不同盐度腌制对蓝圆鲹相关理化特性的影响

陈胜军[1]，杨贤庆[1]，李来好[1,2]，吴燕燕[1]，樊丽琴[1]，戚勃[1]，胡晓[1]，王安凤[1,3]
（1.中国水产科学研究院南海水产研究所，农业部水产品加工重点实验室，国家水产品加工技术研发中心，广东广州 510300）（2.南海生物资源开发与利用协同创新中心，广东广州 510300）
（3.上海海洋大学食品学院，上海 201306）

摘要：本文研究蓝圆鲹在不同腌制条件下水分含量、水分活度、含盐量、pH 值、嗜盐菌总数等理化特性的变化规律。研究结果表明:在腌制过程中，水分含量和水分活度呈逐渐降低的趋势，并分别在腌制的第 4 d 和第 2 d 表现出显著性差异（P<0.05），腌制结束时，水分含量在 58.80~61.77%之间，水分活度在 0.75~0.82 之间；在腌制过程中，样品的含盐量表现出逐渐增长的趋势，从腌制的第 2 d 起，三种不同盐度腌制样品的盐含量表现出显著性差异（P<0.05），腌制所用盐度越高，终产品含盐量越高；不同腌制条件下，均表现为 pH 值在腌制初期升高，之后缓慢下降的趋势，盐和鱼质量比为 1:8 盐度条件下与另外两种盐度相比，pH 的变化均表现出极显著差异（P<0.01）；盐和鱼质量比为 1:3 时，随着腌制时间的延长嗜盐菌逐渐消失，盐和鱼质量比为 1:5 时，部分嗜盐菌仍可以生长，腌渍结束时为 3.19 lgCFU/g，盐和鱼质量比为 1:8 时，嗜盐菌在初期生长较快，在腌制末期达到平衡状态，但仍处于较高含量水平，达到 4.56 lgCFU/g。

关键词：蓝圆鲹；盐度；腌制；理化特性；变化规律
文章篇号：1673-9078(2015)12-291-295 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.12.043

Changes in the Physicochemical Properties of Cured *Decapterus maruadsi* under Different Salinities

CHEN Sheng-jun[1], YANG Xian-qing[1], LI Lai-hao[1,2], WU Yan-yan[1], FAN Li-qin[1], QI Bo[1], HU Xiao[1], Wang An-feng[1,3]
(1.Key Laboratory of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture; National R&D Center for Aquatic Product Processing; South China Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Guangzhou 510300, China) (2.South China Sea Bio-Resource Exploitation and Utilization Collaborative Innovation Center, Guangzhou 510300, China) (3.College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The changes in water content, water activity (a_w), salt content, pH, total number of halophilic bacteria, and other physicochemical properties of *Decapterus maruadsi* under different salting conditions were studied. The results indicated that during the salting process, the water content and water activity exhibited a gradual decreasing trend, and showed significant differences on the 4th and 2nd day, respectively (P < 0.05). At the end of the salting process, the water content and the water activity were in the range of 58.80-61.77% and 0.75-0.82, respectively. During the salting process, the salt content of the samples showed a gradually increasing trend, and exhibited significant differences between the samples subjected to three different salinities on day 2 (P < 0.05). Higher salinities resulted in a higher salt content in the final products. For all salting conditions, pH values showed a gradual decreasing trend after an initial increase. When the mass ratio of salt to fish was 1:8, the pH variation was significantly different from those under the other two salinities (P < 0.01). When the mass ratio of salt to fish was 1:3, the number of halophilic bacteria decreased gradually with the increase in salting time. When the mass ratio of salt to fish was 1:5, halophilic bacteria could still grow and reached 3.19 lgCFU/g by the end of salting. When the mass ratio of salt to fish was 1:8, the growth of halophilic bacteria was relatively fast at the early stage of salting, reached an equilibrium state at the late stage, and the number of halophilic bacteria was relatively high (4.56 lgCFU/g) at the end of salting .

