

# 带鱼(*Trichiurus lepturus*)下脚料蛋白水解物的成分分析及抗高血脂功效的研究\*

谢超 邓尚贵 夏松养 霍健聪

(浙江海洋学院食品与药学院 舟山 316000)

**提要** 采用化学分析、氨基酸组成分析及动物体内实验等方法,研究了带鱼下脚料蛋白水解物的一般成分、氨基酸组成和抗高血脂作用,以期带鱼及其下脚料蛋白水解物的高效利用提供资料。结果表明,带鱼下脚料蛋白水解物含蛋白质 17.16%、脂肪 9.08%、水分 71.61%、灰分 1.12%。在必需氨基酸中,异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸和胱氨酸、苏氨酸、色氨酸及缬氨酸达到 FAO/WHO(1973)提出的理想氨基酸模式中相应氨基酸的 88%—100%。动物体内实验结果表明,该蛋白水解物能显著抑制由高脂类饲料喂养导致的高血脂大鼠的 TC、TG、HDL 升高。带鱼下脚料蛋白水解物具有抑制高血脂动物血脂的升高,其抗高血脂作用可能源于它本身的功能因子,包括牛磺酸、DHA、EPA、Ca、P 和 Fe 等。

**关键词** 带鱼下脚料, 蛋白水解物, 氨基酸组成, 抗高血脂

**中图分类号** Q53

带鱼(*Trichiurus lepturus*)加工过程中会产生许多下脚料,其重量约占原料鱼的 40%—50%。带鱼下脚料中含有丰富的营养成分,有些组分甚至还有一定的功能特性,因而是一类重要的生物资源。长期以来,为了更有效地利用下脚料资源,人们进行了广泛而深入的研究。如陈彦等(2006)对鱼加工下脚料等进行了水解研究,获得了复合水解工艺;王长云等(1996)通过枯草杆菌中性蛋白酶制备了低值鱼蛋白水解物,获得了含蛋白质 88.26%水解物制品;朱碧英等(2001a, b, c)用胃蛋白酶和胰蛋白酶水解低值鱼并制备了可溶性肽类,经分析产品由 1.74%的 52—58 个氨基酸残基的长链肽、29.75%的 20—41 个氨基酸残基的中长肽和 50%的 2—10 个氨基酸残基的寡肽组成。

以上这些研究成果,为带鱼下脚料蛋白的开发与利用提供了大量的技术方法。本文中采用双酶法制备带鱼下脚料蛋白水解物,重点对水解物的营养成分及其对高血脂大鼠的降血脂功效进行了研究,以期带鱼下脚料的高度利用奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

带鱼(*Trichiurus lepturus*)下脚料购于 2005 年 5 月;商品中性蛋白酶(100000 IU/g)和风味蛋白酶(1000 IU/g)由广西南宁庞博生物有限公司提供;甘油三酯、胆固醇和高密度脂蛋白试剂盒由宁波生物试剂公司提供;基础饲料由浙江医学院动物中心提供;高脂类饲料(HLFS)由 0.5%胆盐、2%胆固醇、7%猪油和 90.5%基础饲料组成。

### 1.2 蛋白水解物的制备

带鱼下脚料洗净后用 PVC 袋包装,于 -18℃ 冷藏备用。实验时,加 1 倍体积的蒸馏水混合,用组织破碎机破碎 60s,再用 1mol/L NaOH 调 pH 至 7.0,待混合液升温至 50℃ 后,放入 50℃ 恒温反应器内。加入 0.1%中性蛋白酶和 0.1%风味蛋白酶,恒温酶解至体系氨基态氮含量达 0.7g/L,升温至 90℃ 并保持 20min 以终止酶解(Adler-Nissen, 1986)。冷却后,过滤

