

蒸制和煮制中华绒螯蟹4个部位中游离氨基酸含量差异性分析

付娜, 王锡昌*, 陶宁萍, 刘源, 汤辰婧, 卢怡
(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: 游离氨基酸是蟹肉滋味中的重要成分之一, 对蒸制和煮制的中华绒螯蟹4个部位(腹肉、钳肉、足肉和蟹膏)的游离氨基酸进行定性、定量分析。结果表明: 蒸制和煮制对中华绒螯蟹肉中的游离氨基酸含量有很大的影响, 蟹腹肉、钳肉、足肉和蟹膏中游离氨基酸总量最高的是钳肉, 最低的是蟹膏; 含量较高的氨基酸类型相同, 为Ala、Gly、Arg和Pro; 氨基酸的味道强度值(TAV)较高的为Ala、Glu、Gly、Met和Arg。对蟹腹肉、钳肉、足肉和蟹膏中游离氨基酸TAV值进行层次聚类分析, 腹肉、钳肉、足肉和蟹膏可以分成3类, 分别为腹肉和足肉、钳肉、蟹膏, 其中腹肉和足肉的游离氨基酸组成最为相似。

关键词: 中华绒螯蟹; 游离氨基酸; 蒸制; 煮制; 味道强度值

Comparative Analysis of Free Amino Acids in Four Parts of Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*) Processed by Steaming and Boiling

FU Na, WANG Xi-chang*, TAO Ning-ping, LIU Yuan, TANG Chen-jing, LU Yi
(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Free amino acids are one of the most important groups of taste-active components in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). In this study, the free amino acids in four parts, i.e. abdominal muscle, crab paste, periopods muscle and crab claw muscle, of male *E. sinensis* processed by either steaming or boiling were analyzed and their impacts on the taste were evaluated by taste active values (TAV). The results showed that both processing methods had great influences on the contents of free amino acids in different parts of *E. sinensis*. The highest and lowest levels of free amino acids were found respectively in crab claw muscle and crab paste. In all four parts of male *E. sinensis*, the contents of alanine, glycine, arginine and proline were higher while the TAV of alanine, glutamic acid, glycine, methionine and arginine were higher. Through hierarchical cluster analysis, four parts could be categorized into three groups: abdominal muscle and periopods muscle, crab paste, and crab claw muscle. The most similar profile of free amino acids was found between the abdominal muscle and periopods muscle.

Key words: *Eriocheir sinensis*; free amino acids; steaming processing; boiling processing; taste-active values (TAV)

中图分类号: S985.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)24-0178-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201324037

中华绒螯蟹又名大闸蟹、河蟹, 在我国分布很广, 其中江苏、上海、安徽、福建、山东、辽宁等都是中华绒螯蟹的主要产地, 目前在亚洲、欧洲及北美洲已经发现中华绒螯蟹的自然种群^[1-3]。

中华绒螯蟹以鲜美细嫩的肉质及鲜甜的口感为人们所喜爱^[4]。在中华绒螯蟹小分子滋味成分中, 最主要的成分有游离氨基酸、核苷酸和矿物质元素等^[5-6], 各种滋味

物质相辅相成, 共同形成了中华绒螯蟹肉的独特风味, 而游离氨基酸则是其中重要滋味成分之一, 它的种类和含量直接影响着人们对蟹美味的感知。在日常生活中, 对中华绒螯蟹最常用的熟制方式有蒸和煮, 通过品尝就可以察觉这两种熟制方式的蟹肉风味不同。

本实验以雄性中华绒螯蟹4个部位中的游离氨基酸为研究对象, 考察不同的熟制方式对其不同部位的游离氨

收稿日期: 2012-11-19

基金项目: 上海市中华绒螯蟹产业技术体系建设项目(D-8003-10-0280)

作者简介: 付娜(1985—), 女, 博士研究生, 研究方向为食品营养与风味。E-mail: fu.na2008@163.com

*通信作者: 王锡昌(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品营养与风味。E-mail: xcwang@shou.edu.cn

