

虾体内氨基酸含量变化及其影响因素的研究进展*

ADVANCE IN THE RESEARCH ON THE INFLUENCE OF AMINO ACID CONTENT VARIATIONS IN THE BODY OF SHRIMPS

姚翠鸾 王维娜 王安利

(河北大学生命科学学院 保定 071002)

近年实验研究结果表明,随着虾幼体的长大,其体内蛋白质中各种氨基酸及游离氨基酸的比例也相应变化。另一方面,许多环境因子也对虾体内氨基酸的种类和组成有重要影响。因此,分析探讨虾类不同发育阶段体内氨基酸的组成及环境中某些因素对虾体内氨基酸含量的影响,可以更好地了解虾类生长的促进和限制因子,从而在提高其生长发育速度、免疫力和营养价值等方面发挥积极作用。

1 虾的不同发育阶段不同组织内氨基酸含量

虾类在不同发育阶段其体内氨基酸的组成不同。1990年,Marangos等研究表明日本对虾(*Penaeus japonicus*)从卵到仔虾发育过程中,游离氨基酸含量从83增加到687nmol/g干重,其中在蚤状幼体和糠虾幼体期增长最为显著。在糠虾幼体后,非必需氨基酸主要是甘氨酸持续增加,而从糠虾幼体期到仔虾(第1天)的变态期内,必需游离氨基酸含量减少约40%,在虾幼体的发育期中游离氨基酸含量的变化显示出与消化酶相同的变化趋势。而对中国对虾(*P. chinensis*)不同发育阶段氨基酸组成的研究表明,必需氨基酸含量随幼体发育变态逐渐上升,其必需氨基酸、非必需氨基酸、游离必需氨基酸及游离非必需氨基酸平均含量分别为:无节幼体

2.35%, 3.37%, 0.276%, 0.485%; 蚤状幼体3.61%, 5.59%, 0.375%, 0.661%; 糠虾幼体4.83%, 6.63%, 0.562%, 0.925%; 仔虾5.71%, 8.51%, 0.647%, 1.220%^[1]。Sarac等1994年研究了斑节对虾(*P. monodon*)蜕皮和全虾体重与其化学组成的关系,发现谷氨酸、精氨酸是全虾和蜕皮中的主要氨基酸,其次是亮氨酸和甘氨酸。梁亚全等1995年对斑节对虾的氨基酸分析结果显示,虾体肌肉中有各种游离氨基酸存在,但数量很少,而且比例与肌肉中结合氨基酸不一致;不同大小的斑节对虾肌肉中氨基酸组成基本相同,但小虾半胱氨酸、蛋氨酸含量比中虾成虾的低,成虾缬氨酸、异亮氨酸含量比小虾中虾的低,而酪氨酸、苯丙氨酸、天冬氨酸含量较高;随虾体长大,甘氨酸、丙氨酸含量下降,而脯氨酸增加;雄虾和雌虾的氨基酸组成基本一致,只是雄虾的甘氨酸含量偏低而精氨酸含量偏高。Dy-Penafloida等1990年研究了摘除眼柄的斑节对虾在生殖期的5个阶段(从卵巢未成熟到完全成熟)中肌肉、卵巢和胰腺组织中的氨基酸组成,结果表明,在氨基酸总量上没有显著差异,只是这3种组织中谷氨酸含量明显不同,肌肉中的苯丙氨酸,卵巢中的组

* 河北省自然科学基金资助项目 394044 号。

收稿日期:1999-11-16;修回日期:1999-12-29

氨酸、赖氨酸及肝胰腺中的精氨酸和亮氨酸在生殖期的不同阶段也不同,肌肉中精氨酸和谷氨酸比卵巢和肝胰腺中稍高,但苏氨酸和缬氨酸含量较低,卵巢甘氨酸含量最低。成熟阶段的氨基酸水平相似。

