

单环刺螠体壁制备海鲜调味基料的工艺研究

付雪媛¹, 孙呈浩², 王长伟¹, 杜芬¹, 李八方^{1*}

(1. 青岛海洋生物医药研究院, 山东青岛 266071; 2. 青岛谱尼测试有限公司, 山东青岛 266061)

摘要 [目的] 筛选单环刺螠体壁制备海鲜调味基料的最佳工艺。[方法] 以单环刺螠体壁为原料, 将物理抽提法与酶解法相结合制备海鲜调味基料, 分析单环刺螠体壁的基本营养成分、氨基酸组成, 并采用单因素试验和正交试验优化酶解工艺。[结果] 采用风味蛋白酶进行酶解, 最优酶解工艺条件为酶解温度 50 ℃、料液比 1:4、加酶量 7 000 U/g、酶解时间 5 h。在该条件下蛋白水解度为 38.23%, 所得酶解液风味较好、分子量较低。[结论] 将酶解液过滤后与蒸煮所得上清液复合即得到鲜味浓郁、营养丰富的单环刺螠海鲜调味基料, 可用于进一步复配加工成相关海鲜调味料。

关键词 单环刺螠; 营养评价; 酶解; 水解度; 海鲜调味基料

中图分类号 TS 254 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)18-0168-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.18.041



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Technology Research of Preparation of Seafood Flavor Condiment Base from *Urechis unicinctus* Body Wall

FU Xue-yuan¹, SUN Cheng-hao², WANG Chang-wei¹ et al (1. Marine Biomedical Research Institute of Qingdao, Qingdao, Shandong 266071; 2. PONY (Qingdao) Testing International Group Co., Ltd, Qingdao, Shandong 266061)

Abstract [Objective] To select the best process for preparing seafood flavouring base from single *Urechis unicinctus* body walls. [Method] The physical extraction and enzymatic hydrolysis was combined to prepare seafood flavor condiment base from *Urechis unicinctus* body wall. The basic nutritional composition, amino acid composition of *Urechis unicinctus* body wall were analyzed; the parameters of enzymolysis were optimized through single factor experiment and orthogonal experiment. [Result] Flavor protease was adopted in the progress of enzymatic hydrolysis, the optimal conditions were as follows: the enzymolysis temperature was 50℃, the solid-liquid ratio was 1:4, the dosage of enzyme was 7 000 U/g, the enzymolysis time was 5 h, under these conditions, the degree of hydrolysis was 38.23%, the obtained enzymatic hydrolysate has better flavor and lower molecular weight. [Conclusion] The filtered enzymatic hydrolysate will be combined with the supernatant after boiled, and this combined liquid was *Urechis unicinctus* seafood flavor condiment base, which was rich in nutrients and umami flavor and can be used for further compounding and processing to related seafood seasonings.

Key words *Urechis unicinctus*; Nutrition evaluation; Enzymatic hydrolysis; Degree of hydrolysis; Seafood flavor condiment base

单环刺螠(*Urechis unicinctus*), 俗称海肠, 隶属螠虫动物门, 主要分布于中国、俄罗斯、日本、朝鲜沿海地区的泥潭或岩石缝中^[1], 其营养成分接近海参, 因此被誉为裸体海参^[2]。单环刺螠营养价值丰富, 体壁占总质量的 32% 左右, 含有丰富的蛋白质^[3], 氨基酸组成合理, 含有多种必需氨基酸。生物活性肽、纤溶酶等含量丰富^[4], 呈味氨基酸含量丰富^[5], 味道鲜美, 是制作海鲜调味料的良好材料。

目前市面上常见的海鲜调味料有鱼露、虾油、耗油等, 主要以鱼、虾、贝类为原料, 经过抽提、分解、加热、浓缩等工艺^[6], 使天然鲜味释放。根据加工方式不同, 调味料分为分解型、抽提型和反应型^[7]。分解型调味料是通过加酸、加酶、发酵等方式将原料分解, 形成富含氨基酸、多肽、有机酸的调味液^[8-10]; 抽提型海鲜调味料是经过抽提、分离、混合等产生鲜味浓郁的天然浸出物, 常用方法有水提法、醇提法^[11]; 反应型调味料是通过氨基酸和糖类的美拉德反应制备天然香基, 再经调配后得到成品调味料^[12-13]。

