

特色紫菜酱的发酵工艺

张雪楠¹, 罗佳峰¹, 卓丹琪¹, 何云海², 周 慧², 任丹丹², 汪秋宽^{3*}

(1. 大连海洋大学食品科学与工程学院, 大连 116023; 2. 辽宁水产品加工及综合利用重点实验室, 大连 116023;
3. 国家海藻加工技术研发分中心, 大连 116023)

摘 要: **目的** 探究紫菜酱得最佳发酵工艺。**方法** 以干制坛紫菜为原料, 参照国标测定紫菜中的基本成分与营养成分, 用乳酸菌和米曲霉对坛紫菜进行发酵制备紫菜酱, 以发酵产物中的游离氨基酸含量和感官检验结果作为指标, 通过正交实验对紫菜酱的发酵条件进行优化。**结果** 干制坛紫菜中粗蛋白质为 34.13%, 粗脂肪为 3.89%, 灰分为 9.32%, 水分含量为 11.80%。紫菜含有 17 种氨基酸, 包含 7 种人体所必需的氨基酸。四因素三水平的正交实验确定发酵紫菜酱的最佳发酵条件为米曲霉接种量是 1.0%, 乳酸菌的接种量是 1.0%, 发酵时间是 5 d, 发酵温度是 25 °C。在此基础上, 经过调配得到原味、香菇味、香辣味、牛肉味 4 种不同风味的紫菜酱配比。**结论** 最佳的发酵工艺条件制备的紫菜酱味道鲜美, 口感极佳, 为高营养、高品质的酱料产品。**关键词:** 坛紫菜; 乳酸菌; 米曲霉; 发酵; 正交实验

Fermentation technology of special *Porphyra haitanensis* sauce

ZHANG Xue-Nan¹, LUO Jia-Feng¹, ZHUO Dan-Qi¹, HE Yun-Hai², ZHOU Hui²,
REN Dan-Dan², WANG Qiu-Kuan^{3*}

(1. College of Food Science and Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;
2. Key and Open Laboratory of Aquatic Products Processing and Utilization, Liaoning Province, Dalian 116023, China;
3. National Algae Processing Technology Research and Development Sub-Center, Dalian 116023, China)

ABSTRACT: Objective To explore the optimum fermentation technology of *Porphyra haitanensis* sauce. **Methods** Taking dried *Porphyra haitanensis* as raw material, the basic ingredients and nutrients of *Porphyra haitanensis* were determined with reference to the national standard, and the *Porphyra haitanensis* was fermented with lactic acid bacteria and *Aspergillus oryzae* to prepare *Porphyra haitanensis* sauce. The fermentation conditions of *Porphyra haitanensis* sauce were optimized by orthogonal experiment with the content of free amino acids in the fermentation products and the results of sensory examination as the indexes. **Results** The crude protein of dried *Porphyra haitanensis* was 34.13%, the crude fat was 3.89%, the ash content was 9.32%, and the moisture content was 11.80%. Laver contained 17 kinds of amino acids, including 7 kinds of essential amino acids for human body. The four-factor three-level orthogonal experiment determined that the best fermentation conditions for fermented *Porphyra haitanensis* sauce were *Aspergillus oryzae* inoculation volume 1.0%, lactic acid bacteria inoculation volume 1.0%, fermentation time five days, fermentation temperature 25 °C. On this basis, four different flavors of *Porphyra haitanensis* sauce, original

基金项目: 海藻产业体系支助项目(CARS-50)

Fund: Supported by Seaweed Industry System Support Project (CARS-50)

*通讯作者: 汪秋宽, 硕士, 教授, 主要研究方向为水产品加工及综合利用。E-mail: wqk320@dlou.edu.cn

*Corresponding author: WANG Qiu-Kuan, Master, Professor, Dalian Ocean University, Aquatic Product Processing and Comprehensive Utilization, Dalian 116023, China. E-mail: wqk320@dlou.edu.cn

flavor, mushroom flavor, spicy flavor, and beef flavor were prepared through blending. **Conclusion** The *Porphyra haitanensis* sauce prepared with the best fermentation process conditions is delicious and has excellent taste. It is a highly nutritious and high-quality sauce product.

