

不同糟制温度对糟鱼品质的影响

曹雪, 姜启兴*, 夏文水, 许艳顺, 王斌

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要:以草鱼作为原料,通过分析 pH、微生物、挥发性盐基氮(TVB-N 值)、氨基态氮(ANN)、硫代巴比妥酸(TBARS)等指标,并结合色泽、质构以及感官评定,探究了不同糟制温度(4、10、15、20 ℃)对糟鱼肉品质特性的影响。结果表明:随着时间的变化,各糟制温度下的鱼肉 pH 呈逐渐下降趋势,而酸度、TVB-N、TBARS 和 ANN 值则呈上升趋势,且温度越高变化趋势越明显。乳酸菌和酵母菌作为糟鱼发酵过程中的优势菌种,呈现先上升后稳定的趋势,而葡萄球菌和肠道菌的生长在发酵中后期被抑制,微生物的生长速度和温度呈正相关关系。结合色泽、质构以及感官评定结果综合分析,15 ℃下糟制发酵成熟的糟鱼鱼肉在产品品质及消费偏好方面表现较优。

关键词:草鱼;糟鱼;糟制发酵;温度;品质

中图分类号:TS 254.4 文章编号:1673-1689(2019)09-0111-07 DOI:10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.09.016

Effects of Temperature on the Microbial and Physicochemical Properties of Wine-Lees Fish

CAO Xue, JIANG Qixing*, XIA Wenshui, XU Yanshun, WANG Bin

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The effects of wine-lees fermentation at different temperatures ranging from 4 °C to 20 °C on the quality characteristics of wine-lees grass carp was investigated. These results indicated that, with increasing the time of wine-lees fermentation, the pH showed a declining trend under all conditions, besides, the higher the temperature, the faster the change. Additionally, increasing fermentation temperature gave a progressive increase in TA, TVB-N, TBARS and ANN values in wine-lees fish, however, the TVB-N and TBARS values of the samples are all below the acceptable standard. Higher temperature stimulated the growth of Yeast and Lactic acid bacteria, resulting in a decline in Staphylococcus and Enterobacteriaceae during mid-last fermentation period. Then combined with the color, TPA and sensory evaluation results, products fermented at 15 °C showed greatest consumer preference and most favourable textural properties.

Keywords: grass carp, wine-lees fish, wine-lees fermentation, temperatures, quality

收稿日期: 2017-01-27

基金项目: 国家大宗淡水鱼类产业技术体系项目(CARS-46);江苏省重点研发项目(BE2016333)。

* 通信作者: 姜启兴(1977—),男,博士,副教授,主要从事食品加工与保藏研究。E-mail: qixingj@163.com

引用本文: 曹雪,姜启兴,夏文水,等. 不同糟制温度对糟鱼品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(09): 111-117.

糟鱼是我国民间传统食品,由海水鱼或淡水鱼经数道工序加工制成,以其独特的风味口感深受沿湖沿海居民的喜爱。我国的传统糟鱼是一种颇具开发潜力的优质发酵鱼制品,但这一传统美食目前大多是由地方进行作坊式生产,规模较小,受季节影响大,生产工艺多凭经验,产品的安全性和食用品质难以保障^[1-2]。

目前国内关于糟鱼工业化生产技术研究报道相对较少,各项研究主要集中于糟鱼营养价值分析^[2]、配方调配^[3]等方面。张潇等^[4]在研究醉鱼产品生物安全性时表明,20℃的发酵温度更能够兼顾产品品质和工业生产效率。另外,在国外 Plaa som、Som fak^[5]、Som-fug^[6]等报道了固态发酵鱼制品的研究。温度是影响微生物发酵、产香的重要因素,传统糟鱼制作受季节局限性,温度无法控制,从而导致产品品质一致性差。不同的发酵条件尤其是发酵温度会导致这些产品在微生物生长、风味及感官品质等方面差异较大。因此,了解糟鱼在不同糟制温度条件下品质的变化,设计工业化控温糟制工艺,对于提高产品的品质、安全性和一致性具有重要的意义。作者以草鱼作为原料,通过对糟鱼在不同糟制发酵温度条件下的微生物学特性、理化性质的测定及感官评定的分析,系统研究了糟鱼发酵过程的产品品质变化规律,旨在传统固态发酵鱼的精深加工和工业化生产提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

