

黄春红,罗玉双,韩 庆,等. 人工养殖中华草龟的营养成分与食用价值[J]. 江苏农业科学,2017,45(6):157-161.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.06.041

人工养殖中华草龟的营养成分与食用价值

黄春红¹, 罗玉双^{1,2}, 韩 庆¹, 谢中国¹

(1. 湖南文理学院生命科学学院/水产高效健康生产湖南省协同创新中心/动物学湖南省高校重点实验室, 湖南常德 415000;
2. 长沙理工大学化学与生物工程学院/湖南省水生资源食品加工工程技术研究中心, 湖南长沙 410004)

摘要:为评价人工养殖中华草龟的食用价值,对养殖的雌、雄中华草龟肌肉与肝脏中 5 种常规营养成分、5 种矿物质(钙、镁、铁、铜、锌)、18 种氨基酸、22 种脂肪酸等进行了检测分析。结果表明:雌、雄中华草龟肌肉中水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、无氮浸出物、能量的含量均较接近,各指标的平均值分别为 79.22%、15.94%、0.76%、2.53%、1.56%、4.34 kJ/g;雌、雄中华草龟肝脏中水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、无氮浸出物、能量的含量平均值分别为 54.95%、8.98%、25.48%、0.70%、9.90%、13.89 kJ/g,其中雌龟肝脏中仅水分、粗脂肪含量高于雄龟。雌、雄草龟干肉中同种矿物质含量相当,均以钙含量最高,分别为 0.89、0.81 mg/g;均以铜含量最低,分别为 0.71、0.67 μg/g。养殖中华草龟肌肉和肝脏的 18 种氨基酸中均以谷氨酸含量最高,半胱氨酸含量最低;雌龟肌肉中呈味氨基酸量、必需氨基酸量、氨基酸总量、必需氨基酸指数均高于雄龟肌肉,但雌龟肝脏中上述指标均稍低于雄龟肝脏。蛋氨酸+胱氨酸为中华草龟肌肉和肝脏中的第一限制性氨基酸。中华草龟肌肉和肝脏脂肪酸中均以 C18:1 的含量最高,雌龟肌肉和肝脏中多不饱和脂肪酸总量均明显高于雄龟肌肉和肝脏。人工养殖中华草龟的肌肉和肝脏中营养素比较齐全,肌肉中蛋白质的氨基酸组成较好,不饱和脂肪酸含量较高,但肌肉中鲜味氨基酸量还需通过合理选择或搭配饲料蛋白源进一步改善和提高。

关键词:中华草龟;肌肉;肝脏;氨基酸;脂肪酸

中图分类号: S917.4; S966.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)06-0157-05

中华草龟(*Chinemys reevesii*)别称泥龟、乌龟、草龟等,属于龟鳖目龟科乌龟属,在中国龟类中数量最多、分布最广^[1]。关于中华草龟胚胎发育^[2-5]、人工养殖技术^[6-7]、配合饲料与营养需要量^[8-10]、药用价值^[11]方面的报道较多,而龟类种质资源^[12]、龟肉加工^[13]、龟肉营养价值的系统评价资料均很少。目前,中华草龟营养成分分析已有少量报道,但研究指标缺乏系统性,营养价值评价尚不全面。中华草龟在中国分布广泛,但随着巴西龟这一外来品种的入侵,野生中华草龟已不

多见,而人工养殖的草龟数量却较多,但其开发利用程度较低。研究人工养殖中华草龟肌肉及肝脏中不同营养成分的含量,是评定人工养殖中华草龟肌肉和肝脏营养价值的基础,同时可为优化设计中华草龟配合饲料配方、指导人类合理选择动物性食品、促进养殖中华草龟在食品工业中的开发利用等提供参考。

1 材料与方

1.1 材料与试剂

人工养殖的中华草龟于 2014 年 8 月采自湖南省常德市安乡县龟山坪龟业生物科技有限公司中华草龟种苗繁育基地,5 龄雌、雄草龟各采 6 只。5 龄中华草龟在 0、1、2、3、4、5 龄段分别投喂浙江金大地 0、1、2、3、4、5 号乌龟膨化配合饲料,饲料蛋白质水平分别为 50%、48%、45%、42%、39%,日投料量约为草龟体质量的 1.5%。每年越冬前后同时投喂冰鲜杂鱼,鲜鱼日投喂量约为草龟体质量的 6%。每天上午、下午各投料 1 次。先称取中华草龟的体质量,解剖后分离龟壳和内脏,分别称质量。中华草龟体质量、壳质量、内脏质量的

