

# 葡萄糖对快速发酵虾头酱中组胺抑制的作用

莫星忱<sup>1</sup>, 杨锡洪<sup>1,2</sup>, 解万翠<sup>1,2</sup>, 钱逸凡<sup>3</sup>, 吉宏武<sup>1</sup>, 刘书成<sup>1</sup>

(1. 广东海洋大学食品科技学院, 广东省水产品加工与安全重点实验室, 水产品深加工广东普通高等学校重点实验室, 广东湛江 524088) (2. 青岛科技大学海洋科学与生物工程学院, 山东青岛 266042) (3. 山东省青岛第二中学, 山东青岛 266061)

**摘要:** 为探讨葡萄糖对快速发酵虾头酱中组胺的抑制作用, 提高其安全性, 本论文以新鲜虾头为原料, 采用外接微生物快速发酵工艺, 分别向虾头酱中添加 2%、4% 和 6% 葡萄糖, 检测了虾头酱发酵过程中组胺含量的变化。对虾头酱发酵期间的 TVB-N 含量、氨基酸态氮及 pH 的变化进行了探讨, 通过比较理化指标、菌落总数以及感官评价分析虾头酱的品质。结果表明, 葡萄糖的添加能显著降低组胺的生成, 添加 2%、4% 和 6% 的葡萄糖分别能降低 54.6%、57.2% 和 43.2% 的组胺; 葡萄糖的添加一定程度上促进了 TVB-N 的生成, 增加了产品总糖含量以及降低了氨基酸态氮的含量和 pH, 但并不影响蛋白质、脂肪、水分及菌落总数的含量; 感官评价表明, 产品风味相似度较高, 葡萄糖的添加能明显抑制产品的氨气味。因此, 虾头酱中添加 2%、4% 和 6% 的葡萄糖能降低组胺含量以及减少氨气味, 同时产品也保持较高的品质特性。

**关键词:** 组胺; 葡萄糖; 虾头酱; 发酵

文章编号: 1673-9078(2017)5-207-212

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.5.033

## Effects of Glucose on Histamine Production in Rapid-fermented Shrimp Head Paste

MO Xing-you<sup>1</sup>, YANG Xi-hong<sup>1,2</sup>, XIE Wan-cui<sup>1,2</sup>, QIAN Yi-fan<sup>3</sup>, JI Hong-wu<sup>1</sup>, LIU Shu-cheng<sup>1</sup>

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Aquatic Products Processing and Safety, Key Laboratory of Advanced Processing of Aquatic Products of Guangdong Higher Education Institution, College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China) (2. College of Marine Science and Biological Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China) (3. Qingdao No.2 Middle School of Shandong Province, Qingdao 266061, China)

**Abstract:** To investigate the inhibitory effect of glucose on histamine in rapid-fermented shrimp head paste, 2%, 4%, and 6% glucose and external microorganisms were added to raw, fresh shrimp head paste. We then detected the changes in histamine, total volatile basic nitrogen (TVB-N), amino acid nitrogen, and pH during the rapid fermentation process. The quality of the shrimp paste was analyzed by comparing its physical and chemical properties, total plate count, and sensory stores. Results showed that the addition of glucose in shrimp head paste significantly decreased the level of histamine by 57.2%, 54.6%, and 43.2% after the addition of 2%, 4%, and 6% glucose, respectively. However, the addition of glucose promoted the formation of TVB-N, increased the total sugar, and reduced the amino acid nitrogen and pH in products. No significant changes in protein, fat, moisture, and total plate count of shrimp paste were observed. The sensory evaluation showed that there was no significant change in the flavor of the shrimp head paste after adding different concentrations of glucose, but it did significantly inhibit the formation of an ammonia smell. Therefore, the addition of glucose in shrimp head paste can reduce the histamine content, ammonia odor, as well as maintain the high quality of the product.

