

李 龙,刘锁珠,王宏辉,等. 红景天提取物对西藏高海拔地区肉鸡生产性能和腹水敏感性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):182-185.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.047

# 红景天提取物对西藏高海拔地区肉鸡生产性能和腹水敏感性的影响

李 龙<sup>1,2</sup>, 刘锁珠<sup>2</sup>, 王宏辉<sup>2</sup>, 张振仓<sup>1</sup>

(1. 杨凌职业技术学院动物工程分院,陕西杨凌 712100; 2. 西藏农牧学院动物科学学院,西藏林芝 860000)

**摘要:**通过日粮中添加不同比例的红景天提取物,研究红景天提取物对西藏高海拔地区肉鸡生产性能和腹水敏感性的影响。试验选用 900 羽 1 日龄雄性 AA 肉仔鸡,随机分为 5 个处理组,每组重复 6 个,每个重复 30 羽,分别在基础日粮(对照组)中添加 0.10%、0.15%、0.20%、0.40% 红景天水提物干粉,试验期 42 d。研究表明,相比于对照组,0.20%、0.40% 红景天提取物处理组明显提高了肉鸡的平均日增质量和平均日采食量,但对饲料转化率无显著影响。添加 0.20%、0.40% 红景天提取物显著降低了肉鸡腹水死亡率,而添加 0.15%、0.20%、0.40% 红景天提取物显著降低了肉鸡非腹水死亡率。添加 0.20%、0.40% 红景天提取物在 14、28、42 d 显著提高了肉鸡红细胞数量、血红蛋白浓度和红细胞压积,而添加 0.10%、0.15% 红景天提取物显著提高了 42 d 时肉鸡红细胞数量、血红蛋白浓度和红细胞压积。结果提示,日粮中添加红景天提取物能够提高高原缺氧环境下肉鸡的生产性能,减低死亡率和腹水敏感性,但存在剂量依赖性,以 0.20% 添加效果最佳。

**关键词:**缺氧;肉鸡;腹水症;高原;红景天提取物;生产性能;死亡率;心脏指数;血液指标

**中图分类号:** S858.31 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)17-0182-04

目前西藏养禽业发展迅速,尽管西藏本地的藏鸡能很好地适应高海拔缺氧环境<sup>[1]</sup>,但其生长仍缓慢,很难满足当地日益增长的禽肉需求量。因此,当地养殖户开始引进内地生长速度更快的肉鸡品种,但是这些引入品种不能很好地适应高海拔地区的缺氧环境,使肉鸡在缺氧条件下表现出生产性能降低和死亡率高(特别是腹水死亡率)的特点<sup>[2]</sup>。如何有

效地缓解缺氧对肉鸡饲养的负面影响已成为当地养殖户重点关心的问题。

红景天主要分布于欧亚的高海拔地区,在我国青藏高原广泛分布。红景天根茎中含有大量活性成分,如酚酸类、三萜类、黄酮类、类苯脂类和苯丙脂类,其中红景天苷、罗塞维和酪醇被认为是红景天中 3 种主要的活性成分<sup>[3-4]</sup>。红景天因其抗缺氧<sup>[5]</sup>、抗氧化<sup>[6]</sup>、抗抑郁<sup>[7]</sup>、调节机体免疫功能<sup>[8]</sup>和增强机体适应性<sup>[9]</sup>等生理功能已在人类医药中广泛应用。笔者所在课题组前期研究发现饲料中添加红景天对缺氧条件下肉鸡生产性能无影响,但低剂量的红景天粉(0.5%)能够降低肉鸡非腹水死亡率、提高肉鸡的抗氧化能力和免疫力,而高剂量红景天粉会减少肉鸡的采食量从而降低肉鸡的生产性能,并且红景天粉对肉鸡的腹水敏感性无显著影响<sup>[1,10-11]</sup>,但结果并不能说明添加红景天对肉鸡腹水症就没有影响,因为中草药成分复杂,药效相对比较慢,且试验中所添加红景天粉的

收稿日期:2017-12-19

基金项目:国家自然科学基金(编号:31560651);西藏自治区自然重点科学项目(编号:2016XZ01G29);陕西省教育厅专项研究计划(编号:17JK0881)。

作者简介:李 龙(1981—),男,陕西杨凌人,博士,副教授,主要从事动物营养与饲料科学方面的研究和教学工作。E-mail: lilong1101@126.com。