收稿日期:2016-01-19

基金项目:湖南省重点学科(动物学)建设项目(编号:2013YB01);长沙理工大学湖南省水生资源食品加工工程技术研究中心开放基金(编号:2015GCZX06);湖南省高校科技创新团队支持计划(编号:2014-03)。

作者简介:黄春红(1978—),女,湖南资兴人,博士,副教授,主要从事水产动物营养与生理研究。E-mail:chunhong0158@sina.com。

通信作者:罗玉双,博士,副教授,主要从事水产微生物研究。E-mail:luofish2014@126.com。

1981,20(11):2561-2564.

[20] Østerlie M, Bjerkeng B, Liaaen - Jensen S. Accumulation of astaxanthin all - E, 9Z and 13Z geometrical isomers and 3 and 3'R/S optical isomers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is selective[J]. The Journal of Nutrition, 1999, 129(2): 391-398.

[21] Schiedt K, Leuenberger F J, Vecchi M. Natural occurrence of enantiomeric and meso - astaxanthin. 5. Ex wild salmon (*Salmo salar* and *Oncorhynchus*) [J]. Helvetica Chimica Acta, 1981, 64(2): 449-457.

[22] Pan C H, Chien Y H, Hunter B. The resistance to ammonia stress of penaeus monodon fabricius juvenile fed diets supplemented with astaxanthin [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2003, 297(1): 107-118.

[23] Lee S H, Min D B. Effects, quenching mechanisms, and kinetics of carotenoids in chlorophyll - sensitized photooxidation of soybean oil [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1990, 38(8): 1630-1634.

范围值与平均值见表 1。

氨基酸标准品及衍生试剂盒购自北京北纳创联生物技术有限公司,混合型标准脂肪酸甲酯购自美国 Sigma 公司。甲醇、乙腈均为色谱纯,购自天津益仁达有限公司。

表 1 中华草龟的形体指标

性别	体质量 (g)	壳质量 (g)	内脏质量 (g)
雌龟	798.89 ± 48.16	325.00 ± 12.81	144.67 ± 11.79
雄龟	223.33 ± 21.08	64.67 ± 24.19	23.67 ± 7.09

1.2 仪器与设备

BS124S 型电子天平(德国赛德利斯公司),DHG - 9140A 型电热鼓风干燥箱(北京恒泰丰科试验设备有限公司),SX - 2.5 - 12 型高温炉(上海洪纪仪器设备有限公司),AD68 - DDD - 5 型全自动凯氏定氮仪(北京恒奥德仪器仪表有限公司),WFX - 110 型火焰原子吸收分光光度计(北京瑞利分析仪器公司),Agilent 7890A 型气相色谱仪(北京安捷伦科技有限公司),Summit 3 型高效液相色谱仪(戴安中国有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 常规营养成分测定 参照国家标准 GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[14]、GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》^[15]、GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》^[16]、GB5009.4—2010《食品中灰分的测定》^[17],分别采用干燥法、凯氏定氮法、索氏抽提法、550 ℃ 高温炉灼烧法测定中华草龟肌肉及肝脏中的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量。参考文献[18]计算无氮浸出物的含量和能值,含量计算公式为:无氮浸出物 = 100% - [水分(%) + 粗蛋白(%) + 粗脂肪(%) + 粗灰分(%)] ;能值按 1 g 蛋白质、脂肪、碳水化合物分别提供 23.64、39.54、17.15 kJ 计算。

1.3.2 矿物质含量测定 参考文献[19],采用微波消解 - 火焰原子吸收分光光度法测定中华草龟肌肉中 Ca、Fe、Zn、Mg、Cu 5 种矿物质的含量。

1.3.3 氨基酸组成及含量的测定 采用 6 mol/L 盐酸水解法^[20]测定中华草龟肌肉及肝脏中氨基酸的组成和含量。具

体操作步骤为:称取适量样品于安培管中,加入 6 mol/L 盐酸 10 mL,乙醇喷灯封口,置于 110 ℃ 恒温干燥箱中水解 24 h;将样品无损移至 25 mL 容量瓶中,采用 0.45 μm 滤膜过滤,取 10 μL 滤液进行冷冻干燥;采用 Agilent 1100 型高效液相色谱仪对样品进行检测与分析。

