

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2015.03.006

文章编号:2095-6002(2015)03-0028-07

引用格式:姚兴存,邱春江,赖小燕.紫菜风味香精的制备及其风味成分分析[J].食品科学技术学报,2015,33(3):28-34.

YAO Xingcun, QIU Chunjiang, LAI Xiaoyan. Preparation and flavor component analysis of *Porphyra yezoensis* flavor essence[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015,33(3):28-34.

紫菜风味香精的制备及其风味成分分析

姚兴存, 邱春江, 赖小燕

(淮海工学院 海洋学院, 江苏 连云港 222005)

摘要:以条斑紫菜为原料,研究紫菜的酶解及其风味香精制备技术。通过比较不同蛋白酶对条斑紫菜的水解能力及对水解后风味的影响,进而筛选水解用蛋白酶。利用筛选的风味蛋白酶酶解紫菜,以水解度和感官评价为评价指标,通过正交试验确定风味蛋白酶水解紫菜的较佳工艺条件为:温度55℃,时间3h,加酶量3%。以此酶解液进行美拉德反应制备紫菜风味香精,通过响应面分析法确定美拉德反应的工艺配方与工艺条件为:谷氨酸1mg/mL,甘氨酸0.5mg/mL,半胱氨酸0.15mg/mL,木糖8mg/mL,葡萄糖4mg/mL,硫胺素0.4mg/mL,温度110℃,pH6,时间50min,制备的紫菜风味香精香味浓郁、鲜味明显,腥味减弱。氨基酸分析结果表明,酶水解后谷氨酸和丙氨酸含量增加明显,参与美拉德反应的氨基酸主要有甘氨酸、谷氨酸、半胱氨酸等。采用GC-MS测定产物中的挥发性风味成分,共检测出41种风味物质。

关键词:条斑紫菜;酶解;美拉德反应;风味香精**中图分类号:**TS254.4**文献标志码:**A

条斑紫菜(*Porphyra yezoensis* Ueda)是东亚地区人工养殖的重要经济海藻,富含蛋白质、碳水化合物、无机盐及维生素等,蛋白质含量一般为紫菜干基的24%~40%^[1]。近几年,随着紫菜产业的发展,紫菜加工也逐步向精深加工方面发展^[2-3]。

美拉德反应(Maillard reaction)是非酶促褐变反应之一,在食品工业中具有重要意义。通过不同糖类和氨基酸进行美拉德反应,能获得各种不同的风味^[4-6]。在天然调味料中,利用美拉德反应制备的水产调味料含有多种呈味成分并具有保健功能,尤其受到人们的青睐^[7-10]。利用美拉德反应制备香精产生风味物质的反应历程、产物性质与结构,受到氨基酸、糖、含硫化合物等组分种类、性质的影响,同时还与反应的pH、温度和时间等条件密切相关。

本研究以低值条斑紫菜为原料,采用酶解技术获得并增加具有呈味特性的氨基酸、短肽的种类与

含量,优化蛋白酶的水解条件,辅以肉香味前体物质,确定美拉德反应工艺条件,通过美拉德热反应制备紫菜风味香精,采用GC-MS分析美拉德反应产物(Maillard reaction products, MRPs)挥发性风味成分的构成,为生产制备高质量的风味香精提供科学依据。不仅提高了紫菜的利用价值,具有市场开发价值,而且为开发新型海鲜风味食品提供了新思路。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

条斑紫菜为本地企业生产的低值紫菜干品,购于超市。中性蛋白酶购于诺维信公司;木瓜蛋白酶、风味蛋白酶、复合蛋白酶、果胶酶、纤维素酶等为广州市齐云生物技术有限公司产品;谷氨酸、甘氨酸、半胱氨酸、木糖、葡萄糖等均为国产分析纯化学试剂。

收稿日期:2014-07-22

基金项目:江苏高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介:姚兴存,男,教授,主要从事水产品加工与贮藏方面的研究。

