

红安格斯×中国草原红牛杂交一代效果研究

吴 健¹, 于永生¹, 秦立红¹, 曹 阳¹, 马彦茹¹, 刘基伟¹, 于洪春², 朱永超¹,
张国梁¹, 赵玉民^{1*}

(1. 吉林省农业科学院/农业农村部肉牛遗传育种重点实验室/吉林省肉牛繁育及养殖技术科技创新中心, 吉林 公主岭 136100; 2. 吉林省通榆县动物疫病预防控制中心, 吉林 通榆 137200)

摘要:为了研究红安格斯×中国草原红牛一代(安草F₁)育肥效果,随机选择体重相近的18月龄草原红牛(对照组)和安草F₁(试验组),在相同饲养条件下育肥至36月龄屠宰,分别测评24、30、36月龄的育肥性能和36月龄时的屠宰指标及牛肉品质。结果显示:试验组24、30、36月龄体重、胸围、屠宰率、净肉率和眼肌面积均显著高于对照组;剪切力显著低于对照组。综上,利用红安格斯牛杂交中国草原红牛,有利于提升生产性能、改善牛肉嫩度。

关键词:红安格斯;中国草原红牛;杂交;生产性能;肉质

中图分类号:S823

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2021)05-0063-04

The Performance of the First Filial Generation of Red Angus × Chinese Red Steppe Cattle

WU Jian¹, YU Yongsheng¹, QIN Lihong¹, CAO Yang¹, MA Yanru¹, LIU Jiwei¹, YU Hongchun², ZHU Yongchao¹,
ZHANG Guoliang¹, ZHAO Yumin^{1*}

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Beef Cattle Genetics and Breeding of Ministry of Agriculture and Rural Areas/Jilin Beef Cattle Breeding Science and Technology Innovation Center, Gongzhuling 136100; 2. Animal Disease Prevention and Control Center of Tongyu County, Tongyu 137200, China)

Abstract: In order to study the fattening performance of the first filial generation of Red Angus × Chinese Red Steppe cattle (AHF1), 18-month-old Chinese red Steppe (Control group) and AHF1(Treatment group) with similar body weight were selected randomly, and fattened to 36 months old in the same feeding situation. The fattening performance in 24, 30, 36 months old were measured, and the slaughter indexes and the meat quality indexes in 36 months old were evaluated. The results showed that body weight, chest circumference, dressing percentage, neat percentage and eye muscle area of treatment group were significantly higher than those of the control group in 24, 30, 36 months old, and the shear force value was obviously lower than control group. In conclusion, crossing Chinese red Steppe cattle with Red Angus could improve the production performance and beef tenderness.

Key words: Red Angus; Chinese red steppe cattle; Crossbreed; Production performance; Meat quality

中国草原红牛是由吉林省农业科学院联合内蒙古、河北以及辽宁三省区有关单位共同育成的我国第一个肉乳兼用品种,以增重速度快,肉质细嫩而闻名,产品曾远销东南亚地区,深受消费

者青睐。为进一步提高其牛肉产量和品质,吉林省农业科学院开展红安格斯牛杂交中国草原红牛的相关研究。

本试验以18月龄红安格斯牛×中国草原红牛所产的一代公牛(安草F₁)、中国草原红牛公牛为研究对象,对比24、30、36月龄期间的育肥性能和36月龄时的屠宰性能和牛肉品质,以期为草原红牛杂交利用和高档牛肉生产提供借鉴。

1 材料与方 法

1.1 试验动物

随机选择18月龄中国草原红牛公牛和安草

收稿日期:2019-05-14

基金项目:国家肉牛牦牛产业技术体系(CARS-37);吉林省重点科技研发项目(20180201039NY);吉林省农业科学院创新工程项目(CXGC202007GH)

作者简介:吴 健(1979-),男,副研究员,博士,主要从事肉牛品种选育研究。

通讯作者:赵玉民,男,博士,研究员,E-mail:zhaoym-02-12@vip.163.com

F₁代公牛各20头,分别设为对照组和试验组。两组牛在体重方面无显著性差异($P>0.05$)。

1.2 饲养方式

试验牛出生后随母牛在草原放牧饲养,至18月龄时停止放牧,采用圈舍内围栏式饲养。每天早晚各饲喂一次,自由饮水。粗饲料以羊草为主,根据体重变化情况,调整精饲料构成,具体组成和营养水平见表1。