**Key words:** histamine; glucose; shrimp paste; fermentation

收稿日期: 2016-09-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31671825); 国家现代农业产业技术体系建设专项(GARS-47)

作者简介: 莫星忱(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与安全  
通讯作者: 解万翠(1969-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 食品风味和食品质量与安全

虾酱又叫虾膏, 是中国沿海地区及东南亚等国家的传统调味品之一, 拥有较广的消费群体和市场<sup>[1]</sup>。虾酱发酵过程中在微生物和酶的作用下, 蛋白质及脂质发生降解使得虾酱产生独特的风味及丰富的营养, 部分降解产物肽和氨基酸等, 还具有抗血栓、抗氧化和抗胆固醇等活性作用<sup>[2]</sup>, 因此, 深受我国及东南亚

各国消费者的青睐。

传统发酵虾酱营养丰富、风味独特、口感细腻，但含盐量高，品质不稳定，发酵周期通常达一个月甚至更久，因此制约了其产业化。对此，本课题组在传统虾酱中分离出三株具有良好发酵特性的发酵菌，并以此为发酵剂结合蛋白酶具有最适作用温度这一特点，优化出一种快速恒温发酵虾酱技术，采用该法发酵的虾酱，虽然风味上不及传统虾酱，但大大缩短了发酵时间（14 d）以及氨气等刺激性气味。

虾酱等发酵食品在发酵过程中易产生一些生物胺等毒害物质，严重降低了产品质量及其安全性<sup>[3]</sup>。组胺是生物胺的一种，在食品加工和贮藏过程中在组氨酸脱羧酶的作用下组氨酸脱掉羧基而形成的有毒物质，在鱼露、香肠和虾酱等发酵食品及组氨酸含量高的食品中尤为严重<sup>[4,5]</sup>，人体过多摄入组胺，会引起消化障碍、头疼和血压异常等不良反应，甚至会导致神经性毒性等症状，当人体摄入组胺量达到 8~40 mg 的组胺，即可引起轻微中毒，40~100 mg 可导致中度中毒症状，而超过 100 mg 可导致严重组胺中毒<sup>[6]</sup>。目前，控制发酵食品中组胺的方法有物理、生物及化学法。物理法是通过真空或气调包装<sup>[7]</sup>、冷冻<sup>[8]</sup>和射线处理<sup>[9]</sup>等手段达到降组胺的方法；生物法是通过在发酵食品中接入一种或几种具有降组胺或胺氧化酶作用的菌种以降低食品中组胺<sup>[10]</sup>；化学法是通过添加大蒜、生姜等植物提取物以及食盐、亚硝酸盐及糖等食品添加剂来控制组胺含量的方法<sup>[11]</sup>。葡萄糖不但可以改变发酵食品中的微生物类群，影响产组胺微生物的生长繁殖<sup>[12]</sup>，而且可以与氨基酸发生美拉德反应，进而降低组胺的前体物质组氨酸。然而，葡萄糖能否降低发酵虾酱中组胺的含量，至今仍然没有报道，因此，本论文通过探讨不同添加量的葡萄糖对发酵虾头酱中组胺含量的影响，寻求有效的降组胺方法对于提高发酵食品安全性及产品质量具有一定的现实意义。

本论文以新鲜虾头为原料，采用外加微生物手段，通过添加不同量的葡萄糖来观察虾头酱发酵过程中组胺的变化规律，以期如何降低发酵食品中组胺含量的研究提供依据。同时通过测定蛋白质含量、挥发性盐基氮(TVB-N)、氨基酸态氮(AA-N)、水分含量等物化指标、菌落总数以及感官评价来评价葡萄糖对虾头酱品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 材料

发酵菌种：季氏毕赤氏酵母(*Pichiagilliermondii*)、黑曲霉(*Aspergillus niger*)从传统虾酱中分离得到；乳酸菌。凡纳滨对虾虾头：由湛江国联水产开发股份有限公司提供。

#### 1.1.2 试剂

磷酸组胺( $\geq 98.0$ ) BR 南京奥多福尼生物科技有限公司；NaOH 和 HCl 均为优级纯，PCA 培养基，西陇化工股份有限公司；葡萄糖，广东光华科技股份有限公司；硼酸和高氯酸，广东省化学试剂工程技术有限公司；对硝基苯磺酸钠，天津市光复精细化工研究所；三氯乙酸，上海凌峰化学试剂有限公司；甲醛溶液，西陇化工股份有限公司，未特别说明的试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

