

乳酸菌生物保鲜在水产品中的应用研究进展

吕欣然,白凤翎*,励建荣

(渤海大学化学化工与食品安全学院,辽宁省食品安全重点实验室,
“食品贮藏加工及质量安全控制工程技术研究中心”辽宁省高校重大科技平台,辽宁锦州 121013)

摘要:腐败和致病微生物是导致水产品腐败和食用安全的主要因素,由于物理化学微生物控制技术在鲜活和微加工水产品应用受到限制,致使生物保鲜技术在食品领域悄然兴起。本文对水产品中的细菌菌相构成,生物保鲜技术和乳酸菌生物保护剂在水产品中的应用等方面进行综述,重点阐述冷冻和鲜活水产品中的乳酸菌来源、控制目标微生物和乳酸菌抑菌机制以及在水产品中的应用前景,旨在进一步开发乳酸菌生物保护剂在水产品中的潜在应用价值。
关键词:水产品,乳酸菌,腐败菌,致病菌,生物保护剂

Research progress in the application of biological preservation with lactic acid bacteria in aquatic products

LV Xin-ran, BAI Feng-ling*, LI Jian-rong

(College of Chemistry, Chemical Engineering and Food Safety, Bohai University, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Engineering and Technology Research Center of Food Preservation, Processing and Safety Control of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China)

Abstract: Spoilage microorganisms and pathogens are major factors in spoilage of aquatic products and food safety. Some physical and chemical techniques are restricted in food preservation and lightly processing fishery products, which leads to the emergence of bio-preservative techniques quietly. The microflora composition of aquatic products, bio-preservation techniques of marine products, and the application of bio-protective control both spoilage and pathogenic bacteria using lactic acid bacteria, were reviewed. These sources of lactic acid bacteria in cold condition and fresh fishery products, inhibiting target bacteria, antibacterial mechanism of lactic acid bacteria and its application prospect were elaborated. It was further raised the potential value for lactic acid bacteria as bio-protective agents in aquatic products.

Key words: aquatic products; lactic acid bacteria; spoilage bacteria; pathogen; bio-protective agent

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)02-0340-06

水产品因具有低脂肪、低热量、高蛋白等特点,是人们不可或缺的食品营养来源。水产品鲜度反映水产品质量和安全状况,同时也决定产品的市场价值。由于水产品富含微生物生长的各种营养物质,为其自身和外表细菌繁殖提供有利条件,导致产品容易发生腐败变质和食品安全问题。因此,水产品保鲜主要是控制产品中微生物的生长繁殖。目前水产品保鲜技术主要包括物理法和化学法,物理保鲜法采取低温、气调和辐照等方式,化学保鲜法应用化学防腐剂^[1]。由于水产品低温保鲜对冷链的要求较高,对贵重的水产品而言,稍有闪失就会导致严重的经

济损失。化学防腐剂不仅在产品中残留危害人类健康,而且因对致病菌产生抗药性影响抑菌效果。对鲜活和微加工水产品而言,物理化学方法应用受到很大限制,迫切需要研发一种无毒、高效、无残留的水产品保鲜新技术。生物防腐技术通常利用天然微生物或来自动植物和微生物的抗微生物代谢产物抑制腐败微生物和致病菌的一种无损保鲜技术,具有对产品的营养和感官特性影响小特点。乳酸菌生物保护剂(bio-protective agent)是以乳酸菌或其代谢产物为主体的天然生物制剂,因其使用安全高效、作用广谱而在食品领域广泛应用^[2]。本文针对水产品中细菌菌相构成,生物保鲜技术和乳酸菌生物保护剂在水产品中的应用与研究进行综述,探究乳酸菌生物保鲜应用的潜在价值,为水产品生物保鲜提供借鉴。

1 水产品中的微生物

1.1 水产品中自然细菌菌相构成

新鲜鱼肌肉中是无菌的,微生物主要分布在鱼

收稿日期:2013-07-18 * 通讯联系人

作者简介:吕欣然(1990-),女,硕士研究生,研究方向:食品质量与安全控制。

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAD29B06);辽宁省高校重大科技平台开放课题(LNSAKF2011011)。