1.2 仪器与设备

AF-06A型粉碎机,天津泰斯特仪器有限公司;JMS-50型酸度计,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;Primo R型多用途台式高速冷冻离心机,美国热电公司;KS-300型超声波细胞粉碎机,宁波科生仪器厂;1100型高效液相色谱仪,美国Agilent科技有限公司;6890N/5973i型气相色谱-质谱仪,美国Agilent科技有限公司;SP-1500型实验型喷雾干燥机,上海顺仪实验设备有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 紫菜风味香精制备技术流程

将紫菜于50℃干燥至恒重,高速粉碎机粉碎后过100目筛。按照 $\rho(\text{紫菜}) = 0.05 \text{ g/mL}$ 的比例加水在20~25℃浸泡10h,分别加入一定质量分数(以紫菜蛋白质量计,即酶底比,E/S)的蛋白酶,调整各蛋白酶的适宜水解条件并水解3h,水解过程中经常搅拌,水解结束后立即升温至100℃,灭酶处理10min,冷却后为紫菜酶解液。向酶解液中加入一定量的还原糖和氨基酸,控制适当温度进行美拉德反应一定时间,立即冷却到室温,得到紫菜MRPs溶液,适当浓缩后喷雾干燥,得到紫菜风味香精产品。

1.3.2 水解度测定

水解液中总氨态氮含量根据中性甲醛电位滴定法测定^[11],样品总氮含量按凯氏定氮法测定。水解度(degree of hydrolysis, DH)的计算见式(1)。

$$DH = (\text{水解液中总氨态氮含量} / \text{样品的总氮含量}) \times 100\% \quad (1)$$

1.3.3 感官评价

风味的评价采用感官评价法^[12-13],从气味、滋味两方面按照表1拟定的标准进行感官评分,其中设置气味的权重为30%,滋味的权重为70%,以10人评价得分的平均分量化计分。

表1 感官评价标准表

Tab. 1 Sensory valuation standards

评分	气味	滋味
8~10	有明显紫菜香,无腥味	鲜味突出,无苦涩味
6~8	有紫菜香,略有腥味	鲜味明显,苦涩味淡
4~6	有紫菜香,腥味重	鲜味一般,有苦涩味
2~4	无香味,无腥味	鲜味淡,苦涩味明显
0~2	无香味,有腥味	鲜味淡薄,苦涩味重

1.3.4 游离氨基酸测定

使用高效液相色谱仪测定游离氨基酸含量。

色谱条件4.0 mm × 125 mm C18柱,柱温40℃,缓冲液流速1.0 mL/min,流动相A是C(醋酸钠) = 20 mmol溶液,B是V(C(醋酸钠) = 20 mmol溶液):V(甲醇):V(乙腈) = 1:2:2,检测波长338 nm。

1.3.5 挥发性风味成分测定

样品前处理是取8 mL样品置于15 mL顶空瓶中,将老化后的75 μm CAR/PDMS固相微萃取头插入样品瓶顶空部分,于50℃水浴中吸附30 min,吸附后的萃取头取出后立即插入气相色谱进样口,于250℃解吸3 min,同时启动仪器采集数据。

GC-MS分析测定条件中色谱条件HP-5MS毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm),进样口温度250℃,热解析10 min;程序升温是初始温度40℃,保持2 min,以8℃/min升温至250℃,保持10 min;载气:He,流量0.8 mL/min,不分流。质谱条件为电离化方式为离子轰击(electron impact, EI),发射电流为200 A,电子能量为70 eV,离子源温度200℃,接口温度250℃,检测器电压350 V,采集的质量范围m/z 33~454 u。

1.3.6 数据统计与分析

使用SPSS 13.0软件对数据进行统计分析,数据均用“平均值 ± 标准偏差”表示,n = 3。

2 结果与分析

2.1 水解酶的选择及其水解条件的优化

为筛选紫菜蛋白水解的适宜蛋白酶,选取中性蛋白酶、风味蛋白酶、复合蛋白酶、自配复合蛋白酶和木瓜蛋白酶等5种蛋白酶,在各自的适宜条件下(其中蛋白酶的加酶量为足量加入)分别水解紫菜蛋白,以水解度和感官评价等2项指标综合评价蛋白酶的水解效果,筛选蛋白酶。5种酶的水解条件见表2,结果见图1。