Marangos 等 1989 年报道,南方白对虾 (*P. schmitti*) 成熟期间的卵巢、肝胰腺和血淋巴中游离氨基酸变化较明显,性腺体细胞指数 (Gonadosomatic index, GSI) 在 0.8 ~ 7.1 之间游离氨基酸总含量从 56.2 降至 23.6 nmol/g 鲜重。当 GSI 达 4 时,肝胰腺中游离氨基酸含量增加了 33.4%; 当 GSI 在 3 ~ 4 之间时,血淋巴中游离氨基酸变化最大: 从 0.32 增至 1.76 nmol/ml, 可达最大值 3.74 nmol/ml; 卵巢中的游离氨基酸在成熟期末是开始时的 3.2 倍。在成熟过程中所有游离氨基酸都发生数量上的变化, 其中主要是赖氨酸、精氨酸和甘氨酸。Tidwell 等^[5] 研究了罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 卵、肌肉和肝胰腺的氨基酸组成, 发现食物中的精氨酸、组氨酸、蛋氨酸, 特别是赖氨酸可能满足不了这种虾的需要。王汝娟等^[2] 比较了克氏螯虾 (*Cambarus clarkii*) 与中国对虾的氨基酸含量, 发现螯虾的某些部位中游离氨基酸和微量元素含量高于中国对虾。姚野梅 1995 年研究发现每 100 g 螯虾肌肉的游离氨基酸含量为 2 023 mg, 每 100 g 头胸部游离氨基酸总量为 1 396 mg, 与仿对虾 (*Parapenaeopsis*) 相似。

2 外界因素对虾体内氨基酸含量变化的影响

2.1 某些金属离子和维生素对虾体内氨基酸组成的影响

一些金属离子对虾体内氨基酸含量具有重要作用。王安利等^[3] 研究了铜离子对中国对虾体内氨基酸含量的影响, 结果表明, 铜离子能使对虾肌肉组织中必需氨基酸、非必需氨基酸、鲜味氨基酸及氨基酸总含量升高。当海水中外加铜离子浓度为 2 μg/L 时必需氨基酸、非必需氨基酸、鲜味氨基酸及氨基酸总量均略上升。牛磺酸和鸟氨酸则比对照组提高 16% 和 41%。缬氨酸、组氨酸、丝氨酸含量比对照组提高 10.4%、13.9% 和 28.6%。但当外加铜离子浓度大于 2 μg/L 时随着铜离子浓度的增加, 鲜味氨基酸含量和牛磺酸含量降低, 酪氨酸保持在高于对照组 5% ~ 10% 的范围。脯氨酸随着铜离子浓度增加 (2 ~ 200 μg/L) 升高后又降低但高于对照组, 并比其他氨基酸受铜离子浓度影响明显且提高幅度大。用添加

维生素 B₆ 的饵料喂养日本对虾后发现, 其体内天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、缬氨酸、酪氨酸含量比对照组降低, 表明在缺少维生素 B₆ 时, 这些氨基酸合成其他物质的作用被降低^[6]。

2.2 不同盐度对虾体内氨基酸组成的影响

许多虾类是海生的品种, 水的盐度对其体内的氨基酸组成与代谢等有很大影响。1993 年 Marangos 等报道日本对虾的仔虾在海水盐度变化时其体内含水量没有受到很大影响, 但游离氨基酸有很大变化。推测当盐度在 44 ~ 26 之间时, 游离氨基酸在虾体内渗透调节中起重要作用; 盐度为 26 时, 游离氨基酸含量仅为 183.7 nmol/g 鲜重, 变化较大的氧基酸主要是甘氨酸、丙氨酸、谷氨酰胺和天冬酰胺。