通信作者:张振仓,硕士,副教授,主要从事动物营养与疫病防治方面的研究和教学工作。E-mail: 54736347@qq.com。

- [8] Childs B. The metabolic basis of inherited disease [J]. American Journal of Human Genetics, 1990, 46(4): 848-851.
- [9] Yoshida K M, Juni N, Hori S H. Molecular cloning and characterization of Drosophila ornithine aminotransferase gene [J]. Genes & Genetic Systems, 1997, 72(1): 9-17.
- [10] Roosens N J, Thu T T, Iskandar H M, et al. Isolation of the ornithine-delta-aminotransferase cDNA and effect of salt stress on its expression in *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Physiology, 1998, 117(1): 263-271.
- [11] Roosens N H, Al Bitar F, Loenders K, et al. Overexpression of ornithine-delta-aminotransferase increases proline biosynthesis and confers osmotolerance in transgenic plants [J]. Molecular Breeding, 2002, 9(2): 73-80.

- [12] You J, Hu H H, Xiong L Z. An ornithine delta-aminotransferase gene OsOAT confers drought and oxidative stress tolerance in rice [J]. Plant Science, 2012, 197(2): 59-69.
- [13] Tamura K, Peterson D, Peterson N, et al. MEGA 5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods [J]. Molecular Biology and Evolution, 2011, 28(10): 2731-2739.
- [14] Stranska J, Kopeana D, Tylichova M, et al. Ornithine delta-aminotransferase: an enzyme implicated in salt tolerance in higher plants [J]. Plant Signaling & Behavior, 2008, 3(11): 929-935.
- [15] 许廷森,朱菊红,林 浩,等. 蚕氨基酸代谢的研究:精氨酸酶,鸟氨酸-δ转氨酶和支链氨基酸转氨酶 [J]. 昆虫学报, 1980, 23(1): 1-8.

计量不高,可能会造成其中有效含量太少而没有对肉鸡生产性能和腹水症产生显著的影响。因此,本试验在肉鸡饲料中添加红景天水提物,提高饲料中红景天有效活性成分含量,进一步研究红景天提取物对肉鸡生产性能和腹水敏感性的影响。

1 材料与方法

1.1 红景天水提物制备

红景天,来自于西藏农牧学院校内人工种植,经本校相关专家鉴定为大花红景天。取红景天干燥根部用蒸馏水清洗根部泥土,在阴凉处风干,用粉碎机将红景天制成粉末,按质量体积比为 1:5(W/V)加入蒸馏水,室温放置 24 h(冷渗法)以获得红景天水提物,将上层液体转入另一容器中,残渣重复上述操作 4 次。将所有红景天水提物混合并用纱布过滤,8 000 r/min 离心 2 min,取上清。上清利用旋转蒸发仪进行干燥处理,结果显示 1 g 大花红景天根部可以生产约 0.18 g 红景天水提物粉末。通过液相色谱检测提取物中红景天苷、络塞维、酪醇的含量分别为 25.21、10.44、0.03 mg/g。

1.2 试验动物与试验设计

采用单因素完全随机试验设计,选用 1 日龄 AA 雄性肉仔鸡 900 羽(Ozkan 等研究表明雄性肉仔鸡的腹水敏感性高于雌性<sup>[12]</sup>),因此本试验全部选用雄性肉仔鸡以更好地建立肉鸡腹水症模型),随机分 5 个日粮处理组,每个处理 6 个重复,每个重复 30 羽,进行为期 42 d 的饲养试验。试验所用肉仔鸡出雏当日从成都空运至西藏林芝。试验期饲料全部使用商品肉鸡全价配合饲料(购于新希望有限责任公司)。5 种日粮分别是在基础日粮中添加 0(对照组,CK)、0.10%、0.15%、0.20%、0.40% 的红景天水提物干粉。

1.3 饲养管理

饲养试验于 2017 年 5—7 月在西藏林芝西藏农牧学院教学实习基地(海拔高度 2 896 m)进行,所有鸡只饲养在 3 层鸡笼内,每个处理 6 个鸡笼,每个鸡笼 30 羽鸡。第 1 周育雏温度约为 35.5℃,后逐渐降低,3 周后禽舍温度控制在约 25℃。第 1 周 24 h 照明,从第 2 周起每天保持恒定光照时间(23 h 照明,1 h 熄灯),自由采食和饮水,免疫和消毒按常规程序进行。

