

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20180814002

http://www.yykxjz.cn/

王睿迪, 刘胜男, 王玉, 赵延宁, 薛勇. 咸干蓝点马鲛品质特征与优势菌群分析. 渔业科学进展, 2019, 40(2): 141-147
Wang RD, Liu SN, Wang Y, Zhao YN, Xue Y. Analysis on quality characteristics and dominant strains of bacteria in dried salted Spanish mackerel. Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(2): 141-147

咸干蓝点马鲛品质特征与优势菌群分析*

王睿迪 刘胜男 王玉 赵延宁 薛勇^①

(中国海洋大学食品科学与工程学院 食品科学与人类健康实验室 青岛 266003)

摘要 为了更好地了解传统咸干蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)(鲛鱼)的品质特征,以市售产品中感官品质较为突出的咸干鲛鱼作为研究对象,对其水分、含盐量、NaNO₂含量、挥发性盐基氮(TVB-N)、硫代巴比妥酸值(TBARS)等理化指标进行了测定,并进一步对咸干鲛鱼中的优势菌进行了分离、纯化与鉴定。结果显示,咸干鲛鱼样品含水量为 54.40%、含盐量为 3.1%,属于半干低盐制品;NaNO₂含量为 5.07 mg/kg,符合相关食品安全标准的规定;TVB-N 含量高达 40.12 mg/100 g,说明发酵过程蛋白质降解程度较大;TBARS 值为 10.00 mg/kg,脂质氧化程度在感官可接受的范围内。咸干鲛鱼中的微生物以细菌为主,清酒乳杆菌(*Lactobacillus sakei*)、产气肠杆菌(*Enterobacter aerogenes*)、长赖氨酸芽孢杆菌(*Lysinibacillus macrolides*)和香坊肠杆菌(*Enterobacter xiangfangensis*)为优势菌。其中,清酒乳杆菌具有发酵菌的典型特征,可能在咸干鲛鱼发酵过程中起主要作用。

关键词 咸干鲛鱼;感官评价;品质特征;菌种鉴定

中图分类号 TS254.7 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2019)02-0141-07

蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*),俗称鲛鱼,具有鱼刺少、味道鲜美、营养丰富等特点,是北方沿海地区常见的食用鱼类。咸干鲛鱼是以鲜(冻)鲛鱼肉为主要原料,采用食盐腌制和干燥工艺加工而成的典型咸干鱼制品,也是我国沿海地区最具代表性的传统水产制品。咸干鲛鱼具有风味独特、易于贮藏的特点,但目前加工方式仍以手工作坊式加工和自然晾晒为主,产品存在含盐量高、风味不稳定等问题。目前我国对传统咸干鱼制品的研究还缺乏系统性,尤其是针对咸干鲛鱼的研究还非常少。

为了了解市售咸干鲛鱼产品的品质情况,本研究采集了 7 种不同产地的咸干鲛鱼产品,通过感官评价筛选出青岛产一卤鲜咸干鲛鱼作为代表性研究对象,对品质相关的理化指标进行了检测分析。另外,由于优势菌对干腌水产品发酵过程及风味的形成具有重

要的作用(吴海燕等,2010),本研究还对咸干鲛鱼中的优势菌进行了分离纯化和种类鉴定,并对菌株的基本生理生化性质进行了研究,以期对咸干鲛鱼的现代化加工和质量控制提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

从烟台、威海、青岛、日照、连云港、温州、大连 7 个地区分别采集咸干鲛鱼样品,分别编号为 1~7。样品体长为 25~30 cm,质量为 250~300 g。

Ezup 柱式细菌基因组 DNA 抽提试剂盒(生工生物工程上海股份有限公司);组胺测定试剂盒(Kikkoman 公司,日本);革兰氏染色试剂盒(日本制药公司,日本)。

* 国家重点研发计划项目(2016YFD0400404)资助[This work was supported by the National Key Research and Development Program (2016YFD0400404)]. 王睿迪, E-mail: wrd0186@outlook.com