Key words: *Decapterus maruadsi*; salinity; salting; physicochemical properties; pattern of change

收稿日期：2015-04-30
基金项目：国家现代农业产业技术体系项目(CARS-49)；国家自然科学基金面上项目(31371800)；广东省海洋渔业科技推广专项(A201301C01)
作者简介：陈胜军（1973-），男，博士，副研究员，主要从事水产品加工与质量安全研究
通讯作者：杨贤庆（1963-），男，研究员

咸鱼，又名盐渍鱼，是传统的水产品加工保藏食品方式之一，营养丰富，咸中带香，保质期长，是具有独特风味的传统食品，具有悠久的历史，深受世界各地消费者的喜爱，在大多数国家的水产品加工业中占有相当重要的地位[1~3]。目前，全球咸鱼产品占水产食品的 9.6%，中国、挪威、冰岛、埃及、伊朗、日本、东南亚等国既是咸鱼的主要加工生产国，也是咸鱼的主要消费国[3]。我国咸鱼产量居世界首位，年产量达 20 多万 t，2013 年我国干腌制品产量达到 158.0 万 t[4~5]。我国咸鱼加工大中企业有 400 多家，全国共有各类规格的咸鱼达 100 多种，货源主要来自山东、辽宁、浙江、福建、海南和广东沿海地区，其中广东省的咸鱼加工和销售量最大，广东江门市更享有“咸鱼之乡”的美誉，其中江门广海镇的咸鱼生产加工企业就达 62 家，江门市建有农业部唯一定点的“咸鱼批发市场”，是全国最大的咸鱼集散地，年交易量超过 2 万 t[1]。咸鱼的腌制方法主要包括湿腌法、干腌法和混合腌制法，传统腌制工艺大多采用干腌，即将盐均匀涂抹于鱼的表面进行腌制，干腌法脱水效率高，腌制时不需要特殊设备，但干腌是靠组织液缓慢渗出形成盐水，盐分向鱼品内部渗透较慢，因此腌制时间较长，腌制时间为几天到数个月[2~3]。腌制鱼类主要有蓝圆鲹、鲐鱼、金线鱼、鲳鱼、鲤鱼、鲫鱼等。蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*)属鲈形目，鲹科圆鲹属的一种，又称池鱼，巴浪鱼，少量供鲜食，大部分制成腌制品，即咸鱼[6]。蓝圆鲹主要在我国东南沿海捕获，2013 年我国捕捞量为 57.1 万 t，其中福建、广东、浙江、广西和海南产量分别为 24.1 万 t、11.2 万 t、10.1 万 t、7.3 万 t 和 4.4 万 t[4]。目前，对咸鱼的研究主要集中在加工工艺等方面，但对不同腌制条件对其理化特性的影响有待进一步研究[7~9]。本文主要研究不同腌制条件对蓝圆鲹水分含量、水分活度、含盐量、pH 值以及嗜盐菌总数等理化指标的变化规律，旨在为生产优质蓝圆鲹腌制品提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冰鲜蓝圆鲹，每尾重 150±30 g，购于广州市鹭江市场；食用盐，购于广州市华润万家超市；铬酸钾，硝酸银等试剂(均为分析纯)，广州化学试剂厂。

1.2 主要仪器设备

梅特勒卤素水分测定仪(HG53，瑞士 Mettler Toledo)，水分活度测定仪(ms1 Set-aw，瑞士 Novasina)，pH 计(PB-21，德国 sartorius)。

1.3 样品制备及取样[10,11]

将原料鱼去鳞、去内脏后流水洗净，沥干后与食盐一起分层放于容器中采用干腌法进行腌制。用盐量与鱼原料质量之比分别为 1:3、1:5、1:8，在鱼体表擦盐后分层装在腌制容器内，各层之间均匀地撒上食盐，腌制过程中依靠外渗汁液形成盐液，通过扩散作用向鱼体内部进行渗透，比较均匀地分布于鱼体内进行腌制。分别在腌制的第 0、2、4、6、8、10、12、14、16 d 取样进行各理化指标的测定。

1.4 检测方法

1.4.1 水分含量测定

采用卤素水分测定仪进行测定，称量样品的质量（约 5 g），然后，样品由内置的卤素干燥单元快速加热（加温上升保持在 105 ℃左右），使水分蒸发。在干燥过程中，仪器连续称量样品的质量并显示水分含量。干燥结束后，显示样品的水分含量。