KEY WORDS: *Porphyra haitanensis*; lactic acid bacteria; *Aspergillus oryzae*; fermentation; orthogonal experiment

1 引言

近年来,新型藻类加工食物的研究和开发也越来越受到世界各国的关注和重视。紫菜是我国海洋经济作物之一,养殖量大,干制加工品以出口为主。同时我国的制酱技术已经有悠久的历史,随着我国经济的日益增长,酱类产品已经由单一的生产模式转变成生产不同风味和具有保健功能的产品^[1]。紫菜自古被誉为理想的营养佳品之一^[2],紫菜不但富含蛋白质,且其具有独特的口感与风味,由此也是人工养殖海藻中经济价值较高的种类^[3]。紫菜除了经济价值外,同时中医学认为,紫菜性味甘咸寒,具有化痰软坚、清热利水、补肾养心的功效。民间根据紫菜的这些功能,用来治疗如慢性气管炎、咳嗽、水肿、高血压等^[4]。紫菜也具有很多保健功能,例如降血脂、降血压等保健功能,目前紫菜加工产品还是比较单一,主要为干制品和烤紫菜,增加紫菜加工种类,对提升紫菜的经济效益具有重要意义,多层次的产品也是拓展市场空间的主要途径。

紫菜产品的深加工研究报道较多,张静等^[5]将干紫菜进行加热浸提,研究浸提料液比、pH、浸提温度、浸提时间对紫菜浸提效果的影响,然后进行除腥处理,加入不同用量的保加利亚乳杆菌发酵不同时间,测定所得产品的各项指标。加热浸提干紫菜的较佳工艺为:紫菜与水配比为 1:50 g/mL,调 pH 3.0,经 90 °C 提取 60 min。发酵工艺为浸提液调 pH 至 6.5,添加 1% 的 β -环糊精进行脱腥处理,加入保加利亚乳杆菌 1%,40 °C 发酵 60 min,再将发酵液加 3% 蔗糖,用柠檬酸调 pH 4.0 后,于 100 °C,20 min 恒温水浴锅中杀菌得紫菜发酵饮料成品。沈照鹏等^[6]研究了利用海藻琼胶酶制取紫菜酶解液的最佳酶解条件及以紫菜为主要原料加工紫菜精素饮料的生产工艺。张付云等^[7]以干紫菜作为原料,利用正交试验优化紫菜的浸提条件,确定紫菜汁、柠檬汁和蔗糖的配比,通过检测产品的理化指标和感官指标,来确定最优条件下的紫菜饮料配比。

目前生产紫菜酱多数是通过简单的物理调配方式将紫菜粉碎,并加入一定的辅料进行调配调味,灭菌制成,最终得到各种风味的紫菜酱成品。这种方式得到的紫菜酱产品风味不够浓郁,本研究以干制紫菜为原料,对其基本成分和氨基酸组成进行分析,用乳酸菌和米曲霉对紫菜进行发酵制备紫菜酱,通过发酵工艺等精深加工的紫菜酱产品风味浓厚,可满足人们日益增长的品质需求,为紫

菜酱新产品的开发提供参考。

2 材料与方法

2.1 实验材料

紫菜(干制),产自大连连胜岛水产品有限公司;玉米淀粉、熟大豆粉、盐等食材均购于大连商场超市。

2.2 主要试剂仪器

盐酸、酚酞指示剂、氢氧化钠、甲醛溶液(分析纯,天津大茂化学试剂有限公司)。

XL-60C 粉碎机(永康市绿可食品机械有限公司);SUS316 标准筛(60 M,浙江省上虞市星星仪器有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 紫菜酱制作工艺流程

干紫菜→粉碎机粉碎→按比例加入水、玉米淀粉、熟豆粉、食盐→蒸煮灭菌→用乳酸菌和米曲霉接种→发酵→调配→装罐灭菌→紫菜酱

2.3.2 紫菜基本成分测定

本实验参照 GB/T 5009.3-2003《食品中水分的测定》^[8],用直接干燥法测定水分含量,参照 GB/T 5009.4-2003《食品中灰分的测定》^[9],用高温灼烧法测定灰分含量,参照 GB/T 5009.5-2003《食品中蛋白质的测定》^[10],用凯氏定氮法测定蛋白质含量,参照 GB/T 5009.6-2003《食品中脂肪的测定》^[11],利用索式抽提法测定粗脂肪的含量。

2.3.3 紫菜蛋白质氨基酸组成测定

紫菜蛋白氨基酸组成测定按照国标 GB5009.124-2016^[12]中《食品安全国家标准》中的食品氨基酸测定方法进行测定,采用碱性水解法水解蛋白质 22 h,利用日立 L-8900 氨基酸全自动分析仪测定蛋白质氨基酸组成。