\* 浙江省重大科技专项资助,2007C12013 号。谢超,硕士,讲师, E-mail: xc781113@sina.com

通讯作者: 邓尚贵,教授, E-mail: dengshanggui@163.com

收稿日期: 2008-06-17, 收修改稿日期: 2008-08-12

(120目)去鱼骨等。再经4500r/min离心20min,得到水解液。将水解液真空浓缩至氨基态氮含量1.5g/L得到蛋白水解物,供化学分析和动物试验。

### 1.3 一般化学成分和氨基酸分析

粗蛋白和脂肪分别采用凯氏定氮法和索氏抽提法;水分采用恒温干燥法,灰分采用马弗炉灼烧法,即将样品在550℃下加热8—12h的AOAC(1990)方法。氨基酸组成分析采用Deng等(2004)报道的方法。牛磺酸测定采用中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局(2004)编著的《食品卫生检验方法理化部分(二)》GB/T5009.169-2003的方法。氨基氮采用Deng等(2004)报道的方法。

### 1.4 无机质分析

取水解物(约1.5g)加高氯酸和硝酸的混合液(1:4)20ml后过夜。接着,将混合液煮干后冷却至室温,再加100ml1%的硝酸混合均匀后备用。铁的测定采用原子吸收法,其它无机质成分采用等离子法测定。

### 1.5 水解物的抗血脂作用

**1.5.1 实验鼠与模型** 清洁级雄性大鼠若干只,体重(210±10)g,由广东医学院动物中心提供。将大鼠随机分成两组。第一组(A组,12只大鼠)作为对照组,每天用基础饲料(BFS)进行喂养;第二组(B组,68只大鼠)作为模型组,每天用高脂类饲料(HLFS)进行喂养。B组喂养20天后,剔除TC或TG值不正常的大鼠,再按照TC水平随机分成四组,即B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>和B<sub>4</sub>组,每组15只大鼠。A组和B<sub>1</sub>组用蒸馏水(10ml/kg体重)灌胃100天。B<sub>2</sub>组为低剂量组,每天灌胃蛋白水解物(1.25ml/kg体重)和蒸馏水(8.75ml/kg体重)的混合液喂养100天。B<sub>3</sub>组为中剂量组,每天灌胃蛋白水解物(2.50ml/kg体重)和蒸馏水(7.50ml/kg体重)的混合液喂养100天。B<sub>4</sub>组为高剂量组,每天灌胃蛋白水解物(5.00ml/kg体重)和蒸馏水(5.00ml/kg体重)的混合液喂养100天。所有大鼠在第40、70和100天称体重。第101天剪尾采血。

**1.5.2 血液生化指标分析** 血液生化指标包括甘油三酯(TG, mmol/L)、血清总胆固醇(TC, mmol/L)和高密度脂蛋白(HDL, mmol/L)的分析采用麦博300生化分析仪测定。

**1.5.3 统计分析** 采用*t*检验判定显著性。

## 2 结果与讨论

### 2.1 带鱼下脚料及其蛋白水解物的一般化学成分

由表1可知,带鱼下脚料蛋白质含量非常丰富,

达到15.36%。由于鱼体脂肪含量高,尤其是多不饱和脂肪酸含量高,在加工中很容易分解和氧化,因此,要求加工及时而快速。与原料鱼相比,带鱼下脚料水解物的粗蛋白含量明显提高了11.7%,这主要是因为酶的添加引起的作用;而带鱼下脚料水解物的灰分减少了24.8%,这主要是因为鱼骨的除去所致。带鱼下脚料水解物的高蛋白特性以及原料蛋白质经中性蛋白酶和风味蛋白酶水解能产生丰富的氨基酸和多肽的特性决定了带鱼下脚料蛋白水解物具有广泛的应用与开发前景。

表1 带鱼下脚料及其蛋白水解物的营养成分(%)  
Tab.1 The proximate composition of hairtail waste and protein hydrolysate (%)

材料	水分	灰分	粗蛋白	粗脂肪
带鱼下脚料	72.49	1.49	15.36	10.35
带鱼下脚料蛋白水解物	71.61	1.12	17.16	9.08

注:碳水化合物未测定

### 2.2 带鱼下脚料蛋白水解物的氨基酸组成和矿物质含量

表2是带鱼下脚料蛋白水解物的氨基酸组成。由表2可以看出带鱼下脚料蛋白水解物有以下几个特点:

