

蛋白酶复合水解文蛤肉制备海鲜香料的工艺

高原, 陆震鸣, 李恒, 钱建瑛, 史劲松*, 许正宏

(江南大学药学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 以感官评分为指标, 比较了不同种类蛋白酶和用酶量对文蛤肉水解液风味的影响, 并采用正交实验优化了文蛤肉二段法复合酶解工艺条件: 复合蛋白酶 75 U/g, 中性蛋白酶 75 U/g, 在 45 ℃、自然 pH 下水解 3 h; 然后加入风味蛋白酶 50 U/g, 在 50 ℃、自然 pH 下水解 1 h。最终获得的水解液色泽为棕黄色, 具有咸鲜滋味和明显蛤类特征香气, 感官评分为 5.5 分, 味精当量 EUC 高达 53.25 g/L, 氨基氮含量为 4.16 g/L, 水解度为 35.3%, 水解得率为 36.4%, 多肽含量为 21.8 g/L。

关键词: 文蛤; 酶解; 蛋白酶; 感官评价; 海鲜

中图分类号: TS 264.3 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2014)09—0946—06

Preparation of Seafood Seasoning by Complex Enzymolysis of *Meretrix lusoria* L. Meat

GAO Yuan, LU Zhenming, LI Heng, QIAN Jianying, SHI Jinsong*, XU Zhenghong

(School of Pharmaceutical Science, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Based on sensory scores, effects of category and concentration of protease on the enzymolysis of *Meretrix lusoria* L. meat were studied. Orthogonal experiment was used to obtain the optimal two-step complex enzymolysis condition of *Meretrix lusoria* L. meat. The meat was hydrolyzed with compound protease (75 U/g) and neutral protease (75 U/g) at 45 ℃ and natural pH for 3 h; then flavor protease (50 U/g) at 50 ℃ and natural pH for 1 h. The *Meretrix lusoria* L. hydrolysate possessed light yellow color, fresh salty flavor, and clam characteristic aroma. The sensory score, EUC, amino nitrogen content, degree of hydrolysis (DH), enzymatic hydrolysis yield of the *Meretrix lusoria* L. hydrolysate and content of peptides were 5.5, 53.25 g MSG/L, 4.16 g/L, 35.3%, 36.4% and 21.8 g/L, respectively.

Keywords: *Meretrix lusoria* L., enzymolysis, protease, sensory evaluation, seafood

蛤类海产在我国沿海潮带间分布广泛, 是我国海水养殖的重要经济贝类之一^[1-2]。文蛤(*Meretrix*

lusoria L.) 是蛤中上品, 素有“天下第一鲜”之称, 不但肉质鲜美可口, 而且营养价值高, 含有大量氨基

收稿日期: 2013-12-25

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项经费项目(201305007); 江苏省产学研前瞻性联合研究项目(BY2012062); 江苏省重大科技成果转化项目(BA2013128)。

* 通信作者: 史劲松(1971—), 男, 江苏泗阳人, 工学博士, 教授, 主要从事生物活性物质的制备、分离和衍生开发研究。

E-mail: shijs@163.com

酸、糖元、牛磺酸和活性微量元素,是海洋生物中的优质蛋白质^[3]。

近年来,随着人民生活水平的提高和餐旅业的发展,人们对调味品的要求也越来越高了,不仅要求色、香、味俱全,并且随着营养和保健意识的增强,还要求其具有更高的营养价值和更多的保健成分^[4]。以新鲜文蛤肉为原料,采用生物酶工程技术,制得其蛋白水解液或浓缩浸膏等,可用作调味品或食品的配料,这种文蛤食品香料在现代食品加工业有着极其重要的利用价值。杨晋等以文蛤肉为原料,利用多种蛋白酶进行水解,并通过正交实验确定了最佳酶解条件,文蛤蛋白水解度达到 35.8%,总氮回收率为 51.2%^[5]。张添等采用胰蛋白酶和中性蛋白酶复合水解新鲜文蛤肉,并利用水解产物制备了文蛤调味酱^[6]。上述研究均以蛋白质的水解度为指标进行复合酶解工艺的优化。