V-5000 可见分光光度计(上海元析仪器有限公司)、LDZX-30KBS 立式蒸汽灭菌器(上海申安医疗器械厂)、PHS-3C pH 计(计上海仪电科学仪器股份有限公司)、SW-CJ-270 净化工作台(上海博讯实业有限公司医疗设备厂)、SPX-250B-Z 恒温培养箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂)、KDN-812 定氮仪全自动蒸馏装置(上海纤检仪器有限公司)、Vapodest 全自动凯氏定氮仪(德国 Gerhardt 公司)、T18 高速(德国 IKA)均质机、JYL-C022EE 绞肉机(九阳股份有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 快速发酵虾头酱的制备工艺

挑选新鲜虾头，去须、洗净，巴氏灭菌(65 °C、30 min)，打浆后放进发酵罐，同时，接入发酵剂以及添加 18%食盐和葡萄糖(添加量为 2%、4%和 6%)，置于 50 °C恒温发酵 14 d，期间每隔 48 h 搅拌并取样分析。

#### 1.3.2 组胺的测定

取 5.000 g 样品于具塞三角烧瓶中，加入 20 mL、10%三氯乙酸，混合均匀，在超声温度为 55 °C，功率 60 W 下超声 20 min，超声过程不时震荡，充分萃取出样品中的组胺，过滤，残渣用 10 mL 的蒸馏水冲洗 3 次，合并滤液，用氢氧化钠(250 g/L)将 pH 调节至 5.00±0.02，再用水定容至 100 mL。然后根据赵宇明的方法<sup>[13]</sup>进行取样测定(标准曲线： $y=0.01719x+0.01729$ ， $R^2=0.99934$ )。

#### 1.3.3 理化指标及菌落总数测定

TVB-N，SC/T 3032-2007 水产品中挥发性盐基氮的测定方法；氨基酸氮，GB/T 5009.39-2003 甲醛滴定

法; 蛋白质, GB 5009.5-2010 凯氏定氮仪法测定; 粗脂肪, GB/T 14772-2008 食品中粗脂肪的测定; 总糖, GBT 9695.31-2008 分光光度法; 水分, GB 5009.3-2010 直接干燥法执行; 菌落总数, GB 47892-2010。

### 1.3.4 pH 的测定

根据 GB/T 5009.45-2003 以及 Bodin Techaratanakrai<sup>[14]</sup>进行测定: 称取 10.00 g 样品, 加入新煮沸后冷却的超纯水定容至 100 mL, 泡浸 30 min 后 6000 r/min 均质 2 min, 快速滤纸过滤后取 40~50 mL 用酸度计测定。

### 1.3.5 感官评价

采用描述性定量分析法 (quantitative descriptive analysis, QDA)<sup>[15]</sup>对发酵成熟的虾酱进行感官评价。感官评定小组由 9 名已进行感官培训后的成员组成, 对样品的风味特征 (虾味、发酵味、鲜味、咸味、腥味、苦涩味、氨气味以及整体可接受性) 进行评分, 评分标准如表 1 所示。评分包括 0~9 分, 总计 10 个分数, “0”表示没感受到该风味, “9”则表示此风味浓郁, 综合得分=滋味均分×0.4+香气均分×0.6。

表 1 虾酱感官评价标准

Table 1 Standards for sensory evaluation of shrimp paste

滋味	滋味描述	气味	香气描述
鲜味	虾等海鲜汤汁所带有的鲜味	虾味	虾所特有的鲜甜味
甜味	煮熟后新鲜虾所带的甜味	发酵味	虾酱特有的肉香味
咸味	10%的食盐水口感为评定标准	腥味	海鲜具有的腥味
苦涩味	虾头虾壳等副产物所产生的苦涩味	氨气味	海鲜腐败所产生的刺激性气味

### 1.4 数据统计分析

实验中感官评价的风味的 QDA 图及所有表格通过 Excel 2010 分析, 显著性通过 JNP 7.0 软件分析, 其余数据采用 origin 8.5 分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 葡萄糖对虾头酱发酵过程中组胺含量的影响