(1) 鲜味氨基酸(天冬氨酸和谷氨酸)、甘味氨基酸(甘氨酸和丙氨酸)占总氨基酸量的比率分别为21.8%和18.0%,这是水解物味鲜甘甜的主要物质基础。

(2) 带鱼下脚料蛋白水解物含有丰富的赖氨酸(1.105g/100ml),可弥补植物性食品蛋白赖氨酸(第一限制氨基酸)不足的缺陷。

(3) 带鱼下脚料蛋白水解物含有丰富的必需氨基酸,占总氨基酸含量的43.6%。

(4) 带鱼下脚料蛋白水解物含有丰富的牛磺酸(174mg/100ml),可以发挥抗血脂和净化血液的作用。

(5) 带鱼下脚料蛋白水解物总氨基酸含量高达11.02g/100ml。

由表3可见,带鱼下脚料蛋白水解物中的异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸和胱氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸含量与FAO/WHO(1973)推荐的氨基酸模式十分接近。第一限制氨基酸为苯丙氨酸。带鱼下脚料蛋白水解物含有较多的疏水氨基酸(包括异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸),这对其物理性质和功能特性有重要意义。与原料蛋白质相比,经酶解后的带鱼下脚料蛋白水解物不仅可为人体提供更多的氨基酸和肽,同时,其异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸和胱氨

表 2 带鱼下脚料蛋白水解物的氨基酸组成  
Tab.2 Amino acid composition of the protein hydrolysates

氨基酸	g/100ml 蛋白水解物	mg/g 蛋白质	氨基酸	g/100ml 蛋白水解物	mg/g 蛋白质
胱氨酸 Cystine	0.215	19.0	酪氨酸 Tyrosine	0.067	5.9
赖氨酸 Lysine	1.105	98.1	蛋氨酸 Methionine	0.386	34.1
精氨酸 Arginine	0.342	30.3	缬氨酸 Valine	0.683	60.4
天门冬氨酸 Asparagine acid	0.546	48.4	苯丙氨酸 Phenylalanine	0.390	34.4
谷氨酸 Glutamic acid	1.909	169.4	亮氨酸 Leucine	0.698	61.7
丝氨酸 Serine	0.267	23.7	异亮氨酸 Isoleucine	0.483	42.8
甘氨酸 Glycine	0.674	59.7	组氨酸 Histidine	0.599	53.0
苏氨酸 Threonine	0.470	41.8	色氨酸 Tryptophan	0.680	60.3
丙氨酸 Alanine	1.359	120.4	脯氨酸 Proline	0.329	29.2
牛磺酸 Taurine	0.174	0			

酸、苏氨酸、色氨酸及缬氨酸等必需氨基酸含量也达到了 FAO/WHO(1973)提出的理想的氨基酸模式 88%—100%。这些都表明, 带鱼下脚料蛋白水解物具有较高的营养价值和利用价值。

表 3 带鱼下脚料蛋白质水解物必需氨基酸组成与 FAO/WHO 模式的比较

Tab.3 Essential amino acids composition of protein hydrolysate compared with the FAO/WHO pattern

氨基酸	蛋白质水解物 (mg/g 粗蛋白质)	FAO/WHO 模式	百分比 (%)
异亮氨酸	42.8	40	>100
亮氨酸	61.7	70	88
赖氨酸	98.1	55	>100
蛋氨酸+胱氨酸	53.2	35	>100
苯丙氨酸+酪氨酸	40.4	60	67
苏氨酸	41.7	40	>100
色氨酸	60.3	10	>100
缬氨酸	60.4	50	>100
总计	457.6		

带鱼下脚料蛋白水解物可溶性钙含量高达 19.7mg/100g, 这种钙容易被人体吸收。铁含量为

2.13mg/100g, 比黑酱油(0.3mg/100g)高 7 倍(章超桦等, 2000)。磷元素含量为 11.8mg/100g。

### 2.3 带鱼下脚料蛋白水解物抗高血脂的活性作用

**2.3.1 带鱼下脚料蛋白水解物对高血脂大鼠体重的影响** 带鱼下脚料蛋白水解物对高血脂大鼠体重的影响见表 4。由表 4 可以看出, 给药前, B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 及 B<sub>4</sub> 组大鼠体重与 B<sub>1</sub> 组比较, 有显著性差异( $P<0.05$ )。导致此结果的主要原因是高脂类饲料喂养 20 天产生高血脂症大鼠后按 TC 水平的重新分组。实验自第 70 天至 100 天, B<sub>4</sub> 组与 B<sub>1</sub> 组相比, 大鼠体重有极显著性差异( $P<0.01$ ); B<sub>3</sub> 组与 B<sub>1</sub> 组, B<sub>2</sub> 组与 B<sub>1</sub> 组却无显著差异。此结果提示带鱼下脚料蛋白水解物(5.00ml/kg 体重)具有显著的抵抗大鼠因高脂类饲料而导致的体重增加的作用。