草鱼、糯米、酒曲:购于无锡市华润万家超市。

TA-XT2i 质构仪:英国 Stable Micro Systems 公司产品;CR-400 色差仪:日本 Konica Minolta 公司产品;分光光度计:UV2100 型,上海尤尼柯仪器公司产品;EL20 型 pH 计:梅特勒-托利多仪器上海有限公司产品;DM2000 生物显微镜、RM2235 石蜡切片机:德国 Leica 产品;高速冷冻离心机:Sigma 公司产品;立式台式杀菌锅、超净工作台、恒温培养箱、恒温干燥箱:上海跃进医疗器械厂产品。

1.2 实验方法

1.2.1 糟鱼的制备

1)鱼块制备 鲜活草鱼宰杀后去头、去内脏,冲洗干净后沿鱼体侧线取背部鱼肉,并将鱼切成 4 cm × 4 cm × 2 cm 的鱼块,鱼块均匀覆以鱼块质量 12%

的盐,15℃下干腌 2~3 h。腌制完毕后,流水冲去表面多余盐分,于 55℃干燥箱中热风干燥,至鱼块水分质量分数达到 55%左右。

2)酒糟制备 将糯米清洗后浸泡于水中,在室温下浸泡 6 h,然后进行蒸制,30 min 后取出,用无菌冷水冲淋使快速降温。沥干水分后加入米饭质量 0.8%的酒曲,酒曲均匀拌于米饭中并搭窝,加盖密封后于 30℃恒温培养箱中发酵 4 d 后使用。

3)糟制 干燥后的鱼块与酒糟按质量比 1:2 均匀码放于发酵罐中,发酵罐底部先放一层酒糟,然后层鱼层酒糟,最上层用酒糟封严,于 4、10、15、20℃下糟制一定时间。

1.2.2 pH 值的测定 参考 GB/T 9695.5-2008 有修改。精确称取 10 g 鱼肉,加入 90 mL 蒸馏水用高速分散机进行匀浆,匀浆结束后立即用 pH 计测定样品的 pH 值,重复测定 3 次。

1.2.3 总酸含量的测定 参照 Ikenebomeh 法^[7]进行测定。

1.2.4 微生物分析 参照 GB4789.2-2010 有修改。取 5 g 样品于无菌均质袋中,加入 45 mL 无菌生理盐水,用拍打式均质器均质 3 min。吸取上清液 1 mL,等梯度稀释样品。选择 3 个合适稀释度,每个稀释度取 0.1 mL 进行稀释涂布,培养后微生物计数。酵母菌用酵母膏胨葡萄糖琼脂培养基(YPD),30℃下培养 36 h;乳酸菌用 MRS 培养基,30℃下培养 48 h;葡萄球菌用甘露醇氯化钠琼脂培养基(MSA),30℃下培养 48 h;肠道菌用结晶紫中性红胆盐琼脂(VRBA)培养基(VRBA),37℃下培养 24 h。

1.2.5 挥发性盐基氮(TVBN)含量的测定 参照 GB/T 5009.44-2003。

1.2.6 硫代巴比妥酸(TBARS) 参照 Buege J A 等^[8]方法进行测定。用硫代巴比妥酸(TBA)表示鱼肉氧化酸败程度。取 2.5 g 碎肉,加入 10 mL 体积分数 10%三氯乙酸溶液高速均质 30 s,4℃5 000 g 离心 5 min,过滤上清液,取过滤液 5 mL 与 5 mL 0.02 mol/L TBA 溶液混合,沸水浴加热 20 min,迅速冷却 20 min,在 532 nm 处测吸光值。空白由 5 mL 三氯乙酸溶液与 5 mL TBA 溶液混合。TBA 值用丙二醛(MDA)的质量分数表示,单位为 mg/kg 样品。

