

淡水鱼下脚料酶解酿制风味调味汁

姚芳, 祁兴普, 刘萍

(江苏畜牧兽医职业技术学院食品科技系, 江苏泰州 225300)

摘要: 在单因素试验基础上, 通过正交试验对利用淡水鱼下脚料制备鱼酿调味汁的工艺技术进行优化。结果表明: 最适酶解反应工艺条件为添加蛋白酶(风味蛋白酶:碱性蛋白酶=1:1)0.25g/100g, 在55℃、pH7.5条件下酶解4h; 最适发酵工艺条件为添加2.0g/100g酵母在35℃条件下发酵1h; 最适美拉德反应的工艺条件为添加还原糖(木糖:葡萄糖=1:3)4g/100g、L-半胱氨酸盐酸盐1.0g/100g, 在115℃条件下反应40min。研制出的调味汁有浓郁的肉香味和酱香味, 无鱼腥味, 游离态氨基酸态氮含量0.86g/100mL, 是一种很有发展潜力的天然调味品。

关键词: 淡水鱼; 下脚料; 酶解; 发酵; 美拉德反应; 调味汁

Preparation of Flavorful Sauce from Freshwater Fish By-products by Enzymatic Hydrolysis and then Fermentation

YAO Fang, QI Xing-pu, LIU Ping

(Department of Food Science and Technology, Jiangsu Animal Husbandry and Veterinary College, Taizhou 225300, China)

Abstract: Based on one-factor-at-a-time experiments, orthogonal array design method was employed to optimize the preparation of flavorful sauce from freshwater fish by-products by enzymatic hydrolysis followed by fermentation. The highest degree of hydrolysis was achieved when a mixture of flavorzyme and alcalase at a ratio of 1:1 was added at a dose of 0.25 g/100 g for 4 h of hydrolysis at 55 °C and pH 7.5. The hydrolysate was completely deodorized after 1 h of fermentation at 35 °C with yeast at an inoculum size of 2.0 g/100 g. The Maillard reaction products of the fermentation broth obtained after reaction at 115 °C for 40 min in the presence of a mixture of xylose and glucose (1:3) at a concentration of 4 g/100 g and L-cysteine hydrochloride at 1.0 g/100 g showed the highest sensory score. The flavorful sauce obtained revealed a strong meat and sauce flavor and no fishy odor. The free amino nitrogen content was 0.86 g/100 mL. Thus, it is a natural seasoning with great development potential.

Key words: freshwater fish; by-products; enzymatic hydrolysis; fermentation; Maillard reaction; sauce

中图分类号: TS254.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)06-0044-06

淡水鱼类在出售和加工过程中会产生大量的下脚料(鱼头、鱼皮、鱼鳍、鱼尾、鱼骨、内脏及残留鱼肉等), 质量约占原料鱼的40%~55%, 蛋白质高达14g/100g, 油脂约为9.2g/100g, 此外还含有丰富的卵磷脂、维生素和多种矿物质^[1]。目前主要用于生产鱼粉饲料和作为废物直接丢弃, 不仅浪费蛋白质资源, 而且污染环境。究其原因主要有: ①淡水鱼水分含量高, 鱼体内组织酶活跃, 下脚料难以储藏, 并带有浓重的腥味; ②下脚料加工业存在技术薄弱、卫生安全性低等突出问题; ③鱼下脚料加工难度大、途径少、成本高、利润低^[2]。

随着鱼类资源的日益匮乏, 水产品开发的快速发展, 对鱼类加工下脚料的高值化利用越来越受到人们的

重视。利用低值鱼和水产加工下脚料中残留的蛋白质资源制备富含氨基酸和多肽的调味品一直是国内外研究的热点^[3-5]。因此, 利用发酵和酶技术, 将鱼类下脚料加工成营养丰富的鱼酿调味汁, 可大大提高下脚料的价值, 减少浪费和环境污染, 同时满足市场对高档调味品的需求, 具有重要的经济和社会意义。本实验拟以淡水鱼下脚料为对象, 研究在外加酶和酵母菌的情况下, 通过美拉德反应制成鱼酿调味汁的工艺技术, 以期找到一条具有潜力的淡水鱼下脚料利用途径, 提高淡水鱼的附加值。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