基酸的影响, 并通过聚类分析来说明部位间游离氨基酸组成的相似度, 探讨了蒸和煮两种熟制方式对蟹肉内游离氨基酸的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

雄性中华绒螯蟹20只, 于2011年11月11日采自松江地区, 体质量(184.67 ± 6.29)g。河蟹的足、钳用棉线捆扎后熟制, 10只一组分成两组, 分别进行设定的蒸制和煮制实验。

三氯乙酸、氢氧化钠(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司; 17种氨基酸混标 中国计量科学研究院化学计量与分析科学研究所; 实验用水均为重蒸水; 0.45 μ m水相滤膜 上海安谱科学仪器公司。

1.2 仪器与设备

L-8800氨基酸自动分析仪、J-26 XP台式真空冷冻离心机、ZD-2 pH计、SAII-2型实验室乳化机 上海圣科仪器有限公司; SN216电磁炉、SZ26p1蒸锅 上海农工商超市。

1.3 样品前处理

1.3.1 蒸制过程

蒸锅中放入2L蒸馏水后将蒸锅放于电磁炉上加热, 电磁炉设置的条件为160℃、1000W。水煮沸后, 将蟹放入蒸笼中保持20min。蒸制结束后, 将蟹取出, 于25℃室温条件下冷却。

1.3.2 煮制过程

蒸锅中放入2L蒸馏水, 将蒸锅放于电磁炉上加热, 电磁炉设置的条件为: 160℃/1000W。水煮沸后, 将蟹放入沸水中保持20min。煮制结束后, 将蟹取出, 于25℃的室温条件下冷却。

1.3.3 部位分割取样

将两种熟制方式处理后的蟹依次剪开步足, 刮取步足肉, 简称足肉; 剪开蟹螯取其肉, 即为钳肉; 打开甲壳, 去掉心脏和腮之后的肝胰脏和性腺部分, 称为蟹膏; 剩下的肌肉称之为腹肉。将20只蟹按以上方式进行分割取样, 并将不同熟制方式蟹4个不同部位共8个样品混合均匀后, 于-40℃条件下贮藏待测。

1.3.4 样品处理方法

参考文献[4]中的样品处理方法并稍作修改, 即每个样品取0.4g左右, 分别加入5%三氯乙酸(TCA)15mL, 匀浆后静置2h, 取上清液10mL用冷冻离心机离心(15000r/min, 10min), 离心结束后取上清液5mL用6mol/L NaOH溶液调pH值至2.0, 然后用重蒸水定容至10mL, 用0.45 μ m的水相滤膜过滤, 最后用氨基酸自动分析仪检测样品中的游离氨基酸的种类与含量。

1.4 数据分析

所得数据采用SPSS 13.0数据统计软件对其进行一维方差分析和层次聚类分析^[7]。

2 结果与分析

2.1 中华绒螯蟹熟制前后的质量变化

中华绒螯蟹经过蒸和煮制过程后, 质量发生变化。结果显示, 在蒸制过程中, 中华绒螯蟹呈现质量损失现象, 其质量损失率达19.20%左右, 这可能是由于在蒸制的过程中蟹体内的物质流出, 也可能是因为蟹体内的水分随着蒸汽挥发出来; 而在煮制的过程中, 河蟹呈现增质量现象, 质量增加率达3.27%左右, 这是由于在煮制的过程中水汽进入河蟹体内的速度大于河蟹体内物质流出的速度。

2.2 熟制中华绒螯蟹的游离氨基酸

通过对蒸制和煮制中华绒螯蟹4个部位中游离氨基酸种类和含量的测定, 所得氨基酸种类和含量结果如表1所示。

表1 蒸制和煮制中华绒螯蟹4个部位中游离氨基酸含量和组成($\bar{x} \pm s$, $n=3$)
Table 1 Free amino acid composition in four edible parts of Chinese mitten crab processed by steaming or boiling ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