Marangos 等在同年研究了盐度对日本对虾肌肉和肝胰腺中游离氨基酸浓度的影响, 发现在所有的测试盐度 (38, 32, 26, 20, 14) 下, 肌肉中游离氨基酸总含量均大于肝胰腺。当盐度从 38 减至 20 时, 肌肉中总游离氨基酸减少了 16%, 主要是非必需氨基酸的变化; 而肝胰腺的游离氨基酸增加了 36%, 并与必需氨基酸变化有关。但盐度低于 20 时, 体内含水量明显增加, 肌肉与肝胰腺游离氨基酸下降。在盐度 14 比 38 时约低 40%, 提高肌肉中的游离氨基酸库存量 (主要是非必需氨基酸) 与渗透调节直接相关; 而在肝胰腺中, 它的变化主要是与能量利用和蛋白质合成相关。Fang 等 1992 年研究发现在盐度为 30 的水中喂养的斑节对虾其血淋巴中游离氨基酸的组成与肌肉中的相似, 并且适应不同盐度的对虾肌肉中的游离氨基酸彼此相似, 其中适应盐度为 15 的虾血淋巴中的必需氨基酸含量较高, 可能这些游离氨基酸在盐度为 15 时更易被吸收。Bishop 等在 1993 年研究了褐对虾的仔虾在高渗透压中氨基酸的合成情况, 发现甘氨酸、脯氨酸和牛磺酸是最重要的氨基酸渗透压剂, 牛磺酸主要在低盐度下存在, 而脯氨酸则主要在高盐度下存在于氨基酸库中; 谷氨酸和丙氨酸虽然不是库中主要的氨基酸, 但是在稳定的高渗透压下由葡萄糖和谷氨酸合成; 脯氨酸的合成是在高盐下进行的, 并且由高渗透压诱导非常重要; 在任何实验条件下均未发现甘氨酸是由葡萄糖和谷氨酸合成的。Diwan 等在 1992 年的一项盐的压力对印度对虾 (*P. indicus*) 的游离氨基酸含量影响的研究表明, 当将虾转移至高盐介质中 (盐度约为 40) 以后其血淋巴、肌肉、肝胰腺中的游离氨基酸含量显著增加; 当

已适应高盐度的虾转移到低盐度介质后, 以上参数都相反。

2.3 氨对虾体内氨基酸组成的影响

环境中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 对虾的代谢影响很大, 1994 年 Chen 等报道当日本对虾被暴露在盐度为 30 及氨氮为 0.367 mmol/L 或浓度更高的环境时, 氨氮排放就会被抑制。当环境中氨氮达 1.439 mmol/L 时, 引起血淋巴中氨和尿素的积累, 并催化血淋巴中的血蓝蛋白和蛋白质分解形成游离氨基酸。尿素、牛磺酸、谷氨酰胺为血淋巴中的主要有机成分。当斑节对虾处于 $1 \sim 20 \text{ mg/L}$ 的氨氮中 24 h, 随环境中氨氮的增加, 血蓝蛋白和蛋白质水平下降, 而血淋巴中总游离氨基酸和牛磺酸增加。之后, 暴露在氨氮中的虾改变了它的排泄方式, 血淋巴中积累氨并加速血蓝蛋白和蛋白质参与调节渗透压的平衡。磷酸氨对印度对虾毒性很大, 在急性暴露期间 (2d) 游离氨基酸增加, 慢性暴露可能由于虾体补偿机制的运作而减弱了磷酸氨毒性的影响^[7]。

2.4 饥饿对虾体内氨基酸分布的影响

饥饿会导致虾体内供能不足及蛋白质和氨基酸变化, 从而影响其正常生长和发育。Reddy 等^[8]研究了饥饿对斑节对虾血淋巴中氨基酸组成的影响, 发现饥饿 5 d 的虾血淋巴游离氨基酸浓度明显下降, 降低最多的是谷氨酸、脯氨酸、蛋氨酸、丝氨酸、天冬氨酸、异亮氨酸、丙氨酸、甘氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、色氨酸、赖氨酸, 同时, 精氨酸、半胱氨酸、组氨酸也有少量减少。对于每种被测的氨基酸的总浓度 (结合态和游离态) 则未因饥饿而受到明显影响, 说明在短期饥饿期间血淋巴中的氨基酸迅速转移可能主要是满足新陈代谢的需要或在导致渗透压的内平衡和能量释放方面发挥生理和生化作用。而马氏沼虾 (*Macrobrachium malcolmsonii*) 幼虾饥饿会导致肌肉、消化腺和整个身体中游离氨基酸减少, 与肌肉相比消化腺中减少更多^[9]。Smith 等在 1991 年研究了食用对虾 (*Penaeus esculentus*) 脯氨酸的分布与代谢, 发现饥饿 10 d 的虾比喂饱的虾体内 48 h 后分解的脯氨酸多 2 倍。在喂饱的虾体内吸收的脯氨酸绝大部分以游离氨基酸形式存在 (约 95%), 饥饿的虾体内游离的脯氨酸约 58%, 谷氨酸约 24%, 其他化合物与喂饱的虾相比均较高。实验显示, 脯氨酸在斑节对虾体内不很稳定, 它的合成速度很慢, 在虾饥饿

