

# 盐度对虾油中蛋白酶系、微生物和及其品质的影响

段杉, 胡小喜, 廖广强, 吴永和, 邝浩斌, 杨柳, 李婷, 周幸芝

(华南农业大学食品学院, 广东广州 510642)

**摘要:** 本文以虾头虾壳发酵虾油, 研究了盐度对发酵过程中蛋白酶组成、微生物、各质量指标以及风味的影响。研究表明: 20%以上盐度才能较好地抑制虾油腐败; 发酵过程中蛋白酶组成、细菌数量是动态变化的, 虾头虾壳的内源蛋白酶在发酵过程中活力逐渐减小, 而微生物蛋白酶种类增加, 并表现出相当高的活力; 发酵前期不耐盐细菌占优势, 后期耐盐细菌逐渐增加, 发酵过程中真菌几乎检测不到, 以上说明细菌在虾油发酵过程中发挥重要作用。盐度越高对细菌的抑制作用越强, 挥发性盐基氮(TVB-N)、三甲胺(TMA)等腐败产物的生成量降低; 但高盐度也抑制蛋白酶活力, 不利于氨基酸态氮(AAN)生成。总体上说, 24%盐度的虾油, 各种呈味氨基酸比例协调, 酱香浓郁, 氨味和腥臭味不突出, 风味最佳。

**关键词:** 虾油; 盐度; 蛋白酶组成; 细菌数量

**文章编号:** 1673-9078(2014)7-38-43

## Effects of Salinity on Proteases Composition, Bacterial Population and Quality of Shrimp Sauce During Fermentation

DUAN Shan, HU Xiao-xi, LIAO Guang-qiang, WU Yong-he, KUANG Hao-bin, YANG Liu, LI Ting,

ZHOU Xing-zhi

(College of Food Science and Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** Shrimp processing wastes (heads, shells and tails) were fermented at different salinity (16%, 20% and 24%) to make shrimp sauce. The changes of protease composition, bacterial population and quality during fermentation were investigated. The results showed that the spoilage of shrimp sauce was effectively inhibited by using 20% or higher salinity. The protease composition and bacterial population varied during fermentation. The activities of most endogenous proteases gradually decreased. Meanwhile, some new microbial proteases appeared and showed relatively high activity. In the initial phase of fermentation, the non-halotolerant bacteria were dominant, while in the later phase the halotolerant bacteria increased. Thus, the bacteria played a significant role in fermentation. High salinity significantly inhibited the growth of bacteria and suppressed the production of the related putrefactive substance, such as total volatile basic nitrogen (TVB-N) and trimethylamine (TMA). It also decreased the protease activity and reduced the production of amino acid nitrogen (AAN). The shrimp sauce fermented at 24% salinity has a balanced ratio in terms of amino acids and flavor, and hence tastes better.

**Key words:** shrimp sauce; salinity; protease composition; bacterial population

我国对虾产量和消费量均位居世界第一, 这些对虾在加工中产生大量虾头、虾壳等废弃物(约占整虾体重的30%~40%)<sup>[1]</sup>。虾头虾壳中含有约40%蛋白质(占干重), 氨基酸组成中呈味氨基酸占比很高, 且含有蛋白酶、酯酶、几丁质酶、多酚氧化酶等几十种内源酶<sup>[2]</sup>, 适合发酵调味品。

虾油、鱼露是在高盐条件下, 以鱼或虾为原料, 利用自身蛋白酶以及耐盐和嗜盐微生物的综合作用,

收稿日期: 2014-02-19

基金项目: 广东省海洋与渔业局 2010 年海洋渔业科技推广专项 (A201005103)

作者简介: 段杉(1966-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品生物化学及水产品综合利用; 胡小喜, 并列第一作者