作者采用综合评分为指标,比较 6 种不同蛋白酶对文蛤肉水解的效果,并对筛选获得的蛋白酶水解的工艺参数进行正交试验优化,制备出蛤类特征风味突出、腥味较弱的咸味香精。

1 材料与方法

1.1 实验器材

新鲜文蛤,江苏省如东县生态文蛤养殖基地提供;中性蛋白酶、酸性蛋白酶,江苏省博立生物科技有限公司生产;木瓜蛋白酶,南宁庞博生物工程有限公司生产;风味蛋白酶、复合蛋白酶和碱性蛋白酶 Alcalase 2.4L,诺维信中国投资有限公司生产;其余试剂均为食品级。

Diamonsil(钻石一代)C18 型分析色谱柱,组织捣碎匀浆机,集热式恒温磁力搅拌水浴锅,高速离心机,紫外-可见分光光度计等。

1.2 实验方法

1.2.1 蛋白酶水解工艺流程 新鲜文蛤于淡盐水吐沙 6 h,然后置于沸水浴中约 1.0 min 至微开壳,取蛤肉。按蛤肉质量比 1:4 加水,用组织捣碎机进行均浆,先在 55~65 ℃热处理 20 min,再升温至 95~105 ℃热处理 10 min,冷却至 45~55 ℃。自然 pH 下加酶,恒温搅拌水解,反应结束后将水解液煮沸 10 min 以灭酶,在 4 000 r/min、4 ℃下离心 30 min,取上清液放入冰箱-20 ℃冷冻保藏。

1.2.2 文蛤肉酶解工艺条件的正交优化 采用两

段法进行文蛤肉的复合酶解:一段酶解采用复合蛋白酶和中性蛋白酶进行水解,加酶总量设置为一定量(如 150 U/g),pH 自然;二段酶解选用风味蛋白酶进行水解,pH 自然,温度为 50 ℃。一段酶解和二段酶解的总时间为 4 h。酶解结束后灭酶,冷却至室温后进行感官评价,并分别测定水解度和水解得率,对上述 3 个指标进行加权平均得到综合评分。

采用四因素三水平的正交实验设计,见表 1。考察因素 A(m (复合蛋白酶): m (中性蛋白酶)),因素 B(一段酶解温度)、因素 C(风味蛋白酶量/(U/g))、因素 D(一段酶解和二段酶解的时间比)对文蛤肉水解效果的影响,优化二段法复合酶解工艺条件。

表 1 正交实验因素水平表

Table 1 Factors and levels of the orthogonal tests

水平	因素			
	A m (复合蛋白酶): m (中性蛋白酶)	B 一段酶解温 度/℃	C 风味蛋白酶 量/(U/g)	D 酶解时 间比
1	1:4	40	30	1:3
2	1:1	45	50	1:1
3	4:1	50	70	3:1

1.2.3 总氮量、氨基氮含量、水解度和水解得率的测定 总氮量的测定参照国标 GB5009.5-2010 中凯氏定氮法进行^[7]。

取文蛤肉水解液 5.0 mL 置于小烧杯中,然后加入 60.0 mL 放冷的去 CO₂ 水,搅拌后用 0.1 mol/L 标准 NaOH 溶液滴定至 pH 8.2,加入甲醛溶液 20 mL(甲醛溶液每次使用之前都要调到 pH 7.0),然后用 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液滴定至 pH 9.2,记录消耗的 NaOH 溶液体积,并根据下述水解度公式计算氨基氮含量(g/mL)^[2]。

$$\text{水解度} = \frac{\text{上清液中总氨基氮量}}{\text{上清液中总氮量}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{水解得率} = \frac{\text{原料质量} - \text{残渣质量}}{\text{原料总氮量}} \times 100\% \quad (2)$$

1.2.4 蛋白酶活力的测定 蛋白酶活力的测定参照行标 SB/T10317-1999 中福林酚法进行。

1.2.5 感官评价方法 由 8 人组成感官评价小组,分别对文蛤肉水解液的色泽、气味、滋味进行评价(表 2)。同时对水解液的风味和口感进行综合打分,分值最低为 0 分,最高为 6 分。