1.4.2 水分活度测定

水分活度测定仪进行测定，将样品切碎，放入样品皿，用经校准后的水分活度测定仪进行测定，当蜂鸣器响后，测定结束，显示值即为样品的 Aw 值。

1.4.3 pH 值测定[11]

称取 10.00 g 切碎试样，加新煮沸后冷却的水至 100 mL，摇匀，浸渍 30 min 后过滤，取约 50 mL 滤液于 100 mL 烧杯中，用酸度计测定 pH 值，结果用重复(n=3)的平均值来表示。

1.4.4 含盐量的测定

按文献采用快速法测定[12]，称取捣碎混匀样品 10 g，加水 100 mL，搅拌后放置 30 min，使试样中盐分溶解于水中。取澄清液 10 mL 于 250 mL 锥形瓶中，以 8%铬酸钾溶液为指示剂，用 2.9%硝酸银溶液滴定。滴定所消耗硝酸银溶液的毫升数即为盐分的百分比，结果用重复(n=3)的平均值来表示。

1.4.5 嗜盐菌总数测定

按参考文献[11]的检验方法，结果用重复(n=3)的平均值来表示。

1.4.6 数据分析

采用 EXCEL 对数据进行整理，用统计分析软件 SPSS 12.0 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 腌制过程中水分含量的变化

蓝圆鲹在不同盐度腌制条件下水分含量变化趋势如图 1 所示。

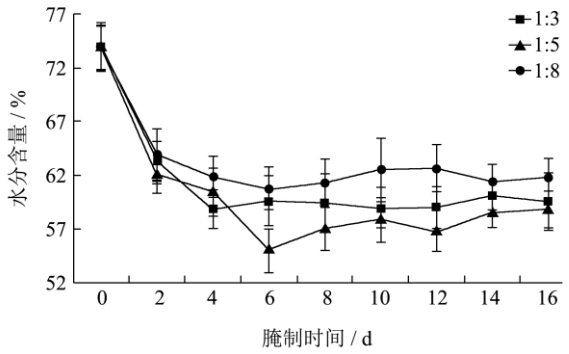


图 1 腌制过程中水分含量的变化

Fig.1 Changes in the water content of samples during salting

从图 1 可以看出，蓝圆鲹在腌制初期的 0~4 d 水分含量下降较快，腌制后期变化趋于平缓。三种盐度腌制过程中，样品含水量均在第 4 d 表现出显著性差异；其中盐度为 1:3 样品在腌制第 4 d 时含水量显著低于 1:5 盐度样品（P<0.05），到第 6~8 d 时，1:3 盐度样品含水量反而极显著高于 1:5 盐度样品（P<0.01），在腌制第 10 d 以后，水分含量趋于平衡，腌制结束时二者样品含水量没有表现出显著性差异；盐度为 1:3 和 1:8 腌制过程相比较，从腌制第 4 d 起 1:3 盐度含水量显著低于 1:8 盐度含水量（P<0.05），腌制过程结束时，1:3 盐度样品含水量显著低于 1:8 盐度样品含水量（P<0.05）；盐度为 1:5 和 1:8 腌制过程相比较，1:5 盐度含水量极显著低于 1:8 盐度含水量，腌制过程结束时，1:5 盐度样品含水量极显著低于 1:8 盐度含水量（P<0.01）。在低、中和高 3 种不同盐度腌制条件下水分含量的下降趋势有所不同，食盐浓度越高水分下降曲线显得越陡峭，而食盐浓度低的则显得平缓一些；盐度越低，最终水分含量会相对高一些，盐度为 1:8 条件下腌制结束时水分含量为 61.77%；但是，盐度为 1:3 和 1:5 时，腌制结束时水分含量分别为 58.80%和 59.91%。腌制过程就是一个食盐渗透的过程，盐分形成的高渗透压环境使鱼肉组织中的水分渗透到盐溶液中，在此后的腌制时间中水分含量变化较小，表明鱼肉组织与盐溶液间的渗透已经达到平衡[9]。在腌制的整个过程中，食盐起渗透和保水的作用，在腌制前期由于渗透压的作用，鱼肉中的水分向外渗出，加盐量越大，渗出水越多，但是随着腌制时间的延长，食盐表现出一定的保水性，在两者的共同作用下，导致水分含量变化平缓[2]。

