

## 复合乳酸菌发酵鱼肉香肠的工艺及品质研究\*

### Study on technology and quality of compound lactobacillus fermented surimi sausage\*

郑心茹<sup>1\*\*</sup> 苏国成<sup>1,2\*\*\*</sup> 张 弦<sup>2</sup> 周常义<sup>1,2</sup> 江晓颖<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(集美大学食品与生物工程学院, 福建厦门 361021) <sup>2</sup>(厦门市食品科技研发检测中心, 福建厦门 361021)

<sup>3</sup>(厦门中集信检测技术有限公司, 福建厦门 361021)

ZHENG Xinru<sup>1\*\*</sup> SU Guocheng<sup>1,2\*\*\*</sup> ZHANG xian<sup>2</sup> ZHOU Changyi<sup>1,2</sup> JIANG Xiaoying<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(College of food and bioengineering, jimei university, Fujian Xiamen 361021, China)

<sup>2</sup>(Xiamen food research and inspection centre, Fujian Xiamen 361021, China)

<sup>3</sup>(Xiamen ISL detection technology Co., Ltd, Fujian Xiamen 361021, China)

**摘要** 研究了保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌作为复合乳酸菌发酵剂对鱼肉香肠品质的影响。采用响应曲面法对鱼肉香肠的发酵工艺进行优化, 并通过对发酵过程中挥发性盐基氮 (TVB-N)、氨基态氮 (ANN)、硫代巴比妥酸 (TBA)、亚硝酸盐的测定, 探讨发酵过程中鱼肉品质的变化规律。试验结果表明, 复合乳酸菌最佳的发酵工艺条件是: 发酵温度 37 °C, 发酵时间 24 h, 复合乳酸菌接种量 1.0%; 在发酵过程中鱼肉香肠的 TVB-N 含量、TBA 值和亚硝酸盐含量显著降低, AAN 含量显著升高。

**关键词** 复合乳酸菌; 发酵; 鱼肉香肠; 品质

**Abstract** In this paper, the effects of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on the quality of fish sausage were studied. Through the determination of TVB-N, ANN, TBA and nitrite in the fermentation process, the changes of fish meat quality during fermentation were discussed. The results showed that the optimum fermentation conditions were as follows: fermentation temperature 37 °C, fermentation time 24 h, compound lactic acid bacteria 1.0%; content of volatile basic nitrogen (TVB-N) in fish sausage during fermentation, thiobarbital (TBA) and nitrite content were significantly decreased, and amino nitrogen (AAN) content was significantly increased.

**Keywords** compound lactic acid bacteria; fermentation; fish sausage; quality

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1673-6044(2016)04-0045-04

DOI: 10.3969/j.issn.1673-6044.2016.04.012

鱼糜因其具有蛋白质含量高、脂肪含量低、口感嫩爽等特点而深受欢迎。目前鱼糜的生产原料多为海水鱼, 淡水鱼应用较少, 主要原因是淡水鱼多

\* 基金项目: 福建省科技重大项目(2012N5007)。

\*\* 郑心茹, 女, 1993 年出生, 集美大学食品与生物工程学院生物学专业在读研究生。

\*\*\* 苏国成, 通讯作者, E-mail: amoluscin@163.com.

收稿日期: 2016-11-26

属难凝胶化鱼种, 凝胶强度较低, 易凝胶劣化。胡永金等人向鲢鱼鱼糜中分别加入植物乳杆菌 - 15, 干酪乳杆菌 - 1.001, 木糖葡萄球菌 - 12 及混合菌, 并在 30 °C 下发酵 48 h, 发现上述发酵剂可以使鱼糜在短时间内降低 pH, 促进蛋白质的分解, 降低挥发性盐基氮 (TVB-N) 的生成, 能够很好地改善鱼糜的品质。本文研究了保加利亚杆菌、嗜热链球菌、复合乳酸菌发酵剂对鱼肉香肠品质的影响, 探