氨基酸 种类	腹肉		钳肉		足肉		蟹膏	
	蒸制	煮制	蒸制	煮制	蒸制	煮制	蒸制	煮制
Asp	0.04±0.00	0.06±0.00	0.05±0.00	0.07±0.01	0.01±0.00	0.04±0.00	0.08±0.00	0.06±0.00
Thr	0.29±0.07**	0.15±0.00	1.00±0.03**	0.59±0.03	0.28±0.09*	0.16±0.06	0.34±0.06**	0.14±0.00
Ser	0.15±0.01**	0.13±0.00	0.25±0.01**	0.19±0.00	0.15±0.00	0.13±0.01	0.21±0.01**	0.12±0.00
Glu	0.37±0.01**	0.34±0.01	0.53±0.02**	0.46±0.01	0.32±0.01	0.31±0.02	0.50±0.01**	0.29±0.01
Gly	3.79±0.03**	2.19±0.09	5.56±0.12**	4.38±0.10	4.25±0.11**	3.19±0.22	1.61±0.01**	1.16±0.04
Cys	0.14±0.12	0.25±0.05**	0.24±0.01	0.31±0.15**	0.25±0.00	0.32±0.01**	0.24±0.04	0.23±0.03
Ala	3.39±0.03**	2.65±0.12	3.90±0.15**	3.07±0.13	3.62±0.08**	2.98±0.18	2.19±0.04**	1.40±0.05
Val	0.31±0.05	0.30±0.00	0.36±0.01**	0.31±0.01	0.32±0.00**	0.29±0.00	0.42±0.02**	0.33±0.02
Met	0.46±0.02	0.47±0.01	0.59±0.01	0.60±0.02	0.46±0.01	0.48±0.00**	0.48±0.02	0.48±0.02
Ile	0.13±0.00	0.13±0.00	0.13±0.00	0.14±0.00**	0.11±0.00	0.13±0.00**	0.22±0.01**	0.17±0.01
Leu	0.20±0.00**	0.17±0.00	0.21±0.01**	0.19±0.00	0.16±0.00	0.17±0.01	0.39±0.02**	0.25±0.01
Tyr	0.14±0.01	0.14±0.00	0.12±0.00	0.14±0.01**	0.10±0.00	0.12±0.01**	0.29±0.02**	0.20±0.01
Phe	0.12±0.02	0.12±0.00	0.11±0.00	0.14±0.01**	0.27±0.15**	0.11±0.01	0.24±0.01**	0.15±0.00
Lys	0.29±0.01**	0.21±0.00	0.34±0.01**	0.24±0.00	0.24±0.00	0.17±0.01	0.55±0.05**	0.33±0.01
His	0.14±0.00	0.14±0.01	0.19±0.00	0.19±0.01	0.13±0.00	0.13±0.01	0.17±0.01	0.12±0.00
Arg	3.87±0.04**	2.37±0.08	4.72±0.14**	3.56±0.17	4.10±0.11**	2.85±0.22	1.94±0.05**	1.25±0.05
Pro	1.50±1.29	1.66±0.05	2.54±0.06	2.36±0.16	1.97±0.03	1.63±0.17	1.56±0.03**	1.01±0.10
总计	16.41±0.14**	11.48±0.32	20.86±0.55**	16.96±0.21	16.75±0.39**	13.21±0.89	11.40±0.15**	7.66±0.23

注: **. 同一部位蒸和煮条件下的同一种类氨基酸存在极显著差异 ($P < 0.01$); *. 显著差异 ($P < 0.05$)。下同。

从表1可以看出, 蒸制中华绒螯蟹中游离氨基酸总量比煮制中的高, 可能由于在煮制过程中水进入蟹体内或者蟹体内的游离氨基酸进入到煮制水中, 并由2.1节中的数据可知, 蒸制和煮制过程相当于样品的浓缩和稀释过程, 同时煮制过程也是样品中成分的流失过程。其中钳肉的游离氨基酸总量相对较高, 蟹膏中的游离氨基酸总量较低。

