

DOI:10.3969/j.issn.1004-6755.2024.10.006

天津不同盐度养殖南美白对虾营养分析与品质评价

李艳¹,罗鑫²,吴宁²,张丹娜¹

(1. 天津市农业生态环境监测与农产品质量检测中心,天津 300193;
2. 天津市水产研究所,天津 300221)

摘要:为有助于建立科学的凡纳滨对虾营养质量分级体系,测定和分析了不同盐度(2% ~ 36%)养殖条件下,凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)肌肉中的常规营养成分以及氨基酸的含量与组成。结果表明,随着盐度的升高,凡纳滨对虾肌肉中的水分含量呈现显著的下降趋势,而粗蛋白含量则呈现显著上升趋势,各盐度组中粗脂肪含量的变化无统计学上的显著性差异,盐度 2% 组的水分含量显著高于盐度 4% ~ 36% 组,而盐度 20% 组的粗蛋白含量则显著高于盐度 2% 、 4% 、 6% 、 12% 和 36% 组。凡纳滨对虾肌肉中共检测出16种氨基酸,其中盐度 20% 组的氨基酸总量、必需氨基酸含量、非必需氨基酸含量以及呈味氨基酸含量均显著高于其他盐度组,盐度 20% 条件下的苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、亮氨酸、络氨酸、赖氨酸均显著高于其他盐度组($P<0.05$),而各盐度组间苯丙氨酸含量则无显著差异($P>0.05$)。综上所述:在盐度 20% 的养殖环境下,凡纳滨对虾的肌肉营养价值和风味均表现出显著优势。

关键词:凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*);盐度;营养成分;天津

南美白对虾学名为凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*),隶属节肢动物门(Arthropoda),甲壳纲(Crustacea),十足目(Decapoda),游泳亚目(Natantia),对虾科(Penaeidae),对虾属(*Penaeus*)^[1]。作为一种在全世界内广泛养殖的虾类,南美白对虾因其独特的生物学特性和卓越的养殖性能,被公认为水产养殖行业的优良品种之一^[2]。据权威统计数据显示,2022年我国南美白对虾的养殖总产量高达209.9万t,这一产量占据了我国虾类养殖总产量的36.5%^[3]。

南美白对虾作为一种广盐性虾类,可在盐度 0.5% ~ 50% 的范围内存活和繁衍^[4]。针对这一特性,学术界对南美白对虾在海水与淡水两种不同养殖环境中的营养成分进行了系统的探索与研究^[5-6]。朱春华^[7]研究表明,在特定实验条件下,当养殖水体盐度为 18% 时,南美白对虾的生长速率达到最大,同时表现出高存活率和低饵料系数;黄凯等^[8]研究揭示了盐度在 $0\sim40\%$ 范围内,南

美白对虾体内氨基酸总量、必需氨基酸和呈味氨基酸含量随盐度升高而增加的规律;彭永兴等^[9]研究进一步对比了海水与淡水养殖环境中南美白对虾肌肉的营养价值和风味,发现海水养殖条件下其肌肉品质更胜一筹。然而关于不同养殖盐度梯度下南美白对虾营养成分差异的深入研究仍显不足。因此,本研究以南美白对虾为例,基于营养成分、氨基酸组成与含量等指标,深入探讨南美白对虾的适宜养殖盐度,以期为建立科学的南美白对虾营养质量分级体系提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用虾采用规格(1.05 ± 0.15)cm,体质量(0.02 ± 0.01)g的南美白对虾虾苗,购自天津滨海新区。

试验饲料为粗蛋白含量 $\geqslant42\%$ 的南美白对虾幼虾配合饲料。

基金项目:天津市农业发展服务中心种业青年科技创新项目(项目编号:zxkj202426);天津市农业发展服务中心青年科技创新项目(项目编号:zxkj202450);天津市农业生态环境监测与农产品质量检测中心青年科技创新项目(nyzj202205)。

