

# 乳酸菌生产发酵水产品的研究进展

蒋秋燕<sup>1,2</sup>, 孙君辉<sup>1</sup>, 刘向松<sup>3</sup>, 尹春雲<sup>2</sup>

(1. 山东商业职业技术学院, 山东 济南 250103; 2. 齐鲁医药学院 商学院, 山东 济南 250103;

3. 济南佳宝乳业有限公司, 山东 济南 250306)

**摘要:** 介绍乳酸菌生产发酵水产品的研究进展, 以期推进乳酸发酵水产品的研究与开发。根据近年来的相关文献, 对发酵水产品中的乳酸发酵机制及乳酸发酵生产的7类水产品(酸贮液体鱼蛋白、鱼肉香肠、海藻牛奶、海鲜酱油、鱼骨泥高钙饼干、腌腊鱼制品、软壳脊尾白虾)进行综述。各类发酵水产品都有最适的乳酸菌种及最佳发酵条件, 且水产品的感官、营养品质及安全性均得到了一定程度的改善。乳酸发酵能充分利用各种水产资源, 研发乳酸发酵的水产品将有广阔的前景。

**关键词:** 乳酸菌; 水产品; 乳酸发酵; 应用

## Progress in the Application of Lactic Acid Bacteria in Fermented Aquatic Products

JIANG Qiu-yan<sup>1,2</sup>, SUN Jun-hui<sup>1</sup>, LIU Xiang-song<sup>3</sup>, YIN Chun-yun<sup>2</sup>

(1. Shandong Institute of Commerce and Technology, Jinan 250103, Shandong, China; 2. Commerce

Department, Qilu Medical University, Jinan 250103, Shandong, China; 3. Jinan Jiabao Milk Co., Ltd.,

Jinan 250306, Shandong, China)

**Abstract:** This article aims to initiate the progress in the application of lactic acid bacterium in fermented aquatic products, and facilitate the development of fermented aquatic products with lactic acid bacteria. In this article, the studies on fermentation mechanism of lactic acid fermentation in fermented aquatic products were discussed, and we reviewed seven different kinds of fermented aquatic products (Fish silage, Fermented fish sausage, Kelp juice milk, Seafood soy sauce, Calcium-fortified biscuit with fresh water fishbone paste fermented by lactic acid bacteria, Cured fish, Soft-shell *Palaemon carincauda* Holthuis). Our results indicated that there were optimum strains of lactobacillus and optimum fermentation conditions for every kind of fermented aquatic product. In addition, fermenting with lactic acid bacteria could improve the sensing quality, nutritive value and edible safety of fermented aquatic products some extent. Fermentation with lactobacillus can enhance the utilization aquatic resources. Whereas, the development of fermented aquatic products with lactic acid bacteria will potentiate the scope of application in the aquatic industry.

**Key words:** lactic acid bacterium; aquatic products; lactic acid fermentation; application

乳酸菌(Lactic acid bacterium)是一类仅次于酵母的重要的工业微生物,在食品、医药和饲料行业应用十分广泛,蕴藏着巨大的经济价值<sup>[1]</sup>。乳酸发酵是指乳酸菌利用可发酵糖类产生乳酸的过程,不同种属的乳

酸菌其代谢途径也不相同,其代谢途径分为3类(以葡萄糖作为碳源):同型乳酸发酵途径(代谢产物只有乳酸)、异型乳酸发酵途径(代谢产物为乳酸和乙醇)和双歧途径(代谢产物为乳酸和乙酸)。另外,乳酸菌还可产生特殊酶系,在各种酶系的共同作用下,使乳酸发酵食品具有柔和的酸味和香气,还可改进食品的感官品质和质量,使得乳酸发酵的食品具有抗肿瘤和增强免疫力等重要生物学功能。近年来,乳酸菌的抗氧化活性研究也逐渐受到重视<sup>[2]</sup>。

基金项目:山东省社科联社科普及重点项目(11-KPZZ-17);山东省教育厅第三批科技计划课题(J06K59);济南市2014年软科学计划项目(201401421)

作者简介:蒋秋燕(1975—),女(汉),副教授,博士,研究方向:食品科学。

乳酸菌发酵的食品具有悠久历史,一些国家、尤其是亚洲有很多特色的传统乳酸发酵水产品<sup>[3]</sup>。虽然近几十年对乳酸发酵(例如酸奶、泡菜等)进行科学研究的工作较深入,但是相对比较来看,针对乳酸发酵在水产品中的研究报道偏少。本文综述了乳酸菌生产发酵水产品的研究进展,以期对乳酸发酵水产品的研发生产提供理论依据。