表2 蒸制和煮制雄蟹中华绒螯蟹4个部位游离氨基酸TAV值
Table 2 TAV of the free amino acids in four parts of Chinese mitten crab processed by steaming or boiling

氨基酸类型	滋味贡献	阈值 ^[19-20)] (mg/mL)	腹肉		钳肉		足肉		蟹膏	
			蒸制	煮制	蒸制	煮制	蒸制	煮制	蒸制	煮制
Asp	鲜味(+)	1.0	0.04±0.00	0.06±0.00	0.05±0.00	0.07±0.01**	0.02±0.00	0.04±0.00	0.08±0.00**	0.06±0.00
Thr	甜味(+)	2.6	0.11±0.03**	0.06±0.00	0.39±0.01**	0.23±0.01	0.11±0.04**	0.06±0.02	0.13±0.02**	0.05±0.00
Ser	甜味(+)	1.5	0.10±0.00	0.08±0.00	0.17±0.01	0.13±0.00	0.10±0.00	0.09±0.00	0.14±0.00**	0.08±0.00
Glu	鲜味(+)	0.3	1.25±0.02**	1.13±0.04	1.76±0.05**	1.53±0.02	1.06±0.04	1.05±0.08	1.66±0.04**	0.97±0.03
Gly	甜味(+)	1.3	2.92±0.02**	1.69±0.07	4.28±0.10**	3.37±0.08	3.27±0.08**	2.46±0.17	1.24±0.01**	0.89±0.03
Ala	甜味(+)	0.6	5.65±0.05**	4.41±0.20	6.50±0.24**	5.12±0.21	6.03±0.13**	4.96±0.30	3.65±0.07**	2.32±0.08
Val	甜味/苦味(-)	0.4	0.79±0.12	0.76±0.01	0.90±0.02**	0.78±0.02	0.79±0.01**	0.74±0.01	1.05±0.04**	0.83±0.03
Met	苦味/甜味/疏味(-)	0.3	1.53±0.05	1.57±0.03	1.95±0.003	2.00±0.06	1.53±0.02	1.61±0.02**	1.59±0.06	1.59±0.08
Ile	苦味(-)	0.9	0.15±0.00	0.15±0.00	0.15±0.00	0.16±0.00**	0.13±0.00	0.14±0.00	0.25±0.01	0.19±0.01
Leu	苦味(-)	1.9	0.11±0.00	0.09±0.00	0.11±0.00**	0.10±0.00	0.09±0.00	0.09±0.00	0.21±0.01	0.13±0.00
Phe	苦味(-)	0.9	0.14±0.02	0.13±0.00	0.12±0.00	0.16±0.01**	0.30±0.17**	0.12±0.01	0.27±0.01**	0.16±0.00
Lys	甜味/苦味(-)	0.5	0.58±0.02**	0.41±0.01	0.68±0.01**	0.48±0.01	0.48±0.01**	0.33±0.02	1.10±0.10**	0.66±0.02
His	苦味(-)	0.2	0.72±0.02	0.70±0.06	0.96±0.01	0.95±0.06	0.64±0.02	0.63±0.04	0.83±0.07**	0.58±0.01
Arg	苦味/甜味(+)	0.5	7.74±0.08**	4.75±0.15	9.43±0.28**	7.13±0.35	8.21±0.22**	5.69±0.45	3.87±0.10**	2.50±0.10
Pro	苦味/甜味(+)	3.0	0.50±0.43	0.55±0.02	0.85±0.02	0.79±0.05	0.66±0.01	0.54±0.06	0.52±0.01**	0.34±0.03