1.4 测定指标

1.4.1 生产性能 在试验 1、7、14、21、28、35、42 d 时称取各重复鸡空腹体质量,并记录上述不同生长阶段的耗料量,计算各组鸡的平均日增质量(ADG)、平均日采食量(ADFI)和饲料转化率(FCR)。

1.4.2 死亡率 试验期间每天记录发病、死亡鸡只,并对死鸡逐个剖检确定死因。如出现腹腔有浅黄色或黄色胶冻状液体、心包积水、右心室肥大(右心指数>0.29)等症状判定为腹水死亡,未发现此类症状判定为非腹水死亡。

1.5 血液指标和心脏指数

在试验期 14、28、42 d 清晨空腹每个重复随机选 2 羽鸡,称质量,后心脏采血屠宰。血液指标(红细胞数 RBC、血红蛋白浓度 HGB 和红细胞压积 HGT)利用全自动血液分析仪(XFA6000,普朗)测定。

屠宰鸡完整取出心脏后,剪除附着的脂肪组织并清除胸腔内的血凝块,右心指数(右心室质量/总心室质量)和心室指数(总心室质量/100 g 体质量)按照 Hassanpour 等方法<sup>[13]</sup>进行称量和计算。

1.6 数据统计分析

所有试验数据采用 SPSS 16.0 软件的 one-way ANOVA 进行单因素方差分析,D'uncan 法进行多重比较,以  $P<0.05$  作为差异显著性判断标准,结果采用“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 红景天提取物对肉鸡生产性能的影响

饲料中添加红景天提取物对肉仔鸡生长性能的影响,由表 1 可知,0~14 日龄时添加 0.20%、0.40% 红景天提取物处理组相比于其他处理组显著提高平均日增质量( $P<0.05$ )。在 15~28 日龄阶段、29~42 日龄阶段和整个饲养期(0~42 d)时,添加 0.20%、0.40% 红景天提取物处理组相比于其他处理组明显提高了平均日增质量( $P<0.05$ )和平均日采食量,并且 0.20%、0.40% 红景天提取物处理组显著提高了 42 d 的肉鸡体质量( $P<0.05$ )。但在整个饲养期,各处理组之间饲料转化率无显著差异。

表 1 红景天提取物对高原缺氧条件下肉鸡生产性能的影响

红景天提取物添加量 (%)	0~14 d			15~28 d		
	ADG(g)	ADFI(g)	FCR	ADG(g)	ADFI(g)	FCR
0(CK)	9.1±1.2b	20.1±2.0	2.21±0.04a	25.9±2.2b	50.1±5.2b	1.93±0.33
0.10	9.3±0.9b	20.5±2.1	2.20±0.04a	25.4±4.2b	49.9±5.3b	1.96±0.12
0.15	9.3±1.0b	20.8±3.2	2.24±0.08a	26.3±1.5b	50.9±7.2b	1.94±0.15
0.20	10.1±1.1a	20.6±1.2	2.04±0.04b	28.1±3.5a	54.8±6.6a	1.95±0.17
0.40	10.0±1.2a	20.5±2.2	2.04±0.01b	28.0±3.5a	55.8±8.3a	1.99±0.09
红景天提取物添加量 (%)	29~42 d			全期 0~42 d		
	ADG(g)	ADFI(g)	FCR	ADG(g)	ADFI(g)	FCR
0(CK)	61.1±8.2a	116.2±9.1	1.90±0.12	32.0±2.6b	62.1±3.9b	1.94±0.08
0.10	62.4±6.5a	117.3±5.9	1.88±0.24	32.4±4.1b	62.6±5.2b	1.93±0.10
0.15	61.9±7.7a	118.1±4.4	1.91±0.14	32.5±3.9b	62.3±8.3b	1.92±0.08
0.20	66.5±4.2b	123.4±6.8	1.87±0.36	34.9±2.2a	66.3±6.9a	1.90±0.09
0.40	65.8±8.1b	123.6±7.2	1.88±0.41	34.6±5.5a	66.6±7.3a	1.92±0.11

注:数据后不同小写字母表示同列数据差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

2.2 红景天提取物对肉鸡死亡率的影响

由图 1 - A 可知,相比于对照组和 0. 10% 处理组,0. 15%、0. 20%、0. 40% 红景天提取物处理组显著降低肉鸡非腹水死亡率( $P<0.05$ )。由图 1 - B 可知,0. 20%、0. 40% 红景天提取物处理组腹水死亡率相比于其他 3 个处理组显著降低( $P<0.05$ )。