收稿日期: 2011-11-03

基金项目: 泰州科技发展计划指导性项目(2011021); 泰州市横向项目(HZ201101)

作者简介: 姚芳(1980—), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为食品加工与贮藏。E-mail: yaofang7577@yahoo.com.cn

淡水鱼下脚料、食盐 市购；碱性蛋白酶($1.5 \times 10^5 \text{U/g}$)、风味蛋白酶($8.0 \times 10^4 \text{U/g}$)、中性蛋白酶($1.0 \times 10^5 \text{U/g}$) 丹麦诺维信公司；胰酶($2.0 \times 10^4 \text{U/g}$) 杭州三叶公司；木瓜蛋白酶($1.0 \times 10^4 \text{U/g}$) 广州酶制剂厂；胃蛋白酶($2.1 \times 10^4 \text{U/g}$) 美国 Sigma 公司；酵母 安琪酵母股份有限公司；木糖、葡萄糖、L-半胱氨酸盐酸盐、VB₁ 郑州天健生物技术有限公司；其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

AL204 型电子分析天平、EL-20K 酸度计 梅特勒-托利多(上海)仪器厂；HHS 型电热恒温水浴锅 上海博讯实业有限公司；MGB-090 电动绞肉机 广东省佛山市顺德名健电器制造有限公司；JB200-S 数显强力电动搅拌机 上海精密仪器厂；TD5A-WS 型台式低速电动离心机 江苏金坛恒丰仪器制造有限公司；LAC-5060S 型全自动高压杀菌锅 韩国莱伯公司。

1.3 方法

1.3.1 风味调味汁生产工艺流程

淡水鱼下脚料→清洗→绞碎→酶解→盐渍→发酵→过滤、离心，取上清液→调配→装瓶→灭菌(美拉德反应)→成品

1.3.2 风味调味汁生产操作要点

清洗、绞碎：将废弃的淡水鱼下脚料漂洗干净，加 1:1 的水，用绞肉机绞成匀浆；酶解：调节体系 pH7.5，加入蛋白酶，不断搅拌下慢速升温至 55℃，进行保温酶解，每隔 0.5h 取样，测定水解液中氨基酸态氮含量，计算水解度；盐渍：当水解度的增加缓慢时，加入 6g/100g 的食盐，抑制蛋白质水解液的腐败变质；发酵：加入活性干酵母，在 33~38℃ 条件下发酵，以除去鱼腥味；过滤、离心：过滤除去蛋白质水解液中的不溶物和悬浮物，进一步离心取上清液；调配：根据配方需要加入还原糖、L-半胱氨酸盐酸盐和其他辅料，搅拌均匀；灭菌(美拉德反应)：调节 pH7.0~7.5 后，置于 200mL 玻璃瓶中，密封，115℃ 灭菌 40min，冷却，即得鱼腥调味汁。

1.3.3 指标测定

氨基酸态氮含量：参照 GB/T 5009.39—2003《酱油卫生标准的分析方法》测定；蛋白质含量：参照 GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》测定；微生物指标：参照 GB 4789.2—2010《食品微生物学检验：菌落总数测定》和 GB 4789.3—2010《食品微生物学检验：大肠菌群计数》测定。

1.3.4 水解度测定与计算

水解度(degree of hydrolysis, DH)是指底物蛋白质中被水解肽键数占肽键总数的相对含量，它是控制水解

过程的一个重要参数^[6]，其计算式为：

$$\text{水解度} / \% = \frac{\text{水解液的氨基酸态氮含量}}{\text{样品蛋白质含量}} \times 100$$

1.3.5 蛋白质利用率计算

表明酶解对蛋白质资源的利用情况^[7]，其计算式为：

$$\text{蛋白质利用率} / \% = \frac{\text{水解清液中蛋白质含量}}{\text{样品中总蛋白质含量}} \times 100$$

1.3.6 鱼腥味感官评价方法

由 10 名受过专门训练的且对鱼腥味比较敏感的感官评定员组成评判小组，将闻香纸浸入脱腥发酵液中 1~2cm 深，在离闻香纸 2~3cm 处通过鼻孔吸气，每次 2~3s，以双蒸水作为参照，按照无腥味(0 分)、腥味很轻(1 分)、腥味轻(2 分)、腥味一般(3 分)、腥味较重(4 分)和腥味很重(5 分)6 个级别进行评分，满分 5 分，分值越大，则表示鱼腥味越重。

