

阎光宇, 邱松林, 陈晓婷, 等. 金线鱼鱼肠工艺配方的优化研究[J]. 渔业研究, 2021, 43(2): 212-220.

# 金线鱼鱼肠工艺配方的优化研究

阎光宇<sup>1</sup>, 邱松林<sup>1</sup>, 陈晓婷<sup>2</sup>, 余蕾<sup>1\*</sup>

(1. 厦门海洋职业技术学院, 福建 厦门 361102;

2. 福建省水产研究所, 福建省海洋生物增殖与高值化利用重点实验室, 福建 厦门 361013)

**摘要:** 金线鱼肉质细嫩、蛋白质含量丰富、鱼肉具有较好的弹性和白度, 是加工海水鱼糜和鱼糜制品的主要海水鱼原料之一。为获得品质和风味较好的金线鱼鱼肠, 结合现代风味评价技术—电子鼻技术, 以产品的感官评价和凝胶强度值为指标, 采用单因素和正交试验的方法, 以金线鱼鱼糜、淀粉和脂肪三个主要因素, 对金线鱼鱼肠工艺配方进行优化。试验结果表明: 当鱼糜、淀粉、脂肪的添加量分别为 62.0 g、4.0 g 和 10.0 g 时, 凝胶强度和感官评定的综合评分最高, 由此确定金线鱼鱼肠的最佳工艺配方为鱼糜 62.0 g、淀粉 4.0 g、脂肪 10.0 g、糖 3.5 g、盐 2.0 g、大豆蛋白 5.0 g、味精 0.2 g、I&G 0.3 g、水 10.0 g。采用该工艺所制作得到的金线鱼鱼肠品质好, 风味和口感俱佳, 为新型低脂鱼肠的开发提供一定的参考价值。

**关键词:** 金线鱼鱼肠; 电子鼻; 感官评定; 凝胶强度

**中图分类号:** TS254.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9848(2021)02-0212-09

金线鱼 (*Nemipterus virgatus*) 为暖水性近底层鱼类, 在我国主要产于南海、东海和黄海南部, 是一种重要的海产经济鱼类, 也是福建省重要的水产品精深加工的鱼类之一<sup>[1]</sup>。金线鱼外形侧扁为纺锤状, 鱼体浅红色且有光泽, 侧线为金黄色, 且鱼鳍上叶延长成黄色丝状, 故俗称红衫、黄线、吊三, 具有分布广泛、价格低廉、肉质细嫩等特点, 是常见冷冻鱼糜及鱼糜制品的原料<sup>[2]</sup>。凝胶强度是衡量鱼糜制品品质的重要指标之一。金线鱼肉质细嫩且丰厚, 具有较高的营养价值, 用其制备鱼糜并应用于鱼肠的生产中, 能有效改善鱼糜制品的凝胶特性和鱼肠的色泽,

较好地解决了鱼糜制品加工的关键技术, 有利于鱼肠品质的提高。

电子鼻是利用特定的传感器和模式识别系统并运用多元统计的方法, 对食品复杂体系的整体信息进行分析 and 特征指示的一种仿生检测技术<sup>[3]</sup>, 已被广泛应用于肉品检测<sup>[4]</sup>、酒类鉴定<sup>[5]</sup>等方面。电子鼻作为食品品质的重要判断手段, 可以弥补人工感官评价中存在的主观因素影响大、数据表达不够精确等不足, 是传统感官评价的现代化, 其在食品行业中的应用越来越广泛。本研究利用金线鱼鱼肠凝胶强度和感官品质为指标, 结合电子鼻对鱼肠进行风味分析的判

收稿日期: 2020-06-04

基金项目: 福建省中青年教师教育科研项目 (JAT191307); 福建省海洋生物应用技术协同创新中心专项课题 (XTZX-HYSW-1805).