**2.3.2 带鱼下脚料蛋白水解物对大鼠血清总胆固醇(TC)的影响** 带鱼下脚料蛋白水解物对大鼠血清总胆固醇的影响见表 5。由表 5 可以看出, 给药前和给药 40 天时, B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组与对照组 A 组相比, TC 有极显著差异( $P<0.01$ ), 这主要由于高脂类饲料喂养后按 TC 水平的重新分组。给药 70 天时, 与 B<sub>1</sub>

表 4 带鱼下脚料蛋白水解物对高脂血症大鼠体重的影响  
Tab.4 Effect of the protein hydrolysates on body weight of hyperlipidemia rats

组别	剂量(kg)	大白鼠数量 (只)	体重(g)			
			给药前	第 40 天	第 70 天	第 100 天
A	0	12	400.7±23.2	488.5±38.1	547.3±49.5	547.2±55.2
B <sub>1</sub>	0	15	427.9±39.7	524.9±51.9	600.6±67.7	603.7±69.4
B <sub>2</sub>	1.25	15	398.2±29.3 <sup>a</sup>	495.6±49.9	552.2±61.3	558.5±57.0
B <sub>3</sub>	2.50	15	396.1±37.5 <sup>a</sup>	487.9±48.9	551.9±64.7	558.1±60.9
B <sub>4</sub>	5.00	15	392.0±25.0 <sup>a</sup>	488.9±40.8	511.6±52.0 <sup>b</sup>	542.4±49.5 <sup>b</sup>

注: a.  $P<0.05$  (与 B<sub>1</sub> 组比较); b.  $P<0.01$  (与 B<sub>1</sub> 组比较)

组 TC 相比, B<sub>2</sub> 组 TC 显著降低( $P<0.01$ ), 给药 100 天时, B<sub>2</sub> 组 TC 继续降低但没有显著差异。在给药期内, 随着动物饲养时间的延长, B<sub>3</sub> 组和 B<sub>4</sub> 组 TC 也出现了与 B<sub>2</sub> 组 TC 相似的降低现象, 但与 B<sub>1</sub> 组比较没有显著差异。实验结果提示低剂量的带鱼下脚料蛋白水解物[1.25ml/(kg·d)]对大鼠的 TC 水平具有显著的影响, 中剂量和高剂量的带鱼下脚料蛋白水解物[2.50 和 5.00ml/(kg·d)]对大鼠的 TC 水平具有降低的趋势。

由表 5 可知, 带鱼下脚料蛋白水解物[1.25、2.50 和 5.00ml/(kg·d)]连续灌胃高血脂大鼠 40 天可使 B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 TC 显著降低( $P<0.05$  或  $P<0.01$ )。提示带鱼下脚料蛋白水解物[1.25、2.50 和 5.00ml/(kg·d)]有显著对抗高脂类饲料引起大鼠血清总胆固醇增加的作用。

**2.3.3 带鱼下脚料蛋白水解物对大鼠血清甘油三酯(TG)的影响** 带鱼下脚料蛋白水解物对大鼠血清甘油三酯(TG)的影响见表 6。由表 6 可以看出, 给药前 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 TG 与 A 组比较, 有极显著性差异( $P<0.01$ )。此结果仍缘于高脂类饲料引起高血脂后的按 TC 的重新分组。给药期间, 与 B<sub>1</sub> 组比较, 70 天时 B<sub>2</sub> 组 TG 显著降低( $P<0.05$ ), 100 天时 B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和

B<sub>4</sub> 组 TG 的降低却没有显著差异; 而且 B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组 TG 的降低现象在给药期内都得到了不同程度的体现。提示低剂量的带鱼下脚料蛋白水解物[1.25(kg·d)]对大鼠 TG 有显著影响, 中剂量和高剂量的带鱼下脚料蛋白水解物[2.50 和 5.00(kg·d)]有一定的降低大鼠 TG 水平能力, 但没有明显的剂量效应关系。

