

不同速酿工艺生产鱼露的非挥发性成分比较

陈之瑶, 张业辉, 唐道邦, 刘学铭, 陈智毅

(广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东广州 510610)

摘要: 以海鱼为原料, 采用酶解鱼与豆粕大曲混合发酵 (E-SFS)、酶解鱼与花生粕大曲混合发酵 (E-PFS)、整鱼与豆粕大曲混合发酵 (SFS)、整鱼与花生粕大曲混合发酵 (PFS) 4 种快速酿造工艺进行对比, 探究不同工艺对鱼露成品的非挥发性成分以及感官属性的影响。实验结果表明, 4 个样品中可溶性无盐固形物、总氮、脂肪含量具有显著性差异 ($p < 0.05$), 其高低顺序为 E-SFS > E-PFS > PFS > SFS, 同时, 样品中总氮含量均达到鱼露商业一级标准。根据氨基酸分析结果, E-SFS 的游离氨基酸总量最高, 其中呈鲜味氨基酸在 E-SFS 和 E-PFS 中的比例最高, 而 SFS 和 PFS 中苦味氨基酸比例最高。样品的感官品质与其非挥发性成分中各物质的相互协调和作用密切相关, 由感官评定结果显示, E-SFS 的鲜味最强, 而 PFS 鱼腥味最重, 但是整体可接受度最高。

关键词: 鱼露; 快速发酵; 大曲; 非挥发性成分; 感官属性

文章编号: 1673-9078(2016)1-261-265

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.1.041

Comparison of Non-volatile Components of Fish Sauces Prepared with Different Fast Fermentation Processes

CHEN Zhi-yao, ZHANG Ye-hui, TANG Dao-bang, LIU Xue-ming, CHEN Zhi-yi

(Sericultural & Agri-food Research Institute of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China)

Abstract: Sea fish was used as raw material in four fast fermentation processes, including enzymatically hydrolyzed fish with a mixture of soybean meal and *koji* (E-SFS), enzymatically hydrolyzed fish with a mixture of peanut meal and *koji* (E-PFS), whole fish with a mixture of soybean meal and *koji* (SFS), and whole fish with a mixture of peanut meal and *koji* (PFS). The effects of the different processes on the non-volatile components and sensory properties of fish sauce were investigated. The results showed that the contents of non-salt soluble solids, total nitrogen, and crude fat were significantly different ($p < 0.05$) among the four samples, with the values being in the following order: E-SFS > E-PFS > PFS > SFS. The content of total nitrogen in all samples met the first-grade requirement for commercial fish sauce. Analysis of free amino acids (FAAs) showed that the highest amount of total FAAs was found in E-SFS, the highest proportion of umami FAAs was found in E-SFS and E-PFS, and the highest proportion of bitter FAAs was found in SFS and PFS. The sensory quality of the samples was closely related to the interactions among the non-volatile components of each substance. The sensory evaluation revealed that E-SFS had the strongest umami flavor, while PFS exhibited the strongest fishy smell, but with the highest overall acceptability.

Key words: fish sauce; fast fermentation; *koji*; non-volatile components; sensory properties

鱼露是一种味道鲜美、营养价值高、具有独特风味的调味品, 受到东南亚以及我国沿海一带居民的喜爱。传统鱼露的生产是在高盐条件下经过长期的日晒夜露制成, 在高盐对各种腐败菌的抑制作用下, 鱼体的内源性蛋白酶及多种微生物作用将鱼肉中的蛋白质、脂肪、碳水化合物等营养物质降解成牛磺酸等功能性成分, 以及必需氨基酸、有机酸等营养物质, 部分具有呈味特性的非挥发性成分形成鱼露独特海鲜风

收稿日期: 2015-04-14

基金项目: 国家科技计划 863 课题(2013AA102201-3); 国家星火计划项目(2012GA780001); 广东省科技项目(2012B040500058)