讨发酵过程中鱼肉微生物、pH、化学成分、TVB-N含量、硫代巴比妥酸(TBA)值、氨基态氮(AAN)含量以及色泽、质地等指标的变化规律,为制备感官、营养和保藏性能俱佳的新型淡水鱼精深加工产品提供理论依据,为淡水鱼的增值转化提供了一条新的途径,对促进淡水鱼加工业的发展具有重要的应用价值。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

冷冻鱼糜,福建龙富港食品有限公司;保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌,北京川秀科技有限公司;TP-1102/214电子分析天平,赛多利斯仪器系统有限公司(北京);WFZUV-2000紫外可见分光光度仪,尤尼柯(上海)仪器有限公司;3-30K高速冷冻离心机德国SIGMA;TMS-PRO质构仪,美国FTC公司;(ZK)ZBJ-40小型高速斩拌机,沈阳海恒机械设备有限公司;DHG-9146数显恒温干燥箱,上海精宏实验设备有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 复合乳酸菌发酵剂的配制

将保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌各自接到MRS液体培养基中,在37℃下密封恒温活化24h,分别吸取活化后的菌体再次接种到MRS液体培养基中扩大培养24h后,在10000 r/min、5℃条件下冷冻离心20 min,分别收集菌体,用灭菌生理盐水缓慢洗涤菌体1~2次,分别制成菌体-生理盐水菌悬液。将两菌悬液分别用紫外可见分光光度计调整到菌体浓度为7 lgCFU/g~8 lgCFU/g,然后将两菌按1:1的比例混合制成复合乳酸菌发酵剂,备用。

#### 1.2.2 发酵鱼肉香肠制备

乳化胶体斩拌→解冻鱼糜→复合磷酸盐→冰水→调味料→复合乳酸菌→低温静置→恒温发酵→二阶段蒸煮熟制→冷却→包装

以上辅料的占比均是以鱼糜质量为基准。

#### 1.2.3 响应曲面法优化发酵鱼肉香肠发酵条件

选择发酵温度、发酵时间、复合乳酸菌添加量为3个主要影响因素,用Designexpert8.0设计试验进行三因素三水平响应曲面法试验,以pH、出水情况和总体感官评分为评价指标,响应曲面法各因素梯度设计见表1。

表1 三因素三水平响应曲面试验设计

水平	因素		
	A 发酵温度 ℃	B 发酵时间 h	C 接种量 %
-1	32	18	0.5
0	37	24	1.0
1	42	30	1.5

## 2 结果与分析

### 2.1 响应曲面法优化发酵条件参数分析

采用响应曲面法优化发酵条件参数,试验结果见表2。由表2可以得出,复合乳酸菌发酵鱼肉香肠的最佳工艺条件为:发酵温度37℃,发酵时间24h,复合乳酸菌发酵剂添加量1.0%。

表2 响应曲面法优化发酵条件的试验设计与判定

试验号	A	B	C	感官评分	pH	出水情况
1	0	0	0	94.00	4.28	-
2	0	0	0	94.55	4.34	-
3	1	1	0	86.20	4.60	-
4	0	1	-1	90.25	4.42	+
5	-1	0	1	86.25	4.59	-
6	-1	1	0	85.60	4.57	-
7	1	0	-1	87.50	4.48	-
8	0	1	1	89.65	4.86	-
9	0	0	0	94.20	4.36	-
10	0	-1	-1	89.15	4.64	-
11	0	0	0	93.20	4.32	-
12	-1	0	-1	84.40	4.49	-
13	1	-1	0	84.15	4.58	+
14	0	0	0	93.85	4.34	-
15	0	-1	1	87.45	4.65	-
16	1	0	1	83.85	4.61	-
17	-1	-1	0	86.65	4.67	-

注:“+”代表出水;“-”代表正常无出水。

对响应曲面试验设计结果进行数据分析,分析结果分别见表3、表4。从表3、表4可以看出回归模型的P值均≤0.001,已达极显著水平;回归模型中感官评价的失拟相是0.2487,pH的失拟相是0.1862,两评价因素的失拟相均大于0.05,失拟相并不显著,从而证实了此回归模型具有很高的拟合性,模型的可信度高;分析结果显示两回归模型的多元相关系数 $R_{\text{感官}}^2=0.9753$ , $R_{\text{pH}}^2=0.9367$ ,表明响应曲面的拟合程度高,能够较为准确的预测实际情况。