2.2 腌制过程中水分活度的变化

蓝圆鲹在不同盐度腌制条件下水分活度的变化趋势如图 2 所示。

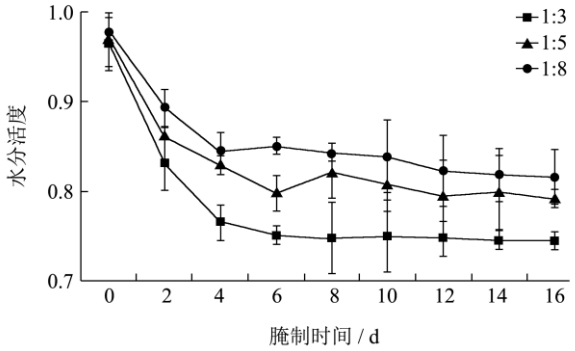


图 2 腌制过程中水分活度的变化

Fig.2 Changes in the a_w of samples during salting

水分活度值对食品保藏具有重要的意义，反映了食品中水分存在形式和被微生物利用的程度。食品中游离水的状况可由水分活度值反映出，游离水含量越多，水分活度值越高。从图 2 可以看出，在腌制初期(0~4 d)水分活度下降较快，之后变化平缓。在腌制初期鱼体内外渗透压差较大，水分活度下降较快，当渗透趋近平衡时，水分活度变化趋于平缓[9]。盐度对水分活度的影响也比较大，盐度越高，最终的水分活度越低，在腌渍结束时，盐度为 1:3、1:5 和 1:8 时，最终水分活度分别为 0.75、0.80 和 0.82。显著性分析表明，从腌制的第 2 d 起，三种盐度腌制方式其水分活度均表现出极显著差异（P<0.01），与水分含量变化相比，显著性差异提前了 2 d。其原因在于水分含量是总体可测含水量的反映，而水分活度是自由水的反映，因此，水分活度比水分含量更明显地反映了盐度对样品中水分存在形式的影响，并表现出盐度越高，水分活度越低[3]。

2.3 腌制过程中含盐量的变化

蓝圆鲹在不同盐度腌制条件下的含盐量变化趋势如图 3 所示。

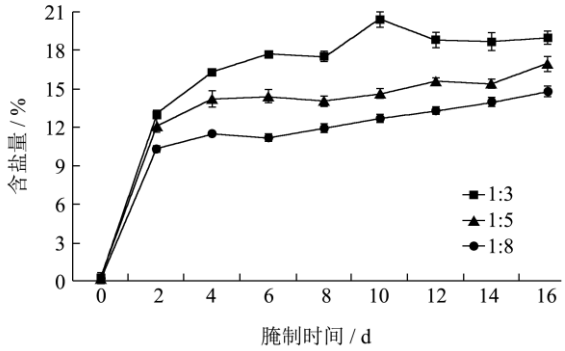


图 3 腌制过程中含盐量的变化

Fig.3 Changes in the salt content of samples during salting

从图 3 可以看出，随着腌制时间的延长，食盐的

渗透作用贯穿整个腌制过程。在腌制过程中，盐含量在腌制初期(0~2 d)时陡然上升，随后的腌渍阶段上升缓慢。在腌制初始阶段，鱼体内外渗透压差值较大，食盐向鱼肉渗透速率较快，之后食盐含量的增加主要是加工过程中鱼体失水引起的。腌制过程中用盐量越大，鱼肉中的食盐渗透的越快，并且最终含盐量越高，腌渍结束时，盐度为 1:3、1:5 和 1:8 时，最终含盐量分别为 18.92%，16.94%和 14.80%。显著性分析表明，从腌制的第 2 d 起，三种不同盐度腌制样品的盐含量表现出显著性差异（P<0.05），表明腌制盐度对终产品含盐量具有显著影响。