的表面黏液、腮和肠道中。依据海产品的种类、水域状况(如温度、盐度、氧气等),新鲜水产品中细菌菌相的差异性较大。

生长在0~25℃温带水域中鱼的细菌菌相通常由革兰氏阴性嗜冷菌组成,主要成员是 γ 型变形细菌,包括假单胞菌、希瓦氏菌、不动杆菌、气单胞菌、弧菌、莫拉氏菌及一些发光杆菌等,而革兰氏阳性的杆菌、微球菌、棒状杆菌、乳酸杆菌和梭菌也有不同的数量存在^[3-7]。在热带海洋水域中的鱼体内也发现了大量的革兰氏阴性菌,其中肠杆菌和弧菌是优势菌^[8]。对水产动物胃肠道中内源微生物比表皮和黏液外源微生物研究相对较多,因为内源性微生物需消化动物内部的营养物质^[9]。通常革兰氏阴性弧菌、不动杆菌和肠杆菌是水产动物胃肠道的优势菌^[10],这可能是由于低pH、低含氧量和高营养物质为这些细菌提供适宜的生存环境有关。尽管胃肠道环境部分是厌氧的,但有时一些鱼的肠道中葡萄球菌成为优势菌,这也许与捕捞过程等因素有关^[11]。例如Huber等通过分子生物学技术研究虹鳟鱼肠道中的需氧菌占总菌数的50%~90%^[12]。

1.2 腐败菌

来自海洋动物生长环境和体内外的微生物是引起捕捞后水产品腐败的主要原因,其中只有一部分微生物与水产品腐败有关,这种引起腐败的主导菌称为特定腐败菌^[12]。Gram等研究发现冰鲜鱼中优势腐败菌是腐败希瓦氏菌和假单胞菌,而自然存放水产品的优势腐败菌是革兰氏阴性发酵菌,包括肠杆菌等^[3]。CO₂包装水产品中的磷光发光菌(*Photobacterium phosphorescens*)和乳酸菌是引起水产品腐败的主体微生物^[13]。刘寿春等研究发现,淡水养殖的罗非鱼优势腐败菌群是埃希氏大肠杆菌、粪链球菌和铜绿假单胞菌^[14]。Laursen等研究发现引起对虾优势腐败菌是热杀索丝菌(*Brochothrix thermosphacta*)^[15]。

1.3 致病菌

水产品中致病菌主要分为三个类群:一是其本身固有的天然细菌类群,如肉毒梭菌、致病性弧菌和气单胞菌等;二是来自环境污染的细菌如埃希氏大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等;三是在加工过程中污染的细菌如蜡样芽孢杆菌、单增李斯特菌和沙门氏菌等^[1]。

副溶血弧菌(*Vibrio parahaemolyticus*)是海洋环境中天然栖息的嗜盐性细菌,在海水和海洋生物中分布广泛,可通过海产品引起人类的食物中毒。在海产品中的存在状况与季节有关,一般在夏秋季海产品中含量最高,这主要与水温有关,O3:K6型副溶血弧菌在我国海域海产品中最为常见^[16]。

单增李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)是引起食源性疾病主要致病菌之一,在水产品中的含量波动性很大(2%~60%)^[17-22]。一般原始水产品中单增李斯特菌含量较低,主要来自加工过程中的污染^[23]。若严格执行卫生操作规范、生产线消毒和员工的卫生可以降低单增李斯特菌的污染。

2 水产品生物保鲜技术

目前,在水产品生物保鲜领域,主要应用微生物

代谢产物、酶制剂、鱼精蛋白、甲壳质类等物质控制微生物引起的腐败。乳酸菌素Nisin是微生物代谢产物的代表性生物防腐剂,Nykänen等研究发现,Nisin与乳酸钠复合可抑制烟熏虹鳟鱼中单增李斯特菌的生长^[24]。酶制剂包括溶菌酶、葡萄糖氧化酶和脂肪酶等,郭良辉等将溶菌酶与Nisin复合保鲜蚌肉,结果发现产品中细菌总数和挥发性盐基氮指标得到很好地控制效果^[25]。甲壳质类以壳聚糖为主,Jeno等从雪蟹废弃物中提取不同分子量和粘度的壳聚糖,制成的可食用膜对大西洋鳕鱼鱼片和鲱鱼具有良好的保鲜效果^[26]。

3 乳酸菌生物保护剂作用

乳酸菌天然栖息在各种动植物及其产品中,在生物体内或体表具有拮抗他种微生物生长的作用。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、双乙酰、二氧化碳、过氧化氢、细菌素、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。人们利用乳酸菌生产各种各样发酵食品具有悠久的历史,在发酵过程中很好地控制了产品中的腐败和致病微生物。乳酸菌的安全性已被人们认可,美国FDA已将乳酸菌作为GRAS食品级生物制剂。因此,乳酸菌是生物保护剂的最佳选择。