1.3.4 蛋白质营养价值评价 蛋白质营养价值根据 1973 年 FAO/WHO 建议的 1 g 氮(N)中氨基酸评分标准模式^[21]和全鸡蛋蛋白氨基酸模式^[22],参照文献[23]中公式计算中华草龟肌肉和肝脏的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)。

1.3.5 脂肪酸组成及含量的测定 参考文献[20]检测样品中脂肪酸的组成及含量,主要操作步骤为:采用三氯甲烷 - 甲醇(2 : 1)混合液提取样品的总脂肪,将样品所得脂肪甲酯化,采用 Agilent 7890A 型气相色谱仪分析样品中各种脂肪酸的含量。检测条件如下,载气为 N₂,限速 20 mL/min, H₂ 为 0.8 kg/cm²,空气为 0.18 kg/cm²。分析柱为直径 0.25 mm、长 25 m 的 PEG - 20M 石英毛细管柱,检测器温度为 260 ℃。采用程序升温法,最高温度为 230 ℃。

1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 软件对数据进行整理和计算,结果以“平均值 ± 标准差”表示。同时对各指标进行方差分析和多重比较,显著性水平 α = 0.05。

2 结果与分析

2.1 中华草龟肌肉与肝脏常规营养成分的含量

中华草龟肌肉及肝脏常规营养成分的含量(表 2)均以水分含量最高,其中雌、雄龟肌肉中水分含量均显著高于肝脏(P < 0.05)。中华草龟肌肉中粗脂肪、无氮浸出物的含量及能值均显著低于肝脏(P < 0.05),但粗蛋白质、粗灰分的含量则显著高于肝脏(P < 0.05)。不同性别草龟肌肉中除无氮浸出物的含量差异显著(P < 0.05)外,其余常规营养成分的含量均比较接近。雌龟肝脏中除水分、粗脂肪的含量稍高于雄龟肝脏外,其余指标均稍低于雄龟肝脏。

表 2 中华草龟肌肉与肝脏常规营养成分组成(鲜样基础)

组织名称	水分 (%)	粗脂肪 (%)	粗蛋白质 (%)	粗灰分 (%)	无氮浸出物 (%)	能值 (kJ/g)
雌龟肌肉	79.59 ± 0.42a	0.73 ± 0.08a	16.31 ± 0.12a	2.42 ± 0.29a	0.95a	4.31a
雌龟肝脏	55.85 ± 0.31b	26.08 ± 0.33b	8.07 ± 0.25b	0.68 ± 0.22b	9.32b	13.82b
雄龟肌肉	78.84 ± 0.62a	0.79 ± 0.16a	15.56 ± 0.13a	2.64 ± 0.52a	2.17c	4.36a
雄龟肝脏	54.05 ± 0.23b	24.87 ± 0.28b	9.89 ± 0.43c	0.72 ± 0.38b	10.47d	13.97b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(P < 0.05),相同小写字母表示差异不显著(P > 0.05)。表 2 同。

2.2 中华草龟肌肉矿物质含量

雌、雄中华草龟肌肉中同种矿物质的含量均比较接近,差异不显著(P > 0.05)(表 3),肌肉中 5 种矿物质的含量由高

至低分别为钙、镁、铁、锌、铜。受样品量的限制,本研究肝脏样品量较少,因此未检测中华草龟中上述 5 种矿物质的含量。

表 3 中华草龟肌肉中矿物质的含量(绝干基础)

性别	钙 (mg/g)	铁 (μg/g)	锌 (μg/g)	镁 (mg/g)	铜 (μg/g)
雌龟	0.89 ± 0.09a	24.89 ± 1.13a	16.85 ± 1.81a	0.19 ± 0.82a	0.71 ± 1.21a
雄龟	0.81 ± 0.11a	25.63 ± 19.18a	15.49 ± 2.16a	0.16 ± 0.65a	0.67 ± 1.56a