表2 5种酶的水解条件

Tab. 2 Optimum hydrolysis conditions of five kinds of enzymes

蛋白酶	温度/℃	pH	加酶量/%	酶活力/(10 ⁴ U·g ⁻¹)
中性蛋白酶	50	7	2.5	10
风味蛋白酶	50	7	2.5	2
复合蛋白酶	55	7	2.5	12
自配复合酶	55	7	2.5	15
木瓜蛋白酶	55	7	2.5	80

自配复合蛋白酶按照m(果胶酶):m(纤维素酶):m(木瓜蛋白酶) = 1:3:1配制

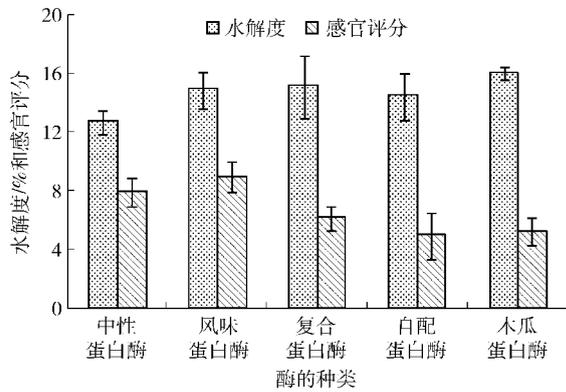


图1 酶的种类对水解效果的影响

Fig. 1 Effects of different enzymes on hydrolysis

由图1可见,比较不同蛋白酶水解后得到酶解液的水解度测定结果与感官评价结果,风味蛋白酶酶解液不仅水解度较高,而且感官评分高于其他酶,按照水解度和感官评分各50%权重计算,其综合评分较高,因此,选择风味蛋白酶作为紫菜水解用酶。为进一步确定风味蛋白酶水解紫菜蛋白的较优工艺条件,在单因素试验的基础上,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验优化风味蛋白酶的水解条件,以确定酶解的较佳条件。经正交试验并通过3次较佳条件的验证试验后,得到优化后的酶解工艺条件为温度 $55\text{ }^\circ\text{C}$,时间3 h,加酶量3%。

2.2 美拉德反应工艺条件

将紫菜酶解液中加入谷氨酸 1 mg/mL ,甘氨酸 0.5 mg/mL ,半胱氨酸 0.15 mg/mL ,木糖 8 mg/mL ,葡萄糖 4 mg/mL ,硫酸素 0.4 mg/mL 。采用Design Expert 8.0软件Box-Behnken设计优化美拉德反应的温度、时间、pH值等反应条件,试验结果与方差分析分别见表3和表4。

由表4可知,模型显著、失拟项不显著,表明试验分析有效。得到的美拉德反应的较佳工艺条件为温度 $110\text{ }^\circ\text{C}$,时间 50 min ,pH6,预测值为7.75,验证试验感官评分为7.25,与预测值相对偏差6.25%,说明采用响应面法优化美拉德反应条件具有实际应用价值。

2.3 氨基酸组分分析结果

为了衡量蛋白酶的水解效果以及美拉德反应前后氨基酸含量的变化,分别分析了紫菜水浸液、风味蛋白酶水解后的酶解液和紫菜MRPs液等各自游离氨基酸含量,以说明产品制备过程中氨基酸类呈味成分含量变化情况,结果见表5。

表3 响应面设计方案与试验结果

顺序号	温度/ $^\circ\text{C}$	时间/min	pH值	感官评分
1	110	40	7	6.80 ± 0.58
2	110	60	7	7.20 ± 0.85
3	120	50	5	7.50 ± 0.49
4	110	50	6	7.60 ± 1.02
5	100	50	7	7.70 ± 0.85
6	110	60	5	7.30 ± 0.76
7	110	50	6	7.90 ± 0.68
8	100	60	6	6.30 ± 0.46
9	110	50	6	8.10 ± 0.91
10	110	50	6	7.60 ± 0.84
11	120	50	7	7.30 ± 0.78
12	120	40	6	6.60 ± 0.81
13	120	60	6	7.40 ± 0.31
14	110	40	5	7.00 ± 0.81
15	100	50	5	7.40 ± 0.78
16	100	40	6	7.00 ± 0.84
17	110	50	6	8.10 ± 0.81

