

唐晟凯,张彤晴,崔晓翠,等. 洪泽湖不同年龄河蚬营养成分的分析与评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):196-199.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.050

洪泽湖不同年龄河蚬营养成分的分析与评价

唐晟凯¹, 张彤晴¹, 崔晓翠¹, 李大命¹, 刘燕山¹, 穆欢², 黄越峰², 朱滨清³

(1. 江苏省淡水水产研究所/江苏省内陆水域渔业资源重点实验室, 江苏南京 210017;

2. 江苏省洪泽湖渔业管理委员会办公室, 江苏淮安 223002; 3. 南京师范大学生命科学学院, 江苏南京 210046)

摘要:通过对洪泽湖不同年龄河蚬(*Corbicula fluminea*)营养成分的分析与评价,为其资源的保护与合理利用提供基础数据。结果显示:洪泽湖河蚬在1⁺~5⁺龄阶段各年龄组的壳长、壳宽、壳高、带壳湿质量和软体部分湿质量均有显著差异($P < 0.05$);2⁺龄河蚬脂肪含量最高,为 $(13.13 \pm 0.38)\%$,4⁺龄河蚬蛋白质含量最高,为 $(62.65 \pm 0.63)\%$;共测出17种氨基酸,3⁺龄河蚬的总氨基酸含量 $[(446.89 \pm 0.75) \text{ mg/g}]$ 、必需氨基酸含量 $[(171.54 \pm 0.26) \text{ mg/g}]$ 、鲜味氨基酸含量 $[(162.80 \pm 0.38) \text{ mg/g}]$ 以及必需氨基酸指数 (76.76 ± 0.12) 均高于其他年龄组($P < 0.05$);共测出20种脂肪酸,各年龄组脂肪酸含量均为:多不饱和脂肪酸总含量>单不饱和脂肪酸总含量>饱和脂肪酸总含量。从营养利用的角度出发,建议将洪泽湖河蚬起捕年龄定为3⁺~4⁺龄,对应的起捕规格为壳长26.4~29.9 mm。

关键词:洪泽湖;河蚬;营养成分;氨基酸;脂肪酸;评价

中图分类号: R151;TS254.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0196-04

河蚬(*Corbicula fluminea*)属软体动物门瓣鳃纲(Lamellibranchia)真瓣鳃目(Eulamellibranchia)蚬科(Corbiculidae)蚬属(*Corbicula*),别称黄蚬、扁螺、沙螺、沙蜊等,主要分布在淡水湖泊、江河、沟渠及池塘中^[1]。其软体部分肉质鲜美、高蛋白、低脂肪、氨基酸种类齐全^[2-4],富含钙、铁等元素^[5],具有一定的护肝、抗癌等功能^[6-7],开发利用价值较高。

洪泽湖(地处33°06′~33°40′N,118°10′~118°52′E)位于江苏省西北部,淮河下游,是我国第四大淡水湖泊^[8-9]。20世纪90年代初洪泽湖河蚬资源量约为21.29万t^[10],近年来由于环境污染、过度捕捞等原因,其资源量逐步衰退,2012年资源量降至约5万t^[11]。本研究对洪泽湖不同年龄河蚬的软体部分的营养成分进行较全面的测定,并进行初步的营养品质评价,以期为其资源的保护与合理利用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与测量

野生河蚬2016年9月采集于洪泽湖的临淮和高渡水域,在实验室暂养12 h,每个年龄组随机选取60~250个样本,年龄的鉴定采用外部生长线法^[12]。用吸水纸吸干河蚬壳表的水分,用电子天平称其带壳湿质量(精确到0.1 g)。用数显游标卡尺测量其壳长、壳宽和壳高(精确到0.1 mm)。剥壳

后用吸水纸吸干软体部分表面水分,称质量并计算含肉率(含肉率=软体部分质量/带壳湿质量×100%)。软体部分匀浆后,经冷冻干燥至恒质量后测定其水分含量,干样用于各种营养成分测定。