作者简介: 陈之瑶(1988-), 女, 研究实习生, 研究方向: 畜禽水产加工

通讯作者: 刘学铭(1967-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 畜禽水产加工

味。然而, 传统鱼露的生产周期长, 规模化生产程度低, 且产品含盐量高, 使得其难以被广泛的人群接受, 这直接影响到鱼露生产企业的生产成本和市场竞争

力。采用人工发酵鱼露能有效地缩短发酵周期, 提高鱼露品质, 而不同发酵工艺对鱼露营养成分、感官属性具有较大影响。在保证鱼露品质的前提下, 加快发酵速率, 是亟待解决的问题。目前, 国内外对鱼露快速发酵方法的研究也有不少报道, 主要包括保温发酵、外添加蛋白酶、外添加成曲几种方法, 但鲜有报道利用粮油副产物制备大曲与鲜鱼混合发酵的研究。黄紫燕等人^[1]结合前期高盐酶解、中期加曲自然发酵、后期高盐保温进行分段式鱼露发酵, 加快发酵速率, 且

不影响鱼露风味。Akolkar 等人^[2]利用嗜盐杆菌产胞外蛋白酶的特性,将其应用于鱼露发酵中,有效地缩短了发酵周期。此外,也有将不同方式结合运用的研究,例如, Yongsawatdigul^[3]等人结合所选不同细菌和外添加蛋白酶方式酿造鱼露,样品中氨基酸含量及感官品质可达到传统发酵 12 个月的水平。Xu^[4]等人以鱼副产物为原料,对比风味蛋白酶和大豆大曲不同添加方式,在减盐、保温发酵 30 d 后,总氮含量最高可达 2%。

本文以海水鱼为原料,选用豆粕、花生粕两种粮油副产物作为氮源制备米曲霉大曲,并与酶解处理以及未经酶解处理的原料鱼进行混合发酵,探究不同工艺对鱼露成品的非挥发性成分以及感官属性的影响,筛选出最佳的发酵工艺,为企业采用人工发酵鱼露技术提供理论依据和方法指导。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

海水鱼(黄鳍鲷)、豆粕、花生粕、面粉、食盐:市售;曲精(沪酿 3.042 孢子粉);风味蛋白酶:诺维信中国销售代理公司。

氨基酸标准品为色谱纯,其他试剂均为分析纯。

1.2 主要仪器

CP114 分析天平(奥豪斯仪器有限公司),BSC-250 恒温恒湿培养箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂),LS-50LD 立式压力蒸汽灭菌锅(江阴滨江医疗设备有限公司),电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司),水分测定仪(Sartorius MA100),SOX416 脂肪测定仪(Gerhardt 德国),PB-10 pH 计(Sartorius),K8400 蛋白质分析仪(FOSS ANALYTICALAB 瑞典),L-8900 全自动氨基酸分析仪(HITACHI 日本)。

1.3 实验方法

1.3.1 大曲制备工艺

将豆粕和花生粕原料置于蒸汽灭菌锅,121 °C 下灭菌 12 min,使蛋白质适度变性,按照豆粕(花生粕)重量的 80% 润水后,在 121 °C 下灭菌 10 min,取出冷却至室温。将冷却后的豆粕(花生粕)按照每框 m (豆粕(花生粕)): m (面粉)=8:1 的比例均匀混合后拌入 0.5% 曲精,平铺在各曲盘,参照 Feng^[5]等人的方法在恒温恒湿培养箱制备豆粕大曲和花生粕大曲,48 h 后出曲。培养过程中注意及时翻曲,控制品温不超过 38 °C。

1.3.2 鱼露发酵工艺

参照 Xu^[4]等人的鱼露制备工艺,并进行适当修改,本文采用以下两种方式进行发酵:

(1) 酶解鱼与豆粕/花生粕大曲混合发酵(E-SFS/E-PFS)