表4 方差分析表

项目	平方和	自由度	均方	F值	Prob > F	显著性
模型	52.5	9	5.83	7.42	0.0075	显著
A	0.50	1	0.50	0.64	0.4512	
B	0.50	1	0.50	0.64	0.4512	
C	0.50	1	0.50	0.64	0.4512	
AB	9.00	1	9.00	11.5	0.0117	
AC	1.00	1	1.00	1.27	0.2964	
BC	0.00	1	0.00	0.00	1.0000	
A ²	6.58	1	6.58	8.37	0.0232	
B ²	31.8	1	31.8	40.5	0.0004	
C ²	0.26	1	0.26	0.33	0.5809	
残差	5.50	7	0.79			
失拟项	1.50	3	0.50	0.50	0.70223	不显著
净误差	4.00	4	1.00			
校正项	58.00	16				

由表5可见,风味蛋白酶水解后,游离氨基酸总量由 90.18 mg/100 mL 增加到 122.87 mg/100 mL ,增幅为36.25%。除苏氨酸外其余各氨基酸均较酶解前有所增加,其中丙氨酸、谷氨酸和天冬氨酸等鲜味氨基酸的含量最高且增幅也较大,分别增加了

表5 产品制备过程中氨基酸含量变化

Tab.5 Change of amino acids during product process

氨基酸种类	呈味特征	ρ (紫菜水浸液)/(mg·100 mL ⁻¹)	ρ (酶解液)/(mg·100 mL ⁻¹)	ρ (MRPs液)/(mg·100 mL ⁻¹)
天冬氨酸	甜+,鲜+++	5.83	8.08	8.20
谷氨酸	苦+,甘+,鲜+++	17.55	24.72	27.49
丝氨酸	甜+++ ,鲜+	0.53	0.75	0.19
组氨酸	甜+,苦+++	0.69	0.97	0.73
甘氨酸	甘+++ ,鲜++	1.03	1.43	5.37
苏氨酸	甜+++ ,苦+	5.28	4.15	4.13
精氨酸	苦+++	8.32	11.61	5.66
丙氨酸	甜+++ ,鲜++	19.72	27.80	26.80
酪氨酸	苦+	3.48	4.98	4.70
半胱氨酸	苦+++ ,甜+	1.72	2.40	3.80
缬氨酸	甜+,苦+++	2.69	3.80	0.92
蛋氨酸	苦+++ ,鲜+	2.12	2.98	2.43
色氨酸	苦+++	0.66	1.05	0.92
苯丙氨酸	苦+++	4.37	6.16	0.29
异亮氨酸	苦+++	2.60	2.86	2.20
亮氨酸	苦+++	6.59	9.27	1.91
赖氨酸	甜++,苦+++	5.94	8.47	1.55
脯氨酸	甜+++ ,苦++	1.06	1.39	1.68
总含量		90.18	122.87	98.97

40.97%,40.85%和38.59%,这几种呈现鲜味、甜味的氨基酸为获得海鲜风味香精奠定了良好的基础。为了获得风味较佳的产品并为美拉德反应提供含硫化合物^[14],在进行美拉德反应时需要在酶解液中添加谷氨酸、甘氨酸、半胱氨酸等3种氨基酸。由表5可知,美拉德反应消耗最多的为谷氨酸,其次为甘氨酸和半胱氨酸,精氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸和赖氨酸等都有不同程度的消耗,说明参与美拉德反应的氨基酸较多,十分复杂。谷氨酸、甘氨酸均为鲜味氨基酸,尤其是谷氨酸为呈鲜味的特征性氨基酸,甘氨酸为呈甘甜味的特征性氨基酸^[15],因此,在美拉德反应参与物中添加适量的上述氨基酸对产品得以保持和增强浓郁的海鲜风味十分必要。