注：上述阈值皆是指在水溶液中的阈值；+，味道愉悦；-，味道不好。

肌肉味道的鲜美程度与肌肉中呈味氨基酸(Glu、Gly、Ala、Asp、Ser、Pro)组成和含量有关^[8]。在蒸制和煮制的过程中，中华绒螯蟹腹肉的Thr、Ser、Glu、Gly、Ala、Leu、Lys和Arg的含量有很明显的差异性，且这些物质的含量在蒸制中含量较高，Gly、Ala和Arg在蒸制和煮制中含量最高且其间的差异也最大；钳肉中Thr、Ser、Glu、Gly、Ala、Val、Leu、Lys和Arg的含量有很明显的差异性，且这些物质的含量在蒸制中含量较高，Gly、Ala和Arg在蒸制和煮制中含量最高且其间的差异最明显；足肉中Thr、Gly、Ala、Val、Phe和Arg的含量有很明显的差异性，Gly、Ala和Arg在蒸制和煮制中含量最高且其间的差异最明显；蟹膏中Thr、Ser、Glu、Gly、Ala、Val、Ile、Leu、Tyr、Phe、Arg和Pro的含量有很明显的差异性，且这些物质的含量在蒸制中含量较高，Gly、Ala和Arg在蒸制和煮制中含量最高且其间的差异最明显，在蒸制和煮制河蟹足肉中含量较高的游离氨基酸为Gly、Ala、Arg和Pro。

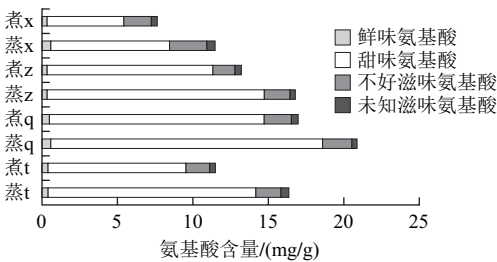
由表1、2可知，无论是蒸制还是煮制，蟹4个不同部位中的游离氨基酸含量都发生了明显的变化。腹肉、钳肉和足肉中含量较高的游离氨基酸都是Gly、Ala、Arg和Pro，它们都是美味氨基酸，是中华绒螯蟹鲜美滋味的重要来源。Yamaguchi等^[9]的研究发现Ala、Gly、Thr(甜味)、Asp和Glu(鲜味)在普通的蘑菇中具有滋味活性。Gly和Ala具有舒适的甜味，它们广泛存在于各种海鲜中，如海蟹、贝类等^[10-11]。Arg大量存在于许多种海鲜中，大量的研究表明它是海鲜食物中的一种重要的风味物质^[12]。中华绒螯蟹蟹肉中的游离氨基酸含量与海蟹(如雪蟹和泥蟹^[13])有很大的不同，雪蟹中含有大量的Gly、Arg、Pro和Ala，而鲜味氨基酸Glu和Asp的含量较低。有研究^[14]认为

淡水鱼中的游离氨基酸中主要为His、Gly，这也说明了物种间的游离氨基酸差异性很大。

2.3 熟制中华绒螯蟹4个部位游离氨基酸TAV值的比较分析

氨基酸通常具有鲜味、苦味和甜味等不同的味道^[15]。有研究报道，含硫的氨基酸带点硫磺味，Asp和Glu称为鲜味氨基酸，鲜味氨基酸与呈味核苷酸(肌苷酸、鸟苷酸、腺苷酸和胞苷酸)一起使用时，具有协同效应^[16-17]，有些苦味氨基酸在低于其阈值浓度时，可以增强其他氨基酸的甜味和鲜味^[18]。氨基酸在食品体系中的贡献值大小是由TAV值决定的，某些游离氨基酸在蟹肉中的含量比较低，但是其阈值也较低，所以对蟹肉的味道具有一定的贡献。为了更客观地评价氨基酸对蟹滋味的贡献，本研究计算了各氨基酸的TAV值，结果如表2所示。

