

温度对传统鱼露发酵后期品质的影响

晁岱秀, 曾庆孝, 黄紫燕

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

摘要: 利用保温方法促进传统发酵后期鱼露的熟化, 分析保温过程中的总可溶性氮(TSN)、氨基酸态氮(AA-N)、挥发性盐基氮(TVB-N)含量、pH值、细菌总数的变化情况, 利用顶空进样法(HS)结合GC-MS法和感官分析法研究保温过程中鱼露风味的变化规律。结果表明, 保温法可促进鱼露熟化, 其TSN、AA-N含量随保温温度升高和保温时间的延长逐渐增加, TVB-N含量、pH值、细菌总数变化较小, 描述性定量感官分析表明传统鱼露发酵后期保温能显著性改善鱼露风味, 60℃保温后鱼露风味整体可接受性较好。顶空进样法结合GC-MS分析认为经60℃保温8d后鱼露中特征香味的挥发性酸、2-甲基丙醛、2-甲基丁醛、二甲基三硫等含量有显著性增加。2年鱼露60℃保温8d后风味物质的种类及含量达到3年鱼露水平。

关键词: 鱼露; 保温; 加速熟化; 挥发性风味物质

文章编号: 1673-9078(2010)1-22-6

Effects of Temperature on the Characteristics of Traditional Fish Sauce in Latter Fermentation

CHAO Dai-xiu, ZENG Qing-xiao, HUANG Zi-yan

(College of Light industry and Food Science, SCUT, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The accelerated ripeness of traditional fish sauce in latter fermentation by control of temperature was studied. Changes in total soluble nitrogen (TSN), amino-acid nitrogen (AA-N), total volatile base nitrogen (TVB-N), pH value, viable bacterial count, color aberration of fish sauce were observed. Changes in odor of fish sauce were analyzed by the sensory evaluation and head space-GC-MS analysis (HS-GCMS). The results suggested that TSN, AA-N increased in the accelerated ripeness with the increasing of temperature and time. However, pH value, viable bacterial count and TVB-N showed few changes. The odor of fish sauce was improved by quantitative descriptive analysis (QDA) test after holding temperature processing. HS-GC-MS showed that, after 8 d temperature-incubation process at 60℃, the contents of volatile fatty acids, 2-methylpropanal, 2-methylbutanal, and dimethyltrisulfide increased. And the volatile compounds and contents in accelerated fish sauce by 2-year fermentation reached the same levels in fish sauce by 3-year fermentation.

Key words: fish sauce; holding temperature; accelerated ripeness; volatile odor compounds

鱼露是一种经长期发酵而成的风味独特的调味品。东南亚地区是世界鱼露的重要产区, 目前, 泰国是世界上鱼露生产大国, 其发酵周期短, 滋味鲜美, 备受各国消费者喜爱, 特别是得到欧美国家的认可^[1]。广东潮汕地区是我国鱼露的重要产区, 产量约占全国产量的60%以上^[2]。传统鱼露生产一般采用自然发酵工艺, 生产过程无调控措施, 存在生产周期长等问题, 例如, 潮汕鱼露发酵周期一般在3年以上, 即使发酵成熟的鱼露中仍有一定数量的鱼体存在。

温度是影响鱼露发酵的重要因素, Hjalmarsson 等

收稿日期: 2009-08-01

基金项目: 广东省科学技术厅农业攻关计划(2007A020100001-8)

作者简介: 晁岱秀(1983-), 在读硕士, 研究方向为食品加工与保藏

^[3]对多春鱼(*Mallotus villosus*)鱼露发酵过程分析认为, 与盐含量等因素相比, 温度是影响鱼蛋白降解最重要的影响因素, 适当提高温度可加速鱼露的发酵速率。Kilinc 等^[4]在37℃下进行鱼露快速发酵, 对57d的发酵过程进行研究。Xu 等^[5]于48℃结合其他工艺进行鱼露快速发酵, 30d后总可溶性氮含量可达到1.9%以上, 游离氨基酸态氮可达到0.01g/mL以上。快速发酵鱼露的各项指标均能迅速达到国家标准, 但其风味与传统鱼露相差甚远。传统鱼露发酵一般分为: 前期、中期和后期, 研究认为鱼露的风味主要是在中后期促使风味的形成^[6]。鱼露发酵时间长, 长期保温由于成本原因难以应用。温度对鱼露品质的影响方面的研究多集中于前期保温发酵研究, 而对于温度对中后期鱼