状态下会慢慢氧化放出能量, 但没有显示出它是一种重要的能源物质。

3 一些环境因子对虾类提取物的影响

3.1 温度对虾体内氨基酸提取物的影响

中国对虾的提取物在加热过程中成分化对于其风味影响很大, 某些成分如甘氨酸、精氨酸、丙氨酸、谷氨酸和甜菜碱等含量发生显著变化, F-C 原提取液有明显腥味和生虾味。95℃加热 1 h, 有淡甜味和浓熟虾香味, 丙氨酸含量在 75℃降低, 85℃增加。而甘氨酸、精氨酸从 65℃开始升高, 75℃最高, 当加热到 85~100℃时, 它们可能参与了挥发性的特征风味物质的形成^[4]。

3.2 不同季节对虾类氨基酸提取物的影响

虾类的可口程度取决于其肌肉中风味氨基酸的含量。Lee 等在 1989 年研究发现斑节对虾的提取物随季节的不同而发生变化, 其肌肉组织中主要的游离氨基酸包括牛磺酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸和精氨酸, 甘氨酸含量最高, 其次为精氨酸。甘氨酸含量冬天高夏天低, 精氨酸则相反; 其他游离氨基酸没有显示出随季节不同的明显变化。游离氨基酸含量在 11 月最低, 但 1 月最高。甘氨酸和甜菜碱含量的变化与精氨酸类似, 从 4 月份开始增加, 8 月份最高, 8 月份后逐渐下降, 1 月份降至最低。甘氨酸、脯氨酸、丙氨酸和丝氨酸的含量冬天高而夏秋最低。因此, 斑节对虾在冬天比夏天更可口。

3.3 不同的储藏及加工方法对虾体内氨基酸含量的影响

1988 年 Tsai 等研究了斑节对虾在冷储期间的氨基酸变化, 发现在 4~8℃储存期间其游离氨基酸在第 5 天增至最高, 而且肉比头中含有更多的甘氨酸, 因此肉吃起来较甜。不同的加工方法对斑节对虾头胸部的氨基酸含量也有影响。Fox 发现虾头胸部经晒干烤干漂白或先将其分解后再经晒干烤干或漂白处理, 这些方法都使之缺少精氨酸、蛋氨酸和半胱氨酸, 但经过分离的虾头胸部中含有更多的必需氨基酸。沃氏沼虾 (*Macrobrachium vollehovienii*) 的头胸部在 30℃以木薯作碳源用乳酸杆菌发酵 7 d 后作为鱼饵料, 其表观消化率、总能和必需氨基酸含量 (大于 70%) 很高^[10]。

目前, 对虾的生理生化研究主要集中在组织中的

氨基酸含量及体内的消化酶活性方面,但对影响其氨基酸组成和变化的一些重要因子的研究工作还很少;而且,其体内某些组织中生物学活性很强、在代谢调控方面有特殊意义的酶和小肽等方面的研究工作则更有待开展。👉

参考文献

- 1 马英杰、张志峰、马爱军。水产学报,1996,20(4):370~374
- 2 王汝娟、黄定墨、朱武成。中国海洋药物,1996,15(3):20~22
- 3 王安利、王维娜、王建平等。中国动物科学研究。北京:中国林业出版社,1999。747~751
- 4 孔繁明。水产学报。1997,21(2):180~184

- 5 Tide well J. H, Webster C.D. *et al.* . *Aquaculture Research* , 1998 ,29(1) :37 ~ 48
- 6 Giri J. N. A., Teshima S. *et al.* . *Aquaculture* ,1997 , 157 (3/4) :263 ~ 275
- 7 Reddy M.S., Kodavanti P.R.S., Rao K.V.R.. *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie* , 1998 ,6 : 347 ~ 352
- 8 Reddy M.S.,Sailaja M. . *Proceeding of the Indian National Science Academy Part B Biological Science* , 1996 ,62(4) : 239 ~ 246
- 9 Soundarapandian P., Kannapandi J., Samuel H.J. . *Indian Journal of Experimental Biology* ,1997 ,35(5) :502 ~ 505
- 10 Fagbenro O. A.,Bellor Ousoji O.A. . *Food Chemistry* , 1997 ,60(4) :489 ~ 493 (本文编辑:刘珊珊)