2.4 挥发性风味成分的GC-MS分析

将紫菜MRPs溶液进行GC-MS分析,以获得风味成分的基础数据。经GC-MS分离鉴定出的紫菜MRPs挥发性风味成分总离子流色谱如图2。经过质谱数据库检索,紫菜MRPs挥发性风味成分的分析结果见表6。

由图2可以看出,紫菜MRPs挥发性风味成分可以得到有效分离,色谱峰出峰时间集中在1~26 min之间。经过质谱数据库检索,鉴定出紫菜MRPs挥发性风味成分共41种(表6),由于有少量物质未

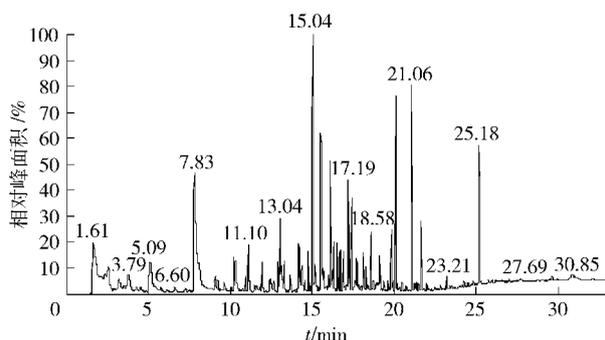


图2 MRPs挥发性风味成分GC-MS总离子流

Fig.2 GC-MS chromatogram of MRPs

能被定性,因此按照面积归一法求得挥发性成分占有效总挥发性成分的百分比为89.63%。对鉴定出的紫菜MRPs中挥发性风味成分进行归类分析,发现醛类含量最高,为35.71%(14种),其他类型化合物含量分别为醇类19.31%(9种),酮类17.71%(9种),烯、烷、炔等烃类化合物7.99%(6种),酯类5.10%(1种),胺类2.98%(1种),吡嗪类0.83%(1种)。从挥发性风味成分中检出的相对含量较高的有机物依次为己醛13.32%(水果香味),1-辛烯-3-醇7.42%,4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯)-3-丁烯-2-酮5.18%,4-(2,6,6-三甲基-1-环己烯)-3-丁烯-2-酮5.17%,1,2-苯二甲酸二乙酯5.10%,戊醛

表6 MRP_s挥发性风味成分的GC-MS分析结果Tab.6 Analysis of volatile flavor components in MRP_s by GC-MS