露品质的影响未见报道。本论文以发酵 2 年的潮汕鱼露为研究对象, 研究不同温度条件下中后期潮汕鱼露品质的变化规律。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

1.1.1 原材料

以鳙鱼 (*Engraulis japonicus*) 为原料, 按传统工艺发酵 2 年鱼露发酵样品 (已液渍分层, 仍有极少数的残缺鱼体), 由广东省汕头鱼露厂有限公司提供。

1.1.2 样品的制备

取传统鱼露发酵样品 (已发酵 2 年) 500 mL 于 1000 mL 的三角瓶, 并用封口袋封口, 分别置于室温 ($20\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)、以及电热恒温水浴锅 (XMTB/H-3000, 上海仪表 (集团) 供销公司) 中于 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴锅中保温 8 d, 每天搅拌均匀后取样, 沸水浴 10 min 后过滤 (滤纸为新星, $102^{\#}$ 定性滤纸 $\Phi 12.5\text{ cm}$), 滤液后用于各项分析。

1.2 实验方法

1.2.1 理化指标测定

可溶性总氮 (TSN) 按凯氏定氮法, 采用 KDN-2C 型定氮仪 (上海纤检仪器有限公司) 测定^[7]。

氨基酸态氮 (AA-N) 用数字式 pH 计 (pHS-3C, 上海精密科学仪器有限公司), 用甲醛滴定法测定^[5]。

挥发性盐基氮 (TVB-N) 采用康维皿法 (微量扩散法) 测定^[8]。

pH 值按照 GB/T10786-89 方法, 用数字式 pH 计 (pHS-3C, 上海精密科学仪器有限公司) 进行测定^[9]。

菌落总数按 GB/T 4789.2-2003 方法进行测定^[10]。

鱼露颜色的测定采用色差仪 (Konica Minolta CR-400, 日本), 按照调整过的 Sirima Dissaraphong 方法进行^[11]: 应用 $L^*a^*b^*$ 色空间, 测定 L^* 值 (亮度, $+L^*$ 为亮色方向, $-L^*$ 为暗色方向), a^* 值和 b^* 值 (色度, $+a^*$ 值为红色方向, $-a^*$ 值为绿色方向, $+b^*$ 值为黄色方向, $-b^*$ 值为蓝色方向, 中间值为消色区)。将鱼露样品倒入直径为 1 cm、深度为 1 cm 的白色不透明塑料盖至满而不溢, 将干净培养皿从一边缓慢盖上 (防止气泡产生), 用 D65 光源, 测量 3 次求平均值。

挥发性风味物质采用顶空进样装置 (TurboMatrix 40, 珀金埃尔默仪器 (上海) 有限公司), 结合 GC-MS (5975inert, 美国安捷伦) 定性分析^[12]: 顶空进样 (HS) 装置捕集阱, 样液 10 mL (加入 $5\text{ }\mu\text{L}$ 质量浓度为 1% 的环己醇^[27] 为内标) 放入标准顶空进样玻璃小瓶内, 将其气相部分 (顶空) 导入气相色谱; 顶空条件: 炉

温 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, 取样针 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, 传输线 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, 保温 30 min, 解吸 0.2 min, 加压 1 min, 解吸压 15 psi, 柱压 25 psi, 瓶压 40 psi。GC-MS 条件: 采用弹性石英毛细管柱 (DB-23) ($30\text{ m}\times 0.25\text{ mm}\times 0.25\text{ }\mu\text{m}$), 聚乙二醇 (PEG) 涂层; Agilent 6890N 型气相色谱, 程序升温至 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 然后以 $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$, 进样温度 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$, 检测温度 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。分流比为 10:1, 载气为氦气, 体积流量 $1.0\text{ mL}/\text{min}$ 。Agilent 5975 型质谱: 电离方式为 EI, 电子能量 70 eV , 电压 350 V , 扫描质量 $35\sim 395\text{ amu}$, 数据检索: NIST/05a.L。