2.3 红景天提取物对肉鸡心脏指数和血液指标的影响

由表 2 可知,在 14、28 d 时,相比于对照组,0. 20%、

0. 40% 红景天提取物处理组显著提高了肉鸡血液红细胞数量、血红蛋白浓度和红细胞压积( $P<0.05$ ),而 0. 10%、0. 15% 红景天提取物处理组与对照组各项测定指标均无显著差异。在 42 d 时,相比于对照组,0. 10%、0. 15%、0. 20%、0. 40% 红景天提取物处理组均显著提高了肉鸡血液红细胞数量、血红蛋白浓度和红细胞压积( $P<0.05$ ),0. 20%、0. 40% 红景天提取物处理组相比于其他 3 个处理组显著降低了右心指数( $P<0.05$ )。

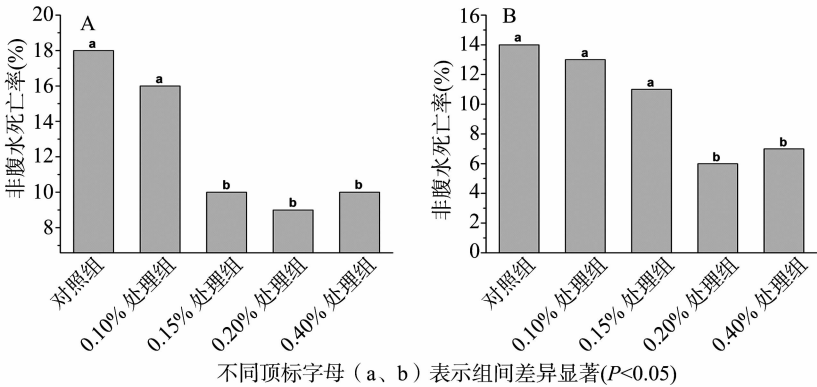


图1 红景天提取物对肉鸡非腹水死亡率(A)和腹水死亡率(B)的影响

表 2 红景天提取物对高原缺氧条件下血液指标和心脏指数的影响

红景天提取物添加量 (%)	14 d					28 d		
	右心指数	心室指数	RBC( × 10 <sup>12</sup> /mL)	HGB(g/L)	HCT(%)	右心指数	心室指数	RBC( × 10 <sup>12</sup> /mL)
0(CK)	0.23 ± 0.04	0.51 ± 0.03	2.4 ± 0.1b	144 ± 3b	27.1 ± 3.3b	0.25 ± 0.01	0.52 ± 0.08	2.6 ± 0.1a
0.10	0.25 ± 0.05	0.53 ± 0.04	2.5 ± 0.0b	148 ± 2ab	27.6 ± 6.2ab	0.25 ± 0.05	0.55 ± 0.09	2.7 ± 0.2ab
0.15	0.24 ± 0.05	0.52 ± 0.08	2.6 ± 0.2b	149 ± 7ab	27.7 ± 4.5ab	0.26 ± 0.02	0.54 ± 0.06	2.8 ± 0.4ab
0.20	0.24 ± 0.03	0.54 ± 0.07	2.7 ± 0.2a	154 ± 6a	28.4 ± 5.3a	0.24 ± 0.04	0.53 ± 0.05	2.9 ± 0.3b
0.40	0.25 ± 0.02	0.53 ± 0.03	2.7 ± 0.1a	156 ± 9a	28.9 ± 7.1a	0.24 ± 0.06	0.54 ± 0.09	2.9 ± 0.6b

红景天提取物添加量 (%)	28 d		42 d				
	HGB(g/L)	HCT(%)	右心指数	心室指数	RBC( × 10 <sup>12</sup> /mL)	HGB(g/L)	HCT(%)
0(CK)	154 ± 9b	29.3 ± 3.3b	0.33 ± 0.06a	0.43 ± 0.05	2.8 ± 0.5b	172 ± 3b	34.2 ± 3.3b
0.10	167 ± 6ab	30.2 ± 5.1ab	0.31 ± 0.04a	0.41 ± 0.07	3.1 ± 0.1a	186 ± 10a	36.4 ± 3.8a
0.15	164 ± 9ab	30.6 ± 4.5ab	0.31 ± 0.03a	0.40 ± 0.08	3.2 ± 0.6a	186 ± 9a	36.1 ± 5.5a
0.20	175 ± 4a	31.8 ± 6.1a	0.25 ± 0.01b	0.41 ± 0.05	3.2 ± 0.3a	188 ± 8a	36.3 ± 4.3a
0.40	172 ± 9a	31.6 ± 5.8a	0.25 ± 0.04b	0.40 ± 0.07	3.3 ± 0.6a	189 ± 7a	36.4 ± 3.9a