将鱼切碎、打糜,加入鱼重的 0.2% 的风味蛋白酶,50 °C 下酶解 5 h 后,灭酶,分别与 20% 的豆粕(花生粕)大曲(大曲/鱼重, m/m) 混合后,拌入与原料鱼等量的盐水,食盐添加量为原料混合物重量的 8%,发酵 30 d 后,过滤澄清。

(2) 整鱼与豆粕/花生粕大曲混合发酵(SFS/PFS)

将整条鱼与 20% 的豆粕(花生粕)大曲(大曲/鱼重, m/m) 混合后,加入鱼重的 0.2% 的风味蛋白酶,拌入与原料鱼等量的盐水,食盐添加量为原料混合物重量的 8%,发酵 30 d 后,过滤澄清。

1.3.3 基本指标测定

水分的测定按照水分测定仪操作说明称取 1 g 样品测定,pH 值按照 GB/T10786-89 方法用数字式 pH 计测定,无盐固形物含量测定参照 GB/T 18186-2000,粗脂肪的测定按照 GB/T 14772-2008 索氏抽提法,总糖含量的测定采用蒽酮比色法,氯化钠含量的测定参照 GB/T 12457-2008,总氮的测定参照 GB/T 5009.5-85 中凯氏定氮法,大曲蛋白质含量计算公式如下:

$$\text{蛋白质含量} = c \times \text{TN}$$

其中,TN 为总氮含量, $g/100g$, c 为氮折算系数,豆粕和花生粕分别为 5.71 和 5.46。

1.3.4 游离氨基酸

样品经过有机膜(0.22 μm) 处理后,采用全自动氨基酸分析仪测定鱼露中的游离氨基酸含量。采用液相离子交换柱(60 mm \times 4.6 mm \times 3 μm) 分离氨基酸,氨基酸的检测条件如下:

1 mL 的鱼露样品与 9 mL 8% 的磺基水杨酸溶液混合,4 °C 的条件下静置 1 h,待样品中大分子的蛋白质和多肽沉淀后,在 4 °C,转速 10000 r/min 条件下离心 15 min。过滤,采用茚三酮显色,流速为 60 $\mu L/min$,除脯氨酸检测波长为 440 nm 外,其余氨基酸均在 570 nm 处检测。各氨基酸浓度采用外标计算,单位为 mg/L 。

1.3.5 感官分析

感官分析方法参照 Jiang 等人^[6],采用定量描述性分析(Quantitative Descriptive Analysis (QDA) Test) 法,评定小组由 7 人组成(4 男 3 女,年龄在 20-45 岁),在感官评定前,先多次进行风味描述的一致认定和培训,然后对每个样品的风味特征(鲜味、咸味、苦味、鱼腥味、酸败味)进行评分。使用线性图形标度,采

用 0~7 分制,“0”代表完全没有所指的味道,“7”代表所指味道非常强烈,最后采用雷达图表示定量描述分析结果。

1.3.6 统计分析

本文的实验数据均重复 3 次,结果表示为平均值±标准偏差,分析采用 Excel 2010 和 SPSS 16.0 软件完成,在显著性水平为 0.05 的条件下进行显著性差异分析,不同样品间滋味属性的差异采用 t 试验参数统计分析处理数据。

2 结果与讨论

2.1 大曲基本成分的测定

表 1 两种大曲基本成分的比较

Table 1 Comparison of essential components in two kinds of koji samples

	水分 /%	粗脂肪 (千重)/%	蛋白质 (千重)/%	总糖 (千重)/%
豆粕大曲	18.36±0.50	3.82±0.17	29.63±0.34	21.92±0.71
花生粕大曲	18.58±0.74	3.85±0.09	43.09±0.43	11.68±0.46