1.2.7 氨基态氮(ANN)含量的测定 采用甲醛滴定法^[9]。

1.2.8 色泽和质构分析 将样品切成 2 cm × 2 cm ×

1 cm 的小块,室温下用色差仪直接测定鱼肉的 L^* 、 a^* 和 b^* 值。每组样品至少重复 3 次。将样品切成 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 的小块,采用 TA-XT2i 质构仪测定鲥鱼肉的硬度、弹性、内聚性、胶粘性和咀嚼性。测试条件:采用 p/25 测试探头,下压方向与肌肉纤维的走向垂直,压缩形变 50%,触发力 5 g,测试

前速度 5 mm/s,测试速度 1 mm/s,测后速度 5 mm/s。每组样品至少重复 5 次。

1.2.9 感官评定 采用嗜好性分析法。将完整糟鱼样品成块置于品尝盘中,对样品随机编号,组织 20 位食品专业教师和研究生对糟鱼进行感官评定,采用评分法进行打分,评定标准见表 1。

表 1 糟鱼感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of wine-lees fish

项目	满分	评分标准
外观色泽	10	鱼肉完整无散碎,均匀一致,呈现黄红色,光泽好,7-10 分;鱼肉较完整,较均匀,呈现黄褐色或过淡颜色,有光泽,4-7 分;鱼肉较不完整易碎,不太均匀,呈现过白色或褐色,无光泽,1-4 分。
风味	20	风味突出协调,酒香味浓郁,无异味,14-20 分;风味较好,酒香味一般,异味轻,8-14 分;风味较差,酒香味不明显,有异味,1-8 分。
咸味	10	咸味适中,7-10 分;咸味偏淡或偏咸,4-7 分;咸味太淡或太咸,1-4 分。
甜味	10	甜味适中,7-10 分;甜味偏重或偏轻,4-7 分;咸味太重或太轻,1-4 分。
酒味	10	酒味醇厚柔和,7-10 分;酒味清淡,4-7 分;酒味不明显,1-4 分。
异味	10	无明显腥味、酸味和苦味,7-10 分;有轻微的腥味或酸味或苦味,4-7 分;有明显的腥味或酸味或苦味,1-4 分。
回味	10	回味悠长柔和鲜香,无异味,7-10 分;回味短,有轻微不适,4-7 分;回味短,异味重,1-4 分。
质构	20	鱼肉质地紧密有弹性,咀嚼性好,适口性好,14-20 分;鱼肉弹性咀嚼性一般,口感一般,8-14 分;鱼肉咀嚼性差,口感粗糙或过于软烂,1-8 分。
总分	100	

1.2.10 数据统计 所有数据使用 SPSS 22.0 处理分析,使用 Origin 8.5 绘图。

2 结果与分析

2.1 糟制温度对 pH 和酸度的影响

由图 1 可知,鱼肉糟制前的 pH 初始值在 6.71 左右,随着糟制时间的延长,各温度条件下的糟鱼

pH 逐渐下降,滴定酸度随之逐渐增加,温度越高, pH 和酸度的变化速率越快,这主要是由于温度越高,产酸微生物生长越快,产酸增多导致的,这可以从图 2 中乳酸菌、葡萄球菌的生长趋势中得到证实。糟制发酵至 30 d 时,20 °C 下的鱼肉 pH 达到了 5.14,而 4 °C 条件下的样品 pH 还在 5.87 左右,表明温度对鱼肉糟制发酵过程具有较大影响。

