.57%。Hua Wei Liu 等^[4]曾报道,意大利比安卡兔背最长肌多不饱和脂肪酸(PUFA)与饱和脂肪酸(SFA)相对含量的比值(P/S)为 0.75。吴淑云等^[5]报道,獭兔背最长肌中的 SFA 和不饱和脂肪酸(UFA)的相对含量分别为 36.79%和 57.38%。对于中系安哥拉兔机体脂肪酸的组成国内外尚未见报道,为此,本试验以毛兔、獭兔为研究对象,采用氯仿-甲醇超声法提取不同部位组织中的油脂,通过碱法甲酯化法对油脂进行处理,利用气象色谱-质谱(GS/MS)联用仪对脂肪酸进行定性和定量分析,研究中系安哥拉兔和獭兔肌肉组织、皮下脂肪组织和肠系组织中脂肪酸的组成,揭示兔肉的营养价值、肉品质和风味,并为中系安哥拉兔和獭兔选育提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物、试剂与仪器

健康状况良好、体质量约 3.0 kg/只的獭兔和中系安哥拉兔各 10 只,购自陕西杨凌西北农林科技大学动物科技学院实验动物中心。

石油醚、氯仿、氢氧化钾、甲醇、氯化钠、无水硫酸钠、苯等试剂均为分析纯。0.4 mol/L 氢氧化钾-甲醇溶液:称 2.24 g 氢氧化钾溶于少许甲醇中,然后用甲醇稀释到 100 mL。

气相色谱-质谱联用仪,美国 Thermo 公司生产;超声波振荡器,上海五相仪器仪表有限公司生产;旋转蒸发器、烘箱,上海亚荣生化仪器厂生产;电

子分析天平,沈阳龙腾电子有限公司生产。

1.2 油脂的提取与处理

1.2.1 氯仿-甲醇超声法提取 分别取试验兔背最长肌(以下简称肌肉)、皮下和肠系脂肪组织约 10 g,用捣碎机捣碎后放入装有 50 mL 氯仿与甲醇(V(氯仿):V(甲醇)=2:1)混合液的三角瓶中,将三角瓶放入超声波振荡器中调温并在 30 ℃下振荡 30 min,收集滤液,重复 3 次。将滤液倒入分液漏斗并向其中加入 30 mL 的生理盐水,用力摇动分液漏斗后保持静止不动直到两相完全分离。将下层的氯仿倒入带塞密闭的瓶子中并加入 5 g 无水硫酸钠过夜,再将混合物过滤到广口瓶中,最后将滤出物用旋转蒸发仪脱水,剩下的则为总脂质。将 10 只试验兔提取的油脂等体积混合均匀。

1.2.2 碱法甲酯化法处理 取油脂 50 μ L 并加入 2 mL 石油醚与苯混合溶剂(V(石油醚):V(苯)=1:1)溶解,加入 2 mL 0.4 mol/L 的氢氧化钾-甲醇溶液混匀,室温下静置 0.5~1 h,分层后取上清液用于 GC/MS 分析。

1.3 脂肪酸的 GC/MS 分析

采用气相色谱-质谱联用仪对提取与处理后的油脂脂肪酸进行定性和定量分析。

气象色谱条件:DB-WAX 弹性石英毛细管柱规格为 30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m;载气为高纯度氦气,恒流模式,流速为 1.0 mL/min;程序升温:150 ℃保持 2.0 min,以 6 ℃/min 速度升温至 230 ℃,在 230 ℃保持 15 min,进样口 230 ℃,传输线 230 ℃;进样量为 1 μ L,分流比为 80:1。

质谱条件:EI 离子源,离子源温度 250 ℃,电子能量 70 eV,电流 100 mA,电子倍增器 1.4 kV,溶剂延迟 2.0 min,全扫描方式,扫描范围 40~400 amu。

经过 GC/MS 分析检测得到了兔肉脂肪酸总离子流图,每个相对保留时间对应峰对应一种脂肪酸。将检测出的每一种挥发性物质的质谱数据与计算机标准图谱库进行比较,根据纯度、匹配系数和逆匹配系数所反映出的检索结果,并参考相关文献^[6]逐一进行初步定性。利用峰面积归一法进行定量分析,各种脂肪酸的相对含量以该物质峰面积占总峰面积的百分比表示。