作者简介: 阎光宇 (1983-), 女, 副教授, 博士, 研究方向: 海洋生物技术. E-mail: guangyu0502@163.com

通讯作者: 余蕾 (1970-), 女, 副教授, 研究方向: 食品科学. E-mail: yulei@xmoc.edu.cn

断,以确定金线鱼鱼肠的最佳工艺配方,更好地满足市场和消费者的需求。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

#### 1.1.1 试验材料

新鲜金线鱼:厦门市某菜市场;大豆分离蛋白:万利达生物科技有限公司;I&G:希杰(聊城)生物科技有限公司;盐、糖、味精、脂肪、马铃薯淀粉:厦门某超市。

#### 1.1.2 试验设备

TX-PLUS 质构仪(英国 Stable Micro System 公司);H1650-W 高速离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司);PEN3 型电子鼻(德国 Airsense 公司);HH-6 型数显恒温水浴锅(国华电器有限公司);ADCI 型全自动色差计(北京辰泰克仪器技术有限公司);CR-150 型鱼肉采肉机(诸城市美川机械有限公司);YC-5 型斩拌机(上海烨昌食品机械有限公司);GY-JL-100 型鱼糜精滤机(江西赣云食品机械有限公司);YC-3L 灌肠机(上海烨昌食品机械有限公司)。

### 1.2 试验内容与方法

#### 1.2.1 金线鱼鱼糜的制作

选用鲜度符合一级标准的新鲜金线鱼,刮净鱼鳞,除去鱼的头、尾、鳍和内脏,用冷水洗净后剖片。金线鱼鱼片放入孔径设定为 5.0 mm 的鱼肉采肉机中采肉。用 5 倍于肉重的冰水漂洗与鱼皮、鱼骨分离的鱼肉三次,漂洗时间约为 15 min/次,并在第三次漂洗时在冰水中加入 0.2% NaCl 以利于后续脱水操作的进行。漂洗所得鱼肉进入回转筛预脱水后经 2 000 r/min 高速离心脱水 10 min,再进入孔径设定为 2.0 mm 的精滤机进行精滤,以进一步除去鱼的骨刺、皮和腹膜等。用斩拌机将鱼肉和食盐及各种辅助调味料混合均匀形成鱼糜,再将鱼糜用塑料袋分装后放入 -37℃ 冰箱中备用。

#### 1.2.2 金线鱼鱼肠的加工工艺及操作要点

1) 工艺流程:鱼糜预处理→斩拌→灌肠→加热及冷却→切段。

#### 2) 工艺操作要点

(1) 鱼糜预处理:将冷冻金线鱼鱼糜在 4℃ 冰箱中进行预解冻,再取出置于室温下自然解冻至半解冻状态,切块。

(2) 斩拌:把鱼糜放入斩拌机中空斩 1 min,加入食盐后斩拌 3 min,再加入脂肪、淀粉、大豆蛋白粉、糖、盐、味精、I&G 和水继续斩拌 4 min 进行调味。

为了便于整个斩拌过程温度的严格控制,要求所有辅料应先置于冷却间至少预冷 24 h 以使温度达到 10℃ 以下,斩拌操作过程中温度应不高于 10℃,操作环境温度应控制在 15℃ 以下。斩拌结束后可将调味鱼糜分装好,放入 4℃ 冰箱中贮存。

(3) 灌肠:斩拌并调味好的金线鱼鱼糜用灌肠机灌入 52 mm 的肠衣中成型。

(4) 加热及冷却:将在肠衣中成型好的鱼肠置于 90℃ 的恒温水浴锅中 30 min 熟化并定型后,取出立即投入冰水中 30 min 使之充分冷却,然后放入 4℃ 冰箱中 12~24 h 静置平衡后备用。

(5) 切段:从冰箱中将冷却后的鱼肠取出,剥去肠衣,切成 25 mm 的鱼糕段,待测。要求切面整齐、光滑。

#### 1.2.3 金线鱼鱼肠工艺配方试验设计

#### 1) 金线鱼鱼肠工艺配方单因素试验研究

在工艺条件及其余参数不变的条件下,通过单因素试验分别研究金线鱼鱼肠配方中鱼糜添加量、淀粉添加量、脂肪添加量等因素对金线鱼鱼肠凝胶强度和感官品质的影响,为金线鱼鱼肠工艺配方的优化提供依据。

#### 2) 金线鱼鱼肠工艺配方的优化试验设计

在单因素试验的基础上,对金线鱼鱼肠工艺配方中鱼糜添加量、淀粉添加量、脂肪添加量等作为试验因素进行  $L_9(3^4)$  正交试验,以金线鱼鱼肠凝胶强度和感官品质为指标,确定金线鱼鱼肠工艺的最佳配方。