1.2.6 多肽浓度的测定 取 5.0 mL 文蛤肉离心上清液,加入 5.0 mL 质量分数 15% TCA 水溶液,混匀

后静置 10 min, 4 000 r/min 离心 10 min, 上清液稀释至 1~10 g/L 的溶液, 取稀释液 1 mL 加入 4 mL 双缩脉试剂, 混匀静置 30 min。同时以 1 mL 水和 4 mL 双缩脉试剂混匀静置作为空白对照, 在分光光度计可见光 540 nm 处测定吸光值^[9-10], 根据制作好的标准曲线进行计算。

表 2 文蛤水解液风味描述表

Table 2 Flavour description table of *Meretrix lusoria* hydrolysate

评价指标	简单描述
色泽	浅黄/黄/浅棕/棕黄/棕色/深棕色
气味	甜腥/虾味/腥香/鲜香
滋味	咸鲜味/苦味/蛤类特征风味/厚重

1.2.7 鲜味氨基酸含量的测定 精确吸取离心后上清液 2.0 mL, 加入质量分数 10% TCA 水溶液, 混匀静置 30 min 后过滤, 用日立 835-50 型高速氨基酸分析仪测定。

1.2.8 呈味核苷酸含量的测定 精确吸取离心后上清液 2.0 mL, 12 000 r/min、4 ℃ 下离心 10 min, 过 0.45 μm 滤膜, 制备质量浓度为 100 g/L 的标样, 用 Diamonsil(钻石一代)C18 型分析色谱柱分离, 在紫外波长 260 nm 下检测。

1.2.9 TAV 及 EUC 的测定

1)TAV(滋味活性值): 定义为样品中呈味物质的测定值与呈味物质的味阈值之比。通常认为, 当 TAV 大于 1 时, 该种呈味物质对于样品的呈味有显著影响。并且数值越大, 贡献越大。相反, 当比值小于 1 时, 说明该呈味物质对呈味贡献不大, 呈味作用不显著。但这种方法也存在一定的缺陷, 因为其并没有考虑食品中各物质间的相互作用对食品滋味的影响, 如协同效应、抵消作用等。

2)EUC(味精当量): 表示的是呈味核苷酸与鲜味氨基酸混合物协同作用所产生的鲜味强度, 相当于所产生的鲜味强度所需单一味精的量。它们之间的关系是最先由 Yamaguchi 和 Yoshikawa 等提出的^[12], 并用下面的方程表示:

$$EUC = \sum a_i b_i + 1218 (\sum a_i b_i) (\sum a_i b_j) \quad (3)$$

式(3)中: EUC 是味精当量(g/L); a_i 为鲜味氨基酸(Asp 或 Glu)的质量浓度(g/L); b_i 为鲜味氨基酸相对于 MSG 的相对鲜度系数(Glu 为 1; Asp 为 0.077); a_j 为呈味核苷酸(5'-AMP、5'-IMP、5'-GMP)的质量浓度(g/L); b_j 为呈味核苷酸相对于 IMP 的相

对鲜度系数(5'-AMP 为 0.18、5'-IMP 为 1、5'-GMP 为 2.3); 1218 是协同作用常数。

2 结果与讨论

2.1 蛋白酶酶活的测定

不同蛋白酶的酶切作用具有专一性, 对蛋白质的水解效果存在差异, 水解液的风味也不相同, 因此考虑采用多种蛋白酶进行复合水解。本实验中所用 6 种蛋白酶的特性及测定的酶活如表 3 所示。

表 3 不同蛋白酶的特性及酶活

Table 3 Characteristic of different proteases and enzyme activity

蛋白酶	来源	最适条件	切割位点	酶活/ (10 ⁴ U/g)
复合蛋白酶	地衣芽孢杆菌	40 ℃, pH 6.0	丝氨酸、内切	3.2
风味蛋白酶	米曲霉	50 ℃, pH 7.0	N 端肽键、外切	2.7
中性蛋白酶	芽孢杆菌	55 ℃, pH 7.2	内切	20.6
碱性蛋白酶	解淀粉芽孢杆菌	55 ℃, pH 7.8	丝氨酸、内切	27.0
木瓜蛋白酶	木瓜	37 ℃, pH 7.0	精氨酸、C 端内切	10.0
酸性蛋白酶	黑曲霉	40 ℃, pH 3.0	苯丙氨酸和亮氨酸、内切	5.0