1.2.2 感官评定

采用描述性定量分析 (Quantitative Descriptive Analysis (QDA) Test) 法^[13]。

由 9 人组成 (5 男 4 女, 年龄在 20~35 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、鱼腥味、烤炙味、咸味及整体可接受性) 进行评分。评分由从 0 到 5 的 6 个分数给出, “0”代表完全没有所指的味道, “5”代表所指味道非常强烈。

1.3 数据处理

测定和分析结果采用 SPSS 12.0 for Windows 以及 Microsoft Office Excel 2003 进行数据处理。所有的试验至少进行 3 次, 计算相应的标准偏差, 结果以均值 \pm 标准偏差的形式表示。指标内部的均值比较采用最小显著差异法 (Least significant difference, LSD), 取 95% 置信度 ($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同保温处理对总可溶性氮 (TSN) 的影响

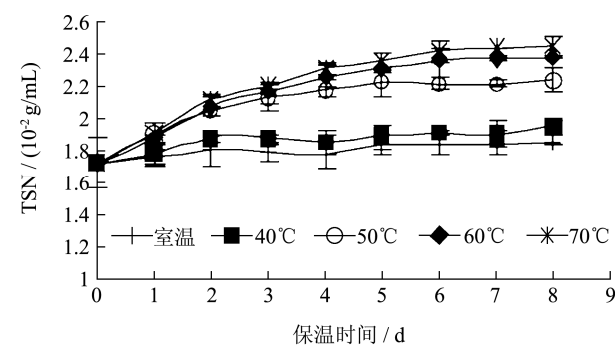


图 1 不同保温处理对总可溶性氮 (TSN) 的影响

Fig.1 Effects of temperature incubation processing on total soluble nitrogen content by different

total soluble nitrogen (TSN) content by different temperature incubation processing. Total soluble nitrogen (TSN) content is an important index of fish sauce quality grading, mainly consisting of free amino acid nitrogen, small molecule peptide nitrogen and soluble protein nitrogen. As shown in Figure 1, the traditional fish

露的 TSN 含量达到 $(1.73 \pm 0.15) \times 10^{-2} \text{ g/mL}$ ，在保温过程中，随着保温温度的增加 TSN 含量逐渐增加，保温 6 d 后增长逐渐变缓；温度达到 50 °C、60 °C 时其 TSN 含量增加显著，70 °C 时增加减缓与 60 °C 无显著性差异 ($p < 0.05$)，这可能与鲮鱼自身所含的蛋白酶或者鱼露中的微生物产生的蛋白酶的最适温度范围为 50~60 °C 有关^[14-16]，此温度范围内蛋白酶活力较高，使残余鱼体和不可溶的蛋白质的氮降解为可溶性氮。

2.2 不同保温处理对氨基酸态氮 (AA-N) 的影响

氨基酸是鱼露中重要的呈味物质，也是鱼露质量分级的重要指标。对于发酵食品，AA-N 含量能够反映蛋白质的水解程度及风味特点^[17]。从图 2 可看出，发酵 2 年的传统鱼露的 AA-N 含量达到 $(1.10 \pm 0.03) \times 10^{-2} \text{ g/mL}$ ，在后熟保温过程中，AA-N 含量的变化规律与 TSN 含量的变化规律相似，鱼露中的蛋白质和肽类进一步降解为氨基酸，70 °C 时保温 8 d 后其含量可达到 $(1.46 \pm 0.04) \times 10^{-2} \text{ g/mL}$ 。

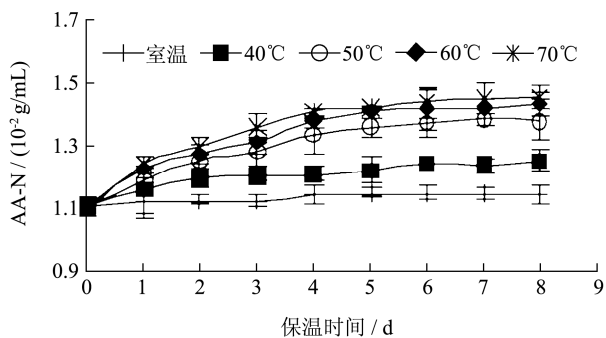


图 2 不同保温处理对氨基酸态氮 (AA-N) 的影响

Fig.2 Effects of temperature incubation processing on amino-acid nitrogen content of the fish sauce