表1  $L_9(3^4)$  正交实验因素与水平Tab. 1 Levels of factors for orthogonal experiment  $L_9(3^4)$ 

序号 Number	因素 Factor		
	A 鱼糜/g Surimi	B 淀粉/g Starch	C 脂肪/g Fat
1	58.0	4.0	10.0
2	60.0	6.0	12.0
3	62.0	8.0	14.0

## 1.2.4 凝胶强度的测定

凝胶强度是衡量鱼糜制品品质的基本指标,也是重要指标之一。从冰箱中将冷却后的鱼肠取出,剥去肠衣,切成 25 mm × 20 mm (直径 × 高度) 的圆柱体鱼糕段,要求切面整齐、光滑。在室温下用 TX-PLUS 质构仪测定鱼肠的凝胶强度。将质构仪的球形探头 P/0.5S 进行破断实验,

设定其测试速度为 1 mm/s,穿刺样品厚度的 50%,触发力为 5 g。所得穿刺曲线的第一个峰值为破断强度,该破断强度对应的破断距离为破断深度,凝胶强度为破断强度与破断深度的乘积。

## 1.2.5 金线鱼鱼肠感官评分标准

金线鱼鱼肠感官评分标准如表 2 所示。

表2 金线鱼鱼肠感官评分标准

Tab. 2 The standard of sensory evaluation criteria of the *Nemipterus virgatus* fish sausage

项目 Test items	评分标准 Score standard	感官得分/100分 Sensory score
滋味(25) Taste	咀嚼有砂状感和残留,口味不佳,太咸或太淡	0~9
	咀嚼有砂状感,无残留,偏咸或偏淡	10~15
	咀嚼略有砂状感,无残留,咸淡适中	16~20
	咀嚼无砂状感,无残留,咸淡刚好	21~25
气味(25) Smell	有不良气味	0~9
	无肉香味,腥味过重	10~15
	肉香味不足,略有腥味	16~20
	有混合香味	21~25
色泽(25) Color and lustre	灰白色,无光泽	0~9
	淡白色,稍带黄色	10~15
	淡白色,略有光泽	16~20
	淡白色,有光泽	21~25
质地(25) Texture	表面较光滑,有空洞,结构松散,有较多游离脂肪和水析出,无弹性	0~9
	表面较光滑,有空洞,结构较松散,略有游离脂肪和水析出,弹性差	10~15
	表面光滑,有小气孔,结构较致密均匀,无游离脂肪或水析出,弹性一般	16~20
	表面光滑,无气孔,结构致密均匀,无游离脂肪或水析出,弹性好	21~25

## 1.2.6 风味分析-电子鼻分析法

取解冻后鱼糜置于密封烧杯中静置 30~40 min,使瓶中样品和气体部分达到相的平衡,检

测方法采用顶空吸气法。每个样品重复 6 次。测定参数:流速 150 mL/min,样品测试时间:100 s,清洗时间:200 s。

### 1.2.7 数据处理

分别采用 SPSS 10.0 和 Sigma 10.0 软件对电子鼻数据进行主成分分析和作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 金线鱼鱼肠工艺配方单因素参数的确定

#### 2.1.1 鱼糜添加量对金线鱼鱼肠凝胶强度和感官品质的影响

在参考已知文献及实际经验基础上,确定金线鱼鱼肠中脂肪的添加量为 12.0 g, 淀粉的添加量为 6.0 g, 大豆蛋白粉的添加量为 5.0 g, 糖的添加量为 3.5 g, 盐的添加量为 2.0 g, 味精的添加量为 0.2 g, I&G 的添加量为 0.3 g, 水的添加量为 10.0 g。鱼糜以 45.0 g、50.0 g、55.0 g、60.0 g、65.0 g 的量分别进行添加, 通过单因素试验确定鱼糜的添加量。试验结果见表 3、图 1。

表 3 鱼糜添加量对鱼肠凝胶强度及感官品质的影响

Tab.3 Effects of surimi addition on gel strength and sensory quality of fish sausage

