

复合酶深度酶解牡蛎制备呈味基料的研究

Study on the effects of preparate flavor base material by high degree of enzymatic hydrolysis of oyster with compound enzymes

姚玉静¹ 杨 昭¹ 黄佳佳¹ 崔 春²

YAO Yu-jing¹ YANG Zhao¹ HUANG Jia-jia¹ CUI Chun²

(1. 广东食品药品职业学院食品学院, 广东 广州 510520; 2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东 广州 510640)

(1. Guangdong Food and Drug Vocational College, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. College of Food Science and Technology, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510640, China)

摘要:以牡蛎为原料,选用胰蛋白酶和风味蛋白酶组成复合酶对其进行深度酶解,以水解度和感官评分为指标,通过单因素试验考察了胰蛋白酶与风味蛋白酶比例、酶添加量、酶解 pH、酶解温度和酶解时间对牡蛎深度酶解的影响,对牡蛎深度酶解工艺进行优化,并对最优酶解条件下获得的牡蛎深度酶解产物的肽分子量分布和氨基酸组成进行分析。研究结果表明:牡蛎深度酶解最优工艺条件为胰蛋白酶与风味蛋白酶质量比为 2:1、蛋白酶添加量 0.1%([E]/[S])、酶解 pH 7.5、酶解温度 60℃、酶解时间 24 h,该条件下得到的牡蛎深度酶解产物中分子量<3 ku 的多肽占 83.5%,其中含有 33.4%的分子量为 1~3 ku 的多肽和 50.1%的分子量<1 ku 的多肽。牡蛎深度酶解产物游离氨基酸中必需氨基酸含量为 40.51%,鲜味氨基酸含量为 17.50%,甜味氨基酸含量为 30.60%。

关键词:牡蛎;深度酶解;呈味基料;调味品

Abstract: The compound enzymes consisted of trypsin and flavourzyme were used for high degree of hydrolyze oyster. The degree of hydrolysis (DH) and sensory analysis of oyster as index parameter, and single factor experiment was used for investigated the process of enzymatic hydrolysis of oyster. The peptide molecular weight distribution and amino acid composition of the optimized enzymatic hydrolysate were analyzed. The results showed that the best enzymatic hydrolyse conditions for oyster was the proportion of trypsin and flavourzyme was 2:1(w/w), and the quantity of compound enzymes was 0.1%([E]/[S]), at 60℃ for 24 h in the solution of pH 7.5. The oyster high degree of enzymatic hydrolyse products could be obtained by the optimum technological conditions, containing

83.5% molecular weight less than 3 ku, and among them less than 1 ku contained 50.1%, 1~3 ku peptide contained 33.4%. The content of essential amino acids in the free amino acids of the oyster hydrolyzate was 40.51%, and the contents of the umami amino acid and the sweet amino acid were 17.50% and 30.60%, respectively.

Keywords: oyster; high degree of enzymatic hydrolysis; flavor base material; seasoning

近年来,中国调味品行业空前繁荣,已成为食品工业中增速最快的行业之一,并展现出向高档化、天然化发展的趋势^[1]。当前在国际上有 80%的调味品是复合调味品。呈味基料在高档复合调味品的配制中发挥着关键作用。呈味基料具有浓郁的鲜味和特征风味,且能提供饱满醇厚的口感^[2]。蛋白质经深度酶解后可产生鲜味氨基酸和多肽,赋予酶解产物鲜味突出、口感饱满的特征,是制备呈味基料的重要方法。蛋白质酶解技术按照底物水解程度的增大和产物分子量的减小,分为轻度酶解、适度酶解和深度酶解^[3]。深度酶解的产物主要是氨基酸和小肽,常用于制备调味品和营养液。目前虾^[4]、低值鱼^[5]、花生粕^[6]等原料已被开发成呈味基料。

牡蛎(Oyster)是一种低脂肪高蛋白的海产品,味道鲜美,营养丰富,是中国四大养殖贝类之一。近年来利用生物酶法处理牡蛎制备呈味肽和生物活性肽,是牡蛎深加工的一个研究热点^[7-9]。目前,国内外关于牡蛎酶解工艺优化制备单一酶解液的研究较多。冯金晓等^[10-12]以水解度为单一指标,采用单酶或复合酶对牡蛎酶解参数进行优化。余杰等^[13]以胰蛋白酶和风味蛋白酶组成复合酶,对牡蛎酶解动力学进行了研究。侯清娥等^[14]以肽比例、感官分数为指标,采用胰蛋白酶,运用神经网络法优化牡蛎酶解制备呈味肽的工艺。梁帅峰等^[15]采用中性蛋白酶对制备抗氧化活性的牡蛎酶条件进行了优化。冯丹丹等^[16]考察了 4 种蛋白酶对牡蛎酶解过程中的矿质元素、氨基态氮、总酸和牛磺酸含量等