作者简介:李艳(1984.12—),女,农艺师,本科。研究方向:水产品营养科学与分析。E-mail:7171290@qq.com。

通讯作者:张丹娜(1987.4—),女,助理农艺师,本科,主要从事农产品质量安全相关工作。E-mail:zhangdannas@163.com。

1.2 试验设计

设置盐度为2‰、4‰、6‰、12‰、20‰、36‰，共6个处理组，即1#—6#，每个处理组3个重复(表1)，养殖密度为350尾/m³。养殖用水采用海水和曝气72 h的自来水配制而成。

1.3 日常管理

养殖试验在天津滨海新区进行。试验开始前，将南美白对虾置于暂养池中驯化1周，后转移至水族缸中(3 m×2 m×1 m)。养殖水温(28.5±1)℃，pH 8.0~8.2，溶氧≥5 mg/L。每日投喂4次(8:00, 12:00, 16:00, 20:00)，养殖周期为60 d，前30 d，投饲量为虾体质量的8%；后30 d，投饲量为虾体质量的5%。每日换水量1/3。

表1 南美白对虾试验设计

试验组	盐度/ ‰	水源	养殖密度/ (尾·m ⁻³)
1#	2	海水与曝气自来水配制	350
2#	4	海水与曝气自来水配制	350
3#	6	海水与曝气自来水配制	350
4#	12	海水与曝气自来水配制	350
5#	20	海水与曝气自来水配制	350
6#	36	海水	350

1.4 测定方法

每个水族缸随机抽取体质健壮、无疾病的南美白对虾10尾。分析测定前去掉虾头，虾身去壳

后捣碎，匀浆混合，装入样品袋，置于-20 ℃冰箱保存备用。水分、粗蛋白、粗脂肪的测定：参照GB/T 5009. 3^[10]、GB/T 5009. 5^[11]、GB/T 5009. 6^[12]。氨基酸测定：参照GB/T 5009. 124方法测定^[13]。样品经6 mol/L HCl水解，水解时充氮气24 h，采用日立LA8080氨基酸分析仪测定16种氨基酸。

1.5 数据处理

所有数据经Excel和SPSS 20.0进行数据处理，用Mean±SD表示，数据回归分析采用Origin进行；采用One-way ANOVA进行显著性检验，LSD进行多重比较，P<0.05表示具有显著差异。

2 结果

2.1 盐度对肌肉常规营养成分的影响

由表2可知，在盐度2‰~36‰范围内，南美白对虾肌肉中水分含量随盐度升高而下降，盐度2‰组的水分含量显著高于盐度4‰~36‰组，经回归相关分析表明(图1)，盐度与水分有显著的非线性关系；在盐度2‰~20‰范围内，南美白对虾肌肉中蛋白质含量随着盐度上升而升高，而在盐度20‰~36‰范围内，随着盐度的升高而呈现出下降的趋势；各盐度组的粗脂肪含量无显著差异(P>0.05)，但其含量随盐度升高呈现下降的趋势(P>0.05)。