^① 通讯作者: 薛勇, 教授, E-mail: xueyong@ouc.edu.cn

收稿日期: 2018-08-14, 收修改稿日期: 2018-08-21

MRS 培养基、MRS 肉汤、RBA 培养基、PCA 培养基、营养肉汤培养基、营养琼脂培养基(青岛高科园海博生物技术有限公司); AgNO_3 、 K_2CrO_4 、三氯乙酸、 MgO 、硫代巴比妥酸、三氯甲烷、 FeCl_2 、 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、乙酸锌、对氨基苯磺酸、溴甲酚紫均为分析纯(国药集团化学试剂有限公司); 甲醇为色谱纯(天津博迪化工股份有限公司)。

1.2 主要仪器

Kjeltec 8400 型全自动凯氏定氮仪(FOSS 有限公司, 瑞士); 7200 型可见分光光度计(UNIC 公司, 德国); IKA-TI8 型高速分散机(IKA 有限公司, 德国); 台式高速冷冻离心机(上海力申科学仪器有限公司); Fluo ViewTM FV1000 型激光共聚焦显微镜(Olympus 公司, 日本)。

1.3 实验方法

1.3.1 感官评价 将 7 份样品分别清洗干净并浸泡脱盐后, 在蒸锅上蒸 15 min。由 15 名经过培训的感官评价人员按照表 1 综合组织状态、色泽、气味、滋味、咀嚼度 5 个方面进行评分。

1.3.2 理化指标测定方法 参照 GB 5009.44-2016《食品安全国家标准 食品中氯化物的测定》(2016), 采用银量法测定 NaCl 含量; 参照 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》(2016), 采用直接干燥法测定水分含量; 参照 GB 5009.33-2016《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》(2016), 采用分光光度法测定 NaNO_2 含量; 参照 GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》(2016), 采用自动凯氏定氮仪法测定 TVB-N 含量。

表 1 咸干鱼感官评分标准
Tab.1 Sensory evaluation standard for dried salted *S. niphonius*

分值 Score	评分标准 Evaluation standard				
	组织状态 Texture	色泽 Color	气味 Smell	滋味 Taste	咀嚼度 Chewiness
76~100	组织均匀紧实, 保持咸鱼原有形态	肉色正常, 靠近表皮边缘肌肉呈粉红色	有咸鱼特有香气	咸度适中, 有咸鱼特有厚味感, 鲜味足	肉质有弹性和嚼劲
51~75	组织较紧实	肉色正常, 有轻微褐变	较清香, 无异味	偏咸或偏淡、厚味感较好	有弹性, 咀嚼度一般
26~50	组织稍微不完整, 质地柔软	肉色较差, 无光泽	清香味较淡, 有腥味	很咸或很淡, 厚味感和回味感弱	咀嚼度差, 有碎肉感
1~25	组织质地不均匀, 糜烂	褐变严重或颜色发白	腥臭味严重	很咸或很淡, 无鲜味和回味感	肉质松散, 有明显碎肉感

TBARS 值的测定参照刘昌华(2012)的方法, 并略作修改。取 5 g 鱼肉切碎, 加 10% TCA 溶液 45 ml, 匀浆后静置 1 h, 2000 r/min 离心 10 min, 过滤, 用 H_2O_2 定容至 50 ml。取 2 ml 滤液加 0.02 mol/L 的 TBA 溶液 2 ml, 在沸水浴中反应 20 min, 冷却后用分光光度计测定 532 nm 处的吸光值。

1.3.3 微生物计数与分离纯化 参照贺林娟(2013)的方法, 并略作修改。无菌条件下取咸干鱼样品 25 g, 剪碎后加入装有 225 ml 无菌生理盐水和玻璃珠的锥形瓶中, 振摇充分得到样品原液。用无菌生理盐水将样品原液按 1:10 的比例进行梯度稀释。采用平板涂布法, 将各稀释液分别接种于 PCA、MRS 和 RBA 固体培养基中, 分别按照 GB 4789.2-2016(2016)、GB 4789.35-2016(2016)、GB 4789.15-2016(2016)进行菌落总数、乳酸菌菌落数、霉菌及酵母菌菌落数测定。