2.3 中华草龟肌肉及肝脏中氨基酸的组成和含量

色氨酸宜采用碱水解法检测,而本试验采用酸水解法来检测氨基酸含量,因此未能检测到色氨酸含量。已检出的中华草龟肌肉及肝脏 18 种氨基酸中,均以谷氨酸含量最高,以半胱氨酸含量最低(表 4)。除羟脯氨酸以外,雌龟肌肉中其余 17 种氨基酸的含量均明显高于其肝脏中的含量,而雄龟肌

肉中 18 种氨基酸的含量均高于其肝脏中的含量。肌肉中天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸 4 种呈味氨基酸的总量高于肝脏,雌龟肌肉高于雄龟肌肉,雄龟肝脏高于雌龟肝脏。4 种样品中呈味氨基酸、必需氨基酸占氨基酸总量的比值均较接近。

表 4 中华草龟肌肉及肝脏中氨基酸组成(绝干基础)

氨基酸	雌龟肝脏	雌龟肌肉	雄龟肝脏	雄龟肌肉
天冬氨酸(%)	1.52 ± 0.02	7.18 ± 0.09	1.81 ± 0.07	6.29 ± 0.26
谷氨酸(%)	2.20 ± 0.14	13.61 ± 0.12	2.56 ± 0.10	11.82 ± 0.18
丝氨酸(%)	0.62 ± 0.11	2.78 ± 0.07	0.74 ± 0.06	2.34 ± 0.09
组氨酸(%)	0.56 ± 0.03	2.54 ± 0.08	0.59 ± 0.03	2.14 ± 0.11
甘氨酸(%)	0.93 ± 0.08	3.83 ± 0.10	1.11 ± 0.01	3.89 ± 0.16
苏氨酸(%)	0.72 ± 0.02	3.37 ± 0.26	0.83 ± 0.02	2.90 ± 0.05
精氨酸(%)	1.02 ± 0.07	5.19 ± 0.18	1.52 ± 0.09	4.62 ± 0.06
丙氨酸(%)	0.96 ± 0.11	4.34 ± 0.17	1.15 ± 0.06	3.94 ± 0.08
酪氨酸(%)	0.37 ± 0.00	2.46 ± 0.07	0.61 ± 0.03	1.99 ± 0.17
半胱氨酸(%)	0.10 ± 0.00	0.34 ± 0.03	0.13 ± 0.00	0.30 ± 0.01
缬氨酸(%)	1.12 ± 0.05	4.36 ± 0.12	1.25 ± 0.07	3.80 ± 0.18
蛋氨酸(%)	0.31 ± 0.04	2.10 ± 0.10	0.39 ± 0.00	1.80 ± 0.06
苯丙氨酸(%)	0.86 ± 0.02	3.47 ± 0.12	0.96 ± 0.08	3.02 ± 0.11
异亮氨酸(%)	0.90 ± 0.03	4.49 ± 0.19	1.03 ± 0.12	3.79 ± 0.08
亮氨酸(%)	1.54 ± 0.08	6.51 ± 0.21	1.70 ± 0.09	5.69 ± 0.24
赖氨酸(%)	0.96 ± 0.09	6.87 ± 0.18	1.14 ± 0.12	5.85 ± 0.22
脯氨酸(%)	0.67 ± 0.02	2.93 ± 0.09	0.91 ± 0.09	2.43 ± 0.13
羟脯氨酸(%)	0.90 ± 0.13	0.45 ± 0.02	0.14 ± 0.00	0.62 ± 0.09
呈味氨基酸(DAA)(%)	5.61	28.96	6.63	25.95
必需氨基酸(EAA)(%)	6.89	33.87	8.04	29.14
非必需氨基酸(NEAA)(%)	9.38	42.83	10.53	38.11
总氨基酸(TAA)(%)	16.27	76.70	18.57	67.25
DAA/TAA	0.34	0.38	0.36	0.39
EAA/NEAA	0.74	0.79	0.76	0.76
EAA/TAA	0.42	0.44	0.43	0.43

注:DAA - 呈味氨基酸(delicious amino acid);EAA - 必需氨基酸(essential amino acid);NEAA - 非必需氨基酸(nonessential amino acid);TAA - 氨基酸总量(total amino acid)。