## 1 乳酸菌的分类及特性

乳酸菌是指一群可发酵碳水化合物(主要指葡萄糖)产生大量乳酸的细菌的通称,人们已经普遍接受“耐酸性”是筛选理想乳酸菌的特性之一。乳酸菌的特点为:绝大多数是厌氧菌或兼性厌氧菌,细胞为革兰氏阳性,细胞形态为杆菌或球菌,过氧化氢酶为阳性,不形成内生芽孢(芽孢杆菌属、芽孢杆菌属除外),无运动性或仅少运动。按照《伯杰氏系统细菌学手册》(第八版),乳酸菌在分类上涉及到的23个属<sup>[4]</sup>。

乳酸菌是生物圈的重要成员,在自然界分布广泛,从土壤、植物、动物、空气、器皿上都可以分离到乳酸菌,具有拮抗他种微生物生长的作用。乳酸菌的安全性已得到认可,美国FDA将乳酸菌作为GRAS食品级生物制剂。研究表明,乳酸乳球菌乳酸亚种、植物乳杆菌对食盐和亚硝酸盐具有较好的耐受性,无明显降解蛋白质和脂肪能力,不产气、不产氨、不产H<sub>2</sub>S、不产黏,是较理想的肉用乳酸菌种<sup>[5]</sup>;嗜酸乳杆菌对食盐和亚硝酸盐有一定的耐受性,可做为低盐肉制品发酵菌种,或和植物乳杆菌配合作为混合肉制品发酵剂使用。乳酸菌是益生菌,对人体健康无害,且不改变肉类食品的组织状态和感官特性<sup>[6]</sup>,因此预计在水产品领域有着良好的应用前景。

## 2 乳酸发酵食品概况

乳酸菌在代谢过程产生多种抑菌活性物质,主要包括有机酸(以乳酸、乙酸和丙酸为主)、双乙酰、二氧化碳、过氧化氢、细菌素(如乳酸链球菌素 Nisin)、罗伊菌素、抗菌肽和苯乳酸等,对细菌、霉菌和酵母等微生物具有广谱的抑制作用<sup>[5]</sup>,故乳酸菌在食品工业中的应用很广泛。

乳酸发酵自古就被广泛用于果蔬制品、乳制品、肉食加工、酿造和面包制造等。乳酸发酵对食品的主要作用有:提高酸度,改善风味;增加养分,提高营养价值;延长食品保质期,防止腐败;增强人体免疫力,减轻疾病。随着微生物学的深入发展,乳酸菌对人体健康有益的机理被不断揭示,营养学家甚至提出了“生命在于乳酸菌”的观点。

## 3 发酵水产品中的乳酸发酵机制研究

乳酸发酵被认为是一种低成本保藏水产品的办法,东南亚各国较多的传统发酵水产品,主要分两大类:一类是高盐产品,在发酵期间乳酸菌数减少;另一种是低盐产品,在发酵期间乳酸菌大量增殖。乳酸菌的生长繁殖需要糖类物质,因水产品中的含糖量低,故需要外加碳源以促进乳酸菌的增殖。通常添加的是糖、蜜,也可以用玉米粉、小麦粉、木薯粉等代替,以部分代替为好。在一些传统食品中经常用米饭、大蒜等为碳源。近年来,各国开展了一些针对传统发酵水产品中的乳酸发酵机制研究。

### 3.1 发酵水产品中的乳酸菌种类研究

人们发现从各种食品中分离出的乳酸菌普遍具有抗菌(尤其是抗李斯特菌)作用。A.Østergaard等<sup>[6]</sup>从泰国传统发酵鱼类制品鳕鱼鱼片中分离出44株乳酸菌进行研究,发现44株全可以抑制革兰氏阳性菌和霍乱弧菌,其中43株乳酸菌可抑制李斯特假单胞菌。在44株乳酸菌中只有4株可以降解和发酵加入的外源糖类(米饭、马铃薯和玉米淀粉),这提示可能有其它类型的微生物或其它不知道的因素促进了快速发酵。这些抑制致病菌和鱼类腐败菌作用的乳酸菌在产品的安全性上起重要的作用。

Martine Morzel等<sup>[7]</sup>研究了5株乳酸菌:米酒乳杆菌、食品乳杆菌、戊糖乳杆菌03A、米酒乳杆菌38和栖鱼肉杆菌85在鲑鱼鱼片发酵中的作用,结果表明菌种对产品的组织状态和颜色有影响。米酒乳杆菌和食品乳杆菌两个商业菌种产酸快,酸化作用使肌肉组织的pH值在5d内降了0.7个单位,产品的口感好、颜色浅;栖鱼肉杆菌85的pH值降低慢,5d内降了0.2个单位,产品的肌肉软化。经感官评定认为米酒乳杆菌和食品乳杆菌发酵的样品更好,因此认为米酒乳杆菌和食品乳杆菌是发酵鲑鱼鱼片的理想发酵剂。