1.2 一般营养成分测定

水分含量测定采用直接干燥法测定,依据GB 5009.3—2010《食品安全国家标准 食品中水分的测定》;灰分含量测定采用灼烧称质量法测定,依据GB 5009.4—2010《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》;蛋白质含量测定采用凯氏定氮法,依据GB 5009.5—2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》;粗脂肪含量测定采用索氏抽提法,依据GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》。

1.3 氨基酸含量测定

根据Cheetangdee等水解氨基酸的方法^[13],将样品置于玻璃水解管中,加入6 mol/L盐酸,抽真空封管,在110℃下水解24 h,转移定容后过滤,取滤液在真空干燥器中干燥成固体,稀释并用0.02 mol/L盐酸调整浓度后上样。

色谱柱:LCA K 07/Li(150 mm×4.6 mm),柱温为37/74℃,茚三酮试剂流速为0.25 mL/min。液相色谱条件:Diamonsil C₁₈柱;流动相为8.5 mmol/L乙酸钠溶液(乙酸调pH值至4.0)—甲醇(体积分数为95%);检测波长为280 nm,流速为1 mL/min;柱温为30.0℃;进样量为20 μL。

1.4 脂肪酸含量测定

1.4.1 脂质的提取及甲酯化 称取一定量河蚬干粉,研磨成粉末,加入20倍体积的石油醚(沸程60~90℃)混合,室温振摇40~60 min,收集有机溶剂相。残渣再加入有机溶剂重复提取2次。合并有机相,40℃旋转蒸发挥发干有机溶剂,得到粗蚬油。参照Liu等的方法^[14]对油脂进行甲酯化处理。取所得蚬油0.2 mL,加入2 mL、体积分数为5%的氢氧化钾—甲醇溶液,75℃水浴15 min,冷却后加入2 mL体积分数

收稿日期:2017-04-12

基金项目:江苏省水产三新工程项目(编号:Y2015-18);江苏省海洋与渔业资源环保项目(编号:ZYHB16-3);江苏省省级财政资金。

作者简介:唐晟凯(1981—),男,江苏南京人,硕士,高级工程师,主要从事内陆水域渔业资源研究。Tel:(025)86581574;E-mail:tskwell@163.com。

通信作者:张彤晴,硕士,研究员,主要从事内陆水域渔业资源研究。E-mail:zhtq3@126.com。

为 14% 的三氟化硼乙醚-甲醇溶液,75 ℃ 水浴 2 min,加入饱和氯化钠溶液 2 mL 和正己烷 1 mL,混匀后静置,取上清备用。

1.4.2 气质联用分析脂肪酸组成 色谱条件:色谱柱为 SLB-5MS 毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm);升温程序为:120 ℃ 保持 6 min,以 3 ℃/min 升温到 250 ℃,保持 25 min;载气(He)流速 1.2 mL/min,压力 2.4 kPa,进样量 1.0 μL;分流比 30:1。

质谱条件:电子轰击(EI)离子源;电子能量 70 eV;灯丝发射电流为 200 μA;离子源温度为 200 ℃,接口温度 250 ℃;检测器电压 350 V;扫描范围 m/z 33~800。

1.5 营养价值评价

根据 1973 年联合国世界卫生组织(WHO)/联合国粮食和农业组织(FAO)建议的 1 g 氮氨基酸评分标准模式和鸡蛋蛋白质评分标准模式计算河蚬软体部分的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)^[2,4,15],其计算方法如下:

$$AAS = aa/AA(WHO/FAO) \quad CS = aa/AA(Egg)$$
$$EAAI = ^n \sqrt{\frac{100a}{ae} \times \frac{100b}{be} \times \frac{100c}{ce} \times \cdots \times \frac{100g}{ge}}$$