有学者对以单环刺螠为原料制备海鲜调味料进行研究和开发。在李新民^[14]的研究中, 将海肠烘烤、粉碎得到海肠粉, 经复配得到海肠调味料; 刘海梅等^[15]采用复合风味蛋白酶或木瓜蛋白酶直接酶解海肠, 改善了水解液风味; 王思婷

等^[16]通过风味蛋白酶酶解海肠, 再经喷雾干燥制得海肠调味颗粒。该研究创新了提取工艺, 将物理抽提法与加酶分解法相结合, 研究了酶解工艺条件和工艺参数, 所得调味液基料滋味鲜美, 既保留了海肠原始风味, 又进一步释放鲜味成分, 可用于加工成单环刺螠调味料。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂 新鲜单环刺螠: 购自青岛麦岛海鲜水产市场; 中性蛋白酶(130 000 U/g)、碱性蛋白酶(220 000 U/g)、风味蛋白酶(130 000 U/g)、胰蛋白酶(350 000 U/g)、复合蛋白酶(52 000 U/g): 南宁庞博生物工程有限公司, 食品级; 石油醚、甲醛、氢氧化钠: 国药集团化学试剂有限公司, 分析纯; 其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备 Agilent 1260 高效液相色谱仪, 安捷伦科技有限公司; L-8900 型氨基酸自动分析仪, 日本日立公司; SKD-100 型凯氏定氮仪, 上海沛欧分析仪器有限公司; QSJ-B03E1 型料理机, 广东小熊电器有限公司; HWS24 型恒温水浴锅, 上海一恒科学仪器有限公司; SHA-C 型恒温振荡器, 常州国华电器有限公司; BSA2202S 型电子天平, 梅特勒-托利多仪器有限公司; PH400 型 pH 计, 安莱立思仪器科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 单环刺螠基本营养成分分析。 水分: 参照 GB/T 5009.3—2016, 直接干燥法测定; 灰分: 参照 GB/T 5009.4—2016, 灼烧法测定; 蛋白质: 参照 GB/T 5009.5—2016, 半微量凯氏定氮法测定; 总脂: 参照 GB/T 5009.6—2016, 索氏抽提法测定。

基金项目 国家自然科学基金青年科学基金项目(51703214)。

作者简介 付雪媛(1990—), 女, 山西阳泉人, 工程师, 硕士, 从事海洋水产品高值化利用研究。* 通信作者, 教授, 博士, 博士生导师, 从事海洋功能制品研究。

收稿日期 2021-02-19

1.3.2 氨基酸组成分析。参照 GB/T 5009.124—2016 食品中氨基酸的测定。采用氨基酸自动分析仪测定,855-4506 型离子交换柱(4.6 mm×60.0mm),柱温 57 ℃,泵流速 0.4 mL/min,进样体积 20 μL,分析时间 50 min。

1.3.3 分子量分析。参照 GB 31645—2018 进行测定。采用高效液相色谱法,TSK GEL G2000SWXL 色谱柱,柱温 30 ℃,体积流量 0.8 mL/min,流动相为体积比 1:1 的乙腈与 0.2%三氟乙酸混合溶液,检测波长 220 nm,结果通过 GPC 软件进行分析。

1.3.4 单环刺螈体壁海鲜基料的制备工艺。将单环刺螈体壁置于搅碎机搅碎→调整料液比为 1:2→小火煮沸蒸煮 2 h→过滤得上清备用→剩余固体冷却后调整料液比→调节 pH→加酶恒温酶解→灭酶→冷却→过滤得上清液→与蒸煮上清液合并→单环刺螈体壁海鲜基料。

1.3.5 酶解单因素试验。在固定其余因素不变的情况下,分别考察料液比、酶解温度(℃)、酶解时间(h)、加酶量(U/g)对蛋白质水解度的影响,以此数据作为正交试验设计的依据。

1.3.6 酶解正交试验。在单因素试验的基础上,采用风味蛋白酶,固定酶解液 pH 为 7.5,选择酶解料液比、加酶量、酶解时间、酶解温度为因素,以蛋白质水解度为试验指标,进行 4 因素 3 水平正交优化试验。因素水平设计见表 1。

表 1 正交试验因素水平				
Table 1 Factor and level of orthogonal experiment				
因素 Factors				
水平 Level	料液比 Solid-liquid ratio	加酶量 Enzyme dosage//U/g	酶解时间 Enzymatic hydrolysis time//h	酶解温度 Enzymatic hydrolysis temperature//℃
1	1:2	6 000	5	45
2	1:3	7 000	6	50
3	1:4	8 000	7	55