序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	匹配度/%	相对峰面积/%
1	2.56	2-戊胺	C ₅ H ₁₃ N	86	2.98
2	3.79	3-甲基丁醛	C ₅ H ₁₀ O	88	2.13
3	4.52	2,4-己二烯	C ₆ H ₈ O	84	0.47
4	5.09	戊醛	C ₅ H ₁₀ O	90	4.15
5	6.60	2-丁烯醛	C ₄ H ₆ O	82	0.52
6	7.83	己醛	C ₆ H ₁₂ O	91	13.32
7	9.09	2-戊烯醛	C ₅ H ₈ O	81	0.73
8	10.23	1-戊烯-3-醇	C ₅ H ₁₀ O	82	1.32
9	10.33	庚醛	C ₇ H ₁₄ O	94	2.02
10	11.10	2-己烯醛	C ₆ H ₁₀ O	90	2.16
11	11.57	4-庚烯醛	C ₇ H ₁₂ O	86	0.62
12	11.95	1-戊醇	C ₅ H ₁₂ O	87	1.13
13	12.44	辛醛	C ₈ H ₁₆ O	97	0.86
14	12.67	1-辛醛-3-酮	C ₈ H ₁₄ O	96	0.47
15	12.92	1,1,3-三甲基-2-环己酮	C ₉ H ₁₆ O	80	0.82
16	13.04	2-甲基-3-辛酮	C ₉ H ₁₈ O	86	2.74
17	13.15	2,5-二甲基吡嗪	C ₆ H ₈ N ₂	84	0.83
18	13.30	6-甲基-5-庚烯-2-酮	C ₈ H ₁₄ O	88	0.94
19	13.64	1-己醇	C ₆ H ₁₄ O	89	0.70
20	14.18	壬醛	C ₉ H ₁₈ O	92	3.06
21	14.37	3,3,5-三甲基-2-环己烯-2-酮	C ₉ H ₁₄ O	84	0.80
22	14.74	2-辛烯醛	C ₈ H ₁₄ O	88	1.06
23	15.04	1-辛烯-3-醇	C ₈ H ₁₆ O	93	7.42
24	15.60	2-乙基-1-己醇	C ₈ H ₁₄ O	88	1.19
25	16.10	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	96	3.61
26	16.23	2-壬烯醛	C ₉ H ₁₆ O	87	0.50
27	16.51	3,4,4-三甲基-2-环己烯-1-醇	C ₉ H ₁₆ O	86	1.46
28	16.71	3,5-辛二烯-2-酮	C ₈ H ₁₂ O	94	1.01
29	16.90	2,6-壬二烯醛	C ₉ H ₁₄ O	91	0.97
30	17.19	1-甲基环庚醇	C ₈ H ₁₆ O	93	3.08
31	17.25	2-辛烯-1-醇	C ₈ H ₁₆ O	85	1.77
32	17.40	2,2,6-三甲基-1-甲氧基环己烷	C ₁₀ H ₁₆ O	84	2.49
33	17.71	2,2,6-三甲基-1-甲氧基-1-环己烯	C ₁₀ H ₁₄ O	80	1.09
34	18.08	3-环己烯-1-乙醇	C ₈ H ₁₄ O	94	1.24
35	18.27	2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-酮	C ₉ H ₁₂ O ₂	76	0.58
36	18.58	8-十七烯	C ₁₇ H ₃₄	95	1.41
37	19.11	2,2-二甲基-4-葵烯	C ₁₂ H ₂₄	88	1.00
38	19.83	2-十一炔	C ₁₁ H ₂₀	84	1.53
39	20.09	4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯)-3-丁烯-2-酮	C ₁₃ H ₂₀ O	94	5.18
40	21.06	4-(2,6,6-三甲基-1-环己烯)-3-丁烯-2-酮	C ₁₃ H ₂₀ O	90	5.17
41	25.18	1,2-苯二甲酸二乙酯	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	81	5.10

4.15%, 苯甲醛 3.61%, 1-甲基环庚醇 3.08%, 壬醛 3.06%, 2-戊胺 2.98%, 2-甲基-3-辛酮 2.74%, 2,2,6-三甲基-1-甲氧基环己烷 2.49%, 2-己烯醛 2.16%, 3-甲基丁醛 2.13%, 辛醛 2.02% 等。

小分子挥发性有机物对紫菜 MRP_s 风味的形成影响较大。挥发性羰基化合物产生原生的、浓郁的香味, 而挥发性醇类则产生品质较为柔和的气味^[16]。一般来说, 羰基化合物的阈值较低, 对气味

的贡献较大,这些醛酮类物质通常被认为是藻类特征性风味的主要贡献者^[17]。酮类一般由不饱和脂肪酸热氧化或降解产生,含有7~12个C原子的酮是一些天然物质的香气成分,分子量较大的不饱和酮类化合物具有花香味,碳链越长其散发的特征花香味越强烈。在紫菜MRPs挥发性风味成分中,酮类化合物的碳链数均大于8,本产品散发出的清醇香气可能与其相关^[18-19]。醇类的阈值相对较高,只有高含量的醇类才会对气味产生较大影响,如表6中7.42%的1-辛烯-3-醇。烃类的阈值更高,在紫菜MRPs挥发性风味成分中的含量也较少,共6种占7.99%,因此对风味的贡献最小。被认为具有鱼腥味和金属味并构成紫菜鲜腥气味的2,4-庚二烯醛,在紫菜原藻中含量较多^[20],但在紫菜MRPs挥发性风味成分中并未被检测出,说明经过美拉德反应之后,紫菜原有的鲜腥味降低,这与产品制备过程中对其进行的感官鉴评结果是一致的。