从 PCA、MRS 和 RBA 平板上挑取优势菌落于相

应分离培养基上划线分离, 30℃ 培养 48 h, 重复 2~3 次获得纯的单菌落。

1.3.4 生理生化实验 参照《常见细菌系统鉴定手册》(东秀珠等, 2001)、《乳酸细菌分类鉴定及实验方法》(凌代文等, 1999)以及相关文献(卢晓莉, 2007; 朱雯娟, 2015)对纯化的菌株进行革兰氏染色、过氧化氢酶、葡萄糖产酸产气、耐盐性等生理生化实验。

1.3.5 优势菌株的种类鉴定 将纯化后的菌株接种于相应的种子培养基, 30℃ 条件下 200 r/min 振荡培养 24 h, 离心收集菌体, 采用 DNA 抽提试剂盒提取 DNA。将提取出的 DNA 样品交由生工生物工程股份有限公司进行后续的 PCR 扩增及 16S rDNA 测序。

测序结果在 NCBI 数据库中进行 BLAST 同源性检索和比对分析, 从 GenBank 中调取与其同源性较高的相似序列, 使用 MEGA 7.0 进行序列比对, 比对结果用邻接法(Neighbor-joining method)构建系统发

育树, 通过自举分析检测置信度(1000 次重复)(姚学良等, 2015)。

2 结果与分析

2.1 咸干鲛鱼感官评价结果

不同产地咸干鲛鱼产品的感官评价结果如图 1 所示。从气味方面来看, 1、3 号样品清香纯正, 有咸干鱼特有风味, 2、4 号气味稍淡, 7 号氧化味重。在口感方面, 3 号样品咸淡适中, 评分最高, 其他样品均偏咸, 得分较低, 且差别不大。另外, 3 号样品组织状态、咀嚼度两项指标对应的评分也较高。因此, 选择 3 号样品即青岛产咸干鲛鱼作为后续研究的实验对象。

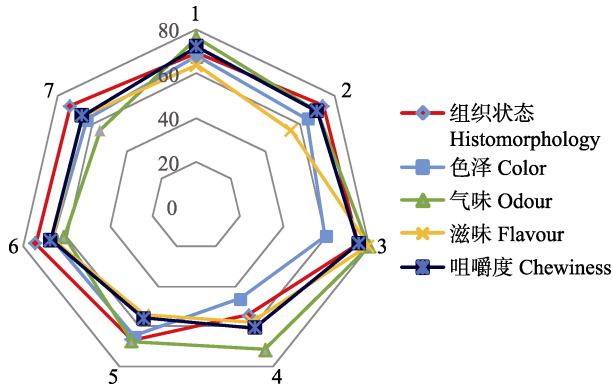


图 1 不同产地咸干鲛鱼感官评价结果

Fig.1 Sensory scores of seven dried salted *S. niphonius*

注: 1~7 号样品分别为产自烟台、威海、青岛、日照、连云港、温州、大连 7 个地区的咸干鲛鱼

Note: Sample 1~7 represents dried salted spanish mackerel products collected from Yantai, Weihai, Qingdao, Rizhao, Lianyungang, Wenzhou, and Dalian

2.2 咸干鲛鱼理化指标检测结果

青岛一卤鲜咸干鲛鱼理化指标的测定结果如表 2 所示。样品水分含量为 54.4%, 属于半干水产品。GB/T 30894-2014《咸鱼》(2014)中规定 NaCl 含量应在 3%~11% 的范围内, 检测样品的 NaCl 含量为 3.10%, 属于低盐咸鱼。NaNO₂ 含量为 5.07 mg/kg, 大幅低于 GB 2760-2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》(2014)中所规定的腌腊肉制品中 NaNO₂ (以 NaNO₂ 或 KNO₂ 计) ≤ 30 mg/kg 的限量要求, 因此传统咸干鲛鱼 NaNO₂ 超标的风险相对较小。TVB-N 是指动物性食品由于酶和微生物的作用使蛋白质分解而产生的氨以及胺类等碱性含氮物质, 常用来表征样品的新鲜度。样品中 TVB-N 含量高达 40.12 mg/100 g, 而 GB 2733-2015《食品安全国家标准 鲜、冻动物性