经长时间发酵形成的富含多肽和氨基酸的风味独特的调味品。其生产主要集中在我国广东、浙江和福建一带以及东南亚国家, 其中以泰国的产品最为著名。由于气候的差异以及生产工艺条件(盐度, 温度, 日照等)不同, 各国生产鱼露的周期也不尽相同。在我国, 传统的鱼露发酵通常要花费1~3年甚至更长时间去获得营养和风味同时兼备的合格产品。很多学者通过保温发酵, 添加蛋白酶, 降低盐度来加快鱼露发酵速度。单纯地提高发酵温度或添加蛋白酶虽然能提高发酵速度, 但产品往往易产生异味<sup>[3-4]</sup>; 降低盐度, 产品的风味往往不及高盐浓度下的浓郁<sup>[5-6]</sup>; 由于虾油、鱼露发酵时不仅涉及原料自身内源蛋白酶对蛋白质的水解作用, 还涉及很多种微生物蛋白酶的水解作用, 以及众

多复杂的生化和化学反应, 风味形成机制十分复杂, 迄今其发酵过程的许多机制尚不清楚。只有在充分了解盐度, 温度等加工工艺对鱼露、虾油的发酵机理的影响, 才能帮助我们更好地提高产品发酵速度, 改善风味。

目前关于虾油的研究甚少, 国内研究多集中在虾油制作工艺上<sup>[7-8]</sup>, 国外学者 KIM 利用虾头虾壳发酵虾油, 研究了盐度对蛋白酶活力和 TVB-N 等物质的影响<sup>[9]</sup>, 但是关于盐度对虾油发酵过程中蛋白酶组成和微生物的动态变化还没有人研究, 因此不能形象反映盐度对虾油的具体作用机制。本课题组曾以虾头虾壳为原料发酵出虾油<sup>[10]</sup>, 本文继续研究在发酵过程中盐度对蛋白酶系和微生物变化的影响, 并结合各种质量指标的变化以期揭示盐度对虾油发酵的影响机理。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

南美白对虾 (*Penaeus vannamei* Boone) 的虾头虾壳, 由阳江市海达速冻水产有限公司提供, 冻存于 -20 °C 备用。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 虾油发酵

将虾头虾壳绞碎, 加入原料重的 5% 的食盐混匀, 于 45 °C 水浴中自溶 (以 80 r/min 震荡)。4 h 后用纱布过滤得自溶液, 测定自溶液的盐度, 并补充食盐, 分别将自溶液盐度调节至 16%、20% 和 24%。于 35 °C 保温发酵, 定期测定各项指标, 测定前补加蒸发掉的水分使盐度保持恒定。

#### 1.2.2 理化指标测定

pH 值: 以 PB-10 pH 计测定; 酸度: 参照 GB 5413.34-2010, 采用 NaOH 滴定法, 当滴定至 pH 为 8.3 时, 计算产品酸度; 可溶性固形物: 以 BK8280 糖度计测定, 无盐可溶性固形物含量为虾油离心后测得的可溶性固形物糖度减去产品相应盐度产生的糖度; 氨基酸态氮 (AAN): 参照 GB 18186-2000 中的甲醛滴定法测定。挥发性盐基氮 (TVB-N) 和三甲胺 (TMA): 采用康微皿法测定<sup>[11]</sup>。

#### 1.2.3 菌落总数

按 GB/T 4789.2-2003 方法稍作改进, 耐盐细菌和不耐盐细菌分别用含 10% 盐度和 0% 盐度的 PCA 培养基计数。耐盐真菌和不耐盐真菌分别用含 10% 盐度和 0% 盐度的 PDA 培养基计数。

#### 1.2.4 蛋白酶活力的测定

参照 SB/T 10317-1999 的方法测定。在 40 °C 下 10 min 水解酪蛋白产生 1 μg 酪氨酸定义为 1 个活力单位 (U)。

#### 1.2.5 蛋白酶酶谱电泳

样品处理: 取 15 mL 虾油, 8000 r/min 离心 10 min, 上清转移至截留分子量为 14000 Da 的透析袋中透析 6 h。透析完毕后用分子量为 20000 Da 的聚乙二醇覆盖在透析袋外面吸水至透析液体积到 1~2 mL, 将透析液全部转移至 2 mL 离心管中, 并用双蒸水定容至 2 mL。

