



宁夏滩羊后腿肉营养评价及挥发性风味物质分析

徐薇薇¹, 姚瑞基¹, 袁维新¹, 齐月², 张亚芳², 张同刚^{1,3,*}

(1.广西国际商务职业技术学院, 广西南宁 530001; 2.北京市产品质量监督检验院, 北京 101300;

3.宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

摘要: 利用顶空固相微萃取 (solid phase microextraction, SPME) 与气相色谱-质谱联用 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 技术对宁夏滩羊后腿肉中挥发性风味成分及其变化进行测定, 并利用常规肌肉营养测定方法对其营养成分进行分析。结果表明: 在宁夏滩羊后腿肉中, 水分占77.23%, 蛋白质占16.98%, 脂肪占1.53%, 灰分占0.90%; 宁夏滩羊后腿肉中含有17种氨基酸, 其中必需氨基酸7种, 且必需氨基酸的构成比例基本符合联合国粮食与农业组织 (Food and Agriculture Organization, FAO) 和世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 的标准; 从宁夏滩羊后腿肉中共检测出烃类、杂环类、醛类、酯类、醇类、酮类、酸类和醚类等挥发性风味成分40种, 其中关键风味成分主要是D-柠檬烯、壬醛、3-甲基丁醛、乙醛、3-甲硫基丙醛、庚醛、苯甲醛、1-辛烯-3-醇、二甲基硫醚和2-乙基呋喃等物质, 它们共同决定了宁夏滩羊后腿肉的整体风味。

关键词: 宁夏滩羊后腿肉; 营养评价; 固相微萃取; 气相色谱-质谱联用; 挥发性风味物质

Nutritional Assessment and Flavor Compounds of Hind Leg Meat in Tan Sheep

XU Weiwei¹, YAO Ruiji¹, YUAN Weixin¹, QI Yue², ZHANG Yafang², ZHANG Tonggang^{1,3,*}

(1.Guangxi International Business Vocational and Technical College, Nanning 530001, China; 2.Beijing Product Quality Supervision and Inspection Institute, Beijing 101300, China; 3.School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The volatile flavor compounds of hind leg meat from Tan sheep were determined by solid phase micro-extraction (SPME) coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and the nutritional components were analyzed by routine methods. The results showed that the contents of moisture, protein, fat and ash in hind leg muscle were 77.23%, 16.98%, 1.53% and 0.90% respectively. Seventeen amino acids in the muscle were contained including seven essential ones and the essential amino acid composition was similar to the standard of Food and Agriculture Organization (FAO) and World Health Organization (WHO). Totally 40 volatile flavor compounds including hydrocarbons, heterocyclic compounds, aldehydes, esters, alcohols, ketones, acids and ethers were identified in the meat, with D-limonene, nonanoic acid, 3-methyl butanal, acetaldehyde, 3-methylthiopropional, heptyl aldehyde, benzaldehyde, 1-octene-3-alcohol, dimethyl sulfide, 2-ethyl-furan and other substances being the key flavor compounds.

Key words: hind leg meat from Tan sheep; nutritional assessment; solid phase micro extraction; gas chromatography-mass spectrometry; volatile flavor

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201710008

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 10-0041-05

引文格式:

徐薇薇, 姚瑞基, 袁维新, 等. 宁夏滩羊后腿肉营养评价及挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2017, 31(10): 41-45.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201710008. <http://www.rlyj.pub>

XU Weiwei, YAO Ruiji, YUAN Weixin, et al. Nutritional assessment and flavor compounds of hind leg meat in Tan sheep[J]. Meat Research, 2017, 31(10): 41-45. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201710008. <http://www.rlyj.pub>

宁夏滩羊属于蒙古羊种, 生长于半干旱的荒漠草原和干旱草原地区, 是宁夏地区特色羊种, 隶属于短脂尾绵羊, 肉、皮、毛具有独特的品质^[1]。盐池县水质偏碱性, 矿化度高, 天然植物适口性好、饲用价值高^[2]。