2.4 腌制过程中 pH 值的变化

蓝圆鲹在不同盐度腌制条件下 pH 值的变化趋势如图 4 所示。

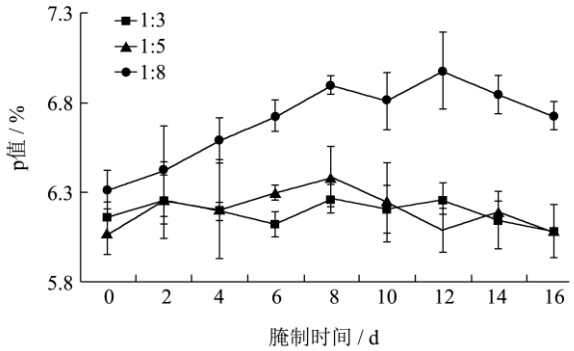


图 4 腌制过程中 pH 值的变化

Fig.4 Changes in the pH value of samples during salting

pH 值是表示样品的有效酸度，它的大小对腌制过程中微生物的生长、N-亚硝胺的合成、以及其它物质的生成有重要的影响。从图 4 可以看出，pH 值变化范围不大。在腌制初期，不同盐度条件下，均表现为 pH 值升高，之后缓慢降低。在腌制初期，虽然发酵产酸环节在进行，但是微生物也在频繁活动，分解蛋白质产生一些含氮的碱性物质使得 pH 值升高，在腌渍后后期，产酸更为明显，导致 pH 值降低[7,9]。腌渍结束时，盐度为 1:3、1:5 和 1:8 时，最终 pH 分别为 6.09、6.08 和 6.73。显著性分析表明，盐度为 1:3 和 1:5 时，在腌制的第 6 d 显示出差异性（P<0.01），而 1:8 盐度条件下与另外两种盐度相比，pH 的变化均表现出极显著差异（P<0.01）。

2.5 腌制过程中嗜盐菌总数的变化

嗜盐菌是广泛存在于腌渍食品中，常常污染腌鱼，使其产生红色腐斑或腐烂变质而失去食用和商品价值。因此，检测咸鱼制品中的嗜盐菌总数也可以反应出污染状况以及咸鱼制品中嗜盐菌存在情况。蓝圆鲹在不同盐度腌制条件下嗜盐菌总数的变化趋势如图 5 所示。从图 5 可明显看出，腌制前有一定数量的嗜盐菌存在，随着腌制时间的延长，不同盐度条件下嗜盐菌总数的变化趋势有所不同。

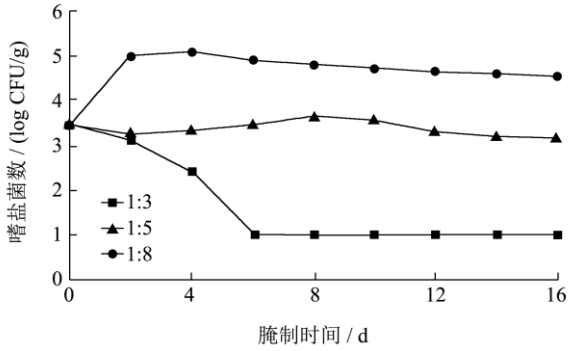


图 5 腌制过程中嗜盐菌总数的变化

Fig.5 Changes in the total number of halophilic bacteria in samples during salting