3.1 有机酸

大量研究证明,乳酸菌代谢产生的酸性物质对微生物生长具有抑制作用,其作用取决于三个主要因素,即酸的种类、酸的解离度和介质的pH^[27]。酸性物质主要包括乳酸、乙酸和丙酸,未解离的酸性物质可穿透细胞膜进入微生物细胞,分解和酸化细胞使H⁺释放,引起Na⁺-K⁺离子对失衡,破坏细胞代谢产生抑菌作用。Vazquez等应用不同来源的9株乳酸菌对鱼源致病菌进行抑制作用研究,结果表明乳酸菌主要是通过分泌乳酸和乙酸等有机酸抑制细菌的生长繁殖^[28]。

3.2 H₂O₂

众所周知H₂O₂具有较强的抑菌作用,乳酸菌具有黄素蛋白氧化酶活性,在有氧条件下可产生H₂O₂。同时,由于乳酸菌没有过氧化氢酶,产生的H₂O₂可在环境中不断积累,由此对他种微生物产生抑制作用。H₂O₂在较低浓度时也具有抗菌作用,如乳和唾液中的过氧化物酶和硫氰酸盐可刺激增强H₂O₂的作用效果。Suigita等研究表明,从日本鲑肠道内分离的一株乳酸乳球菌(*Lactococcus lactis*)产生的抑菌物质主要是H₂O₂^[29]。

3.3 细菌素

乳酸菌产生的乳酸菌素具有广泛抑制革兰氏阳性菌的作用,尤其对一些病原菌和腐败菌的作用效果较好,若与螯合剂结合使用对革兰氏阴性菌也有抑制作用^[30]。形成乳酸菌素的菌株作为生物保护剂的前提是对产品本身特定的微生物菌群具有很强的竞争作用。由于细菌素没有病原性特征,也不像抗生素会产生抗性,因此可用作食品防腐剂^[31]。食品本身内在和外在因素皆影响细菌素的形成,这对乳酸菌

素的应用十分必要^[32]。

Valenzuela等从海洋软体动物、鱼和鱼片中分离筛选出12株具有抑菌活性肠球菌,其中8株产生细菌素对其他肠球菌具有抑制作用,1株具有抑制金黄色葡萄球菌作用,3株对李斯特菌有抑菌活性。进一步研究表明产生细菌素菌株携带*entA*基因,没有检测到其他类似肠球菌基因*entB*、*entP*、*entQ*、*ent1071*、*entL50B*和*ent31*。该细菌素不产生耐药性和形成生物胺,在水产品生物保鲜中具有很大的应用价值^[33]。Campos等从大菱鲆中分离多株乳酸菌可抑制肠道病原菌的生长,分析表明主要是细菌素的作用,而不是乳酸或乙酸等有机酸的作用^[34]。杨红玲等从斜带石斑鱼仔鱼体内分离3株乳酸菌,对致病性弧菌具有一定的抑菌活性,抑菌物质具有热稳定性且对蛋白酶敏感,可能是细菌素类物质^[35]。

4 乳酸菌生物保护剂在水产品中的应用

乳酸菌作为生物保护剂已在乳制品、肉制品、果蔬和一些发酵制品中得到了广泛应用。Fernandes等将菌株*Enterococcus faecium* DPC1146作为发酵剂应用于切达干酪生产过程中,发现它所产生的Enterocin 1146能快速抑制李斯特菌生长,并在干酪成熟过程中保持稳定性^[36]。Sathe等从不同蔬菜中分离多株乳酸菌对霉菌进行抑菌作用研究,发现大部分乳酸菌菌株具有广谱抑菌活性。通过在新鲜蔬菜上喷洒乳

酸菌细胞悬液或植物乳杆菌无细胞提取液,蔬菜的腐败速率明显下降^[37]。Vasilopoulos等从传统金华火腿中分离到3株乳酸菌,其中菌株*Leuconostoc carnosum* 3M42具有抑制热杀索丝菌(*B. thermosphacta*)生长的作用。同时,此菌株还具有改善产品品质的功能,因此选用*Leuc. carnosum* 3M42作为手工制作金华火腿的生物保护剂和品质增强剂^[38]。

表1是近年来类乳酸菌生物保护剂在水产品保鲜中的研究结果。依据乳酸菌来源、乳酸菌种类、控制微生物对象和抑菌物质可分为两大类,一是针对冷冻水产品控制以单增李斯特菌为主的致病菌,二是针对鲜活水产品控制其中的各种腐败菌和致病菌。