2 结果与分析

2.1 獭兔不同部位的脂肪酸组成

由表 1 可见,在獭兔 3 个部位的体组织中,共检测到 14 种脂肪酸,相对含量较大的 5 种脂肪酸分别

为软脂酸(十六碳酸)、油酸(9-十八碳烯酸)、亚油酸(9,12-十八碳二烯酸)、硬脂酸(十八碳酸)、豆蔻酸(十四碳酸),平均相对含量依次为 27.63%,26.82%,26.16%,6.17%和 3.08%。3 个部位组织脂肪酸的组成及相对含量有所不同:皮下脂肪组织中检测到 12 种脂肪酸,相对含量位于前 3 位的依次是软脂酸(十六碳酸) 29.76%、亚油酸(9,12-十八碳二烯酸) 25.65% 和油酸(9-十八碳烯酸)

24.82%;肌肉组织中检测到 11 种,相对含量位于前 3 位的依次是油酸(9-十八碳烯酸)30.17%、软脂酸(十六碳酸)26.16%和亚油酸(9,12-十八碳二烯酸) 25.33%;肠系脂肪组织中检测到 11 种,相对含量位于前 3 位的依次为:亚油酸(9,12-十八碳二烯酸) 27.49%、软脂酸(十六碳酸) 26.97%和油酸(9-十八碳烯酸) 25.47%。其余脂肪酸相对含量均不超过 8%。獭兔的 P/S 值为 0.72。

表 1 獭兔不同部位的脂肪酸组成及相对含量

脂肪酸种类 Fatty acid		相对含量/% Relative content		
		肌肉 Muscle	皮下 Subcutaneous	肠系 Intestines
饱和脂肪酸 SFA	十三碳酸 C13:0	—	0.32	—
	十四碳酸 C14:0	2.65	3.69	2.89
	十五碳酸 C15:0	1.83	2.88	2.75
	十六碳酸 C16:0	26.16	29.76	26.97
	十七碳酸 C17:0	—	—	1.64
	十八碳酸 C18:0	5.05	7.14	6.33
	合计 Total	35.69	43.79	40.59
单不饱和脂肪酸 MUFA	9-十六碳烯酸 C16:1	3.74	2.30	2.47
	2-十七碳烯酸 C17:1	0.80	0.63	—
	9-十八碳烯酸 C18:1	30.17	24.82	25.47
	11-二十碳烯酸 C20:1	0.85	0.64	1.09
	合计 Total	35.56	28.40	29.03
多不饱和脂肪酸 PUFA	9,12-十八碳二烯酸 C18:2	25.33	25.65	27.49
	9,12,15-十八碳三烯酸 C18:3	2.10	1.54	1.92
	5,8,11,14-二十碳四烯酸 C20:4	—	0.62	0.97
	5,8,11,14-二十一碳四烯酸 C21:4	1.31	—	—
	合计 Total	28.74	27.81	30.38

2.2 中系安哥拉兔不同部位的脂肪酸组成

由表 2 可见,在中系安哥拉兔 3 个部位的体组织中,共检测出 21 种脂肪酸,相对含量最大的 5 种脂肪酸分别为油酸(9-十八碳烯酸)、亚油酸(9,12-十八碳二烯酸)、软脂酸(十六碳酸)、硬脂酸(十八碳酸)、亚麻酸(9,12,15-十八碳三烯酸),平均相对含量依次为 32.41%,23.54%,23.10%,5.45% 和 3.88%。中系安哥拉兔 3 个部位组织脂肪酸的组成及相对含量有所异同。在肌肉组织中检测到 11 种脂肪酸,皮下和肠系脂肪组织中分别检测到 20 和 19 种脂肪酸,脂肪酸组成种类相对丰富。在检测到的 21 种脂肪酸中,油酸(9-十八碳烯酸)在皮下、肌

肉、肠系 3 个部位组织中的相对含量均最高,分别为 33.98%,29.11%,34.14%。而其他脂肪酸的含量各有不同。在皮下和肠系脂肪组织中,软脂酸(十六碳酸)相对含量比油酸(9-十八碳烯酸)分别少 9.09% 和 10.80%,位于第 2 位;亚油酸(9,12-十八碳二烯酸)相对含量比软脂酸(十六碳酸)分别低 1.93% 和 0.17%,位于第 3 位。而在肌肉组织中,亚油酸(9,12-十八碳二烯酸)相对含量比油酸(9-十八碳烯酸)少 4.61%,位于第 2 位;软脂酸(十六碳酸)相对含量比亚油酸(9,12-十八碳二烯酸)少 3.43%,位于第 3 位。其余脂肪酸含量均不超过 7%。中系安哥拉兔的 P/S 值为 0.85。