非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳 (Native PAGE) 和蛋白质转移: 制作电泳胶 (分离胶 10%, 浓缩胶 5%), 使上述预处理的样品在预冷藏的 Native PAGE 缓冲液 (pH 8.3 Tris-Gly) 中电泳以防因电压过高导致蛋白质变性。调节浓缩胶电压为 80 V, 分离胶电压为 100 V。电泳完毕后剥胶。提前制作好含 0.25% 酪蛋白的蛋白酶检测胶 (30% 凝胶储液 2 mL, 2.5% 的酪蛋白 1 mL, 0.05 mol/L Tris-HCl (pH 8.8) 2.5 mL, ddH<sub>2</sub>O 4.5 mL, TEMED 10 μL, 10% AP 100 μL)。

依次在半干转电转移装置的负极板上铺上滤纸, 电泳胶, 检测胶, 再铺上滤纸, 并驱除气泡, 盖上正极板, 以 40 mA 电流转移 40 min, 取出检测胶, 于 37 °C 孵育 40 min, 以使酪蛋白充分水解。然后以考马斯亮蓝染色 30 min 后于摇床上震荡脱色过夜。检测胶上的透明条带即为蛋白酶水解带。

#### 1.2.6 游离氨基酸的测定

参照 GB/T 5009.124-2003 的方法, 采用日立-8800 型氨基酸自动分析仪检测。色谱柱: 日立 855-350 型; 反应柱温: 134 °C; 检测波长: 570 nm 和 440 nm; 流速: 0.35 mL/min。标准氨基酸为 Sigma 产品。

#### 1.2.7 感官评定方法与标准

采用定量描述分析法 (QDA) 进行感官评定。5 个人为一小组, 分四个小组, 分别对样品的颜色、奶酪味、肉味、氨味、酱香味、腥味、腐臭味进行评价。感官评定成员进行两周, 总时间不小于 2h 的培训。

## 1.3 数据分析

所有理化指标进行三次平行测定, 采用 SPSS Statistics 19 软件对数据进行单因素方差分析, 数据表达成平均值±标准方差。p<0.05 认为具有显著差异。

## 2 结果与讨论

### 2.1 盐度对虾油无盐可溶性固形物和 AAN 的影响

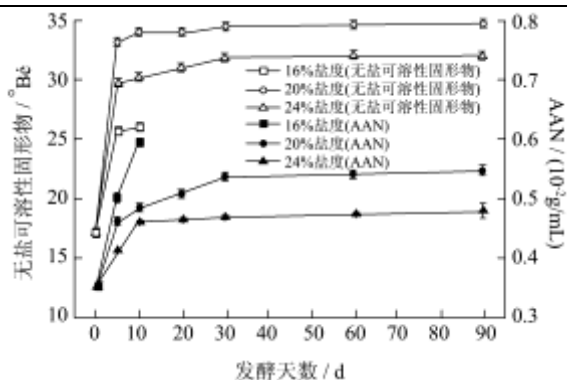


图1 盐度对虾油无盐可溶性固形物和 AAN 的影响

Fig.1 Influence of salinity on total soluble solids and AAN during fermentation of shrimp sauce

图1中, 16% 盐度的虾油在发酵第10 d已明显腐败, 所以未继续测定各项指标。其他盐度发酵的虾油在发酵初期20 d内无盐可溶性固形物及AAN含量迅速上升, 后期相对平稳。无盐可溶性固形物为虾油离心后所测得的糖度减去虾油所含食盐所产生的糖度, 可反映虾油可溶性蛋白的趋势。盐度越高, 无盐可溶性固形物和AAN含量越小, 这表明高盐度会抑制蛋白酶活力, 使可溶性蛋白或多肽的生成减少, 从而导致游离氨基酸减少。经SPSS软件方差分析可知, 盐度对样品的无盐可溶性固形物和AAN含量影响非常显著 ( $p < 0.01$ )。