含量快速上升, 从刚开始的 54.46 mg/kg 增加到 102.44 mg/kg, 而实验组能明显抑制组胺的产生。实验表明 (数据未列出来), 乳酸菌、酵母菌及黑曲霉分别在 24 h、24 h 和 32 h 进入生长稳定期, 因此, 在 0~2 d 这一时期, 发酵剂菌体活力好, 代谢旺盛; 2~4 d 上升较慢, 从 102.44 mg/kg 增加到 111.47 mg/kg, 之后变化较小, 到发酵成熟, 虾头酱组胺含量高达 120.7 mg/kg, 并且整个发酵过程组胺含量都维持一个较高的水平, 相比 Jin Seok Moon<sup>[16]</sup>所调查的韩国市售虾酱中组胺 28.6~32.0 mg/kg, 本法制备的虾酱组胺含量要高出 88.7~92.1 mg/kg。

虾头酱中组胺的变化规律是: 0~2 d, 对照组组胺

表 2 葡萄糖添加量对发酵虾头酱中组胺含量变化的影响

Table 2 Effect of different glucose concentrations on the histamine content in shrimp paste (mg/kg)

处理方式	0 d	2 d	4 d	6 d
对照组	54.46±3.89 <sup>a</sup>	102.44±2.93 <sup>a</sup>	111.47±5.32 <sup>a</sup>	111.26±6.13 <sup>a</sup>
2%葡萄糖	46.09±4.25 <sup>a</sup>	94.72±2.73 <sup>b</sup>	96.12±8.01 <sup>b</sup>	92.24±12.10 <sup>b</sup>
4%葡萄糖	46.44±6.50 <sup>a</sup>	82.19±3.54 <sup>c</sup>	75.92±15.98 <sup>c</sup>	63.02±4.72 <sup>c</sup>
6%葡萄糖	42.99±3.50 <sup>a</sup>	77.84±10.28 <sup>c</sup>	81.58±14.01 <sup>c</sup>	85.58±6.41 <sup>b</sup>
处理方式	8 d	10 d	12 d	14 d
对照组	111.75±4.00 <sup>a</sup>	117.06±4.31 <sup>a</sup>	115.76±4.80 <sup>a</sup>	120.70±4.90 <sup>a</sup>
2%葡萄糖	83.50±5.87 <sup>b</sup>	77.55±9.57 <sup>b</sup>	67.60±7.57 <sup>bc</sup>	68.53±4.74 <sup>b</sup>
4%葡萄糖	68.23±14.00 <sup>c</sup>	55.24±5.28 <sup>c</sup>	57.18±3.74 <sup>c</sup>	51.60±10.7 <sup>c</sup>
6%葡萄糖	78.86±16.64 <sup>b</sup>	71.18±9.45 <sup>b</sup>	70.06±12.70 <sup>b</sup>	54.78±14.30 <sup>c</sup>

注: 组胺含量=平均值±标准差 (n=3); 相同字母表示无显著性, 不同字母表示差异显著 (p<0.05); 表 3 相同。

当添加不同含量的葡萄糖后, 虾头酱中组胺含量经历了先上升后下降的过程, 能明显抑制或降低组胺的产生, 它们的作用效果是: 4%葡萄糖>6%葡萄

糖>2%葡萄糖。发酵成熟后, 相比空白对照组, 它们分别能降低 57.2%、54.6%和 43.2%的组胺。Jae-Hyung Mah<sup>[17]</sup>也研究发现, 葡萄糖等添加剂也能明显降低模

拟体系中生物胺的产生,并且能降低发酵凤尾鱼中43.2%的组胺;胡家伟<sup>[18]</sup>在研究美拉德反应对组胺降解的模拟体系发现,在特定条件下,加入葡萄糖能使组胺降低94%。因此,可以推测一是葡萄糖通过与羰基化合物发生美拉德反应降低组胺的前体物质组氨酸;二是改变发酵虾头酱中pH、营养成分和菌落类群进一步抑制产组胺微生物的生长繁殖进而降低虾头酱中的组胺。