表 2 中系安哥拉兔不同部位的脂肪酸组成及相对含量

脂肪酸种类 Fatty acid		相对含量/% Relative content		
		肌肉 Muscle	皮下 Subcutaneous	肠系 Intestines
饱和脂肪酸 SFA	十四碳酸 C14:0	1.63	2.97	2.75
	十五碳酸 C15:0	2.98	1.18	1.08
	十六碳酸 C16:0	21.07	24.89	23.34
	十七碳酸 C17:0	—	0.25	2.61

续表 2 Continued table 2

脂肪酸种类 Fatty acid		相对含量/% Relative content		
		肌肉 Muscle	皮下 Subcutaneous	肠系 Intestines
饱和脂肪酸 SFA	十八碳酸 C18:0	6.44	5.65	4.25
	十九碳酸 C19:0	—	0.14	0.21
	二十碳酸 C20:0	—	0.12	0.12
	合计 Total	32.12	35.21	34.37
单不饱和脂肪酸 MUFA	11-十四碳烯酸 C14:1	—	0.17	0.18
	9-十六碳烯酸 C16:1	2.37	3.41	3.47
	2-十七碳烯酸 C17:1	0.71	0.42	0.43
	9-十七碳烯酸 C17:1	—	0.14	—
	9-十八碳烯酸 C18:1	29.11	33.98	34.14
	9-十九碳烯酸 C19:1	—	—	0.08
	10-十九碳烯酸 C19:1	—	0.08	0.08
	11-二十碳烯酸 C20:1	1.49	0.81	0.90
	13-二十二碳烯酸 C22:1	—	0.15	0.16
	合计 Total	33.68	39.18	39.44
多不饱和脂肪酸 PUFA	9,12-十八碳二烯酸 C18:2	24.50	22.96	23.17
	9,12,15-十八碳三烯酸 C18:3	6.99	2.13	2.53
	11,13-二十碳二烯酸 C20:2	—	0.25	0.27
	5,8,11,14-二十碳四烯酸 C20:4	2.71	0.19	—
	5,8,11,14-二十一碳四烯酸 C21:4	—	0.09	0.21
	合计 Total	34.20	25.62	26.19

3 讨 论

3.1 油脂提取方法分析

从动物体组织提取油脂的方法有许多,一种比较经典的方法是索氏抽提法,用该方法处理的大多数样品结果比较可靠,但需要周期长,溶剂量大。另一种较常用的提取油脂的方法是氯仿-甲醇法。1957 年,Folch 等^[7]首先提出了从动物组织中提取脂质的氯仿-甲醇法,该方法的原理是在一定水分存在条件下,极性的甲醇和非极性的氯仿混合溶液能有效地提取出来结合态的脂类,如蛋白脂及磷脂,该方法特别适合于结合态脂类,特别是磷脂含量高的样品,如鱼、贝类、肉、禽、蛋及其制品等。本试验中采用了氯仿-甲醇超声法提取油脂,超声波提取作为一种优良的提取方法,具有操作简便快捷、提取温度低、提出率高、提取物的结构未被破坏等特点,目前已广泛应用于生物活性物质的提取中^[8]。

3.2 脂肪酸对肉品质的影响

肉品中脂肪酸的组成十分重要,其影响肉品质的各个方面,包括货架期和风味^[9]。肉的营养价值主要由 SFA 和 PUFA 相对含量的比值来确定。一般情况下,为了预防冠心病、癌症等生活习惯病,人类膳食中的 P/S 值要高于 0.45^[10]。本试验中,獭兔、中系安哥拉兔的 P/S 值依次为 0.72 和 0.85。可以认为这 2 个品种兔肉均有较好的营养价值。

亚油酸(9,12-十八碳二烯酸,C18:2)是单不饱

和脂及酸(MUFA),其摄入量与血浆磷脂、胆固醇酯和甘油三酯中的亚麻油含量有很强的相关性^[11]。在以往对牛、羊等反刍动物脂肪酸的研究中,检测到的亚油酸相对含量并不是很高。梁瑜^[12]报道,西门塔尔牛肉中亚油酸相对含量为 9.97%;王金文等^[13]报道,鲁西黑头肉羊和小尾寒羊肉中的亚油酸相对含量分别为 0.93%,2.78%。本试验中,獭兔的肌肉、皮下和肠系脂肪组织中的亚油酸相对含量分别达到 25.33%,25.65%,27.49%,中系安哥拉兔分别为 24.50%,22.96%,23.17%,远远高于目前报道的牛、羊等动物肌肉。亚油酸对兔肉的营养价值和特征风味的影响还需要进一步研究。以上结果说明,兔肉中脂肪酸组成更有利于人们健康。