2.3.4 不同风味紫菜酱感官评定

紫菜酱产品的感官检验从 4 个方面检验,包括色泽、形态、气味和滋味。各部分感官风味描述见表 1。

2.3.5 单因素实验的设计

当酶加量为 1.0%,发酵温度为 35 °C 时,发酵时间设置了 3、4、5、6、7、8 d 的发酵时间单因素实验;当发酵时间为 7 d、发酵温度为 35 °C 时,酶加量设置了 0.8%、1.0%、1.2% 和 1.4% 的酶加量单因素实验;当酶加量为 1.0%,发酵时间 7 d,发酵温度设置为 20、25、30、35、40 °C 进行了发酵温度单因素实验。

表 1 紫菜酱感官表
Table 1 Sensory table of *Porphyra haitanensis* sauce

色泽(20分)	形态(35分)	气味(25分)	滋味(20分)
呈色均匀一致, 酱色光亮 18-20分	粘稠适中, 组织细腻且均匀, 无汁水析出 31-35分	气味正常, 香味浓郁, 气味协调无异味 21-25分	咸度适中, 味道柔和 酱味突出, 口感适中, 紫菜有 咀嚼性、(酱香味浓郁)、 (香辣味浓郁)、(牛肉味浓郁)、 (香菇味浓郁), 无酸味 16-20分
色泽不一致, 过深或过浅 13-17分	组织细腻均匀, 过干或过稀 26-30分	气味正常, 协调性差 16-20分	稍有咸味, 味道柔和, 酱味一般, 相应风味一般, 酸味适中 11-15分
色泽不均匀, 暗黑色无光泽 6-12分	有杂质, 有大量水 析出 15-25分	气味协调性较差, 有异味 10-15分	过咸, 柔和性差, 有杂味, 无相应风味, 过酸 5-10分

2.3.6 发酵正交实验的设计

在单因素实验的基础上, 选取乳酸菌接种量、米曲霉接种量、发酵时间、发酵温度 4 个因素, 每个因素 3 水平, 设计正交实验, 确定最佳发酵条件。正交设计表如表 2。

表 2 紫菜酱正交实验表
Table 2 Orthogonal experiment table of *Porphyra haitanensis* sauce

水平	因素			
	米曲霉接 种量/% A	乳酸菌接 种/% B	发酵时 间/d C	发酵温度 /°C D
1	0.8	0.8	3	25
2	1.0	1.0	5	30
3	1.2	1.2	7	35

2.3.7 紫菜酱游离氨基酸含量测定(甲醛法)

称取搅拌均匀的发酵紫菜酱样品于锥形瓶中, 加入去离子水后用玻璃棒充分搅拌, 然后将样品液透过脱脂棉进行过滤, 并使滤液定容到 50 mL 容量瓶中待用。用移液管吸取滤液于 150 mL 锥形瓶中, 加入 25 mL 蒸馏水, 滴加 3~4 滴酚酞指示剂, 以 0.1 mol/L NaOH 标准溶液滴定至溶液刚显微红色, 然后往锥形瓶中加入 5 mL 40% 甲醛溶液, 再继续用氢氧化钠标准液滴定至溶液显深红色, 且在半分钟内不褪色, 即为滴定终点, 记录实际消耗的 NaOH 体积 V_2 。同时进行空白对照, 吸取蒸馏水于锥形瓶中, 滴加数滴酚酞指示剂, 记录终点实际消耗的 NaOH 体积 V_1 。游离氨基酸含量计算公式如下:

游离氨基酸含量

$$(\text{g}/100 \text{ g}) = \frac{(V_2 - V_1) \times C \times 0.044}{5 \times \frac{5}{50}} \times \frac{100}{1 - W}$$