1.3.7 蛋白质回收率与水解度测定。参照 GB/T 6432—2018,采用凯氏定氮法测定原料和酶解液中总氮含量;参照 GB 5009.235—2016,中性甲醛滴定法测定游离氨基态氮含量。

蛋白质回收率(%)= 水解液总氮含量/原料总氮含量 × 100;蛋白质水解度(%)= 水解液游离氨基态含量/水解液总氮含量×100

1.4 数据分析 对所有数据利用 SPSS18.0 统计软件进行处理,多组数据之间统计学差异采用单因素方差分析, $P<0.05$ 表示显著性差异。

2 结果与分析

2.1 单环刺螈体壁基本营养成分 由表 2 可知,单环刺螈体壁水分含量为 82.70%,蛋白质含量为 12.63%,总脂含量为 1.55%,灰分含量为 2.22%,其中蛋白质含量占干重的 71.01%,含量丰富。

2.2 单环刺螈体壁氨基酸 通过检测 18 种氨基酸,单环刺螈体壁的氨基酸组成见表 3。单环刺螈体壁中谷氨酸含量为非必需氨基酸最高,达到 9.81%,其次为甘氨酸(8.86%)、丙氨酸(8.20%),色氨酸未检测出。谷氨酸、丙氨酸和甘氨酸等均为重要的呈味氨基酸,其总和占氨基酸总量比例(DAA/TAA)达到57.35%,这可能是单环刺螈味道鲜美的原因所在。

FAO/WHO 的理想模式认为,EAA/TAA 接近 40%营养价值较好。单环刺螈体壁的 EAA/TAA 为 31.17%,较为接近 FAO/WHO 的标准。

表 2 单环刺螈体壁基本营养成分
Table 2 The essential nutrients of *Urechis unicinctus* body wall %

基本成分 Basic components	湿基 Wet basis	干基 Dry basis
水分 Water content	82.70±0.08	—
蛋白质 Protein	12.63±0.25	71.01±0.57
总脂 Total fat	1.55±0.01	8.70±0.11
灰分 Ash content	2.22±0.13	12.49±0.22

必需氨基酸评分结果见表 4。8 种必需氨基酸的含量及构成比例是评价蛋白质营养价值的依据,通常以 FAO/WHO 推荐的 EAA 模式和蛋氨酸模式进行参比。单环刺螈体壁检测出 7 种必需氨基酸,其中苏氨酸的 AAS 评分最高,为1.18,蛋氨酸+胱氨酸的 AAS 评分最低,为 0.52,其余各项氨基酸评分均接近 1.00,说明单环刺螈体壁必需氨基酸结构较为合理,基本符合人体对必需氨基酸的需求,具有较高的营养价值。

表 3 单环刺螈体壁氨基酸分析
Table 3 The amino acid analysis of *Urechis unicinctus* body wall

分类 Type	氨基酸种类 Amino acid species	含量 Content//%	合计 Total %
非必需氨基酸 NEAA	天门冬氨酸 Asp [*]	6.11	41.26
	谷氨酸 Glu [*]	9.81	
	丙氨酸 Ala [*]	8.20	
	甘氨酸 Gly [*]	8.86	
	胱氨酸 Cys [#]	0.30	
	脯氨酸 Pro	2.88	
	丝氨酸 Ser	3.44	
	酪氨酸 Tyr [*]	1.66	
	组氨酸 His	1.65	
	精氨酸 Arg	4.75	
半必需氨基酸 SEAA	缬氨酸 Val [@]	2.70	19.89
必需氨基酸 EAA	蛋氨酸 Met [#]	1.03	
	苯丙氨酸 Phe [*]	1.96	
	异亮氨酸 Ile [@]	2.46	
	亮氨酸 Leu [@]	4.41	
	赖氨酸 Lys	3.89	
	苏氨酸 Thr	3.44	
	色氨酸 Trp	0	
	鲜味氨基酸总量(DAA)	36.60	
	含硫氨基酸总量(SAA)	1.33	
	支链氨基酸总量(BCAA)	9.57	
	氨基酸总量(TAA)	63.82	
EAA/TAA		31.17	
EAA/NEAA		48.21	
DAA/TAA		57.35	

注: * .呈味氨基酸;#.含硫氨基酸;@ .支链氨基酸
Note: * .Flavor amino acids;#.Sulfur containing amino acids;@ .Branched chain amino acids