豆粕和花生粕分别是大豆和花生榨油后的副产品,其蛋白质含量均达到 40%~50%^[7,8]。如表 1 所示,两种大曲中水分和粗脂肪含量不具有显著性差异 ($p>0.05$),而蛋白质和总糖含量的差异显著 ($p<0.05$)。花生粕大曲中蛋白质含量比豆粕大曲高 45.43%,而总糖含量比豆粕大曲低 46.72%。已有研究表明,在制曲过程中,随着微生物的生长繁殖以及代谢作用,会消耗蛋白质、糖类等营养物质,尤其在米曲霉生长期,会优先消耗大量糖类物质,引起浓缩效应,从而导致总氮含量占总物料比例的上升^[9],因此,成曲中营养物质的组成是微生物消耗糖类、蛋白质等

物质平衡的结果。两种大曲中营养成分组成的差异可能是米曲霉对不同来源的蛋白质、糖类消耗速率的不同所导致。此外,花生粕和豆粕原料中营养物质组成的差异也是大曲中成分差异的原因之一。

2.2 鱼露基本指标测定结果分析

鱼露中可溶性无盐固形物、盐含量、总氮以及脂肪含量均是影响其滋味和口感的重要因素。总可溶性氮含量是鱼露中最重要的质量指标,主要来源于游离氨基酸、肽等蛋白类氮以及三甲胺、尿素等非蛋白类氮^[6]。如表 2 所示,原料鱼经过酶解的样品 (E-SFS、E-PFS) 与 PFS、SFS 样品间总氮含量具有显著性差异 ($p<0.05$),并且根据鱼露商业标准 SB/T 10324-1999,4 个样品均达到鱼露的商业一级标准,其含量高低顺序是 E-SFS>E-PFS>PFS>SFS;脂肪是许多醛酮类挥发性风味的前体物质^[5],对于形成鱼露特征风味具有重要影响,4 个鱼露样品中,脂肪含量高低顺序与总氮的结果一致,而总氮和脂肪含量的高低也决定了样品中无盐固形物的含量,根据表 2 中结果可知,经过酶解处理鱼的样品其发酵速率明显高于未经酶解的样品,其中,样品 E-SFS 的各理化指标均高于其余样品。可见,将原料鱼预先酶解能够促进发酵阶段各营养物质的溶出。

盐含量是影响咸味和鲜味的重要因素,结果表明,不同速酿工艺对鱼露的盐含量没有显著的影响 ($p>0.05$)。pH 值的变化可能与发酵过程中所产有机酸和挥发性盐基氮含量有关,并且与样品中酸味属性相关。由表 2 可知,经过酶解处理鱼的样品 pH 值低于未经处理的样品,这可能是酶解产生更多酸性氨基酸的缘故。已有研究证明,在发酵后期鱼露的 pH 值低于发酵初期,主要与氨基酸、有机酸的产生有关^[10]。

表 2 不同工艺酿造鱼露理化指标的比较

Table 2 Comparison of physicochemical indices in fish sauces prepared by different processes

	pH	可溶性无盐固形物 /(g/100 mL)	NaCl /(g/100 mL)	脂肪 /(g/100 g)	总氮 /(g/100g)
SFS	6.03±0.00	16.34±0.04	26.73±0.91	1.10±0.50	1.77±0.05
PFS	6.06±0.00	18.80±0.02	26.87±0.32	1.50±0.17	2.18±0.01
E-SFS	5.37±0.00	46.78±0.62	26.43±0.06	2.25±0.02	3.41±0.04
E-PFS	5.41±0.01	21.16±0.28	26.30±0.97	2.10±0.01	3.31±0.00

2.3 游离氨基酸分析

在一些地区,鱼露是人们日常饮食中蛋白质的重要来源,因此鱼露中氨基酸组成是评价其营养价值的重要标准,与此同时,氨基酸是鱼露重要的呈味物质。4 种样品中游离氨基酸组成如表 3 所示。E-SFS、SFS、

E-PFS、PFS 分别检测到 18 种、18 种、16 种、19 种游离氨基酸,其中检测到非蛋白类氨基酸 3 种。样品中游离氨基酸总含量大小顺序是 E-SFS > E-PFS > PFS > SFS,含量最高的 E-SFS 中游离氨基酸总量比最低的 SFS 提高了 86.68%,这可能是因为不同的加酶时机对蛋白质酶解效率产生的影响,高盐浓度很可