由图 5 可看出，盐度为 1:3 时，腌渍过程中嗜盐菌总数表现出在腌制开始时显著下降，腌制 4 d 后嗜盐菌总数小于 1.0 lgCFU/g，几乎检测不到。可能是在此条件下，随着食盐逐步渗透，鱼体含盐量不断升高，其中的嗜盐菌耐高盐能力差，在此盐度下无法生长繁殖，最终导致大部分嗜盐菌死亡。此外，在此盐度下，水分含量、水分活度等较小，不利于微生物的生长。盐度为 1:5 时，在腌渍过程中，嗜盐菌总数均表现出下降-升高-下降-平缓的趋势，嗜盐菌总数在腌制 8 d 达到最大值，达到 3.61 lgCFU/g 之后下降逐渐保持平缓，腌渍结束时为 3.19 lgCFU/g。在腌制前期嗜盐菌总数迅速下降，其原因在于渗透的食盐对嗜盐菌起到了一定的抑制作用，随着食盐的进一步渗透，部分嗜盐菌在此适宜的盐度下能够生长繁殖，导致嗜盐菌总数的升高，之后，随着鱼体内外渗透的不断进行，部分不适宜在高盐度下生长的嗜盐菌又死亡，导致嗜盐菌总数降低，最后，鱼体内外食盐渗透达到平衡，嗜盐菌总数变化趋势保持平缓。盐度为 1:8 时，嗜盐菌总数在腌制 4 d 达到最大值，达到 5.09 lgCFU/g 之后下降逐渐保持平缓，腌渍结束时为 4.56 lgCFU/g。分析其原因在于在此盐度条件下，食盐起不到抑制作用，在腌制初期嗜盐菌继续生长繁殖，并且在高温条件下急剧繁殖；此后，随着食盐的渗透作用，此盐度达不到嗜盐菌的生长繁殖要求而开始死亡，导致嗜盐菌总数下降；当鱼体中的食盐渗透达到平衡时，有部分可耐受此盐度的嗜盐菌仍可以生存而使嗜盐菌总数变化不明显，保持平缓。总体上，在腌制进行一段时间后，嗜盐菌的总数总会下降，出现这种现象除了可能与食盐浓度有关外，还可能与水分活度有关，随着腌制的

进行，鱼体的水分活度不断降低，使得嗜盐菌可利用的有效水分减少，导致嗜盐菌的死亡。

鱼虾蟹贝等水产品在生产流通的环节中易被微生物污染，致使腐败变质速度较快。咸鱼中存在许多微生物，如红色嗜盐菌、李氏杆菌、乳酸菌等，这些微生物在分解咸鱼的过程中可能会促进 N-亚硝基化合物的合成。因此，要避免原料鱼和食盐中微生物的污染，腌制过程中也要避免微生物的侵入。在腌制咸鱼的过程中会有大量的嗜盐菌生长繁殖。根据微生物对嗜盐程度的不同将其分为非嗜盐菌和嗜盐菌 2 大类群，常见的大多数微生物适宜生长在 0.85%~0.9%的 NaC1 溶液中，该类微生物在等渗溶液中会造成质壁分离，生理代谢受到破坏而导致菌体死亡；嗜盐菌能耐高渗压，根据其耐盐程度不同，分为低度嗜盐菌、中度嗜盐菌和高度嗜盐菌 3 类。低度嗜盐菌在 2%~5%盐溶液中生长良好；中度嗜盐菌在 5%~20%盐溶液中生长良好；高度嗜盐菌在 20%~30%盐溶液中生长良好。食盐不能抑制或杀死该类菌，是造成咸盐腌食品腐变的原因[13~14]。

3 结论

通过对蓝圆鲹在不同腌制条件下水分含量、水分活度、含盐量、pH 值、嗜盐菌总数等理化特性的变化规律进行研究，结果表明:（1）在腌制过程中，蓝圆鲹水分含量和水分活度呈逐渐降低的趋势，腌制结束时，水分含量在 58.80~61.77%之间，水分活度在 0.75~0.82 之间；（2）腌制过程中，蓝圆鲹含盐量不断升高，三种不同盐度腌制样品的盐含量表现出显著性差异，腌制结束时含盐量在 14.80~18.92%之间；（3）高盐腌制过程中 pH 值变化范围不大，在 6.10 左右波动，而低盐腌制条件下，pH 值呈升高的趋势，腌制线束时达到 6.73，并且低盐度条件腌制与中、高盐度腌制相比，pH 的变化均表现出极显著差异；（4）盐度为 1:3 时，随着腌制时间的延长嗜盐菌逐步消失，以致无法生长；盐度为 1:5 时，部分嗜盐菌在腌制初期生长，在腌制后期受到抑制，腌渍结束时为 3.19 lgCFU/g；盐度为 1:8 时，嗜盐菌表现出先升高后降低的趋势，在腌制末期达到平衡状态，但仍处于较高含量状态，达到 4.56 lgCFU/g。