## 2.2 虾头酱发酵过程中 TVB-N 的变化

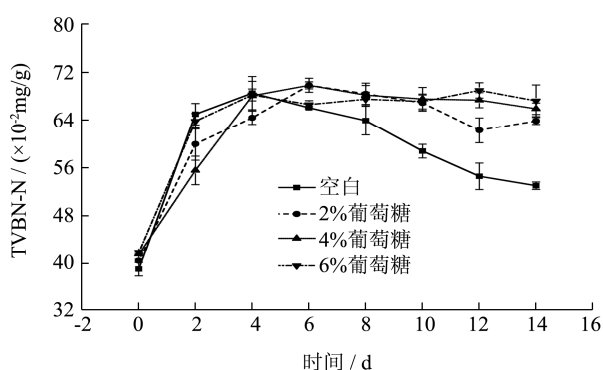


图1 葡萄糖对虾头酱发酵过程中含量变化的影响

Fig.1 Effect of different concentrations of glucose on the TVB-N content in shrimp paste

挥发性盐基氮又名挥发性碱基总氮,是评定水产品变质最经典和重要的指标,也是最能反映水产品质量的指标,虾酱国内贸易行业标准中(SB/T 10525-2009)的限定标准是4.50 mg/g。当在虾头酱中加入葡萄糖时,并不改变TVB-N的变化趋势(0~4 d上升较快,4~14 d缓慢下降),但是葡萄糖的加入在发酵后期一定程度上促进TVB-N生成,相比对照组而言,发酵成熟后,加入2%、4%和6%的葡萄糖使得TVB-N显著增加,分别从 $52.90 \times 10^{-2}$  mg/g增加到 $63.80 \times 10^{-2}$  mg/g、 $65.80 \times 10^{-2}$  mg/g和 $67.20 \times 10^{-2}$  mg/g,这一测定结果与张进杰<sup>[19]</sup>所发现的蔗糖可促进腊鱼干制成成熟过程中后期TVB-N的生成结果一致,其原因有待进一步深究。TVB-N含量的上升跟腐败微生物的活性呈正相关<sup>[20]</sup>,因此,从中也可以间接反应腐败微生物的变化趋势。

## 2.3 虾头酱发酵过程中氨基酸态氮的变化

AA-N是虾酱中重要的呈味物质,也是虾酱质量分级的首要指标,含量越高,表明蛋白质水解程度越高,鲜味越好,品质越高。虾头酱在发酵前2 d,AA-N增加较快,之后缓慢上升,其变化趋势与步婷婷<sup>[21]</sup>所测的结果一致,并且与微生物的生长速度基本保持一致。添加葡萄糖后,并不改变AA-N的变化趋势,但

是对AA-N的产生具有一定的抑制作用,相比对照组,添加2%、4%和6%的葡萄糖使得AA-N降低了8.2%、8.7%和9.5%。与同类产品<sup>[21,22]</sup>比较,采用外界微生物恒温发酵可以在短期内快速增加虾酱中的AA-N含量,并且含量相对较高。

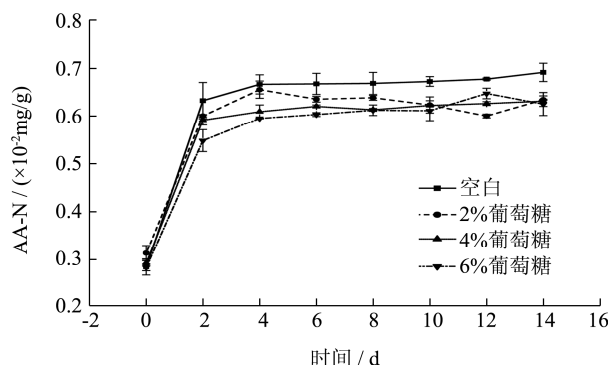


图2 葡萄糖对虾头酱发酵过程中AA-N变化的影响

Fig.2 Effect of different concentrations of glucose on the AA-N content in shrimp paste