式中:aa 表示待评样品的蛋白质氨基酸含量,mg/g;AA(WHO/FAO),(WHO/FAO)评分标准模式中同种氨基酸含

量,mg/g;AA(Egg),全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量,mg/g; n ,比较的必需氨基酸个数; $a、b、c、\cdots、g$ 表示待评样品蛋白质中的必需氨基酸含量,mg/g; $ae、be、ce、\cdots、ge$ 表示全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量,mg/g。

1.6 数据统计

用 Excel 2010 和 SPSS 13.0 软件进行数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 形态指标

洪泽湖河蚬的形态学指标如表 1 所示。在 1⁺~5⁺ 龄阶段,随着年龄的增加,其壳长、壳宽、壳高、带壳湿质量和软体部分湿质量均显著增长($P<0.05$);3⁺ 龄的含肉率最高(达到约 17.1%),1⁺、5⁺ 龄的含肉率比其余 3 个年龄组低($P<0.05$)。

2.2 一般营养成分

对河蚬软体部分的水分、灰分、脂肪、蛋白质含量进行测定,每个年龄组均设 3 个平行,结果如表 2 所示。3⁺、5⁺ 龄水分含量比其余 3 个年龄组高($P<0.05$);1⁺、5⁺ 龄灰分含量比其余 3 个年龄组高($P<0.05$);2⁺ 龄粗脂肪含量最高,5⁺ 龄最低($P<0.05$);4⁺ 龄蛋白质含量最高,3⁺ 龄其次,1⁺ 龄最低($P<0.05$)。

表 1 洪泽湖不同年龄河蚬的形态学参数

年龄	取样数量 (份)	壳长 (mm)	壳宽 (mm)	壳高 (mm)	带壳湿质量 (g)	软体部分湿质量 (g)	含肉率 (%)
1 ⁺	250	17.4±2.8e	11.5±1.7e	16.2±2.5e	2.2±0.9e	0.3±0.1d	14.3±1.2c
2 ⁺	150	23.2±2.5d	14.9±1.4d	21.9±2.4d	5.0±1.3d	0.8±0.2c	15.9±1.5b
3 ⁺	120	26.4±2.3c	16.4±1.4c	25.4±2.5c	7.2±1.8c	1.2±0.3b	17.1±2.1a
4 ⁺	70	29.9±3.8b	17.6±2.5b	28.1±3.0b	9.6±2.8b	1.6±0.5a	16.3±1.8ab
5 ⁺	60	33.2±3.9a	19.5±1.9a	31.1±3.5a	13.0±3.5a	1.9±0.5a	14.8±1.6c

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

表 2 洪泽湖不同年龄河蚬的一般营养成分比较

年龄	水分含量(%)	灰分含量(%)	脂肪含量(%)	蛋白质含量(%)
1 ⁺	86.29±0.56b	8.21±0.33a	11.56±0.24bc	53.00±0.82d
2 ⁺	86.19±0.42b	6.82±0.56b	13.13±0.38a	53.67±1.03cd
3 ⁺	88.80±0.45a	6.71±0.58b	11.92±0.52b	57.78±0.87b
4 ⁺	87.03±0.33b	6.53±0.47b	11.64±0.39bc	62.65±0.63a
5 ⁺	87.97±0.63a	8.29±0.52a	11.08±0.21c	55.14±1.51c

注:灰分、脂肪、蛋白质的含量指其在软体部分干样中的占比。

2.3 氨基酸组成

对河蚬软体部分的干样进行氨基酸分析,结果如表 3 所示。除色氨酸由于水解被破坏未能测出外,共测出 17 种氨基酸,其中必需氨基酸 7 种,鲜味氨基酸 4 种,氨基酸种类齐全;含量最高和最低的氨基酸分别为谷氨酸和半胱氨酸。