2.2 最优蛋白酶的筛选

以感官评分为指标, 研究了复合蛋白酶、风味蛋白酶、中性蛋白酶、碱性蛋白酶、木瓜蛋白酶和酸性蛋白酶对文蛤肉水解的效果, 筛选能够水解文蛤肉生产蛤类特征风味浓郁、腥味较弱水解液的最优蛋白酶。

根据专业知识和相关专家经验, 取感官评分的权重系数 ω_1 为 0.7, 水解度的权重系数 ω_2 为 0.1, 水解得率的权重系数 ω_3 为 0.2。结果如表 4 所示, 复合蛋白酶、中性蛋白酶和风味蛋白酶的综合评分均大于 3.4, 且水解液色泽适中, 气味和滋味优良, 具备明显的蛤类特征风味, 可用于进一步的条件优化。

酸性蛋白酶和碱性蛋白酶处理的文蛤肉水解液具有明显的腥味, 故不选用。

2.3 最优加酶量的确定

分别考察复合蛋白酶、中性蛋白酶和风味蛋白酶的用量对文蛤肉水解效果的影响, 水解液综合评分的结果如图 1 所示。结果表明, 复合蛋白酶、中性

表 4 不同蛋白酶对文蛤肉水解的感官评价表

Table 4 Sensory evaluation of different protease hydrolysates of *Meretrix lusoria* L. meat

蛋白酶种类	色泽	气味	滋味	感官评分	水解度/%	水解得率/%	综合评分
复合蛋白酶	棕色	鲜腥	鲜	4.2	30.84	40.6	3.61
风味蛋白酶	棕黄	鲜甜	很鲜	4.1	37.01	35.2	3.51
中性蛋白酶	棕色	鲜	厚重鲜	4.3	25.19	25.0	3.46
碱性蛋白酶	黄色	鲜腥	鲜腥	2.1	27.21	17.5	1.84
木瓜蛋白酶	棕黄	甜酸	鲜	3.5	34.25	21.4	2.91
酸性蛋白酶	黄色	酸腥	鲜	1.0	10.31	10.1	0.88

蛋白酶和风味蛋白酶的加酶量为 100~300 U/g 时,水解液对感官评分、水解度和水解得率的综合评分呈先上升后下降的趋势。3 种蛋白酶均在 200 U/g 的用量时水解液感官评分最高,因此在二段法复合酶解工艺中控制 3 种酶的总加酶量为 200 U/g 左右。

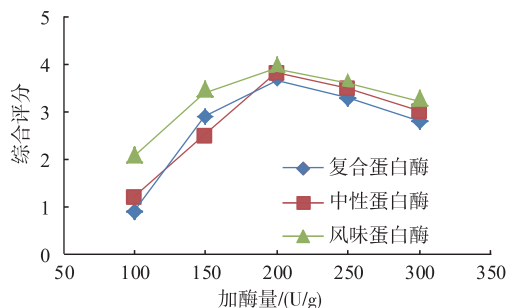


图 1 不同加酶量对文蛤肉水解液风味的影响

Fig. 1 Effects of concentration of protease on the flavor of hydrolysate

2.4 二段法复合酶水解条件的正交试验优化

设置一段加酶总量为 150 U/g, 采用正交实验

考察了复合蛋白酶和中性蛋白酶用量比、一段酶解温度、风味蛋白酶用量、一段酶解和二段酶解时间比对文蛤肉二段法复合酶解液风味的影响,各因素和水平的设计见表 1,实验结果见表 5。