## 2.4 虾头酱发酵过程中pH的变化

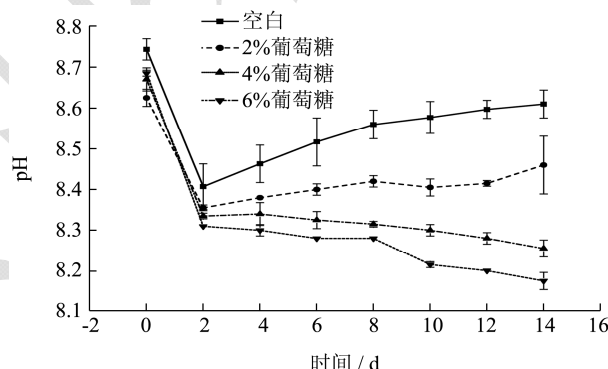


图3 葡萄糖对虾头酱发酵过程中pH变化的影响

Fig.3 Effect of different concentrations of glucose on the pH of shrimp paste

pH不但影响发酵微生物的生长繁殖、酶活性以及发酵程度,也是影响组胺产生重要因素<sup>[23]</sup>。pH的变化规律如图3所示,0~2 d pH先下降(8.74→8.40),之后缓慢上升(8.40→8.61),整个发酵过程,虾头酱的pH值始终保持在碱性范围,这是因为发酵前2 d,ATP酶及糖酵解的共同作用下引起乳酸积累而导致pH降低,而之后,蛋白质在微生物的作用下分解为碱性的氨、三甲胺和硫化氢等<sup>[24]</sup>,使得pH升高。添加葡萄糖后,会降低虾头酱的pH,而添加4%和6%的葡萄糖,发酵第2 d后,pH依旧缓慢下降,并且添加量越大,下降幅度越明显,但pH始终保持在碱性范围(>8.17)。葡萄糖的加入,降低了虾头酱pH其原因是在葡萄糖在葡萄糖氧化酶的作用下被氧化成葡萄糖酸,此外,微生物可通过发酵葡萄糖产生乳酸,

因此降低了虾酱中的 pH<sup>[25]</sup>。

### 2.5 葡萄糖添加量对虾头酱理化品质及菌落

总数的影响

由表 3 可知,葡萄糖添加量对产品蛋白质、脂肪、水分以及菌落总数都没有显著性影响,但加入 4%和 6%的葡萄糖能够显著增加产品总糖含量,分别由

1.11×10<sup>-3</sup> g/g 增加到 2.63×10<sup>-3</sup> g/g 和 3.26×10<sup>-3</sup> g/g。蛋白质含量及水分含量并未达到虾酱中国水产行业标准 SC/T3602-2002 所限定的标准(蛋白质含量≥0.10 g/g,水分含量≤60%),这主要是因为相比虾仁,虾头中蛋白含量较低(6.38%)而水分含量较高(78.4%)<sup>[26]</sup>;实验组中的菌落总数均能符合虾酱国内贸易行业标准(SB/T 10525-2009)及水产行业标准(SC/T 3602-2002)所规定的限量标准。

表 3 葡萄糖添加量对虾头酱理化品质及菌落总数的影响

Table 3 Effect of different concentrations of glucose on the physical-chemical qualities and the number of aerobes in shrimp paste

项目	葡萄糖添加量			
	对照组	2%	4%	6%
蛋白质/(×10 <sup>-2</sup> g/g)	9.10±0.156 <sup>a</sup>	9.28±0.19 <sup>a</sup>	9.19±0.15 <sup>a</sup>	8.90±0.13 <sup>a</sup>
脂肪/(×10 <sup>-2</sup> g/g)	1.519±0.350 <sup>a</sup>	1.806±0.559 <sup>a</sup>	1.497±0.382 <sup>a</sup>	1.435±0.184 <sup>a</sup>
水分/%	66.4±1.1 <sup>a</sup>	65.1±0.1 <sup>a</sup>	65.2±0.5 <sup>a</sup>	66.1±0.3 <sup>a</sup>
总糖/(×10 <sup>-2</sup> g/g)	0.111±0.006 <sup>a</sup>	0.173±0.005 <sup>a</sup>	0.263±0.009 <sup>b</sup>	0.326±0.078 <sup>b</sup>
菌落总数/(lgcfu/g)	3.93±0.11 <sup>a</sup>	3.77±0.12 <sup>a</sup>	3.77±0.09 <sup>a</sup>	3.80±0.10 <sup>a</sup>

### 2.6 感官评价

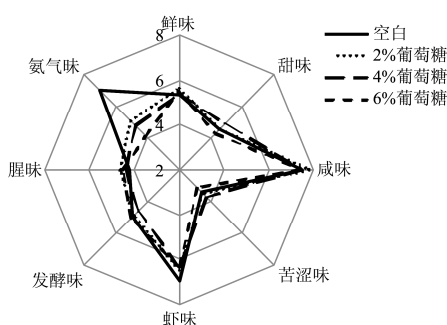


图 4 不同添加量葡萄糖对虾头酱风味的 QDA 图

Fig.4 Flavor signal charts after the addition of different concentrations of glucose to shrimp paste