2.3 不同保温处理对挥发性盐基氮 (TVB-N) 的影响

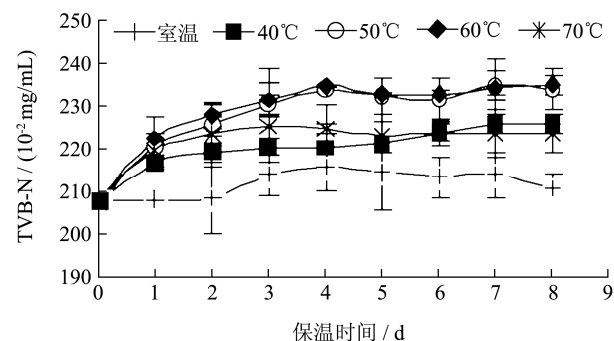


图 3 不同保温处理对挥发性盐基氮 (TVB-N) 的影响

Fig. 3 Effects of temperature incubation processing on total volatile basic nitrogen content

TVB-N 是衡量鱼露腐败的一个重要指标，其形成主要是由于腐败微生物的生长，将蛋白质分解成氨基

酸后，再进一步分解为氨、三甲胺等挥发性盐基含氮化合物^[3]。从图 3 可知，发酵 2 年的传统鱼露的 TVB-N 含量达到 $(207.98 \pm 0.64) \times 10^{-2} \text{ mg/mL}$ ，在保温前 3 d 内 TVB-N 含量增长较快，之后增长平缓，其中 50 °C 和 60 °C 保温时 TVB-N 含量较高，它们之间没有显著性增长 ($P < 0.05$)，这可能与微生物的适宜生长为 40~60 °C 有关 (见图 3)，保温 8 d 后其最高含量为 $(235.00 \pm 2.21) \times 10^{-2} \text{ mg/mL}$ 。

2.4 不同保温处理对 pH 值的影响

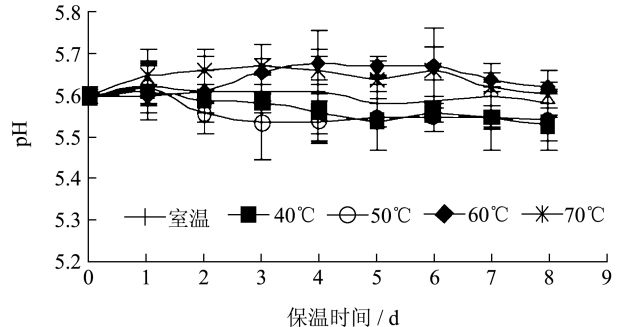


图 4 不同保温处理对 pH 值的影响

Fig.4 Effects of temperature incubation processing on pH value of the fish sauce

从图 4 可知，随着保温时间的延长，pH 值逐渐有所变化但并不明显；40 °C、50 °C 保温 2 d 后，其 pH 值有所下降，低于室温下的对照鱼露样品；60 °C 保温 2 d 后，pH 值有所增加，在 4 d 时达到最大值，随后有所下降；而 70 °C 保温时 pH 值随之有所增加，3 d 后缓慢下降。发酵过程中醪液 pH 的变化原因是由于氨基酸、有机酸类物质以及碱性的挥发性盐基氮类物质在不同发酵阶段的生成量不同而引起^[10]。