如表 6 所示, 带鱼下脚料蛋白水解物[1.25、2.50 和 5.00ml/(kg·d)]连续灌胃高血脂大鼠 40 天可使 B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 TG 水平显著降低( $P<0.05$  和  $P<0.01$ ), 说明带鱼下脚料蛋白水解物[1.25、2.50 和 5.00ml/(kg·d)]具有显著对抗高脂类饲料引起的大鼠血清甘油三酯增加的作用。

**2.3.4 带鱼下脚料蛋白水解物对高血脂大鼠血清 HDL 的影响** 带鱼下脚料蛋白水解物对高血脂大鼠血清 HDL 的影响见表 7。由表 7 可以看出, 给药前, B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 HDL 水平明显高于对照组 A 组( $P<0.05$  和  $P<0.01$ ), 这是高脂类饲料导致大鼠高血脂后按 TC 重新分组所致。带鱼下脚料蛋白水解物连续灌胃 40 天后, 不仅 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 HDL 水平明显高于 A 组( $P<0.05$  和  $P<0.01$ ), 而且也明显高于给药前( $P<0.05$  和  $P<0.01$ )。大鼠 HDL 水平的明显提

表 5 带鱼下脚料蛋白水解物对高血脂症大鼠血清总胆固醇(TC)的影响

Tab.5 Effect of the protein hydrolysates on TC of hyperlipidemia rats

组别	剂量(kg)	大白鼠数量 (只)	血清总胆固醇(mmol/L)			
			给药前	第 40 天	第 70 天	第 100 天
A	0	12	2.04±0.30	2.00±0.33	2.04±0.38	1.96±0.32
B <sub>1</sub>	0	15	4.89±1.66 <sup>ab</sup>	4.78±1.18 <sup>ab</sup>	2.79±0.55 <sup>a</sup>	2.34±0.43
B <sub>2</sub>	1.25	15	4.93±1.53 <sup>ab</sup>	4.09±1.05 <sup>abc</sup>	2.21±0.40 <sup>cdef</sup>	1.98±0.20 <sup>ef</sup>
B <sub>3</sub>	2.50	15	4.94±1.72 <sup>ab</sup>	4.20±1.37 <sup>abef</sup>	2.55±0.64 <sup>ef</sup>	2.31±0.56 <sup>e</sup>
B <sub>4</sub>	5.00	15	4.84±1.69 <sup>ab</sup>	4.29±1.35 <sup>ab</sup>	2.58±0.42 <sup>aef</sup>	2.10±0.31 <sup>ef</sup>

注: a.  $P<0.05$  (与 A 组相比); b.  $P<0.01$  (与 A 组相比); c.  $P<0.05$  (与 B<sub>1</sub> 相比); d.  $P<0.01$  (与 B<sub>1</sub> 相比); e.  $P<0.05$  (与自身给药前相比); f.  $P<0.01$  (与自身给药前相比)

表 6 带鱼下脚料蛋白水解物对大鼠血清中甘油三酯(TG)的影响

Tab.6 Effect of the protein hydrolysates on TG of hyperlipidemia rats

组别	剂量(kg)	大鼠数量 (只)	血清中甘油三酯(mmol/L)			
			给药前	第 40 天	第 70 天	第 100 天
A	0	12	0.89±0.25	0.82±0.12	0.97±0.25	1.04±0.37
B <sub>1</sub>	0	15	1.64±0.44 <sup>ab</sup>	1.04±0.25	1.11±0.35	1.36±0.41
B <sub>2</sub>	1.25	15	1.44±0.45 <sup>ab</sup>	0.86±0.26 <sup>ef</sup>	0.83±0.19 <sup>cef</sup>	1.03±0.24 <sup>ef</sup>
B <sub>3</sub>	2.50	15	1.85±0.54 <sup>ab</sup>	0.95±0.37 <sup>ef</sup>	0.99±0.32 <sup>ef</sup>	1.34±0.62 <sup>e</sup>
B <sub>4</sub>	5.00	15	1.69±0.48 <sup>ab</sup>	1.01±0.22 <sup>e</sup>	0.96±0.21 <sup>ef</sup>	1.17±0.34 <sup>e</sup>