编号 Number	鱼糜/g Surimi	凝胶强度/ $g \cdot mm$ Gel strength	感官评分/100分 Sensory score
1	45.0	1 597.78 $\pm$ 95.12	66.63 $\pm$ 1.11
2	50.0	1 663.84 $\pm$ 158.24	67.50 $\pm$ 0.34
3	55.0	1 719.48 $\pm$ 165.75	68.25 $\pm$ 0.53
4	60.0	1 760.56 $\pm$ 120.92	69.50 $\pm$ 0.66
5	65.0	1 760.91 $\pm$ 101.50	67.38 $\pm$ 0.92

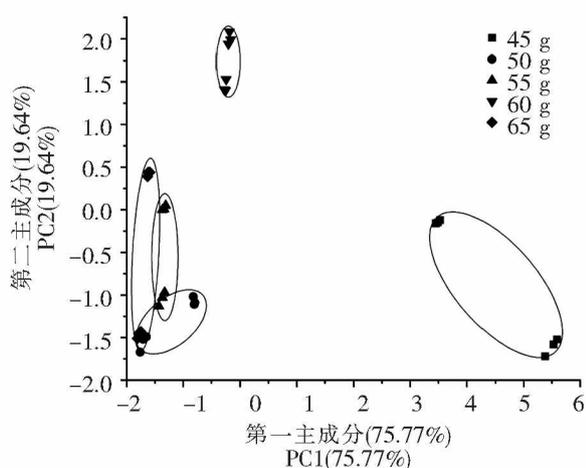


图 1 不同鱼糜添加量鱼肠的电子鼻分析 PCA 图

Fig.1 PCA plot of PC1 against PC2 for fish sausage with different surimi addition

由表 3 可知, 在鱼糜的添加量低于 60.0 g 时鱼肠的感官评分随着鱼糜添加量的增加而升高, 在鱼糜的添加量为 60.0 g 时感官评分达到最高, 随后鱼糜添加量继续增加, 但感官评分却降低。谷氨酰胺转氨酶 (TGase) 是一种可以发生转酰基反应的酶, 能促使鱼肉蛋白质间产生架桥重组作用<sup>[6]</sup>。在鱼肉中添加 TGase 有利于提高鱼糜的凝胶强度, 但是当 TGase 添加量超过 0.4% 时, 凝胶强度反而降低, 鱼糜变得硬而

脆<sup>[7]</sup>。因此, 少量的内源性 TGase 能够增强肌原纤维蛋白之间的交联<sup>[8]</sup>。前期鱼肠凝胶强度的提高可能是由于鱼糜中的内源性 TGase 和蛋白水解酶的共同作用。当金线鱼鱼糜添加量为 60.0 g 时鱼肠凝胶强度达到最高, 但当添加量继续增加时凝胶强度改善不显著, 可能与金线鱼鱼糜中的蛋白水解酶对蛋白质的降解程度下降有关<sup>[9]</sup>。

图 1 中所示为不同鱼糜添加量的鱼肠样品的电子鼻区分的主成分效果, 第一主成分 (PC1) 和第二主成分 (PC2) 的方差贡献率分别为 75.77% 和 19.64%, 累积达到 95.41%。说明 PC1 和 PC2 已包含绝大部分的信息量, 能反映样品的整体信息, 样品的差异主要由 PC2 反映。从图 1 可见: 鱼糜添加量为 45.0 g 的鱼肠样品组位于 PC1 的右侧, 60.0 g 的鱼肠样品组位于 PC1 的左上侧, 且两者与其他三组样品能够较好地分开, 说明二者的风味突出, 结合凝胶强度和感官评定结果综合分析, 确定鱼糜的适宜添加量为 60.0 g, 具体添加量通过正交试验确定。

#### 2.1.2 淀粉添加量对金线鱼鱼肠凝胶强度和感官品质的影响

在参考已知文献及实际经验基础上, 确定金线鱼鱼肠中鱼糜的添加量为 60.0 g, 脂肪的添加量为 12.0 g, 大豆蛋白粉的添加量为 5.0 g, 糖

的添加量为 3.5 g, 盐的添加量为 2.0 g, 味精的添加量为 0.2 g, I&G 的添加量为 0.3 g, 水的添加量为 10.0 g。淀粉以 4.0 g、6.0 g、8.0 g、