式中: 氨基酸含量以干基重量计, g 氨基态氮/100 g; C 为 NaOH 标准溶液浓度, mol/L; W 为发酵紫菜酱的水分含量。

3 结果与分析

3.1 紫菜基本成分的测定

紫菜基本成分的测定结果表明紫菜中粗蛋白质为 34.13%, 粗脂肪为 3.89%, 灰分为 9.32%, 水分含量为 11.80%, 其他物质为 40.86%。紫菜含水为 11.80% 左右, 说明其水分活度低, 可以抑制霉菌等微生物生长, 利于原料保存。紫菜中的矿物质主要包括 K、Ca、Na、Mg 以及 P 这五类且含量颇高, 除上述 5 种外, 还含有 Cu、Fe、Ni、Zn、Co、Cr 等丰富的微量元素^[13]。本实验中紫菜干中灰分为 9.32%, 说明其无机盐、矿物质含量较为丰富。实验中测得坛紫菜中的粗蛋白含量为 34.13%, 表明其中的蛋白质含量很高, 据报道其中的蛋白质主要由藻胆蛋白组成^[14,15]。检测结果表明坛紫菜的脂肪含量为 3.89%, 其营养价值丰富, 其中多不饱和脂肪酸含量较高, 仅二十碳五烯酸 (eicosapentaenoic acid, EPA) 含量可高达 24%^[16]。由此可见紫菜是一种高蛋白, 低脂肪, 矿物质含量丰富的藻类食品。紫菜的其他成分主要包括紫菜多糖等成分。周存山等^[17]利用真空干燥法得到结论, 当料液比为 1160:100 (mg/mL), 时间为 4.7 h, 温度为 100 °C, 多糖得率最高为 (22.22+0.92)%。肖美添等^[18]采用传统水提法提取的紫菜多糖, 提取率一般小于 8%, 为充分提取紫菜可溶性多糖, 需对细胞加以完全破碎, 以提高多糖提取率和生理活性物质。

3.2 紫菜中的营养成分

紫菜的氨基酸组成成分测定结果表 3 所示, 紫菜含有 17 种氨基酸, 其中包括 7 种人体必需氨基酸。在这 7 种人体必需氨基酸中, 含量最高的是亮氨酸、其次是缬氨酸和苏氨酸, 以它们的含量为参考标准进行排序, 从高到低的顺序为亮氨酸、缬氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸、色氨酸。10 种非必需氨基酸中, 通过对

比可知,含量最高的是谷氨酸,其次是丙氨酸和天冬氨酸等。各种氨基酸所占比例不同,7种必需氨基酸占总氨基酸含量的35.05%。

表 3 坛子菜干的氨基酸组成成分测定结果
Table 3 Determination results of amino acid components in dried *Porphyra haitanensis*

氨基酸种类	氨基酸含量 g/100 g 干紫菜	
人体 7 种必需氨基酸	Leu	2.58
	Val	2.21
	Thr	1.92
	Phe	1.46
	Lys	1.42
	Ile	1.26
	Met	0.56
10 种非必需氨基酸	Glu	4.22
	Ala	4.02
	Asp	3.57
	Arg	2.21
	Gly	2.11
	Ser	1.75
	Pro	1.60
氨基酸总含量	Tyr	1.13
	His	0.64
	Cys	0.19
	氨基酸总含量	33.02

3.3 单因素实验结果

发酵时间的单因素实验表明第 1、2 d 的液体明显没有任何色泽的变化,而第 3 d 到第 7 d 色泽及透明度以及粘稠度等外观条件很好,第 8 d 的发酵液体明显产生严重的酸臭味,因此发酵时间选择了第 3、5、7 d。发酵温度的单因素实验表明 20 °C 的液体明显没有任何外观上的变化,与原液外观形态及气味接近,而 25、30、35 °C 的条件下色泽很均匀,有光泽,组织细腻均匀,40 °C 的发酵液体明显产生异味,有杂质,同时气味协调性较差,因此发酵温度选择了 25、30、35 °C。酶比例的单因素实验表明 0.2%、0.4%、0.6% 酶比例的液体明显没有任何外观上的变化,而 0.8%、1.0%、1.2% 的条件下液体色泽光亮,组织细腻,酸味适中,酶比例为 1.4% 的发酵液体明显产生异味,因此酶比例选择了 0.8%、1.0%、1.2%。

3.4 发酵水平正交实验优化

以感官得分为参考指标,对正交实验结果进行极差分析,得到发酵紫菜酱的最优理论发酵条件是 $A_2B_2C_2D_1$,即米曲霉和乳酸菌的接种量各是 1.0%,发酵时间是 5 d,发酵温度 25 °C。根据极差 R 可知,4 个因素对发酵紫菜酱感官得分的影响大小存在差异,其主次影响因素排序依次为 $C>A>B>D$,即发酵时间>米曲霉接种量>乳酸菌接种量>发酵温度,如表 4。

同时根据感官得分的高低,发现实际(即正交实验组中)最优发酵条件为 $A_3B_3C_2D_1$,即米曲霉和乳酸菌接种量各是 1.2%,发酵时间是 5 d,发酵温度 25 °C。通过与理论最优发酵条件的对比,以感官得分为对比依据,经过实验,发现理论组得分为 83 分超过实际组得分 81。因此,在以感官评价分数为指标的情况下,最佳发酵条件是理论最优发酵条件,即 $A_2B_2C_2D_1$ 。