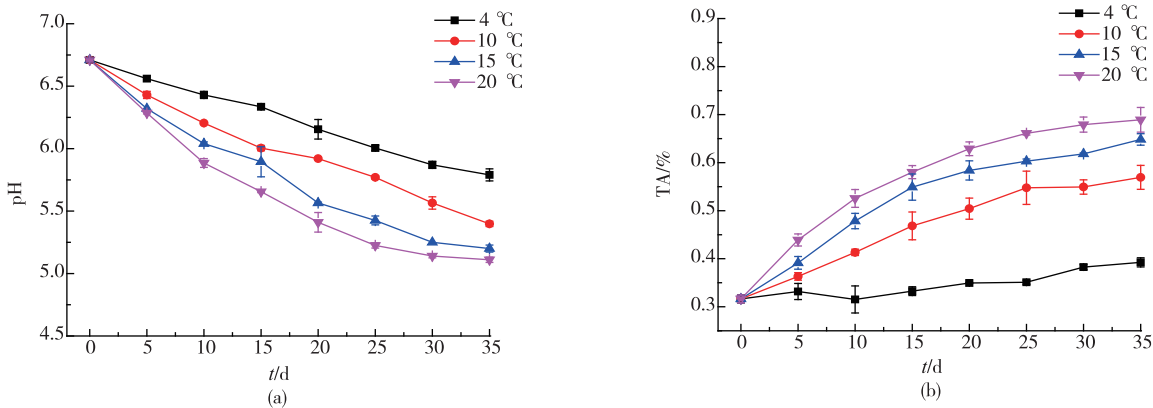


图 1 不同温度条件下糟鱼糟制过程中 pH 和酸度变化

Fig. 1 Changes in pH and TA in wine-lees fish during wine-lees fermentation at different temperatures

2.2 糟制温度对微生物的影响

图2显示了糟鱼糟制过程中微生物的变化。作为影响糟鱼糟制发酵品质的重要因素,作者分析了糟制过程中酵母菌、乳酸菌、葡萄球菌以及肠杆菌等4种菌种的变化趋势。首先,在糟鱼的发酵过程当中,随着时间的推移,酵母菌(图2(a))、乳酸菌(图2(b))和葡萄球菌(图2(c))的生长基本呈先上升后缓慢下降的趋势,且温度越高,微生物越快进入稳定期或衰亡期。15℃和20℃条件下糟制时,酵母菌在20 d和15 d时对数值分别达到6.3和6.5,而后基本维持5.5~6.0的平稳状态直至发酵成熟末期,10℃下的酵母菌在25 d时才达到6,而4℃下的酵母菌生长在这30 d中一直呈现上升趋势且菌落数处于相对较低水平,这可能是由于低温条件造成的微生物生长延滞。乳酸菌作为糟鱼中的另一种优势菌,其数量和生长趋势与酵母菌生长较为相似。葡萄球菌数量较乳酸菌和酵母菌略低,且糟制中后期呈较明显的下降趋势。推测原因可能是糟制发酵的微氧条件,以及pH下降造成的酸性环境导致葡萄球菌在发酵中后期的生长被抑制^[10]。

图2(d)呈现的是糟鱼样品中肠道菌的变化趋势,从图中可看出初始肠道菌数对数值在2.5左右,随着时间的变化,其生长繁殖大致呈下降趋势,且糟制温度越高,下降速度越快,应该是其他优势菌的生长抑制了肠道菌的生长繁殖。Lücke F K等^[11]的研究表明发酵肉中pH的下降以及乳酸菌产生的细菌素会抑制杂菌微生物的生长。另外,20℃条件下的糟鱼肉在5 d时达到了一个3.3的峰值,结合预实验时期的高温(30℃)糟制发酵结果可发现,过高的糟制温度会导致肠道菌等有害菌的迅速生长,进而引起产品品质的劣化,也会影响其他有益菌的生长繁殖。