雌性、雄性中华草龟肌肉与肝脏中的蛋白质质量评价结果(表 5、表 6)表明,雌性、雄性中华草龟肌肉中赖氨酸的氨基酸评分和化学比分均较高,明显高于 FAO/WHO 理想蛋白模式。雌性、雄性中华草龟肌肉和肝脏组织中均以蛋氨酸 + 胱氨酸的氨基酸评分和化学比分最低,即蛋氨酸为中华草龟肌肉和肝脏中的第一限制性氨基酸。中华草龟雌性肌肉中各

种必需氨基酸的氨基酸评分、化学比分、必需氨基酸指数均略高于雄性,表明雌性中华草龟肌肉蛋白质的氨基酸组成更好,蛋白质质量更高。雌性、雄性中华草龟肝脏中各种氨基酸的氨基酸评分和化学比分相差不大,且两者的必需氨基酸指数相同,即雄性中华草龟肝脏中的氨基酸组成及质量与雌龟肝脏接近。

表 5 雌性中华草龟肝脏及肌肉中蛋白质质量评价

必需氨基酸	FAO/WHO (以 N 计,mg/g)	鸡蛋蛋白 (以 N 计,mg/g)	雌龟肝脏			雌龟肌肉		
			含量 (以 N 计,mg/g)	氨基酸评分	化学比分	含量 (以 N 计,mg/g)	氨基酸评分	化学比分
苏氨酸	250	292	246	0.98	0.84	264	1.06	0.90
缬氨酸	310	441	383	1.24	0.87	341	1.10	0.77
蛋氨酸 + 胱氨酸	220	386	140	0.64	0.36	191	0.87	0.49
异亮氨酸	250	331	308	1.23	0.93	351	1.40	1.06
亮氨酸	440	534	527	1.20	0.99	509	1.16	0.95
苯丙氨酸 + 酪氨酸	380	565	421	1.11	0.75	464	1.22	0.82
赖氨酸	340	441	328	0.96	0.74	537	1.58	1.22
合计	2 250	3 096	2 354			2 657		
必需氨基酸指数				0.75			0.86	

表 6 雄性中华草龟肝脏及肌肉中蛋白质质量评价

必需氨基酸	FAO/WHO (以 N 计,mg/g)	鸡蛋蛋白 (以 N 计,mg/g)	雌龟肝脏			雌龟肌肉		
			含量 (以 N 计,mg/g)	氨基酸评分	化学比分	含量 (以 N 计,mg/g)	氨基酸评分	化学比分
苏氨酸	250	292	241	0.96	0.83	246	0.98	0.84
缬氨酸	310	441	363	1.17	0.82	323	1.04	0.73
蛋氨酸+胱氨酸	220	386	151	0.69	0.39	178	0.81	0.46
异亮氨酸	250	331	299	1.20	0.90	322	1.29	0.97
亮氨酸	440	534	494	1.12	0.93	484	1.10	0.91
苯丙氨酸+酪氨酸	380	565	456	1.20	0.81	426	1.12	0.75
赖氨酸	340	441	331	0.97	0.75	497	1.46	1.13
合计	2 250	3 096	2 335			2 477		
必需氨基酸指数				0.75			0.80	

2.4 中华草龟肌肉及肝脏中脂肪酸的组成和含量

从中华草龟的肌肉和肝脏组织中共检测到 22 种脂肪酸(表 7)。22 种脂肪酸中,在肌肉和肝脏中的含量高于 5% 的有 4 种,分别为 C18 : 1、C18 : 2、C16 : 1、C16 : 0,其中以 C18 : 1 含量最高,该脂肪酸在肝脏中的含量高于 50%,在肌肉中的含量接近于 45%。雄性的饱和脂肪酸总量均明显高于雌性,肌肉明显高于肝脏。雌性、雄性中华草龟肝脏中的单不饱和脂肪酸总量均明显高于肌肉。雌性中华草龟肌肉、肝脏中的多不饱和脂肪酸总量均高于雄性相应组织。雌性、雄