本研究以人工养殖宁夏滩羊为研究对象, 采用顶空固相微萃取 (solid phase microextraction, SPME) 技术与气相色谱-质谱联用 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 测定宁夏滩羊后腿肉中的挥发

收稿日期: 2017-06-18

作者简介: 徐薇薇 (1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品科学与技术。E-mail: hdxuweiwei@yeah.net

*通信作者: 张同刚 (1987—), 男, 博士研究生, 研究方向为畜产品加工。E-mail: 372998013@qq.com

性风味物质,采用相对气味活度值(relative odor activity value, ROAV)法分析宁夏滩羊肉的主体风味物质,了解其营养成分和风味物质组成,旨在补充宁夏滩羊后腿肉的营养价值及风味特性数据,为今后宁夏滩羊的开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

滩羊后腿肉,购自宁夏回族自治区吴忠市涝河桥清真肉食品有限公司。

1.2 仪器与设备

OHAUS MB45快速水分测定仪 上泰仪器股份有限公司; B-811索氏提取仪、B-324凯氏定氮仪 瑞士Buchi公司; JJ-2(2003-61)气相色谱-质谱联用仪、65 μm 聚二甲基硅氧烷/二乙烯基苯(polydimethylsiloxane/divinylbenzene, PDMS/DVB)萃取头 日本岛津公司; HH SY21-Ni6-C高速组织捣碎机 江苏金坛市亿通电子有限公司; L-8800高速氨基酸分析仪 日本日立公司。

1.3 方法

1.3.1 基本营养成分测定

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》^[3]中的直接干燥法;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》;粗蛋白质含量测定:参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法;粗脂肪含量测定:采用氯仿-甲醇提取法^[4];氨基酸测定:参照GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》^[5],采用氨基酸自动分析仪进行测定。微量元素测定:采用原子吸收分光光度法^[6]。

1.3.2 肌肉营养品质评价方法

依据联合国粮食与农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)和世界卫生组织(World Health Organization, WHO)提出的氨基酸评分(amino acid score, AAS)标准模式^[7-8]和鸡蛋中蛋白质的氨基酸模式^[9],以AAS、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)^[9]来评价肌肉样品中蛋白质的氨基酸营养价值。AAS、CS和EAAI按照公式(1)~(3)计算。

$$\text{AAS} = \frac{m_0}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{CS} = \frac{m_0}{m_2} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{EAAI} = \sqrt[n]{\frac{\text{Lys}(t)}{\text{Lys}(s)} \times 100 \times \frac{\text{Met}(t)}{\text{Met}(s)} \times 100 \times \dots \times \frac{\text{Val}(t)}{\text{Val}(s)} \times 100} \quad (3)$$

式中: m_0 为待测样品的氨基酸含量(mg/g蛋白质); m_1 为FAO/WHO评分模式下同种氨基酸的含量

(mg/g蛋白质); m_2 为鸡蛋蛋白质同种氨基酸的含量(mg/g蛋白质); n 为比较的氨基酸数; t 为待测样品蛋白质中相应必需氨基酸的含量(mg/g蛋白质); s 为鸡蛋蛋白质中相应必需氨基酸的含量(mg/g蛋白质)。

1.3.3 挥发性风味物质的提取

样品预处理:将宁夏滩羊后腿肉样品放入高速组织捣碎机中制成糜状,待用。

SPME:参考丁晔等^[10]的方法,并稍作修改。将4 g样品置于20 mL的透明顶空瓶中,加入0.6 g氯化钠,混合均匀,放入恒温水浴锅中,50 $^{\circ}\text{C}$ 恒温加热25 min;把SPME针头插入顶空瓶中萃取样品,30 min后将萃取头取出,插入到GC-MS仪进样器中,解吸脱附3 min后,开始检测。

1.3.4 挥发性风味物质的检测

参考丁晔等^[10]的方法,并稍作修改。DB-5MS毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.5 μm , Agilent Technologies), He为载气,恒定流速3.7 mL/min,不分流模式进样,进样口温度250 $^{\circ}\text{C}$,火焰离子化检测器(flame ionization detector, FID)温度250 $^{\circ}\text{C}$;柱初温50 $^{\circ}\text{C}$,保持2 min,以15 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至100 $^{\circ}\text{C}$,再以5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至220 $^{\circ}\text{C}$,保持10 min,之后以10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至260 $^{\circ}\text{C}$,最后以5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至280 $^{\circ}\text{C}$;接口温度250 $^{\circ}\text{C}$,质谱扫描范围20~450 u。