根据感官评分标准(表 1),分别对不同处理方式的虾头酱进行感官评分并绘制风味轮廓图。由图可知,在虾头酱中添加 2%、4%和 6%的葡萄糖的综合感官评分分别为: 5.31、5.17 和 5.04,而空白对照组得分则为 5.55,风味相似度较高。空白对照组得分最高,添加剂的量越高,得分越低,其主要原因是在虾头酱中添加葡萄糖后与虾头酱中的羰基化合物发生美拉德反应产生轻微的焦糖味,对虾头发酵产生的发酵味和虾味具有一定的掩盖作用。而葡萄糖的加入,显著降低了虾头酱的腥味和氨气味,而对苦涩味、甜味鲜味和咸味并未造成影响。

### 3 结论

以虾头为原料,采用接菌恒温发酵快速制备虾头酱,不但大大提高虾综合利用率而且缩短了发酵周期

和节省能耗。本论文通过在虾头酱发酵前加入了不同浓度的葡萄糖,发现葡萄糖具有极好的降组胺活性;通过比较理化指标及菌落总数可知,尽管葡萄糖能促进 TVB-N 的生成,降低氨基酸态氮的含量以及 pH,但并不影响蛋白质、脂肪、水分等营养成分以及菌落总数;感官评价表明,葡萄糖能降低虾酱中的刺激性氨气味、发酵味以及虾味,赋予新的美拉德反应产生的焦糖味,但风味仍然保持较高的相似度。因此,葡萄糖可以作为一种良好的降组胺添加剂应用到发酵食品中,以提高发酵食品的安全性。

### 参考文献

[1] 孙国勇,左映平.虾酱发酵技术及研究进展[J].中国调味品.2013,38(1):60-62  
SUN Guo-yong, ZUO Ying-ping. Fermentation technology and research progress of shrimp paste [J]. China Condiment, 2013, 38(1): 60-62

[2] Y J Cha, K R Cadwallader. Volatile components in salt-fermented fish and shrimp pastes [J]. Journal of Food Science, 1995, 60(1): 19-24

[3] 李志军,吴永宁,薛长湖.生物胺与食品安全[J].食品与发酵工业,2004,30(10):84-91  
LI Zhi-jun, WU Yong-ning, XUE Chang-hu. Effects of biogenic amines on food safety and human health [J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 30(10): 84-91

[4] Amorim C G, Souza R C, Araujo A N, et al. SI lab-on-valve analysis of histamine using potentiometric detection for food quality control [J]. Food Chemistry, 2010, 122(3): 871-76