1.3.7 美拉德反应物风味的感官评价方法

以嗅感、口味、色泽和外观为评价指标，采用先看再闻后尝的方式^[8]，对美拉德反应后的调味汁进行品评。感官评定人员由经验丰富的 10 人组成，采用综合评分法，满分 10 分，取平均值，分值越大，说明调味汁的综合风味越好。

1.4 工艺优化试验

1.4.1 酶解工艺参数优化正交试验

采用正交试验优化酶解工艺参数，选用质量比 1:1 的碱性蛋白酶-风味蛋白酶作为试验用酶。4 因素为蛋白酶添加量、温度、时间和 pH 值，在单因素试验基础上，确定各因素水平，以蛋白质水解度为指标，其正交试验设计因素水平见表 1。

表 1 酶解工艺正交试验因素水平

Table 1 Factors and their levels tested in the orthogonal array design for optimizing enzymatic hydrolysis

水平	因素			
	A 蛋白酶添加量/(g/100g)	B 温度/℃	C 时间/h	D pH
1	0.20	50	3	7
2	0.25	55	4	7.5
3	0.30	60	5	8

1.4.2 美拉德反应工艺参数优化正交试验

采用正交试验优化美拉德反应工艺参数，4 因素为还原糖添加量、L-半胱氨酸盐酸盐添加量、温度和时间，在参阅文献资料^[9-13]和预实验的基础上，确定各因素水平，以感官评分作为指标，其正交试验设计因素水平见表 2。

表2 美拉德反应正交试验因素水平

Table 2 Factors and their levels tested in the orthogonal array design for optimizing Maillard reaction

水平	因素			
	A 还原糖添加量/(g/100g)	B L-半胱氨酸盐酸盐添加量/(g/100g)	C 温度/℃	D 时间/min
1	3	0.75	110	20
2	4	1.0	115	40
3	5	1.25	121	60

注：还原糖的组成为木糖与葡萄糖质量比1:3。

1.5 数据分析

采用 SPSS 18.0 软件的 PASW Statistics 进行统计分析，试验设置3~5个平行样。

2 结果与分析

2.1 复合蛋白酶酶解工艺优化

2.1.1 不同蛋白酶酶解效果的筛选

对于淡水鱼下脚料酶解生产高档调味汁的产业化而言，其生产成本、产品质量和风味在很大程度上由酶的用量、组成和专一性决定，因此需要筛选出能高效作用于低值鱼蛋白的蛋白酶。以100g淡水鱼下脚料浆液为底物，分别添加0.2g/100g的木瓜蛋白酶、胰酶、碱性蛋白酶、胃蛋白酶、风味蛋白酶、中性蛋白酶，采用淡水鱼肉浆液天然pH值在55℃条件下酶解3h(其中胃蛋白酶酶解液pH2.5、温度40℃，其余条件相同)，比较各蛋白酶对下脚料酶解效果的影响。

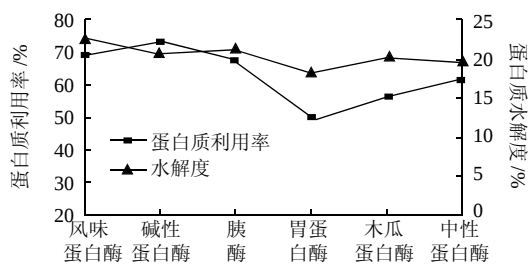


图1 不同蛋白酶水解淡水鱼下脚料的效果比较

Fig.1 Comparison of effectiveness of different proteases in hydrolyzing freshwater fish by-products