表1 试验牛各体重阶段饲料组成

饲料组成	体重(kg)			
	200~350	350~500	500~650	650~800
玉米(%)	69	72	80	83
麦麸(%)	6	5	4	4
豆粕(%)	20	18	11	8
预混料(%)	5	5	5	5
营养水平				
肉牛能量单位(RND)	5.70	6.17	6.97	7.22
粗蛋白(CP)	8.41	9.54	12.25	13.65
粗脂肪(EE)	3.25	3.62	3.81	3.93
粗纤维(CF)	15.07	14.11	13.35	12.57
灰分(ASH)	6.89	6.42	5.26	5.04
钙(Ca)	0.15	0.15	0.15	0.15
磷(P)	0.25	0.25	0.25	0.25

表2 试验牛不同月龄育肥情况

月龄	组别	体重(kg)	体长(cm)	体高(cm)	胸围(cm)	腹围(cm)	管围(cm)
18	对照组	247.87±11.95	131.15±4.19	119.49±3.87	182.63±2.45	193.81±11.34	19.40±0.31
	试验组	256.34±13.47	134.72±3.58	118.75±3.67	185.53±2.88	200.44±9.67	18.96±0.46
24	对照组	454.92 ^b ±21.47	141.65±4.22	126.97±4.88	189.43 ^b ±3.18	229.71±8.36	21.68±0.56
	试验组	488.34 ^a ±25.86	144.72±3.99	126.03±5.14	195.93 ^a ±2.85	228.37±9.03	21.20±0.89
30	对照组	603.75 ^b ±22.78	149.87±7.83	131.59±3.88	215.54 ^b ±4.80	238.47±7.12	21.95±0.55
	试验组	659.81 ^a ±24.61	151.90±8.11	132.01±2.13	226.19 ^a ±6.19	239.04±5.12	22.00±0.63
36	对照组	703.11 ^b ±18.06	157.00±5.94	134.71±3.90	221.43 ^b ±6.45	254.14±7.54	22.88±0.69
	试验组	737.52 ^a ±21.50	159.71±8.44	135.43±3.21	236.29 ^a ±5.58	258.86±10.46	22.57±0.79

注:相同指标上标不同小写字母表示处理间差异达5%显著水平,不同大写字母表示处理间差异达1%显著水平,下同

表3 试验牛屠宰情况

组别	宰前活重(kg)	胴体重(kg)	屠宰率(%)	净肉率(%)	眼肌面积(cm ²)	背膘厚(cm)
对照组	689.43±13.04 ^b	397.05±38.41	60.24±0.02 ^b	49.33±0.04 ^b	85.57±6.43 ^b	0.66±0.19
试验组	714.57±18.02 ^a	407.29±40.14	61.82±0.07 ^a	51.50±0.03 ^a	100.14±14.09 ^a	0.71±0.15

率、净肉率和眼肌面积均显著高于对照组($P<0.05$)。两组胴体重和背膘厚均不存在显著差异($P>0.05$),表明试验组综合产肉能力优于对照组。

2.3 牛肉品质

从表4可知,试验组牛肉剪切力为48.82 N,显

1.3 试验方法

每6个月测定一次牛体重、体高、十字部高、体长以及管围等指标。利用电子地秤(上海耀华,3190A12E型)在清晨空腹情况下称量体重。利用直角木尺(自制)、软尺(德国,Hoechst-mass)测量体尺指标,具体测定方法参照《全国肉牛生产性能测定》手册。

达到36月龄时按商业标准屠宰试验牛。待胴体排酸48 h后,采集左侧背最长肌20 cm用于肉质指标测评。牛肉品质等指标在农业农村部农产及加工品质量监督检验测试中心(长春)测定。氨基酸和脂肪酸测定在吉林省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所测定。

2 结果与分析

2.1 育肥效果

从增重效果看(表2),试验组24、30、36月龄体重和胸围均显著高于对照组($P<0.05$),而体长、体高、腹围和管围指标二者无显著差异($P>0.05$),说明安草F₁代公牛生长速度更快,体重的差异可能主要来源于胸围的变化^[1]。