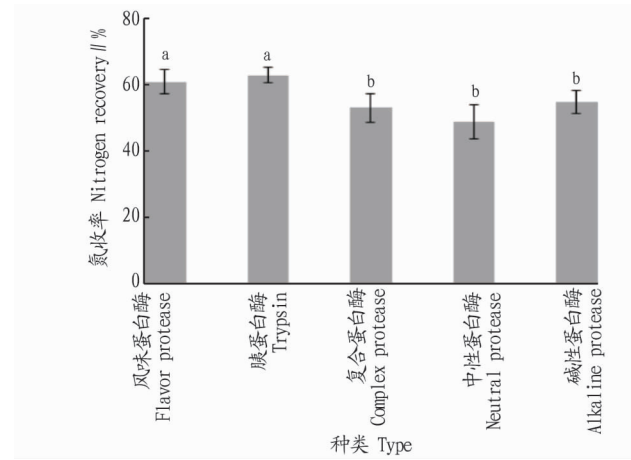
2.3 酶种类筛选 比较风味蛋白酶、胰蛋白酶、复合蛋白酶、中性蛋白酶、碱性蛋白酶对酶解效果的影响,酶解参数见表 5。以蒸煮后剩余固体为原料进行酶解,以氮收率和水解度

为考察指标,结果见图 1。5 种蛋白酶中,胰蛋白酶和风味蛋白酶酶解后氮收率分别达到 63.10%和 61.08%,两者无显著性差异,但显著高于复合蛋白酶、中性蛋白酶与碱性蛋白酶;风味蛋白酶酶解后水解度达到 33.25%,显著高于其他 4 种酶。鉴于风味蛋白酶酶解后氮收率和水解度较高,且酶解液风味较好,因此选择风味蛋白酶为最适宜水解酶。

表 4 单环刺蝟体壁必需氨基酸评分

Table 4 The evaluation of essential amino acids of *Urechis unicinctus* body wall

必需氨基酸 EAA	FAO/ WHO // %	单环刺蝟 <i>Urechis</i> <i>unicinctus</i> // %	AAS 评分 AAS score
缬氨酸 Val	5.00	3.70	0.74
苏氨酸 Thr	4.00	4.71	1.18
异亮氨酸 Ile	4.00	3.37	0.84
亮氨酸 Leu	7.00	6.04	0.86
赖氨酸 Lys	5.50	5.33	0.97
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	3.50	1.82	0.52
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	6.00	4.96	0.83



注:不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ($P<0.05$)

图 1 5 种蛋白酶水解度和氮收率

Fig.1 The degree of hydrolysis and nitrogen recovery of five proteases

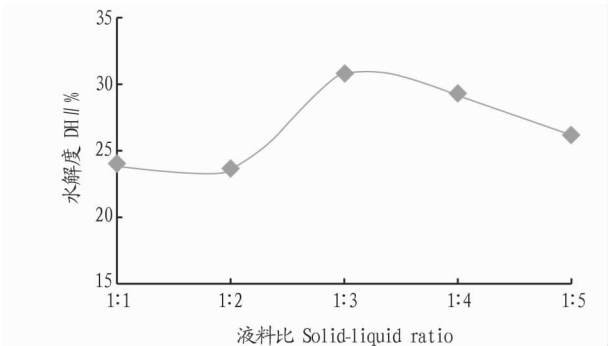


图 2 不同料液比对水解度的影响

Fig.2 Effect of different solid-liquid ratio on the degree of hydrolysis

2.4.2 不同酶解温度对水解度的影响。固定料液比 1:3,提取时间 4 h,加酶量 7 000 U/g,研究不同酶解温度对水解度的影响,结果见图 3。从图 3 可见,随着酶解温度的升高,蛋白水解度不断增大,到 50 ℃ 时水解度最高,达到 31.50%,当酶