I.Sanni等<sup>[8]</sup>从零售的加纳发酵鱼类调味品 Momoni 中分离到9个属的67个菌株,并对 Momoni 的化学成分进行分析:水分含量为50%、蛋白质含量为16.8%~21.9%、可滴定酸度为2%、pH值大于6.0;主要氨基酸是谷氨酸(12.4%~14.5%)。高pH值、高含盐量(294 g/kg~310 g/kg)和低乳酸菌含量(10<sup>3</sup> cfu/g),提示 Momoni 的发酵过程主要是由鱼的内源酶类引起的,而与所含的微生物关系不大。

张振宇等<sup>[9]</sup>从我国云南省德宏地区的傣家酸鱼中分离到10个菌株,筛选出乳酸发酵菌株3个,进一步的鉴定表明这3株菌均为植物乳杆菌,均能在pH 3.5以下生长。胡彦新等<sup>[10]</sup>从我国侗族酸肉、贵州酸汤、苗族酸鱼等传统食品中分离出分离到63株乳酸菌,其中

有3株均可产生蛋白质类抑菌物质-细菌素,进一步鉴定为香肠乳杆菌、乳酪段杆菌、植物乳杆菌。

湛剑龙等<sup>[11-12]</sup>从我国贵州侗族苗族酸鱼、酸肉中的乳酸菌中筛选出具有较好抗氧化作用的弯曲乳杆菌和戊糖片球菌,娄利娇等<sup>[13]</sup>对这两株乳酸菌的耐受特性进行了研究,结果表明均可在高酸度环境下生长,且均对高渗透压和高亚硝酸盐表现出不同程度的耐受性,故在开发乳酸发酵水产品方面有较大应用潜力。

Wessels S.等<sup>[14]</sup>研究表明,乳酸乳球菌乳酸亚种 ATCC 11454 产生的 Nisin 有抑制李斯特单胞菌的作用,他们将 ATCC 11454 与李斯特单胞菌 Scott A 共同接种在 BHI 培养基上,30℃培养 31 h 后,李斯特单胞菌量从  $5 \times 10^5$  减少到 5 cfu/mL,试验证实即食水产品病原菌的减少不是由于接种的乳酸菌产生的乳酸的作用,而是产生的 Nisin 对李斯特单胞菌的抑制作用。

L-JYin 等<sup>[15]</sup>研究了混合乳酸菌菌株(植物乳杆菌、乳酸乳球菌、干酪乳杆菌及乳杆菌)在鲭鱼糜发酵中的情况,发现 37℃培养 72 h 后,鲭鱼制品中的杂菌得到抑制而乳酸菌大量增殖。

在发酵水产品中主要应用乳酸菌产酸的保藏特性,但是 Lone Gram 等<sup>[16]</sup>认为乳酸菌会引起采取轻微保藏措施水产品的腐败,这种败坏有可能是由乳酸菌中明串珠菌属、肉食杆菌属和米酒乳杆菌属中的产硫菌株及某些嗜冷杆菌或磷发光菌属引起的。Christine 等<sup>[17]</sup>对货架期结束的真空包装冷熏鲑鱼中的微生物区系进行研究,测得各类菌的含量:乳酸菌为  $10^7$  cfu/g~ $10^9$  cfu/g (占优势)、肠杆菌为  $10^7$  cfu/g~ $10^8$  cfu/g、弧菌为  $10^6$  cfu/g~ $10^7$  cfu/g。他们将其中的乳酸菌分离出来,接种到无菌的鱼肉上,发现即使鱼乳杆菌含量在  $10^7$  cfu/g~ $10^8$  cfu/g 高水平下繁殖几个星期并不能加速冷熏鲑鱼的腐败进程,鲑鱼的自溶作用可引起苦味、酸腐味和组织软化,这与鲑鱼的腐败有很大关系。因此,目前的试验结论不支持乳酸菌会引起采取轻微保藏措施的水产品腐败的观点,这个问题还有待深入研究。

### 3.2 发酵水产品中的碳源研究

传统的低盐发酵水产品在东南亚很普遍,使用的典型原料是淡水鱼类、盐(2%~7%)、碳源(大米、小米、糖品、水果等)、调味料(大蒜、生姜、红辣椒、胡椒粉等)。因为鱼类中的碳水化合物含量低,传统观点认为在发酵鱼类制品中添加米饭的主要作用是作为乳酸菌的碳源,来降低鱼肉的高缓冲能力,以便使产品的 pH 值在发酵初期的 2 d 内快速降至低于 4.5 而发挥保藏作用;认为添加大蒜的主要作用有两个:1)蒜素对革