2.5 不同保温处理对菌落总数的 log₁₀ 的影响

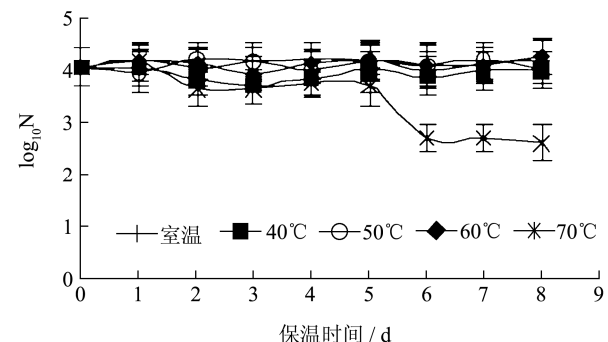


图 5 不同保温处理对菌落总数的 log₁₀ 的影响

Fig.5 Effects of temperature incubation processing on viable bacterial count of fish sauce

传统鱼露发酵是在几乎饱和盐浓度的环境下进行的，其蛋白质的降解和风味的形成是由耐盐微生物和酶的共同作用的结果^[6]。迄今，已有一些研究者从鱼

露发酵过程中分离出嗜盐性和耐盐性高产蛋白酶微生物^[15], 这些微生物适应生长的温度范围为 40~60 °C。从图 5 可知, 我国的传统鱼露发酵过程中也存在嗜盐性和耐盐性微生物, 其适应温度范围与 Sinsuwan S (2008) 等^[16]研究相符, 70 °C 保温过程中其菌落总数逐渐下降, 可能由于温度过高导致嗜盐性和耐盐性微生物死亡; 对其分离鉴定有待进一步研究。

2.6 不同保温处理对鱼露色差的影响

鱼露的色泽是鱼露的一项重要感官指标, 鱼露标准指出成熟鱼露的颜色为橙黄色至棕红色^[20]。从图 6 可以看出, 随着保温温度的升高, L*值和 b*值是逐渐减小的, a*值逐渐增加, 表明鱼露的颜色逐渐由淡黄色转变为棕黄色; 鱼露的褐变反应主要为非酶褐变反应, 在鱼露中大部分含氮化合物为游离氨基酸和短肽可与鱼露中少量的还原糖及多糖衍生物参与 Maillard 反应形成吡嗪等物质^[18,19], 温度越高, Maillard 反应越剧烈, 鱼露颜色越深。

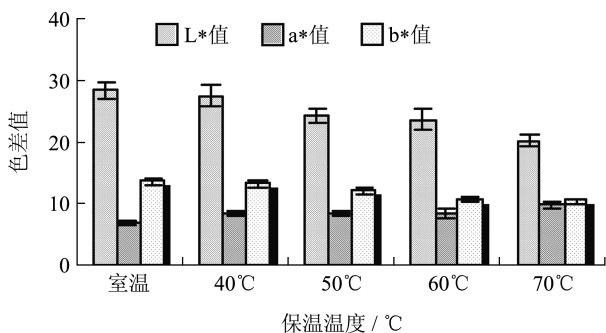


图 6 不同保温处理对鱼露色差的影响

Fig.6 Effects of temperature incubation processing on color aberration of fish sauce

2.7 不同保温处理对鱼露感官的影响

一级鱼露要求鱼露具有特有鲜香, 香气浓郁, 无腐败臭味^[20]。

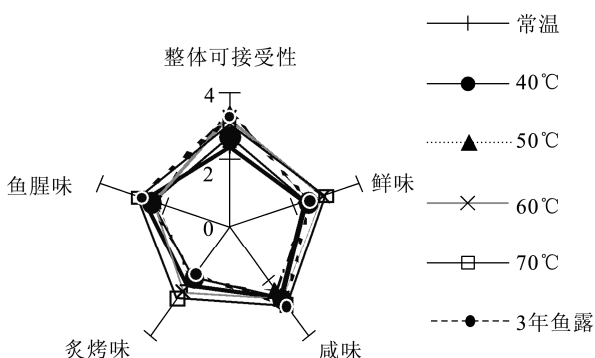


图 7 不同保温处理对鱼露感官的影响

Fig.7 Effects of temperature incubation processing on the sensory quality of fish sauce

从图 7 可知, 随着保温温度的升高, 鱼露样品的鲜味、整体可接受性的分值逐渐增加, 60 °C 保温 8 d 后, 其风味有显著性改善 ($p < 0.05$), 风味较温和、醇厚香浓, 整体可接受性较好, 与发酵 3 年的成熟鱼露相近; 70 °C 保温 8 d 后, 其鲜味、炙烤味及鱼腥味的分值都较大, 但炙烤味特别突出, 影响其整体可接受性。