水产品》(2015)中规定鲜、冻海水鱼中的 TVB-N 含量不应超过 30 mg/100 g, 这说明咸干鲛鱼产品相较于鲜、冻鲛鱼原料蛋白质降解程度较大, 而这可能与发酵过程有关。脂肪氧化酸败是冻藏过程中水产品发生品质劣变的主要原因之一, 利用硫代巴比妥酸与丙二醛反应生成粉红色物质测定 TBARS 值, 可以准确反映脂质氧化程度(曹荣等, 2016)。Ersoy 等(2008)认为鲜、冻水产品的 TBARS 值 ≤ 8.0 mg/kg 时适宜人类食用, 咸干鲛鱼的 TBARS 值为 10.0 mg/kg, 略高于 8.0 mg/kg 的推荐标准, 这与样品水分含量低有关, 且尚未对产品的感官品质造成明显影响。

表 2 咸干鲛鱼的基本理化指标
Tab. 2 The basic physicochemical properties of dried salted *S. niphonius*

指标 Index	含量 Content
水分 Moisture (%)	54.40
NaCl (%)	3.10
NaNO ₂ (mg/kg)	5.07
TVB-N (mg/100 g)	40.12
TBARS (mg/kg)	10.00

2.3 咸干鲛鱼菌落计数结果

由各计数平板得知咸干鱼样品中菌落总数为 1.68×10^5 CFU/g, 乳酸菌菌落数为 1.06×10^5 CFU/g, 霉菌及酵母菌落数为 4.7×10^4 CFU/g。腌干鱼样品中的微生物以细菌菌相为主, 霉菌及酵母菌相对较少。咸干鲛鱼的腌渍和干燥工艺使得产品渗透压升高而水分活度降低, 从而抑制了部分微生物的生长。另外, 咸干鲛鱼产品多采用低温保藏, 微生物生长也受到了一定的影响。

2.4 典型菌株的生理生化特性

咸干鲛鱼的品质形成过程主要是微生物发酵的结果。从计数平板上筛选到 10 株典型菌落, 分别编号为 X1~X10, 其生理生化特征如表 3 所示。1955 年芬兰科学家 Niinivaara 提出理想的发酵菌株应具有革兰氏阳性、过氧化氢酶试验阳性、快速产酸、不产气、耐盐性、不产生物胺以及能抑制大肠杆菌(*Escherichia coli*)和金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)等生理特征(Ijong *et al.*, 1996; 刘成江等, 2009; 李凤彩等, 2002)。在所筛选到的 10 株菌中, X2、X4、X5、X9 为革兰氏阴性菌, 其余 6 株为革兰氏阳性菌, 该 6 株细菌均具有抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的活性(表 4), 其中仅 X1 符合上述发酵微生物的标准。因此, 综合判断菌株 X1 可能是咸干鲛鱼发酵过程中的主导菌株。

表3 典型菌株的生理生化特征
Tab.3 The physiological and biochemical properties of dominant bacteria strains

项目 Items	菌株 Strain									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
菌落颜色 Colony colour	乳白色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	半透明	灰白色	淡黄色	灰白色	红色	灰白色
菌体形态 Morphology	杆状	杆状	杆状	杆状	杆状	球形	杆状	杆状	短杆状	球形
革兰氏染色 Gram staining	G+	G-	G+	G-	G-	G+	G+	G+	G-	G+
过氧化氢酶 Catalase	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
葡萄糖产酸 Acid production of glucose	++	+	-	+	+	+	+	+	+	+
葡萄糖产气 Gas production of glucose	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
5% NaCl 生长 Growth at 5% NaCl	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+
产组胺 Production of histamine	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+