此外,由表6可见,在本研究的分析测定条件下,紫菜MRPs挥发性风味成分中未检测出丙烯酰胺、呋喃、糠醛等有毒有害物质,而上述物质恰是美拉德反应容易生成物^[21],这一检测结果表明本产品制备过程中美拉德反应技术合理、反应条件控制得当,产品是安全的。

2.5 紫菜风味香精的质量标准

本制备工艺得到的紫菜风味香精感官指标:色泽为暗红色粉末,具有紫菜固有的清香,鲜味明显,略有肉香味与果香味,无肉眼可见杂质。食品安全性指标(重金属)测定结果为无机砷0.35 mg/kg,铅0.42 mg/kg,镉0.25 mg/kg,甲基汞0.06 mg/kg,均符合有关国家标准的规定。

微生物指标中菌落总数、大肠菌群等微生物指标控制在国家标准规定范围内,沙门氏菌、志贺氏菌、副溶血性弧菌、金黄色葡萄球菌等致病菌不得检出。

3 结论

通过对中性蛋白酶、风味蛋白酶、复合蛋白酶、自配复合蛋白酶和木瓜蛋白酶等5种蛋白酶不同水解效果的分析表明,风味蛋白酶水解紫菜效果最好,因此选择风味蛋白酶作为紫菜水解用酶。经过优化后的风味蛋白酶的水解条件为温度55℃,时间3h,加酶量3%。为制备风味良好的紫菜风味香精,用

此酶解液并添加氨基酸、糖类等物质进行美拉德反应,添加物为谷氨酸1 mg/mL,甘氨酸0.5 mg/mL,半胱氨酸0.15 mg/mL,木糖8 mg/mL,葡萄糖4 mg/mL,硫胺素0.4 mg/mL,采用响应面Box-Behnken设计优化美拉德反应条件为温度110℃,pH6,时间50 min。氨基酸组成分析显示,酶解后大多数氨基酸组分含量明显增加,其中丙氨酸、谷氨酸和天冬氨酸等鲜甜味氨基酸的增幅较大,这些呈鲜味、甜味的氨基酸为获得海鲜风味香精奠定了基础。参与美拉德反应的氨基酸主要有甘氨酸、谷氨酸、半胱氨酸等,多种氨基酸参与了美拉德反应且消耗量较大。GC-MS对紫菜MRPs挥发性风味成分分析鉴定结果表明,总挥发性有机物共41种,醛类、醇类、酮类、烃类、酯类等物质含量较高,分别为35.71%,19.31%,17.71%,7.99%,5.10%,醛酮等羰基化合物含量最高,醇类次之,这2类风味物质所具有的独特风味对紫菜风味香精良好风味的形成起到了重要作用。此外,紫菜原藻中含有的鲜腥风味物质未被检测出,也未检测出有毒有害物质。增加鲜香味、减少腥味的产品制备目的已达到。

参考文献:

- [1] Jiang Longfa. The polysaccharides from *Porphyra yezoensis* suppress the denaturation of bighead carp myofibrillar protein[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 68(7): 18-20.
- [2] Qu Wenjuan, Ma Haile, Pan Zhongli, et al. Preparation and antihypertensive activity of peptides from *Porphyra yezoensis*[J]. Food Chemistry, 2010, 123(1): 14-20.
- [3] 俞静芬,朱满达,凌建刚,等.紫菜加工研究进展[J].农产品加工·创新版,2011(2):78-80.
- [4] Van Boekel M A. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction[J]. Biotechnology Advances, 2006, 24(2): 230-233.
- [5] Desclaux G, Malik T I, Winkel C. et al. Modelling the formation of Maillard reaction intermediates for the generation of flavour [J]. Developments in Food Science, 2006, 43:367-370.
- [6] 詹萍,张晓鸣,田洪磊.羊骨蛋白酶解物热反应制备羊肉香精的研究[J].食品工业科技,2013,34(1):286-289.
- [7] 刘安军,柳亚静,郑捷,等.美拉德反应制备带鱼香精的研究[J].现代食品科技,2012,28(1):39-42.
- [8] 熊何健,操龙飞,鄢庆枇,等.罗非鱼鱼排蛋白酶解液美拉德反应生香工艺优化研究[J].中国农学通报,