2.8 保温前后挥发性风味物质的 HS 结合 GC-MS 分析

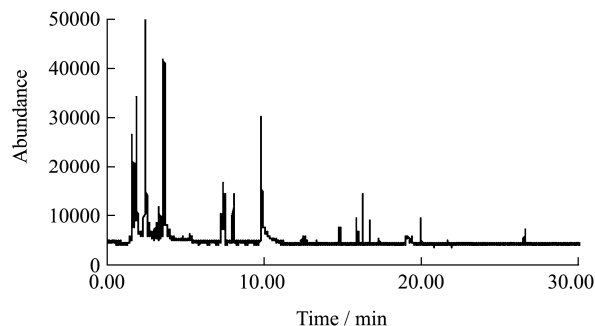


图 8 未保温 2 年鱼露挥发性风味物质的 GC-MS 总离子流图

Fig.8 Gas chromatograms of volatiles compounds of fish sauce

fermented for 2 years

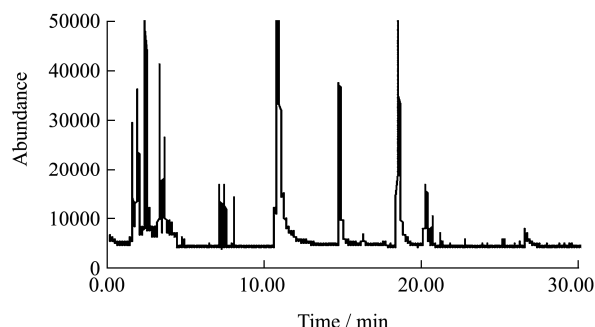


图 9 经 60 °C 保温 2 年鱼露挥发性风味物质的 GC-MS 总离子流图

Fig.9 Gas chromatograms of volatiles compounds of fish sauce

fermented for 2 years after of temperature incubation processing at 60 °C

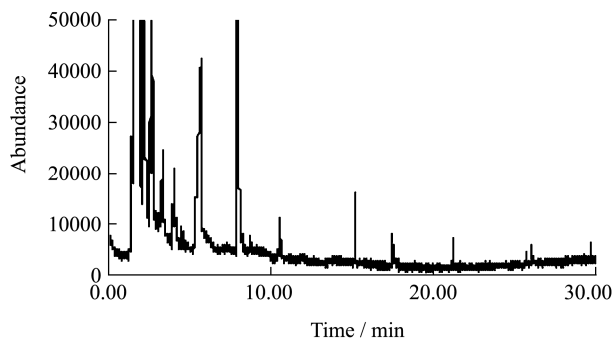


图 10 3 年成熟鱼露挥发性风味物质的 GC-MS 总离子流图

Fig.10 Gas chromatograms of volatiles compounds of fish sauce

fermented for 3 years

表1 HS结合GC-MS法检测到的主要挥发性风味化合物

Table 1 Identification of the odorants of fish sauce and their odor characterized by HS combined with GC-MS

分类	化合物名称	保留时间 (min)	峰面积/(%)		
			A	B	C
酸					
1	乙酸	2.183	12.82	23.15	4.12
2	丁酸	5.743	0.96	0.45	3.73
3	3-甲基丁酸	7.261	1.82	4.78	1.85
4	2-甲基丁酸	7.461	1.34	3.11	0.63
醇					
1	乙醇	1.595	—	15.2	26.57
2	环己醇(内标)	7.991	4.47	4.47	4.47
醛					
1	乙醛	1.876	8.25	—	0.09
2	3-甲基丁醛	3.61	19.42	15.64	0.87
3	2-甲基丁醛	2.740	—	4.84	4.72
4	2-丁醛	2.005	—	1.48	0.92
5	2-甲基丙醛	1.903	1.71	5.17	6.67
酮					
1	丙酮	1.686	23.00	31.46	17.48
2	2-丁酮	3.302	2.55	6.71	13.36
含硫化合物					
1	3-甲硫基丙醛	16.283	2.19	3.39	—
2	二甲基二硫	4.112	—	4.97	0.69
3	二甲基三硫	10.638	—	1.72	0.25
环类化合物					
1	呋喃	21.231	0.02	—	0.01
2	吡嗪	26.557	0.02	0.38	0.33