10.0 g、12.0 g 的量分别进行添加, 通过单因素试验确定淀粉的添加量, 试验结果见表 4、图 2。

表 4 淀粉添加量对鱼肠凝胶强度及感官品质的影响

Tab. 4 Effects of starch addition on gel strength and sensory quality of fish sausage

编号 Number	淀粉/g Starch	凝胶强度/ $g \cdot mm$ Gel strength	感官评分/100 分 Sensory score
1	4.0	1 156.34 $\pm$ 178.31	70.11 $\pm$ 1.45
2	6.0	1 656.34 $\pm$ 125.45	76.11 $\pm$ 3.26
3	8.0	1 314.75 $\pm$ 67.50	68.33 $\pm$ 2.78
4	10.0	1 265.47 $\pm$ 33.13	62.67 $\pm$ 3.34
5	12.0	1 058.82 $\pm$ 202.24	60.78 $\pm$ 2.67

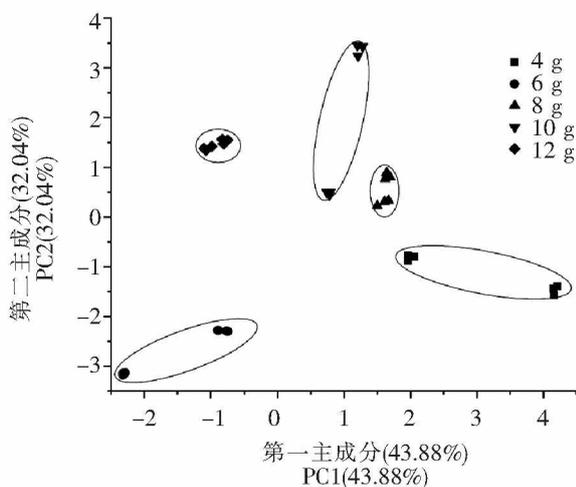


图 2 不同淀粉添加量鱼肠的电子鼻分析 PCA 图

Fig.2 PCA plot of PC1 against PC2 for fish sausage with different starch addition

由表 4 可知, 随着淀粉添加量的增加, 鱼肠的组织结构变得更加紧实而有弹性, 当淀粉的添加量为 6.0 g 时, 鱼肠的感官评分最高。淀粉可用于提高鱼糜产品的凝胶强度, 增强保水性, 增加产量并降低成本。淀粉影响鱼糜功能特性主要取决于淀粉粒径和支链淀粉含量等因素<sup>[10]</sup>。在鱼糜制品的加工过程中, 往往可以通过添加淀粉来达到凝胶特性改善的目的, 并可以降低生产成本。淀粉吸水膨胀会对凝胶的网络结构产生一定的压力, 进而增强鱼糜制品的凝胶强度<sup>[11-12]</sup>, 但添加量过多时, 有一部分的淀粉会发生局部凝聚而使鱼肠口感上出现黏滞, 且内部组织结构会变硬<sup>[13]</sup>。鱼肠的凝胶

强度呈先升后降的态势, 说明了淀粉添加量在低水平时对鱼肠凝胶强度的提高要比高水平时更为有效。

图 2 可以看出, 不同淀粉添加量鱼肠样品的第一主成分 (PC1) 和第二主成分 (PC2) 的方差贡献率累积达 75.92% (分别为 43.88% 和 32.04%), 且样品的差异由 PC1 和 PC2 联合反映。从图 2 中看出, 不同淀粉添加量的鱼肠样品分别位于独立的区域, 说明各样品组间风味有明显差异。其中淀粉添加量为 6.0 g 时的样品分布区域与其他组之间的间距均较远, 说明与其他组样品比较, 淀粉添加量为 6.0 g 时的样品风味较突出。结合凝胶强度和感官评定结果综合分析, 确定淀粉的适宜添加量为 6.0 g, 具体添加量通过正交试验确定。

### 2.1.3 脂肪添加量对金线鱼鱼肠凝胶强度和感官品质的影响

在参考已知文献及实际经验基础上, 确定金线鱼鱼肠中鱼糜的添加量为 60.0 g, 淀粉的添加量为 6.0 g, 大豆蛋白粉的添加量为 5.0 g, 糖的添加量为 3.5 g, 盐的添加量为 2.0 g, 味精的添加量为 0.2 g, I&G 的添加量为 0.3 g, 水的添加量为 10.0 g。脂肪以 8.0 g、10.0 g、12.0 g、14.0 g、16.0 g 的量分别进行添加, 通过单因素试验确定脂肪的添加量, 试验结果见表 5、图 3。