## 2.2 盐度对虾油 pH 和酸度的影响

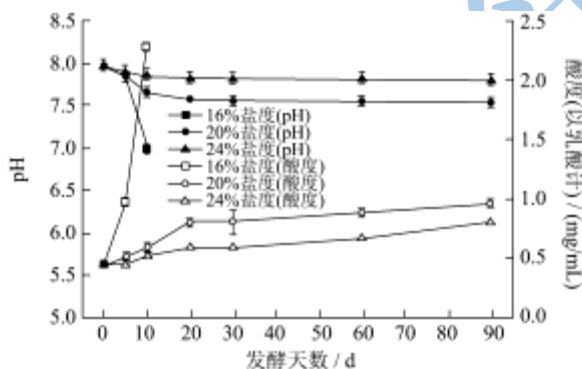


图2 盐度对虾油 pH 和酸度的影响

Fig.2 Influence of salinity on pH and total acidity during fermentation of shrimp sauce

图2显示, 虾头虾壳自溶液 pH 在 8.0 左右, 随着发酵的进行, 虾油 pH 逐渐减小, 酸度缓慢增加, 发酵 30 d 后虾油 pH 和酸度逐渐稳定在 7.5~8.0 范围内, 且盐度越大, pH 及酸度变化幅度越小, 推测上述变化与蛋白质水解产生游离氨基酸和肽有关。经 SPSS 软件方差分析可知, 盐度对样品 pH 和酸度影响显著 ( $p < 0.05$ )。

## 2.3 盐度对虾油 TVB-N 和 TMA 的影响

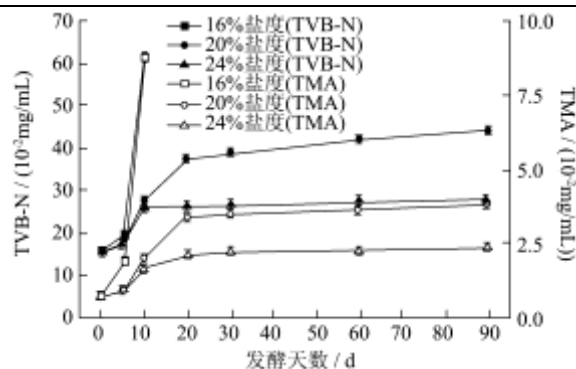


图3 盐度对虾油 TVB-N 和 TMA 的影响

Fig.3 Influence of salinity on TVB-N and TMA during fermentation of shrimp sauce

图3显示, 虾油的TVB-N和TMA的含量随发酵时间的变化相似, 在发酵前期20 d内快速增加, 以后渐趋平稳; 且盐度越高TVB-N和TMA的含量越低, 16% 盐度的虾油发酵至第10 d时, TVB-N和TMA含量已分别剧增至0.61 mg/mL和0.09 mg/mL, 而20%和24%盐度的虾油TVB-N和TMA含量一直分别保持在0.45 mg/mL和0.04 mg/mL以下。TVB-N和TMA分别由细菌等微生物分解氨基酸、氧化三甲胺等物质产生, 盐度越高对细菌等微生物的抑制作用越强; 同时图1显示高盐度时游离氨基酸的生成减少, 细菌分解的底物减少, 这些原因都会导致TVB-N和TMA含量降低。经SPSS软件方差分析可知, 盐度对虾油TVB-N和TMA含量影响非常显著 ( $p < 0.01$ )。

## 2.4 盐度对虾油中微生物的影响

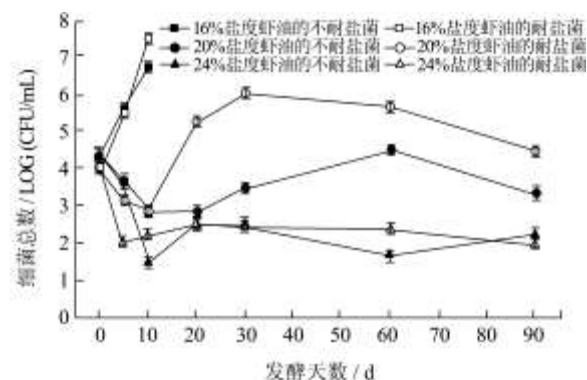


图4 盐度对虾油细菌总数的影响

Fig.4 Influence of salinity on total bacterial count during fermentation of shrimp sauce