“+”表示阳性反应，“-”表示阴性反应

“+” represented positive reaction; “-” represented negative reaction

表4 典型革兰氏阳性菌菌株的抑菌活性
Tab.4 The antibacterial activities of typical Gram-positive bacteria strains

菌株 Strain	大肠杆菌 <i>E. coli</i>	金黄色葡萄球菌 <i>S. aureus</i>
X1	++	+++
X3	++	+
X6	++	++
X7	+++	++
X8	+++	+++
X10	+	+

注：“+”越多表示抑菌活性越强

Note: The more “+” represents stronger inhibition activity

2.5 优势菌株的种类鉴定结果

菌株 X1、X2、X3、X4 分别占菌落总数的 21%、14%、11%、10%，在数量上占有优势。将菌株 X1~X4 的 16S rDNA 序列分别与 GenBank 中的已知序列进行比对，并利用 MEGA 7.0 进行系统发育树的构建，结果见图 2。

根据同源性分析，菌株 X1 与 *Lactobacillus sakei* strain YY1(KM267631.1) 的遗传距离最近，二者的同源性为 100%，因此可以确定 X1 为乳酸杆菌属 (*Lactobacillus*) 的清酒乳杆菌；菌株 X2 与 X4 为同一类群，属于肠杆菌属 (*Enterobacter*) 中的两个种，X2 和 X4 分别与产气肠杆菌 (*Enterobacter aerogenes*)、香坊肠杆菌 (*Enterobacter xiangfangensis*) 的亲缘关系最为密切；菌株 X3 属于短小芽孢杆菌属 (*Lysinibacillus*)

并与长赖氨酸芽孢杆菌 (*Lysinibacillus macrolides*) 的亲缘关系最近。

由此，咸干鲛鱼中的优势菌株主要集中在乳杆菌科 (*Lactobacillaceae*)、肠杆菌科 (*Enterobacteriaceae*) 以及芽孢杆菌科 (*Bacillaceae*)。Huss 等 (1990) 提出当水分活度为 0.98~0.93、盐度为 3.5~10 时，食品及其原料中的优势微生物为乳酸杆菌科、肠杆菌科、芽孢杆菌科、小球菌科 (*Micrococcaceae*) 以及霉菌。而近年来国内外学者先后对鱼鲞、腊鱼等鱼制品进行菌相分析，结果均表明乳酸菌、微球菌、葡萄球菌为发酵优势菌群，影响着鱼制品的风味，并将筛选菌种成功应用于鱼制品，缩短生产周期 (杨锡洪等, 2009; Anihouvi *et al.*, 2007)。曾令彬等 (2007) 的研究表明，腊鱼制品腌制过程中微生物菌群与风味物质的形成密切相关，腌腊鱼制品的优势菌为乳酸菌。Paludan-Müller 等 (2002) 也提出乳酸菌是肉制品发酵过程中的优势微生物，并能促进发酵鱼肉类制品的风味形成。Rantsiou 等 (2005) 从自然发酵香肠中分离到 358 株乳酸菌，其中以弯曲乳杆菌 (*Lactobacillus crispatus*)、植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*) 和清酒乳杆菌为主。Bonomo 等 (2008) 从意大利南部的传统发酵香肠中分离乳酸菌，其中清酒乳杆菌是优势菌 (67%)，其次是戊糖片球菌 (*Pediococcus pentosaceus*) (16%)。本研究结果与上述研究结论基本一致。