表5 脂肪添加量对鱼肠凝胶强度及感官品质的影响

Tab.5 Effects of fat addition on gel strength and sensory quality of fish sausage

编号 Number	脂肪/g Fat	凝胶强度/ $g \cdot mm$ Gel strength	感官评分/100分 Sensory score
1	8.0	$1\ 517.17 \pm 156.47$	$62.67 \pm 2.52$
2	10.0	$1\ 578.87 \pm 102.94$	$67.83 \pm 2.35$
3	12.0	$1\ 698.22 \pm 147.69$	$76.83 \pm 2.72$
4	14.0	$1\ 703.51 \pm 127.06$	$71.27 \pm 1.23$
5	16.0	$1\ 572.77 \pm 85.48$	$68.00 \pm 1.08$

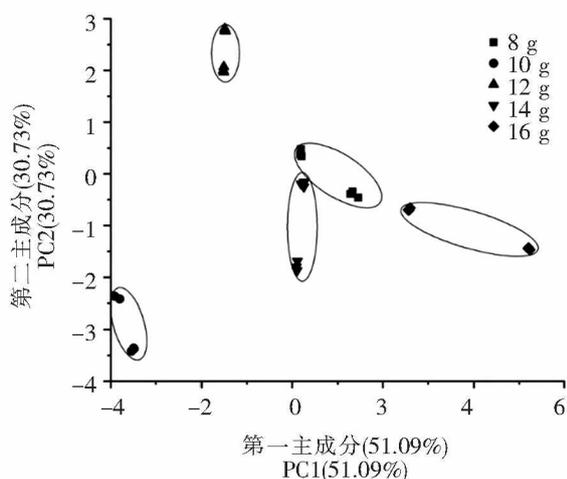


图3 不同脂肪添加量鱼肠的电子鼻分析 PCA 图

Fig.3 PCA plot of PC1 against PC2 for fish sausage with different fat addition

适当的脂肪添加能够将鱼肠中的许多风味物质包裹在其油相中使之不易发散,增加其口感的油润性和风味性,对鱼糜中的腥味也可起到一定的抑制作用,并可较好地保持鱼糜制品的弹性,防止变硬,延长产品的保质期。但若脂肪添加过多时,会使鱼肠内部结构发散,产生气孔甚至是

孔洞,还会有游离的脂肪析出。由表5可知,当脂肪的添加量为12.0g时,鱼肠的感官评分最高,凝胶强度后续虽然还有所增加,但增加不明显,而感官却已开始略显粗糙。

图3中不同脂肪添加量的鱼肠样品的两个主成分的方差贡献率分别为51.09%和30.73%,累积达到81.82%。当脂肪添加量分别为10.0g、12.0g的鱼肠样品均位于独立的区域,且与其他三组间距较大,说明这二者的风味与其他三组相比较突出。结合凝胶强度和感官评定结果综合分析,确定脂肪的适宜添加量为12.0g,具体添加量通过正交试验确定。

## 2.2 正交试验优化金线鱼鱼肠的工艺配方

对于金线鱼鱼肠品质的评价来说,感官评分的测定是其最重要的评价指标。本试验在工艺条件及其余参数不变的条件下,以鱼糜添加量、淀粉添加量、脂肪添加量作为试验因素,以金线鱼鱼肠感官评分标准为指标,进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,确定金线鱼鱼肠的最佳工艺配方。正交试验设计因素及水平见表1,试验结果见表6。

表6 正交试验结果 $L_9(3^4)$ Tab.6 Results of orthogonal experiment  $L_9(3^4)$ 

编号 Number	因素 Factor				感官评分/ 100分 Sensory score
	A 鱼糜/g Surimi	B 淀粉/g Starch	C 脂肪/g Fat	D 空列 Empty column	
1	58.0	4.0	10.0	1	69.60
2	58.0	6.0	12.0	2	65.60
3	58.0	8.0	14.0	3	56.50
4	60.0	4.0	12.0	3	73.00
5	60.0	6.0	14.0	1	64.80
6	60.0	8.0	10.0	2	71.40
7	62.0	4.0	14.0	2	72.70