以游离氨基酸含量(干基)为参考依据,对正交结果进行极差分析,得到发酵紫菜酱的最优理论发酵条件是 $A_1B_3C_3D_3$,即米曲霉接种量是 0.8%,乳酸菌接种量为 1.2%,发酵时间是 7 d,发酵温度是 35 °C。通过极差 R 的对比,4 个因素对紫菜酶解所产生的游离氨基酸含量高低也有一定差异影响,其主次因素依次为 $C>D>B>A$,即发酵时间>发酵温度>乳酸菌接种量>米曲霉接种量。

通过上述分析,可知采用 2 种参考指标得出的紫菜酱最佳发酵条件存在一定的差异,主要体现在发酵时间、发酵温度以及接种量上,其中发酵时间是主要原因。理论上,发酵时间越长,游离氨基酸的含量就越高,但是根据实际的感官得分,氨基酸含量不是越高越好,高氨基酸含量的发酵紫菜酱其感官得分反而低

综上所述,最终确定的紫菜酱的最佳发酵条件是 $A_2B_2C_2D_1$,即米曲霉接种量是 1.0%,乳酸菌的接种量是 1.0%,发酵时间是 5 d,发酵温度 25 °C。

3.5.4 4 种不同风味紫菜酱的感官评价

在选出最佳发酵工艺的基础上,对紫菜酱进行四种不同风味的调配,由表 5 可知,原味紫菜酱感官得分为 92.6、香菇紫菜酱为 89.6 分、香辣紫菜酱 92.1 分、牛肉味 92.4 分。以上得分均可表明,4 种风味发酵紫菜酱调配结果较好,在色泽、形态、气味、滋味四方面,都达到了各自预期目标。经过分析,最终确定 4 种风味的最优配比如表 6 所示。

4 讨论

本实验采用米曲霉和乳酸菌对坛紫菜进行发酵,在发酵过程中产生蛋白酶、淀粉酶、糖苷酶等物质,对紫菜中的大分子进行酶解,同时产生了酯等物质,这也是其风味形成的原因^[19]。研究结果表明干制紫菜原料的粗蛋白质含量为 34.13%,粗脂肪含量为 3.89%,灰分含量为 9.32%,水分含量为 11.80%。陈人弼^[20]以供试材料采自福建省福清海域筏式

吊养坛紫菜为原料,对其进行了基本成分的分析,包括主要组成成份、氨基酸组成、矿物质成份和维生素含量,同时与条斑坛紫菜进行比较,其中亮氨酸的含量为 1.57%,为 8 种必需氨基酸中含量最多的,本实验中八种必需氨基酸中含量最高的也是亮氨酸,含量为 2.58%。其中的 8 种氨基酸含量由高到低为亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、色氨酸。其中蛋白质含量为 30.4%,脂肪含量为 0.36%,纤维素含量为 1.8%,灰分为 11.1%,碳水化合物为 41.5%,与本实验结果存在差异,分析原因为原料的来

源及处理方法的不同导致了其差异性的产生。紫菜的氨基酸分析结果显示紫菜含有 17 种氨基酸,可见紫菜营养价值之高。实验通过发酵实验确定了特色紫菜酱的发酵工艺流程,通过设计四因素三水平的正交实验确定发酵紫菜酱的最佳发酵条件为米曲霉接种量是 1.0%,乳酸菌的接种量是 1.0%,发酵时间是 5 d,发酵温度是 25 °C。在此基础上,经过调配得到的原味、香菇味、香辣味、牛肉味四种不同风味的紫菜酱配比,本实验中 4 种风味的紫菜酱的感官评分都偏高,为进一步紫菜酱研究奠定了坚定的基础^[21]。

表 4 发酵紫菜酱正交实验结果
Table 4 Orthogonal experiment results of fermented *Porphyra haitanensis* sauce