兰氏阴性菌的杀菌作用;2)刺激乳酸菌的生长。

制作低盐发酵产品 Som fak 的原料中带有不同种类的乳酸菌,Christine 等<sup>[18]</sup>从生鱼片和碎鱼上分离到乳酸乳球菌乳酸亚种和柠檬色明串珠菌,从熟米饭中分离到副干酪乳杆菌副干酪亚种,从捣碎的蒜和香蕉叶中分离到融合乳杆菌;从原料中还分离到了植物乳杆菌、戊糖乳杆菌和戊糖片球菌。研究发现,在 Som fak 发酵期间占优势的菌群是同型乳酸发酵的植物乳杆菌和戊糖乳杆菌,其中 9% 的菌株是发酵淀粉(米饭)的,19% 的菌株是发酵大蒜的。在 Som fak 的发酵过程中,发酵大蒜菌株的百分比从第 1 天的 8% 不断上升到第 5 天的 40%;在发酵开始前可以分离到发酵淀粉的菌株,但在发酵过程中就分离不到发酵淀粉的菌株了。分别制备只发酵淀粉的、只发酵大蒜的及发酵淀粉和大蒜的混合菌种进行试验,发现使用只发酵淀粉的菌种不能让 Som fak 进行同型乳酸发酵,并且 3 d 后出现感官上的腐败现象;使用混合菌种,2 d 后可产生 2.5% 的酸,pH 值低于 4.5;使用只发酵大蒜的菌种,仅是发酵速度会轻微变慢;使用混合菌种,但 Som fak 的原料中不加大蒜时,发酵 3 d 后的 pH 值高于 4.8。因此 Christine Paludan-Muller 等认为大蒜是 Som fak 发酵过程中乳酸菌的主要碳源。

此外,在朝鲜的发酵鱼类制品 Gajami Sikhae 中(Sikhae 是朝鲜民间经常食用的一类乳酸发酵鱼类制品,含盐量 6%~8%,产品 pH 值 4~5,该产品在室温下能保藏 1 个月~2 个月,这为以米饭为主食的朝鲜人民提供了大量的蛋白质),当大蒜的含量从 2.5% 增加到 5.0% 后,可使产品的最终 pH 值更低,这一结果表明作为碳源方面,大蒜的作用比米饭更好。在一些不使用大蒜的发酵鱼类产品中,添加预先经酵母菌和霉菌发酵过的物质来分解米饭中的淀粉。

### 3.3 发酵水产品的风味成分及安全性研究

色香味形是食品的重要感官评价指标,对食品的风味成分进行分析有助于指导食品的进一步研发。鱼肉组织含有大量不饱和脂肪酸、饱和脂肪酸、蛋白质及少量碳水化合物,发酵期间在乳酸菌和其他因素的作用下会发生一系列的化学反应,产生一些低风味阈值的小分子物质。随着气相、液相及质谱等高精度检测仪器的普及,人们对形成传统发酵食品独特风味的物质基础进行了较深入的分析。李来好等<sup>[19]</sup>采用顶空固相微萃取和气相色谱-质谱联用分析技术,对传统腌制的柳叶鱼、红牙鲷、小黄鱼及带鱼的主要风味物质进行分析,分析表明以醛类、醇类和烃类为主。吴燕燕等<sup>[20]</sup>采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析技术,对比了红牙鲷采用低盐乳酸菌法与传统法腌制后

的风味成分,结果表明低盐乳酸菌发酵的红牙鲢中挥发性物质总量达 35 种,较传统腌制干的 21 种风味物质显著增加;因风味成分以醛、醇、酮类化合物为主,故增加了特有的花香味、水果香味及酒香味;且未检出胺类物质,显著提高了产品的品质和安全性。游刚等<sup>[21]</sup>采用顶空固相微萃取和气相色谱-质谱联用分析技术,对比了六齿金线鱼采用复合乳酸菌发酵法与传统高盐法腌制后的风味成分,结果表明复合乳酸菌发酵的六齿金线鱼中挥发性物质总量达 92 种,较传统高盐法腌制的 62 种风味物质显著增加;两种处理产生的独特风味成分均以醛、醇、酮类化合物为主,其中复合乳酸菌发酵鱼肉的醛、醇、酮类化合物总量达 41 种,传统高盐腌制的为 25 种,明显改善传统高盐腌制鱼肉的风味;且未检出胺类等致癌物质,产品的品质和安全性得到了保证。