4.1 冷冻水产品乳酸菌生物保护

针对冷冻水产品的乳酸菌生物保护应用主要以冷冻烟熏鲑鱼为主,主要控制致病菌为单增李斯特菌。乳酸菌来源于鲑鱼的肠道,拮抗作用方式主要是通过细菌素或类细菌素。

Nisson等利用菌株*Lact. sake* LKE5和4株*C. piscicola*进行抗单增李斯特菌研究,从中筛选出菌株*C. maltaromaticum* A9b在7d内可延迟单增李斯特菌的生长,32d后单增李斯特菌的数量从 $10^3\text{CFU}\cdot\text{mL}^{-1}$ 降低至 $10\text{CFU}\cdot\text{mL}^{-1}$,且不影响产品的感官品质^[39]。Duffes等分离了3株具有抗英诺克李斯特菌(*L. innocua*)活性菌株^[40],其中菌株*C. piscicola* V1在4℃和8℃条件下

表1 乳酸菌生物保护剂在水产品保鲜的应用

Table 1 Application of lactic acid bacteria as bio-protective agent in aquatic products

乳酸菌株来源	乳酸菌	抑菌对象	化合物	参考文献
冷冻烟熏鲑鱼	<i>C. maltaromaticum</i> A9b <i>C. piscicola</i> V1	<i>L. monocytogenes</i>	细菌素	[39]
冷冻烟熏鲑鱼	<i>C. divergens</i> V41 <i>C. piscicola</i> SF668	<i>L. innocua</i>	类细菌素	[40]
冷冻烟熏鲑鱼	<i>C. piscicola</i> V1	<i>L. monocytogenes</i>	细菌素	[41]
冷冻烟熏鲑鱼	<i>C. divergens</i> M35	<i>L. monocytogenes</i>	II型细菌素	[42]
冷冻烟熏鲑鱼	<i>C. divergens</i> V41	<i>L. monocytogenes</i>	ND	[43]
冷冻烟熏鲑鱼	<i>E. faecium</i> ET05	<i>L. monocytogenes</i>	细菌素	[44]
冷冻鱼糜	<i>C. maltaromaticum</i> CS526	<i>L. innocua</i>	细菌素	[45]
MAP冷冻鲑鱼	<i>Leuc. gelidum</i> EU2247	<i>Clostridium sporogenes</i> <i>L. monocytogenes</i>	类细菌素	[46]
VP冷冻烟熏鲑鱼	<i>Lact. sakei</i> Lb790	<i>L. monocytogenes</i> <i>Aeromonas salmonicida</i>	ND	[47]
大西洋鲑鱼	<i>Carnobacterium</i> sp.	<i>Vibrio</i> sp. <i>Yersinia ruckeri</i>	ND	[48]
新鲜鲑鱼片	<i>Lact. piscium</i> CNCMI-4031	<i>B. thermosphacta</i> <i>L. monocytogenes</i>	ND	[49]
鲈鱼和海鲤	<i>Enterococcus</i> sp. <i>Lact. lactis</i> USC-39	<i>L. monocytogenes</i>	II型细菌素	[50]
大菱鲆鱼	<i>E. faecium</i> USC-46 <i>E. smundtii</i> USC-51	<i>L. monocytogenes</i> <i>Staphylococcal aureus</i>	细菌素	[34]
大菱鲆鱼	<i>Lact. acidophilus</i> CECT903	<i>V. pelagius</i>	有机酸	[28]
罗非鱼	<i>Bacillus</i> sp.	<i>A. hydrophila</i>	细菌素	[51]
日本鲉鱼	<i>Lact. lactis</i>	<i>Aeromonas</i> sp.	过氧化氢	[29]

注:ND没有鉴定。

可使李斯特菌的数量从 $6.3 \times 10^2 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 降低至 $10 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 以下,而对照组中李斯特菌的数量分别为 $6.3 \times 10^4 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $1.2 \times 10^8 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$,且*C. divergens* V1的抑菌活性可持续28d。菌株*C. piscicola* SF668在8℃下可抑制李斯特菌的生长,在4℃下也具有抑菌活性^[41]。