图4显示, 发酵初期10 d内耐盐细菌的数量小于不耐盐细菌, 10 d后耐盐细菌快速增加, 超过不耐盐细菌成为优势菌。还可发现20%盐度的虾油中耐盐细菌的数量远高于24%盐度的虾油。经 SPSS 软件方差分析可知, 盐度对虾油的耐盐细菌和不耐盐细菌的数量影响非常显著 ( $p < 0.01$ )。



表 1 盐度对虾油中真菌总数的影响

**Table 1 Influence of salinity on total fungal count during fermentation of shrimp sauce**

虾油的盐度		16%		20%		24%	
真菌 PDA 计数培养基中 NaCl 的含量/%		0	10	0	10	0	10
真菌数量/(cfu/mL)		0 d		0 d		0 d	
		1180	980	1180	980	1180	980
		5 d, 10 d, 20 d, 30 d, 60 d, 90 d		<30		<30	

表 1 显示，虾头虾壳自溶液中耐盐和不耐盐真菌都很少，约  $10^3$  cfu/mL，在发酵过程中，真菌的数量降至 30 cfu/mL 以下，在很多样品中甚至检测不到。这说明在虾油发酵过程中真菌几乎不起作用。黄紫燕等<sup>[12]</sup>研究发现鱼露的中嗜盐酵母菌为优势菌，这与本研究的结果不同，推测这种差异与原料差异有关，因鱼露发酵过程中 pH 一般保持在 4.5~6.0；而本研究的虾油在发酵过程中 pH 一直在 7.5~8.0 范围内，一般来说，略偏酸性的环境有利于真菌的生长繁殖。

### 2.5 盐度对虾油蛋白酶活力和组成的影响

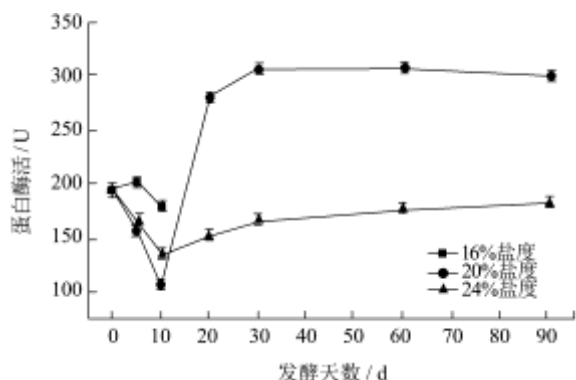


图 5 盐度对虾油蛋白酶活力的影响

**Fig.5 Influence of salinity on protease activity during fermentation of shrimp sauce**

虾油总蛋白酶包括虾油内源蛋白酶和微生物产的外源蛋白酶。发酵 10 d 内，总蛋白酶活力下降，10 d 后总蛋白酶活力上升，在发酵 30 d 后趋于平衡。这种变化与图 4 中细菌数量的变化趋势相似，推测是发酵初期 10 d 内，虾油中部分内源蛋白酶在高盐度下逐渐失活，同时细菌数量很少且呈下降趋势，导致的发酵 10 d 内总蛋白酶活力呈现下降趋势。10 d 后细菌数量明显增加，产生了新的蛋白酶，使总蛋白酶活力明显上升。图 5 显示盐度越高蛋白酶活力越低，说明高盐度会抑制蛋白酶活力，Klomklao 等<sup>[13]</sup>对鱼露的研究也得出相似结论。经 SPSS 软件方差分析可知，盐度对蛋白酶活力影响非常显著 ( $p < 0.01$ )。