因高盐腌制品易形成亚硝酸盐、亚硝胺等安全隐患物质,近年来添加乳酸菌降低泡菜、酸菜、香肠等产品中的亚硝酸盐、亚硝胺研究较多,龚刚明等<sup>[22]</sup>分离了乳酸菌发酵液中的亚硝酸盐还原酶,并对酶学性质进行了测定,研究表明亚硝酸盐还原酶在碱性环境中活性全部消失,在酸性环境下有酶活性,且酶的最适 pH 值为 5.5。陈中等<sup>[23]</sup>采用自制培养基对植物乳杆菌降解亚硝酸盐的机理进行了研究,发现酸降解作用(乳酸通过与亚硝酸盐发生歧化反应达到去除亚硝酸盐的效果)和酶降解作用同时存在,且植物乳杆菌培养液中 pH 值为 4 或以下时,酸降解作用比较强烈,酶降解作用也显著增强。游刚等<sup>[24]</sup>向传统腌制完成后的红牙鲢中添加复合乳酸菌进行再发酵,研究表明,添加组中乳酸菌在腌制和贮藏过程中均为优势菌群,有抑制其他细菌生长的作用;且添加组的鱼肉中亚硝酸盐和亚硝胺的含量显著低于未添加组,证明添加乳酸菌对咸鱼中的硝酸盐和亚硝胺的形成有阻断作用。故添加乳酸菌在一定程度上提高了腌制鱼肉的安全性。

#### 4 乳酸菌生产发酵水产品的应用进展

乳酸菌在水产品中的应用以传统食品的天然乳酸发酵为主,应用乳酸菌制剂进行工厂化生产的则较少,目前,对乳酸发酵在水产品生产中的应用研究正逐渐增多,并且乳酸菌在水产品保鲜方面的研究<sup>[25-27]</sup>和水产养殖上的应用研究<sup>[28-29]</sup>也逐渐成为近年来的热点。

有关乳酸发酵在水产品生产应用的研究中,我国开展的工作多集中在产品种类的开发,而国外则注重对乳酸菌菌种的研究。

#### 4.1 生产酸贮液体鱼蛋白

大量低值鱼虾及水产品加工中的废弃物如鱼虾的头、尾、皮、碎骨及内脏等,在缺乏鱼粉生产设备的情况下,可以及时加工成耐贮的、营养丰富的液体鱼蛋白饲料<sup>[30]</sup>。酸贮液体鱼蛋白是指鱼或鱼废弃物经绞碎后,加酸或加糖蜜发酵抑制其腐败细菌生长,加速其自身酶的作用,所制成的液状饲料。制备酸贮液体鱼蛋白的原料为生鲜原料,其中含有大量的微生物以及原料自身的组织酶类,它们共同作用的结果会导致原料迅速腐败。通过外界直接加酸或靠发酵作用产生乳酸积累,均可使原料处于一定的酸性环境中,由此抑制腐败微生物的活动,同时还可促进自溶酶类的活性,其结果是在鲜度保持基本稳定的状态下,蛋白质水解成低分子肽类和游离氨基酸。

1954 年法国 Kreuer 报导了用乳酸菌制备液体鱼蛋白饲料,1963 年保加利亚 Georgiev 等报导了发酵法制备液体鱼蛋白饲料及制备过程中的化学变化,70 年代在联合国 FAO 倡导下,英国、泰国等都相继试验或生产液体鱼蛋白饲料。我国于 1991 年在大连、山东的沿海建立了专门生产酸贮贻贝的液体饲料加工厂,经液化的贻贝蛋白营养丰富且具有诱食性,是养虾业很好的饵料配料。生产液体鱼蛋白的原料大致与鱼粉生产原料相似,有些不适于生产鱼粉的原料如带壳的贝类等均可生产液体鱼蛋白,酸贮虾头、酸贮乌贼内脏等均是很好的生产复合饲料的原料<sup>[31]</sup>。

#### 4.2 生产发酵鱼肉香肠

用乳酸菌作发酵剂生产发酵鱼肉香肠,可充分利用低值鱼类资源,补充人类对动物性蛋白质的需求,为低值鱼类资源的精深加工提供科学的理论依据。张风宽等<sup>[32]</sup>将鲑鱼去除内脏和鱼刺,剔出鱼肉,清水漂洗干净后沥水备用;将鱼骨、刺用胶体磨研成骨泥,添加在香肠内,补充钙质;用植物乳杆菌和啤酒片球菌生产中式发酵鱼肉香肠。

研究结果表明,接种植物乳杆菌和啤酒片球菌进行鱼肉发酵可缩短生产时间,提高产品安全性和质量稳定性,以植物乳杆菌为发酵剂的产品游离氨基酸增加值最高,是发酵鱼肉香肠的首选菌种。发酵鱼肉香肠增加了游离氨基酸的含量,赋予制品以独特的风味,提高了制品的营养价值,抑制了有害菌的生长,可延长制品的贮藏时间,同时可以更好地利用低值鱼类资源。