按照氨基酸的滋味类型把氨基酸分为4类，即鲜味氨基酸、甜味氨基酸、不好滋味氨基酸和未知滋味氨基酸，8个样品中4类氨基酸的含量和组成如图1所示。



t.腹肉；z.足肉；q.钳肉；x.蟹膏。下同。
图1 中华绒螯蟹4个部位中4种滋味类型氨基酸含量分布图^[19]
Fig.1 Distribution of four types of taste-active free amino acids in four parts of Chinese mitten crab processed by steaming or boiling^[19]

在蒸制和煮制过程中, 腹肉中TAV>1的氨基酸中共有4种味道愉悦的氨基酸: Glu(鲜味)、Gly、Ala(甜味)和Arg(甜味/苦味)及1种味道不好的氨基酸(Met)。从理论上来看, 对蟹腹肉滋味有贡献的游离氨基酸共有以上5种, 其中Glu和Met的阈值比较低, TAV值却大于1, Pro的含量较高但是阈值较高, 其TAV值小于1, 对蟹滋味无贡献或较小; 钳肉中TAV>1的氨基酸有Glu、Gly、Ala、Met和Arg, 种类与腹肉相同, 但是这几种氨基酸的TAV值比腹肉中的稍大; 足肉中TAV>1的氨基酸有Ala、Glu、Gly、Met和Arg, 与腹肉和钳肉中的氨基酸类型相似, 数值与腹肉相当却低于钳肉; 蟹膏中TAV>1的氨基酸有Ala、Glu、Gly、Met和Arg。

综上可知, TAV值较高的为Glu、Gly、Ala、Met和Arg, 其中Ala、Glu、Gly和Arg是美味氨基酸, 是中华绒螯蟹鲜美风味的重要来源。从图1可以看出, 蒸制和煮制中华绒螯蟹的4个不同部位的游离氨基酸含量都发生了明显变化, 其中甜味氨基酸是其主要的风味氨基酸, 且甜味和鲜味氨基酸占总氨基酸的60%以上, 从游离氨基酸角度可以看出甜味和鲜味是蟹的主要风味类型, 这与人品尝蟹的感觉相一致。

2.4 中华绒螯蟹4个部位游离氨基酸组成的层次聚类分析

对蒸制和煮制中华绒螯蟹4个部位游离氨基酸组成分别进行层次聚类分析, 如图2所示。图中横坐标, 即“0~25”表示类间距离, 也叫临界值, 距离越小表示游离氨基酸组成越相近。

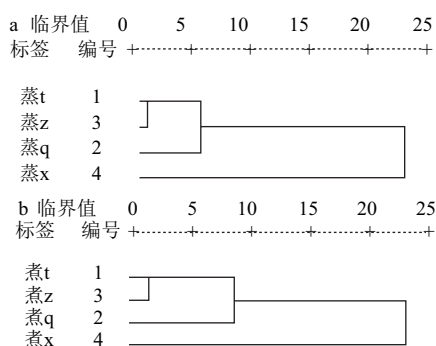


图2 蒸制(a)和煮制(b)中华绒螯蟹4个部位的层次聚类分析结果

Fig.2 Results of the hierarchical cluster analysis of free amino acids in four parts of Chinese mitten crab processed by steaming or boiling

由图2可知, 蒸制和煮制中华绒螯蟹的4个部位的氨基酸的TAV值分别进行层次聚类分析, 无论是蒸还是煮制的河蟹, 腹肉和足肉的游离氨基酸组成最为相近。这说明了从氨基酸层面说明蟹风味时, 蟹腹肉和足肉的游离氨基酸对整体风味贡献相近, 蟹膏与其他部位的游离氨基酸的风味有很大的不同。