基金项目:广州市科技计划项目(编号:201604020067)

作者简介:姚玉静,女,广东食品药品职业学院副教授,硕士。

通信作者:崔春(1978—),男,华南理工大学教授,博导,博士。

E-mail: cuichun@scut.edu.cn

收稿日期:2017-04-14

成分的影响。上述研究都采用轻度酶解或适度酶解制备牡蛎酶解产物。由于呈味基料需要由游离氨基酸和小分子多肽共同形成圆润饱满的口感,因此采用深度酶解是开发牡蛎呈味基料的重要方法。目前未有文献报道深度酶解牡蛎制备呈味基料。

胰蛋白酶和风味蛋白酶具有水解效率高、酶解产物风味好、成本低廉、工业化应用广等特点,已在水产品酶解研究中广泛应用^[17-18]。本研究以牡蛎为原料,选用胰蛋白酶和风味蛋白酶组成复合蛋白酶,通过单因素试验对牡蛎深度酶解工艺进行优化,分析最佳酶解工艺产物的肽分子量分布和氨基酸组成,以期对牡蛎呈味基料的深入研究提供理论与技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜牡蛎:购于广州黄沙海鲜水产市场,牡蛎肉搅碎均匀后装于封口袋中,−18℃冻藏备用,使用前解冻;

胰蛋白酶:酶活 2.65×10^5 U/g,广州明远工贸有限公司;

风味蛋白酶:酶活 500 LAPU/g,诺维信中国公司;
氨基酸标准品(2.5 μmol/mL)、维生素 B₁₂(MW 1 855 u)、抑肽酶(MW 6 512 u)、细胞色素 C(MW 12 384 u)、卵清蛋白(MW 43 000 u):美国 Sigma 公司;

蔗糖、食用盐、味精:食品级;
其他试剂均为分析纯;

酸度计:S220 型,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司;

凯氏定氮仪:K9840 型,济南海能仪器股份有限公司;
水浴振荡培养箱:TS-110×50 型,上海天呈实验仪器制造有限公司;

分析天平:TLE104E 型,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司;

高速冷冻离心机:GL-21M 型,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;

高效液相色谱:Waters 600 型,美国沃特斯(Waters)有限公司;

全自动氨基酸分析仪:L8900 型,日本日立公司。

1.2 试验方法

1.2.1 牡蛎深度酶解工艺

牡蛎原浆→解冻→稀释(牡蛎浆液与去离子水的质量比为 1:1)→调节 pH(用 0.05 mol/L 氢氧化钠溶液)→酶解→灭酶(沸水浴 20 min)→离心(8 000 r/min,15 min)→取上清液→牡蛎蛋白酶解产物→冻存备用

1.2.2 牡蛎深度酶解工艺中蛋白酶比例的确定 取解冻后牡蛎原浆 50 g,加入 50 g 去离子水稀释后,酶解过程中用 0.05 mol/L 氢氧化钠溶液调节 pH 至 7.0(每 1 h 调 pH 值 1 次,使其维持在 7.0)。蛋白酶添加量为 0.05%(以牡蛎的重量计),胰蛋白酶与风味蛋白酶质量比分别为 2:1,1:1,1:2,置于 50℃摇床中酶解 12 h。重复 3 次试验。考察不同蛋白酶比例对牡蛎深度酶解的影响。

1.2.3 牡蛎深度酶解工艺中蛋白酶添加量的确定 取解冻后牡蛎原浆 50 g,加入 50 g 去离子水稀释后,酶解过程中用 0.05 mol/L 氢氧化钠溶液调节 pH 至 7.0(每 1 h 调 pH 值 1 次,使其维持在 7.0)。胰蛋白酶与风味蛋白酶的质量比为 2:1,蛋白酶添加量分别为 0.05%,0.10%,0.15%,0.20%,0.25%(以牡蛎的重量计),置于 50℃摇床中酶解 12 h。重复 3 次试验。考察不同蛋白酶添加量对牡蛎深度酶解的影响。

1.2.4 牡蛎深度酶解工艺中酶解 pH 的确定 取解冻后牡蛎原浆 50 g,加入 50 g 去离子水稀释后,酶解过程中每 1 h 用 0.05 mol/L 氢氧化钠溶液调节 pH 值 1 次,使其分别维持在 6.5,7.0,7.5,8.0,8.5。胰蛋白酶与风味蛋白酶的质量比为 2:1,蛋白酶添加量为 0.1%(以牡蛎的重量计),置于 50℃摇床中酶解 12 h。重复 3 次试验。考察不同酶解 pH 对牡蛎深度酶解的影响。