3 结论

咸干鲛鱼属于半干低盐咸干鱼制品，NaNO₂ 含量

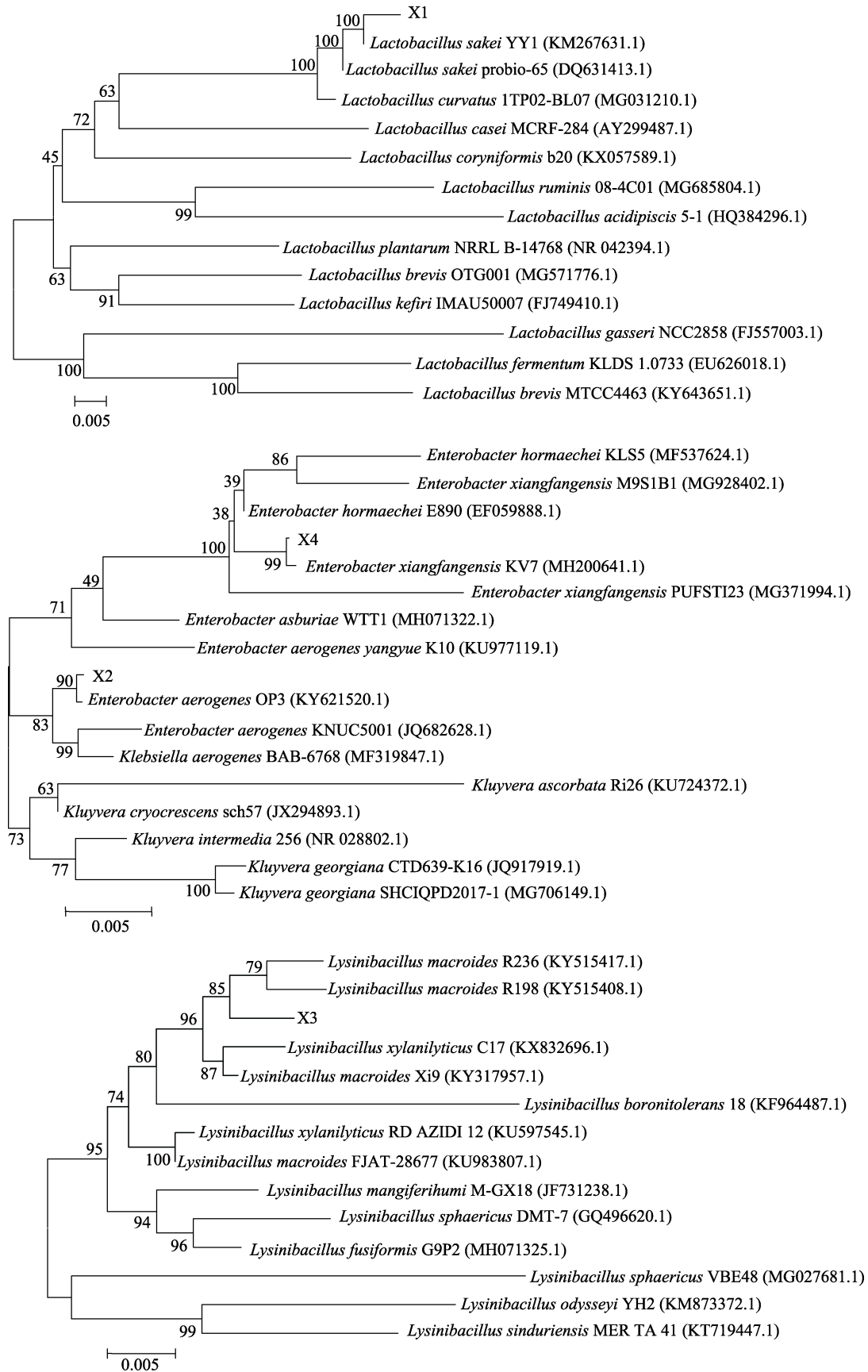


图 2 基于 16S rDNA 的优势菌株 X1~X4 基因序列的系统发育树
 Fig.2 Phylogenetic tree of strain X1~X4 on the basis of 16S rDNA sequence

在食品安全标准规定的范围内,样品的 TVB-N 含量偏高,这可能与原料新鲜度以及发酵过程中蛋白质降解有关, TBARS 值为 10.00 mg/kg, 脂质氧化程度在感官可接受的范围内。咸干鱼样品中的微生物以细菌为主,清酒乳杆菌、产气肠杆菌、长赖氨酸芽孢杆菌和香坊肠杆菌比例相对较高。结合生理生化特征,清酒乳杆菌可能是传统咸干鲛鱼发酵过程中的优势菌株。