能导致蛋白酶失活。此外,整鱼发酵的两个样品 SFS 和 PFS 中, PFS 中游离氨基酸总量比 SFS 高 24.02%, 这可能与花生粕大曲中蛋白质含量高于豆粕大曲有关(表 1)。

根据 Gao 等人^[11]对不同游离氨基酸的呈味特性进行分类。由表 3 可得,除了脯氨酸、酪氨酸、精氨酸外,其余氨基酸含量在 4 个样品中均达到阈值以上。经过酶解处理原料鱼的样品中呈鲜味氨基酸比例最高,其中, E-PFS 中呈鲜味氨基酸比例高于 E-SFS, 达到 33.04%, 而未经酶解处理鱼的样品中苦味氨基酸的比例最高。Sanceda 等人^[12]证实了苦味氨基酸中的

缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸是鱼露挥发性酸的前体物质,因此对鱼露风味的形成具有重要影响。而在人体代谢中具有多种生理活性功能的非蛋白类氨基酸 Tau 在海洋鱼贝类中十分丰富,经过外添加蛋白酶以及微生物的作用, Tau 在样品 E-SFS 中含量最高,达到 3116.61 mg/L。Cit 和 Orn 主要是游离 Arg 通过精氨酸脱亚氨基酶途径(ADI)中脱酰氨作用先产生 Cit, 随后在鸟氨酸转氨甲酰酶作用下转化成 Orn, 是形成鱼露中氨味的来源之一^[13]。从表 3 可知,含有较高 Arg 的样品 PFS 中 Cit 和 Orn 总量低于其他样品,这也与 Arg 的代谢途径有关。

表 3 不同工艺酿造鱼露中氨基酸组成

Table 3 Free amino acid profiles of fish sauces prepared by different processes

	游离氨基酸	E-SFS (mg/L)	SFS (mg/L)	E-PFS (mg/L)	PFS (mg/L)	阈值 ^[11] (mg/L)
鲜味	天冬氨酸(Asp)	11965.79±2.04	1554.09±87.08	11683.74±236.48	2733.65±220.75	1000
	谷氨酸(Glu)	16612.81±31.63	8744.86±522.53	14690.89±237.93	10845.08±727.82	300
	小计	28578.60	10298.95	26374.63	13578.73	
	占总氨基酸比例/%	30.45	20.49	33.04	21.78	
甜味	甘氨酸(Gly)	6097.51±63.19	4134.65±267.28	5836.19±22.18	2501.48±221.28	1300
	丙氨酸(Ala)	11672.21±164.42	5943.30±386.82	10220.85±4.49	7861.31±707.91	600
	小计	17769.72	10077.95	16057.04	10362.79	
	占总氨基酸比例/%	18.93	20.05	20.12	16.62	
甜味/苦味	赖氨酸(Lys)*	16081.83±9.39	5838.45±15.36	13058.38±17.98	5992.28±244.47	500
	脯氨酸(Pro)	3144.33±17.27	2074.19±60.69	2822.89±8.33	2950.96±179.62	3000
	小计	19226.16	7912.64	15881.27	8943.24	
	占总氨基酸比例/%	20.49	15.74	19.90	14.34	
苦味	缬氨酸(Val)*	7849.38±231.67	4364.01±328.25	6897.08±179.87	5696.56±147.63	400
	蛋氨酸(Met)*	2216.73±21.77	2212.31±29.94	2317.53±101.53	1718.44±137.97	300
	异亮氨酸(Ile)*	3945.83±28.67	4104.08±201.19	3564.94±58.64	5098.3±75.26	900
	亮氨酸(Leu)*	3454.26±16.77	6151.89±320.46	3213.81±33.63	8285.05±151.07	1900
	酪氨酸(Tyr)	2820.53±49.61	856.74±42.16	-	1570.88±171.32	910
	苯丙氨酸(Phe)*	4849.27±177.03	2935.68±276.54	2336.63±62.07	3630.27±426.81	900
	组氨酸(His)	2311.43±209.23	973.11±37.88	2410.73±279.52	1845.89±86.08	200
	精氨酸(Arg)	254.36±28.44	207.88±27.16	-	635.74±49.38	500
	小计	27701.79	21805.70	20740.72	28481.13	
	占总氨基酸比例(%)	29.52	43.38	25.98	45.68	
无味	半胱氨酸(Cys)	570.88±44.44	174.55±43.27	765.27±36.38	130.17±12.27	
	色氨酸(Trp)*	-	-	-	851.77±46.80	
非蛋白类 氨基酸	牛磺酸(Tau)	3116.61±57.75	1367.12±120.87	2517.48±90.59	1599.33±147.14	
	瓜氨酸(Cit)	3423.74±72.29	352.38±54.71	4240.46±22.90	985.19±75.95	
	鸟氨酸(Orn)	1689.99±399.96	1246.8±231.09	1019.37±113.81	520.87±86.89	
必需氨基酸/(mg/L)	40963.09	26787.41	33799.10	33754.30		
总量/(mg/L)	93847.15	50269.79	79818.93	62347.83		