1.2.5 牡蛎深度酶解工艺中酶解温度的确定 取解冻后牡蛎原浆 50 g,加入 50 g 去离子水稀释后,酶解过程中用 0.05 mol/L 氢氧化钠溶液调节 pH 至 7.5(每 1 h 调 pH 值 1 次,使其维持在 7.5)。胰蛋白酶与风味蛋白酶的质量比为 2:1,蛋白酶添加量为 0.1%(以牡蛎的重量计),分别置于温度为 45,50,55,60℃的摇床中酶解 12 h。重复 3 次试验。考察不同酶解温度对牡蛎深度酶解的影响。

1.2.6 牡蛎深度酶解工艺中酶解时间的确定 取解冻后牡蛎原浆 50 g,加入 50 g 去离子水稀释后,酶解过程中用 0.05 mol/L 氢氧化钠溶液调节 pH 至 7.5(每 1 h 调 pH 值 1 次,使其维持在 7.5)。胰蛋白酶与风味蛋白酶的质量比为 2:1,蛋白酶添加量为 0.1%(以牡蛎的重量计),分别置于 60℃摇床中酶解 6,12,18,24,30,36 h。重复 3 次试验。考察不同酶解时间对牡蛎深度酶解的影响。

1.2.7 蛋白水解度的测定 总氮含量根据 GB 5009.5—2010 测定。氨基酸态氮含量根据甲醛滴定法测定^[19]。水解度(DH)按式(1)计算^[20]:

$$DH = \frac{AN}{N} \times 100\%, \tag{1}$$

式中:

DH——水解度,%;

AN——氨基酸态氮含量,g;

N——原料总氮含量,g。

1.2.8 酶解产物感官评定 根据文献[21],选取 5 男 5 女,共 10 名年龄在 16~25 岁的感官评定员,在温度为(24±1)℃的感官评价室进行感官评定。感官评定员在感官评定之前经过基本滋味培训,熟悉牡蛎酶解产物的风味特征和感官强度,进行培训的标准品分别是甜味(1%蔗糖),咸味(0.35%食用盐),鲜味(0.2%味精),苦味(0.02 g/L 盐酸奎宁),酸味(0.04%柠檬酸)。评定步骤:评定员取 5 mL 待测样液放于口中,样液在口中停留 20~25 s,之后吐掉,根据感官评定标准(见表 1)对此次感官结果给予记录。

1.2.9 酶解产物肽分子量分布测定 根据文献[22],将牡蛎酶解清液稀释至蛋白浓度为 1 mg/mL,使用高效液相色谱

测定酶解清液中肽分子量分布情况,凝胶柱型号为 TSk gel G2000 SWXL 分析柱,洗脱液为磷酸缓冲液(0.04 mol/L),流速 1 mL/min,检测波长 214 nm。标准肽样品分别为:维生素 B₁₂(MW 1 855 u)、抑肽酶(MW 6 512 u)、细胞色素 C(MW 12 384 u)、卵清蛋白(MW 43 000 u)。根据标准样品的洗脱时间得到标准曲线方程:

$y = -0.164\ 7x + 6.543\ 1(R^2 = 0.993\ 6),$ (2)

式中:
y——分子量的对数;
x——保留时间,min。

表 1 感官评判标准

Table 1 Scoring standard of sensory analysis

评价标准	分值
贝类香气突出,无腥味,无苦味,鲜甜味明显,样液澄清	9~10
有一定贝类香气,腥味较弱,无苦味,鲜甜味明显,样液澄清	6~8
贝类香气较弱,腥味较弱,无苦味,鲜甜味明显,样液相对澄清	4~5
有较强腥味,有一定异味,有苦味,有一定鲜味,样液浑浊	2~3
腥味特别突出,强烈异味,有苦味,鲜味弱,样液浑浊	0~1

1.2.10 酶解产物氨基酸组成分析 根据 GB/T 5009.124—2003 测定,采用全自动氨基酸分析仪测定。肽的氨基酸含量按式(3)计算:

$A = A_1 - A_2,$ (3)

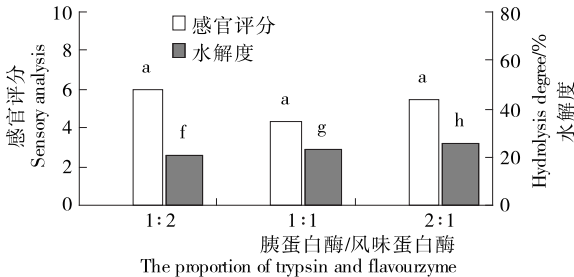
式中:
A——肽的氨基酸含量,mg/100 g;
A₁——总氨基酸含量,mg/100 g;
A₂——游离氨基酸含量,mg/100 g。