1⁺~5⁺ 龄的河蚬中,3⁺ 龄河蚬的总氨基酸、必需氨基酸以及鲜味氨基酸的含量均较高($P<0.05$),而 1⁺~2⁺ 龄河蚬的总氨基酸、必需氨基酸含量均较低($P<0.05$);各年龄组河蚬必需氨基酸占总氨基酸的含量均值范围为 37.2%~38.9%,鲜味氨基酸占总氨基酸的含量均值范围为 35.6%~37.2%。

2.4 营养品质的评价

将不同年龄河蚬 1 g 氮中必需氨基酸含量与鸡蛋蛋白质、WHO/FAO 标准进行比较,结果见表 4。河蚬必需氨基酸含量普遍低于鸡蛋蛋白质标准,但普遍接近于 WHO/FAO 标准;不同年龄河蚬苏氨酸、赖氨酸含量均超过了 WHO/FAO 标准,其余几种必需氨基酸含量则接近或略低于 WHO/FAO 标准,说明洪泽湖河蚬的营养价值较高;3⁺ 龄河蚬的必需氨基酸含量普遍高于其他年龄组。

计算河蚬软体部分必需氨基酸的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI),结果见表 5。3⁺ 龄河蚬的 AAS、CS 普遍较高;蛋氨酸、半胱氨酸、异亮氨酸等为

表 3 洪泽湖不同年龄河蚬的氨基酸组成

氨基酸名称	氨基酸含量 (mg/g)				
	1 ⁺ 龄	2 ⁺ 龄	3 ⁺ 龄	4 ⁺ 龄	5 ⁺ 龄
丝氨酸 Ser	22.77 ± 0.05	20.31 ± 1.19	22.36 ± 0.02	22.54 ± 0.06	22.34 ± 0.03
半胱氨酸 Cys	5.89 ± 0.05	6.43 ± 0.12	7.01 ± 0.03	6.73 ± 0.01	6.57 ± 0.40
酪氨酸 Tyr	15.36 ± 0.04	15.30 ± 0.17	16.22 ± 0.02	15.96 ± 0.01	15.75 ± 0.04
组氨酸 His	13.72 ± 0.10	10.45 ± 0.10	11.36 ± 0.05	11.47 ± 0.02	10.63 ± 0.01
精氨酸 Arg	30.51 ± 0.68	29.52 ± 0.02	33.60 ± 0.07	32.78 ± 0.12	33.89 ± 0.08
脯氨酸 Pro	14.14 ± 0.03	13.82 ± 0.06	14.60 ± 0.03	15.21 ± 0.04	14.57 ± 0.06
天冬氨酸 Asp [*]	48.40 ± 0.04	43.64 ± 0.40	49.31 ± 0.10	48.10 ± 0.10	47.75 ± 0.33
谷氨酸 Glu [*]	61.43 ± 0.09	54.62 ± 0.19	63.03 ± 0.25	61.62 ± 0.21	61.20 ± 0.05
甘氨酸 Gly [*]	23.94 ± 0.08	21.39 ± 0.10	24.32 ± 0.02	23.63 ± 0.06	23.50 ± 0.02
丙氨酸 Ala [*]	26.11 ± 0.07	23.75 ± 0.11	26.14 ± 0.01	26.03 ± 0.06	25.05 ± 0.04
苏氨酸 Thr [#]	25.49 ± 0.08	25.46 ± 0.3	26.54 ± 0.03	26.95 ± 0.04	25.88 ± 0.62
缬氨酸 Val [#]	21.85 ± 0.10	21.82 ± 0.14	23.78 ± 0.03	23.46 ± 0.04	23.04 ± 0.05
蛋氨酸 Met [#]	10.50 ± 0.07	10.46 ± 0.28	11.60 ± 0.03	11.06 ± 0.02	11.26 ± 0.03
异亮氨酸 Ile [#]	19.82 ± 0.04	19.40 ± 0.07	22.21 ± 0.04	21.26 ± 0.02	21.34 ± 0.04
亮氨酸 Leu [#]	30.88 ± 0.07	28.92 ± 0.71	32.67 ± 0.25	31.79 ± 0.06	31.82 ± 0.02
苯丙氨酸 Phe [#]	19.06 ± 0.03	19.23 ± 0.12	20.66 ± 0.01	20.57 ± 0.10	20.45 ± 0.03
赖氨酸 Lys [#]	32.62 ± 0.02	31.31 ± 0.47	34.08 ± 0.06	34.14 ± 0.04	33.17 ± 0.02
色氨酸 Trp [#]	—	—	—	—	—
必需氨基酸 (EAA)	160.24 ± 0.06d	156.60 ± 0.22e	171.54 ± 0.26a	169.23 ± 0.30b	166.95 ± 0.15c
鲜味氨基酸 (DAA)	159.88 ± 0.08b	143.39 ± 0.22d	162.80 ± 0.38a	159.37 ± 0.37b	157.50 ± 0.38c
总氨基酸 (TAA)	430.34 ± 0.68d	402.86 ± 0.83e	446.89 ± 0.75a	440.97 ± 0.96b	435.37 ± 0.73c