3 结论与讨论

高原地区伴随着氧分压的降低和吸入氧气的减少,氧分压的降低会造成动物机体体质量降低<sup>[14-15]</sup>。本试验研究发现,尽管饲喂营养成分满足肉鸡需要的商品饲料,对照组肉鸡与 NRC 给出的雄性 AA 肉鸡标准生产性能<sup>[16]</sup>仍表现出很大的差距,这与 Li 等的研究结果<sup>[2]</sup>一致。缺氧环境是造成机体体质量降低的原因,这与食欲降低、营养物质消化和吸收不良、肠道发育受阻、能量消耗增加和水分损失增加等因素有关<sup>[17-18]</sup>,其中营养物质摄入的减少是主要因素<sup>[19]</sup>。本研究也同样发现相比于 NRC 给出的 AA 肉鸡标准采食量(3 717 g),对照组的采食量明显降低。相比于对照组,饲料中添加 0. 20%、0. 40% 红景天提取物明显提高了肉鸡的生产性能,但 0. 10%、0. 15% 红景天提取物对肉鸡的生产性能无显著影响。已有大量研究表明,红景天能够提高机体对应激环境(包括缺氧应激)的适应性,而其中增加机体缺氧适应性

的一个重要原因是红景天能够通过降低转录因子 HIF - α 降解,从而促进促红细胞生成素表达,最终增加红细胞的生成<sup>[20-21]</sup>。本研究同样发现饲料中添加红景天提取物能够增加肉鸡红细胞数量和血红蛋白浓度,0. 20%、0. 40% 红景天提取物处理组明显提高了 14、28、42 d 肉鸡红细胞数量和血红蛋白浓度,提高了肉鸡的缺氧耐受性,最终提高了肉鸡的生产性能。0. 10%、0. 15% 处理组只在 42 d 提高了肉鸡红细胞数量和血红蛋白浓度,但可能由于这 2 个红景天提取物处理下饲料中活性成分过低,发挥作用过慢,从而对肉鸡的生产性能无显著影响。

肉鸡育种造成心肺功能发育过缓遗传缺陷,使肉鸡易受缺氧的影响,而高原地区肉鸡的饲养容易引起腹水症的发生<sup>[22]</sup>,因此本研究将肉鸡的死亡率分为腹水死亡和非腹水死亡。本研究发现 0. 20%、0. 40% 红景天提取物处理组明显降低了肉鸡非腹水死亡率的发生,这可能与红景天提取物能够提高机体抗缺氧能力有关。已有研究表明,红景天提取物能

够通过增加红细胞生成和抗氧化等功能提高机体的缺氧耐受力。同时本研究还发现 0.15%、0.20%、0.40% 红景天提取物处理组明显降低了肉鸡非腹水死亡率的发生,这可能与红景天提取物能够提高机体免疫机能有关。0.15% 红景天提取物组降低了非腹水死亡率但对腹水死亡率无显著影响,这说明红景天提取物对肉鸡不同生理机能的影响存在计量特异性。红景天提取物成分复杂,目前从红景天提取物中已分离出超过 100 种的化合物,并且功能多样<sup>[23]</sup>,但究竟是哪种化合物在本试验中发挥主要的生理功能尚不清楚,有待进一步的研究。