通过美国国家科学技术研究所出版的NIST05a.L谱库对色谱图中的挥发性风味物质进行定性。采用峰面积归一化法,得出各种挥发性物质的相对百分含量。采用ROAV法^[11],把样品中对风味贡献最大的组分ROAV赋值为100($\text{ROAV}_{\text{stan}}=100$),其余物质的ROAV按照公式(4)计算。

$$\text{ROAV}_{\text{stan}} \approx 100 \times \frac{C_{ri}}{C_{r\text{stan}}} \times \frac{T_{\text{stan}}}{T_i} \quad (4)$$

式中: C_{ri} 为各组分的相对含量/%; $C_{r\text{stan}}$ 为对样品整体风味贡献最大的物质的相对含量/%; T_{stan} 为对样品整体风味贡献最大的物质的感觉阈值($\mu\text{g}/\text{kg}$); T_i 为各组分的感觉阈值($\mu\text{g}/\text{kg}$)。

2 结果与分析

2.1 宁夏滩羊后腿肉的营养成分

表1 宁夏滩羊后腿肉的营养成分含量
Table 1 Nutritional components of hind leg muscle in Tan sheep

成分	水分	蛋白质	脂肪	灰分
含量/%	77.23 $\pm$ 0.43	16.98 $\pm$ 0.75	1.53 $\pm$ 0.17	0.90 $\pm$ 0.06

由表1可知,宁夏滩羊后腿肉的蛋白质含量约为17%,脂肪含量约为1.5%,表明宁夏滩羊后腿肉蛋白质



含量较高, 脂肪含量较低, 更符合现在人们对于肉制品的需求, 尤其适合高血脂等人群食用。

2.2 宁夏滩羊后腿肉的氨基酸组成与营养评价

2.2.1 氨基酸组成

表2 宁夏滩羊后腿肉的氨基酸种类及含量
Table 2 Amino acid composition of the hind leg muscle

氨基酸名称	含量/%
酪氨酸 (Tyr) *	0.49±0.15
组氨酸 (His)	0.55±0.05
甲硫氨酸 (Met) *	0.53±0.04
丝氨酸 (Ser)	0.57±0.03
脯氨酸 (Pro)	0.66±0.08
甘氨酸 (Gly)	0.92±0.12
苏氨酸 (Thr) *	0.62±0.05
丙氨酸 (Ala)	0.84±0.07
缬氨酸 (Val) *	0.87±0.09
半胱氨酸 (Cys) *	0.09±0.19
谷氨酸 (Glu)	2.61±0.21
异亮氨酸 (Ile) *	0.85±0.13
亮氨酸 (Leu) *	1.31±0.05
苯丙氨酸 (Phe) *	0.77±0.08
赖氨酸 (Lys) *	1.36±0.11
天冬氨酸 (Asp)	1.59±0.21
精氨酸 (Arg)	0.97±0.06
呈味氨基酸	7.22±0.43
TAA	15.70±0.72
TEAA	6.89±0.89
TNEAA	8.81±0.83
TEAA/TAA/%	43.89
TNEAA/TAA/%	56.11
TEAA/TNEAA/%	78.21

注: *, 必需氨基酸; 呈味氨基酸包括Glu、Asp、Phe、Ala、Gly和Tyr; TAA, 氨基酸总量 (total amino acids); TEAA, 必需氨基酸总量 (total essential amino acids); TNEAA, 非必需氨基酸总量 (total non-essential amino acids)。