由图1可见，就蛋白质利用率而言，胃蛋白酶水解效果最差，木瓜蛋白酶和中性蛋白酶次之，风味蛋白酶和胰酶效果较好，碱性蛋白酶的蛋白质利用率最高。就蛋白质水解度而言，风味蛋白酶的水解度最高，胰酶和碱性蛋白酶较好，木瓜蛋白酶和中性蛋白酶次之，胃蛋白酶效果最差。风味蛋白酶是一种在中性或微酸性条件下酶解蛋白质的真菌蛋白酶和肽酶的复合体，包含有内切蛋白酶和外切肽酶两种活性，能从多肽链内部和末端水解肽键^[14]，达到深度水解和脱苦的目的，水解3h后，蛋白质利用率达到69.3%、水解度达

22.5%。碱性蛋白酶是一种内切丝氨酸蛋白酶，在鱼类资源的酶解上具有显著的优越性^[15]，水解3h后，蛋白质利用率达到73.5%、水解度达20.8%。故选用碱性蛋白酶和风味蛋白酶进行复配。

2.1.2 酶解工艺参数的单因素试验

2.1.2.1 蛋白酶添加量对酶解效果的影响

选用质量1:1的碱性蛋白酶和风味蛋白酶作为试验用酶，称取100g淡水鱼下脚料浆液[料水比1:1(g/mL)]，水解条件为温度55℃、pH7.5、酶解3h，研究蛋白酶不同添加量对酶解效果的影响。

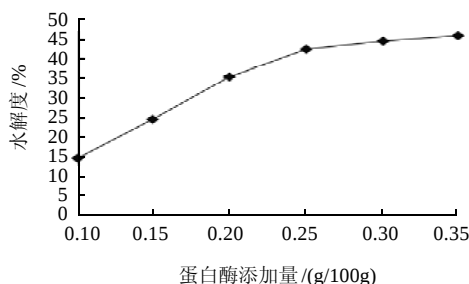


图2 蛋白酶添加量对酶解效果的影响

Fig.2 Effect of enzyme dose on hydrolysis degree

由图2可见，随着酶添加量的增加，鱼蛋白水解度也随之增加，当酶添加量超过0.25g/100g后，水解度的增量趋于平缓，综合经济效益，适宜的加酶量为0.2~0.3g/100g。

2.1.2.2 酶解温度对酶解效果的影响

称取100g下脚料浆液，水解条件为蛋白酶添加量0.25g/100g、pH7.5、酶解3h，研究不同酶解温度对酶解效果的影响。

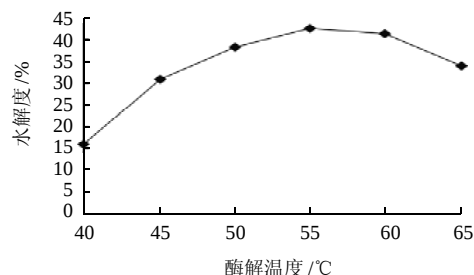


图3 酶解温度对酶解效果的影响

Fig.3 Effect of temperature on hydrolysis degree

由图3可见，随着酶解温度的升高，鱼蛋白水解度增加，超过50℃增加缓慢，55℃时水解度最大，其后下降。这是因为温度升高，蛋白酶活力增加，同时其热变性的速度也增加，当超过最适温度，导致酶变性，酶活力下降。故适宜的酶解温度为50~60℃。

2.1.2.3 酶解时间对酶解效果的影响

称取 100g 下脚料浆液, 水解条件为蛋白酶添加量 0.25g/100g、温度 55℃、pH7.5, 研究不同酶解时间对酶解效果的影响。

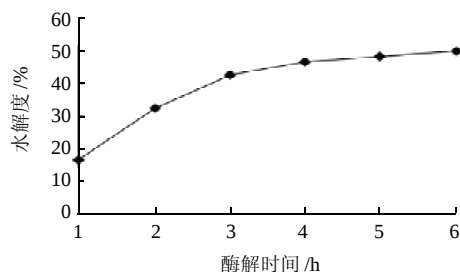


图4 酶解时间对酶解效果的影响

Fig.4 Effect of time on hydrolysis degree

由图4可见, 随着酶解时间的延长, 鱼蛋白水解度也随之增加, 3h 以内水解度迅速增加, 超过 3h 水解度缓慢增加, 综合经济效益, 适宜的酶解时间为 3~5h。