#### 4.3 生产发酵海藻牛奶

海藻是海洋植物的主体,主要经济海藻包括褐藻、红藻、绿藻等,海带是褐藻的主要成员,沿海地区资源丰富。海带中的褐藻酸能与重金属镉、锡结合;甘露

醇与烟酸结合会降低血中胆固醇;岩藻多糖有抑制大肠癌的作用;脂类也以不饱和脂肪酸为主,还有丰富的碘(0.27%~0.72%)、钙以及V<sub>B</sub>族、V<sub>A</sub>、V<sub>C</sub>等营养成分。以前对海带的开发利用主要是有效成分的提取、利用及大众化的简易海带食品,食用面不广、开发利用深度不够,随着对海洋食品的功能不断认识和研究,新型海带食品饮料也已问世,但由于海带有一种很难接受的腥味,限制了饮料的深度开发。

近年来,利用乳酸菌发酵制备饮料已引起关注,吴祖芳等<sup>[3]</sup>将海带汁加入牛乳进行乳酸菌发酵,研究表明分离培养的保加利亚乳杆菌(LD<sub>5</sub>)和嗜热链球菌(S<sub>EC</sub>)产酸较高。虽然海带汁中存在一定的抑菌物质,但试验表明乳酸菌不仅能够适应这种环境,而且能有效地去除海带的腥味,从而将海洋植物与牛乳的营养成分互补。经乳酸菌发酵的各种营养物质更易为人体消化吸收,且含大量有益的乳酸菌活菌。乳酸发酵海带牛奶是一种新型天然的全营养绿色食品,特别适合作为婴幼儿、老年人的健康保健食品;以研制成的凝固奶为基料,还可进一步制成各种海藻保健奶饮料。

#### 4.4 生产发酵海鲜酱油

海洋中的鱼、贝、虾类等所含的蛋白质、微量元素及维生素,是陆地动植物所不能比拟的。然而由于加工和保鲜技术跟不上,导致大量水产品腐败变质,造成资源极大的浪费。为了让海洋资源地发挥更大的效益,增加其附加值,朱碧英等<sup>[4]</sup>以鳀鱼为主要原料,研究采用多种食用微生物协同酿造发酵法,制取具有传统酱油色、香、味的新型高档海鲜营养酱油。

在我国,以鱼为原料制作鱼露(也称鱼酱油)有悠久的历史,但传统生产方法工艺落后,生产周期长,而且制得的产品鱼腥味及腌渍味很大,适口性差,没有酱油的色、香、味,还有近饱和的高盐等缺点,限制了鱼露产品的发展。朱碧英等将食用微生物(As 3.045、As 3.350、耐盐乳酸菌、耐盐酵母菌)加入到低值鱼中,添加一定量的碳源,在合适的温度、湿度条件下,微生物迅速繁殖;酿造发酵过程中,微生物分泌多种蛋白酶,将鱼肉蛋白质水解成氨基酸或小分子肽类;发生的一系列微生物生化反应,还可将产生鱼腥味的主要成分三甲胺分解;反应体系中部分氨基酸与发酵液中的还原糖发生美拉德反应,最终得到了具有传统酱油色、香、味,且无任何鱼腥味的鳀鱼营养酱油。通过分析,鳀鱼酿造的海鲜营养酱油不仅味鲜美,而且含有丰富的赖氨酸、生理活性物质牛磺酸、高含量的游离钙等海洋鱼类所特有的营养元素。

#### 4.5 生产鱼骨泥高钙饼干

在淡水鱼的工业化加工中,会产生约占鱼体重量

30%左右的鱼头、鱼骨、鱼鳍等下脚料,我国一般将其作为废物丢弃,或是简单加工成低值的鱼粉、饲料等,经济效益低下。其实鱼头、鱼骨中的矿物质丰富,是一种天然优质钙源,若加以利用,既可以充分利用资源,又可以减少环境污染、推动水产养殖业的发展,具有较好的经济效益和社会效益。

李昀等<sup>[5]</sup>将鲢鱼鱼头、鱼骨、鱼鳍等制成鱼骨泥,经过试验,选择用丁二酮乳酸链球菌、添加蔗糖为碳源、在40℃下培养10d等条件来发酵鲢鱼骨泥,并将发酵液作为主要辅料应用于饼干的制作中,研制出一种钙含量达95.84 mg/100 g新型高钙饼干,并且试验还发现该发酵过程具有良好的脱腥脱苦效果。乳酸发酵鲢鱼废弃物为淡水鱼的深加工和综合利用开辟了一条新的途径。