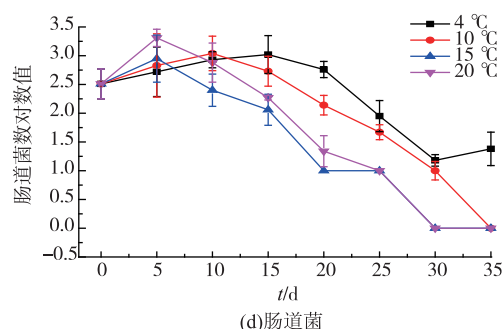
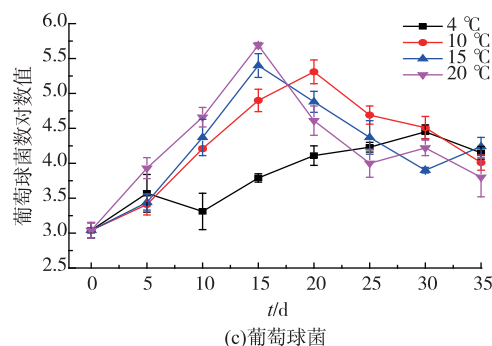
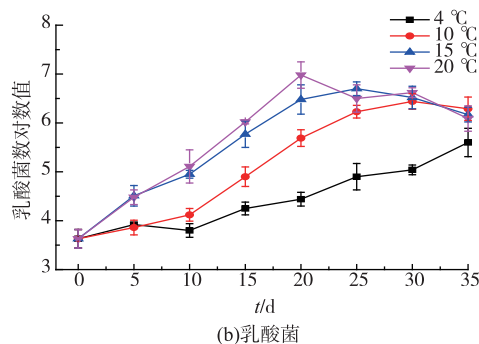
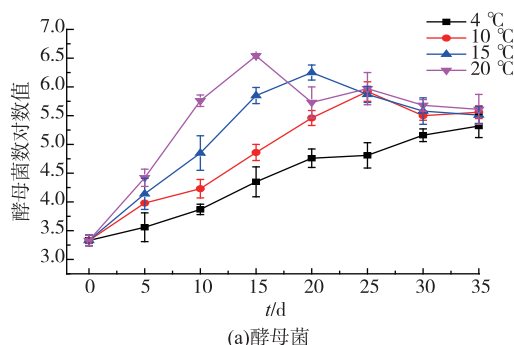


图2 不同温度条件下糟鱼糟制过程中微生物变化

Fig. 2 Microbiological changes in wine-lees fish during wine-lees fermentation at different temperatures

通过酵母菌、乳酸菌和葡萄球菌等微生物在糟制过程中对鱼肉的协同发酵作用,使得产品的质构、色泽、风味、滋味等方面在发酵熟化期间得到了较大提升。

2.3 糟制温度对TVB-N的影响

挥发性盐基氮(TVB-N)是动物性食品在酶和细菌的作用下使蛋白质降解而产生的氨及胺类等碱性含氮物质,是反映肉类腐败变质的重要指标。

由图3可知,在各个发酵温度下,糟制5 d后的样品TVB-N值均随时间的延长而上升,且糟制温度越高,其上升的速率越快,但糟制期间所有样品均未超过新鲜标准(25~30 mg/hg)。糟制前的鱼肉呈现较高水平的TVB-N值,主要是由于在较高的干

干燥温度下,鱼肉中的内源酶作用以及存在的微生物生长繁殖,从而造成蛋白质的部分降解^[12]。糟制 5 d 时,鱼肉的 TVB-N 值较糟制前有大幅下降,这可能是由于糟制前鱼肉已经干燥,水分质量分数(55%左右)较低,糟制后,鱼肉吸水增重稀释了 TVB-N 的浓度,使得 TVB-N 的比例有所下降;另外,也可能是由于糟制开始后鱼肉中的挥发性氮类物质向周围酒糟环境扩散,或者说是由于这些物质在整个糟制体系中的重新分配导致的;此外发酵过程中的酸性物质与碱性含氮物质发生了反应也可能导致 TVB-N 值下降^[13]。

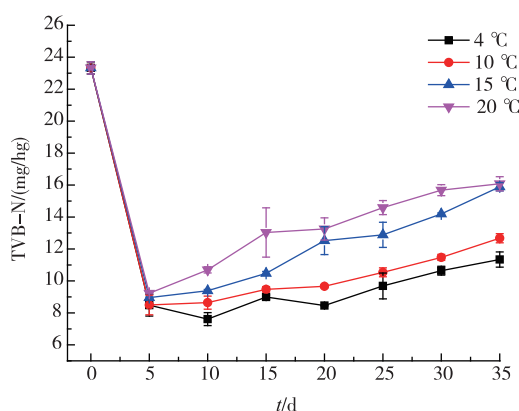


图 3 不同温度条件下糟鱼糟制过程中 TVB-N 变化

Fig. 3 Changes in TVB-N in wine-les fish during wine-les fermentation at different temperatures