1.2.11 数据分析 所有的试验均进行 3 次。统计分析采用 Excel 2010 和 SPSS 20.0 软件,数据采用平均数±标准差来表示。

2 结果与分析

2.1 牡蛎深度酶解工艺条件优化

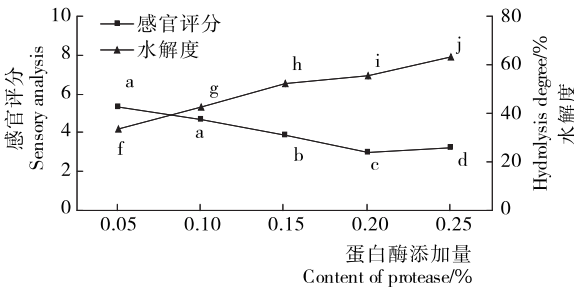
2.1.1 蛋白酶比例对牡蛎深度酶解产物感官和水解度的影响 胰蛋白酶为碱性内切酶,风味蛋白酶为中性内切兼外切酶,2 种酶组成复合酶,具有酶切效率高和产物风味好的特点^[13]。由图 1 可知,随着胰蛋白酶比例的增多,水解度逐渐升高。当胰蛋白酶与风味蛋白酶的质量比为 2:1 时,酶解产物水解度最高为 25.22%,感官评分为 5.5。而胰蛋白酶与风味蛋白酶的质量比为 1:2 时,酶解产物感官评分最高为 6.0,水解度为 20.63%。由于感官评分差别不大,从原料利用度的角度考虑,选取水解度高的蛋白酶比例。因此,确定牡蛎深度酶解的胰蛋白酶与风味蛋白酶质量比为 2:1。



相同字母表示 0.05 水平上差异未达到显著性水平,不同字母表示 0.05 水平上差异达到显著性水平。

图 1 蛋白酶比例对牡蛎酶解产物水解度和感官的影响
Figure 1 Effect of different the proportion of trypsin and flavourzyme on the hydrolysis degree and sensory analysis

2.1.2 蛋白酶添加量对牡蛎深度酶解产物感官和水解度的影响 由图 2 可知,随着蛋白酶添加量的增多,水解度逐渐增加,而感官评分却逐渐降低。当蛋白酶添加量为 0.05% 时,酶解产物感官评分最高为 5.3,水解度为 33.68%。当蛋白酶添加量为 0.1% 时,酶解产物水解度为 42.28%,感官评分为 4.7。从原料利用度和酶解产物感官评价角度综合考虑,选取牡蛎深度酶解的蛋白酶添加量为 0.1%。

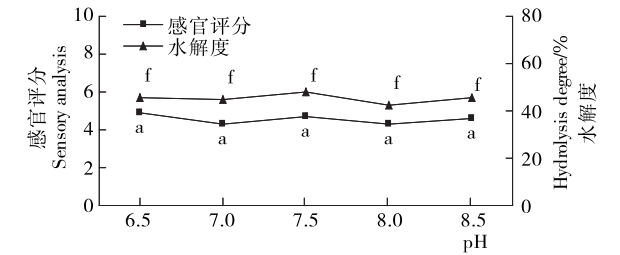


相同字母表示 0.05 水平上差异未达到显著性水平,不同字母表示 0.05 水平上差异达到显著性水平。

图 2 蛋白酶添加量对牡蛎酶解产物水解度和感官的影响
Figure 2 Effect of different the content of protease on the hydrolysis degree and sensory analysis

2.1.3 酶解 pH 对牡蛎深度酶解产物感官和水解度的影响 酶解体系的酸碱环境会影响酶的活力。pH 通过改变底物的解离状态,影响底物与蛋白酶的结合。特别是影响酶催化所需要的侧链基团的解离状态,进而影响水解效果。文献^[13,16]报道胰蛋白酶和风味蛋白酶的最适 pH 分别为 8.0, 7.0。由图 3 可知,酶解 pH 对感官评分和水解度影响不大。当酶解 pH 为 7.5 时,酶解产物水解度最高为 47.82%,感官评分最高为 4.8。胰蛋白酶在最适 pH 条件下有较强的水解能力,而风味蛋白酶在较佳 pH 条件下赋予水解产物较好的风味。综合考虑感官评分和水解度 2 个指标,选取牡蛎深度酶解的 pH 为 7.5。