#### 4.6 生产腌腊鱼制品

腌腊鱼制品是我国传统的风味食品,传统的制作主要是自然发酵,但存在含盐量高、脂肪氧化过度、生产周期长等问题,周长艳等<sup>[6]</sup>用从传统腊鱼中分离纯化得到的优势乳酸菌混合菌株(干酪乳杆菌:香肠乳杆菌:乳酸乳杆菌的菌浓度比为1:1:1)接种,接种量为10<sup>6</sup> cfu/g、食盐添加量5%、腌制温度10℃、腌制时间4d(较传统的方法缩短了3d),此条件下生产的腊鱼具有红棕色光泽,酸味柔和、咸度低,质地紧密,保留了传统腊鱼的香腊味。

#### 4.7 生产软壳脊尾白虾

虾的营养丰富,其肉质松软、易消化,深受人们的喜爱。然而坚硬的虾壳不仅剥除困难,且壳中丰富的钙和甲壳素也会随壳一起丢弃。陈小芳等<sup>[7]</sup>用植物乳杆菌对脊尾白虾进行乳酸发酵软化处理,研究发现乳酸发酵过程中有两类作用发生,一方面分泌的大量乳酸分解了虾壳中的碳酸钙,使虾壳得到软化,且产生的乙酸、乳酸等与虾壳中的钙结合生成乳酸钙,渗透进虾肉后可提高钙的生物利用率,另一方面分泌出的胞外蛋白酶系可导致虾肉降解糜烂。经试验确定最佳软化条件是:接种量为10<sup>8</sup> cfu/mL、蔗糖添加量5%、温度25℃、发酵时间24h,此条件下软化的脊尾白虾,不仅肉质风味保存良好,虾壳软化后脆度下降、韧性增强,且所含的钙也易于吸收,避免了虾壳资源的浪费。

## 5 展望

在我国食品工业的供给侧改革中,水产品加工业的转型升级方向是精深加工。乳酸菌因其特殊的生理功能,可望在水产品的深度开发方面发挥重要的作用。由于乳酸菌是厌氧或兼性厌氧菌,生长需要一定量的碳源,这使得它在水产品中的应用受到限制。对

于水产品加工业来说,期望商业化的乳酸菌具有:可抑制水产品中病原菌、可产生特殊的降解水产品的酶系、可产生抑制水产品中病原菌的 Nisin、可阻断硝酸盐和亚硝酸盐的形成、可去除鱼腥味等不良风味等一种或多种功能,因此应用于各类水产品发酵加工的乳酸菌筛选将有很多工作需要深入研究。此外,促进乳酸发酵前期乳酸菌大量增殖的外加碳源,也应结合具体的产品配方进行研发。随着对水产品中乳酸菌的菌种筛选和外加碳源种类研究的不断深入,不仅能实现传统乳酸发酵食品的工业化,而且会大大丰富乳酸发酵食品的种类,为人类提供更多有益健康的膳食。