注: *必需氨基酸。

2.4 感官评定结果分析

由于鱼露中物质成分复杂,导致了鱼露呈味的复杂性。图1从鲜味、咸味、苦味、酸败味、鱼腥味以及整体可接受度几个方面对SFS、PFS、E-SFS、E-PFS这4个鱼露样品进行感官评价,结果如图2所示。结果表明,4个样品的呈味特性都是以咸鲜味为主导滋味,其中,样品E-SFS的鲜味最强,这与游离氨基酸分析结果中呈鲜味氨基酸含量的结论一致,此外,谷氨酸与5'-核苷酸及其钠盐的协同作用,以及美拉德肽的增鲜作用,均对鱼露中的鲜味具有影响^[14]。4个样品中PFS鱼腥味最重,由于鱼露中的鱼腥味主要来自鱼中三甲胺等物质,这类物质的产生会导致pH值的升高,这与表1中pH值的测定结果相符。游离氨基酸组成中虽然苦味氨基酸所占比例较大,但4个样品中苦味得分均低于2分,这是因为样品中的咸鲜味,以及氯化钠、有机酸等成分的抑制作用,使得样品苦味属性不明显^[14]。虽然将原料鱼经过酶解处理可以达到更高的理化指标和游离氨基酸含量,但同时也会带来不良的风味。鱼露的口感是否柔和,取决于鱼露中所含的大量氨基酸、小分子肽、脂类和有机酸等化合物之间的相互协调,相互作用。从整体可接受度来看,PFS具有更好的风味,且口感更加协调。

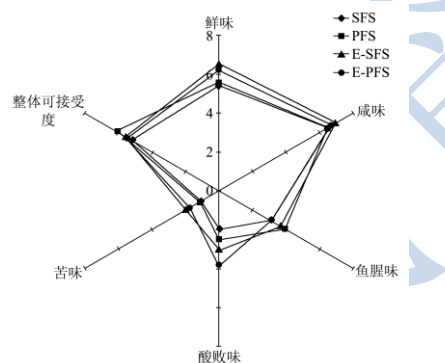


图1 不同工艺酿造鱼露感官分析

Fig.1 Sensory evaluation of fish sauces prepared by different processes

3 结论

3.1 鱼露的快速发酵工艺中,利用不同氮源制备的大曲中水分和粗脂肪含量不具有显著性差异 ($p>0.05$),而蛋白质和总糖含量的差异显著 ($p<0.05$)。不同大曲和不同的加酶时机导致了4个样品中可溶性无盐固形物、总氮、脂肪含量的显著性差异 ($p<0.05$),并且在样品中的高低顺序为E-SFS > E-PFS > PFS > SFS, pH值在酶解处理原料鱼的样品中显著低于 ($p<0.05$) 未经酶解处理的样品,采用4种速酿工艺对鱼露中盐含