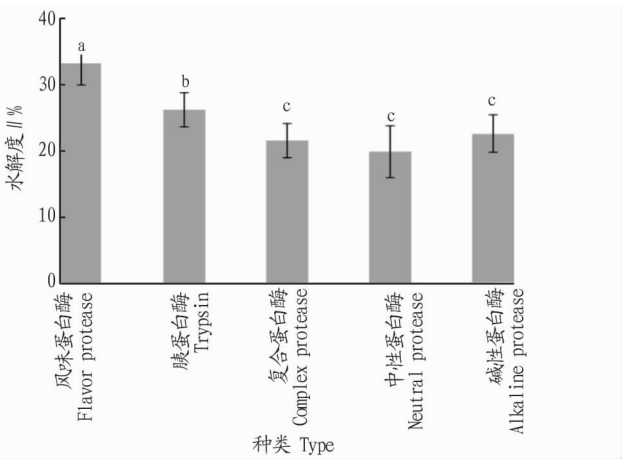
表 5 5 种蛋白酶酶解参数

Table 5 Enzymatic hydrolysis parameters of five proteases

酶种类 Enzyme type	pH	温度 Tempe- rature ℃	时间 Time h	加酶量 Enzyme dosage U/g	料液比 Solid- liquid ratio
风味蛋白酶 Flavor protease	7	50	4	6 000	1:3
胰蛋白酶 Trypsin	8	50	4	6 000	1:3
复合蛋白酶 Complex protease	7	50	4	6 000	1:3
中性蛋白酶 Neutral protease	7	45	4	6 000	1:3
碱性蛋白酶 Alkaline protease	10	45	4	6 000	1:3

2.4 酶解单因素试验

2.4.1 不同料液比对水解度的影响。固定提取温度 50 ℃,提取时间 4 h,加酶量 7 000 U/g,研究不同料液比对蛋白水解度的影响,结果见图 2。从图 2 可见,在料液比为 1:3 时,水解度达到最高水平,为 30.66%。随着加水量增加,水解度呈下降趋势,原因可能是酶浓度降低,难以充分与单环刺蝟蛋白接触,从而难以充分酶解。因此,选择料液比为 1:3 作为酶解提取的适宜条件。



注:不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ($P<0.05$)

图 3 不同酶解温度对水解度的影响

Fig.3 Effect of different enzymatic temperatures on the degree of hydrolysis

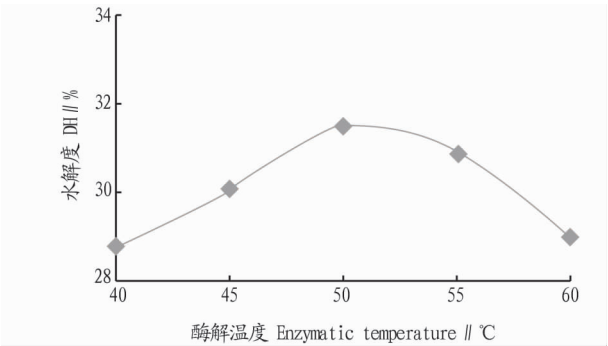


图 3 不同酶解温度对水解度的影响

Fig.3 Effect of different enzymatic temperatures on the degree of hydrolysis

解温度继续升高至 60 ℃ 时,水解度下降至 29.10%。温度升高时,酶和底物的分子扩散运动加快,结合速率提高,因此使得水解度不断升高,当达到一定温度后继续升高温度时,酶活力下降,水解度降低,因此选择 50 ℃ 作为风味蛋白酶酶解

的适宜温度。

2.4.3 不同酶解时间对水解度的影响。固定料液比 1:3,提取温度 50 ℃,加酶量 7 000 U/g,研究不同酶解时间对蛋白水解度的影响,结果见图 4。从图 4 可见,在 3~6 h,随着酶解时间的延长,水解度不断上升,到 6 h 时水解度达到 32.22%。随着酶解时间的进一步延长,水解度呈下降趋势。过长水解时间可能导致蛋白过度水解产生苦味肽,且提高制备成本。因此,选择 6 h 作为最佳酶解时间。

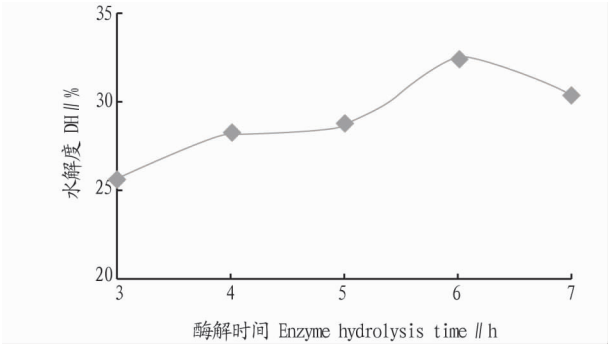


图 4 不同酶解时间对水解度的影响

Fig.4 Effect of different enzymatic time on the degree of hydrolysis

2.4.4 不同加酶量对水解度的影响。固定料液比 1:3,提取温度 50 ℃,酶解时间 4 h,研究不同加酶量对水解度的影响,结果见图 5。由图 5 可知,随着加酶量的增加,水解度不断上升。当加酶量为 7 000 U/g 时,水解度达到 32.75%,加酶量继续增加,水解度反而下降,当加酶量为 11 000 U/g 时,水解度为 30.67%。这是由于当酶浓度过高时酶与底物接触已经饱和,不会再提高水解效率。因此,选择 7 000 U/g 作为单环刺螈体壁酶解的适宜加酶量。