- [5] Onal Armagan. Current analytical methods for the determination of biogenic amines in foods [J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1475-1486
- [6] Majjala R, Eerola S. Contaminant lactic acid bacteria of dry sausages produce histamine and tyramine [J]. Meat Science, 1993, 35(3): 387-395
- [7] Claudia R C, Francisco J C. Effect of an argon-containing packaging atmosphere on the quality of fresh pork sausages during refrigerated storage [J]. Food Control, 2010, 21(10): 1331-1337
- [8] Bover-Cid S, Miguelez-Arrizado J, Latorre-Moratalla L, et al. Freezing of meat raw materials affects tyramine and diamine accumulation in spontaneously fermented sausages [J]. Meat Science, 2006, 72(1): 62-68
- [9] Rabie M A, Siliha H, Saïdy S, et al. Effects of gamma-irradiation upon biogenic amine formation in Egyptian ripened sausages during storage [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(4): 661-665
- [10] Casquete Rocio, Benito Maria J, Martin Alberto, et al. Role of an autochthonous starter culture and the protease EPg222 on the sensory and safety properties of a traditional Iberian dry-fermented sausage "salchichon" [J]. Food Microbiology, 2011, 28(8): 1432-1440
- [11] 孙霞, 杨勇, 巩洋, 等. 发酵香肠中生物胺控制技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(11): 373-377, 388  
SUN Xia, YANG Yong, GONG Yang, et al. Research progress in the control of the biogenic amine in fermented sausage [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(11): 373-377, 388
- [12] Latorre-Moratalla M L, Bover-Cid S, Talon R, et al. Strategies to reduce biogenic amine accumulation in traditional sausage manufacturing [J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(1): 20-25
- [13] 赵宇明. 分光光度法快速测定水产品中组胺的含量[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(8): 94-96  
ZHAO Yu-ming. Rapid detection histamine content in aquatic product using spectrophotometry [J]. Food Research and Development, 2014, 35(8): 94-96
- [14] Bodin Techaratanakrai, Emiko Okazaki, Kazufumi Osako. Effect of organic salts on setting gels and their corresponding acids on kamaboko gels prepared from squid *Todarodes pacificus* mantle muscle [J]. Food Science and Technology, 2012, 10(78): 707-715
- [15] Jiang J J, Zeng Q X, Zhu Z W. Chemical and sensory changes associated Yu-lu fermentation process: a traditional Chinese fish sauce [J]. Food Chemistry, 2007, 10(3): 1629-1634
- [16] Jin Seok Moon, Yujin Kim, Keum Il Jang et al. Analysis of biogenic amines in fermented fish products consumed in Korea [J]. Food Sci. Biotechnol, 2010, 19(6): 1689-1692
- [17] Jae-Hyung Mah, Han-Joon Hwang. Effects of food additives on biogenic amine formation in Myeolchi-jeot, a salted and fermented anchovy (*Engraulis japonicus*) [J]. Food Chemistry, 2009, 114: 168-173
- [18] 胡家伟. 水产食品中组胺的监控技术研究[D]. 厦门: 集美大学, 2014  
HU Jia-wei. The monitoring and control technology research of histamine in aquatic food [D]. Xiamen: Jimei University, 2014
- [19] 张进杰. 中国南方传统腊鱼加工品质及安全性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012  
ZHANG Jin-jie. The researches of the processing technology, quality and safety evaluation of Layu [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012
- [20] Cai Lu-yun, Wu Xiao-sa, Dong Zhi-jian, et al. Physicochemical responses and quality changes of red sea bream (*Pagrosomus major*) to gum arabic coating enriched with ergothioneine treatment during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2014, 106: 82-89
- [21] 步婷婷, 徐大伦, 杨文鸽, 等. 虾籽酱发酵工艺条件的优化及其挥发性风味成分研究[J]. 核农学报, 2016, 30(1): 110-119  
BU Ting-ting, XU Da-lun, YANG Wen-ge, et al. Optimization of fermentation conditions and volatile components of *Centropages mcmurrici* sauce [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2016, 30(1): 110-119
- [22] 戴萍, 李展锐, 潘裕, 等. 温度对传统虾酱发酵过程中安全性品质影响[J]. 食品科技, 2013, 38(4): 286-290  
DAI Ping, LI Zhan-rui, PAN Yu, et al. Effect of fermentation processing on safety quality of traditional shrimp paste at different temperature [J]. Food Science and Technology, 2013, 38(4): 286-290
- [23] Wanaporn Tapingkae, Somboon Tanasupawat, Kirk L Parkin, et al. Degradation of histamine by extremely halophilic archaea isolated from high salt-fermented fishery products [J]. Enzyme and Microbial Technology, 2010, 46: 92-99
- [24] 励建荣, 李婷婷, 丁婷. 水产品新鲜度综合评价与货架期预测模型的构建研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(1): 1-8  
LI Jian-rong, LI Ting-ting, DING Ting. Review on freshness comprehensive evaluation and establishment of prediction model for aquatic products [J]. Journal of Food Science and

- Technology, 2016, 34(1): 1-8
- [25] Sumitra Ramachandran, Pierre Fontanille, Ashok Pandey, et al. Gluconic acid: properties, applications and microbial production [J]. Food Technology and Biotechnology, 2006, 44(2): 185-195
- [26] 张祥刚,周爱梅,林晓霞,等.南美白对虾虾头、虾壳化学成分  
的对比研究[J].现代食品科技,2009,25(3):224-227
- ZHANG Xiang-gang, ZHOU Ai-mei, LIN Xiao-xia, et al. Comparative study of chemical compositions of white shrimp head and shell modern [J]. Food Science and Technology, 2009, 25(3): 224-227

现代食品科技