由表2可知, 宁夏滩羊后腿肉样品中共检出17种氨基酸 (色氨酸被破坏而无法测得)。人体所需8种必需氨基酸中检出7种, 占全部氨基酸总量的43.89%。因此宁夏滩羊后腿肉是一种含有优质动物蛋白、营养价值非常高的肉类。含量最高的氨基酸为谷氨酸 (2.61±0.21)%, 占氨基酸总量的16.62%。肌肉蛋白质的滋气味在一定程度上由其所含呈味氨基酸的含量决定^[12], 其中甘氨酸和丙氨酸主要决定肉的甜味, 天冬氨酸与谷氨酸主要决定肉的鲜味, 在它们的共同作用下形成了肌肉所特有的滋气味。

2.2.2 营养品质评价

将表2中的各种氨基酸含量换算成每克蛋白质中所含的氨基酸毫克数, 再与WHO/FAO制订的评价蛋白质的氨基酸标准模式和鸡蛋中所含蛋白质的氨基酸进行比较, 得出它们的AAS、CS和EAAI^[13], 结果如表3所示。宁夏滩羊后腿肉中, 每克蛋白质含必需氨基酸总量为389 mg, 除半胱氨酸与甲硫氨酸总含量低于鸡蛋氨基酸

模式和FAO/WHO模式外, 其他必需氨基酸的含量都与鸡蛋氨基酸模式差距不大。宁夏滩羊后腿肉的AAS都接近或大于100, 除赖氨酸CS为104外, 其余必需氨基酸的CS均大于50接近100, 说明宁夏滩羊后腿肉的必需氨基酸组成相对均衡, 第一限制性氨基酸为半胱氨酸与甲硫氨酸, 其AAS、SC和EAAI分别为90、58和79.31。饮食中蛋白质的必需氨基酸组成越接近于人体中的蛋白质, 氨基酸模式与鸡蛋蛋白质模式越相近, 其营养价值就越高^[14-15]。

表3 宁夏滩羊后腿肉的必需氨基酸含量、AAS、CS及EAAI
Table 3 Essential amino acid contents and AAS, CS, EAAI of the hind leg muscle

必需氨基酸名称	宁夏滩羊后腿肉含量/(mg/g 蛋白质)	FAO/WHO模式含量/(mg/g 蛋白质)	全鸡蛋模式含量/(mg/g 蛋白质)	AAS	CS
Thr	39	30	43	93	81
Ile	47	45	52	110	87
Leu	75	60	81	105	92
Met+Cys	28	40	65	90*	58*
Val	52	40	68	110	66
Phe+Tyr	71	55	65	113	72
Lys	77	60	67	136	104
EAAI	79.31				

注: *. 第一限制性氨基酸。

2.3 矿物质元素含量

表4 宁夏滩羊后腿肉的矿物质元素含量
Table 4 Mineral element contents of the hind leg muscle

种类	Ca	P	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn	合计
含量/mg	4.26	7.65	31.15	3.21	3.06	17.00	0.83	67.16

注: 以每100 g肌肉中含量计。

由表4可知, 每100 g宁夏滩羊后腿肉中, 7种矿物质元素的总含量为67.16 mg, 其中Mg元素含量最高, Mn元素最低。研究表明, 小尾寒羊与滩羊F1代羊肉中的Mg含量一般为15 mg/100 g鲜肉^[16], 小于滩羊; Mg含量越高的羊肉, 其剪切力越大^[17]; 羊肌肉中的Ca含量一般应为3.6~5.0 mg/100 g鲜肉^[18]; 滩羊与滩羊F1代羊肉中的Ca含量相差不大, 高于小尾寒羊^[19]; 12月龄小尾寒羊肉的Fe含量为2.4 mg/100 g鲜肉左右^[20], 低于滩羊的3.06 mg/100 g鲜肉; 12月龄小尾寒羊肌肉中的Mn含量为0.026 mg/100 g鲜肉^[21], 低于滩羊的0.83 mg/100 g鲜肉。滩羊后腿肉中的大部分矿物质元素含量均高于其他常见羊肉 (如小尾寒羊肉和滩羊F1代羊肉)。