结果表明,感官评分最高的实验组是第 5 组,为 5.3 分,因素组合为 $A_2B_2C_3D_1$,所得的水解液具有较浓厚的鲜味和蛤类特征香气。极差分析结果表明,影响水解液综合评分的主次因素为酶解时间比>风味蛋白酶加量>复合蛋白酶和中性蛋白酶用量比>一段酶解温度,各因素的最佳组合为 $A_2B_2C_3D_3$,为最优酶解工艺条件。采用优化后的二段法复合酶解工艺条件:复合蛋白酶 75 U/g,中性蛋白酶 75 U/g,在 45 ℃、自然 pH 下水解 3 h;然后加入风味蛋白酶 50 U/g,在 50 ℃、自然 pH 下水解 1 h,最终获得的水解液的感官评分为 5.5 分,总氨基酸含量为 4.16 g/L,水解度为 35.3%,水解得率为 36.4%,与杨晋论文^[5]中用于海味香精的文蛤肉水解液的水解度相似。

表 5 正交实验设计及结果

Table 5 Result and design test of orthogonal tests

水平	因素				风味描述		感官评分	水解度/%	水解得率/%	综合评分
	A	B	C	D	滋味	气味				
1	1:4	40	30	1:3	淡鲜	稍腥	1.5	21.1	50.0	1.78
2	1:4	45	50	1:1	淡鲜	甜腥	3.1	31.1	22.6	2.63
3	1:4	50	70	3:1	淡鲜	酸腥	4.5	38.2	45.6	3.93
4	1:1	40	50	3:1	厚重鲜	腥香	4.9	37.9	26.8	3.98
5	1:1	45	70	1:3	较厚鲜	浓海鲜香	5.3	34.1	35.4	4.36
6	1:1	50	30	1:1	淡鲜	鲜腥	3.1	34.8	25.6	2.69
7	4:1	40	70	1:1	淡鲜	淡腥	4.2	36.5	25.2	3.46
8	4:1	45	30	3:1	厚重甜	虾味	5.1	32.8	27.8	4.10
9	4:1	50	50	1:3	涩甜	腥香	3.9	39.0	37.8	3.42
K_1	2.78	3.07	2.86	3.19						
K_2	3.68	3.70	3.34	2.93						
K_3	3.66	3.35	3.92	4.00						
R_2	0.90	0.62	1.06	1.08						

注:9 组实验结果中水解液色泽全为棕黄色,无肉眼可辨色差。

2.5 最佳水解条件下水解液氨基酸、核苷酸含量和EUC的测定

匀浆后细胞结构破坏，胞内多种内源酶释放，并在热处理阶段，对细胞中的蛋白质、核酸、多糖等大分子进行部分降解，其中核酸降解产物5'-AMP、5'-IMP、5'-GMP等具有较好的呈味作用。在此基础上，实验中还添加了3种蛋白酶，将文蛤蛋白质进一步分解成多肽、寡肽和游离氨基酸。而蛋白质的充分水解，也能够促进呈味核苷酸在后续热处理过程的释放。

2.5.1 呈味氨基酸含量 最佳水解条件下游离氨基酸含量及TAV如表6所示。

表6 最佳水解条件下游离氨基酸含量及TAV
Table 6 Content and TAV of free amino acids under the best hydrolysis conditions

氨基酸	阈值/(g/L)	氨基酸质量浓度/(g/L)	TAV
鲜味氨基酸			
Glu	0.03	0.3684	12.3
Asp	0.10	0.1568	1.6
甜味氨基酸			
Ala	0.06	0.8696	14.5
Gly	0.13	0.2098	1.6
Thr	0.26	0.0612	0.2
Ser	0.15	0.0058	0.0
苦味氨基酸及其他			
Arg	0.05	0.2796	5.6
Pro	0.30	0.4006	1.3
Lys	0.05	0.1614	3.2
Val	0.04	0.0878	2.2
Met	0.03	0.0524	1.7
Phe	0.09	0.1122	1.2
Ile	0.09	0.0693	0.8
Leu	0.19	0.2747	1.4
His	0.02	0.0080	0.4
Tau	ND	0.9496	/
Tyr	ND	0.0690	/
Cys	ND	0.0118	/
总量	/	4.15	/