注: a.  $P<0.05$  (与 A 组相比); b.  $P<0.01$  (与 A 组相比); c.  $P<0.05$  (与 B<sub>1</sub> 相比); e.  $P<0.05$  (与自身给药前相比); f.  $P<0.01$  (与自身给药前相比)

表 7 带鱼下脚料蛋白水解物对高血脂大鼠血清 HDL 的影响  
Tab.7 Effect of the protein hydrolysates on HDL of hyperlipidemia rats

组别	剂量(kg)	大鼠数量 (只)	血清(mmol/L)			
			给药前	第 40 天	第 70 天	第 100 天
A	0	12	1.34±0.20	1.41±0.22	1.40±0.16	1.22±0.20
B <sub>1</sub>	0	15	1.69±0.26 <sup>ab</sup>	2.11±0.29 <sup>ab</sup>	1.86±0.31 <sup>ab</sup>	1.42±0.23
B <sub>2</sub>	1.25	15	1.74±0.23 <sup>ab</sup>	2.02±0.27 <sup>abef</sup>	1.68±0.22 <sup>ab</sup>	1.32±0.13 <sup>ef</sup>
B <sub>3</sub>	2.50	15	1.80±0.30 <sup>ab</sup>	2.02±0.29 <sup>abe</sup>	1.79±0.32 <sup>ab</sup>	1.42±0.25 <sup>ef</sup>
B <sub>4</sub>	5.00	15	1.71±0.22 <sup>ab</sup>	2.05±0.28 <sup>abef</sup>	1.76±0.21 <sup>ab</sup>	1.35±0.20 <sup>ef</sup>

注: a.  $P<0.05$  (与 A 组相比); b.  $P<0.01$  (与 A 组相比); e.  $P<0.05$  (与自身给药前相比); f.  $P<0.01$  (与自身给药前相比)

高主要是由于高脂类饲料喂养引起的。连续灌胃 70 天后, 尽管 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 HDL 水平明显高于 A 组( $P<0.05$  和  $P<0.01$ ), 但是, B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 HDL 却接近于给药前的水平。这些结果表明大鼠有对抗高脂类饲料导致的 HDL 提高的能力。连续灌胃 100 天后, B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组与 A 组相比, HDL 水平无明显差异, 这意味着每组 HDL 水平接近正常。然而, 与自身给药前比较, 除 B<sub>1</sub> 组无显著差异( $P>0.05$ ) 外, B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 HDL 水平却有显著差异( $P<0.05$  或  $P<0.01$ )。这些结果说明, 尽管大鼠具有自我调节 HDL 水平的能力, 但却不能恢复到正常的 HDL 水平; 带鱼下脚料蛋白水解物[1.25、2.50 和 5.00ml/(kg·d)] 抑制因高脂类饲料引起的 HDL 的升高, 而且能恢复至正常的 HDL 水平。事实上, 用带鱼下脚料蛋白水解物连续灌胃 100 天后, B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub> 组的 HDL 仍略高于 A 组, 这是由于血清 HDL 是一种动脉硬化保护因子, 具有防止动脉硬化的作用。

#### 2.4 带鱼下脚料蛋白水解物抗高血脂的机理

血清 TC、TG、LDL 和 HDL 与动脉硬化有密切关系, TC、TG、LDL 动脉硬化的危险因素, HDL 是动脉硬化的保护因子。蛋白水解物能显著降低高脂类饲料导致的高血脂大鼠的 TC、TG 水平, 同时, 蛋白水解物不仅能对抗高脂类饲料引起的高血脂大鼠的 HDL 的过度增长, 而且能使高血脂大鼠的 HDL 恢复正常的水平。因此, 带鱼下脚料蛋白水解物具有抗高血脂作用。

带鱼下脚料蛋白水解物的抗高血脂作用可能与其化学组成有关。带鱼下脚料蛋白水解物含有许多功能成分, 如牛磺酸、DHA、EPA、Ca、P 和 Fe 等, 这些功能成分大多数都具有抵抗高脂类饲料导致的高血脂大鼠的 TC、TG 和 HDL 升高的作用。