在4℃条件下21d后,菌株*C. divergens* M35可使冷冻烟熏鲑鱼中李斯特菌的数量减少 $10^{31} \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[42]。Brillet等研究发现*C. divergens* V41、*C. piscicola* V1和*C. piscicola* SF668三株乳酸菌对从法国烟熏鲑鱼中分离的57株单增李斯特菌均抑菌活性,不同菌株对不同李斯特菌的敏感性不同,其中*C. divergens* V41一直保持较高的活性。在冷冻烟熏鲑鱼肉块同时加入3株菌,*C. divergens* V41也表现最佳的抑菌活性。同时,结果还表明菌株*C. divergens* V41既不使产品酸化,也不改变产品的感官品质,因此该菌株已被实验并在商业中应用^[43]。

Tomé等在冷冻烟熏鲑鱼处理前接种乳酸菌,烟熏后5℃贮藏21d,*E. faecium* ET05始终表现出很强抗*L. innocua*活性,菌株*Lact. curvatus* ET30和*Pediococcus acidilactici* ET34抑菌效果相对较弱,但仍具有抑菌活性^[44]。Yamazaki等从冷冻鱼糜中分离的*C. maltaromaticum* CS526,4℃贮藏7d可使冷冻烟熏鲑鱼中的李斯特菌的数量从 $10^3 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ 降至 $50 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[45]。Matamoros等从MAP包装鲑鱼中分离筛选出了132株具有抑菌活性的菌株,其中*Leuc. gelidum* EU2247对*Clostridium sporogenes*和*L. monocytogenes*均具有较强的抑菌作用^[46]。此外Katla等利用菌株*Lact. sakei* Lb790在10℃下28d后仍具有抑制冷冻烟熏鲑鱼中李斯特菌的活性^[47]。菌株*Lact. sakei*在4℃下14d后使*L. innocua*减少至 $10^4 \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$,但是单增李斯特菌一直存在于冷冻烟熏鲑鱼汁中^[52]。

4.2 鲜活水产品乳酸菌生物保护

在鲜活鱼保鲜中乳酸菌生物保护剂也有很好的应用实例。Robertson等从大西洋鲑鱼中分离1株*Carnobacterium* sp.,研究发现它对*A. salmonicida*、*Vibrio* sp和*Yersinia ruckeri*均具有抑制作用^[48]。Fall等从新鲜鲑鱼中分离的菌株*Lact. piscium* CNCMI-4031对产品腐败菌*B. thermosphacta*和致病菌*L. monocytogenes*均具有很好的抑制作用^[49]。Chahad等从鲈鱼和海鲤中分离84株乳酸菌,鉴定属于肠球菌属,其无细胞上清液经蛋白酶和热处理后对单核增生李斯特菌仍具有抑菌活性,经鉴定抑菌活性物质为II型细菌素^[50]。Campos等从大菱鲆鱼中分离获得*Lact. lactis* USC-39、*E. faecium* USC-46和*E. mundtii* USC-51三株乳酸菌,对*L. monocytogenes*和*Stap. aureus*均有抑制作用^[34]。Vijayabaskar等从罗非鱼中分离的1株杆菌对*A. hydrophila*的抑菌作用,其抑菌物质是细菌素^[51]。

尽管已筛选出大量具有抑菌活性的乳酸菌菌株,且产细菌素菌株数量也在增加,但可实际应用于水产品保鲜的菌株却很少。这是由于乳酸菌生物保护剂能够满足水产品安全标准和有效控制微生物,且对产品感官性状没有副作用的优良乳酸菌菌

株不多。因此,筛选能够形成过氧化氢和细菌素(和)与一些腐败微生物竞争营养物和生态位的乳酸菌菌株,作为海洋鱼类和贝类水产品生物保护剂具有潜在的商业应用价值^[53]。

5 结论与展望

随着生活水平的不断提高,消费者对鲜活和微加工水产品的需求不断增加,使这类产品的市场份额和商业价值逐渐提升。然而由于产品中腐败微生物导致的产品腐败和致病微生物形成的安全隐患,使产品的市场空间受到限制。乳酸菌作为一种新型生物保护剂正在被人们逐渐认知和应用,目前主要应用肉食杆菌(*Carnobacterium* sp.)和肠球菌(*Enterococcus* sp.)在各种水产品中进行应用,其生物学效应主要依赖细菌素、有机酸和过氧化氢,而涉及乳酸菌的其他代谢物如二氧化碳、环肽、双乙酰等活性物质在水产领域都没有报道。乳酸菌的天然栖息地主要是发酵食品和饲料,在水产动物体内虽有存在但很有限。能否应用发酵食品中的乳酸菌菌株控制水产品的腐败菌和致病菌进行生物保护是今后亟待探究的课题。