图 6 是各种盐度发酵的虾油在不同时期的蛋白酶电泳图谱，从谱带亮度可知蛋白酶活力大小为 20% 盐度 > 24% 盐度，这与图 5 中蛋白酶活力测定的结果一致。

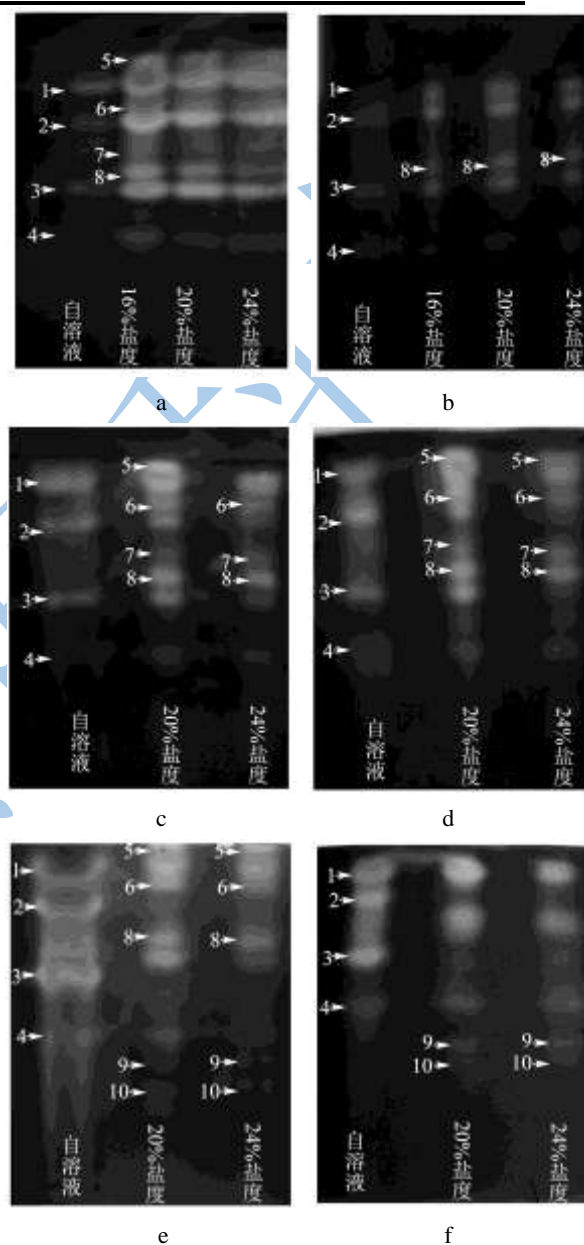


图 6 虾油发酵过程中蛋白酶组成变化

**Fig.6 The protease composition of shrimp sauce with different salinity during fermentation**

注：a：第 5 d；b：第 10 d；c：第 20 d；d：第 30 d；e：第 60 d；f：第 90 d。

虾油内源蛋白酶（虾头虾壳自溶液中的蛋白酶）有 4 种（1、2、3 和 4 号），2、3、4 号蛋白酶活力逐渐减小，只有 1 号蛋白酶活力没有明显下降，这也解释了图 5 中，虾油在发酵 10 d 内蛋白酶活力逐渐减小

的现象。随着发酵时间延长, 虾油中逐渐出现了自溶液中原本没有的蛋白酶, 发酵第 5 d 时产生了新的蛋白酶(5、6、7、8号), 第 60 d 出现了新的蛋白酶(9和 10 号), 这说明发酵过程中的微生物产生了蛋白酶。由于表 2 显示真菌几乎不起作用, 所以新的蛋白酶很可能是图 4 显示的, 发酵 10 d 后迅速增加的耐盐细菌

产生的。综上可知, 虾油发酵过程中内源蛋白酶和细菌蛋白酶交替作用, 细菌蛋白酶对发酵的贡献不可忽视。

## 2.6 盐度对虾油游离氨基酸组成的影响

表 2 20%、24%盐度的虾油发酵 90 d 后游离氨基酸组成

Table 2 The amino acid composition of shrimp sauce with 20% and 24% salinity after the 90th day