量没有显著影响 ($p>0.05$)。

3.2 4个样品的呈味特性均是以咸鲜味为主,其中样品E-SFS的鲜味最强,而PFS的鱼腥味最重,这与游离氨基酸组成、测定pH值的结果相符。样品的感官品质与其非挥发性成分中各物质的相互协调和作用密切相关,从整体风味的评分角度来看,PFS的风味和口感更加协调。

参考文献

- [1] 黄紫燕,晃岱秀,朱志伟,等.鱼露快速发酵工艺的研究[J].现代食品科技,2010,26(11):1207-1211
HUANG Zi-yan, CHAO Dai-xiu, ZHU Zhi-wei, et al. Technology of accelerated fermentation of fish sauce [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26(11): 1207-1211
- [2] Akolkar A V, Durai D, Desai A J. *Halobacterium sp.* SP1(1) as a starter culture for accelerating fish sauce fermentation[J]. Journal of Applied Microbiology, 2010, 109: 44-53
- [3] Yongsawatdigul J, Rodtong S, Raksakulthai N. Acceleration of Thai fish sauce fermentation using proteinases and bacterial starter cultures [J]. Journal of Food Science, 2007, 72(9): 382-390
- [4] Xu W, Yu G, Xue C H, et al. Biochemical changes associated with fast fermentation of squid processing by-products for low salt fish sauce [J]. Food Chemistry, 2008, 107(4): 1597-1604
- [5] Feng Y Z, Chen Z Y, Liu N, et al. Changes in fatty acid composition and lipid profile during *koji* fermentation and their relationships with soy sauce flavor [J]. Food Chemistry, 2014, 158: 438-444
- [6] Jiang J J, Zeng Q X, Zhu Z W, et al. Chemical and sensory changes associated Yu-lu fermentation process A traditional Chinese fish sauce [J]. Food Chemistry, 2007, 104: 1629-1634
- [7] Zheng L, Zhao Y J, Xiao C Q, et al. Mechanism of the discrepancy in the enzymatic hydrolysis efficiency between defatted peanut flour and peanut protein isolate by flavorzyme [J]. Food Chemistry, 2015, 168: 100-106
- [8] 王俊.豆粕固体发酵-酶解特性研究及产物应用[D].广州:华南理工大学,2013
WANG Jun. Study on soybean meal solid-state fermentation and enzymolysis characteristics and application of hydrolysates [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013
- [9] Ling M Y, Chou C C. Biochemical changes during the

- preparation of soy sauce *koji* with extruded and traditional raw materials [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 1996, 31: 511-517
- [10] Kasankala L M, Xiong Y L, Chen J. The influence of douchi starter cultures on the composition of extractive components, microbiological activity, and sensory properties of fermented fish pastes [J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76: 154-161
- [11] Gao X L, Zhao H F, Feng Y Z, et al. A comparative study on physicochemical properties of Chinese-type soy sauces prepared using pure *koji* and mixed *kojis* [J]. *African Journal of Biotechnology*, 2010, 9: 6740-6747
- [12] Sanceda N G, Suzuki E, Kurata T. Branched chain amino acids as source of specific branched chain volatile fatty acids during the fermentation process of fish sauce [J]. *Amino Acids*, 2003, 24(1-2): 81-87
- [13] Udomsil N, Rodtong S, Choi Y J, et al. Use of *Tetragenococcus halophilus* as a starter culture for flavor improvement in fish sauce fermentation [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2011, 59: 8401-8408
- [14] Paulsen M. T, Næs T, Ueland Ø, et al. Preference mapping of salmon-sauce combinations: The influence of temporal properties [J]. *Food Quality and Preference*, 2013, 27: 120-127