参考文献

- [1] Tomé E, Gibbs PA, Teixeira PC, et al. Growth control *Listeria innocua* 2030c on vacuum-packaged cold-smoked salmon by lactic acid bacteria[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 121(3):285-294.
- [2] Ghanbari M, Jami M, Domig K, et al. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria—a review[J]. LWT—Food Science and Technology, 2013, 54(2):315-324.
- [3] Shewan JM. The Microbiology of fish and fishery products: a progress report[J]. Journal of Applied Microbiology, 1971, 34(2):299-315.
- [4] Hobbs G. Microbial spoilage of fish[J]. Food Microbiology Advances and Prospects, 1983, 33(1):217-229.
- [5] Mudarris M, Austin B. Quantitative and qualitative studies of the bacterial microflora of turbot *Scophthalmus maximus* L., gills[J]. Journal of Fish Biology, 1988, 32(2):223-229.
- [6] Gram L, Huss HH. Microbiological spoilage of fish and fish products[J]. International Journal of Food Microbiology, 1996, 33(1):121-137.
- [7] Wilson B, Danilowicz BS, Meijer WG, et al. The diversity of bacterial communities associated with Atlantic Cod *Gadus morhua* [J]. Microbial Ecology, 2008, 55(3):425-434.
- [8] Liston J. Microbiology in fishery science[J]. Fish Science Technology, 1980, 39(5):138-157.
- [9] Spanggaard B, Hubber L, Nielsen T, et al. The microflora of rainbow trout intestine: a comparison of traditional and molecular identification[J]. Aquaculture, 2000, 182(1):1-15.
- [10] Ringo E, Strom E, Tabachek JA, et al. Intestinal microflora of salmonids: a review[J]. Aquaculture Research, 1995, 26(10):773-789.
- [11] Burr G, Gatlin D, Ricke S. Microbial ecology of gastrointestinal tract of fish and the potential application of prebiotics and

