

不同盐度腌制下青鱼品质变化

陈实, 柳琳, 王逸鑫, 吴涵, 沈思远, 屠璐丹, 施文正

Quality change of *Mylopharyngodon piceus* salted at different brine concentrations

CHEN Shi, LIU Lin, WANG Yixin, WU Han, SHEN Siyuan, TU Ludan, SHI Wenzheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200102915>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同贮藏温度下大菱鲂品质变化及货架期预测模型的建立

Establishment of prediction model for quality change and shelf life of *Scophthalmus maximus* at different storage temperatures
渔业现代化. 2019, 46(4): 61 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9580.2019.04.010>

腌制鳊鱼片在冷藏过程中品质变化规律的研究

Quality changes of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets treated with salt during storage at 4°C
南方水产科学. 2013, 9(4): 69 <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0780.2013.04.012>

食盐浓度对腌制鳊鱼片冷藏过程中品质变化的影响

Effect of salt concentration on quality changes of dry-cured bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets during refrigerated storage
渔业现代化. 2016, 43(4): 59 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9580.2016.04.011>

低盐低糖处理鲟鱼片冷藏过程中品质变化规律

Quality change in lightly salted and sugar-salted sturgeon fillets stored at 4°C
南方水产科学. 2016, 12(2): 95 <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0780.2016.02.014>

青鱼背肉、腹肉和尾肉不同风味成分的比较

Comparison of flavor of dorsal meat, belly meat and tail meat of *Mylopharyngodon piceus*
渔业现代化. 2021, 48(1): 57 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9580.2021.01.008>

冷藏和冰藏条件下虹鳟鱼片品质变化研究

Quality changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during chilled and iced storage
渔业现代化. 2016, 43(5): 23 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9580.2016.05.005>

文章编号: 1674-5566(2021)06-1153-11

DOI:10.12024/jsou.20200102915

不同盐度腌制下青鱼品质变化

陈 实¹, 柳 琳¹, 王逸鑫¹, 吴 涵¹, 沈思远¹, 屠璐丹¹, 施文正^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2. 国家淡水水产品加工技术研发分中心, 上海 201306; 3. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306)

摘 要: 为研究不同盐度食盐水腌制过程中青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)的品质变化。以青鱼为试验对象, 分析比较不同盐度(7%、10%、13%)腌制 48 h 内青鱼鱼肉品质的变化。结果表明: 腌制过程中 pH 变化幅度较小, 但总体呈现下降趋势, 并且随腌制盐度升高而降低; 腌制过程中鱼肉含水量随时间增加而减少, 随盐度升高而降低, 鱼肉中盐含量变化则与之相反; 鱼肉游离氨基酸在腌制过程中会有所损失; 硫代巴比妥酸值(TBA)在腌制过程中表现为先下降后上升的趋势, 腌制盐度升高会加快鱼肉脂肪的氧化程度。菌落总数(TVC)、总挥发性盐基氮(TVB-N)的结果表明, 3 种盐度腌制青鱼 48 h 内的样品均符合新鲜的标准, 且腌制盐度越高效果越佳; 感官评定结果表明, 鱼肉感官评定分值随着腌制时间增加而降低, 且青鱼肉在盐度为 7% 的盐水中腌制 4 h 时品质最佳。研究结果为青鱼腌制加工提供了理论指导。

关键词: 青鱼; 腌制; 盐度; 品质

中图分类号: S 986.1 **文献标志码:** A

青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)是一种淡水鱼, 为我国“四大家鱼”之首, 2018 年养殖产量达到 691 296 t^[1]。腌制是一种传统的延长食品货架期的方法, 湿腌法是利用食盐水腌制食品的方法。在腌制过程中, 由于鱼体中微生物及鱼体组织中酶类的作用, 蛋白质、脂质被分解, 并且鱼肉的组织状态也会变化, 从而形成了腌鱼制品特有的风味^[2]。

国内外关于水产品腌制的研究已有不少。GALLART-JORNET 等^[3]研究了不同盐度食盐水腌制大西洋鲑鱼(*Salmo salar*)对其品质的影响, 发现盐度对鱼片产量有显著影响, 相比于饱和食盐水和干盐腌制, 稀释的盐水腌制样品产量更高, 且发现鱼肉硬度增加而弹性随着盐度的增加而降低。THORARINSDOTTIR 等^[4]研究不同盐度盐水腌制鳕鱼(*Gadus morhua*), 发现盐腌或再水化对鳕鱼(*Gadus morhua*)增重、化学组成和持水量的影响不显著。吴燕燕等^[5]研究了不同含盐量对腌制大黄鱼(*Larimichthys crocea*)的品质的

影响, 发现食盐含量对鱼肉的蛋白、质构、pH 和挥发性成分有显著的影响, 随着含盐量的增加, 鱼肉的 pH 不断下降, 鱼肉中的盐溶性蛋白的流失随着鱼肉盐含量的增加而增加。郭全友等^[6]研究发现淡腌青鱼腌制阶段 pH、TVC、TVB-N 值增加, 水分含量、水分活度下降。陈娇娇等^[7]以腌制时间、温度、质量浓度为自变量, 感官评定为响应值, 运用响应面分析法分析了腌制罗非鱼的最佳腌制工艺, 结果表明最佳腌制工艺为腌制时间 4.28 h, 腌制温度 9.64 °C, 腌制盐度 1.64%。总而言之, 腌制水产品的质量主要取决于腌制液盐质量浓度、时间、温度和鱼的种类。青鱼为中国产量最丰富的淡水鱼, 以青鱼作为原材料做腌腊鱼的很多, 但对于其腌制过程中的品质变化的研究很少。市场上提供的腌腊鱼主要由家庭作坊式的小生产企业以手工操作的传统工艺加工制作, 制作方法和腌制工艺以经验性为主^[8], 缺乏足够的理论指导。

本研究通过测定青鱼腌制后的 pH、含水量、

收稿日期: 2020-01-23 修回日期: 2020-04-28

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0901003); 国家自然科学基金面上项目(31471685)

作者简介: 陈 实(1994—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产品加工与贮藏。E-mail: 314427531@qq.com

通信作者: 施文正, E-mail: wzshi@shou.edu.cn

游离氨基酸等指标,从理化性质、滋味感官、鲜度等方面分析比较不同盐度对青鱼腌制过程中的品质变化,选取腌制 48 h 过程中的部分时间节点,探究腌制过程中青鱼肉变化规律,从而为青鱼腌制加工提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

青鱼,体质量为 (5.0 ± 0.5) kg/尾,购自上海市浦东新区某养殖场;食盐购买自上海市浦东新区古棕路农工商超市;NaOH、氧化镁(轻质)、硼酸、盐酸、三氯乙酸均为分析纯,营养琼脂为生化试剂,国药集团化学试剂有限公司。

主要仪器:H2050R 型高速冷冻离心机,长沙湘仪有限公司;L-8800 型氨基酸自动分析仪,日本 Hitachi 公司;UV-1800PC 型紫外-可见分光光度计,上海美普达仪器有限公司;FE20 型 pH 计,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;CHROMAMETER CR-400 色彩色差仪,日本 Minolta 公司;BSP-400 生化培养箱,上海博讯实业有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 预处理

青鱼经充氧 1 h 内运至实验室,重击头部致鱼死亡,去鳞去头去内脏,冰水清洗鱼体表面,沿鱼脊背将整条鱼剖开,分为两片,去除尾部肉,放置于塑料盒中,以盐度 7%、10%、13% 的食盐水腌制,料液比(m:v)为 1:3;置于 4 °C 恒温箱中腌制,在腌制 4、8、12、24、36、48 h 取样测定指标。

1.2.2 pH 的测定

参考王红丽等^[9]方法,将鱼肉绞碎,取 2.0 g 鱼肉于离心管中,加入 18 mL 蒸馏水,用均质机均质 2 min,10 000 r/min 离心 10 min,过滤后用 pH 计迅速取上清液进行测定。