注: #为必需氨基酸, * 为鲜味氨基酸。

表 4 洪泽湖不同年龄河蚬 1 g 氮中氨基酸含量与鸡蛋蛋白、WHO/FAO 标准的比较

氨基酸名称	1 g 氮中氨基酸含量 (mg/g)					鸡蛋蛋白标准	WHO/FAO 标准
	1 ⁺ 龄	2 ⁺ 龄	3 ⁺ 龄	4 ⁺ 龄	5 ⁺ 龄		
缬氨酸	258	236	277	234	261	411	310
苏氨酸	301	275	309	269	293	292	250
蛋氨酸 + 半胱氨酸	193	183	217	178	205	386	220
苯丙氨酸 + 酪氨酸	406	373	429	364	410	565	380
异亮氨酸	234	210	259	212	242	331	250
亮氨酸	364	313	380	317	361	534	440
赖氨酸	385	339	397	341	376	441	340

表 5 洪泽湖不同年龄河蚬的必需氨基酸评分

氨基酸	1 ⁺ 龄		2 ⁺ 龄		3 ⁺ 龄		4 ⁺ 龄		5 ⁺ 龄	
	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS
缬氨酸	0.63	0.83	0.57	0.76	0.67	0.89	0.57	0.75	0.64	0.84
苏氨酸	0.73	0.97	0.67	0.89	0.75	1.00	0.65	0.87	0.71	0.95
蛋氨酸 + 半胱氨酸	0.47	0.62	0.44	0.59	0.53	0.70	0.43	0.57	0.50	0.66
苯丙氨酸 + 酪氨酸	0.99	1.31	0.91	1.20	1.04	1.39	0.89	1.18	1.00	1.32
异亮氨酸	0.57	0.75	0.51	0.68	0.63	0.83	0.52	0.68	0.59	0.78
亮氨酸	0.89	1.17	0.76	1.01	0.93	1.23	0.77	1.02	0.88	1.16
赖氨酸	0.94	1.24	0.82	1.09	0.97	1.28	0.83	1.10	0.91	1.21
EAAI	72.02 ± 0.01c		65.14 ± 0.06d		76.76 ± 0.12a		64.62 ± 0.10e		72.61 ± 0.10b	

注: 同行数据后不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

洪泽湖河蚬的限制氨基酸;不同年龄河蚬的 EAAI 之间均有显著差异 ($P < 0.05$), 其中 3⁺ 龄河蚬的 EAAI 最高, 2⁺ 龄和 4⁺ 龄的 EAAI 较低。