综上所述,本研究发现日粮中添加红景天提取物能够提高高原缺氧环境下肉鸡的生产性能,降低死亡率和腹水敏感性,但存在剂量依赖性,以 0.2% 添加效果为最佳。

#### 参考文献:

- [1] Zhang H, Wu C X, Chamba Y, et al. Blood characteristics for high altitude adaptation in Tibetan chickens[J]. Poultry Science, 2007, 86(7): 1384 – 1389.
- [2] Li L, Wang H, Zhao X. Effects of rhodiola on production, health and gut development of broilers[J]. Scientific Reports, 2014, 4: 1 – 6.
- [3] Cui S, Hu X, Chen X, et al. Determination of p – tyrosol and salidroside in three samples of *Rhodiola crenulata* and one of *Rhodiola kirilowii* by capillary zone electrophoresis [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2003, 377(2): 370 – 374.
- [4] Nakamura S, Li X E, Matsuda H, et al. Bioactive constituents from Chinese natural medicines. XXVII. Chemical structures of acyclic alcohol glycosides from the roots of *Rhodiola crenulata*[J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 2008, 56(4): 536 – 540.
- [5] Zheng K Y, Guo A J, Bi C W, et al. The extract of rhodiola crenulatae radix et rhizoma induces the accumulation of HIF – 1 alpha via blocking the degradation pathway in cultured kidney fibroblasts [J]. Planta Medica, 2011, 77(9): 894 – 899.
- [6] Senthilkumar R, Parimelazhagan T, Chaurasia O P, et al. Free radical scavenging property and antiproliferative activity of *Rhodiola imbricata* Edgew extracts in HT – 29 human colon cancer cells [J]. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 2013, 6(1): 11 – 19.
- [7] de Sanctis R, de Bellis R, Scesa C, et al. *In vitro* protective effect of *Rhodiola rosea* extract against hypochlorous acid – induced oxidative damage in human erythrocytes[J]. BioFactors, 2004, 20(3): 147 – 159.
- [8] Mishra K P, Ganju L, Singh S B. Anti – cellular and immunomodulatory potential of aqueous extract of *Rhodiola imbricata* rhizome[J]. Immunopharmacology and Immunotoxicology, 2012, 34(3): 513 – 518.
- [9] Adaptogen A P. *Rhodiola rosea*: a possible plant adaptogen [J]. Alternative Medicine Review, 2001, 6(3): 293 – 302.
- [10] 李 龙, 王宏辉, 刘锁珠, 等. 红景天对高原缺氧条件下肉鸡免疫功能的影响[J]. 中国家禽, 2013, 35(2): 19 – 21.
- [11] 李 龙, 王宏辉, 刘锁珠, 等. 红景天对高原缺氧条件下肉鸡抗氧化性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2013, 49(12): 62 – 64.
- [12] Ozkan S, Plavnik I, Yahav S. Effects of early feed restriction on performance and ascites development in broiler chickens subsequently raised at low ambient temperature [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2006, 15(1): 9 – 19.
- [13] Hassanpour H, Momtaz H, Shahgholian L A, et al. Gene expression of endothelin – 1 and its receptors in the heart of broiler chickens with T – 3 – induced pulmonary hypertension [J]. Research in Veterinary Science, 2011, 91(3): 370 – 375.
- [14] Consolazio C F, Matoush L O, Johnson H L, et al. Protein and water balances of young adults during prolonged exposure to high altitude (4,300 meters) [J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1968, 21(2): 154 – 161.
- [15] Rose M S, Houston C S, Fulco C S, et al. Operation Everest. II: Nutrition and body composition[J]. Journal of Applied Physiology, 1988, 65(6): 2545 – 2551.
- [16] National Research Council. Nutrient requirements of poultry [M]. 9th ed. Washington D C: National Academy Press, 1994.
- [17] Boyer S J, Blume F D. Weight loss and changes in body composition at high altitude [J]. Journal of Applied Physiology, 1984, 57(5): 1580 – 1585.
- [18] Hamad N, Travis S P. Weight loss at high altitude: pathophysiology and practical implications [J]. European Journal of Gastroenterology & Hepatology, 2006, 18(1): 5 – 10.
- [19] Westertep K R, Kayser B. Body mass regulation at altitude [J]. European Journal of Gastroenterology & Hepatology, 2006, 18(1): 1 – 3.
- [20] Zheng K Y, Guo A J, Bi C W, et al. The extract of rhodiola crenulatae radix et rhizoma induces the accumulation of HIF – 1 alpha via blocking the degradation pathway in cultured kidney fibroblasts [J]. Planta Medica, 2011, 77(9): 894 – 899.
- [21] Zheng K Y, Zhang Z X, Guo A J, et al. Salidroside stimulates the accumulation of HIF – 1 alpha protein resulted in the induction of EPO expression; a signaling via blocking the degradation pathway in kidney and liver cells [J]. European Journal of Pharmacology, 2012, 679(1/2/3): 34 – 39.
- [22] Decuyper E, Buyse J, Buys N. Ascites in broiler chickens: exogenous and endogenous structural and functional causal factors [J]. World's Poultry Science Journal, 2000, 56(4): 367 – 377.
- [23] Yang Y N, Liu Z Z, Feng Z M, et al. Lignans from the root of *Rhodiola crenulata* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(4): 964 – 972.