参考文献

[1] 任中阳,吴燕燕,李来好,等.腌干鱼制品热泵干燥工艺参数优化[J].南方水产科学,2015,11(1):81-88
REN Zhong-yang, WU Yan-yan, LI Lai-hao, et al. Optimization of heat pump drying technical parameters of salted dry fish [J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(1): 81-88

[2] 林洪,张瑾,熊正河.水产品保鲜技术[M].北京:中国轻工业出版社,2001
LIN Hong, ZHANG Jin, XIONG Zheng-he. Preservation technology of aquatic product [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001

[3] 沈月新,章超桦,薛长湖.水产食品学[M].北京:中国农业出版社,2000
SHEN Yue-xin, ZHANG Chao-hua, XUE Chang-hu. Aquatic foodstuff teaching[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003

[4] 中华人民共和国农业部渔业局.2014 年中国渔业年鉴[M].北京:中国农业出版社,2014
Fisheries Bureau, Ministry of agriculture of the people's republic of China. 2014 China fisheries yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press,2014

[5] 吴燕燕,刘法佳,李来好,等.GC-MS 检测咸鱼中 N-亚硝胺的条件优化[J].南方水产科学,2012,8(4):16-22
WU Yan-yan, LIU Fa-jia, LI Lai-hao, et al. Determination and optimization of N-nitrosamines in salted fish by gas chromatography-mass spectrometry [J]. South China Fisheries Science, 2012, 8(4):16-22

[6] 陈胜军,杨贤庆,樊丽琴,等.蓝圆鲹在不同腌制条件下三甲胺和二甲胺含量变化规律[J].食品科学,2012,33(13): 58-61
CHEN Sheng-jun, YANG Xian-qing, FAN Li-qin, et al. Change regularity of trimethylamine and dimethylamine contents in Decapterus maruadsi during salting under varying conditions [J]. Food Science, 2012, 33(13): 58-61

[7] ZENG Xue-feng, XIA Wen-shui, JIANG Qi-xing, et al. Effect of autochthonous starter cultures on microbiological and physico-chemical characteristics of Suan yu, a traditional Chinese low salt fermented fish [J]. Food Control, 2013, 33: 344-351

[8] Choi Y J, Lin T M, Tomlinson K, et al. Effect of salt concentration and temperature of storage water on the physicochemical properties of fish proteins [J]. LWT - Food Science and Technology, 2008, 41: 460-468

[9] ZENG Xue-feng, XIA Wen-shui, JIANG Qi-xing, et al. Chemical and microbial properties of Chinese traditional low-salt fermented whole fish product Suan yu [J]. Food Control, 2013, 30: 590-595

[10] 汪涛,杨风光,于谦林.无公害水产品加工综合技术[M].北京:中国农业出版社,2003
WANG Tao,YANG Feng-Guang,YU Qian-lin. Pollution-free

aquatic products processing integrated technology[J]. Beijing: China Agriculture Press, 2003

[11] 魏广东.水产品质量安全检验手册[M].北京:中国标准出版社, 2005

WEI Guang-dong. Inspection manual of aquatic products quality safety [M]. Beijing: Standards press of China, 2005

[12] 梅灿辉,李汴生,吕梦莎,等.梅香黄鱼低盐腌制-发酵过程中的品质变化规律研究[J].现代食品科技,2010,26(1):1185-1191

MEI Can-hui, LI Bian-sheng, LV Meng-sha, et al. Quality change of fermented yellow croaker in light salting process[J]. Modern Food Science and Technology2010, 26(1):1185-1191

[13] Prasad M M, Seenayya G. Effect of spices on the growth of red halophilic cocci isolated from salt cured fish and solar salt [J]. Food Research International,2000,33: 793-798

[14] Grete Lorentzen, Mette S Wesmajervi Breiland, Jens Østli, et al. Growth of halophilic microorganisms and histamine content in dried salt-cured cod (Gadus morhua L.) stored at elevated temperature [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 60: 598-602

现代食品科技