2.4 糟制温度对 TBARS 的影响

TBARS 值是反映肉及肉制品中脂肪氧化程度的重要指标之一^[14]。鱼肉中含有较多的不饱和脂肪酸,极易氧化酸败而引起产品风味、质地、色泽和营养价值的改变。

由图 4 可知,TBA 值基本随糟制时间的延长和温度的增加而升高,发酵温度具有显著影响。但所有糟鱼样品的 TBA 值都远低于鱼制品可接受的最大值(5 mg/kg),其在糟制期内保持了良好的产品品质,可能是由于乳酸菌在不饱和脂肪酸的抗氧化上发挥了作用^[15]。较高的干燥温度会导致鱼肉脂肪氧化较快,因此起初的糟制样品会呈现较高的 TBA 值。该值在糟制初期迅速下降,一部分原因是糟制前水分含量较低的鱼肉会吸水增重,从而稀释 TBA 浓度;另外,也可能是糟制初期鱼块中的相关成分往酒糟中扩散后重新分配导致的;此外,酵母等微生物的作用也能够清除部分醛类物质^[16]。

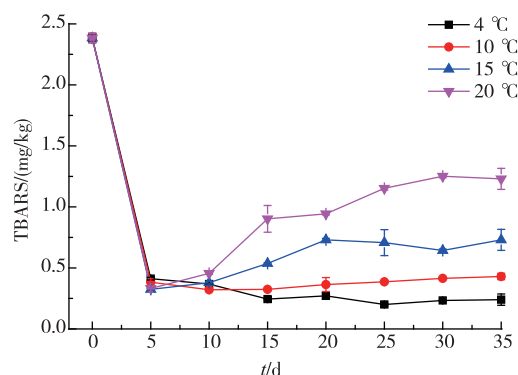


图 4 不同温度条件下糟鱼糟制过程中 TBARS 变化

Fig. 4 Changes in TBARS in wine-les fish during wine-les fermentation at different temperatures

2.5 糟制温度对鱼肉蛋白质降解的影响

氨基态氮(ANN)亦称氨基氮,可以反映出原料中的蛋白质水解程度。图 5 可知,在糟制过程中,温度对糟鱼的氨基态氮含量变化具有显著影响,15 °C 和 20 °C 下糟制时 ANN 值随糟制发酵时间的延长先较快上升再趋于平衡,而 4 °C 和 10 °C 下 ANN 上升趋势较为平缓。原因可能是较高的发酵温度下,鱼肉本身的内源酶以及微生物产生的蛋白酶能够发挥较高的活力,从而对鱼肉中蛋白质的降解作用较剧烈^[17]。

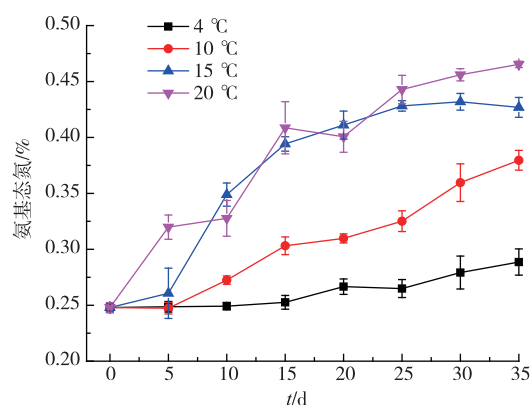


图 5 不同温度条件下糟鱼糟制过程中 ANN 变化

Fig. 5 Changes in ANN in wine-les fish during wine-les fermentation at different temperatures

2.6 糟制温度对鱼肉色泽和质构的影响

色差测定以国际照明委员会(CIE)的色度系统作为颜色判断的依据。根据表 2 可发现,鱼肉 L^* 值随糟制温度的升高略有下降,而 a^* 值却随之增大,高温糟制赋予鱼肉偏红色泽。温度较高时鱼肉变暗

变红,可能与肌红蛋白中的亚铁血红素、脂肪的氧化以及美拉德非酶褐变有一定关系。Riebroy, S 等^[18]在研究鱼糜肠时也发现,高温发酵会加速非酶褐变反应,使其色泽变暗,白度下降。

用 TPA (Texture profile analysis) 来客观反映糟鱼质构特性,与感官评定综合来评判产品感官方面

的变化^[19]。糟制 30 d 后,各个样品的硬度、咀嚼性、胶粘性相比对照样都有所减小,且与温度呈反相关,弹性和回弹性没有显著差异。随着发酵温度的升高,鱼肉中水分含量的增加以及更剧烈的蛋白降解都能引起硬度等的减小,同时有助于改善发酵前由于脱水预处理造成的鱼肉不良质构。