### 3 结论

一般成分分析表明, 带鱼下脚料蛋白水解物含

蛋白质 17.16%、脂肪 9.08%、水分 71.61%、灰分 1.12%, 是一种蛋白质丰富的产品。这种产品的异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸和胱氨酸、苏氨酸、色氨酸及缬氨酸含量达到 FAO/WHO(1973)提出的理想氨基酸模式的 88%—100%, 同时, 尽管带鱼下脚料蛋白水解物化学分只有 66 分(苯丙氨酸), 但它含有丰富的赖氨酸, 可弥补植物性食品赖氨酸缺乏的缺陷。

用高脂类饲料连续喂养大白鼠 20 天, 可获得高血脂症大白鼠动物模型。带鱼下脚料蛋白水解物具有显著的抗高血脂作用, 它能显著地阻止大鼠血清 TC、TG 和 HDL 水平的升高, 这种抗高血脂作用可能来自于蛋白水解物含有的许多诸如牛磺酸、DHA、EPA、Ca、P 和 Fe 等降血脂的功能因子。

#### 参 考 文 献

- 王长云, 刘 洋, 薛长湖等, 1996. 鳀鱼蛋白酶水解物的提取. 水产学杂志, 9(1): 7—11
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2004. 食品卫生检验方法理化部分(二), 第一版. 北京: 中国标准出版社, 396—402
- 朱碧英, 毋瑾超, 胡锡钢, 2001a. 酶解鳀鱼可溶性肽分子组成结构及营养评价. 中国海洋药物, 4(82): 36
- 朱碧英, 冯旭文, 毋瑾超, 2001b. 鳀鱼可溶性蛋白质及鱼油的开发. 东海海洋, 19(2): 60—62
- 朱碧英, 毋瑾超, 2001c. 不同酶解条件对鳀鱼蛋白水解物苦味及氨基酸组成的影响. 中国水产科学, 8(3): 74—76
- 陈 彦, 王明蓉, 2006. 低值鱼蛋白的酸酶复合水解工艺研究. 食品科学, (8): 201—205
- 章超桦, 邓尚贵, 洪鹏志, 2000. 虾组织快速自溶技术在海鲜调味料生产上的应用研究. 食品与发酵工业, 26(2): 36—39
- Adler-Nissen, 1986. Relation of Structure to Taste of Peptides and Peptides Mixtures. Protein Tailoring For Food And Medical Uses. New York: Marcel Dekker, 97—102
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis (14th ed.). Washington, D C: Association of Official Analytical Chemistry, 391—385

Deng S G, Peng Z Y, Chen F *et al*, 2004. Amino acids composition and anti-anaemia action of hydrolyzed offal protein from *Harengula zunasi* Bleeker. Food Chemistry, 87(1):

97—102  
FAO/WHO, 1973. Energy and Protein Requirements. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 63

## NUTRITIONAL INGREDIENT AND ANTIHYPERLIPIDEMIA ACTION OF PROTEIN HYDROLYSATES FROM HAIRTAIL *TRICHIURUS LEPTURUS* WASTE

XIE Chao, DENG Shang-Gui, XIA Song-Yang, HUO Jian-Cong  
(College of Food and Pharmacology, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316000)

**Abstract** To evaluate the potential industrial application of hairtail-waste-yielded hydrolysate, amino acid composition and *in vivo* anti-hyperlipidemia action of the hydrolysate were investigated. Chemical analysis results show that the protein hydrolysate contained 17.16% protein, 9.08% fat, 71.61% moisture and 1.12% ash. Compared with the amino acid profiles recommended by FAO/WHO, the quality of the protein hydrolysate is high, as it is rich in essential amino acids, including isoleucine, leucine, lysine, methionine and cystine, threonine, tryptophan, and valine, which covered 88%—100% of the FAO/WHO recommended. Animal test results reveal that the protein hydrolysate inhibited the rat hyperlipidemia caused by high lipid feedstuff in rats, including decrease in triglyceride, cholesterol, and dense lipoprotein. The hydrolysate protein of hairtail waste has anti-hyperlipidemia action, which might be due to its functional factors (including taurine, DHA, EPA, calcium, phosphorus and iron).

**Key words** Hairtail waste, Protein hydrolysate, Amino acid composition, Anti-hyperlipid