2.1.4 酶解温度对牡蛎深度酶解产物感官和水解度的影响 酶催化的反应速度与温度关联度较大。温度升高,反应速度也相应的提高,但酶失活的速率也随之增大。温度降



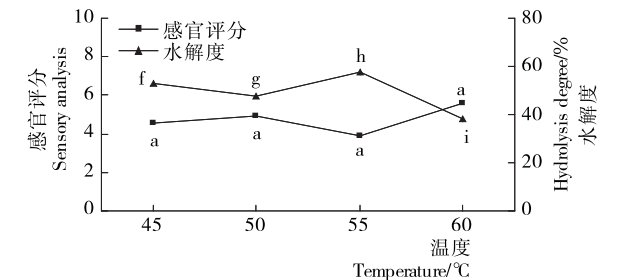
相同字母表示 0.05 水平上差异未达到显著性水平,不同字母表示 0.05 水平上差异达到显著性水平。

图 3 酶解 pH 对牡蛎酶解产物水解度和感官的影响

Figure 3 Effect of enzymolysis pH on the hydrolysis degree and sensory analysis

低,酶催化反应的速率也随之降低,同时在长时间酶解过程中,反应体系易受到微生物的污染。文献^[17-18]报道胰蛋白酶和风味蛋白酶的最适酶解温度分别为 45,55 ℃。但同一种酶与不同的底物进行酶解所表现出来的最适温度可能不同^[23]。胰蛋白酶水解牡蛎的最适温度为 58.6 ℃,水解乳蛋白最适温度为 55 ℃^[14,24]。因此对于不同的酶解体系,研究酶解温度是非常有必要的。

由图 4 可知,酶解温度从 45 ℃增加到 55 ℃,水解度呈缓慢增大,60 ℃时急剧下降。而感官评分却缓慢升高。当酶解温度为 55 ℃时,酶解产物水解度最高为 57.87%,此时的感官评分却相对较低。当酶解温度为 60 ℃时,酶解产物水解度最低为 38.10%,此时的感官评分却相对最高,主要体现在产品鲜味相对突出。可能是在较高的酶解温度下,鲜味氨基酸或多肽等物质更有利于溶出。朱新武^[25]在研究鸡肉酶解时,也发现胰蛋白酶在 60 ℃酶解鸡肉时鲜味评分最高。考虑到呈味基料感官性能的重要性,选取牡蛎深度酶解的温度为 60 ℃。



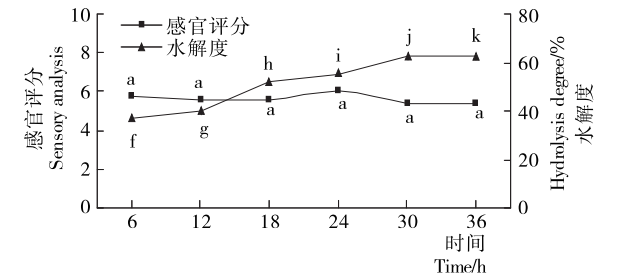
相同字母表示 0.05 水平上差异未达到显著性水平,不同字母表示 0.05 水平上差异达到显著性水平。

图 4 酶解温度对牡蛎酶解产物水解度和感官的影响

Figure 4 Effect of enzymolysis temperature on the hydrolysis degree and sensory analysis

2.1.5 酶解时间对牡蛎深度酶解产物感官和水解度的影响

由图 5 可知,随着酶解时间的延长,牡蛎酶解产物水解度逐渐提高,而感官评分却呈现先缓慢升高再缓慢降低的趋势。在 6~30 h 时,水解度增加趋势较快,30 h 的水解度比 6 h 的增加了 26.14%,而在 30~36 h 时,水解度保持不变,表明蛋白已充分水解为氨基酸和多肽。当酶解时间为 24 h 时,感官评分相对最高,此时水解度为 55.32%。侯清



相同字母表示 0.05 水平上差异未达到显著性水平,不同字母表示 0.05 水平上差异达到显著性水平。

图 5 酶解时间对牡蛎酶解产物水解度和感官的影响

Figure 5 Effect of enzymolysis time on the hydrolysis degree and sensory analysis

娥^[26]采用 0.1%酶解样液重量的胰蛋白酶(4 000 U/g)酶解牡蛎蛋白 6 h,获得水解度为 45.55%酶解液,且具有浓郁海鲜风味、甘甜、微酸的感官。因此,选取牡蛎深度酶解的时间为 24 h。

2.2 牡蛎深度酶解产物肽分子量分布

相同浓度下,小分子量的多肽比某些氨基酸更容易被肠道吸收,且分子量<5 ku 的多肽,可呈现甜、酸、苦、咸、鲜 5 种基本味觉,是高档复合调味品的重要呈味基料^[27]。因此,了解牡蛎深度酶解产物的多肽分子量分布具有重要的意义。