1.2.3 水分的测定

采用 GB 5009.3—2016 中的直接干燥法。

1.2.4 食盐的测定

采用 GB 5009.44—2016 中腌制品的直接滴

定法。

1.2.5 游离氨基酸含量的测定

参考方林等^[10]的方法,稍作修改,分别称取样品 2 g,加入 15 mL 15% 的三氯乙酸,匀浆,静置沉淀 2 h,然后用冷冻离心机 10 000 r/min 离心 15 min,取 5 mL 上清液,用 3 mol/L NaOH 溶液调节 pH 至 2.0,定容至 10 mL,摇匀,过 0.22 μm 水相膜后待测。

氨基酸自动分析仪条件:分离柱为 4.6 mm I. D. × 60 mm,分离树脂为阳离子交换树脂;分离柱温度为 57 °C;检测波长为 570 nm(脯氨酸为 440 nm);缓冲溶液流速为 0.40 mL/min;反应液为茚三酮试剂;反应液流量为 0.35 mL/min;反应单元温度为 135 °C;进样量 20 μL。

1.2.6 硫代巴比妥酸(TBARs)含量的测定

称取 2.5 g 绞碎样品,加入 12.5 mL 20% 三氯乙酸和 10 mL 蒸馏水,匀浆 1 min,静置 1 h。在 4 °C 条件下 8 000 r/min 离心 10 min。过滤取上清液定容至 25 mL。取 5.0 mL 与 5.0 mL 0.02 mol/L 硫代巴比妥酸溶液混合,在沸水浴中加热 20 min,水浴完毕后,用流动水冷却 5 min,然后用分光光度计在 532 nm 处测其吸光度 A。以蒸馏水取代滤液为空白样。TBA 值 = $A \times 7.8$ mg/100 g。

1.2.7 感官评定

参考顾赛麒等^[11]的方法,将腌制鱼块在蒸馏水中浸泡 15 min 后蒸制 15 min,待其冷却 5 min 后进行感官评定。由 10 位经筛选、训练的感官评价员从咸味、香气、组织形状、口味和颜色等 5 个方面对鱼肉感官品质进行打分,评分标准见表 1。

1.2.8 菌落总数(TVC)的测定

根据 GB 4789.2—2016 食品安全国家标准《食品微生物检验菌落总数测定》中的标准进行菌落总数的测定。

1.2.9 挥发性盐基氮(TVB-N)值的测定

根据国家标准 GB 5009.228—2016 食品安全国家标准《食品中挥发性盐基氮的测定》中的自动凯氏定氮仪法进行测定。

表 1 青鱼感官评分标准
Tab. 1 *Mylopharyngodon piceus* sensory scoring criteria

指标 Index	评分标准 Scoring criteria	分值 Score
咸味 Salty	咸度适中 Moderately salty	8 ~ 10
	稍咸或稍淡 Slightly salty or light	5 ~ 8
	过咸或过淡 Too salty or too light	<5
香气 Aroma	香气清新 The aroma is pure and fresh	20 ~ 30
	香气较清新 Fresher aroma	10 ~ 20
	没有香味或有异味 No smell or Smelly	<10
组织结构 Tissue texture	组织紧密,肌肉纹理清晰 Tight tissue and clear muscle texture	10 ~ 15
	组织较紧密,肌肉纹理较清晰 Tighter tissue and clearer muscle texture	5 ~ 10
	组织不紧密,肌肉纹理不可辨 Tissue is not tight and indistinct muscle texture	<5
口感 Mouthfeel	细腻,回味悠长 Delicate and long aftertaste	20 ~ 30
	较细腻,回味短 More delicate, short aftertaste	10 ~ 20
	松散,无回味 Loose, no aftertaste	<10
色泽 Color	颜色自然,肌肉内切面有光泽 The color is natural and the inner section of the muscle is shiny	10 ~ 15
	颜色稍暗淡,肌肉内切面略有光泽 The color is slightly dim, and the inner section of the muscle is slightly shiny	5 ~ 10
	颜色暗淡,肌肉内切面无光泽 The color is dull and the inner section of the muscle is dull	<5

2 结果与分析

2.1 不同盐度食盐水腌制对青鱼 pH 的影响

由表 2 可知,在整个腌制过程中 pH 变化幅度较小,但总体呈现下降趋势,且青鱼肉 pH 随着腌制盐度的升高而降低。pH 降低是鱼体内糖原无氧酵解产生乳酸、ATP 和磷酸肌酸等物质逐渐分解产生磷酸所致。WANG 等^[12]曾对草鱼肉死后 pH 变化进行过分析,研究结果表明鱼肉尸僵过程中 pH 先下降后上升,并在 24 h 达到 pH 最

低点,24 h 以后为逐渐上升的趋势,也与 DUAN 等^[13]的冷藏鳕鱼片的 pH 研究结果一致。在本研究中,腌制 24 h 后 pH 并没有上升,在鱼死后 pH 升高可能是蛋白质降解导致碱性物质积累所致,也有可能是细菌分解蛋白质等含氮化合物产生碱性物质。腌制后青鱼 pH 在 48 h 内都没有上升,说明腌制抑制了鱼肉腐败引起的 pH 上升,且一般认为鱼肉可接受的 pH 为 7 左右^[14],所以本研究中鱼肉均在可接受范围。

表 2 不同盐度食盐水腌制对青鱼 pH 的影响

Tab. 2 Effect of salt water salting with different concentration on pH of *Mylopharyngodon piceus*

腌制时间 Pickling time/h	腌制盐度 Concentration of salting solution/%		
	7	10	13
4	6.93 ± 0.03 ^{cB}	6.85 ± 0.04 ^{bB}	6.63 ± 0.05 ^{aB}
8	6.94 ± 0.05 ^{bB}	6.71 ± 0.02 ^{aA}	6.76 ± 0.03 ^{aC}
12	6.79 ± 0.03 ^{bA}	6.75 ± 0.10 ^{abA}	6.64 ± 0.02 ^{aB}
24	6.78 ± 0.05 ^{bA}	6.71 ± 0.01 ^{aA}	6.62 ± 0.04 ^{aB}
36	6.82 ± 0.06 ^{cA}	6.71 ± 0.04 ^{bA}	6.58 ± 0.04 ^{aB}
48	6.78 ± 0.04 ^{cA}	6.71 ± 0.02 ^{bA}	6.51 ± 0.01 ^{aA}

注:不同小写字母表示同行数据间存在显著差异($P < 0.05$);不同大写字母表示同列数据间存在显著性差异($P < 0.05$)。

Notes: Different lowercase letters indicate significant differences between data in the same line ($P < 0.05$); different uppercase letters indicate significant differences between data in the same column ($P < 0.05$).

2.2 不同盐度食盐水腌制青鱼的水分和食盐含量变化

由图 1 可以看出,在整个腌制过程中,鱼肉含水量随时间增加而下降。随着盐度升高,腌制后的青鱼含水量降低,这与邢云霞等^[15]对腌制草

鱼和陈小雷等^[16]对腌制鳊鱼(*Parabramis pekinensis*)研究结果一致。湿腌过程中,鱼肉水分含量也是一个下降的过程,且腌制液的盐度越高,水分含量下降效果越显著。鱼肉水分含量的下降是因为鱼肉内外食盐渗透压差很大,鱼肉必

须通过失水来达到内外渗透压的平衡,而腌制液盐度越高,其渗透压越大,导致鱼肉水分含量下降更多。

3种盐度食盐水腌制青鱼肉的氯化钠含量都随时间增加而升高,并且盐度越高,鱼肉氯化钠含量越高。由图1可知:低盐度水渗透速率低,盐度越高渗透速率越大,盐度越低食盐渗透达到平衡的时间越短,但鱼肉中的盐度达不到食盐水的盐度^[17]。

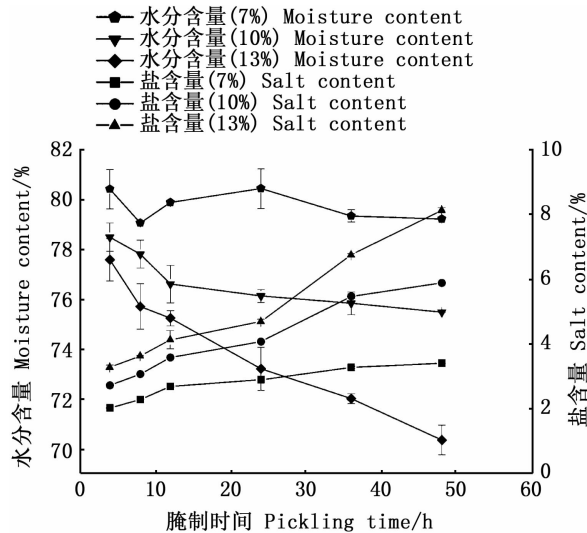


图1 不同盐度食盐水腌制青鱼的水分和食盐含量变化

Fig. 1 Changes in water and salt content of salted *Mylopharyngodon piceus* marinated in salt water at different concentrations