2.5 酶解正交优化试验 在单因素试验的基础上,采用风味蛋白酶,固定酶解液 pH 为 7.0,选择酶解料液比、加酶量、酶解时间、酶解温度为因素,以水解度为试验指标,进行 4 因素 3 水平正交优化试验,结果见表 6。由表 6 可知,风味蛋白酶酶解单环刺螈体壁过程中,各因素对水解度的影响从大到小依次为料液比、酶解温度、酶解时间、加酶量。最佳酶解条件

组合为料液比 1:4,酶解温度 50 ℃,酶解时间 5 h,加酶量 7 000 U/g。在该试验条件下进行验证试验,平行 3 次,水解度为 $(38.23\pm1.32)\%$,优于最大值 38.11%。

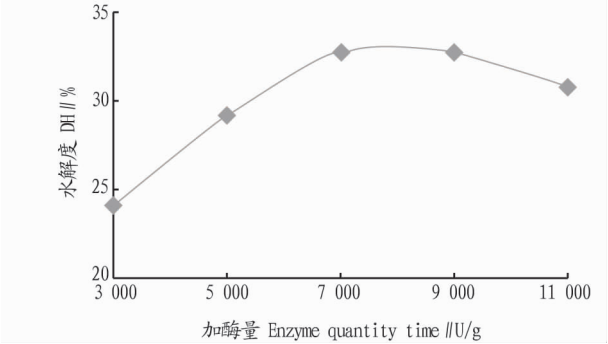


图 5 不同加酶量对水解度的影响

Fig.5 Effect of different enzyme quantity on the degree of hydrolysis

表 6 正交优化试验结果

Table 6 The result of orthogonal experiment

试验号 Test No.	料液比 Solid-liquid ratio	加酶量 Enzyme dosage U/g	酶解时间 Enzymatic hydrolysis time//h	酶解温度 Enzymatic hydrolysis tempera- ture//℃	水解度 Degree of hydrolysis %
1	1:2	6 000	5	45	27.03
2	1:2	7 000	6	50	29.10
3	1:2	8 000	7	55	27.37
4	1:3	8 000	5	50	36.90
5	1:3	6 000	6	55	34.10
6	1:3	7 000	7	45	37.95
7	1:4	7 000	5	55	36.73
8	1:4	8 000	6	45	38.11
9	1:4	6 000	7	50	34.65
k_1	27.83	33.55	34.36	31.93	
k_2	36.32	33.77	33.55	34.59	
k_3	36.50	33.32	32.73	34.13	
R	8.664	0.447	1.630	2.666	

2.6 分子量测定 采用液相色谱法分别测定酶解液和酶解前单环刺螈体壁固体分子量,分子量分布见图 6。酶解前单环刺螈体壁蛋白质平均分子量为 1 886 Da,酶解后分子量为 637 Da,说明在该试验条件下,风味蛋白酶能够将大分子蛋