性中华草龟肌肉和肝脏中的不饱和脂肪酸总量均占全部脂肪酸总量的 70% 以上,而饱和脂肪酸含量均在 30% 以下。雌性、雄性中华草龟肌肉中,C18 : 3、C20 : 5、C22 : 6、C22 : 5 等 n-3 系列多不饱和脂肪酸含量分别为 5.19%、3.95%,C18 : 2、C20 : 4 等 n-6 系列多不饱和脂肪酸含量分别为 19.84%、15.37%。雌性、雄性中华草龟肝脏中,n-3 系列多不饱和脂肪酸含量分别为 5.04%、2.64%,C18 : 2、C20 : 4 等 n-6 系列多不饱和脂肪酸含量分别为 15.59%、9.24%。

3 结论与讨论

雌性、雄性中华草龟肌肉中的蛋白质含量略高于杨文鸽等报道的雄性甲鱼肌肉中的蛋白质含量(16.07%),但低于雌性甲鱼肌肉中的蛋白质含量(18.01%)^[24]。与野生龟肌肉中的常规营养成分^[25-26]相比,雌性、雄性中华草龟与野生龟肌肉中的蛋白质含量(16.41%)很接近,但水分和粗脂肪含量均低于野生龟,灰分含量则高于野生龟。组成野生龟肌肉蛋白质的各种氨基酸中以谷氨酸含量最高,组成雌性、雄性中华草龟肌肉和肝脏蛋白质的各种氨基酸中也以谷氨酸含量最高,即本研究结果与野生龟相近。雌性、雄性中华草龟肝脏中水分和灰分的含量均明显低于野生龟,脂肪和蛋白质的含量则明显高于野生龟,其中粗脂肪含量约为野生龟的 5 倍。可能的原因为人工养殖中华草龟配合饲料中的能量和蛋白质水平(≥39%)高于天然食物,草龟可较好地肝脏中将过量能量转化为脂肪并贮存起来。养殖中华草龟肌肉中钙含量最高、铜含量最低,这可能与配合饲料及养殖水体中钙水平高、铜水平低等有关,但具体情况还需进一步研究。

据报道,野生龟肌肉 18 种氨基酸中,天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、甘氨酸等 4 种呈味氨基酸总量约占氨基酸总量的 29%~39%^[25],而本研究中上述 4 种呈味氨基酸仅占 18 种氨基酸总量的 26%~29%。导致差异的主要原因可能与采样季节以及人工草龟配合饲料中蛋白质的氨基酸组成和天然饵料存在较大区别有关。已有研究表明,雌性、雄性甲鱼肌肉中必需氨基酸与氨基酸总量的比值均约为 0.45,而必需氨基酸指数则分别为 0.51、0.54^[24]。本研究中,雌性、雄性中华草龟肌肉中必需氨基酸与氨基酸总量的比值分别为 0.44、0.43,必需氨基酸指数则分别高达 0.86、0.76。根据 FAO/WHO 理想蛋白模式,优质蛋白质的必需氨基酸与氨基酸总量之比约为 0.40,必需氨基酸与非必需氨基酸之比在 0.6 以上^[27]。相对于甲鱼肌肉蛋白质,养殖中华草龟肌肉蛋白质的

表 7 中华草龟肝脏及肌肉中脂肪酸组成(绝干基础)