注: A表示未经保温处理的2年鱼露; B表示经60℃保温的2年鱼露; C表示3年成熟鱼露; “—”表示未检出。

一般认为鱼露气味来源分为3类: 来源于氨和三甲氨的氨味; 来源于挥发性酸的类乳酪味; 而鱼露的肉香味形成较为复杂, 可能来源于脂肪酸的自动氧化^[21]。从图8、9及表1可以看出, 2年鱼露经60℃保温8d后其挥发性物质的种类有明显增加。保温后的鱼露样品, 来源于脂肪酸的氧化或者微生物对氨基酸发酵作用的挥发性酸类^[22,23]、具有鱼露特征香味的物质2-甲基丙醛^[26]的各自峰面积占总面积的比例较大分别为31.47%、5.17%, 鱼腥味的成分醛类物质^[24,25]所占比例较小为27.13%; 鱼露特征风味物质二甲基三硫和2-甲基丁醛^[26]保温后可检测出。比较图9和图10可知, 与传统发酵3年的成熟鱼露相比, 2年鱼

露60℃保温后其挥发性风味物质, 如挥发性小分子酸类、2-甲基丙醛、2-甲基丁醛及二甲基三硫都已检出, 可见2年鱼露60℃保温后风味物质的种类达到3年成熟鱼露水平。HS结合GC-MS法测得鱼露的挥发性风味物质与感官分析结果(见图7)一致, 表明在鱼露发酵中后期采用保温处理可促进风味物质形成, 加速鱼露成熟, 提高其品质。

3 结论

温度对传统鱼露发酵后期品质的影响显著, 适当温度可加速鱼露成熟, 缩短发酵时间。传统鱼露在发酵后期保温过程中, 促使其鱼蛋白质进一步降解, TSN、AA-N含量及色差值有显著性增加, 温度越高增加越多; 而TVB-N含量、pH值及细菌总数亦受温度变化的影响, 但影响较小; HS结合GC-MS法和感官分析结果表明, 2年鱼露60℃保温后其风味亦有明显改善, 风味较温和、醇厚香浓, 整体可接受性较好, 对鱼露特征香味有影响的挥发性小分子酸类、2-甲基丙醛、2-甲基丁醛、二甲基三硫等均已检出, 可达到3年成熟鱼露的品质。

参考文献

- [1] 陈瑜珠,陶红丽,曾庆孝,朱志伟,晁岱秀.利用罗非鱼加工下脚料发酵鱼露的研究,现代食品新科技,2008,(5): 441-443.
- [2] Lopetcharat K, Choj Y J, Park J W, et al. Fish sauce products and manufacturing: A review. Food Reviews International,2001, 17(1):65-88
- [3] Hjalmarsson G H, Park J W, Kristbergsson K. Seasonal effects on the physicochemical characteristics of fish sauce made from capelin (*Mallotus villosus*).Food Chemistry,2007, 103: 495-504.
- [4] Kilinc B, Cakli S, Tolasa S, et al. Chemical, microbiological and sensory changes associated with fish sauce processing. Eur. Food Res. Technol.,2006,222:604-613.
- [5] Xu W, Yu G, Xue C, et al. Biochemical changes associated with fast fermentation of squid processing by-products for low salt fish sauce.Food Chemistry,2008,107:1597-1604.
- [6] 刘培芝.谈谈提高鱼露质量的一些技术措施[J].中国调味品,1988,08:15-18.
- [7] 张水华.食品分析[M].北京:中国轻工业出版社,2004: 156-175.
- [8] Conway E J, Byrne A. An absorption apparatus for the micro-determination of certain volatile substances: The micro-determination of ammonia[J].Biochem. J, 1936, 27:419-429.
- [9] GB/T 9724-2007.化学试剂 pH 值测定通则[S].