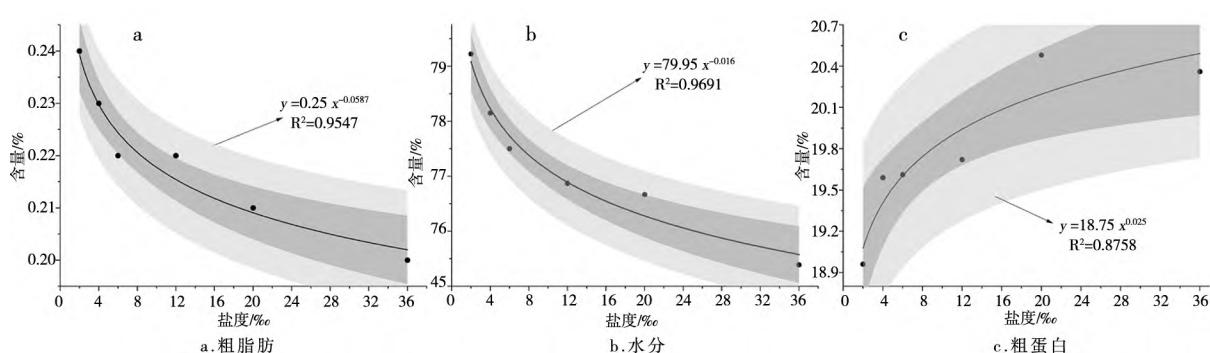


图1 盐度与养殖南美白虾肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪的关系

2.2 盐度对肌肉氨基酸总量、必需氨基酸、非必需氨基酸、呈味氨基酸含量的影响

南美白对虾肌肉中共测出16种氨基酸(表2)。在盐度2‰~36‰范围内，各盐度处理组间南美白对虾肌肉氨基酸总量、必需氨基酸含量、非

必需氨基酸含量和呈味氨基酸含量均有显著性差异(P<0.05)，其中氨基酸总量、必需氨基酸含量、非必需氨基酸含量和呈味氨基酸含量在盐度20‰的条件下均显著高于盐度2‰~12‰和盐度36‰条件下的含量(P<0.05)；氨基酸总量、非必

需氨基酸含量和呈味氨基酸含量在盐度36‰的条件下均显著高于盐度12‰条件下的含量($P<0.05$)，而氨基酸总量、必需氨基酸含量、非必需氨

基酸含量和呈味氨基酸含量在盐度2‰和盐度6‰组间无显著差异($P>0.05$)。

表2 不同盐度对南美白对虾肌肉氨基酸总量、必需氨基酸、非必需氨基酸、呈味氨基酸组成及含量的影响 %

氨基酸组成	盐度2‰组	盐度4‰组	盐度6‰组	盐度12‰组	盐度20‰组	盐度36‰组
氨基酸总量ΣTAA	18.09±0.08 ^b	16.22±0.19 ^d	18.12±0.04 ^b	15.85±0.11 ^e	18.72±0.17 ^a	16.71±0.02 ^c
必需氨基酸总量ΣEAA	5.96±0.04 ^b	5.55±0.13 ^d	5.95±0.04 ^b	5.59±0.02 ^c	6.27±0.02 ^a	5.34±0.10 ^e
非必需氨基酸总量ΣNEAA	10.11±0.07 ^b	8.89±0.09 ^d	10.03±0.04 ^b	9.48±0.03 ^d	10.41±0.16 ^a	9.65±0.03 ^c
呈味氨基酸总量ΣDAA	9.75±0.06 ^b	8.64±0.11 ^d	9.77±0.07 ^b	8.33±0.02 ^e	10.04±0.16 ^a	9.21±0.02 ^c

注：同一行中不同字母表示差异具有统计学意义($P<0.05$)，下同。

2.3 盐度对肌肉中游离氨基酸的影响

盐度对肌肉中各种氨基酸具有明显的影响，除苯丙氨酸含量在组间差异不显著($P>0.05$)外，其余的氨基酸含量在组间差异显著($P<0.05$)。盐度20‰养殖条件下的苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、亮氨酸、缬氨酸、赖氨酸均显著高于盐度2‰～12‰和盐度36‰($P<0.05$)；盐度

2‰养殖条件下的甘氨酸含量显著高于盐度4‰～36‰；盐度12‰养殖条件下的蛋氨酸含量显著高于盐度2‰～6‰和盐度20‰～36‰。此外，盐度4‰条件下的天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸在6个盐度梯度中含量最低(表3)。