本研究选取胰蛋白酶与风味蛋白酶质量比为 2:1、蛋白酶添加量为 0.1%(以牡蛎重量计)、酶解 pH 为 7.5、酶解温度为 60 ℃、酶解时间为 24 h 的最佳工艺条件进行牡蛎深度酶解,制备得到牡蛎深度酶解产物,水解度和感官评分分别为 55.01%和 6.0。用高效液相色谱法测定酶解产物中的肽分子量分布,试验结果见表 2。

由表 2 可知,牡蛎深度酶解产物中分子量<3 ku 的多肽占 83.5%,其中含有 33.4%的分子量为 1~3 ku 的多肽和 50.1%的分子量<1 ku 的多肽,而分子量在 3~5,5~10,10 ku 以上的多肽所占比例比较低,分别为 9.0%,6.0%,1.5%。由此可见,在牡蛎深度酶解最优工艺条件下,牡蛎深度酶解的效果显著,得到的酶解产物以<3 ku 的小分子量肽为主。

2.3 牡蛎深度酶解产物氨基酸组成分析

酶解产物中游离的鲜味氨基酸、甜味氨基酸和苦味氨基酸的组成变化对酶解液的主体风味有着重要的影响。利用全自动氨基酸分析仪对优化出的牡蛎深度酶解产物进行氨基酸分析,结果见表 3。

表 2 酶解产物多肽分子量分布

Table 2 The peptide molecular weight distribution of hydrolyzate from oyster

分子量范围/ku	保留时间/min	峰面积	面积比/%
>10	10.75	200 813.301 3	1.5
5~10	11.67	811 213.121 5	6.0
3~5	12.33	1 218 348.703	9.0
1~3	13.08	4 520 325.745	33.4
<1	13.78	6 770 764.345	50.1

表 3 酶解产物氨基酸组成[†]

Table 3 The amino acid composition of oyster hydrolysis

氨基酸种类	游离氨基酸/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	总氨基酸/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	肽的氨基酸/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	游离氨基酸占游离 氨基酸总量比例/%
谷氨酸	216	488	272	13.22
天冬氨酸	70	326	256	4.28
丝氨酸	105	182	77	6.43
甘氨酸	108	252	144	6.61
丙氨酸	145	216	71	8.87
苏氨酸	142	182	40	8.69
组氨酸	45	111	66	2.75
精氨酸	148	196	48	9.06
缬氨酸	96	148	52	5.88
酪氨酸	93	123	30	5.69
蛋氨酸	50	85	35	3.06
亮氨酸	139	200	61	8.51
异亮氨酸	89	134	45	5.45
苯丙氨酸	75	103	28	4.59
脯氨酸	87	160	73	5.32
赖氨酸	26	220	194	1.59
总量	1 634	3 126	1 486	

[†] 氨基酸滋味特征:谷氨酸、天冬氨酸呈鲜味;丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、苏氨酸呈甜味;组氨酸、精氨酸、缬氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸、赖氨酸呈苦味。

由表 3 可知,牡蛎深度酶解产物游离氨基酸中具有高达 40.51%的必需氨基酸(缬氨酸、蛋氨酸、组氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、赖氨酸),营养价值比较高。30.60%的甜味氨基酸和 17.50%的鲜味氨基酸是作为良好呈味基料的基础,其中谷氨酸比例最高为 13.22%。同时,其苦味氨基酸含量也达到了 51.90%。肽的氨基酸总含量与游离氨基酸总含量基本一致。尽管游离氨基酸中苦味氨基酸含量较高,但整体感官评定中苦味不突出,产物鲜味评定分数较高,可能是酶解液中的小分子多肽起了主要鲜味作用或产生的醇厚感肽对鲜味起了增强作用^[28]。

3 结论

通过单因素试验,以水解度和感官评分为指标,确定牡蛎深度酶解最佳工艺条件为:胰蛋白酶与风味蛋白酶质量比 2:1,蛋白酶添加量 0.1%([E]/[S]),pH 7.5,酶解温度 60℃,酶解时间 24 h。在最佳工艺下对牡蛎进行深度酶解,牡蛎深度酶解产物水解度和感官评分分别为 55.01%和 6.0。所获得的牡蛎深度酶解产物中分子量<3 ku 的多肽含量为 83.5%,其中含有 33.4%的分子量为 1~3 ku 的多肽和 50.1%的分子量<1 ku 的多肽。牡蛎深度酶解产物游离氨基酸中必需氨基酸含量为 40.51%,鲜味氨基酸含量为 17.50%,甜味氨基酸含量为 30.60%,苦味氨基酸含量为 51.90%。在试验中发现,深度酶解产物具有一定的腥味等不良风味,如何减少此不良风味是牡蛎深度酶解产物作为呈味基料应用的关键,也是下一步研究目标。

参考文献

[1] 闫雷. 中国复合调味品产业的现状与发展趋势[J]. 西昌学院学报:自然科学版, 2016, 30(4): 77-79.