2.3 不同盐度食盐水腌制青鱼游离氨基酸含量分析

游离氨基酸是水产品的主要呈味成分之一,其种类和含量会直接影响水产品的美味感。食品中的氨基酸通常具有酸味、甜味、苦味等不同的滋味。根据呈味特征可以分为3大类:甜味氨基酸、鲜味氨基酸、苦味氨基酸。在食品中,各游离氨基酸具有独特的味道,其呈味特性是由各种氨基酸的含量、阈值或者与其他成分之间的相互作用所决定^[18]。氨基酸除了提供其本身滋味以外,还可以与其他滋味物质相互协调平衡,甘氨酸和丙氨酸在IMP(肌苷酸)面前能显著增加食物的甜度,甘氨酸和谷氨酸的协同作用能增加食物的鲜味^[19]。

鱼类的食物来源与生活环境可能影响鱼肉

中呈味氨基酸的含量,但影响程度与鱼的种类、食物丰度、营养组成以及水体营养状态等因素有关^[20]。除以上因素外,鱼血液中苦味氨基酸含量可达到总游离氨基酸含量的70.28%,鱼血液的渗透会对鱼肉游离氨基酸含量产生不利影响^[21];致死方式的差异也会对鱼肉品质产生影响^[22]。综合以上因素,为减少其他负面因素的影响,本研究的青鱼致死方式均为重击头部(致晕),去头致死,迅速冰水清洗后切块腌制。

从腌制后鱼肉的各游离氨基酸含量来看,所有的样品里游离氨基酸含量最多的4种是His(组氨酸) > Gly(甘氨酸) > Ala(丙氨酸) > Lys(赖氨酸),并且这几种氨基酸对滋味的贡献也较大,其余游离氨基酸由于含量远小于其阈值,所以对鱼肉滋味贡献不大,其中赖氨酸和组氨酸是苦味氨基酸,甘氨酸和丙氨酸是甜味氨基酸。所有腌制样品里,7%盐度食盐水腌制青鱼4h后青鱼甘氨酸达到最高值122.99 mg/100 g,组氨酸也达到了最高值137.08 mg/100 g;在10%和13%食盐水腌制的样品中,4种对鱼肉滋味贡献较大的氨基酸并没有在4h上升,反而是一种整体下降的过程。这个有可能是腌制液盐度较高,盐渗透速率大,鱼肉水分损失量多导致了其损失。

图2~4显示了不同盐度食盐水腌制青鱼肉总鲜甜味氨基酸、苦味氨基酸和总游离氨基酸的变化。3个盐度食盐水腌制青鱼48h后游离氨基酸总量均出现了不同程度的下降,这可能是腌制后鱼肉失水导致鱼肉中水溶性氨基酸流失^[23]。但整个腌制过程游离氨基酸含量并不是一个持续下降的过程,而是一个波浪形的下降过程,游离氨基酸在腌制后期上升可能是由于鱼肉中蛋白质降解导致游离氨基酸生成,并且盐度升高可以减缓前期游离氨基酸的快速下降。这个现象与章银良等^[24]研究腌制海鳗的结果相似,且吴燕燕等^[5]在腌制大黄鱼研究中也得出:鱼肉含盐量在一定范围内升高时,其蛋白质水解程度会下降。这个现象可能是由于高盐度对鱼肉蛋白酶有抑制作用,且这个抑制作用随盐度升高而增大,从而抑制了鱼肉游离氨基酸生成。由图2~4可知:所有的样品中的苦味氨基酸含量均大于鲜甜味氨基酸的含量。根据总游离氨基酸含量和鲜甜味氨基酸含量的多少可以推测,7%盐度食盐水腌制4h后青鱼肉味道可能更好。

表3 7%盐度食盐水腌制青鱼不同腌制时间游离氨基酸含量的变化

Tab.3 Changes in free amino acid content of 7% salted *Mylopharyngodon piceus* during different pickling times

种类 Kind	阈值 Threshold	腌制时间 Pickling time						
		0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	36 h	48 h
Asp* (天冬氨酸)	100	0.21 ± 0.11 ^a	0.38 ± 0.00 ^b	0.47 ± 0.03 ^c	0.41 ± 0.01 ^{bc}	0.42 ± 0.01 ^{cd}	0.45 ± 0.02 ^{de}	0.46 ± 0.01 ^e
Thr* (苏氨酸)	260	13.22 ± 1.58 ^{cd}	14.48 ± 0.18 ^d	7.74 ± 2.11 ^a	5.83 ± 0.94 ^a	8.69 ± 0.25 ^{ab}	10.84 ± 0.51 ^{bc}	7.17 ± 1.28 ^a
Ser* (丝氨酸)	150	6.07 ± 0.72 ^{bc}	6.57 ± 0.07 ^c	5.22 ± 1.54 ^{abc}	4.78 ± 0.99 ^{abc}	4.18 ± 0.04 ^{ab}	5.13 ± 0.36 ^{abc}	3.87 ± 0.62 ^a
Glu* (谷氨酸)	30	1.84 ± 0.17 ^c	1.75 ± 0.00 ^c	1.69 ± 0.25 ^{bc}	1.34 ± 0.02 ^a	1.4 ± 0.01 ^{ab}	1.66 ± 0.00 ^{abc}	1.76 ± 0.18 ^c
Gly* (甘氨酸)	130	108.28 ± 7.64 ^{bc}	122.99 ± 0.63 ^c	75.26 ± 25.30 ^a	62.61 ± 19.12 ^a	50.08 ± 2.50 ^a	80.89 ± 5.03 ^{ab}	56.04 ± 9.8 ^a
Ala* (丙氨酸)	60	29.94 ± 2.73 ^c	28.31 ± 0.22 ^{bc}	21.23 ± 7.35 ^{abc}	17.36 ± 5.36 ^a	15.26 ± 0.46 ^a	20.12 ± 0.54 ^{ab}	15.23 ± 0.96 ^a
Cys(胱氨酸)	-	1.27 ± 0.16	1.81 ± 0.02	0.63 ± 0.26	0.37 ± 0.14	0.20 ± 0.28	0.62 ± 0.06	0.00 ± 0.00
Val▲ (缬氨酸)	40	6.44 ± 0.51 ^{bc}	7.36 ± 0.14 ^c	5.82 ± 1.66 ^{bc}	3.80 ± 0.69 ^a	3.79 ± 0.11 ^a	4.62 ± 0.35 ^{ab}	3.83 ± 0.78 ^a
Met▲ (蛋氨酸)	30	2.15 ± 0.18 ^{cd}	2.41 ± 0.03 ^d	1.82 ± 0.49 ^{bc}	1.39 ± 0.19 ^{ab}	1.36 ± 0.00 ^{ab}	1.59 ± 0.05 ^{ab}	1.24 ± 0.19 ^a
Ile▲ (异亮氨酸)	90	4.49 ± 0.30 ^a	5.58 ± 0.15 ^b	6.08 ± 0.70 ^b	4.46 ± 0.03 ^a	4.53 ± 0.27 ^a	4.63 ± 0.27 ^a	4.58 ± 0.39 ^a
Leu▲ (亮氨酸)	190	7.48 ± 0.56 ^{ab}	8.93 ± 0.16 ^b	8.45 ± 1.87 ^b	5.94 ± 0.72 ^a	5.69 ± 0.19 ^a	6.79 ± 0.44 ^{ab}	5.82 ± 0.83 ^a
Tyr▲ (酪氨酸)	-	2.80 ± 0.23 ^a	3.12 ± 0.10 ^a	4.37 ± 0.28 ^d	3.85 ± 0.07 ^{bc}	3.67 ± 0.04 ^b	4.06 ± 0.04 ^{cd}	3.79 ± 0.04 ^{bc}
Phe▲ (苯丙氨酸)	90	3.90 ± 0.34 ^{cd}	4.09 ± 0.05 ^d	3.19 ± 0.67 ^{bc}	2.43 ± 0.38 ^{ab}	2.29 ± 0.03 ^a	2.80 ± 0.06 ^{ab}	2.28 ± 0.32 ^a
Lys▲ (赖氨酸)	50	15.17 ± 1.12 ^b	16.10 ± 0.34 ^b	14.46 ± 2.85 ^b	10.71 ± 0.17 ^a	10.36 ± 0.42 ^a	12.73 ± 0.68 ^{ab}	10.39 ± 2.32 ^a
His▲ (组氨酸)	20	124.07 ± 14.45 ^{bc}	137.08 ± 2.53 ^c	94.20 ± 28.16 ^{ab}	77.57 ± 16.19 ^a	69.32 ± 1.37 ^a	101.77 ± 3.32 ^{abc}	71.22 ± 13.88 ^a
Arg▲ (精氨酸)	50	4.47 ± 0.32 ^{bc}	5.00 ± 0.15 ^d	4.10 ± 0.82 ^{cd}	2.82 ± 0.10 ^{ab}	2.65 ± 0.06 ^a	3.57 ± 0.23 ^{bc}	2.43 ± 0.28 ^a
Pro* (脯氨酸)	-	5.07 ± 0.61 ^b	4.66 ± 0.03 ^b	3.36 ± 0.84 ^a	2.60 ± 0.60 ^a	2.60 ± 0.21 ^a	3.18 ± 0.07 ^a	2.60 ± 0.35 ^a