脂肪酸	含量(%)			
	雌龟肝脏	雌龟肌肉	雄龟肝脏	雄龟肌肉
C10 : 0	0.13 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.00	0.08 ± 0.00
C12 : 0	0.10 ± 0.00	0.06 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.08 ± 0.00
C14 : 0	2.69 ± 0.08	2.16 ± 0.08	3.03 ± 0.12	2.69 ± 0.18
C15 : 0	0.08 ± 0.00	0.15 ± 0.01	0.07 ± 0.00	0.19 ± 0.02
C16 : 0	9.26 ± 0.71	14.39 ± 0.32	12.94 ± 0.49	18.37 ± 0.51
C16 : 1	13.77 ± 2.16	8.20 ± 0.75	15.49 ± 2.15	8.49 ± 1.68
C17 : 1	0.28 ± 0.02	0.20 ± 0.06	0.20 ± 0.04	0.29 ± 0.03
C18 : 0	2.40 ± 0.12	5.42 ± 0.38	3.54 ± 0.21	5.46 ± 0.24
C18 : 1	50.10 ± 6.58	42.55 ± 5.98	51.27 ± 4.79	43.08 ± 5.84
C18 : 2	15.33 ± 2.16	19.03 ± 3.21	8.97 ± 2.08	14.89 ± 2.19
C18 : 3	0.83 ± 0.12	0.95 ± 0.21	0.43 ± 0.25	0.79 ± 0.31
C20 : 0	0.06 ± 0.02	0.13 ± 0.07	0.07 ± 0.02	0.27 ± 0.08
C20 : 1	0.92 ± 0.09	0.98 ± 0.13	0.82 ± 0.17	1.16 ± 0.24
C20 : 2	0.31 ± 0.04	0.30 ± 0.08	0.19 ± 0.04	0.20 ± 0.03
C20 : 3	0.12 ± 0.00	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.00	0.12 ± 0.01
C20 : 4	0.26 ± 0.04	0.81 ± 0.34	0.27 ± 0.13	0.48 ± 0.12
C20 : 5	0.63 ± 0.18	0.92 ± 0.31	0.42 ± 0.19	0.71 ± 0.21
C22 : 2	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.05 ± 0.00
C22 : 3	0.10 ± 0.00	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.08 ± 0.00
C22 : 4	0.03 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.08 ± 0.00
C22 : 5	1.68 ± 0.15	1.22 ± 0.11	0.93 ± 0.09	0.67 ± 0.04
C22 : 6	0.90 ± 0.10	2.10 ± 0.41	0.86 ± 0.15	1.78 ± 0.11
ΣSFA	14.72	22.44	19.89	27.14
ΣMUFA	65.07	51.93	67.78	53.02
ΣPUFA	20.24	25.63	12.36	19.85
Σn-3	5.04	5.19	2.64	3.95
Σn-6	15.59	19.84	9.24	15.37

注:ΣSFA 为饱和脂肪酸总量;ΣMUFA 为单不饱和脂肪酸总量;ΣPUFA 为多不饱和脂肪酸总量;Σn-3 为 3 系列脂肪酸总量;Σn-6 为系列脂肪酸总量。

质量更接近于理想蛋白,质量也优于甲鱼肌肉蛋白质。另外,刘丽等研究表明,乌龟肌肉中游离氨基酸的含量比较丰富,其中牛磺酸含量最高^[28]。养殖中华草龟肌肉和肝脏中游离氨基酸的含量有待进一步深入研究。

叶泰荣等对不同年龄鳄龟肌肉的脂肪酸组成进行了分析,结果表明,不同年龄鳄龟肌肉脂肪酸中 C18:1 的含量最高,高达 33.08%~42.51%^[29]。本研究表明,中华草龟肌肉和肝脏 22 种脂肪酸中 C18:1 含量最高,但雌性、雄性中华草龟肌肉中 C18:1 含量均明显高于鳄龟,含量均在 42% 以上。中华草龟肌肉和肝脏中均富含不饱和脂肪酸,尤其富含多不饱和脂肪酸,因此其对人体血管和心脏具有保健作用,是人类良好的不饱和脂肪酸来源。

与已报道的野生龟肌肉营养成分含量相比,人工养殖雌性、雄性中华草龟肌肉中的水分含量较低,且灰分、蛋白质、总氨基酸量均高于野生龟,但脂肪、鲜味氨基酸含量低于野生龟;养殖中华草龟肝脏中脂肪和蛋白质含量高于野生龟。养殖中华草龟肌肉中的蛋白质、呈味氨基酸、必需氨基酸、总氨基酸、必需氨基酸指数均明显高于其肝脏;除养殖雄性中华草龟肝脏中的多不饱和脂肪酸含量相对较少以外,雌性、雄性中华草龟肌肉与雌龟肝脏中的多不饱和脂肪酸含量均较高。人工养殖中华草龟的营养价值及食用价值较高,如果在养殖过程中从饲料蛋白质的氨基酸组成入手,注重饲料蛋白源的选择,重视不同蛋白源的合理搭配,深入优化饲料配方,则可提高养殖中华草龟肌肉中的鲜味氨基酸总量,进一步提高肌肉的营养和食用价值。

参考文献:

- [1] 贺刚,何力,费春平,等. 中华草龟(♀)与中华花龟(♂)及其杂种 F₁ 代形态性状对体重的影响效果分析[J]. 四川动物, 2014, 23(1): 99-105.
- [2] Du W G, Shen J W, Wang L. Embryonic development rate and hatching phenotypes in the Chinese three-keeled pond turtle (*Chinemys reevesii*): the influence of fluctuating temperature versus constant temperature[J]. Journal of Thermal Biology, 2009, 34(5): 250-255.
- [3] Du W G, Hua L J, Lua J L, et al. Effects of incubation temperature on embryonic development rate, sex ratio and post-hatching growth in the Chinese three-keeled pond turtle, *Chinemys reevesii* [J]. Aquaculture, 2007, 272(4): 747-753.
- [4] Zhao B, Li T, Shine R, et al. Turtle embryos move to optimal thermal environments within the egg[J]. Biology Letters, 2013, 9(4): 1-4.
- [5] Zheng R Q, Du W G, Zhang Y P, et al. Influence of incubation temperature on embryonic Use of energy and mineral metabolism in the Chinese three-keeled pond turtle *Chinemys reevesii* [J]. Acta Zoologica Sinica, 2006, 52(1): 1-4.
- [6] 张从义,李圣华,郭刚,等. 乌龟人工养殖技术讲座(六)[J]. 渔业致富指南, 2012(6): 63-66.
- [7] 刘绍贵. 一种乌龟的生态循环养殖技术: CN103461275A [P].

2013-12-25.

- [8] 潘凤莲,周贵谭,吴遵霖. 乌龟配合饲料中最适动植物蛋白比的研究[J]. 饲料工业, 2007, 28(4): 27-28.
- [9] 周贵谭,吴遵霖,曾旭权,等. 乌龟配合饲料能量蛋白比的研究[J]. 饲料工业, 2004, 25(4): 58-59.
- [10] 周贵谭,王拥才,莫斌胜,等. 乌龟配合饲料钙磷比与适宜量的研究[J]. 广东饲料, 2004, 13(6): 33.
- [11] 宣园园,黄芳,窦昌贵,等. 乌龟提取物的滋阴作用研究[J]. 南京中医药大学学报, 2003(3): 45-46.
- [12] Jiang Y, Nie L W, Huang Z F, et al. Comparison of complete mitochondrial DNA control regions among five Asian freshwater turtle species and their phylogenetic relationships [J]. Genetics and Molecular Research, 2011, 10(3): 1545-1557.
- [13] 杨安树,陈红兵,程芬芬,等. 一种加工冷鲜乌龟肉的方法: CN102894401A [P]. 2013-01-30.
- [14] 食品中水分的测定: GB 5009.3—2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [15] 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 食品中脂肪的测定: GB/T 5009.6—2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [17] 食品中灰分的测定: GB 5009.4—2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [18] 杨凤. 动物营养学 [M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2003: 9-10.
- [19] 李华,邓林. 大西洋鲑肌肉中 9 种矿物质元素含量的测定及营养评价[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 62-96.
- [20] 黄春红,杨品红,王文彬,等. 池塘精养中华绒螯蟹营养成分分析与评价[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 61-65.
- [21] Pellett P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods [M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980: 26-29.
- [22] 桥本芳郎. 养鱼饲料学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1980: 114-115.
- [23] 陈鹏飞,王广军,郁二蒙,等. 2 种养殖模式下佛罗里达鳖不同部位营养成分的比较[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 96-100.
- [24] 杨文鸽,李太武,徐大伦,等. 外塘雌雄甲鱼肌肉营养成分的分析与评价[J]. 水利渔业, 2004, 24(1): 15-18.
- [25] 葛雷,黄珍,葛虹,等. 乌龟的营养成分研究[J]. 水利渔业, 2001, 21(4): 1-2.
- [26] 杨文鸽,徐大伦,李花霞,等. 乌龟肌肉营养价值的评定[J]. 水产科学, 2004, 23(3): 33-35.
- [27] Food, Agriculture Organization of the United Nations. Energy and protein requirements: FAO nutrition meetings report series [R]. Geneva: FAO, 1973.
- [28] 刘丽,刘楚吾. 乌龟肌肉营养成分分析[J]. 内陆水产, 2005(12): 20-21.
- [29] 叶泰荣,李家乐,李应林. 鳄龟 (*Chelydra serpentina*) 的营养成分分析[J]. 现代渔业信息, 2007, 22(6): 6-9.