续表 6

编号 Number	因素 Factor				感官评分/ 100分 Sensory score
	A 鱼糜/g Surimi	B 淀粉/g Starch	C 脂肪/g Fat	D 空列 Empty column	
8	62.0	6.0	10.0	3	71.60
9	62.0	8.0	12.0	1	72.60
$\bar{K}_1$	63.900	71.767	70.867	69.000	
$\bar{K}_2$	69.733	67.333	70.400	69.000	
$\bar{K}_3$	72.300	66.833	64.667	67.033	
极差 R	8.400	4.934	6.200	2.867	
主次排序 Seqencing	A > C > B				
最优组合 Optimal combination	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>				

表 7 方差分析表

Tab. 7 Variance analysis of comprehensive score of fish sausage formula

变异来源 Factor	偏差平均和(SS) Mean sum of deviations	自由度(df) Freedom	均方差(Ms) Mean variance	F	F <sub>α</sub>
A(鱼糜) Surimi	111.176	2	55.588	0.176	
B(淀粉) Starch	44.242	2	22.121	0.070	F <sub>0.05(2,2)</sub> = 19.00
C(脂肪) Fat	71.529	2	25.765	0.113	F <sub>0.01(2,2)</sub> = 99.00
误差 Error	630.70	2	315.35		
总变异 Total variation	857.647	8			

由表 6 正交试验的结果可知, 各因素对鱼肠工艺配方影响的主次顺序为 A > C > B, 即鱼糜 > 脂肪 > 淀粉。表 7 方差分析结果表明, 三因素对金线鱼鱼肠工艺配方的感官评分的影响都不显著, 统筹考虑主要因素取最好的水平, 其他因素根据考虑节约成本、收益等方面, 得到各因素的最佳搭配为 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, 即鱼糜 62.0 g、淀粉 4.0 g、脂肪 10.0 g。

### 2.3 验证试验

实验根据正交试验结果对 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> 工艺配方重复三次实验, 以验证金线鱼鱼肠工艺配方的合理性和稳定性, 结果无显著性差异, RSD 值为 1.20%, 测得以金线鱼鱼肠最优配方得到的鱼肠的感官评定的平均值为 71.14 分。综合分析正交试验结果和电子鼻数据主成分分析 (图 4) 的结果可知, 金线鱼鱼肠中的鱼糜、淀粉和脂肪的添

加量的最优配比为鱼糜 62.0 g、淀粉 4.0 g、脂肪 10.0 g。

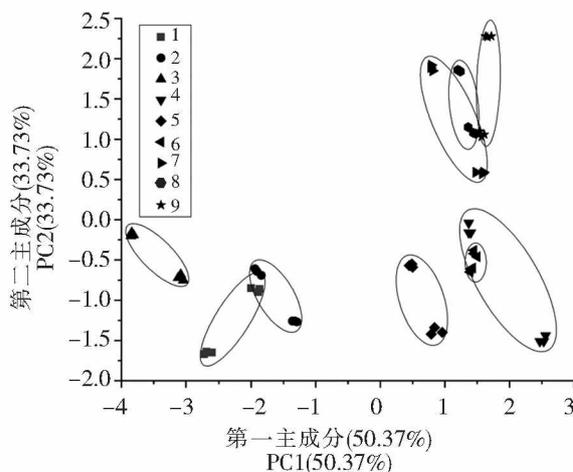


图 4 正交试验优化鱼肠配方的电子鼻分析 PCA 图  
Fig.4 PCA plot of PC1 against PC2 for optimization of fish sausage by orthogonal test