注:不同小写字母表示同行数据间存在显著差异($P < 0.05$); *代表甜味氨基酸;▲代表苦味氨基酸;-表示阈值未查到。

Notes: Different lowercase letters indicate significant differences between data in the same line ($P < 0.05$); * represents sweet amino acids; ▲ represents bitter amino acids; - represents threshold is not found.

表4 10%盐度食盐水腌制青鱼不同腌制时间游离氨基酸含量的变化

Tab.4 Changes in free amino acid content of 10% salted *Mylopharyngodon piceus* during different pickling times

种类 Kind	阈值 Threshold	腌制时间 Pickling time						
		0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	36 h	48 h
Asp* (天冬氨酸)	100	0.21 ± 0.01 ^a	0.4 ± 0.04 ^b	0.46 ± 0.01 ^{cd}	0.51 ± 0.01 ^d	0.43 ± 0.01 ^{bc}	0.63 ± 0.03 ^c	0.43 ± 0.04 ^{bc}
Thr* (苏氨酸)	260	13.22 ± 1.58 ^c	12.68 ± 1.62 ^c	10.57 ± 2.91 ^{bc}	8.81 ± 0.44 ^{ab}	10.75 ± 0.76 ^{bc}	12.82 ± 0.57 ^c	5.82 ± 0.41 ^a
Ser* (丝氨酸)	150	6.07 ± 0.72 ^{bc}	6.57 ± 0.07 ^c	5.22 ± 1.54 ^{abc}	4.78 ± 0.99 ^{abc}	4.18 ± 0.04 ^{abc}	5.13 ± 0.36 ^{ab}	3.87 ± 0.62 ^a
Glu* (谷氨酸)	30	1.84 ± 0.17 ^c	1.75 ± 0.00 ^c	1.69 ± 0.25 ^{bc}	1.34 ± 0.02 ^a	1.40 ± 0.01 ^{ab}	1.66 ± 0.00 ^{abc}	1.76 ± 0.18 ^c
Gly* (甘氨酸)	130	108.28 ± 7.64 ^c	87.92 ± 7.31 ^d	76.30 ± 1.92 ^{cd}	55.53 ± 5.62 ^b	69.19 ± 1.56 ^c	80.07 ± 3.28 ^{cd}	42.85 ± 3.68 ^a
Ala* (丙氨酸)	60	29.94 ± 2.73 ^c	29.63 ± 4.69 ^c	23.13 ± 1.00 ^b	18.95 ± 0.71 ^b	21.95 ± 1.36 ^b	28.68 ± 0.55 ^c	11.06 ± 0.95 ^a
Cys(胱氨酸)	-	5.07 ± 0.61 ^d	1.27 ± 0.16 ^d	1.22 ± 0.17 ^{cd}	0.76 ± 0.02 ^{bc}	0.48 ± 0.03 ^{ab}	0.59 ± 0.10 ^b	0.00 ± 0.00 ^a
Val▲ (缬氨酸)	40	6.44 ± 0.51 ^{cd}	7.34 ± 1.23 ^d	5.84 ± 0.22 ^{bc}	4.80 ± 0.05 ^b	4.83 ± 0.291 ^b	6.81 ± 0.16 ^{cd}	2.81 ± 0.18 ^a
Met▲ (蛋氨酸)	30	2.15 ± 0.18 ^{bc}	2.30 ± 0.54 ^c	1.86 ± 0.07 ^{bc}	1.83 ± 0.04 ^{bc}	1.67 ± 0.06 ^b	2.31 ± 0.04 ^c	1.07 ± 0.06 ^a
Ile▲ (异亮氨酸)	90	4.49 ± 0.30 ^{ab}	5.94 ± 1.14 ^{cd}	5.92 ± 0.16 ^{cd}	5.47 ± 0.53 ^{bcd}	4.71 ± 0.21 ^{abc}	6.35 ± 0.01 ^d	3.97 ± 0.07 ^a
Leu▲ (亮氨酸)	190	7.48 ± 0.56 ^b	9.69 ± 1.79 ^c	8.48 ± 0.37 ^{bc}	7.46 ± 0.04 ^b	7.23 ± 0.29 ^b	9.73 ± 0.03 ^b	4.74 ± 0.18 ^c
Tyr▲ (酪氨酸)	-	2.80 ± 0.23 ^a	3.65 ± 0.80 ^b	4.30 ± 0.21 ^{bc}	4.53 ± 0.14 ^{cd}	4.23 ± 0.08 ^{bc}	5.20 ± 0.01 ^d	3.69 ± 0.04 ^b
Phe▲ (苯丙氨酸)	90	3.90 ± 0.34 ^c	4.42 ± 0.60 ^c	3.11 ± 0.19 ^b	2.93 ± 0.06 ^b	2.80 ± 0.06 ^b	3.93 ± 0.11 ^c	1.76 ± 0.02 ^a
Lys▲ (赖氨酸)	50	15.17 ± 1.12 ^{bc}	17.60 ± 3.21 ^c	16.68 ± 0.69 ^c	12.22 ± 0.53 ^b	12.14 ± 1.67 ^b	17.51 ± 0.57 ^c	7.17 ± 0.58 ^a
His▲ (组氨酸)	20	124.07 ± 14.45 ^c	108.33 ± 14.46 ^{bc}	100.18 ± 3.10 ^b	74.98 ± 7.74 ^a	111.29 ± 6.34 ^{bc}	111.45 ± 6.91 ^{bc}	55.91 ± 4.49 ^a
Arg▲ (精氨酸)	50	4.47 ± 0.32 ^{cd}	5.04 ± 0.90 ^d	4.13 ± 0.25 ^{bcd}	3.39 ± 0.19 ^{ab}	3.60 ± 0.34 ^{bc}	4.95 ± 0.26 ^d	2.47 ± 0.22 ^a
Pro* (脯氨酸)	-	5.07 ± 0.61 ^d	4.58 ± 0.50 ^d	4.19 ± 0.11 ^{cd}	2.97 ± 0.06 ^b	3.44 ± 0.55 ^{bc}	4.29 ± 0.06 ^{cd}	1.81 ± 0.08 ^a

注:不同小写字母表示同行数据间存在显著差异($P < 0.05$); *代表甜味氨基酸;▲代表苦味氨基酸;-表示阈值未查到。

Notes: Different lowercase letters indicate significant differences between data in the same line ($P < 0.05$); * represents sweet amino acids; ▲ represents bitter amino acids; - represents threshold is not found.