表 2 不同温度条件下糟鱼糟制过程中色泽和质构变化

Table 2 Color and texture profile analysis of wine-lees fermentation at different temperatures

温度/℃	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	硬度/g	弹性	胶粘性	咀嚼性/g	回弹性
发酵前	53.77±0.74 ^c	-1.17±0.71 ^a	3.05±0.95 ^c	9096.86±420.21 ^d	0.769±0.12 ^a	6558.84±230.98 ^c	5042.75±311.56 ^c	0.265±0.02 ^{ns}
4	51.09±0.50 ^{bc}	2.57±0.16 ^b	1.24±0.39 ^{ab}	6131.33±360.23 ^c	0.781±0.09 ^a	4090.76±347.02 ^b	3190.27±173.78 ^{ab}	0.240±0.03 ^{ns}
10	49.21±1.40 ^{ab}	5.41±0.05 ^c	1.77±0.44 ^b	5536.91±290.29 ^b	0.782±0.04 ^a	4412.19±352.64 ^b	3448.15±221.09 ^b	0.281±0.00 ^{ns}
15	48.05±0.96 ^{ab}	6.48±0.06 ^{cd}	0.98±0.37 ^a	5131.33±263.23 ^{ab}	0.865±0.01 ^b	3614.26±303.88 ^{ab}	3128.24±183.63 ^{ab}	0.290±0.06 ^{ns}
20	46.93±0.28 ^a	7.67±0.50 ^d	1.51±0.60 ^b	4069.59±129.18 ^a	0.782±0.04 ^a	3241.65±268.17 ^a	2535.93±103.89 ^a	0.281±0.00 ^{ns}

2.7 感官评定

食品感官品质能够直接反映出消费者对食品的感觉,因此在食品品质评价中具有十分重要的地位并得以广泛应用。感官评价能够从整体上对食品品质进行评价,对于仪器以及实验测定结果具有参照并修正的作用。表 3 反映了不同糟制温度对糟鱼感官品质的影响,从表中可以看出,色泽评分总体

随糟制温度上升而提高,与色差仪的测定结果基本一致,15℃和 20℃下的糟鱼样品在风味、酒味、咸味、异味等指标上都有较高的感官评分,但 20℃下糟制的鱼肉由于鱼块质构稍过软烂、外观完整性较差,因此评分较低。综合分析,15℃下糟制发酵成熟的糟鱼鱼肉的品质较好,更受消费者喜爱。

表 3 糟制温度对糟鱼感官品质的影响

Table 3 Sensory evaluation of wine-lees fish fermentation at different temperatures

温度/℃	感官指标								
	外观色泽	风味	咸味	甜味	酒味	异味	回味	质构	总分
4	7.7±1.6	12.1±0.9	6.5±0.5	7.0±0.8	6.6±1.0	7.1±0.5	6.7±1.1	11.7±1.3	65.4±0.9
10	8.5±0.9	15.8±1.2	8.4±1.3	7.4±0.6	7.4±0.3	7.8±0.1	7.1±1.2	15.4±0.7	77.8±0.6
15	8.8±1.2	18.4±0.6	8.5±0.2	7.2±1.3	8.4±0.5	8.7±0.4	8.3±0.9	18.3±1.0	86.6±0.6
20	9.1±0.7	17.2±1.5	8.7±0.3	6.9±0.2	8.8±0.6	8.1±0.1	7.8±1.4	16.1±1.1	82.7±0.8

3 结 语

糟鱼在糟制发酵过程中,不同温度条件会对鱼肉的微生物学特性、理化性质以及产品品质具有重要影响。首先,糟鱼中的乳酸菌和酵母菌作为优势菌,生长繁殖随着时间推移呈现先上升后缓慢下降的趋势,生长速度也与温度呈正相关关系,同时在一定程度上抑制了葡萄球菌和肠道菌的生长。