### 3 结论

本研究通过单因素和正交试验,联合电子鼻风味分析,确定了金线鱼鱼肠工艺的最优配方:鱼糜 62.0 g、淀粉 4.0 g、脂肪 10.0 g、糖 3.5 g、盐 2.0 g、大豆蛋白 5.0 g、味精 0.2 g、I&G 0.3 g、水 10.0 g,即鱼糜 63.92%、淀粉 4.12%、脂肪 10.31%、糖 3.61%、盐 2.06%、大豆蛋白 5.51%、味精 0.20%、I&G 0.30%、水 10.31%。采用该工艺所制作得到的金线鱼鱼肠品质好,风味和口感俱佳,还可为新型低脂鱼丸的开发提供一定的参考价值。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 刘智禹,陈贝,路海霞,等. 福建水产加工产业现状及发展思路 [J]. 渔业研究, 2018, 40 (1): 76-82.
- [ 2 ] 王金路,王雪琦,仪淑敏,等. 金线鱼鱼丸冷藏过程中品质变化规律研究 [J]. 水产科学, 2015, 34 (1): 14-19.
- [ 3 ] Natale C D, Macagnano A, Paolesse R, et al. Electronic nose and sensorial analysis: comparison of performances in selected cases [J]. Sensors & Actuators B, 1998, 50 (3): 246-252.
- [ 4 ] 贾洪锋,卢一,何江红,等. 电子鼻在牦牛肉和牛肉猪肉识别中的应用 [J]. 农业工程学报, 2011, 27 (5): 368-373.
- [ 5 ] Chmielewski J, Sikorska E T, Górecki, et al. Evaluation of beer aging using an electronic nose [J]. Polish Journal of Food & Nutrition Sciences, 2007, 57 (4): 91-93.
- [ 6 ] 刘前,吴靖娜,陈晓婷,等. 加工工艺对鱼糜及其制品品质影响的研究进展 [J]. 渔业研究, 2019, 41 (6): 540-548.
- [ 7 ] 陈瑜. 外源添加物对日本黄姑鱼鱼糜制品凝胶特性的影响 [J]. 食品科技, 2018, 43 (12): 154-158.
- [ 8 ] Marapana R A U J. MTGase 对促进猪后腿肌原纤维蛋白交联和猪肉糜胶凝性质的影响 [D]. 无锡: 江南大学, 2006.
- [ 9 ] 严菁,熊善柏,李清亮. 转谷氨酰胺酶对淡水鱼糜制品凝胶强度的影响 [J]. 食品科学, 2002, 23 (8): 27-30.
- [ 10 ] Hunt A, Kjk G, Park J W. Roles of starch in surimi seafood: A review [J]. Food Reviews International, 2009, 25 (4): 299-312.
- [ 11 ] 周蕊,曾庆孝,朱志伟,等. 淀粉对罗非鱼鱼糜凝胶品质的影响 [J]. 现代食品科技, 2008, 24 (8): 759-762.
- [ 12 ] Kim J M, Lee C M. Effect of starch of textural properties of surimi gel [J]. Journal of Food Science, 1987, 52 (3): 722-725.
- [ 13 ] 王世强,光翠娥,曾大平. 三种变性淀粉对白鲢鱼糕品质的影响 [J]. 食品工业, 2002, 23 (6): 40-41.

## Optimization of process formula of *Nemipterus virgatus* fish sausage

YAN Guangyu<sup>1</sup>, QIU Songlin<sup>1</sup>, CHEN Xiaoting<sup>2</sup>, YU Lei<sup>1\*</sup>

(1. Xiamen Ocean Vocational College, Xiamen 361102, China;

2. Key Laboratory of Cultivation and High - value Utilization of Marine Organisms in Fujian Province, Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen 361013, China)

**Abstract:** Because of the delicate meat quality, rich protein content, as well as the good elasticity and whiteness of fish meat, *Nemipterus virgatus* is one of the main raw materials for processing surimi and surimi products. In order to obtain the *N. virgatus* fish sausage with good quality and flavor, the process formula of *N. virgatus* fish sausage were optimized according to the three main factors: surimi, starch and fat by single factor and orthogonal test, combined with modern flavor evaluation technology (electronic nose technology), taking the sensory evaluation and gel strength value as an index. The results showed that when surimi, starch and fat were added at 62.0 g, 4.0 g and 10.0 g, respectively, the overall score of gel strength and sensory evaluation was the highest. The best formula for the *N. virgatus* fish sausage were as follows: 62.0 g surimi, 4.0 g starch, 10.0 g fat, 3.5 g sugar, 2.0 g salt, 5.0 g soybean protein, 0.2 g monosodium glutamate, 0.3 g I & g, and 10.0 g water. The fish sausage made by this process had good quality, good flavor and taste. The present study could provide some reference value for the development of new low fat fish sausage.

**Key words:** *Nemipterus virgatus* fish sausage; electronic nose; sensory evaluation; gel strength