表 5 13% 盐度食盐水腌制青鱼不同腌制时间游离氨基酸含量的变化

Tab. 5 Changes in free amino acid content of 13% salted *Mylopharyngodon piceus* during different pickling times

种类 Kind	阈值 Threshold	腌制时间 Pickling time							
		0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	36 h	48 h	
Asp* (天冬氨酸)	100	0.21 ± 0.01 ^a	0.33 ± 0.15 ^{ab}	0.44 ± 0.01 ^{ab}	0.42 ± 0.03 ^{ab}	0.56 ± 0.01 ^b	0.58 ± 0.22 ^b	0.41 ± 0.01 ^{ab}	
Thr* (苏氨酸)	260	13.22 ± 1.58 ^b	8.56 ± 4.10 ^{ab}	7.71 ± 0.20 ^a	11.12 ± 0.08 ^{ab}	10.62 ± 2.35 ^{ab}	11.51 ± 1.74 ^{ab}	7.82 ± 0.66 ^a	
Ser* (丝氨酸)	150	6.07 ± 0.72 ^a	5.16 ± 1.65 ^a	5.42 ± 0.01 ^a	5.37 ± 0.08 ^a	6.08 ± 0.31 ^a	5.43 ± 1.36 ^a	3.96 ± 0.26 ^a	
Glu* (谷氨酸)	30	1.84 ± 0.17 ^{abc}	1.50 ± 0.44 ^a	1.76 ± 0.04 ^{abc}	1.57 ± 0.03 ^{ab}	2.32 ± 0.13 ^c	2.12 ± 0.41 ^{bc}	1.48 ± 0.06 ^a	
Gly* (甘氨酸)	130	108.28 ± 7.64 ^c	67.23 ± 19.29 ^{ab}	83.73 ± 1.28 ^b	77.63 ± 1.11 ^b	71.69 ± 1.89 ^{ab}	67.47 ± 9.15 ^{ab}	51.65 ± 3.97 ^a	
Ala* (丙氨酸)	60	29.94 ± 2.73 ^c	21.61 ± 6.21 ^{ab}	20.60 ± 0.27 ^{ab}	19.82 ± 0.40 ^{ab}	25.03 ± 1.04 ^{bc}	22.19 ± 3.45 ^{ab}	15.12 ± 1.19 ^a	
Cys(胱氨酸)	-	1.27 ± 0.16	0.40 ± 0.56	0.72 ± 0.02	0.61 ± 0.04	0.60 ± 0.05	0.63 ± 0.08	0.00 ± 0.00	
Val▲ (缬氨酸)	40	6.44 ± 0.51 ^c	4.80 ± 0.97 ^b	5.36 ± 0.00 ^{bc}	5.07 ± 0.12 ^b	5.66 ± 0.31 ^{bc}	4.66 ± 0.74 ^{ab}	3.43 ± 0.34 ^a	
Met▲ (蛋氨酸)	30	2.15 ± 0.18 ^d	1.72 ± 0.03 ^{bc}	1.70 ± 0.03 ^{bc}	1.60 ± 0.05 ^b	1.98 ± 0.12 ^{cd}	1.68 ± 0.23 ^{bc}	1.26 ± 0.16 ^a	
Ile▲ (异亮氨酸)	90	4.49 ± 0.30 ^a	4.59 ± 1.84 ^a	5.50 ± 0.03 ^a	5.00 ± 0.12 ^a	5.41 ± 0.27 ^a	4.64 ± 0.57 ^a	4.40 ± 0.18 ^a	
Leu▲ (亮氨酸)	190	7.48 ± 0.56 ^{ab}	6.59 ± 2.16 ^{ab}	7.80 ± 0.02 ^b	7.37 ± 0.20 ^{ab}	7.96 ± 0.42 ^b	6.89 ± 0.98 ^{ab}	5.27 ± 0.38 ^a	
Tyr▲ (酪氨酸)	-	2.80 ± 0.23 ^a	3.19 ± 1.67 ^a	4.11 ± 0.03 ^a	3.99 ± 0.02 ^a	4.49 ± 0.17 ^a	4.35 ± 0.64 ^a	3.38 ± 0.07 ^a	
Phe▲ (苯丙氨酸)	90	3.90 ± 0.34 ^d	3.10 ± 0.22 ^{bc}	3.07 ± 0.01 ^{bc}	2.84 ± 0.09 ^b	3.62 ± 0.04 ^{cd}	3.00 ± 0.57 ^{bc}	2.02 ± 0.03 ^a	
Lys▲ (赖氨酸)	50	15.17 ± 1.12 ^b	14.12 ± 3.92 ^b	13.77 ± 0.26 ^b	15.00 ± 0.65 ^b	14.96 ± 0.83 ^b	13.07 ± 2.22 ^{ab}	9.22 ± 0.81 ^a	
His▲ (组氨酸)	20	124.07 ± 14.45 ^b	94.13 ± 25.56 ^{ab}	94.54 ± 1.52 ^{ab}	93.15 ± 1.62 ^{ab}	113.96 ± 5.89 ^b	122.17 ± 19.18 ^b	74.00 ± 6.34 ^a	
Arg▲ (精氨酸)	50	4.47 ± 0.32 ^{bc}	3.81 ± 1.17 ^{abc}	3.43 ± 0.03 ^{ab}	3.77 ± 0.10 ^{abc}	5.00 ± 0.36 ^c	3.47 ± 0.70 ^{ab}	2.52 ± 0.32 ^a	
Pro* (脯氨酸)	-	5.07 ± 0.61 ^c	3.31 ± 0.98 ^{ab}	3.49 ± 0.01 ^{ab}	3.31 ± 0.06 ^{ab}	4.08 ± 0.06 ^{bc}	3.47 ± 0.54 ^{ab}	2.53 ± 0.26 ^a	

注:不同小写字母表示同行数据间存在显著差异(P < 0.05); * 代表甜味氨基酸; ▲ 代表苦味氨基酸; - 表示阈值未查到。

Notes: Different lowercase letters indicate significant differences between peer data (P < 0.05); * represents sweet amino acids; ▲ represents bitter amino acids; - represents threshold is not found.

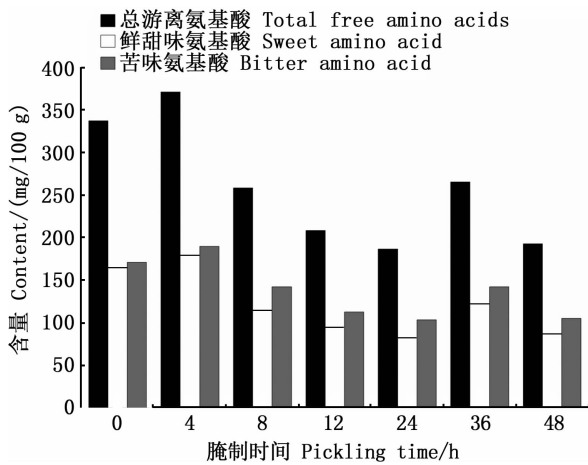


图 2 7% 盐度食盐水腌制青鱼游离氨基酸含量的变化
Fig. 2 Changes of total free amino acids in *Mylopharyngodon piceus* marinated in salt water at 7% concentration

征吸收,且其吸收强度与丙二醛浓度呈线性关系,由此可以定量脂肪氧化的程度。由图 5 可以看出,腌制过程中 TBA 值呈现上升,且随着食盐度的升高而升高,说明即使青鱼肉浸没在食盐水中,腌制过程中仍然伴随着鱼肉脂肪的氧化。并且,NaCl 的存在会加速脂肪的氧化。

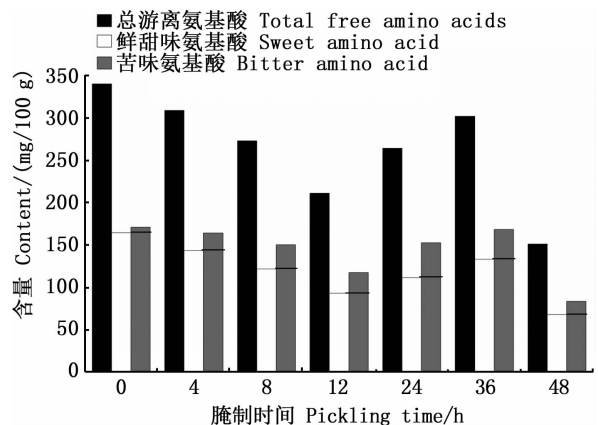


图 3 10% 盐度食盐水腌制青鱼游离氨基酸含量的变化
Fig. 3 Changes of total free amino acids in *Mylopharyngodon piceus* marinated in salt water at 10% concentration