名称	游离氨基酸含量/(10 <sup>-2</sup> mg/mL)				
	20% 盐度虾油		24% 盐度虾油		
	含量	比例/%	含量	比例/%	
鲜味相关 氨基酸	天冬氨酸	227.80	4.95	185.95	4.58
	天冬酰胺	145.95	3.17	139.55	3.44
	谷氨酸	410.08	8.91	325.48	8.02
	鲜味相关氨基酸总和	783.83	17.04	650.98	16.04
甜味相关 氨基酸	苏氨酸	213.22	4.63	177.70	4.38
	丝氨酸	144.04	3.13	165.01	4.07
	赖氨酸	381.92	8.30	339.26	8.36
	组氨酸	106.20	2.31	87.07	2.15
	3-甲基组氨酸	4.79	0.10	5.24	0.13
	脯氨酸	181.81	3.95	130.77	3.22
	甘氨酸	307.22	6.68	256.89	6.33
	丙氨酸	504.02	10.95	473.15	11.66
	β-丙氨酸	3.28	0.07	7.62	0.19
	磷-丝氨酸	15.53	0.34	11.46	0.28
甜味相关氨基酸总和	1862.03	40.47	1654.17	40.77	
苦味相关 氨基酸	缬氨酸	280.96	6.11	254.46	6.27
	蛋氨酸	106.34	2.31	88.56	2.18
	异亮氨酸	231.83	5.04	216.19	5.33
	亮氨酸	356.86	7.76	325.92	8.03
	酪氨酸	195.99	4.26	175.61	4.33
	苯丙氨酸	232.16	5.05	208.84	5.15
	精氨酸	136.75	2.97	163.06	4.02
	色氨酸	56.48	1.23	49.60	1.22
	苦味相关氨基酸总和	1597.37	34.72	1482.24	36.53
其他游离 氨基酸	氨气	51.58	1.12	28.12	0.69
	氨基肥酸	15.90	0.35	16.26	0.40
	β-氨基异丁酸	0.40	0.01	0.59	0.01
	胱硫醚	1.57	0.03	0	0.00
	γ-氨基正丁酸	1.49	0.03	2.60	0.06
	鸟氨酸	198.43	4.31	147.38	3.63
	尿素	2.71	0.06	1.56	0.04
	牛磺酸	74.76	1.62	65.37	1.61
	氨基乙醇	11.09	0.24	8.04	0.20
	其他氨基酸总和	357.93	7.78	269.92	6.65
游离氨基酸总和	4601.17	100.00	4057.31	100	

由表 2 知, 虾油游离氨基酸种类丰富, 尤其富含天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸和精氨酸等甜味

和鲜味氨基酸。20% 盐度和 24% 盐度的虾油甜味, 甜味, 鲜味和苦味氨基酸所占比例相当。但 20% 盐度的

虾油中鸟氨酸、氨基乙醇、胱硫醚和氨等臭味和氨味等物质占比均高于 24% 盐度的虾油,且图 3 显示 20% 的虾油 TVB-N 和 TMA 含量也高于 24% 盐度放入虾油,这说明 20% 盐度时尚有微弱的腐败作用发生,导

致虾油中产生一些不良风味成分。

## 2.7 盐度对虾油感官评定的影响

表 3 盐度对虾油感官评定的影响

Table 3 Influence of salinity on sensory profiles during fermentation of shrimp sauce

盐浓度/%	感官评定
16	发酵第 10 d 时,液体浑浊,酸臭味十分明显
20	颜色为红棕色,有淡淡的肉味和酱香味,腥味和臭味一般,有较浓的氨味
24	颜色为深褐色,十分突出的酱香味和明显的鲜味,无明显的氨味和腥味,无臭味

由表 3 的感官评定知,16% 盐度不能有效抑制腐败,因此不适合发酵虾油;20% 以上盐度才能有效抑制腐败。20% 盐度发酵 90 d 的虾油酱香味和奶酪味较淡,夹杂着腥臭味和较浓的氨味;24% 盐度发酵的虾油香气浓郁,酱香味突出,肉味和鲜味明显,酸臭味和腥味等不良风味较淡,且表 2 显示的其鲜味,甜味和苦味呈味氨基酸比例协调,综合风味较 20% 盐度虾油好。