注：其他兼有苦味的多味氨基酸族，对文蛤呈味贡献较弱，在此不多加阐述。

结果显示，游离氨基酸总质量浓度为4.15 g/L，其中含量最高的分别是牛磺酸(0.949 6 g/L)、丙氨酸(0.869 6 g/L)、脯氨酸(0.400 6 g/L)，以及谷氨酸

(0.368 4 g/L)，而鲜味氨基酸和甜味氨基酸的含量分别占游离氨基酸总量的12.7%和27.6%，总质量分数40.3%，相对于陈美花^[14]的马氏珠母贝MRPs中鲜味氨基酸含量，文蛤酶解液中鲜味氨基酸含量稍少一些，但其谷氨酸和丙氨酸的TAV高达12.3和14.5，可见谷氨酸和丙氨酸对文蛤水解液的鲜味和甜味有较大的贡献作用。

2.5.2 呈味核苷酸含量 该水解条件下呈味核苷酸及TAV如表7所示。结果表明，文蛤肉经水解后呈味核苷酸含量丰富，5'-AMP、5'-GMP、5'-IMP的TAV值高达4.54、1.76、0.96，而文献表明文蛤肌肉中5'-AMP、5'-GMP、5'-IMP的TAV值分别为0、1.0、0^[14]，水解之后各种呈味核苷酸含量有了极大的提高。从另一篇文献得知，一种文蛤美拉德反应产物中5'-AMP、5'-IMP的TAV值分别为1.73、0.032^[15]，而本次最佳水解条件下水解液的呈味氨基酸总量是一种马氏珠母贝美拉德反应产物的4倍多，说明本工艺的处理过程能够充分使得呈味核苷酸释放。

表7 最佳水解条件下呈味核苷酸及TAV
Table 7 Content and TAV of flavor nucleotides under the best hydrolysis conditions

氨基酸	阈值/(g/L)	核苷酸质量浓度/(g/L)	TAV
5'-AMP	0.05	0.227	4.54
5'-GMP	0.0125	0.022	1.76
5'-IMP	0.025	0.024	0.96

2.5.3 味精当量EUC 测得最佳条件下水解液多肽质量浓度为21.8 g/L，比丁桂森论文^[13]中二段酶水解文蛤肉得到水解液的多肽质量浓度(13.624 g/L)高出60%。测得其味精当量EUC为53.25 g/L，比陈美花论文^[15]中马氏珠母贝美拉德反应产物(22.86 g/L)高出1.2倍。可见，本咸味香精的鲜味非常强。

3 结 语

以感官评分为优化指标，从6种蛋白酶中筛选获得了复合蛋白酶、中性蛋白酶和风味蛋白酶，用于文蛤肉的水解，并通过实验优化确定了二段法复合酶解工艺条件：复合蛋白酶75 U/g，中性蛋白酶75 U/g，在45℃、自然pH下水解3 h；然后加入风味蛋白酶50 U/g，在50℃、自然pH下水解1 h。在最优条件下获得的水解液感官评分可得5.5分，味精当量EUC为53.25 g/L，总氨基氮含量为4.16 g/L，

水解度为 35.3%, 酶解得率为 36.4%, 多肽含量为 21.8 g/L。该文蛤肉水解液牛磺酸、丙氨酸、脯氨酸和谷氨酸等游离氨基酸含量丰富。牛磺酸有保护视网膜、增强心肌和提高免疫力的功能,丙氨酸和谷氨

酸等游离氨基酸则对文蛤水解液的鲜味和甜味有较大的贡献。本研究成果为制备蛤类特征风味突出、腥味较弱的咸味香精,奠定了进一步研制的基础。

参考文献:

- [1] 李寿崧,张国荣,王祥文. 福建沿海文蛤产地和暂养地贝类毒素毒化状况[J]. 水产科学,2001,20(2):19-21.
LI Shousong,ZHANG Guorong,WANG Xiangwen. Coastal clam producing area of Fujian Province and poisoning situation of shellfish toxin[J]. **Journal of Fisheries Science**,2001,20(2):19-21.(in Chinese)
- [2] 林变,陈丽娇. 蛋白酶对文蛤肉水解效果的研究[J]. 福建水产,2007,26(31):25-29.
LIN Luan,CHEN Lijiao. Studies on the effects of proteinase on the hydrolysis of *Meretrix lusoria* L. meat [J]. **Journal of Fujian Fisheries**,2007,26(31):25-29.(in Chinese)
- [3] 龚丽芬,郑志福,陈碧娥. 胰蛋白酶酶解文蛤的工艺条件[J]. 氨基酸和生物资源,2003,25(2):45-47.
GONG Lifan,ZHENG Zhifu,CHEN Bie. Technological conditions for digesting *Meretrix meretrix* by trypsinase [J]. **Journal of Amino Acids and Biological Resources**,2003,25(2):45-47.(in Chinese)
- [4] 蔡翠华. 值得开发的海产鲜味调味品[J]. 中国调味品,2006(1):85-90.
QI Cuihua. Seafood taste seasoning is worth developing[J]. **Chinese Condiment**,2006(1):85-90.(in Chinese)
- [5] 杨晋,陶宁萍,王锡昌. 文蛤的营养成分分析及其用于海味香精的酶解液制备[J]. 食品工业科技,2007(4):146-149.
YANG Jin,TAO Ningping,WANG Xichang. Nutrition analysis of *Meretrix lusoria* and enzymolysis preparation in seafood flavor [J]. **Science and Technology of Food Industry**,2007(4):146-149.(in Chinese)
- [6] 张添,徐宪菁,潘卫革. 文蛤肉的水解及文蛤调味酱的制备[J]. 食品科技,2004(4):46-47.
ZHANG Tian,XU Xianjing,PAN Weiping. Hydrolyzation of clam meat and preparation of clam seasoning sauce [J]. **Food Science and Technology**,2004(4):46-47.(in Chinese)
- [7] 刘平. 美拉德肽的形成机理及功能特性研究[D]. 无锡:江南大学食品学院,2012.
- [8] 杨晋. 利用酶解技术和美拉德反应制取海鲜调味料的研究[D]. 上海:上海水产大学,2007.
- [9] 鲁伟,任国谱,宋俊梅. 蛋白水解液中多肽含量的测定方法[J]. 食品科学,2005,26(7):169-171.
LU Wei,REN Guopu,SONG Junmei. The determination method of peptide content in the hydrolysate[J]. **Food Science**,2005,26(7):169-171.(in Chinese)
- [10] 江小云,潘道东. 乳蛋白水解产生肽工艺条件的优化[J]. 食品科学,2007,28(9):360-363.
JIANG Xiaoyun,PAN Daodong. Study on optimum technologic conditions of hydrolyzation of milk protein for peptides production [J]. **Food Science**,2007,28(9):360-363.(in Chinese)
- [11] Chen D W,Zhang M. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab [J]. **Food Chemistry**,2007,104(3):1200-1205.
- [12] 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.
- [13] 丁桂森. 文蛤(*Meretrix Lusoria*) 多肽海鲜调味料的研究[D]. 南京:南京农业大学食品科技学院,2009.
- [14] 陈德慰,苏键,刘小玲,等. 广西北部湾 3 种贝类中主要呈味物质的测定及呈味作用评价[J]. 食品科学,2012,33(10):165-168.(in Chinese)
CHEN Dewei,SU Jian,LIU Xiaoling,et al. Taste evaluation of non-volatile taste compounds in bivalve Mollusks from Beibu Gulf,Guangxi[J]. **Food Science**,2012,33(10):165-168.(in Chinese)
- [16] 陈美花,吉宏武,励建荣,等. 马氏珠母贝酶法抽提物美拉德反应产物呈味成分分析[J]. 中国调味品,2010(9):42-47.
CHEN Meihua,JI Hongwu,LI Jianrong,et al. Non-volatile taste active compounds in Maillard reaction products of enzymatic extracts from *Pinctada martensii* entrails[J]. **Chinese Condiment**,2010(9):42-47.(in Chinese)