2.4 宁夏滩羊后腿肉的挥发性风味物质检测

采用顶空SPME与GC-MS联用, 测定宁夏滩羊后腿肉中的挥发性风味物质。由图1和表5可知, 宁夏滩羊后腿肉中共检测出挥发性风味物质共8类、40种, 其中烃类10种、醛类10种、酮类5种、醇类5种、杂环类化合物4种、酯类3种、醚类2种、酸类1种。烃类的相对含量最高, 为21.00%, 酸类最低, 为0.12%。

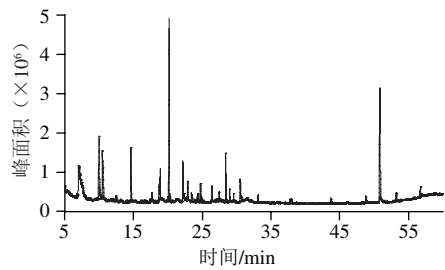


图1 宁夏滩羊后腿肉中挥发性风味物质的总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatogram of volatile flavor compounds in the hind leg muscle

表5 宁夏滩羊后腿肉中挥发性风味物质的感觉阈值、相对含量和ROAV
Table 5 Sensory thresholds, relative contents and ROAVs of volatile flavor compounds in the hind leg muscle

类别	名称	感觉阈值/($\mu\text{g/kg}$)	相对含量/%	ROAV
烃类	十三烷		0.20	
	2,4-辛二烯		2.61	
	十五烷		0.95	
	D-柠檬烯	10.0	10.19	11.000
	乙苯	29.0	—	
	十七烷		3.01	
	2,6,10,14-四甲基十五烷		—	
	十九烷		0.45	
	萘	60.0	—	
	十五烷		1.61	
	十七烷		0.70	
	正十四烷		0.55	
	(E,Z)-5,6-双(2,3-双甲基丙烯基)癸烷		0.73	
	2-甲基萘	14.0	—	
	壬醛	1.0	9.26	100.000
	3-甲基丁醛	0.2	1.78	96.110
	己醛	4.5	0.91	2.180
醛类	(E)-2-己烯醛	17.0	0.57	0.360
	(Z)-4-庚烯醛	0.8	—	
	3-甲硫基丙醛	0.2	0.54	29.160
	庚醛	3.0	1.61	5.800
	(E,Z)-2,6-壬二烯醛		0.29	
	(E,E)-2,4-庚二烯醛	10.0	0.65	0.700
	苯乙醛	4.0	—	
	苯甲醛	3.0	1.78	6.410
	十五醛		0.36	
	2,7-辛二烯-1-醇		1.33	
	1-戊烯-3-醇	400.0	—	
	1-辛烯-3-醇	10.0	2.49	2.690
	正己醇	250.0	—	
醇类	(Z)-2-戊烯-1-醇		—	
	2-乙基-1-己醇		1.51	
	(E)-2-癸烯-1-醇		—	
	壬醇	50.0	1.25	0.270
	正辛醇	110.0	0.92	0.090
	2-庚酮	140.0	0.98	0.080
酮类	3-辛酮	28.0	—	
	2-十一酮	7.0	—	
	3,5-壬二烯-2-壬酮		0.44	
	二氢-5-戊基-2-呋喃酮		0.68	
	苯乙酮	65.0	0.83	0.140
	3-辛烯-2-酮		0.15	
	2-癸酮		—	

续表5

类别	名称	感觉阈值/($\mu\text{g/kg}$)	相对含量/%	ROAV
醚类	二甲基硫醚	12.0	8.03	7.230
	二甲基三硫醚		0.38	
	乙醚		—	
	戊酸甲酯		—	
	乙酸乙酯		5.04	
脂类	3-甲基-丁酸甲酯		—	
	甲酸辛酯		0.68	
	十六酸(棕榈酸)乙酯		—	
	乙酸丁酯	66.0	1.53	0.250
	乙酸		0.12	
酸类	过氧乙酸		—	
	1,4-二氯苯	48.0	0.58	0.130
	2-乙基呋喃	2.3	0.29	1.360
	对二甲苯		—	
	甲氧基苯基肪		—	
杂环类	苯并噻唑	80.0	0.12	0.016
	2-乙酰基噻唑	10.0	0.14	0.150