[2] 李雪莹. 腐乳风味呈味基料的可控制备与应用研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016: 3.

[3] 叶笑艳, 钱方, 孙洋, 等. 生物法制备低过敏乳的研究进展[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 231-233.

[4] 付光中. 虾呈味基料的制备工艺及其风味研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2010: 15-26.

[5] 李琳, 沈志华, 李伟明, 等. 低值鱼的深度酶解及海鲜复合调味料的生产[J]. 中国调味品, 2014(2): 67-71.

[6] 李漫男. 酶解花生粕蛋白—糖美拉德反应制备呈味基料研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2010: 17-28.

[7] 方富永, 芦志刚, 苗艳丽, 等. 长牡蛎肉小肽营养液的研制[J]. 中国食品学报, 2012, 12(1): 38-45.

[8] 苑园园, 于宏伟, 田益玲, 等. 酶法制备牡蛎 ACE 抑制肽的条件优化[J]. 中国食品学报, 2013, 13(3): 115-121.

[9] 董庆亮, 许丽莉. 分子包埋技术制备脱腥牡蛎粉工艺的优化[J]. 食品与机械, 2016(7): 186-190.

[10] 冯金晓, 薛长湖, 徐莹, 等. 响应面法优化 Protease M 酶解牡蛎工艺的研究[J]. 食品科技, 2009(5): 184-187.

[11] 苗艳丽, 方富永, 纪晓德, 等. 牡蛎肉双酶复合水解和酸水解工艺[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(4): 21-24.

[12] 孙克岩, 张志胜, 佟海菊, 等. 响应面法优化木瓜蛋白酶和风味蛋白酶双酶酶解牡蛎工艺研究[J]. 食品科技, 2011(6): 13-17.

(下转第 206 页)

以控制发酵环境中有效成分的氧化,在一定程度上延长了产品的保质期。由于辣椒具有季节性,后续可尝试用于辣椒进行乳酸发酵,以保证企业规模化生产的不间断。

参考文献

[1] WATARU A, YUJI N, TOSHIKAZU Y. Exercise and functional food[J]. Nutrition Journal, 2006, 5(15): 1-8.

[2] UTE Schweiggert, REINHOLD Carle, ANDREAS Schieber. Characterization of major and minor capsaicinoids and related compounds in chili pods (Capsicum frutescens L.) by high-performance liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry[J]. Analytica Chimica Acta, 2006 (557): 236-244.

[3] MACHO A. Non-pungent capsaicinoids from sweet pepper synthesis and evaluation of the chemopreventive and anticancer potential[J]. Eur Nutr, 2003, 42(1): 2-9.

[4] 王雪雅, 吴华丽, 丁筑红, 等. 纯种乳酸菌接种发酵辣椒综合品质特性研究[J]. 中国酿造, 2016(9): 119-124.

(上接第 184 页)

[13] 余杰, 杨振国, 熊夏宇, 等. 复合酶水解牡蛎蛋白的动力学研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 142-144.

[14] 侯清娥, 秦小明, 林华娟, 等. 基于神经网络法制备牡蛎呈味肽工艺优化研究[J]. 食品工业科技, 2011(11): 301-304.

[15] 梁帅峰, 梁春辉, 王伟, 等. 牡蛎酶解液酶解工艺优化研究[J]. 食品工业, 2015(3): 158-161.

[16] 冯丹丹, 冯金晓, 薛勇, 等. 四种蛋白酶对牡蛎的酶解效果研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 189-192.

[17] 钟秋平, 熊拯, 林美芳. 胰蛋白酶对近江牡蛎的酶解工艺研究[J]. 钦州学院学报, 2009, 24(6): 27-29.

[18] 宋忠魁, 谢涛, 叶开富, 等. 广西近江牡蛎风味酶酶解工艺研究[J]. 食品科技, 2014(10): 156-159.

[19] 姚玉静, 崔春, 邱礼平, 等. pH—stat 法和甲醛滴定法测定大豆蛋白水解度 准性 比较 [J]. 食品工业科技, 2008(9): 268-270.