表3 响应曲面回归模型方差分析

变异来源	感官评价	pH
Prob > F	<0.000 1	0.000 1
残差	1.540	0.011
失拟相	0.248 7	0.186 2
纯误差	1.00	$3.68 \times 10^{-3}$
标准偏差	0.60	0.04
调整后 $R^2$	0.975 3	0.936 7
信噪比	22.746	16.339
CV/%	0.68	0.88

表4 回归方程系数结果与分析

变异来源	系数估计		标准误差		Prob > F	
	感官	pH	感官	pH	感官	pH
A 温度	-0.15	$-6.25 \times 10^{-3}$	0.27	0.02	0.503 5	0.668 5
B 时间	0.54	-0.01	0.21	0.01	0.039 4	0.447 7
C 接种量	-0.51	0.08	0.21	0.01	0.046 8	0.000 5
AB	0.77	0.03	0.21	0.01	0.036 7	0.173 1
AC	-1.38	$7.50 \times 10^{-3}$	0.30	0.02	0.002 6	0.715 8
BC	0.28	0.11	0.30	0.02	0.391 1	0.001 0
A <sup>2</sup>	-5.97	0.09	0.30	0.02	<0.000 1	0.002 5
B <sup>2</sup>	-2.34	0.19	0.29	0.02	<0.000 1	<0.000 1
C <sup>2</sup>	-2.49	0.13	0.29	0.02	<0.000 1	0.000 3
常数项	93.96	4.33	-	-	-	-

### 2.2 发酵过程中 TVB-N 的变化

发酵过程中鱼肉香肠 TVB-N 的变化结果见图 1。由图 1 可知,在发酵的前 12 h,鱼糜的 TVB-N 只有小幅增加,12 h 后空白组的 TVB-N 的升幅较为迅速,达到 144.2 mg/kg,而添加复合乳酸菌的发酵组 TVB-N 升幅较为缓慢,未达到 100 mg/kg,在后续发酵过程中空白组 TVB-N 含量逐步上升,截止发酵结束已达 454.5 mg/kg,而发酵组不到 110.0 mg/kg。发酵进行到 16 h~20 h 时,空白组与发酵组 TVB-N 含量未发生较大变化,这可能是复合乳酸菌发酵代谢产生的酸性产物与呈碱性的含氮物质发生了中和, Hu Y J 等人的研究也印证了这一观点。乳酸菌增殖产生的酸性代谢产物降低了体系的 pH,抑制腐败微生物的生长,有效控制了游离氨基酸、氨基酸态氮等含氮物质合成挥发性含氮化合物。