2.1.2.4 pH 值对酶解效果的影响

称取 100g 下脚料浆液, 水解条件为蛋白酶添加量 0.25g/100g、温度 55℃、酶解 3h, 研究不同 pH 值对酶解效果的影响。

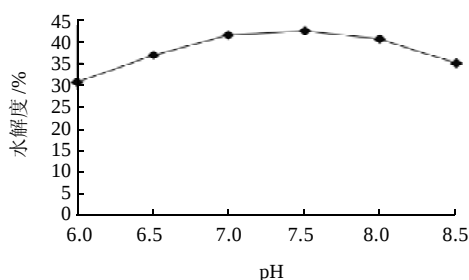


图5 pH 值对酶解效果的影响

Fig.5 Effect of pH on hydrolysis degree

由图5可见, pH 值对酶水解的影响较小, 因为风味蛋白酶的最适 pH 值为 7.0, 但在很广的 pH 值范围内都有较好的活性^[14], 碱性蛋白酶的最适 pH 值在 7~8 之间, 淡水鱼下脚料中含有的内源性蛋白酶在广泛的 pH 值范围内都具有活性。综合考虑, 适宜的 pH 值为 7~8。

2.1.3 酶解工艺参数的优化

本试验采用正交试验优化酶解工艺参数, 综合考虑蛋白酶添加量、酶解温度、酶解时间和 pH 值对淡水鱼下脚料蛋白酶解效果的影响, 结果见表3, 方差分析见表4。

表3 酶解对鱼下脚料蛋白水解度影响的正交试验设计和结果
Table 3 Orthogonal array design arrangement and results for optimizing enzymatic hydrolysis of freshwater fish by-products

试验号	A	B	C	D	水解度/%
1	1	1	1	1	38.4
2	1	2	2	2	40.9
3	1	3	3	3	37.7
4	2	1	2	3	41.3
5	2	2	3	1	43.2
6	2	3	1	2	39.7
7	3	1	3	2	44.3
8	3	2	1	3	45.6
9	3	3	2	1	42.8
K ₁	117.0	124.0	124.0	124.4	
K ₂	124.2	129.7	125.0	124.9	
K ₃	132.7	120.2	125.2	124.6	
R	15.7	9.5	1.2	0.5	

表4 酶解对鱼下脚料蛋白水解度影响的正交试验结果方差分析
Table 4 Analysis of variance for the orthogonal array design results for optimizing enzymatic hydrolysis of freshwater fish by-products

因素	偏差平方和	自由度	方差	F 值	显著性概率	显著性
A	41.176	2	20.588	975.211	0.001	显著(P < 0.05)
B	15.242	2	7.621	361.000	0.003	
C	0.442	2	0.221	10.474	0.087	
误差	0.042	2	0.021			

注: 将极差最小的 D 因素作为误差项。

由表3、4可知, 最佳的淡水鱼下脚料酶解工艺参数为 A₃B₂C₃D₂, 即添加 0.30g/100g 的复合蛋白酶在 55℃、pH7.5 的环境中酶解 5h, 水解度最高。影响淡水鱼下脚料蛋白水解度的因素为 A > B > C > D, 即蛋白酶添加量 > 温度 > 时间 > pH 值。综合经济效益, 添加 0.25g/100g 的复合蛋白酶在 55℃、pH7.5 的环境中酶解 4h 进行实验, 淡水鱼下脚料蛋白水解度可达 46.8%, 与最佳水解条件得到的水解度 47.5% 相近, 方案可行。

2.2 脱腥发酵工艺

采用最适酶解工艺条件得到的鱼蛋白水解液苦味较轻, 但腥味较重。腥味主要来源于原料本身和水解过程, 化学成分是氨、二甲胺、三甲胺, 氮杂环己烷、吡啶, 挥发性氨基酸, 低分子的醛、酮等。本试验采用微生物发酵法脱腥, 将活化过的酵母菌接种于鱼蛋白水解液, 恒温 35℃ 发酵, 结果见表5。

表5 酵母菌发酵法脱腥效果

Table 5 Results of deodorization experiments by yeast fermentation

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
接种量/(g/100g)	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5
发酵时间/h	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
腥味评价	4.5	4.1	3.7	3.6	2.9	2.2	2.0	1.2	0.5	0.3	0	异味	异味	异味	异味