- probiotics in finfish aquaculture[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2005, 36(4):425-436.
- [12] Huber I, Spanggaard B, Apple KF, et al. Phylogenetic analysis and insitu identification of the intestinal microbial community of rainbow trout[J]. Journal of Applied Microbiology, 2004, 96(1): 117-132.
- [13] Gram L, Dalgaard P. Fish spoilage bacteria—problems and solutions[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2002, 13(3): 262-266.
- [14] 刘寿春, 周康. 淡水养殖罗非鱼中病原菌和腐败菌的分离与鉴定初探[J]. 食品科学, 2008, 29(5):327-331.
- [15] Laursen BG, Bay L, Cleenwerck I, et al. *Carnobacterium divergens* and *Carnobacterium maltaromicum* as spoilers or protective cultures in meat and seafood: phenotypic and genotypic characterization[J]. Systematic and Applied Microbiology, 2005, 28(2): 151-164.
- [16] Croci L, Suffredini E, Cozzi L, et al. Comparison of different biochemical and molecular methods for the identification of *Vibrio parahaemolyticus* [J]. Journal of Applied Microbiology, 2007, 102(1):229-237.
- [17] Jorgensen LV, Huss HH. Prevalence and growth of *Listeria monocytogenes* innaturally contaminat-ed seafood[J]. International Journal of Food Microbiology, 1998, 42(1): 127-131.
- [18] Valdimarsson G, Einarsson H, Magnusson H, et al. Microbiological quality of Icelandic cooked-peeled Shrimp (*Pandalus borealis*) [J]. International Journal of Food Microbiology, 1998, 45(2): 157-161.
- [19] Nakamura H, Hatanaka M, Ochi K, et al. *Listeria monocytogenes* isolated from cold-smoked fish products in Osaka city[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 94(3): 323-328.
- [20] Gudmundsdóttir S, Gudbjörnsdóttir B, Lauzon H, et al. Tracing *Listeria monocytogenes* isolates from cold smoked salmon and its processing environment in Iceland using pulsed-field gel electrophoresis[J]. Food Microbiology, 2005, 101(1): 41-51.
- [21] Hu Y, Gall K, Ho A, et al. Daily variability of *Listeria* contamination patterns in a cold-smoked salmon processing operation[J]. Food Protection, 2006, 69(9): 2123-2133.
- [22] Beaufort A, Rudelle S, Gnanou-Besse N, et al. Prevalence and growth of *Listeria monocytogenes* inn-aturally contaminated cold-smoked salmon[J]. Applied Microbiology, 2007, 44(4): 406-411.
- [23] Eklund MW, Poysky FT, Paranjpye RN, et al. Incidence and sources of *Listeria monocytogenes* in cold-smoked fishery products and processing plants[J]. Food Protection, 1995, 58(5): 502-508.
- [24] Nykänen A, Weckman K, LapveteÄinen A, et al. Synergistic inhibition of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked rainbow trout by nisin and sodium lactate[J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 61(1): 63-72.
- [25] 郭良辉, 许巧情, 许永久. 溶菌酶与 Nisin 复合生物保鲜剂对蚌肉的保鲜效果[J]. 水利渔业, 2007, 27(4): 112-114.
- [26] Jeon YJ, Kamil JY, Shahidi F. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic Cod[J]. Agricultural Food Chemistry, 2002, 50(18): 5167-5178.
- [27] Gerez CL, Torres MJ, Rollán G, et al. Control of spoilage fungi by lactic acid bacteria[J]. Biological Control, 2013, 64(3): 231-237.
- [28] Vazquez JA, Gonezalez MP, Murado MA. Effects of lactic acid bacteria cultures on pathogenic microbiota from fish[J]. Aquaculture, 2005, 245(1): 149-161.
- [29] Suigita H, Ohta K, Kuruma A, et al. An antibacterial affect of *Lactococcus lactis* isolated from the intestinal tract of the Amur catfish, *Silurus asotus* Linnaeus[J]. Aquaculture Research, 2007, 38(9): 1002-1004.
- [30] Lucas R, Grande MA, Abriouel H, et al. Application of the broad-spectrum bacteriocin enterocin AS-48 to inhibit *Bacillus coagulans* in canned fruit and vegetable foods[J]. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44(10): 1774-1781.
- [31] Leal-sánchez MV, Jiménez-Díaz R, Maldonado-barragán A, et al. Optimization of bacteriocin production by batch fermentation of *Lactobacillus plantarum* LPCO10[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2002, 68(9): 4465-4471.
- [32] Helgason E, Andreas O, Caugant A, et al. *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, and *Bacillus thuringiensis*—one species on the basis of genetic evidence[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2000, 66(6): 2627-2630.
- [33] Valenzuela AS, Benomar N, Abriouel H, et al. Isolation and identification of *Enterococcus faecium* from seafoods: Antimicrobial resistance and production of bacteriocin-like substances[J]. Food Microbiology, 2010, 27(7): 955-961.
- [34] Campos CA, Rodríguez ó, Calo-Mata P, et al. Preliminary characterization of bacteriocins from *Lactococcus lactis*, *Enterococcus faecium* and *Enterococcus mundtii* strains isolated from turbot (*Psetta maxima*) [J]. Food Research International, 2006, 39(3): 356-364.
- [35] 杨红玲, 孙云章. 鱼源乳酸菌的抑菌特性研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(3): 344-349.
- [36] Pinto AL, Fernandes M, Pinto C, et al. Characterization of anti-*Listeria* bacteriocins isolated from shellfish: potential antimicrobials to control non-fermented seafood[J]. Food Microbiology, 2009, 129(1): 50-58.
- [37] Sathe SJ, Nawani NN, Kapadnis BP, et al. Antifungal lactic acid bacteria with potential to prolong shelf-life fresh vegetables [J]. Applied Microbiology, 2007, 103(6): 2622-2628.
- [38] Vasilopoulos C, Mey DE, Dewulf L, et al. Interactions between bacterial isolates from modified-atmosphere-packaged artisan-type cooked ham in view of the development of a bioprotective culture[J]. Food Microbiology, 2010, 27(8): 1086-1094.
- [39] Nilsson L, Gram L, Huss HH. Growth control of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked salmon using a competitive lactic acid bacteria flora[J]. Food Protection, 1999, 62(4): 336-342.
- [40] Duffes F, Leroi F, Boyaval P, et al. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by *Carnobacterium* spp. strains in a simulated cold smoked fish system stored at 4°C [J]. Food Microbiology,

1999,47(1):33-42.

[41] Duffes F, Corre C, Leroi F, *et al.* Inhibition of *Listeria monocytogenes* by insitu produced and semip-urified bacteriocins of *Carnobacterium* spp. on vacuum-packed, refrigerated cold-smoked salmon[J]. Food Protection, 1999, 62(5): 1394-1403.

[42] Tahiri I, Desbiens M, Kheadr E, *et al.* Comparison of different application strategies of divergicin M35 for inactivation of *Listeria monocytogenes* in cold-smoked wild salmon[J]. Food Microbiology, 2009, 26(8): 783-793.