实验号	因素				氨基酸含量 g/(g/100 g)	感官得分
	A	B	C	D		
1	1	1	1	1	1.1088	65
2	1	2	2	2	2.2176	71
3	1	3	3	3	4.3325	61
4	2	1	2	3	2.3203	79
5	2	2	3	1	2.8131	74
6	2	3	1	2	1.8275	74
7	3	1	3	2	2.8541	56
8	3	2	1	3	2.5051	79
9	3	3	2	1	1.8685	81
氨基酸含量	K1	2.5530	2.0994	1.8138	1.9301	
	K2	2.3203	2.5119	2.1355	2.2997	
	K3	2.4092	2.6762	3.3332	3.0526	
极差 R	0.2327	0.5818	1.5194	1.1225		
主次因素				C>D>B>A		
最优方案				A ₁ B ₃ C ₃ D ₃		
感官得分	K1	66	67	73	74	
	K2	76	75	77	67	
	K3	72	72	64	73	
极差 R	10	8	13	7		
主次因素				C>A>B>D		
最优方案				A ₂ B ₂ C ₂ D ₁		

表 5 四种风味发酵紫菜酱的感官得分表

Table 5 Sensory scores of four flavors of fermented *Porphyra haitanensis* sauce

指标风味	色泽	形态	气味	滋味	总分
原味	18.8	32.8	24.0	17.0	92.6±2.679
香菇味	18.2	33.2	20.8	17.4	89.6±2.884
香辣味	18.8	32.5	23.0	17.8	92.1±2.679
牛肉味	18.2	32.4	24.6	17.2	92.4±3.149

表 6 四种风味紫菜酱的配方

Table 6 Recipe of four flavor *Porphyra haitanensis* sauce

风味配料/g	原味	香菇味	香辣味	牛肉味
紫菜条	4	4	4	4
虾米	5	5	5	5
酱油	5	5	5	5
白砂糖	5	5	5	5
琼脂粉	5	5	5	5
料酒	10	10	10	10
植物油	20	20	20	20
蒜	4	4	4	4
姜	4	4	4	4
I+G	0.5	0.5	0.5	0.5
芝麻	4	4	4	4
香油	4	-	4	4
香菇	-	40	-	-
花椒	-	-	1	-
辣椒粉	-	-	4	-
油辣子	-	-	20	-
红油	-	-	-	30
牛肉	-	-	-	40

崔东波^[22]以海带, 牛肉, 辣椒为主要原料开发了一款海带牛肉辣椒酱, 对开发我国高档调味料具有重要意义, 其最终通过正交实验确定的最佳工艺配方为: 黄酱: 辣椒酱为 1:2.5, 牛肉丁用量为 25%, 海带酱量为 25%, 熟芝麻 8%, 白砂糖 3%, 白酒 1%, 味精 2%, 香辛料 2%, 鲜姜末 1%, 蒜泥 1%, 葱末 1%。王小军等^[23]通过四种方法对海带进行拖腥, 最终确定最佳脱腥方法为高压蒸煮, 同时进行了海带酱稳定剂的筛选, 加入 0.6%的 CMC—Na 和 0.2%的海藻酸钠可使海带酱酱体成为均匀稳定的半流体状态, 海带原浆用量 250 g, 花生油 7.5%, 食盐 1.5%, 味精 0.5%, 酱油 2.5%, 米醋 0.05%, 料酒 0.5%, 绵白糖 0.5%, CMC—Na 0.6%, 海藻酸钠 0.2%, VC 0.01%。杨贤庆等^[24]

利用米曲霉和鲁氏酵母制备发酵, 选取最优发酵条件, 正交试验结果表明, 最优发酵组合为米曲霉接种量 1.0%、鲁氏酵母接种量 0.8%、发酵时间 5 d、发酵温度 35 °C, 本实验中采取米曲霉和生香酵母进行发酵, 米曲霉接种量也为 1%, 发酵时间也为 5 d, 但发酵温度有所差异。

本研究结果表明干制紫菜原料的干制坛紫菜中粗蛋白为 34.13%, 粗脂肪为 3.89%, 灰分为 9.32%, 水分含量为 11.80%。紫菜的氨基酸分析结果显示紫菜含有 17 种氨基酸, 包含 8 种人体所必需的氨基酸, 其中以谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸 3 种为主, 同时含有 10 种非必需氨基酸。以该干制紫菜为原料, 用米曲霉和乳酸菌混合菌发酵, 以发酵产物中的游离氨基酸含量和感官检验结果作为指标,