2.2 屠宰效果

从屠宰指标看(表3),试验组宰前活重、屠宰

显著低于对照组($P<0.05$),肌内脂肪、熟肉率、初水分、滴水损失和pH值等指标两组均不存在显著差异($P>0.05$),结果表明利用红安格斯牛杂交中国草原红牛,有利于改善牛肉嫩度。

由表5可知,试验组棕榈油酸、油酸含量均显

表4 试验牛肉质情况

组别	剪切力(N)	肌内脂肪(%)	熟肉率(%)	初水分(%)	滴水损失(%)	pH值
对照组	61.39±12.04 ^a	5.04±2.57	53.92±3.21	68.32±3.50	4.11±2.12	5.83±0.27
试验组	48.82±8.40 ^b	3.46±1.21	55.96±3.85	70.55±1.51	3.28±3.05	5.82±0.85

表5 脂肪酸含量对比

组别	豆蔻酸C14:0	棕榈酸C16:0	棕榈油酸C16:1	硬脂酸C18:0	油酸C18:1	亚油酸C18:2
对照组	2.83±0.46	28.03±2.52	4.40±0.61 ^b	15.20±1.23 ^A	43.95±1.50 ^b	5.59±2.83
试验组	2.36±0.52	28.76±1.91	5.36±0.91 ^a	12.82±1.64 ^B	45.72±1.76 ^a	4.98±2.35

著高于对照组 ($P<0.05$),而硬脂酸含量极显著低于对照组 ($P<0.05$),其他所测指标差异不显著 ($P>0.05$),表明利用红安格斯选育中国草原红牛对其脂肪酸含量有所影响。

由表6可知,试验组苏氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸和蛋氨酸的含量以及必需氨基酸与非必需氨基酸的比值、必需氨基酸与总氨基酸的比值与对照组相比差异不显著 ($P>0.05$),其他氨基酸、非必需氨基酸总量以及总氨基酸含量均显著低于对照组 ($P<0.05$),表明利用红安格斯牛选育中国草原红牛对其氨基酸含量有所影响。

表6 试验牛氨基酸含量对比

组别	对照组	试验组
天冬氨酸	6.74±1.02 ^a	5.19±1.45 ^b
苏氨酸	3.20±0.47	2.76±0.65
丝氨酸	2.66±0.46 ^a	2.14±0.35 ^b
谷氨酸	12.05±1.89	10.58±2.53
脯氨酸	2.19±0.46	1.87±0.14
甘氨酸	3.21±0.72	2.83±0.23
丙氨酸	3.13±0.59 ^a	2.60±0.40 ^b
缬氨酸	3.41±0.45 ^a	2.88±0.48 ^b
蛋氨酸	1.32±0.25	1.11±0.26
异亮氨酸	3.08±0.46 ^a	2.54±0.49 ^b
亮氨酸	5.78±0.85 ^a	4.80±0.90 ^b
酪氨酸	2.75±0.43 ^a	2.25±0.51 ^b
苯丙氨酸	3.22±0.50 ^a	2.62±0.59 ^b
组氨酸	3.75±0.59 ^a	3.11±0.50 ^b
赖氨酸	5.70±0.60 ^a	4.89±0.93 ^b
精氨酸	4.01±0.71 ^a	3.41±0.58 ^b
必需氨基酸	33.47±4.64 ^a	28.13±5.07 ^b
非必需氨基酸	32.73±5.39 ^a	27.45±4.33 ^b
必需氨基酸/非必需氨基酸	1.03±0.036	1.02±0.039
必需氨基酸/总氨基酸	0.51±0.009	0.51±0.010
总氨基酸	66.20±10.00 ^a	55.58±9.35 ^b

3 讨论与结论

3.1 育肥效果

利用国际优秀种牛选育提高本地肉牛种群,已经成为肉牛育种的主要方法。本试验利用引进的红安格斯牛选育中国草原红牛,其后代育肥效果明显提升。试验组24月龄体重比对照组提升7.35%,而后提升幅度逐步下降,至36月龄时体重比对照组提高4.89%,提升幅度降低50.31%,这与肉牛增重速度随着月龄增加而逐渐降低的规律相符^[2]。安草F₁代公牛前期增重效果明显优于中国草原红牛,因此在不追求高档牛肉产品的情况下,可利用安草F₁代实现牛肉产量的快速提升。