### 2.3 发酵过程中 AAN 的变化

发酵过程中鱼肉香肠 ANN 的变化情况如图 2 所示。从图 2 可以看出,在发酵过程中鱼肉香肠的 AAN 含量总体上是呈上升态势,在发酵至 24 h 时

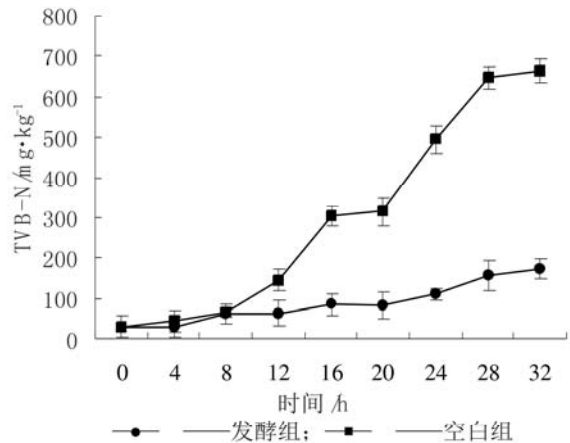


图1 发酵过程中鱼肉香肠 TVB-N 的变化

发酵组中的 AAN 含量已高达 3.98 g/kg,与空白组的 3.00 g/kg 相比有了明显的提高 ( $P < 0.05$ ),出现这种现象很可能是发酵组中的复合乳酸菌分泌的蛋白酶作用在鱼肉蛋白上,促使蛋白质分子降解成了更小的肽或氨基酸。空白组的 AAN 含量在 24 h 发酵内有所升高,出现这种现象最可能的原因是鱼肉香肠自身所带的内源酶或微生物分泌的少量蛋白酶分解鱼肉蛋白所致。在发酵鱼肉香肠中添加合适的乳酸发酵剂有利于鱼肉蛋白的降解,有助于人体消化,提高鱼糜制品的吸收利用率。

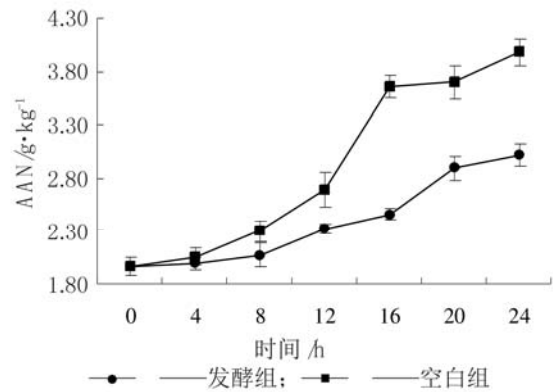


图2 发酵过程中鱼肉香肠 AAN 的变化

### 2.4 发酵过程中香肠 TBA 的变化

发酵过程中鱼肉香肠 TBA 的变化情况如图 3 所示。图 3 显示空白组与发酵组的 TBA 均随发酵时间的延长而增加,整体上发酵组的 TBA 比空白组要低。在发酵的前 12 h 内空白组与发酵组的 TBA 含量差异不大 ( $P > 0.05$ )。随着发酵时间的延长,未添加复合乳酸菌的空白组 TBA 含量逐渐增大,发酵 24 h 后 TBA 达到 3.1 mg/kg,而发酵组的 TBA 含量为 1.8 mg/kg,后 12 h 两组的 TBA 量具有明显的差异 ( $P < 0.05$ ), Yin 等人用乳酸菌发酵鱼糜也得到相

同的结论,说明乳酸菌发酵鱼肉香肠可以抑制脂类的氧化,减少了TBA的生成。

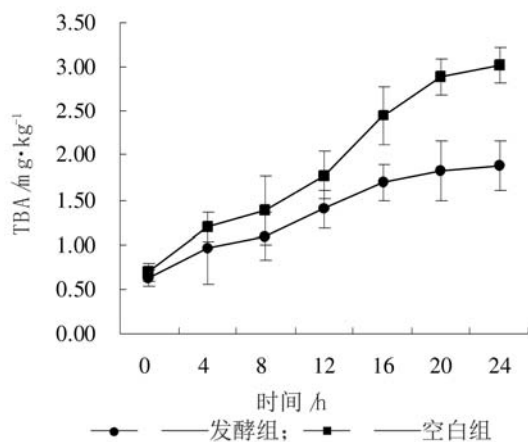


图3 发酵过程中鱼肉香肠TBA的变化

### 2.5 发酵过程中亚硝酸盐的变化

发酵过程中鱼肉香肠亚硝酸盐的变化情况如图4所示。从图4可以看出,在24h的发酵过程中,添加复合乳酸菌的鱼肉香肠亚硝酸盐含量明显要低于空白组;在发酵的前12h内,发酵组与空白组的亚硝酸含量均呈现出上升趋势,而发酵的后12h两组鱼肉香肠的亚硝酸含量趋于稳定,空白组亚硝酸盐含量为3.0 mg/kg,发酵组维持在1.75 mg/kg。这说明在鱼肉香肠中添加乳酸菌发酵可以有效降低鱼肉香肠在发酵过程中亚硝酸盐的含量;湖南农业大学的何煜波研究指出亚硝酸盐在酸性条件下形成游离亚硝酸,接着又分解出NO与NO<sub>2</sub>,NO<sub>2</sub>与肌红蛋白结合生成热稳定性好的亚硝基肌红蛋白,从而在乳酸菌发酵下有效降低了NO<sub>2</sub>的含量。