脂肪酸的组成与肉的风味有紧密的联系^[14-15]。Cameron 等^[16]在研究脂肪酸组成与肉风味的关系时发现,PUFA 与肉的香味和总体可接受程度呈负相关,PUFA 含量越高,肌肉脂肪越易被氧化酸败而产生酸味和哈喇味,对肉的风味带来不好的影响;而 MUFA 与肉香味和整体可接受程度呈正相关。SFA 和 MUFA 含量高,则肉的嫩度、多汁性、风味就好。曾有研究发现,棕榈油酸(9-十六碳烯酸)含量和口味之间存在着较高的正相关性($r=0.963$);相反,硬脂酸(十八碳酸)含量和口味之间有较高的负相关性($r=0.951$)。吴淑云等^[5]报道,獭兔背最长肌脂肪酸中 SFA 和 MUFA 相对含量之和为 64.32%。本试验结果显示,獭兔脂肪酸中,对风味

有较好影响的 SFA 和 MUFA 平均相对含量之和为 64.90%,同时,对风味起不良影响作用的硬脂酸(十八碳酸)和 PUFA 的平均相对含量分别为 6.17%和 28.98%;而中系安哥拉兔脂肪酸中,SFA 和 MUFA 的平均相对含量之和为 71.3%,硬脂酸(十八碳酸)和 PUFA 的平均相对含量分别为 5.45%和 28.67%。从脂肪酸对风味影响的角度来看,中系安哥拉兔肉的风味较好。

4 结 论

獭兔和中系安哥拉兔的脂肪酸组成具有共性,不饱和脂肪酸的平均相对含量分别为 59.98%和 66.10%,均高于饱和脂肪酸,是脂肪酸的主体成分。中系安哥拉兔的脂肪酸组成种类较獭兔丰富,从二者中检测到的的脂肪酸种类数分别为 21 和 14;软脂酸(C16:0)、油酸(C18:1)和亚油酸(C18:2)是脂肪酸的主要组成成分。獭兔脂肪含软脂酸最多(27.63%),中系安哥拉兔含油酸最多(32.41%)。

兔子不同肢体部位分布的脂肪酸有一定的差异,獭兔皮下脂肪组织脂肪酸的组成种类较肌肉组织和肠系脂肪组织丰富,三者含有的脂肪酸种类依次为 12,11 和 11 种。中系安哥拉兔皮下、肠系和肌肉组织中含有的脂肪酸种类依次为 20,19 和 11 种。獭兔、中系安哥拉兔的 P/S 值分别为 0.72 和 0.85,都大于 0.45,所以獭兔和中系安哥拉兔均有较好的营养价值。

从脂肪酸影响风味的角度出发,中系安哥拉兔体组织脂肪酸中对风味有较好影响的 SFA 和 MUFA 平均相对含量之和较高,占到 71.3%,比獭兔高出 6.4%;对风味起到不良影响作用的硬脂酸(十八碳酸)和 PUFA 平均相对含量之和较低,仅占 34.12%,比獭兔低 1.03%。因此,中系安哥拉兔肉风味可能比獭兔好,该结果为中系安哥拉兔和獭兔在食品领域的发展提供了科学依据。

[参考文献]

[1] 谢晓红,郭志强,秦应和.我国肉兔产业现状及发展趋势[J].中国畜牧杂志,2011(4):34-38.
Xie X H,Guo Z Q,Qin Y H. The situation and development trend of rabbit industry in our country [J]. Chinese Journal of Animal Science,2011(4):34-38. (in Chinese)

[2] 周傲才.谈兔[J].生物学教学,1999(1):37.
Zhou J C. About rabbit [J]. Biology Teaching,1999(1):37. (in Chinese)

[3] 祝素珍.日粮不同能量水平对新西兰生长兔生产性能、营养物

质利用、盲肠发酵和肉质的影响[D].山东泰安:山东农业大学,2003:39-40.

Zhu S Z. Effect of different energy level on growth performance utilization of energy caecum fermentation and meat quality of growing NZ rabbit [D]. Taian, Shandong:Shandong Agricultural University,2003:39-40. (in Chinese)

[4] Hua Wei Liu,Francesco Gai,Laura Gasco,et al. Effects of chestnut tannins on carcass characteristics,meat quality,lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits [J]. Meat Science,2009,83:678-683.