通过正交实验对紫菜酱的发酵条件进行优化。最佳的发酵工艺条件为: 米曲霉接种量为 1.0%, 乳酸菌接种量为 1.0%, 发酵时间为 5 d, 发酵温度为 25 °C。优化条件制备的原酱通过调配、感官评价确定 4 种风味(原味、香辣味、香菇味、香辣牛肉味)的坛紫菜酱最佳生产工艺, 原味紫菜酱的最佳工艺是紫菜条 4 g、虾米 5 g、酱油 5 g、白砂糖 5 g、琼脂粉 5 g、料酒 10 g、植物油 20 g、蒜 4 g、姜 4 g、I+G 0.5 g、芝麻 4 g、香油 4 g。香辣味紫菜酱的最佳工艺是在原味紫菜酱的基础上添加花椒 1 g、辣椒粉 4 g、油辣子 20 g。香菇味紫菜酱的最佳工艺是在原味紫菜酱的基础上添加香菇 40 g。香辣牛肉味紫菜酱的最佳工艺是在原味紫菜酱基础上添加红油 30 g、牛肉 40 g。此条件下制作的紫菜酱味道鲜美, 口感极佳, 为高营养、高品质的酱料产品。

参考文献

- [1] 范露, 施星杰. 紫菜香菇复合调味酱的工艺研究[J]. 中国调味品, 2015, (7): 88-91, 95.
Fan L, Shi XJ. Research on the technology of compound seasoning with *Porphyra* and *Lentinus* [J]. Chin Cond, 2015, (7): 88-91, 95.
- [2] 张全斌, 赵婷婷, 蔡慧敏, 等. 紫菜的营养价值研究概况[J]. 海洋科学, 2005, 29(2): 69-72.
Zhang QB, Zhao TT, Tong HM, et al. Research on nutritional value of laver [J]. Mar Sci, 2005, 29 (2): 69-72.
- [3] 王娟, 戴继勋, 张义听, 等. 紫菜的生殖与生活史研究进展[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 322-327.
Wang J, Dai JX, Zhang YT, et al. Research progress on reproductive and life history of laver [J]. Chin Fish Sci, 2006, 13(2): 322-327.
- [4] 郭雷, 王淑军, 吕明生, 等. 浅谈紫菜的营养成分及加工前景[J]. 科学养鱼, 2009, (12): 70.
Guo L, Wang SJ, Lv MS, et al. Talking about the nutritional composition and processing prospect of laver [J]. Sci Fish Farm, 2009, (12): 70.
- [5] 张静, 郝记明. 紫菜发酵饮料的开发研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(9): 2726-2727, 273.
Zhang J, Hao JM. Development of laver fermented beverage [J]. Anhui Agric Sci, 2014, 42(9): 2726-2727, 273.
- [6] 沈照鹏, 刘蓓, 高笑, 等. 紫菜精素饮料的研制[J]. 食品科技, 2011, 36(12): 103-107.
Shen ZP, Liu B, Gao X, et al. Development of laver essence beverage [J]. Food Sci Technol, 2011, 36(12): 103-107.
- [7] 张付云, 张海, 胡渊. 风味紫菜饮料的研制[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(8): 51-53.
Zhang FY, Zhang H, Hu Y. Development of flavored laver drink [J]. Food Res Dev, 2009, 30(8): 51-53.
- [8] GB/T 5009.3-2003 食品中水分的测定[S].
GB/T 5009.3-2003 Determination of moisture in foods [S].
- [9] GB/T 5009.4-2003 食品中灰分的测定[S].
GB/T 5009.4-2003 Determination of ash in foods [S].
- [10] GB/T 5009.5-2003 食品中蛋白质的测定[S].
GB/T 5009.5-2003 Determination of protein in foods [S].
- [11] GB/T 5009.6-2003 食品中脂肪的测定[S].
GB/T 5009.6-2003 Determination of fat in foods [S].
- [12] GB 5009.124-2016 食品中氨基酸的测定[S].
GB 5009.124-2016 Determination of amino acids in food [S].
- [13] Garcia-Sartal C, Barciela-Alonso MDC, Moreda-Pineiro A, et al. Study of cooking on the bioavailability of As, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Se and Zn from edible seaweed [J]. Microchem J, 2013, 108(108): 92-99.
- [14] 时旭, 蔡春尔, 李春霞, 等. 条斑紫菜藻胆蛋白对小鼠免疫功能及抗氧化活性的影响[J]. 中国海洋药物, 2011, (2): 44-48.
Shi X, Cai CE, Li CX, et al. Effects of *Porphyra yezoensis* phycobiliprotein on immune function and antioxidant activity in mice [J]. Chin Mar Drugs, 2011, (2): 44-48.
- [15] 刘宇峰, 张成武. 红藻藻蓝蛋白对 IL-6 细胞生长的抑制作用[J]. 中国海洋药物, 2000, 19(1): 20-24.
Liu YF, Zhang CW. Inhibitory effect of phycocyanin on the growth of IL-6 cells [J]. Chin Mar Drugs, 2000, 19(1): 20-24.
- [16] 张全斌, 赵婷婷, 蔡慧敏, 等. 紫菜的营养价值研究概况[J]. 海洋科学, 2005, 29(2): 69-72.
Zhang QB, Zhao TT, Tong HM, et al. Research on nutritional value of laver [J]. Mar Sci, 2005, 29 (2): 69-72.
- [17] 周存山, 马海乐, 胡文彬. 条斑紫菜多糖提取工艺的优化[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 194-197.
Zhou CS, Ma HL, Hu WB. Optimization of polysaccharide extraction from *Porphyra yezoensis* [J]. J Agric Eng, 2006, 22(9): 194-197.
- [18] 肖美添, 杨军玲, 林海英, 等. 紫菜多糖的提取及抗流感病毒活性研究[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2003, 31(5): 631-635.
Xiao MT, Yang JL, Lin HY, et al. Extraction of laver polysaccharide and anti-influenza virus activity [J]. J Fuzhou Univ (Nat Sci Ed), 2003, 31(5): 631-635.
- [19] Kalkooru LV, Azeemullah AS, Parimelazhagan I, et al. Vitpor ai, a coagulation factor xiiia inhibitor from porphyra yezoensis: In vivo mode of action and assessment of platelet function analysis [J]. Prot Pept Lett, 2020, 27(3): 243-250.
- [20] 陈人弼. 坛紫菜主要营养成份的分析[J]. 应用海洋学学报, 1999, 18(4): 465.
Chen RB. Analysis of the main nutritional components of *Porphyra latifolia* [J]. J Applied Oceanol, 1999, 18(4): 465.
- [21] Peptides and proteins-peptides; findings on peptides detailed by investigators at Qingdao university (isolation and purification of a novel antimicrobial peptide from *Porphyra yezoensis*) [Z]. 2019.