由育肥效果可以看出,随着试验牛体重的增加,其胸围随之显著增加,这与邓由飞等的研究一致,认为肉牛体重的增加主要来源于胸围、体长等指标的变化^[1],但本研究未发现试验组和对照组不同育肥阶段体长的差异,其原因值得进一步探讨。在肉牛的选择过程中,为提高选择效率和精准性,建议重点参考胸围指标。

3.2 屠宰性能

本试验结果显示,利用红安格斯×中国草原红牛获得的杂交后代育肥后宰前活重、屠宰率、净肉率和眼肌面积均显著高于对照组 ($P<0.05$),表明安草F₁代产肉能力优于中国草原红牛,这与孙喆等研究结果一致^[3]。眼肌面积不仅与肉牛产肉量密切相关,而且能够通过背最长肌肌内脂肪沉积情况反映个体所产优质牛肉的等级^[4],本试验结果显示,试验组眼肌面积显著大于对照组,表明安草F₁代公牛所产优质牛肉的数量和等级均优于中国草原红牛。背膘厚两组之间不存在显著差异 ($P>0.05$),可能是由于实验群体均为公牛,脂肪沉积能力较差所致。据殷成港等报道,阉割可以改善牛肉品质、提高牛肉等级,尤其是在高档肉牛育肥过程中可以使牛性情变得温顺,易于饲

养管理,能促进体脂沉积^[5]。因此需要进一步利用阉牛进行育肥,以提高脂肪沉积能力。综上所述,利用红安格斯牛杂交中国草原红牛,其杂交一代屠宰性能显著提高。

3.3 肉质性能

3.3.1 肌肉嫩度

邵静等认为,牛肉的风味、嫩度和多汁性是决定牛肉食用品质和消费者购买意愿的最重要的感官指标^[6]。一般认为,牛肉剪切力值小于 58.8 N 的牛肉为嫩牛肉,嫩度等级为 1 级;剪切力值大于 88.2 N 的牛肉为老牛肉,嫩度等级为 3 级;剪切力值介于 58.8 ~ 88.2 N 之间的牛肉为中等嫩度的牛肉,嫩度等级为 2 级。本试验结果显示,试验组剪切力 48.82 N,比对照组显著降低 20.48% ($P < 0.05$),嫩度达到 1 级,而对照组牛肉嫩度仅能达到 2 级,证明利用红安格斯牛杂交中国草原红牛有利于改善牛肉嫩度。

3.3.2 脂肪酸含量

一般认为,单不饱和脂肪酸对血浆胆固醇水平只有中性作用^[7],但油酸具有降低血糖、调节血脂、降低胆固醇等作用,且效果与亚油酸等多烯酸相当^[8]。本试验中试验组油酸和棕榈油酸的含量显著高于对照组 ($P < 0.05$);认为长期食用安草 F₁ 代牛肉能够起到食疗保健的作用。

相关研究表明,肉的膻味由脂肪中的短链脂肪酸造成,与硬脂酸的含量有关,硬脂酸含量越高,肉的膻味越重^[9-11]。本试验结果显示,试验组硬脂酸含量极显著低于对照组 ($P < 0.01$),表明安草 F₁ 代牛肉的膻味低于草原红牛,至于其他风味是否有所改变有待于进一步验证。

3.3.3 氨基酸含量

蛋白中的呈味氨基酸多处于结合状态,而游离氨基酸参与风味物质的形成。氨基酸的呈味与它侧链 R 基团的疏水性有密切关系,当氨基酸的疏水性较小时,其主要呈甜味,如甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸、天冬氨酸等;当氨基酸的疏水性较大时,其主要呈苦味,例如亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸,色氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸等;当其侧链 R 基团为酸性基团 (COOH) 时,则以酸味为主,如天冬氨酸、谷氨酸,这两种氨基酸同时也是形成鲜味物质的重要前提物质之一。游离氨基酸对肉制品风味的贡献不仅与其绝对含量相关,而且与游离氨基酸之间的相对平衡的影响有关。因此,各种呈味物质的协同作用可能是决定肉滋味的重要因素。