参 考 文 献

- Anihouvi VB, Sakyi-Dawson E, Ayernor GS, *et al.* Microbiological changes in naturally fermented cassava fish (*Pseudotolithus* sp.) for *lanhouin* production. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 116(2): 287–291
- Bonomo MG, Ricciardi A, Zotta T, *et al.* Molecular and technological characterization of lactic acid bacteria from traditional fermented sausages of Basilicata region (Southern Italy). *Meat Science*, 2008, 80(4): 1238–1248
- Cao R, Wang FY, Zhao L, *et al.* Qualitative changes of squid (*Loligo japonica*) under different frozen storage temperatures. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(4): 97–103 [曹荣, 王凤玉, 赵玲, 等. 日本枪乌贼(*Loligo japonica*)不同温度冻藏过程中的品质变化. *渔业科学进展*, 2016, 37(4): 97–103]
- Dong XZ, Cai MY. *Manual for systematic identification of common bacteria*. Beijing: Science Press, 2001, 370–398 [东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册. 北京: 科学出版社, 2001, 370–398]
- Ersoy B, Aksan E, Özeren A. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*). *Food Chemistry*, 2008, 111(2): 377–380
- He LJ. Study on fermentation processing of Chinese herring and the analysis of flavor. Master's Thesis of Ningbo University, 2013 [贺林娟. 发酵鲞鱼的制作工艺及挥发性风味成分的研究. 宁波大学硕士研究生学位论文, 2013]
- Huss HH, Valdimarsson G. Microbiology of salted fish. *Fish Technology News*, 1990, 10(1): 3–5
- Ijong FG, Ohta Y. Physicochemical and microbiological changes associated with Bakasang processing—A traditional Indonesian fermented fish sause. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1996, 71(1): 69–74
- Ling DW, Dong XZ. Classification, identification and experimental methods of lactic acid bacteria. Beijing: China Light Industry Press, 1999, 51–199 [凌代文, 东秀珠. 乳酸细菌分类鉴定及实验方法. 北京: 中国轻工业出版社, 1999, 51–119]
- Li FC, Cheng WX, Xie H, *et al.* Discussion on screening criteria of sausage fermented strains. *Science and Technology of Food Industry*, 2002, 23(6): 78–79 [李凤彩, 程文新, 谢华, 等. 发酵香肠菌种筛选标准探讨. *食品工业科技*, 2002, 23(6): 78–79]
- Liu CH. Study on drying-reping process of perch lipolysis and lipid oxidation and fleavour character during processing. Master's Thesis of Nanjing Agricultural University, 2012 [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. 南京农业大学硕士研究生学位论文, 2012]
- Liu CJ, Li KX, Wu H, *et al.* Optimization of bacteria using in fermented meat. *Meat Industry*, 2009(8): 38–41 [刘成江, 李开雄, 吴宏, 等. 用于发酵肉中菌种的优选. *肉类工业*, 2009(8): 38–41]
- Lu XL. Isolation, screening and application of lactic acid bacteria from fermented fish products. Master's Thesis of Huazhong Agricultural University, 2007 [卢晓莉. 鱼酥制品中乳酸菌的分离、筛选及应用. 华中农业大学硕士研究生学位论文, 2007]
- Paludan-Müller C, Madsen M, Sophanodora P, *et al.* Fermentation and microflora of *plaa-som*, a Thai fermented fish product prepared with different salt concentrations. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, 73(1): 61–70
- Rantsiou K, Drosinos EH, Gialitaki M, *et al.* Molecular characterization of *Lactobacillus* species isolated from naturally fermented sausages produced in Greece, Hungary and Italy. *Food Microbiology*, 2005, 22(1): 19–28
- Wu HY, Yang L, Li SD, *et al.* The application of biocatalysis-flavor-technology in aquatic processing. *Guangdong Chemical Industry*, 2010, 37(7): 66–67 [吴海燕, 杨磊, 李思东, 等. 生物催化风味在水产品加工中的应用. *广东化工*, 2010, 37(7): 66–67]
- Yang XH, Wu HY, Xie WC, *et al.* Isolation and identification of *Lactobacillus* spp. and *Staphylococcus* spp. from flavor cured fish. *Food Science*, 2009, 30(21): 192–194 [杨锡洪, 吴海燕, 解万翠, 等. 风味咸鱼中乳酸菌和葡萄球菌的分离与鉴定. *食品科学*, 2009, 30(21): 192–194]
- Yao XL, Xu XL, Li HM, *et al.* Biological characteristics of pathogenic *Streptococcus agalactiae* isolated from *Aequidens rivulatus*. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(2): 106–112 [姚学良, 徐晓丽, 李贺密, 等. 红尾皇冠鱼(*Aequidens rivulatus*)病原无乳链球菌的分离、鉴定与特性分析. *渔业科学进展*, 2015, 36(2): 106–112]
- Zeng LB, Tan RC, Xiong SB, *et al.* Isolation and identification of lactic acid bacteria in cured fish. *Science and Technology of Food Industry*, 2007, 28(1): 115–116, 119 [曾令彬, 谭汝成, 熊善柏, 等. 腌腊鱼加工中优势乳酸菌的分离与鉴定. *食品工业科技*, 2007, 28(1): 115–116, 119]
- Zhu WJ. Research on microbial population structure analysis and fermentation strains screening of fermented Meixiang fish. Master's Thesis of Guangdong Ocean University, 2015 [朱雯娟. 发酵梅香鱼微生物种群结构分析及发酵菌株筛选研究. 广东海洋大学硕士研究生学位论文, 2015]