由表 5 可知,添加 2.0g/100g 的酵母恒温 35℃发酵 1h,腥味基本脱除,并能产生特殊的香味,但随着酵母接种量的增多、处理时间的延长,会产生异味。可能是酵母含有的多种酶以腥臭物质为底物转化为无腥臭物质,这与文献报道的酵母能完全去除淡水鱼糜中的腥味^[16]、鲢鱼^[17]、鲤鱼^[18]和鳊鱼^[19]蛋白水解液中的腥味相一致。同时,酵母自溶物中含有丰富的小肽、氨基酸、VB₁等,又可为下一步的美拉德反应提供很好的前体物质。

2.3 美拉德反应工艺参数的优化

以自制淡水鱼下脚料酶解发酵液为原料,通过添加还原糖、半胱氨酸、氯化钠等物质,控制反应条件,制备美拉德反应型调味汁,可增加呈味氨基酸和肉味特有的鲜香味,提高调味品档次。用正交试验优化美拉德反应工艺参数,结果见表 6,方差分析见表 7。

表 6 美拉德反应正交试验设计和结果

Table 6 Design and results of orthogonal tests for Maillard reaction

试验号	A	B	C	D	感官评分
1	1	1	1	1	6.05
2	1	2	2	2	8.57
3	1	3	3	3	6.24
4	2	1	2	3	9.68
5	2	2	3	1	9.02
6	2	3	1	2	9.35
7	3	1	3	2	7.55
8	3	2	1	3	6.96
9	3	3	2	1	8.08
K ₁	20.86	23.28	22.36	23.15	
K ₂	28.05	24.55	26.33	25.47	
K ₃	22.59	23.67	22.81	22.88	
R	7.19	1.27	3.97	2.59	

表 7 美拉德反应正交试验结果方差分析

Table 7 Orthogonal array design arrangement and results for optimizing Maillard reaction

因素	偏差平方和	自由度	方差	F 值	显著性概率	显著性
A	9.389	2	4.694	33.276	0.029	显著(P < 0.05)
C	3.150	2	1.575	11.166	0.082	
D	1.351	2	0.676	4.790	0.173	
误差	0.282	2	0.141			

注:将极差最小的 B 因素作为误差项。

由表 6、7 可知,影响调味汁感官评价的因素为 A > C > D > B,即还原糖添加量 > 温度 > 时间 > L-半胱氨酸盐添加量。还原糖添加量对美拉德反应物的风味影响最大,随着添加量的增加,香味物质的生成量和褐变程度都增加,当添加量超过 5g/100g 时,褐变程度大于香气物质的生成,焦糖化严重。温度升高有助于产生更多的香味物质,但温度不同产生的特征香气有所不同,在 100~115℃ 范围内,反应产物以肉香味为主,

当温度超过 115℃,酱香味越来越明显,肉香味相对减弱^[11]。反应时间短不利于形成足够的风味物质,时间过长会使反应过度,有较明显的苦味。半胱氨酸是产生肉类风味的重要前体物质,能产生许多有较强香味的肉类风味化合物^[12],但添加量过大,会产生一些不愉快的刺激性气味掩盖住部分的肉香味,导致肉味相对减弱。

正交试验所得的最适美拉德反应工艺参数为 A₂B₂C₂D₂,即添加还原糖 4g/100g, L-半胱氨酸盐 1.0g/100g,在 115℃ 条件下反应 40min,产物的风味最好,有浓郁的肉香味和酱香味,整体香气协调,鲜味醇厚。

2.4 产品质量检验

表 8 风味调味汁产品质量分析

Table 8 Quality analysis of flavorful sauce products

指标	项目	参数
感官指标	色泽	红褐色
	香气	酱香浓郁,鲜味醇厚
	滋味	鱼鲜味,无苦涩味和异味
	形态	液体,无分层沉淀
理化指标	氨基酸态氮	0.86g/100mL
	菌落总数	≤ 5000CFU/g
微生物指标	大肠菌群	≤ 30MPN/100g
	致病菌	不得检出