试验组苏氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸和蛋氨酸的含量以及必需氨基酸与非必需氨基酸的比值、必需氨基酸与总氨基酸的比值与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$),而其他 11 种氨基酸、必需氨基酸、非必需氨基酸以及总氨基酸含量均显著低于对照组 ($P < 0.05$),其中 8 种氨基酸与苦味相关,2 种氨基酸与甜味相关,1 种氨基酸与酸味 (鲜味) 相关,因此可以推测,利用红安格斯杂交中国草原红牛会导致其杂交一代牛肉中氨基酸发生变化,其风味可能会发生一定程度的变化。由于氨基酸对牛肉风味的影响机制复杂,具体结果有待于进一步研究验证。

蛋白质的营养价值主要取决于氨基酸的含量和种类^[12]。牛肉中氨基酸组成与人体氨基酸组成非常相近,含有人体所必需的所有氨基酸。但牛肉中不仅所含的必需氨基酸种类要齐全,而且必需氨基酸之间的比例也要适宜,最好能与人体的需要接近或相符,这样必需氨基酸吸收会更完全、营养价值更高^[13]。根据联合国粮农组织/世界卫生组织的模式标准,推荐必需氨基酸与总氨基酸比值为 0.4 左右,必需氨基酸与非必需氨基酸比值在 0.6 以上^[14]。试验结果显示,对照组与试验组必需氨基酸与总氨基酸比值均为 0.51;必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 1.03 和 1.02;均超过推荐的数值,可以认定中国草原红牛和安草 F₁ 代牛均是优质的蛋白来源。

综上所述,利用红安格斯牛杂交中国草原红牛能够提升其育肥效果,增加牛肉尤其是优质牛肉的产量,使牛肉更加细嫩,对牛肉中的脂肪酸和氨基酸含量有所影响。对牛肉风味等的影响有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 邓由飞,代俊芳,郭晓旭,等.利用体尺指标估测肉牛自然体重的准确性研究[J].中国畜牧杂志,2015,51(S1):141-143.
- [2] 梅楚刚,王炜康,管林森.安格斯牛生长发育规律、行为学特征及理化指标分析[J].家畜生态学报,2018,39(11):38-43.
- [3] 孙喆,秦贵信.安格斯改良草原红牛效果的研究[J].吉林农业科学,2012,37(1):54-56.
- [4] 张丽君,陆壮,李静,等.辽育白牛胴体产肉量预测模型研究[J].中国畜牧兽医,2016,43(6):1654-1658.
- [5] 殷成港,邵静,尹宝珍,等.阉割对延边黄牛脂肪沉积的影响及相关基因表达研究[J].东北农业科学,2019,44(2):44-48.
- [6] 邵静,冯健,夏广军,等.延边黄牛阉牛和母牛肉质性状比较分析[J].东北农业科学,2019,44(5):61-64.
- [7] 高旖旎.青岛地区居民膳食脂肪摄入量及脂肪酸构成与心血管病关系的研究[D].济南:山东大学,2011.

3.4 液相条件优化

本方法选择 waters UPLC BEH C₁₈ 色谱柱,该色谱柱粒径只有 1.7 μm,分离时间短,分离效果好。流动相有机相比较了乙腈和甲醇溶液,水相比较了 0.1% 甲酸水溶液、5 mmol/L 乙酸铵溶液和乙酸铵-0.1% 甲酸水溶液。试验表明,在保证灵敏度和分辨率的前提下,乙腈作为流动相的有机相比甲醇洗脱能力强;0.1% 甲酸水溶液作为流动相水相比 5 mmol/L 乙酸铵溶液缩短了检测时间,但是 5 mmol/L 乙酸铵溶液作为水相时被测物的响应要高于 0.1% 甲酸水溶液,实验选择 5 mmol/L 乙酸铵-0.1% 甲酸水溶液作为流动相水相,配合有机相乙腈使 4 种硝基呋喃代谢物的分子离子峰响应更强,峰形更好,在更短时间内硝基呋喃各代谢物均得到较好的分离。

3.5 质谱条件的优化

4 中硝基呋喃代谢物经 2-硝基苯甲醛衍生后的衍生物为西佛碱化物,在 ESI⁺模式下,容易得到 H⁺,形成稳定的[M+H]⁺准分子离子,因此选择 ESI⁺方法进行母离子扫描,确定每种硝基呋喃衍生化物的分子离子的锥孔电压(cone 电压);然后对其子离子进行全扫描,调整碰撞能量选择信号强且稳定子离子为定量离子,在选择第二对离子进行准确定性,得到表 2 所示的 4 种硝基呋喃代谢物特征离子锥孔电压和碰撞能量。