2.5 脂肪酸组成

洪泽湖不同年龄河蚬的脂肪酸组成如表 6 所示。总体看, 洪泽湖河蚬的脂肪酸组成包括 8 种饱和脂肪酸、5 种单不

饱和脂肪酸和 7 种多不饱和脂肪酸;多不饱和脂肪酸总含量 ($\Sigma PUFA$) > 单不饱和脂肪酸总含量 ($\Sigma MUFA$) > 饱和脂肪酸总含量 (ΣSFA);各年龄河蚬的脂肪酸组成具有一定的差异, 1⁺ 龄河蚬的 ΣSFA 含量较高, 4⁺ 龄河蚬的 $\Sigma MUFA$ 含量较高, 5⁺ 龄河蚬的 $\Sigma PUFA$ 含量较高。

表 6 洪泽湖不同年龄河蚬的脂肪酸组成

脂肪酸种类	各脂肪酸含量(% ,干样)				
	1 ⁺ 龄	2 ⁺ 龄	3 ⁺ 龄	4 ⁺ 龄	5 ⁺ 龄
C ₁₂ : 0	2.54	2.31	—	2.06	1.10
C ₁₃ : 0	0.08	2.26	4.06	0.04	0.23
C ₁₄ : 0	—	0.06	0.03	0.02	—
C ₁₅ : 0	4.86	5.45	10.16	6.10	10.00
C ₁₆ : 0	0.91	1.2	1.77	1.02	1.19
C ₁₈ : 0	0.10	0.16	0.18	0.12	—
C ₁₉ : 0	8.46	—	—	—	—
C ₂₄ : 0	0.10	0.13	0.16	0.12	—
Σ SFA	17.05	11.57	16.36	9.48	12.52
C ₁₃ : 1	—	—	—	—	0.10
C ₁₅ : 1	0.16	0.82	0.44	—	—
C ₁₇ : 1	8.40	—	—	36.88	12.13
C ₁₉ : 1	20.43	24.31	—	—	—
C ₂₁ : 1	—	—	19.25	—	—
Σ MUFA	28.99	25.13	19.69	36.88	12.23
C ₁₅ : 2	—	—	—	0.22	—
C ₁₉ : 4	—	—	—	—	2.06
C ₂₁ : 4	—	8.59	1.22	—	1.17
C ₂₁ : 5	24.21	23.90	24.87	27.09	30.03
C ₂₂ : 5	2.45	2.08	1.74	2.08	—
C ₂₃ : 2	2.81	—	—	—	4.54
C ₂₃ : 6	24.49	28.73	36.12	24.25	37.45
Σ PUFA	53.96	63.3	63.95	53.64	75.25

3 讨论

3.1 不同年龄河蚬的一般营养成分

本研究中不同年龄河蚬的水分、灰分、脂肪、蛋白质含量总体上与刘晶晶的研究结果^[15]差异较小。4⁺龄河蚬的蛋白质含量最高,而脂肪含量较低,表现出较优的“高蛋白质低脂肪”特征。本研究测得的含肉率总体上与大通湖河蚬接近^[2],其中2⁺~4⁺龄河蚬的含肉率较高,显示了其相对较高的品质和生产性能。

3.2 不同年龄河蚬的氨基酸组成及营养品质的差异

本研究中不同年龄河蚬的必需氨基酸含量普遍接近于WHO/FAO标准,可见洪泽湖河蚬具备了较高的营养价值与开发利用价值。AAS、CS、EAAI均是衡量食物中必需氨基酸与标准蛋白质相接近程度的指标^[2],在洪泽湖1⁺~5⁺龄的河蚬中,3⁺龄河蚬的总氨基酸含量、必需氨基酸含量、AAS、CS、EAAI均较高,显示其营养价值相对较高。

河蚬的鲜美程度与鲜味氨基酸的组成和含量有关,本研究中各年龄河蚬的氨基酸组成中,谷氨酸和天冬氨酸均是含量最高的2种氨基酸,可见洪泽湖河蚬鲜美程度普遍较高。由于3⁺龄河蚬的鲜味氨基酸总含量最高,其鲜美程度可能优于其他年龄组。