表3 不同盐度对南美白对虾游离氨基酸组成及含量的影响 %

氨基酸组成	盐度2‰组	盐度4‰组	盐度6‰组	盐度12‰组	盐度20‰组	盐度36‰组
天门冬氨酸 Asp	2.05±0.02 ^b	1.86±0.01 ^c	2.08±0.01 ^{ab}	1.92±0.01 ^c	2.15±0.12 ^a	1.93±0.01 ^c
苏氨酸 Thr	0.71±0.01 ^b	0.64±0.01 ^d	0.71±0.01 ^b	0.67±0.01 ^c	0.75±0.01 ^a	0.67±0.01 ^c
丝氨酸 Ser	0.77±0.01 ^c	0.68±0.01 ^e	0.79±0.02 ^{bc}	0.73±0.01 ^d	0.83±0.01 ^a	0.81±0.01 ^b
谷氨酸 Glu	3.26±0.02 ^c	2.92±0.06 ^e	3.37±0.02 ^b	3.15±0.01 ^d	3.57±0.02 ^a	3.16±0.01 ^d
甘氨酸 Gly	1.73±0.05 ^c	1.66±0.02 ^d	1.82±0.04 ^b	0.95±0.01 ^e	1.96±0.01 ^a	1.82±0.01 ^b
丙氨酸 Ala	1.22±0.02 ^a	1.11±0.02 ^c	1.23±0.02 ^a	1.16±0.01 ^b	1.25±0.02 ^a	1.13±0.01 ^c
半胱氨酸 Cys	0.10±0.01 ^a	0.05±0.01 ^c	0.09±0.01 ^a	0.08±0.01 ^{ab}	0.09±0.01 ^a	0.09±0.01 ^a
缬氨酸 Val	0.70±0.03 ^{ab}	0.67±0.03 ^b	0.68±0.02 ^b	0.61±0.01 ^c	0.73±0.01 ^a	0.61±0.01 ^c
蛋氨酸 Met	0.45±0.01 ^b	0.35±0.01 ^d	0.43±0.01 ^c	0.48±0.01 ^a	0.46±0.01 ^b	0.30±0.01 ^e
异亮氨酸 Ile	0.61±0.01 ^b	0.67±0.04 ^a	0.61±0.02 ^b	0.53±0.04 ^c	0.64±0.02 ^{ab}	0.55±0.01 ^c
亮氨酸 Leu	1.64±0.02 ^b	1.51±0.02 ^d	1.68±0.02 ^b	1.56±0.04 ^c	1.73±0.01 ^a	1.52±0.03 ^d
酪氨酸 Tyr	0.76±0.02 ^b	0.60±0.06 ^d	0.74±0.01 ^b	0.68±0.02 ^c	0.81±0.01 ^a	0.73±0.03 ^b
苯丙氨酸 Phe	0.50±0.03	0.48±0.05	0.51±0.04	0.49±0.05	0.52±0.06	0.54±0.16
赖氨酸 Lys	1.33±0.01 ^b	1.23±0.01 ^d	1.34±0.01 ^b	1.27±0.02 ^c	1.42±0.01 ^a	1.24±0.01 ^d
组氨酸 His	0.28±0.01 ^b	0.25±0.01 ^{bc}	0.29±0.01 ^{ab}	0.26±0.01 ^{bc}	0.31±0.01 ^a	0.23±0.03 ^d
精氨酸 Arg	1.74±0.01 ^a	1.52±0.02 ^b	1.76±0.01 ^a	1.32±0.03 ^c	1.73±0.01 ^a	1.51±0.01 ^b

3 讨论

3.1 盐度对肌肉营养成分的影响

盐度作为重要的环境因子,对水产动物的营养生理及其肌肉中常规营养成分的影响,一直是水生生物学和营养学领域的研究热点^[14-18]。陈琴等^[17]研究表明,随着盐度的升高,南美白对虾肌肉中的水分和粗脂肪含量呈现下降趋势,而粗蛋白含量则呈现上升趋势。本研究结果发现,在盐度2%~20%的范围内,随着盐度的升高,南美白对虾肌肉中水分含量下降,蛋白质含量上升,各盐度梯度组的粗脂肪含量无明显差异,但其含量随盐度升高呈现下降的态势,通过建立数学模型拟合,水分、蛋白质和粗脂肪含量的变化方程拟合度均大于0.85,这与黄凯等^[5]研究结果一致,揭示了南美白对虾在适应不同盐度环境时的生理机制,在咸水环境下,虾体通过减少水分含量来维持体内的渗透压平衡;而在低盐环境下,虾体则通过增加水分吸收来达到渗透压平衡。然而,关于粗脂肪含量的变化,本研究未发现显著的规律性,这可能与南美白对虾肌肉中原本较低的粗脂肪含量有关。