2.4 不同盐度食盐水腌制青鱼 TBA 的变化

脂肪氧化可以产生大量的风味物质,其主要产物为丙二醛,可以与 TBA 在高温及酸性环境下反应生成红棕色产物,该物质在 532 nm 处有特

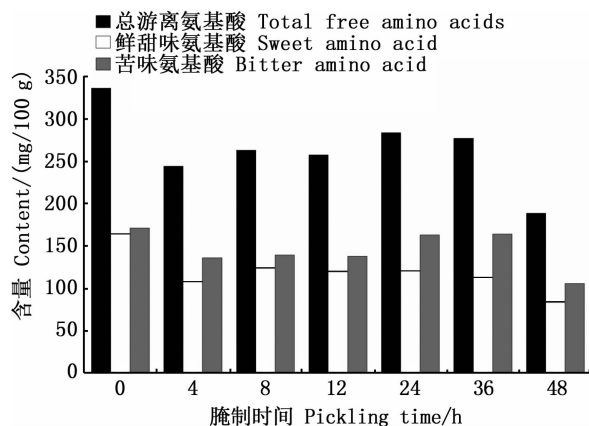


图 4 13% 盐度食盐水腌制青鱼
游离氨基酸含量的变化

Fig. 4 Changes of total free amino acids in
Mylopharyngodon piceus marinated in
salt water with 13% concentration

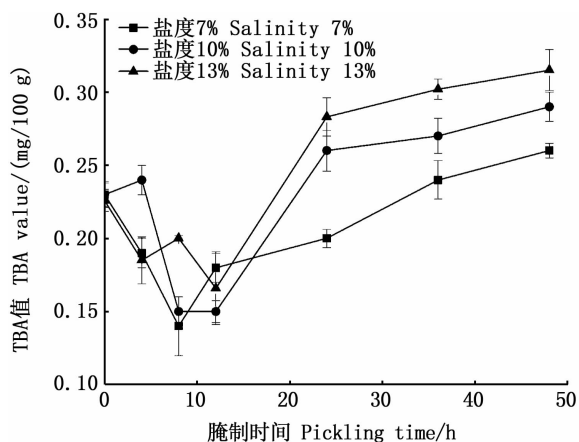


图 5 不同盐度腌制青鱼 TBA 值的变化
Fig. 5 Changes in TBA value of salted
Mylopharyngodon piceus at
different concentrations of salt water

NaCl 可能的促氧化机制是其能够破坏细胞膜结构完整性,从而使催化剂易于接触脂质基质;从含铁分子(如血红素蛋白)释放游离离子铁,而铁离子具有氧化性,可以促进脂肪的氧化;此外,NaCl 的存在会降低抗氧化酶活性,例如抑制抗氧化酶(如过氧化氢酶)、谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶^[25-27]的活性;也有研究发现,腌制会提高 LOX(脂肪氧合酶)活力,郭雅^[28]与刘昌华^[29]都在各自研究中发现腌制过程中 LOX 酶活会上升。

2.5 不同盐度食盐水腌制青鱼的感官评定

由图 6 和表 1 可知,腌制过程中,随时间增

加,鱼肉组织结构和色泽评分差异不太明显,说明腌制时间主要影响鱼肉的咸味、香气和口感。但所有的指标都显示,随着腌制过程的进行,感官评定员对于腌制后鱼肉样品的喜好程度逐渐下降,所有盐度食盐水腌制青鱼 48 h 后喜好程度均达到最低值。

从鱼肉咸味角度看,腌制盐度越高,鱼肉咸味越重。13% 盐度腌制青鱼咸味评分最差,整体咸味表现为较低的评分,腌制 12 h 后,鱼肉咸味就已经达到较难以接受的程度。10% 盐度食盐水腌制鱼肉则相对评分较高一些;7% 盐度腌制的鱼肉咸味评分分值则最高,并且都表现较高分值;香气和口感的评分会随腌制时间的增加而降低,且香气下降更明显。所有样品中,腌制 36 h 内鱼肉的香气和口感都能保持在一个令人较好感受的水平。腌制 48 h 后鱼肉的感官分值则低得多,说明从食用角度上讲,7% ~ 13% 盐度食盐水腌制青鱼的腌制时间最好保持在 36 以内,而 7% 食盐水腌制 4 h 可以达到较佳的效果,这也与陈娇娇等^[7]在腌制罗非鱼的研究相似,她的研究指出罗非鱼最佳腌制工艺为腌制时间为 4.28 h;且前面的青鱼肉的游离氨基酸结果可以确定 7% 食盐水腌制 4 h 的鱼肉游离氨基酸含量损失最小。所以,7% 食盐水腌制青鱼 4 h 可以达到感官与游离氨基酸的最佳结果。

2.6 不同盐度腌制青鱼菌落总数的变化

鱼死后极易腐败变质,鱼肉品质下降主要是内源酶酶解和微生物活动引起的^[30]。水产品尤其是淡水鱼类,鱼体所栖息的环境适合微生物的生长,生长环境和鱼体中都含有大量的微生物,微生物的代谢过程可以分解糖类、蛋白质、脂肪等物质,生成如胺、硫化物、酸、酮、醛和有机酸,产生不良气味和味道的代谢产物,使鱼肉品质产生变化^[31]。菌落总数一般可以被作为微生物指标评价鱼肉的品质变化,也可以根据菌落总数预测鱼肉的货架期。由图 7 可知,青鱼腌制后菌落总数随时间增加而上升,而腌制液盐度越高青鱼菌落总数越少,说明腌制液盐度越高对微生物生长的抑制作用越明显。腌制后鱼肉的水分活度会降低,水分活度会影响微生物的繁殖和孢子的产生;NaCl 的存在也会影响微生物繁殖,腌制造成的高渗条件会导致细胞质失水而引起质壁分离,进而膨压下降,细胞生长变慢而停止,大分子