3.3 洪泽湖河蚬的不饱和脂肪酸含量

不饱和脂肪酸具有降低血中胆固醇和甘油三酯,降低血

液黏稠度,改善血液微循环,增强记忆力和思维能力等功效^[15]。本研究中各年龄河蚬的脂肪酸组成虽有一定的差异,但ΣPUFA和ΣMUFA普遍明显高于ΣSFA,其中4⁺龄的不饱和脂肪酸含量最高。可见,洪泽湖河蚬(尤其是4⁺龄左右河蚬)是富含不饱和脂肪酸的优质食物。

3.4 对洪泽湖河蚬起捕规格的探讨

由于洪泽湖不同年龄河蚬的形态学指标差异显著(表1),故在捕捞生产中可将年龄作为划分河蚬规格的依据之一。本研究结果显示,洪泽湖3⁺、4⁺龄河蚬的含肉率、蛋白质含量、必需氨基酸含量及评价指标、鲜味氨基酸含量、不饱和脂肪酸含量等重要营养指标均相对较高,因此从营养利用的角度出发,建议将洪泽湖河蚬起捕年龄定为3⁺~4⁺龄,对应的起捕规格为:壳长26.4~29.9 cm,从而控制洪泽湖河蚬的捕捞强度,实现对其资源的保护与合理利用。

参考文献:

- [1] 刘月英,张文珍,王跃先,等. 中国经济动物志——淡水软体动物[M]. 北京:科学出版社,1979:119-123.
- [2] 皮杰,王桂苹,吕子君,等. 大通湖河蚬软体部分营养成分分析与评价[J]. 水生态学杂志,2013,34(5):87-90.
- [3] 郑汉丰,李家乐. 浙江地区3种淡水经济贝类的营养成分分析与评价[J]. 中国农学通报,2012,28(2):78-82.
- [4] 戈志强,李伯华,沈爱英,等. 太湖河蚬与2种蚌营养价值比较分析[J]. 水利渔业,2006,26(1):1-4.
- [5] 韩鹏,王勤,陈清西. 河蚬软体部分营养成分分析及评价[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2007,46(1):115-117.
- [6] 张磊,何红梅,景金柱. 河蚬提取物对小鼠酒精性肝损伤的保护作用[J]. 齐鲁药事,2008(6):365-367.
- [7] 祝雯,林志铿,吴祖建,等. 河蚬中活性蛋白CFp-a的分离纯化及其活性[M]. 中国水产科学,2004,11(4):349-353.
- [8] 朱松泉,窦鸿身. 洪泽湖——水资源和水生生物资源[M]. 合肥:中国科技大学出版社,1993,174-181.
- [9] 王苏民,窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京:科学出版社,1998,268-278.
- [10] 袁永浒,王兴元,陈安来,等. 洪泽湖螺蚬资源调查报告[J]. 水产养殖,1994(6):15-16.
- [11] 毕婷婷,侯刚,张胜宇,等. 基于壳长频率分析的洪泽湖河蚬渔获物年龄结构,生长与死亡参数估计[J]. 水生生物学报,2014,38(4):797-800.
- [12] 蔡英亚,张英,魏若飞. 贝类学概论[M]. 上海:科学技术出版社,1995:193-194.
- [13] Cheetangdee N, Benjakul S. Antioxidant activities of rice bran protein hydrolysates in bulk oil and oil-in-water emulsion[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2014, 95(7):1461-1468.
- [14] Liu W, Fu Y, Zu G, et al. Supercritical carbon dioxide extraction of seed oil from *Opuntia dillenii* Haw and its antioxidant activity[J]. Food Chemistry, 2009, 114(1):334-339.
- [15] 刘晶晶,徐云婕,韩曜平,等. 洪泽湖野生河蚬营养成分的分析与评价[J]. 食品工业科技,2014,35(15):360-364.