[5] 吴淑云,杨悦,王桂瑛,等.獭兔肉脂肪酸组成的 GC-MS 测定[J].农产品加工学刊,2012(11):167-171.
Wu S Y,Yang Y,Wang G Y,et al. Detection of fatty acid composition of rex rabbit meat by GC-MS [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing,2012(11):167-171. (in Chinese)

[6] 魏永生,郑海燕,耿薇,等.常用动植物食用油中脂肪酸组成的分析[J].食品科学,2012,33(16):188-193.
Wei Y S,Zheng H Y,Geng W,et al. Fatty acid composition analysis of common animal fats and vegetable oils [J]. Food Science,2012,33(16):188-193. (in Chinese)

[7] Folch J,Lees M,Sloane-Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. J Biol Chem,1957,226(1):497-509.

[8] 李华,沈洁.超声波法从葡萄籽中提取多酚的研究[J].酿酒科技,2005(5):89-91.
Li H,Shen J. Research on the extraction of polyphenols from grape seed by ultrasonic [J]. Liquor-Making Science & Technology,2005(5):89-91. (in Chinese)

[9] Wood J D,Richardson R I,Nute G R,et al. Effects of fatty acids on meat quality: A review [J]. Meat Science,2004,66(1):21-32.

[10] Kempster A J. Fat partition and distribution in the carcasses of cattle,sheep and pigs: A review [J]. Meat Science,1981,5(2):83-98.

[11] 黄宝玺,王大为,王金凤.多不饱和脂肪酸的研究进展[J].农产品加工业,2009(8):26-30.
Huang B X,Wang D W,Wang J F. Advances in polyunsaturated fatty acids [J]. Agricultural Engineering Technology,2009(8):26-30. (in Chinese)

[12] 梁瑜.西门塔尔杂种牛脂肪酸营养特性及肉品品质研究[D].兰州:甘肃农业大学,2012:36-37.
Liang Y. Fatty acid composition and quality of meat from hybrid Simmental bulls [D]. Lanzhou:Gansu Agricultural University,2012:36-37. (in Chinese)

[13] 王金文,崔绪奎,张果平,等.鲁西黑头肉羊与小尾寒羊肉质性状的比较研究[J].家畜生态学报,2012(7):52-56.
Wang J W,Cui X K,Zhang G P,et al. Comparison study on meat quality traits of Luxi Black Head Mutton Sheep and Small-tail Han Sheep [J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici,2012(7):52-56. (in Chinese)

[14] Shahidi F.肉制品与水产品的风味[M].李洁,朱国斌,译.北京:中国轻工业出版社,2001:8.

Shahidi F. Flavor of meat products and seafood [M]. Li J, Zhu G B, translate. Beijing: China Light Industry Press, 2001: 8. (in Chinese)

[15] 张巧娥,敖长金. 影响羊肉脂肪酸组成的因素 [J]. 畜牧与兽医, 2007, 39(3): 19-21.

Zhang Q E, Ao C J. The factors of mutton fatty acid composition [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2007, 39(3): 19-21. (in Chinese)

[16] Cameron N F D, Enser M. Fatty acid composition of lipid on longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality [J]. Meat Science, 1991, 29: 251-262.

(上接第 6 页)

[9] Van R L R, Bayliss C E, Roncari D A K. Cytological and enzymological characterization of human adult adipocyte precursors in culture [J]. Clin Invest, 1976, 58: 699-704.

[10] Couturier C, Janvier B, Girlich D, et al. Effects of caffeine on lipoprotein lipase gene expression during the adipocyte differentiation process [J]. Lipids, 1998, 33(5): 455-460.

[11] Boone C, Mourot J, Gregoire F, et al. The adipose conversion process: Regulation by extracellular and intracellular factors [J]. Reproduction Nutrition Development, 2000, 40: 325-358.

[12] Sharma A M, Staels B. Peroxisome proliferator-activated receptor gamma and adipose tissue understanding obesity-related changes in regulation of lipid and glucose metabolism [J]. Clin Endocrinol Metab, 2007, 92: 386-395.

[13] Evans R M. The steroid and thyroid hormone receptor superfamily [J]. Science, 1988, 240: 889-895.

[14] Gagnon A, Lau S, Sorisky A. Rapamycin-sensitive phase of T3-L1 preadipocyte differentiation after clonal expansion [J]. J Cell Physiol, 2001, 189(1): 14-22.

[15] Korner A, Wabitsch M, Seidel B, et al. Adiponectin expression in humans is dependent on differentiation of adipocytes and downregulated by humoral serum components of high molecular weight [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2005, 337: 540-550.