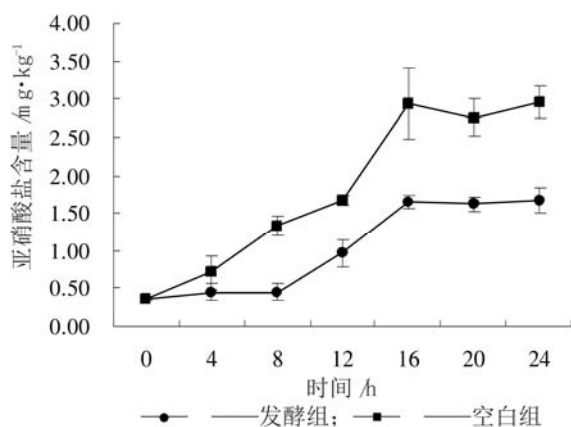


图4 发酵过程中鱼肉香肠亚硝酸盐的变化

## 3 结论

本试验采用保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌作

为复合乳酸菌发酵剂对鱼糜进行恒温发酵,丰富了鱼肉香肠的口感与风味,采用响应曲面法对鱼肉香肠的发酵时间、发酵温度、菌量添加量进行优化试验,得出鱼肉香肠发酵的最佳条件为:发酵温度37℃,发酵时间24h,复合乳酸菌发酵剂添加量1.0%;在发酵过程中鱼肉香肠的TVB-N含量和TBA值显著降低,AAN含量显著升高。本研究为水产品高新技术的发展提供了一定的理论依据。

### 参考文献

- [1] 胡永金.淡水鱼糜发酵及其凝胶形成机理研究[D].无锡:江南大学,2007.
- [2] 赵荣梅.提高淡水鱼鱼糜的品质及产品的开发研究[D].武汉:武汉工业学院,2007.
- [3] 金晶.淡水鱼鱼糜制品脱腥技术及凝胶特性改良的研究[D].武汉:武汉工业学院,2008.
- [4] 胡永金,夏文水,刘晓永.不同微生物发酵剂对鲢鱼肉发酵香肠品质的影响[J].安徽农业科学,2007,35(6):1790-1791.
- [5] 聂小华.植物乳杆菌ZY-40及其在发酵制备鱼肉香肠中的应用[P].中国:CN201010290587.6,2011-03-10.
- [6] 黄敏,姚莉,赵玲华.7种添加剂对鱼糜凝胶强度和持水性的影响[J].农产品加工(学刊),2014(19):9-12.
- [7] 丁丽丽,郭宏明,吴俊,等.可得然胶在淡水鱼糜制品中的应用研究[J].食品工业科技,2015,36(17):262-264.
- [8] ZHANG L, YONG X, JIE X, et al. Effects of high-temperature treatment (100°C) on Alaska Pollock (*Theragra chalcogramma*) Surimi Gels [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 115(1): 115-120.
- [9] 刘鑫,薛长湖,刘艺杰,等.不同淀粉在鲑鱼鱼糜制品中的应用[J].食品与发酵工业,2006,32(10):62-65.
- [10] SCHUBRING R, OEHLENSCHLAGER J. Comparison of the Ripening process in Salted Baltic and North Sea Herring as Measured by Instrumental and Sensory Methods [J]. Lebensmittelwissenschaften, 1997, 205(2): 89-92.
- [11] HU Y J, XIA W S, LIU X Y. Changes in Biogenic Amines in Fermented Silver Carp Sausages Inoculated with Mixed Starter Cultures [J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 188-195.
- [12] 孙然然.乳酸菌及其代谢产物对低温切片火腿生物防腐作用的研究[D].石河子:石河子大学,2013.
- [13] 焦道龙.鲢鱼鱼糜的加工工艺以及相关特性的研究[D].合肥:合肥工业大学,2010.