## 3 结论

本论文研究表明,虾油发酵的盐度需达到 20% 以上,否则将发生腐败,但盐度越高蛋白酶活力降低明显,游离氨基酸的生成速度降低,综合考虑防腐、风味形成等因素,24% 盐度是发酵虾油的最佳盐度。虾油发酵过程中内源蛋白酶活力逐渐降低,细菌蛋白酶活力逐渐增加,并发挥重要作用;真菌对虾油的发酵基本不起作用。

## 参考文献

- [1] 徐承旭.对虾产业高速发展后面临诸多问题[J].渔业致富指南,2011,11:6  
XU Cheng-xu. Problems brought by the rapid development of shrimp industry [J]. Fishery Guide to be Rich, 2011, 11: 6
- [2] 顾晨光,王建军.虾脑酱的制作[J].食品科学,1991,12(7): 23-24  
GU Chen-guang, WANG Jian-jun. Processing of Shrimp Paste [J]. Food Science, 1991, 12(7): 23-24
- [3] Zarei M, Najafzadeh H, Eskandari M H, et al. Chemical and microbial properties of mahyaveh, a traditional Iranian fish sauce [J]. Food Control, 2012, 23(2): 511-514
- [4] Sang-Moo-Kim. Accelerating effect of squid viscera on the fermentation of Alaska Pollack scraps sauce [J]. Food Science and Nutrition, 2000, 4(2): 103-106
- [5] Silvana D, Harikedua C, Hanny W, et al. Relationship

between sensory attributes of bakasang (a traditional Indonesian fermented fish product) and its physicochemical properties [J]. Fish Science, 2012, 78: 187-195

- [6] FENG Yun-zi, CAI Yu, SU Guo-wan, et.al. Evaluation of aroma differences between high-salt liquid-state fermentation and low-salt solid-state fermentation soy sauces from China [J]. Food Chemistry, 2014, 145: 126-134
- [7] 梁郁强,孙俊华.酶法水解虾头生产虾调味汁[J].中国调味品,2001,9:20-22  
LIANG Yu-qiang, SUN Jun-hua. Production of shrimp sauce using added enzymes [J]. China Condiment, 2001, 9: 20-22
- [8] 毕艳红,高海林,王朝宇,等.淡水小龙虾肉酱的研制[J].现代食品科技,2012,6:676-678  
BI Yan-hong, GAO Hai-lin, WANG Chao-yu, et.al. Study on the processing technology of lobster mince sauce [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 6: 676-678
- [9] Kim J S, Shahidi F, Heu M S. Characteristics of Salt-fermented Sauces from Shrimp Processing Byproducts [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(3): 784-792
- [10] 冯滢滢,段杉,李远志.食盐浓度对虾油风味成分形成的影响研究[J].现代食品科技,2013,2:269-273  
FENG Ying-ying, DUAN Shan, Li yuan-zhi. Influence of salt concentration on formation of flavour ingredients in fermentation of shrimp sauce [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 2: 269-273
- [11] Conway E J. Microdiffusion Analysis and Volumetric Error, Cosby Lochwood: London, UK, 1950
- [12] 黄紫燕,朱志伟,曾庆孝,等.传统鱼露发酵的微生物动态分析[J].食品与发酵工业,2010,36(7):18-22  
HUANG Zi-yan, ZHU Zhi-wei, ZENG Qing-xiao, et.al. Study on the trends of microorganisms in traditional

- fermentation fish sauce [J]. Food and Fermentation Industries Editorial Staff, 2010, 36(7): 18-22
- [13] Klomklao S, Benjakul S, Visessanguan W, et al. Effects of the addition of spleen of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) on the liquefaction and characteristics of fish sauce made from sardine (*Sardinella gibbosa*) [J]. Food Chemistry. 2006, 98(3): 440-452

现代食品科技