- [22] 崔东波. 海带牛肉辣椒酱的研制[J]. 中国调味品, 2011, 36(6): 69-71.
Cui DB. Development of kelp beef chili sauce [J]. Chin Cond, 2011, 36(6): 69-71.
- [23] 王小军, 刘昌衡, 袁文鹏, 等. 风味海带酱的研制[J]. 农产品加工(学刊), 2008, (6): 39-41.
Wang XJ, Liu CH, Yuan WP, *et al.* Development of flavored kelp sauce [J]. Agric Prod Process (Sci), 2008, (6): 39-41.
- [24] 杨贤庆, 夏国斌, 戚勃, 等. 龙须菜风味海藻酱的加工工艺优化[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 53-57.
Yang XQ, Xia GB, Qi B, *et al.* Optimization of processing technology of Asparagus flavor seaweed sauce [J]. Food Sci, 2013, 34(8): 53-57.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介

张雪楠, 硕士研究生, 主要研究方向为食品科学。

E-mail: 903150893@qq.com



汪秋宽, 硕士, 教授, 主要研究方向为水产品加工及综合利用。

E-mail: wqk320@dlou.edu.cn

“发酵技术在食品中的应用及安全性评价”专题征稿函

作为众多食品种类的一种, 发酵食品因其独特的风味受到消费者的普遍欢迎。发酵是一种传统的食品储存与加工方法, 是指利用有益微生物加工制造的一类食品, 包括发酵乳制品、酒类、泡菜、酱油、食醋、豆豉等。由于其独特的加工方式, 发酵食品或存在一定的安全隐患, 可能会影响人体健康。

鉴于此, 本刊特别策划“发酵技术在食品中的应用及安全性评价”专题, 特别邀请江南大学生物工程学院吴敬教授担任专题主编, 围绕(1) 菌种的选育和保藏; (2) 发酵工艺的条件优化, 发酵机制, 发酵工程动力学; (3) 发酵食品的分析与检测; (4) 发酵食品的安全性评价及风险评估类等问题展开讨论, 计划在 2020 年 6~7 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及专题主编吴敬教授特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2020 年 05 月 25 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明 2020 专题: 发酵技术在食品中的应用及安全性评价)

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“2020 专题: 发酵技术在食品中的应用及安全性评价”)

邮箱投稿: E-mail: jfoods@126.com(备注: 2020 专题: 发酵技术在食品中的应用及安全性评价专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部