- 2013,29(5):58-67.
- [9] 尹昕新. 龙虾头的酶解及 Maillard 反应制备海鲜味香精[D]. 南京:南京林业大学,2009.
- [10] 童彦, 雒莎莎, 应铁进. 鱼蛋白水解液美拉德反应条件优化及反应前后氨基酸组成变化[J]. 中国食品学报,2011,11(8):101-106.
- [11] 张水华. 食品分析实验[M]. 北京:化学工业出版社,2006:47-49.
- [12] 邓嫣容. 牡蛎复合酶解提高蚝油风味的工艺探讨[J]. 现代食品科技,2011,27(7):788-790,787.
- [13] Wu Shengjun. Inhibition of enzymatic browning of the meat of *Clanis bilineata* (Lepidoptera) by glutathione[J]. Food Science and Technology Research, 2013, 19(3):347-352.
- [14] 王凤祥, 陈中, 林伟锋. 罗非鱼酶解液热反应制备鱼味香精的工艺研究[J]. 中国酿造,2011(7):97-100.
- [15] 陈丽花, 周培根, 肖作兵, 等. 低值虾制备天然海鲜风味料的研究[J]. 食品与发酵工业,2006,32(11):98-102.
- [16] Wuezenberger M, Grosch W. Stereochemistry of the cleavage of the 10-hydroperoxide isomer linoleic acid to 1-octen-3-ol by a hydroperoxidase from mushrooms (*Psallota bispora*) [J]. J Biochem Biophys Acta, 1984, 795(1):163-165.
- [17] Akakabe Y, Iwamoto S, Miyamura S A. Induction of (Z)-8-heptadecene in Marine green alga *Bryopsis maxima* by mechanical wounding [J]. Fisheries Science, 2007, 73(5):1057-1060.
- [18] Cha Y J, Cadwallader K R, Baek H H. Volatile flavor components in snow crab cooker effluent and effluent concentrate[J]. Journal of Food Science, 1993,58(3):525-530.
- [19] Chung H Y, Cadwallader K R. Aroma extract dilution analysis of blue crab claw meat volatiles[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,1994,42(12):2867-2870.
- [20] 胡传明, 徐继林, 朱建一, 等. 紫菜特征挥发性物质分析[J]. 海洋科学,2011,35(5):106-111.
- [21] 曾稳稳, 刘玉环, 阮榕生, 等. 美拉德反应所引起的食品安全问题的研究进展[J]. 食品工业科技,2011,32(7):447-450,454.

Preparation and Flavor Component Analysis of *Porphyra yezoensis* Flavor Essence

YAO Xingcun, QIU Chunjiang, LAI Xiaoyan

(School of Marine Science and Technology, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China)

Abstract: The enzymatic hydrolysis of laver and preparation technology of seafood flavor were studied using *Porphyra yezoensis* as raw materials. By comparing the hydrolyzing ability of different enzymes and the flavor of hydrolyzates, the best enzyme was screened. The hydrolysis conditions were optimized through the orthogonal experiments using the degree of hydrolysis and sensory evaluation as the reference standard. The optimum hydrolysis conditions were temperature 55 °C, time 3h, and the addition of enzyme 3%. Then the hydrolyzate was used to make seafood flavor by the Maillard reaction. With the sensory evaluation as the reference standard, the optimum formulations and optimum conditions of the Maillard reaction were determined through response surface experiments: glutamate 1 mg/mL, glycine 0.5 mg/mL, cysteine 0.15 mg/mL, xylose 8 mg/mL, glucose 4 mg/mL, thiamine 0.4 mg/mL, the reaction temperature 110 °C, pH6, and the time 50 min. The product showed fine seafood flavor and the flavor was evident. The amino acid composition analysis showed that glutamate and alanine contents were significantly increased in the hydrolyzate. The amino acids in the Maillard reaction were mainly glycine, glutamic, and cystine. About 41 volatile organic components were detected by GC-MS.

Key words: *Porphyra yezoensis* UEDA; enzymatic hydrolysis; Maillard reaction; flavor essence