3.2 盐度对肌肉氨基酸含量与组成的影响

肌肉中必需氨基酸、非必需氨基酸和呈味氨基酸的含量与组成,构成评估对虾肌肉营养价值的核心指标,氨基酸的多样性及其含量直接反映了其营养价值的优越性^[18-19]。本研究发现,在盐度2%~36%的范围内,除了苯丙氨酸的含量在组间差异未达统计学显著水平($P>0.05$)外,其余氨基酸成分的含量均显示出显著的组间差异。在盐度20%的条件下,苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、亮氨酸、络氨酸、赖氨酸等多种氨基酸以及氨基酸总量、必需氨基酸、非必需氨基酸和呈味氨基酸的含量均显著高于其它盐度条件,这一发现与文国樑等^[20]研究结果相吻合,进一步证实了咸水环境下南美白对虾通过累积游离鲜味氨基酸来有效调节渗透压的生物适应性。李晓等^[21]研究发现,氨基酸含量随着盐度上升呈增加趋势,本研究结果发现氨基酸含量随着盐度上升呈现上下波动的态势,这可能是南美白对虾营养成分还可能受到遗传基因、养殖环境等因素的影响^[22-23],这些因素对南美白对虾营养成分的影响还有待进

一步研究。

3.3 南美白对虾最适盐度养殖的探讨

盐度作为影响南美白对虾生长的关键环境因子,对其生长发育、存活率、肌肉游离氨基酸含量及整体营养成分具有显著影响^[24]。本研究探讨了盐度2%~36%范围内,南美白对虾肌肉中营养物质与氨基酸含量的变化。结果表明,盐度20%是南美白对虾肌肉氨基酸组成和含量的重要转折点。黄凯等^[24]研究发现,盐度对南美白对虾体质量增长率、成活率、饲料系数有显著影响($P<0.05$),在盐度为20%时,南美白对虾体内营养物质的积累和生长速度最快,本研究的结果与之类似。然而,当前研究仅聚焦于肌肉中一般营养物质与氨基酸的含量与组成,未涉及脂肪酸、矿物质、核苷酸等其他重要指标,因此数据相对单一,不够全面。未来的研究将优化试验方案,进一步探索其他环境因素对南美白对虾营养成分的影响,以提供更全面的科学指导。

参考文献:

- [1] 艾红,黄巧珠,徐泽智,等.世界对虾生产及其贸易特征分析[J].南方水产,2008,4(6):113-119.
- [2] 迟淑艳,杨奇慧,周歧存,等.南美白对虾幼体和仔虾淀粉酶和脂肪酶活力的研究[J].水产科学,2005,24(4):4-6.
- [3] 农业农村部渔业渔政管理局,全国水产技术推广总站,中国水产学会.2023中国渔业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,2023:25-26.
- [4] 曾凡勇,罗坤,栾生,等.凡纳滨对虾在氯化物型盐碱水养殖环境下不同家系间生长、存活性能分析[J].中国水产科学,2018,25(2):308-315.
- [5] 黄凯,黄玉玲,王武,等.海水和淡水养殖南美白对虾脂质分析与比较[J].广西科学院学报,2003,19(3):134-140.
- [6] 潘英,王如才,罗永巨,等.海水和淡水养殖南美白对虾肌肉营养成分的分析比较[J].青岛海洋大学学报(自然科学版),2001,31(6):828-834.
- [7] 朱春华.盐度对南美白对虾生长性能的影响[J].水产科技情报,2002,29(4):166-168.
- [8] 黄凯,蒋焕超,吴宏玉,等.盐度对凡纳滨对虾肌肉中游离氨基酸含量的影响[J].海洋渔业,2010,32(4):422-426.
- [9] 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.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准食品中水分的测定:GB 5009.3—2016[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准食品中蛋白质的测定:

- GB 5009.5—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品中氨基酸的测定: GB 5009.124—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [14] 李小勤,李星星,冷向军,等. 盐度对草鱼生长和肌肉品质的影响[J]. 水产学报,2007(3):343—348.
- [15] 王艳,胡先成,罗颖. 盐度对鲈鱼稚鱼的生长及脂肪酸组成的影响[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2007(2):62—66.
- [16] 梁萌青,王士稳,王家林,等. 不同盐度对凡纳滨对虾血淋巴及肌肉游离氨基酸组成的影响[J]. 渔业科学进展,2009,30(2):34—39.
- [17] 陈琴,陈晓汉,谢达祥,等. 不同盐度养殖的南美白对虾含肉率及其肌肉营养成分[J]. 海洋科学,2001(8):16—18.
- [18] 施永海,张根玉,刘永士,等. 盐度对哈氏仿对虾肌肉一般营养成分和氨基酸组成及含量的影响[J]. 动物学杂志,2013,48(3):399—406.
- [19] 许星鸿,刘翔,阎斌伦,等. 日本对虾肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 食品科学,2011,32(13):297—301.
- [20] 文国樑,李卓佳,林黑着,等. 规格与盐度对凡纳滨对虾肌肉营养成分的影响[J]. 南方水产,2007(3):31—34.
- [21] 李晓,王晓璐,王颖,等. 盐度对养殖凡纳滨对虾肌肉营养成分的影响[J]. 中国农业科技导报,2020,22(1):130—137.
- [22] 叶乐,林黑着,李卓佳,等. 投喂频率对凡纳滨对虾生长和水质的影响[J]. 南方水产,2005(4):55—59.
- [23] 李卓佳,林黑着,郭志勋,等. 中草药对斑节对虾生长、饲料利用和肌肉营养成分的影响[J]. 南方水产,2007(2):20—24.
- [24] 黄凯,王武,卢洁,等. 盐度对南美白对虾的生长及生化成分的影响[J]. 海洋科学,2004(9):20—25.

Effects of different salinities on nutritional composition in muscle of *Litopenaeus vannamei* in Tianjin

LI Yan¹, LUO Xin², WU Ning², ZHANG Danna¹

(1. Tianjin Agricultural Ecological Environment Monitoring and Agricultural Products Quality Inspection Center, Tianjin 300221, China; 2. Tianjin Fishery Research Institute, Tianjin 300221, China)

Abstract: To help establish a scientific grading system for nutritional quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), the conventional nutritional components, amino acid content and composition in the muscle of Pacific white shrimp were measured and analyzed under different salinity (2‰~36‰) aquaculture conditions. The results showed that with the increase of salinity, the water content in the muscles of Pacific white shrimp showed a significant downtrend, while the crude protein content showed a significant uptrend. There was no statistically significant difference in the changes of crude fat content among the salinity groups. The moisture content of the 2‰ salinity group was significantly higher than that of the 4‰ to 36‰ salinity group, while the crude protein content of the 20‰ salinity group was significantly higher than that of the 2‰, 4‰, 6‰, 12‰, and 36‰ salinity groups. 16 amino acids were detected in the muscles of Pacific white shrimp, among which the total amino acid content, essential amino acid content, non-essential amino acid content, and flavor amino acid content of the 20‰ salinity group were significantly higher than those of other salinity groups. Under a salinity of 20‰, the levels of threonine, serine, glutamic acid, glycine, leucine, tyrosine, and lysine were significantly higher than those in other salinity groups ($P < 0.05$), while there was no significant difference in phenylalanine content among the salinity groups ($P > 0.05$). In summary, in a farming environment with a salinity of 20‰, the muscle nutritional value and flavor of Pacific white shrimp show significant advantages.

Key words: *Litopenaeus vannamei*; salinity; nutritional composition; Tianjin

(收稿日期:2024-09-12)