注：—, 未检出。

2.5 宁夏滩羊后腿肉中的主体风味物质

挥发性物质含量与其风味特征没有直接关系，对整体风味的影响由挥发性物质的感觉阈值与浓度共同决定。由表5可知，壬醛在宁夏滩羊后腿肉中的相对含量较高，为9.26%，且感觉阈值相对较小，为1.0 $\mu\text{g/kg}$ ，对宁夏滩羊后腿肉的整体风味贡献最大。因此，定义其 $\text{ROAV}_{\text{stan}}=100$ ，所有挥发性物质均满足 $0 \leq \text{ROAV} \leq 100$ ，ROAV越大的组分对样品整体风味的贡献率也越大， $\text{ROAV} \geq 1$ 的物质为样品中的重要风味成分， $0.1 \leq \text{ROAV} \leq 1$ 的物质对样品整体风味有比较重要的影响。

由表5可知，宁夏滩羊后腿肉的主体风味物质由D-柠檬烯、壬醛、3-甲基丁醛、乙醛、3-甲硫基丙醛、庚醛、苯甲醛、1-辛烯-3-醇、二甲基硫醚和2-乙基呋喃等构成，由此得出，宁夏滩羊后腿肉的主体风味物质主要是醛类物质。(E)-2-己烯醛、(E,E)-2,4-庚二烯醛、壬醇、苯乙酮、乙酸丁酯、1,4-二氯苯和2-乙酰基噻唑等物质对宁夏滩羊后腿肉的整体风味有比较重要的影响。李伟等^[21]通过嗅闻仪(gas chromatography-olfactometry, GC-O)确定出宁夏滩羊肉的特征香气成分为己醛(具有弱果香、酸败气味)、庚醛(具有脂肪的酸腐味)、己酸乙酯(具有果香和酒的香气)、壬醛(有强烈的脂肪气味)、1-壬醇(具有橙香、油脂味)和肉豆蔻酸(有强烈的奶香味)。不同方式探寻的主体风味物质相互补充，共同为宁夏滩羊后腿肉的挥发性风味物质组成研究提供了参考。

烃类物质主要来源于肉中脂肪酸烷氧自由基的均裂。通常烷烃的阈值较高，因此其对于食品整体风味的贡献很小^[22-24]。醛类物质一般阈值很低，可能组成宁夏



滩羊后腿肉的特征风味。醇类物质大多数来源于脂质的氧化分解,一般饱和醇的风味阈值较高^[25]。酮类物质可能是由不饱和脂肪酸的氧化或降解产生的^[26-27]。杂环类化合物的阈值通常比较低,是肉类特征香味的重要来源之一^[28-30]。酯类物质在很多肉类中被检出,通常赋予食品香甜的果香。酸类物质中的挥发性脂肪酸是肉中特殊风味的主要来源。

3 结 论

本研究对宁夏滩羊后腿肉的营养成分分析结果表明,宁夏滩羊后腿肉的营养价值较高且是一种优质的动物性蛋白来源。通过顶空SPME与GC-MS联用技术鉴定宁夏滩羊后腿肉的挥发性风味物质,并利用ROAV推断其关键风味成分。结果表明,宁夏滩羊后腿肉的主体风味成分由D-柠檬烯、壬醛、3-甲基丁醛、乙醛、3-甲硫基丙醛、庚醛、苯甲醛、1-辛烯-3-醇、二甲基硫醚和2-乙基呋喃等化合物构成。宁夏滩羊是一种低脂肪、高蛋白食材,有利于身体健康,本研究为宁夏滩羊后腿肉中挥发性风味物质的组成研究提供了理论参考。

参考文献:

- [1] 云华,李颖康.宁夏滩羊及其品种选育[J].当代畜牧,2008(3): 41.
- [2] 杨秀芳.宁夏盐池滩羊品种资源的保护现状及发展建议[J].中国草食动物,2006,26(6): 36.
- [3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [4] 王少梅,陈少莲,崔亦波.用氯仿-甲醇抽提法测定鱼体脂肪含量的研究[J].水生生物学报,1993,17(2): 193-196.
- [5] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. GB/T 5009.124—2003 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [6] 高春生,范光丽.淇河鲫鱼肌肉营养成分分析及营养价值评定[J].淡水渔业,2006(9): 33-36.
- [7] 李凤林,张忠,李凤玉.食品营养学[M].北京:化学工业出版社,2009: 24-49.
- [8] PELLETT P L, YONG V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980: 26-29.
- [9] 桥本芳郎. 养鱼饲料学[M]. 蔡完其,译.北京:中国农业出版社,1980: 104-115.
- [10] 丁晔,刘敦华,雷建刚,等.不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J].食品与机械,2013,29(3): 16-17.

- [11] 刘登勇,周光宏,徐幸莲.确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J].食品科学,2008,29(7): 370-374.
- [12] 王雪峰,顾鸿鑫,郭倩琳,等.海水和淡水养殖锯缘青蟹的营养成分分析[J].食品科学,2010,31(23): 386-390.
- [13] 区又君,李加儿.驼背鲈肌肉营养成分的分析与评价[J].台湾海峡,2014(4): 503-509.
- [14] 严安生,熊传喜,钱健旺,等.鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究[J].华中农业大学学报,1995(1): 80-84. DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.1995.01.016.
- [15] 彭永兴,许祥,程玉龙,等.海水和淡水养殖凡纳滨对虾肌肉营养成分的比较[J].水产科学,2013,32(8): 435-440. DOI:10.16378/j.cnki.1003-1111.2013.08.004.
- [16] 吕金荣.微量元素铁与人体健康[J].微量元素与健康研究,2006,23(3): 63-64.
- [17] 单振芬.微量元素与人体健康[J].微量元素与健康研究,2006,23(3): 66-67.
- [18] 黄作明,黄驹.微量元素与人体健康[J].微量元素与健康研究,2010,27(6): 58-62.
- [19] 刘翠娥,李若利,王建国,等.小鳄龟含肉率和肌肉营养成分分析及品质评定[J].养殖与饲料,2007(10): 9-13. DOI:10.13300/j.cnki.cn42-1648/s.2007.10.034.
- [20] 肖琨,王锡昌,李梦凡.养殖暹罗鳄不同部位肌肉的品质分析及评价[J].现代食品科技,2014,30(7): 124-130; 170. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.07.031.
- [21] 李伟,罗瑞明,李亚蕾,等.宁夏滩羊肉的特征香气成分分析[J].现代食品科技,2013,29(5): 1173-1177. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.05.010.
- [22] TOLDRA F, FLORES M, SANZ Y. Dry-cured ham flavour: enzymatic generation and process influence[J]. Food Chemistry, 1997, 59(4): 523-530.
- [23] 吴海燕,解万翠,杨锡洪,等.固相微萃取-气相色谱质谱联用法测定腌制金丝鱼挥发性成分[J].食品科学,2009,30(18): 278-281.
- [24] HEATH H. Flavor and its study[M]. Westport CT: AVI Publishing Co., 1986: 71-111.
- [25] CHA Y J, CADWALLADER K R, BAEK H H. Volatile flavor components in snow crab cooker effluent and effluent concentrate[J]. Journal of Food Science, 1992, 58: 525-530.
- [26] MOTTRAM D S. Flavor formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [27] 李俊丽,张同刚,张丽文,等.不同解冻温度对滩羊肉熟制后风味的影响[J].食品工业科技,2017,38(4): 137-142. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.04.018.
- [28] 罗玉龙,赵丽华,王柏辉,等.苏尼特羊不同部位肌肉挥发性风味成分和脂肪酸分析[J].食品科学,2017,38(4): 165-169. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201704026.
- [29] 李志成,傅忙娟,岳田利,等.羊肉新鲜度与其挥发性有机化合物之间的关系研究[J].现代食品科技,2015,31(9): 301-308. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.049.
- [30] 赵万余,李爱华.宁夏滩羊不同部位肉中挥发性风味物质分析[J].安徽农业科学,2012,40(5): 2725-2727. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2012.05.236.