### 参考文献:

- [1] 霍贵成.乳酸菌的研究与应用[M].北京:中国轻工业出版社,2007:1-2,14
- [2] 王悦齐,吴燕燕,李来好,等.乳酸菌的抗氧化活性及其在水产品加工中的应用[J].食品工业科技,2015(8):356-360,364
- [3] Sook Jong Rhee, Jang-Eun Lee, Cheryl-Ho Lee. Importance of lactic acid bacteria in Asian fermented foods[J]. Microbial Cell Factories, 2011,10(S1):1-13
- [4] 张飞,刘哲,罗爱平.冷鲜调理肉三种乳酸菌发酵剂的筛选[J].中国酿造,2016,35(3):104-107
- [5] 吴祖兴,张华.发酵肉制品乳酸菌菌种筛选研究[J].食品科学,2002,23(9):47-49
- [6] 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(1):223-233
- [7] Martine Morzel, Gerald F Fitzgerald, Elke K Arendt. Fermentation of salmon fillets with a variety of lactic acid bacteria[J]. Food Research International,1997,30(10):777-785
- [8] Sanni A I, Asiedu M, Ayernor G S. Microflora and chemical Composition of Momoni, a Ghanaian Fermented Fish Condiment[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2002(15):577-583
- [9] 张振宇,李忠孝,袁明龙,等.傣家酸鱼中乳酸菌的分离鉴定及乳酸发酵的初步研究[J].食品与发酵工业,2014,40(11):41-45
- [10] 胡彦新,李清,王英,等.传统发酵食品中产细菌素乳酸菌的筛选与鉴定[J].江苏农业科学,2016,44(1):276-278
- [11] 湛剑龙,王扬凡,胡萍.贵州侗族酸肉中一株抗氧化弯曲乳杆菌 LAB26 的鉴定及特性[J].肉类研究,2014,28(6):1-4
- [12] 湛剑龙,王杰霖,胡萍,等.一株乳酸菌 DPPH 自由基清除率影响因素研究[J].食品科技,2015,40(8):21-25
- [13] 娄利娇,胡萍,湛剑龙,等.分离自贵州侗族苗族发酵肉中两株乳酸菌的耐受特性分析[J].中国酿造,2015,34(11):126-130
- [14] Wessels S, Huss H H. Suitability of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 as a protective culture for lightly preserved fish products[J]. Food Microbiology,1996,13(4):323-332
- [15] L-JYin, C-LPan, S-TJiang. Effect of lactic acid bacterial fermentation on the characteristics of minced mackerel[J]. Journal of Food Science,2002,67(2):786-792
- [16] Lone Gram, Hans Henrik Huss. Microbiological spoilage of fish and fish products[J]. International Journal of Food Microbiology,1996,33(1):121-137
- [17] Christine Paludan-Müller, Paw Dalgaard, Hans Henrik Huss, et al. Evaluation of the role of *Carnobacterium piscicola* in spoilage of vacuum- and modified-atmosphere-packed cold-smoked salmon stored at 5 °C[J]. International Journal of Food Microbiology,1998,39(3):155-166
- [18] Christine Paludan-Müller, Hans Henrik Huss, Lone Gram. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Thai low-salt fermented fish product and the role of garlic as substrate for fermentation[J]. International Journal of Food Microbiology,1999(46):219-229
- [19] 李来好,丁丽丽,吴燕燕,等.咸鱼中的挥发性风味成分[J].水产学报,2012,36(6):979-988
- [20] 吴燕燕,游刚,李来好,等.低盐乳酸菌法与传统法腌干鱼制品的风味比较[J].水产学报,2014,38(4):600-611
- [21] 游刚,牛改改.复合乳酸菌发酵六齿金线鱼肉的挥发性风味成分探究[J].食品与发酵工业,2016,42(1):167-173
- [22] 龚刚明,吕玉涛,管世敏,等.乳酸菌亚硝酸盐还原酶制备及酶学性质[J].中国酿造,2011(1):58-60
- [23] 陈中,林浩,林伟峰.植物乳杆菌在自制培养基中降解亚硝酸盐的研究[J].现代食品科技,2014,30(3):53-57
- [24] 游刚,吴燕燕,李来好,等.添加复合乳酸菌再发酵对腌干鱼肉微生物、亚硝酸盐和亚硝酸盐的影响[J].南方水产科学,2015,11(4):109-115
- [25] 吕欣然,白凤翎,励建荣.乳酸菌生物保鲜在水产品中的应用研究进展[J].食品工业科技,2014,35(2):340-345
- [26] 周晔,王国霞,黄文庆,等.乳酸菌对南美白对虾保鲜效果的初步探讨[J].广东农业科学,2010,(10):117-119
- [27] 张咏梅,张家国.乳酸菌在水产品保鲜的应用现状及发展趋势[J].食品研究与开发,2011,32(8):190-192
- [28] 刘君,林俊芳,郭丽琼,等.水产源乳酸菌的多样性及抑菌活性研究[J].水产科学,2015,34(6):351-357
- [29] 张家国,刘翠玲.乳酸菌代替抗生素在水产养殖上的应用[J].中国水产,2014(7):66-68
- [30] 余伯良.乳酸菌在液体鱼蛋白发酵中的应用[J].广东饲料,1998(3):13-14
- [31] 刘俊荣.鱼蛋白的综合利用途径.2.酸贮液体鱼蛋白[J].水产科学,2000,19(6):36-38
- [32] 张凤宽,王立哲.发酵鱼肉香肠的研制[J].肉类研究,1999(2):19-22
- [33] 吴祖芳,翁佩芳,楼阳升,等.海带牛奶乳酸发酵的初步研究[J].浙江水产学院学报,1995,14(4):261-266
- [34] 朱碧英,毋瑾超,冯旭文.多菌种酿造鳀鱼保健酱油的理化指标及氨基酸组成分析[J].海洋科学,2001,25(11):10-12
- [35] 李响,刘漪.乳酸菌发酵淡水鱼骨泥制备高钙饼干的研究[J].食品科技,2008(7):98-100
- [36] 周长艳,黄泽元,田国军.乳杆菌在腌制腊鱼制品中的应用[J].食品科学 2012,33(1):215-218
- [37] 陈小芳,娄永江,王锦富.乳酸菌发酵法制备软壳脊尾白虾技术[J].食品与生物技术学报,2016,35(5):510-516