4 结 论

本研究建立了以貉子为代表的毛皮动物组织中硝基呋喃类代谢物的快速定性准确定量的检测方法,与畜产品和水产品中硝基呋喃代谢物检测

的标准方法相比,有效缩短了样品处理和检测时间,操作简单快速、灵敏度高、稳定性好,重现性好,适用于大样本检测,为毛皮动物的副产品开发利用提供简单、准确、高效的检测方法。

参考文献:

- [1] Nouws J F, Laurenson J. Postmortal degradation of furazolidone and furaltadone in edible tissues of calves [J]. *Vent Q*, 1990, 12 (1):56-59.
- [2] Cooper A D, Creaser C S, Farrington W H, et al. Development of multi-residue methodology for the HPLC determination of veterinary drugs in animal tissues [J]. *Food Addit Contam*, 1995, 12 (2): 167-176.
- [3] 马文杰, 逢锦颖, 王 康, 等. 银霜狐和乌苏里貉皮下脂肪、肌肉组成成分与特性分析[J]. *经济动物学报*, 2018, 22(4): 187-193.
- [4] 于永生, 罗晓彤, 张志斌, 等. 不同体重长白山野猪肌肉脂肪酸含量分析[J]. *东北农业科学*, 2016, 41(3): 73-76.
- [5] 杨赵伟, 曹秀梅, 闫玉洁, 等. 微波消解-原子吸收法测定猪肉中重金属含量 [J]. *现代畜牧兽医*, 2016(2): 5-9.
- [6] 农业农村部 1077 号公告-2-2008. 水产品中硝基呋喃类代谢物残留量的测定 高效液相色谱法[S].
- [7] GB/T 21166-2007. 肠衣中硝基呋喃类代谢物残留量的测定 液相色谱-串联质谱法[S].
- [8] 农业农村部 783 号公告-1-2006. 水产品中硝基呋喃类代谢物残留量的测定 液相色谱-串联质谱法[S].
- [9] 农业农村部 781 号公告-4-2006. 动物源食品中硝基呋喃类代谢物残留量的测定 高效液相色谱-串联质谱法[S].
- [10] GB/T21311-2007. 动物源性食品中硝基呋喃类代谢物残留量检测 高效液相色谱/串联质谱法[S].
- [11] 刘正才, 杨 方, 余孔捷, 等. 硝基呋喃类代谢物残留检测标准的比较[J]. *分析实验室*, 2011, 30(11): 43-47.
- [12] 吴明媛, 韦信贤, 童桂香, 等. 水产品中硝基呋喃类代谢物残留检测方法优化研究[J]. *西南农业学报*, 2016, 29(7): 145.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第 66 页)

- [8] 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.
- [9] 宋倩倩, 张金枝, 刘 健, 等. 不同品种猪肉肉质性状和脂肪酸含量的研究[J]. *家畜生态学报*, 2018, 39(2):24-28.
- [10] 张志超, 段子渊, 张新华, 等. 羊肉肉质风味研究进展[J]. *肉类研究*, 2018, 32(10):61-65.
- [11] Kerth C R, Harbison A L, Smith S B, et al. Consumer sensory evaluation, fatty acid composition, and shelf-life of ground beef with subcutaneous fat trimmings from different carcass locations

[J]. *Meat Sci*, 2015, 104: 30-36.

- [12] Appenroth K J, Sree K S, Bog M, et al. Nutritional Value of the Duckweed Species of the Genus *Wolffia* (Lemnaceae) as Human Food[J]. *Front Chem*, 2018, 6: 483.
- [13] Batista E D, Hussein A H, Detmann E, et al. Efficiency of lysine utilization by growing steers[J]. *J Anim Sci*, 2016, 94(2): 648-655.
- [14] 侯 丽, 柴沙驼, 刘书杰, 等. 青海牦牛肉与秦川牛肉氨基酸和脂肪酸的比较研究[J]. *肉类研究*, 2013, 27(3):30-36.

(责任编辑:王 昱)