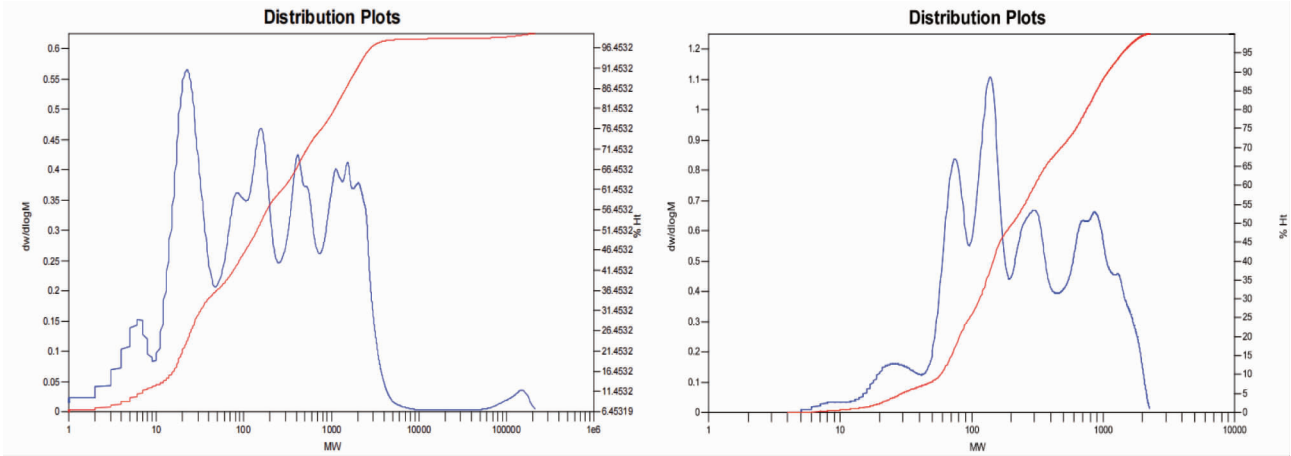


图 6 酶解前后分子量分布图谱

Fig.6 The distribution plots of molecular weight before and after enzymatic hydrolysis

大到小依次为澄清剂用量、药液浓度、絮凝温度,且澄清剂用量具有显著差异($P<0.05$),药液浓度对绿原酸含量有显著差异,对出膏率和总皂苷含量无显著差异,絮凝温度无显著差异,结合实际生产条件,最佳工艺组合条件为 $A_3B_2C_3$,即在药液浓度为1:6,此时药液密度为 $(1.015\pm0.005)\text{g/mL}$ ($60\text{ }^\circ\text{C}$),先加入8%B组分,再加入4%A组分,在 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下进行澄清工艺。验证结果表明工艺稳定可行,能最大可能保证出膏率、绿原酸含量和总皂苷含量,为其他中药制剂澄清工艺提供了试验依据,也为其广泛推广奠定了基础。

参考文献

- [1] 张兆旺.中药药剂学[M].北京:中国中医药出版社,2003:185.
- [2] 王燕伟,吕圭源.醇处理影响中药制剂的成分与作用[J].浙江中医学院学报,1995,19(2):30-31.
- [3] 颜红.天然澄清剂在中药水提液澄清工艺中的应用[J].中国药导报,2005,11(1):80-82.
- [4] 张三平.吸附澄清剂在中药制剂中的应用研究[J].中国药房,2008,19(6):461-464.
- [5] 朱丹,赵洪军,瞿伟菁.ZTC1+1-II澄清剂用于芦笋老茎汁的澄清工艺研究[J].食品与发酵工业,2010,36(8):118-121.
- [6] 陈文良,陈文龙,王敏,等.II型ZTC1+1天然澄清剂纯化土茯苓多糖的工艺研究[J].中成药,2015,37(7):1605-1610.
- [7] 赵丹,朱澄云,王中彦.参芝安神口服液澄清工艺研究[J].吉林中医药,2017,37(10):1046-1048.

(上接第171页)

白质切割为小分子肽段或游离氨基酸,酶解效果显著。

3 结论

该研究以单环刺螠为原料进行基本营养成分分析及氨基酸分析,结果表明,单环刺螠具有高蛋白、低脂肪的营养特点,氨基酸含量丰富,其中必需氨基酸占比达31.17%,呈味氨基酸占比达57.35%,说明单环刺螠不仅营养丰富且味道鲜美,可以作为海鲜调味料的原料进行开发。

将抽提法与酶解法的工艺条件结合,经蒸煮抽提后的单环刺螠体壁进一步酶解,确定风味蛋白酶作为最适宜水解酶,经过单因素试验和正交试验确定最适酶解条件,当酶解条件为酶解温度 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 、料液比1:4、加酶量 $7\ 000\text{ U/g}$ 、酶解时间5 h时,蛋白水解度最高,为38.23%,且酶解液分子量较低,利于人体吸收;所得的酶解液经过滤后与前期蒸煮过滤得到的上清液合并(为增强基料鲜味的浑厚感)即为单环刺螠海鲜调味料基料,该基料风味鲜美、澄清、无苦味,可用于进一步加工复配成海鲜调味料。该研究为单环刺螠海鲜调味料的开发提供了理论依据。