- [10] GB/T4789.2-2003. 食品卫生微生物学检验菌落总数测定[S].
- [11] Dissaraphong S, Benjakul S, Visessanguan W, et al. The influence of storage conditions of tuna viscera before fermentation on the chemical, physical and microbiological changes in fish sauce during fermentation[J]. Bioresource Technology, 2006,97:2032-2040.
- [12] Jiang J J, Zeng Q X, Zhu Z W. Analysis of volatile compounds in traditional Chinese fish sauce(YuLu)[J]. Food Bioprocess Technol, 2008,24:173-178.
- [13] 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, 104:1629-1634.
- [14] Siringan P, Raksakulthai N, Yongsawatdigul J. Autolytic activity and biochemical characteristics of endogenous proteinases in Indian anchovy(*Stolephorus indicus*)[J]. Food Chemistry, 2006, 98: 678-684.
- [15] Sinsuwan S, Rodtong S, Yongsawatdigul J. Characterization of Ca^{2+} -activated cell-bound proteinase from *Virgibacillus* sp. SK37 isolated from fish sauce fermentation[J]. Food Science and Technology, 2008, 1-9.
- [16] Sinsuwan S, Rodtong S, Yongsawatdigul J. Production and characterization of NaCl-activated proteinases from *Virgibacillus* sp. SK33 isolated from fish sauce fermentation [J]. Process Biochemistry, 2008,43:185-192.
- [17] Byun M W, Lee K H, Kim D H, et al. Effects of gamma radiation on sensory qualities, microbiological and chemical properties of salted and fermented squid[J]. Journal of Food Protection, 2000,63:934-939.
- [18] Kawashima K, Yamanaka H. Free amino acids responsible for the browning of cooked scallop adductor muscle[J]. Fisheries Science, 1996,62(2): 293-296.
- [19] Hjalmarsson G H. Fish sauce from capelin (*Mallotus villosus*) as affected by harvest season.[M.Sc. thesis]. University of Iceland, Reykjavik, Iceland. 2001:78- 82.
- [20] DB44/T471-2008. 广东省地方标准-鱼露[S].
- [21] Dougan J, Howard G E. Some flavoring constituents of fermented fish sauce[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1975,26:887.
- [22] Beddows C G, Ardeshir A G, Daud W J. Development and origin of the volatile fatty acids in budu[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1980,31:86.
- [23] McIver R C, Brooks R I, Reineccius G A. Flavor of fermented fish sauce[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1982, 30(6):1017-1020.
- [24] Yoshiwa T, Morimoto K, Sokamoto K, et al. Volatile compounds of fishy odor in sardine by simultaneous distillation and extraction under reduced pressure[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1997,63(2):222 -230.
- [25] 周益奇,王子健. 鲤鱼体中鱼腥味物质的提取和鉴定[J]. 分析化学研究简报, 2006,34:165-167.
- [26] Katsuya F, Sachiyo I, Hitoshi Y, et al. Identification of distinctive volatile compounds in fish sauce[J]. Agric. Food Chem., 2002, 50: 5412-5416.
- [27] Mitsuya S, Rossana R P, Yutaka O. Headspace gas analysis of fish sauce[J]. Agric. Food Chem, 1996,44,3601- 3605.

(上接第8页)

参考文献

- [1] 王宏岭,富春江. 国内外氨基酸市场分析一[J]. 精细与专用化学品, 2004,12(1):17-20.
- [2] 邱雁临,梁亮,汪亮. 紫外线与氯化锂复合诱变选育 L-组氨酸产生菌. 现代食品科技, 2008,24(3):217-219
- [3] 魏志强,徐庆阳,刘淑云. 枯草芽孢杆菌生产胞苷的途径分析. 现代食品科技, 2008,24(6):544-547
- [4] 徐庆阳,张昌伟,谢希贤等. 谷氨酸棒杆菌 TL1105 的 L-组氨酸生物合成途径分析[J]. 生物技术通讯, 2008,19(1):51- 54.
- [5] 张蓓. 代谢工程[M]. 天津:天津大学出版社, 2003.
- [6] 陈宁. 氨基酸工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2007.