[20] 冯琬帛, 崔春, 任娇艳, 等. 咸蛋清蛋白深度酶解工艺优化研究

(上接第 195 页)

[4] 辛卓霖, 李鸿萱, 韩宛君, 等. 制作工艺及干燥方法对速食小米粥品质的影响探究[J]. 食品工业科技, 2017, 31(6): 283-305.

[5] 石磊, 王世清, 陈海华, 等. 浸泡温度及米水比例对小米淀粉糊化特性的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(1): 31-34.

[6] 周薇, 邢明, 李远志. 响应面法优化方便米饭蒸煮工艺[J]. 食品工业科技, 2014, 35(12): 287-290.

[7] 张敏, 刘辉, 杨明, 等. 速食小米粥的研制[J]. 食品工业科技, 2010, 31(6): 209-211.

[8] 王立东, 张桂芳, 包国凤, 等. 微波热风复合干燥制备速食小米方便粥的复水性研究[J]. 粮食与饲料工业, 2013, 12(6): 25-28.

[9] BOTH A G E, OLIVEIRA J C, AHRNÉ L. Microwave assisted air drying of osmotically treated pineapple with variable power programmes[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 108(2): 304-311.

[10] FLOBERG P. Microwave Convective Drying of Plant Foods at

[5] 卢翰, 苏爱军, 谭兴和. 辣椒酱发酵工艺研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(3): 126-129.

[6] 崔小利, 王薇, 阙建全. 鲜辣椒纯种发酵的菌株优选[J]. 食品科学, 2014(21): 149-153.

[7] 王微, 阙建全. 响应面法优化鲜辣椒的纯种发酵工艺[J]. 食品科学, 2014(7): 143-148.

[8] 孟允刚, 唐璜. 西北酸菜高效复合发酵菌种的筛选[J]. 食品科学, 2011(11): 222-227

[9] 卫玲玲, 应铁进, 陈延, 等. 甘蓝泡菜发酵菌种的复配研究[J]. 中国食品学报, 2012(8): 93-97.

[10] 张良, 向文良, 曾泽生, 等. 四川泡菜乳酸发酵菌剂的研究[J]. 食品科学, 2013(19): 200-206.

[11] 朱隆绘, 王修俊. 自然发酵辣椒中天然微生物的分离与鉴定[J]. 中国调味品, 2013, 38(2): 30-33.

[12] 燕平梅, 陈燕飞, 赵文婧, 等. 蔬菜发酵菌种的筛选及发酵特性[J]. 食品科学, 2015(3): 99-103.

[13] 胡博涵, 吴晖, 赖富饶, 等. 耐盐乳酸菌的筛选及其在剁辣椒发酵中的应用[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 51-54, 70.

[J]. 食品工业科技, 2014, 35(2): 146-149.

[21] 苏国万. 花生粕酶解及其产物呈味特性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012: 68.

[22] 赵谋明, 徐巨才, 刘雷, 等. 不同 HLB 值的表面活性剂对核桃仁酶解特性的影响[J]. 现代食品科技, 2016(7): 109-114.

[23] 周雪松. 鸡肉蛋白酶解及其产物抗氧化活性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2006: 58-59.

[24] 付莉, 岳喜庆, 赵凯. 胰蛋白酶制备乳蛋白水解物的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(23): 167-170.

[25] 朱新武. 鸡肉美拉德肽的制备及其呈味研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2015: 21-38.

[26] 侯清娥. 基于神经网络的牡蛎呈味肽制备及呈味特性研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2011: 10-17.

[27] 韩富亮, 郭安韵, 王华, 等. 食源性鲜味肽和浓厚感肽的研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 314-320.

[28] KOHYAMA K. Oral sensing of food properties[J]. Journal of Texture Studies, 2015, 46(3): 138-151.

Constant and Variable Microwave Power [J]. Drying Technology, 2007, 25(7/8): 1 149-1 153.

[11] 莫愁, 陈霖, 陈懿, 等. 微波干燥恒温控制系统的设计[J]. 食品与机械, 2011, 27(2): 77-79.

[12] 徐晚秀, 李臻锋, 李静, 等. 微波干燥温度和物料厚度对铁棍山药片品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 191-193.

[13] KAYA A, AYDIN O, DEMIRTAS C, et al. An experimental study on the drying kinetics of quince[J]. Desalination, 2007, 212(1): 328-343.

[14] 张黎骅, 武莉峰, 党鑫凯, 等. 鲜切高山野山药片微波间歇干燥特性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 39-44.

[15] VEGA-GÁLVEZ A, MIRANDA M, CLAVERÍA R, et al. Effect of air temperature on drying kinetics and quality characteristics of osmo-treated jumbo squid (Dosidicus gigas) [J]. LWT-Food Sci Technol, 2011, 44: 15-23.