Analysis of Quality Characteristics and Dominant Strains of Bacteria in Dried Salted Spanish Mackerel

WANG Ruidi, LIU Shengnan, WANG Yu, ZHAO Yanning, XUE Yong^①

(Laboratory of Food Science and Human Health, Food Science and Engineering College, Ocean University of China, Qingdao 266003)

Abstract To better understand the quality characteristics of traditional dried salted Spanish mackerel, the dried salted Spanish mackerel product with the best organoleptic qualities among seven commercial products was chosen, and then its basic physical and chemical characteristics were analyzed, including its salt content, nitrite content, total volatile basic nitrogen (T-VBN) content, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value, and so on. Furthermore, the dominant strains of bacteria, which have important impacts on the fermentation process and flavor formation, were isolated, purified, and identified from the dried salted Spanish mackerel product. The physiological and biochemical characteristics of these dominant bacterial strains were also studied in detail. The results showed that the water content of the traditional dried salted Spanish mackerel was 54.40%, and the salt content was 3.1%, which means that the analyzed product can be classified as a semi-dry and low-salt product. The nitrite content was 5.07 mg/kg, so the sample met relevant food safety standards. The TVB-N content of the dried salted fish product was 40.12 mg/100 g, which exceeds the TVB-N content limit of common fresh and frozen marine fish (30.00 mg/100 g), so these results indicated that the degree of protein degradation during fermentation was significant. The TBARS value was 10.00 mg/kg, which is slightly higher than the recommended standard (8.00 mg/kg); however, the degree of lipid oxidation in the sample was within the range of sensory acceptability because of its low moisture content. In addition, according to the results of plate counts of bacterial colonies, bacteria were inferred to be the dominant microorganisms in the traditional dried salted Spanish mackerel rather than yeasts or molds. On the basis of analyses of 16S rDNA sequences, the dominant strains of bacteria in the product were identified as *Lactobacillus sakei*, *Enterobacter aerogenes*, *Lysinibacillus macroides*, and *Enterobacter xiangfangensis*. Among these, *Lactobacillus sakei* was further identified as possessing the typical characteristics of a fermentative species, and thus probably plays a major role in the fermentation of dried salted Spanish mackerel.

Key words Dried salted fish; Sensory evaluation; Quality characteristics; Bacterial species identification

^① Corresponding author: XUE Yong, E-mail: xueyong@ouc.edu.cn