的生物合成受到抑制,进而生长受到抑制甚至死亡^[32]。所有样品的菌落总数均低于食品可接受

的最高值 7.01lg CFU/g^[33]。

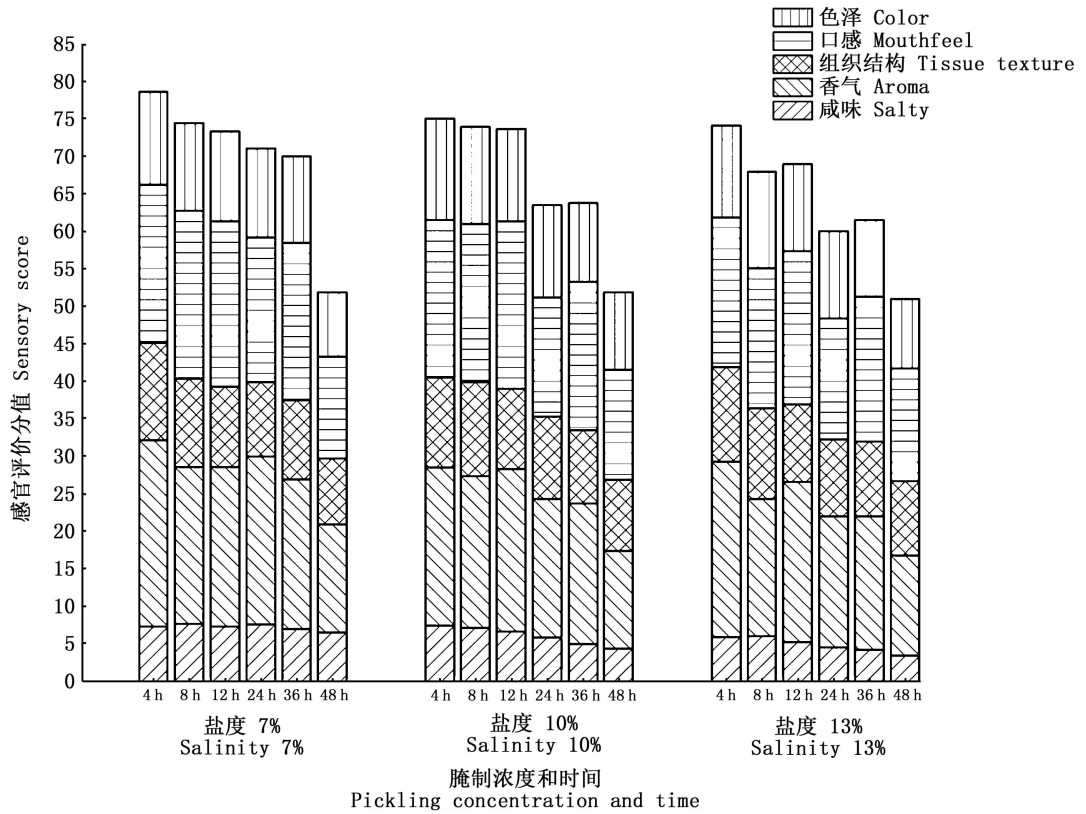


图 6 食盐腌制青鱼感官评定

Fig. 6 Sensory evaluation of salted *Mylopharyngodon piceus*

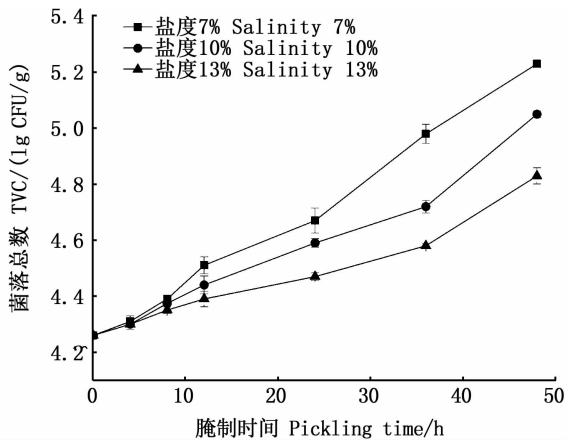


图 7 不同盐度腌制青鱼菌落总数的变化

Fig. 7 Changes in total viable counts of salted *Mylopharyngodon piceus* marinated in saline at different concentrations

2.7 不同盐度腌制青鱼 TVB-N 的变化

TVB-N 是指动物性食品由于肌肉中的内源

酶或细菌的作用,导致食品中蛋白质分解而产生氨以及胺类等碱性含氮挥发性物质的总和(主要包括氨、甲胺、二甲胺、三甲胺)^[34]。图 8 显示了 3 种盐度食盐水腌制青鱼过程中 TVB-N 的变化,根据国家标准 GB 2733—2015《鲜冻动物性水产品卫生标准》^[35],我国鲜冻淡水鱼虾产品的 TVB-N 不得超过 20 mg/100 g,而所有腌制的青鱼样品均未超过这个标准,说明腌制 48 h 后青鱼肉符合卫生标准,高盐度的腌制可以抑制微生物在整个贮藏过程中的产生挥发性含氮物质的能力^[36]。新鲜青鱼肉的 TVB-N 值为 7.62 mg/100 g,在 3 个盐度食盐水的腌制过程中呈上升趋势,但整个过程 TVB-N 值变化不大,且都保持在 10 mg/100 g 以内。随着盐度的升高,TVB-N 值会降低,但幅度不大。

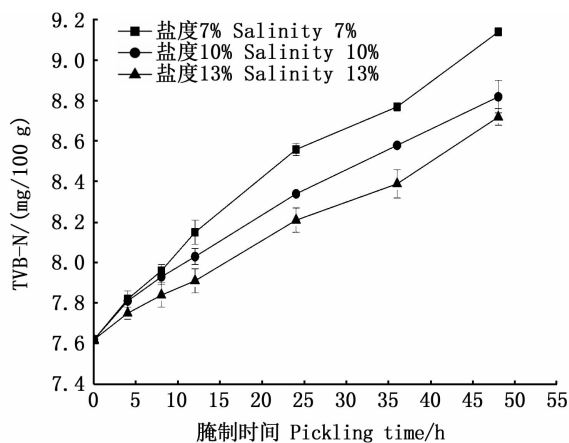


图 8 不同盐度腌制青鱼 TVB-N 的变化

Fig. 8 Changes of TVB-N in salted *Mylopharyngodon piceus* marinated in saline at different concentrations

3 结论

本研究对青鱼肉在 3 种盐度 (7%、10%、13%) 食盐水腌制过程中的品质变化做了探究。游离氨基酸和感官评定结果表明,以盐度 7% 的食盐水腌制 4 h 后青鱼肉品质达到最佳。腌制后鱼肉中游离氨基酸含量下降,提高盐度可以降低游离氨基酸的损失。腌制过程中,pH 呈现下降趋势,腌制可以有效抑制鱼肉腐败引起的 pH 上升。腌制过程中,鱼肉含水量随时间增加而减少,随盐度的升高而降低,鱼肉中食盐含量变化则相反,盐度 13% 的食盐水腌制青鱼肉的食盐含量达到了 8.13%,为所有样品中最高。腌制后的鱼肉的脂肪氧化程度会上升,提高盐度可以促进脂肪的氧化。腌制也可以抑制青鱼的微生物的生长,且盐度越高越明显。3 种盐度食盐水腌制 48 h 后,青鱼肉仍可以保持较好的鲜度状态。

参考文献:

[1] 农业农村部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴 2019 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2019: 25-26.
Fishery and Fishery Administration of the Ministry of Agriculture and Rural Areas. China fishery statistics yearbook 2019 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2019: 25-26.

[2] 闫瑾. 草鱼腌制、风干工艺及其加工过程中脂质氧化研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014: 2-3.
YAN J. Study on salting and air-drying processes of grass carp and lipid oxidation during processing [D]. Yangling:

Northwest A&F University, 2014: 2-3.

[3] GALLART-JORNET L, BARAT J M, RUSTAD T, et al. Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 80(1): 267-275.

[4] THORARINSDOTTIR K A, ARASON S, BOGASON S G, et al. The effects of various salt concentrations during brine curing of cod (*Gadus morhua*) [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2004, 39(1): 79-89.

[5] 吴燕燕, 陶文斌, 郝志明, 等. 含盐量对腌制大黄鱼肉质品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(21): 102-109.
WU Y Y, TAO W B, HAO Z M, et al. Effects of different salt concentration on the quality of cultured large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(21): 102-109.

[6] 郭全友, 董艺伟, 李保国, 等. 淡腌青鱼加工过程、制品品质特征和安全性评价[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(2): 315-322.
GUO Q Y, DONG Y W, LI B G, et al. Evaluation of quality and safety of lightly salted *Mylopharyngodon piceus* in processing and storage [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2017, 29(2): 315-322.

[7] 陈娇娇, 蒋爱民. 腌制工艺对风味罗非鱼制品品质的影响[J]. 现代食品科技, 2012, 28(9): 1128-1132.
CHEN J J, JIANG A M. Optimization of curing conditions for production of flavor Tilapia [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(9): 1128-1132.

[8] 章银良, 夏文水. 腌鱼产品加工技术与理论研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(3): 116-120.
ZHANG Y L, XIA W S. Development of processing technique and theoretical research of cured fish products [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(3): 116-120.

[9] 王红丽, 施文正, 邱伟强, 等. 草鱼死后常温贮藏过程中的品质变化[J]. 渔业科学进展, 2018, 39(6): 97-105.
WANG H L, SHI W Z, QIU W Q, et al. Quality changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) in the process of postmortem stored at room temperature [J]. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(6): 97-105.

[10] 方林, 施文正, 刁玉段, 等. 冻结方式对不同部位草鱼呈味物质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(12): 199-204.
FANG L, SHI W Z, DIAO Y D, et al. Effect of freezing methods on the taste components in different parts of grass carp meat [J]. Food Science, 2018, 39(12): 199-204.