[43] Brillet A, Pilet MF, Prévost H, *et al.* Effect of inoculation of *Carnobacterium divergens* V41, a biopreservative strain against *Listeria monocytogenes* risk, on the microbiological, and sensory quality of cold-smoked salmon[J]. Food Microbiology, 2005, 104(3): 309-324.

[44] Tomé E, Pereira VL, Lopes CI, *et al.* *In vitro* tests of suitability of bacteriocin-producing lactic acid bacteria as potential biopreservation cultures in vacuum-packaged cold-smoked salmon[J]. Food Control, 2008, 19(5): 535-543.

[45] Yamazaki K, Suzuky M, Kawai Y, *et al.* Inhibition of *Listeria monocytogenes* in cold-smoked salmon by *Carnobacterium piscicola* CS526 isolated from frozen surimi[J]. Food Protection, 2003, 66(1): 1420-1425.

[46] Matamoros S, Pilet MF, Gigout F, *et al.* Selection and evaluation of seafood-borne psychrotrophic lactic acid bacteria as inhibitors of pathogenic and spoilage bacterial[J]. Food Microbiology, 2009, 26: 638-644.

[47] Katla T, Moretro T, Aasen IM, *et al.* Inhibition of *Listeria monocytogenes* in cold smoked salmon by addition of sakacin P and/or live *Lactobacillus sakei* cultures[J]. Food Microbiology, 2001, 18(4): 431-439.

[48] Robertson PA, Burrells C, Williams P, *et al.* Use of *Carnobacterium* sp. as a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum)[J]. Aquaculture, 2000, 185(3-4): 235-243.

[49] Fall PA, Leroi F, Chevalier F, *et al.* Protective effect of a non-bacteriocinogenic *Lactococcus piscium* CNCM I-4031 strain against *Listeria monocytogenes* in sterilised tropical cooked peeled shrimp[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2010, 19(2): 84-92.

[50] Chahad OB, Bour ME, Calo-mata P, *et al.* Discovery of novel biopreservation agents with inhibitory effects on growth of food-borne pathogens and their application to seafood products[J]. Research in Microbiology, 2012, 163(1): 44-54.

[51] Vijayabaskar P, Somasundaram ST. Isolation of bacteriocin producing lactic acid bacteria from fish gut and probiotic activity against common fresh water fish pathogen *Aeromonas hydrophila* [J]. Biotechnology, 2008, 7(1): 124-128.

[52] Weiss A and Hammes WP. Lactic acid bacteria as protective cultures against *Listeria* spp. on cold-smoked salmon[J]. European Food Research and Technology, 2006, 222(3): 343-346.

[53] Leroi F. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products[J]. Food Microbiology, 2012, 27(6): 698-709.

(上接第339页)

明显的降血糖作用,但确切的作用机制还有待进一步的研究。油茶籽多糖取自油茶茶籽粕,原料更为经济,避免了资源浪费。因此,油茶籽多糖有望应用于保健食品的开发及糖尿病患者的辅助治疗。

参考文献

[1] 黎先胜. 我国油茶资源的开发利用研究[J]. 湖南科技学院学报, 2005, 26(11): 127-129.

[2] 马力. 油茶籽的综合开发[J]. 粮食与食品工业, 2007, 14(3): 10-12, 16.

[3] 谢明勇, 聂少平. 天然产物活性多糖结构与功能研究进展[J]. 中国食品学报, 2010, 10(2): 1-11.

[4] 赵国华, 陈宗道, 李志孝, 等. 活性多糖的研究进展[J]. 食品

与发酵工业, 2001(7): 45-48.

[5] 谢明勇, 聂少平. 茶叶多糖的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(2): 107-114, 119.

[6] 陶俊, 文汉. 油茶籽多糖分离纯化和结构分析[J]. 食品工业科技, 2011, 32(6): 132-135.

[7] 张继曼, 文汉. 黑豆皮花色苷的降血糖作用及其机理的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 32(3): 374-377.

[8] 冯磊, 张春飞, 李印彩, 等. 茶多糖降血糖机制研究[J]. 浙江预防医学, 2003, 15(9): 10-11, 13.

[9] 王黎明, 夏文水. 茶多糖降血糖机制的体外研究[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(3): 354-358.

[10] 何铁光, 杨丽涛, 李杨瑞, 等. 铁皮石斛原球茎多糖粗品与纯品的体外抗氧化活性研究[J]. 中成药, 2007, 29(9): 1265-1269.

一套《食品工业科技》在手, 纵观食品工业发展全貌