糟鱼 pH 在 4~20℃的范围内都呈逐渐下降趋势,而酸度、TVB-N、TBARS 和 ANN 值则基本呈上升趋势,且随糟制温度的升高,趋势变化越大,但所有样品的 TVB-N 值和 TBARS 值都未超过可接受标准。另外,通过对色泽、质构以及感官评定结果的分析,综合可得,15℃下糟制发酵成熟的糟鱼鱼肉的品质较好,更受消费者喜爱。

参考文献:

- [1] TAN Rucheng, XIONG Shanbai, ZHANG Hui, et al. Effect of wine lees pickling technologies [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2007(7): 119-121. (in Chinese)
- [2] CAI Ruikang, WU Jiajia, MA Xuting, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of pickled fish salting process[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2016, 42(2): 172-177. (in Chinese)
- [3] TAN Rucheng, ZENG Lingbin, XIONG Shanbai, et al. Effect of seasoning and sterilization conditions on quality of drunk fish[J]. **Food Science and Technology**, 2008, 33(5): 85-88. (in Chinese)
- [4] ZHANG Xiao, GONG Jijun, TANG Jing, et al. Effect of different mixed starter cultures and fermentation conditions on biological safety of 'Zha fish' [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2016, 37(4). (in Chinese)
- [5] ØSTERGAARD A, EMBAREK P K B, WEDELL-NEERGAARD C, et al. Characterization of anti-listerial lactic acid bacteria isolated from Thai fermented fish products[J]. **Food Microbiology**, 1998, 15(2): 223-233.
- [6] RIEBROY S, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W, et al. Some characteristics of commercial Som-fug produced in Thailand[J]. **Food Chemistry**, 2005, 88(4): 527-535.
- [7] IKENEBOMEH M J. The influence of salt and temperature on the natural fermentation of African locust bean [J]. **International Journal of Food Microbiology**, 1989, 8(2): 133-139.
- [8] BUEGE J A, AUST S D. [30] Microsomal lipid peroxidation[J]. **Methods in Enzymology**, 1978, 52(C): 302-310.
- [9] HU Y, XIA W, LIU X. Changes in biogenic amines in fermented silver carp sausages inoculated with mixed starter cultures[J]. **Food Chemistry**, 2007, 104(1): 188-195.
- [10] AKSU M I, KAYA M. Effect of usage *Urtica dioica*, L. on microbiological properties of sucuk, a Turkish dry-fermented sausage [J]. **Food Control**, 2004, 15(8): 591-595.
- [11] LUCKE F K. Utilization of microbes to process and preserve meat[J]. **Meat Science**, 2000, 56(2): 105-115.
- [12] GU ZHEN, XU GANG, ZHANG Senwang, et al. Effect on the heat pump drying process by the TVBN value of *Aristichthys nobilis* [J]. **Food Science and Technology**, 2012(7): 96-99. (in Chinese)
- [13] ZHOU Xuxia, XU Xiaoying, ZHAO Dandan, et al. The dynamic changes of salt transport and biochemical indexes of Surimi blank pickling process[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2013, 39(12): 56-61. (in Chinese)
- [14] Volatiles and oxidative changes in irradiated pork sausage with different fatty acid composition and tocopherol content [J]. **Journal of Food Science—Chicago**.
- [15] WANG F S. Effects of three preservative agents on the shelf life of vacuum packaged Chinese-style sausage stored at 20 °C [J]. **Meat Science**, 2000, 56(1): 67-71.
- [16] FU Xiangjin, XU Shiyang, Jinmoon Kim. Removing the fishy flavor of silver carp protein by yeast fermentation and the mechanism [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28(1): 57-62. (in Chinese)
- [17] FADDA S, OLIVER G, VIGNOLO G. Protein Degradation by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei* in a Sausage Model System [J]. **Journal of Food Science**, 2002, 67(3): 1179-1183.
- [18] RIEBROY S, BENJAKUL S, VISESSANGUAN W. Properties and acceptability of Som-fug, a Thai fermented fish mince, inoculated with lactic acid bacteria starters [J]. **LWT – Food Science and Technology**, 2008, 41(4): 569-580.
- [19] HYLDIG G, NIELSEN D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle [J]. **J Texture Stud**, 2001, 32(3): 219-242.