[11] 顾赛麒, 周洪鑫, 郑皓铭, 等. 干制方式对腌腊草鱼脂肪氧化和挥发性风味成分的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 1-10.
GU S Q, ZHOU H X, ZHENG H M, et al. Effects of different drying methods on lipid oxidation and volatile flavor components of cured grass carp [J]. Food Science, 2018, 39(21): 1-10.

- [12] WANG H L, ZHU Y Z, ZHANG J J, et al. Study on changes in the quality of grass carp in the process of postmortem[J]. Journal of Food Biochemistry, 2018, 42(6): e12683.
- [13] DUAN J Y, JIANG Y, CHERIAN G, et al. Effect of combined chitosan-krill oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets [J]. Food Chemistry, 2010, 122(4): 1035-1042.
- [14] RUIZ-CAPILLAS C, MORAL A. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres [J]. Food Chemistry, 2005, 89(3): 347-354.
- [15] 邢云霞, 马敏杰, 巴吐尔·阿不力克木. 食盐添加量对草鱼腌制效果的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(10): 26-31.
- XING Y X, MA M J, BATUER A. Effect of salt addition on the quality of marinated grass carp [J]. Meat Research, 2018, 32(10): 26-31.
- [16] 陈小雷, 胡王, 凌俊, 等. 风干鳊鱼腌制过程适宜加盐量的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(8): 127-131.
- CHEN X L, HU W, LING J, et al. Appropriate amount of salt in salting process of air-drying *Parabramis pekinensis*[J]. Food Science and Technology, 2014, 39(8): 127-131.
- [17] 须山三千三, 鸿巢章二. 水产食品学[M]. 吴光红, 译. 上海: 上海科学技术出版社, 1992.
- MICHIZO S, SHOJI K. Aquatic food science[M]. WU G H, trans. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1992.
- [18] 施文正, 方林, 吴旭干, 等. 我国沿海主要海域雌性三疣梭子蟹呈味成分含量的比较[J]. 食品科学, 2017, 38(16): 127-133.
- SHI W Z, FANG L, WU X G, et al. Comparison of contents of taste compounds in female *Portunus trituberculatus* from major coastal areas in China[J]. Food Science, 2017, 38(16): 127-133.
- [19] YANG W X, SHI W Z, ZHOU S N, et al. Research on the changes of water-soluble flavor substances in grass carp during steaming[J]. Journal of Food Biochemistry, 2019, 43(11): e12993.
- [20] 苏欣, 黄春红, 曹菊花. 淡水鱼鱼肉风味物质及其影响因素研究进展[J]. 肉类研究, 2018, 32(8): 64-68.
- SU X, HUANG C H, CAO J H. Review of flavor substances in freshwater fish and factors influencing them [J]. Meat Research, 2018, 32(8): 64-68.
- [21] 陈剑岚, 邵琳雅, 施文正, 等. 不同宰杀方式对草鱼肉呈味水溶性成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(17): 27-31.
- CHEN J L, SHAO L Y, SHI W Z, et al. Effect of different slaughter methods on water-soluble flavor components in grass carp meat [J]. Food Science, 2016, 37(17): 27-31.
- [22] 方静, 黄卉, 李来好, 等. 不同致死方式对罗非鱼片品质的影响[J]. 南方水产科学, 2013, 9(5): 13-18.
- FANG J, HUANG H, LI L H, et al. Effect of different slaughter methods on quality of *Oreochromis* sp. fillets [J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(5): 13-18.
- [23] 于慧, 佐藤实, 王锡昌. 秋刀鱼盐干过程中理化特性的变化[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(10): 75-80.
- YU H, SATO M, WANG X C. Changes in physico-chemical properties during salting of *Cololabis saira* [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(10): 75-80.
- [24] 章银良, 夏文水. 海鳗盐渍过程中的渗透脱水规律研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(11): 93-98.
- ZHANG Y L, XIA W S. Study of osmotic dehydration of pike eel muscle in salting process [J]. Food Research and Development, 2006, 27(11): 93-98.
- [25] KANNER J, HAREL S, JAFFE R. Lipid peroxidation of muscle food as affected by sodium chloride [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1991, 39(6): 1017-1021.
- [26] HANNA S, ESTÉVEZ M, KIVIKARI R, et al. Inhibition of protein and lipid oxidation by rapeseed, camelina and soy meal in cooked pork meat patties [J]. European Food Research and Technology, 2006, 223(4): 461-468.
- [27] MIN B, CORDRAY J C, AHN D U. Effect of NaCl, myoglobin, Fe(II), and Fe(III) on lipid oxidation of raw and cooked chicken breast and beef loin [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(1): 600-605.
- [28] 郭雅. 不同腌制工艺对风干鳊鱼品质影响研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2016.
- GUO Y. Effects of different curing technology on quality of air-drying *Parabramis pekinensis* [D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2016.
- [29] 刘昌华. 鲈鱼风干成熟工艺及其脂质分解氧化和风味品质特性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- LIU C H. Study on drying-reping process of perchs, lipolysis-lipid oxidation and fleavour character during processing [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.
- [30] KATIKOU P, GEORGANTELIS D, PALEOLOGOS E K, et al. Relation of biogenic amines' formation with microbiological and sensory attributes in Lactobacillus-inoculated vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(12): 4277-4283.
- [31] GRAM L, HUSS H H. Microbiological spoilage of fish and fish products [J]. International Journal of Food Microbiology, 1996, 33(1): 121-137.
- [32] OJAGH S M, REZAEI M, RAZAVI S H, et al. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout [J]. Food Chemistry, 2010, 120(1): 193-198.
- [33] 修艳辉, 郭全友, 姜朝军. pH、水分活度和 NaCl 对腐败希瓦氏菌生长/非生长界限及生长动力学参数的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(6): 156-162, 199.
- XIU Y H, GUO Q Y, JIANG C J. Effect of pH, water

- activity, and common salt on the growth/no growth boundary and growth kinetic parameters of *Shewanella putrefaciens*[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(6): 156-162, 199.
- [34] 洪惠. 鳊脂肪酸组成及贮藏过程中品质变化规律与控制技术的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015: 53-54.
HONG H. Fatty acid profile, quality changes and controlling techniques of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) during storage[D]. Beijing: China Agricultural University, 2015: 53-54.
- [35] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 2733—2015 鲜、冻动物性水产品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 2733-2015 Hygienic standards for fresh frozen aquatic products[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [36] 王航. 草鱼贮藏过程中品质变化规律及特定腐败菌的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2016.
WANG H. Quality changes and the specific spoilage organisms of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage[D]. Beijing: China Agricultural University, 2016.

Quality change of *Mylopharyngodon piceus* salted at different brine concentrations

CHEN Shi¹, LIU Lin¹, WANG Yixin¹, WU Han¹, SHEN Siyuan¹, TU Ludan¹, SHI Wenzheng^{1,2,3}

(1. College of Food Sciences and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Research and Development Center for Processing Technology of Freshwater Aquatic Products, Shanghai 201306, China; 3. Shanghai Aquatic Product Processing and Storage Engineering Technology Research Center, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to study the quality changes of *Mylopharyngodon piceus* salted at different brine concentrations, taking *Mylopharyngodon piceus* as the experimental object, the quality changes of *Mylopharyngodon piceus* meat were analyzed and compared at different salt concentrations (7%, 10%, 13%) during salting for 48 h. The results showed that: The range of pH changes was small in the whole salting process, but it generally showed a downward trend, and decreased with the increase of brine concentration; In the salting process, the water content of fish meat decreased with time, and decreased as the brine concentration increased, and the change of salt content in the fish meat was opposite; The free amino acids of fish meat were lost during salting; The thiobarbituric acid-reactive value (TBA) showed a trend of decreasing and then increasing in the salting process, and the increasing salt concentration would accelerate the oxidation degree of fish fat. The results of total viable counts (TVC) and total volatile basic nitrogen (TVB-N) showed that the samples of *Mylopharyngodon piceus* meat salted at the three brine concentrations all met the fresh standard within 48 h, and the higher the concentration, the better the effect. The results of sensory assessment showed that the sensory score of fish decreased with the increase of salting time, and the best quality was obtained when the fish was salted at 7% brine concentration for 4 h. The research results provided theoretical guidance for *Mylopharyngodon piceus* processing.

Key words: *Mylopharyngodon piceus*; brine concentration; salt content; quality