参考文献

- [1] 刘峰,孙涛,纪元,等.单环刺螠生物学及生态学研究进展[J].海洋科

- [8] 白鸿.保健食品功效成分检测方法[M].北京:中国中医药出版社,2011.
- [9] 汤漠,唐安福,崔恩忠,等.ZTC1+1天然澄清剂在中药制剂工艺应用中的影响因素分析[J].医学研究生学报,2012,25(3):324-326.
- [10] 李艳敏,赵树欣.不同酒类澄清剂的澄清机理与应用[J].中国酿造,2008,27(1):1-5.
- [11] 李冲,余佑,邹海英,等.椴果果酒澄清工艺优化[J].食品工业科技,2017,38(24):212-216,291.
- [12] 杨立英,李超,史红梅,等.果酒浑浊产生原因及澄清方法[J].中外葡萄与葡萄酒,2009(9):51-53.
- [13] 雷载权.普通高等教育中医药类规划教材·中药学[M].上海:上海科学技术出版社,2003:230.
- [14] 左军,尹柏坤,胡晓阳.桔梗化学成分及现代药理研究进展[J].辽宁中医药大学学报,2019,21(1):113-116.
- [15] 吴娇,王聪,于海川.金银花中的化学成分及其药理作用研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(4):225-234.
- [16] 田雨弘.桔梗的化学成分分析及药理活性研究[D].长春:吉林农业大学,2017.
- [17] 李黎,孙晶.多倍体金银花与二倍体金银花不同部位提取物的抑菌作用及绿原酸含量的比较研究[J].食品科技,2012,37(8):225-227,231.
- [18] 杜江.金银花主要成分绿原酸对RSV感染RAW264.7细胞的TLR3信号通路的影响[J].齐齐哈尔医学院学报,2017,38(6):626-628.
- [19] 曹阳阳,郭斌.II型ZTC1+1天然澄清剂在罗摩多糖纯化中的应用[J].沈阳药科大学学报,2012,29(12):959-962.
- [20] 卞益民,徐晓梅,赖水招,等.IV型ZTC1+1天然澄清剂在中草药制剂生产中的应用研究[J].中草药,1998,29(8):523-526.
- [21] 张萍,吴月国,刘骅.ZTC1+1-II澄清剂用于中药水提液澄清[J].中国中药杂志,2007,32(2):113-115.

学,2017,41(10):125-131.

- [2] 王雷,刘海梅,彭鸽,等.单环刺螠营养成分及体内活性物质的研究进展[J].鲁东大学学报(自然科学版),2011,27(4):342-345.
- [3] 刘春娥,林宏坤,冯雪,等.单环刺螠(*Urechis unicinctus*)酶解及酶解产物功能研究[J].饲料工业,2018,39(10):44-47.
- [4] SUNG W S, PARK S H, LEE D G. Antimicrobial effect and membrane-active mechanism of Urechistachykinins, neuropeptides derived from *Urechis unicinctus* [J]. FEBS Letters, 2008, 582(16): 2463-2466.
- [5] 李诺,宋淑淑,唐永政,等.单环刺螠体壁氨基酸组分与含量的分析[J].齐鲁渔业,2000,17(5):26-27,49.
- [6] 刘秀琴.天然调味料的发展趋势[J].粮油食品科技,2003,11(6):27-28.
- [7] 吴进卫,颜伟.海鲜调味料概述[J].中国食品添加剂,2008(S1):120-124.
- [8] 叶强,贾彩荷.海鲜调味料的研究[J].肉类工业,2010(10):33-35.
- [9] 张晓羽.风味蛋白酶酶解海带制备海鲜调味料的研究[D].大连:大连工业大学,2018.
- [10] 陈启航,朱秀花,俞珺,等.金枪鱼蒸煮液酶解工艺优化及风味海鲜调味汁的制备[J].食品工业科技,2018,39(9):124-130.
- [11] 耿瑞婷.扇贝加工副产物制备海鲜调味汁的工艺研究[D].舟山:浙江海洋学院,2014.
- [12] 徐坤华,吴佳佳,王宏海,等.美拉德反应及其在水产调味料中的应用[J].食品工业科技,2013,34(17):378-383.
- [13] 方杰. Maillard 反应制备紫蛤调味料的研究[D].湛江:广东海洋大学,2012.
- [14] 李新民.一种海肠调味粉:CN200810016125.8[P].2008-10-01.
- [15] 刘海梅,张治财,尹晓洁,等.单环刺螠体壁肌酶解工艺参数的研究——复合风味蛋白酶[J].中国调味品,2013,38(11):14-17,30.
- [16] 王思婷,薛蕊,宋晨,等.单环刺螠功能性调味料的研制[J].农产品加工,2019(23):5-8.