由表 8 可见,产品具有调味料特有的色泽、香气和滋味,理化指标均达到相关标准^[20]的要求。

3 结 论

3.1 以淡水鱼下脚料为原料,采用复合蛋白酶水解,最适酶解工艺条件为添加风味蛋白酶-碱性蛋白酶(质量比 1:1)0.25g/100g,在 55℃ 和 pH7.5 条件下酶解 4h,鱼蛋白的水解度可达 46.8%,并可有效控制苦味肽的形成。

3.2 鱼蛋白水解液添加 2.0g/100g 的酵母在 35℃ 条件下发酵 1h,腥味基本脱除,并能产生特殊的香味。

3.3 美拉德反应的最适工艺条件为添加还原糖(木糖:葡萄糖 = 1:3)4g/100g, L-半胱氨酸盐 1.0g/100g,在 115℃ 条件下反应 40min,产物的风味最好,有浓郁的肉香味和酱香味,整体香气协调,鲜味醇厚。

3.4 在最适条件下制得的调味汁游离态氨基酸态氮含量 0.86g/100mL,味道鲜美,各项指标均达到相关标准的要求,原料来源丰富,价格低廉,是一种很有发展潜力的天然调味品。

参考文献:

- [1] 吴涛.淡水鱼下脚料的研究与利用进展[J].长江大学学报:自然科学版,2009,6(3):79-83.
- [2] 孔繁东,李跃,祖国仁,等.低值鱼及下脚料的加工与综合利用[J].

- 中国酿造, 2008, 27(24): 21-24.
- [3] 侯温甫, 黄泽元, 汪秀文, 等. 淡水鱼加工下脚料速酿低盐鱼露的工艺研究[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 322-325.
- [4] DOHMOTO N. Development of a new type fish sauce using the soy sauce fermentation method[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2001, 67(6): 1103-1109.
- [5] 薛佳, 曾名湧, 董士远, 等. 罗非鱼加工下脚料速酿低盐优质鱼露的研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(4): 41-47.
- [6] 陈彦, 王明蓉, 沈洁. 低值鱼蛋白的酸酶复合水解工艺研究[J]. 食品科学, 2006, 27(8): 200-204.
- [7] 崔春. 海产低值鱼深度酶解工艺与机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2005.
- [8] LAWLESS H T, HEYMANN H. 食品感官评价原理与技术[M]. 北京: 中国轻工出版社, 2001: 34-40.
- [9] 蔡凤英, 王金水, 史军, 等. 鸡肉蛋白酶解物制备天然调味基料的研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(8): 190-193.
- [10] 赵谋明, 崔春, 刘珊. 低值鱼蛋白酶解产物制备不同肉香型热反应物[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(3): 1-6.
- [11] 刘汉文, 陈洪兴, 封功能, 等. 低值鱼酶解液生产肉类调味基料工艺的研究[J]. 食品科技, 2007(8): 176-180.
- [12] 岑泳延. 鸡肉酶解的热反应鸡肉香精的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2003.
- [13] 刘红, 杨荣华, 王宏海, 等. 鲢鱼蛋白酶解液制备肉味香精工艺[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(7): 115-117.
- [14] SUMAYA-MARTINEZ T, CASTILLO-MORALES A, FAVELA-TORRES E, et al. Fish protein hydrolysates from gold carp (*Carassius auratus*): I. A study of hydrolysis parameters using response surface methodology[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85(1): 98-104.
- [15] GILDBERG A, ARNESEN J A, CARLEHOG M. Utilization of cod backbone by biochemical fractionation[J]. Process Biochemistry, 2002, 38(4): 475-480.
- [16] 金晶, 周坚, 李永丽. 发酵法在淡水鱼鱼糜脱腥中的应用研究[J]. 武汉工业学院学报, 2007, 26(4): 8-12.
- [17] 裘迪仙, 周涛. 鲈鱼蛋白水解液脱苦脱腥的研究[J]. 食品科学, 2001, 22(5): 37-39.
- [18] 李次力. 鲤鱼蛋白水解液脱腥苦的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(5): 262-264.
- [19] 王浩田, 马俪珍, 付翠萍. 鲢鱼肉的脱腥工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(10): 6063-6066.
- [20] GB 10133 — 2005 水产调味品卫生标准[S].