3 结论

本实验通过对两种常见蟹的熟制方式即蒸制和煮制对其游离氨基酸影响的研究发现: 1)蒸制和煮制对中华绒螯

蟹中的游离氨基酸含量有很大影响。2种常见的熟制方式中, 中华绒螯蟹腹肉、钳肉、足肉和蟹膏中游离氨基酸的种类不变, 含量发生变化, 即蒸制比煮制的总含量高; 含量较高的游离氨基酸为Gly、Ala、Arg和Pro, 但TAV值较高的氨基酸为Glu、Gly、Ala、Met和Arg; 蒸制比煮制较能保持蟹体中游离氨基酸含量, 为较理想的中华绒螯蟹熟制方式。2)腹肉和足肉的游离氨基酸组成最为相近。本研究既充实了蟹风味成分研究理论, 同时也为生产实践提供了理论依据和指导。

参考文献:

- [1] 徐兴川. 河蟹的健康养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 1-3.
- [2] 堵南山. 中华绒螯蟹在北美洲[J]. 水产科技情报, 2003, 30(4): 151-152; 168.
- [3] 堵南山. 中华绒螯蟹在欧洲[J]. 水产科技情报, 2003, 30(1): 7-9; 12.
- [4] CHEN Dewei, ZHANG Min, SHRESTHA S. Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1343-1349.
- [5] 杨玲芝, 陈舜胜, 曲映红, 等. 中华绒螯蟹主要呈味成分研究[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(1): 92-96.
- [6] 张娜, 袁信华, 过世东. 中华绒螯蟹不同部位游离氨基酸的测定与分析[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(4): 634-637; 644.
- [7] LI Xiaohong, ZHANG Xianzhou, CHENG Xinlu, et al. Application of PCA and HCA to the structure-activity relationship study of fluoroquinolones[J]. Chinese Journal of Chemical Physics, 2006, 19(2): 143-148.
- [8] 丁耐克. 食品风味化学[M]. 2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 89-95.
- [9] YAMAGUCHI S, YOSHIKAWA T, IKEDA S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some L- α -amino acids and 5'-nucleotides[J]. Journal of Food Science, 1971, 36(6): 846-849.
- [10] NILSANG S, LERTSIRI S, SUPHANTHARIKA M, et al. Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 70(4): 571-578.
- [11] FUKE S, KONOSU S. Taste-active components in some foods: a review of Japanese research[J]. Physiology & Behavior, 1991, 49(5): 863-868.
- [12] WU H C, SHIAU C Y. Proximate composition, free amino acids and peptides contents in commercial chicken and other meat essences[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2002, 10(3): 170-177.
- [13] LIOE H N, APRIYANTONO A, TAKARA K, et al. Umami taste enhancement of MSG/NaCl mixtures by subthreshold L- α -aromatic amino acids[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(Suppl 7): 401-405.
- [14] LIOE H N, APRIYANTONO A, TAKARA K, et al. Low molecular weight compounds responsible for savory taste of Indonesian soy sauce[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(19): 5950-5956.
- [15] 许庆陵, 崔铁军, 刘靖, 等. 速冻河蟹肉及蟹黄的营养成分分析[J]. 水产科学, 2003, 22(6): 12-14.
- [16] HAYASHI T, YAMAGUCHI K, KONOSU S. Sensory analysis of taste-active components in the extract of boiled snow crab meat[J]. Journal of Food Science, 1981, 46(2): 479-483.
- [17] RIFKIN B, BARTOSHUK L. Taste synergism between monosodium glutamate and disodium 5'-guanylate[J]. Physiology & Behavior, 1980, 24(6): 1169-1172.
- [18] CHIOU T K, HUANG J P. Chemical constituents in the abdominal muscle of cultured mud crab *Scylla serrata* in relation to seasonal variation and maturation[J]. Fisheries Science, 2003, 69(3): 597-604.
- [19] KATO H, RHUE M R, NISHIMURA T. Flavor Chemistry[M]. Washington: American Chemical Society, 1989: 158-174.
- [20] SOLMS J. Taste of amino acids, peptides, and proteins[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1969, 17(4): 686-688.