

# 益生菌的研究进展及其在食品中的应用

毛友辉<sup>1</sup> 朱薇<sup>2</sup> 邓放明<sup>1△</sup> 蒋瑜<sup>2</sup> 陈勇<sup>2</sup>

(1 湖南农业大学食品科技学院 湖南长沙 410128 2 湖南科技学院 湖南永州 425100)

**摘要** 益生菌是一类能够促进宿主肠内微生物菌群的生态平衡,对宿主健康和/或生理功能产生有益作用的活性微生物。本文就益生菌概念的发展演变、益生菌种类及其在食品中的应用研究进展进行了综述,旨在为读者提供益生菌在食品领域研究应用的基本情况及其发展趋势。

**关键词** 益生菌;食品;应用

中图分类号:Q939.97 文章标识码:A 文章编号:1673-6273(2011)20-3978-03

## Progress in Study of Probiotics and Its Applications in Foods

MAO You-hui<sup>1</sup>, ZHU Wei<sup>2</sup>, DENG Fang-ming<sup>1△</sup>, JIANG Yu<sup>2</sup>, CHEN Yong<sup>2</sup>

(1. The College of Food Science and Technology, Hunan Agriculture University, Changsha 410128 ;

2. Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou 425100)

**ABSTRACT:** Probiotics have been defined as living microorganisms may promote the ecological balance of intestinal bacteria that exert beneficial effects on the health and/or physiological function of the host. In this paper, the development and change of the concept of probiotics, types of detailed information and its applications in foods are reviewed. The purpose is to provide the basic situation and development tendency of the application of probiotics in foods.

**Key words:** Probiotics; Food; Application

Chinese Library Classification (CLC): Q939.97 Document code: A

Article ID:1673-6273(2011)20-3978-03

### 前言

益生菌(Probiotics)又称活菌制剂、微生态调节剂、生态制品、促生素等,是一类能够促进宿主肠内微生物菌群的生态平衡,对宿主健康和/或生理功能产生有益作用的活性微生物<sup>[1]</sup>。其作用主要是经摄入宿主体内后,能改善肠道菌群结构、促进肠道中有益菌的增殖、抑制有害菌的生长,提高机体特异性或非特异性免疫力,从而有利于抵御各种疾病的发生<sup>[2]</sup>。近年来,随着人们生活水平的提高,人们的保健意识不断增强,作为一类对人类有独特的营养与保健作用的微生物,益生菌越来越受到人们广泛关注。

益生菌在日本、法国、美国、俄罗斯、德国等国家的基础与应用研究较专业化和系统性,尤其日本与法国在研究与运用水平等方面均处于领先地位。日本在20世纪60年代开始使用益生菌,并较早即形成了产业规模;以法国为代表的西欧从20世纪70年代也开始有益菌上市。益生菌在我国的研究与运用起步较迟,于20世纪80年代,我国对益生菌及其制品的开发与研究才开始,进入21世纪后,益生菌的研究应用受到了广泛重视<sup>[3]</sup>。尤其近些年来,全球对益生菌及其产品的研究开发都显得非常活跃,而在食品行业上的应用更是得到了迅猛的发展。

### 1 益生菌的起源和发展

益生菌(probiotics)一词来源于希腊语,意思是“对生命有益”,翻译成中文即益生菌。人类对益生菌的研发大约在一百年前,1899年,法国蒂赛(Henry Tissier)从健康母乳喂养的婴儿粪便中分离到了被称为益生菌鼻祖的第一株菌双歧杆菌(当时称为分叉杆菌),随后开始出现大量与益生菌有关的文献报道<sup>[4]</sup>:1900-1901年,Moro, Beijerinck 和 Cahn 各自研究了肠道中的乳酸菌;丹麦人奥拉-严森(Orla-Jerl Serl)首次对乳酸菌进行了分类;1905年,保加利亚科学家斯塔门·戈里戈罗夫第一次发现并从酸奶中分离了“保加利亚乳酸杆菌”,同时向世界宣传保加利亚酸奶;1908年,俄国科学家诺贝尔奖获得者伊利亚·梅契尼科夫(Elie Metchnikoff)也指出大量发酵乳制品的摄入与保加利亚人的长寿密切相关等等;1965年,Lilly D.M. 和 Stillwell R.H. 首次使用 Probiotic 这个词,并把它概述为一种微生物产生的可以刺激其它微生物生长的物质。但随着研究的深入,益生菌的定义也被屡次修改:1974年,Parke 定义益生菌为维持肠道内生态平衡的活的或死的微生物及其发酵产物,这一定义将抗生素也包括在内;1989年,Fuller 把益生菌定义为能够促进肠内菌群生态平衡,对宿主起有益作用的活微生物制剂,这一定义强调了活菌体作为有效益生菌基本成分的重要性,是目前人们最常用的定义<sup>[5]</sup>;Havenaar 于1992年对这个定义进行了扩展,解释为一种单一的或混合的活微生物培养物,应用于人或动物,通过改善固有菌群的性质对寄主产生有益的影响;我国微生态专家何明清教授将其定义为在微生态理论指导下,采用有益的微生物,经培养、发酵、干燥等特殊工艺制成的对人和动物有益的生物制剂或活菌制剂。

目前在世界范围内,学者们对益生菌的定义还存在着争

作者简介:毛友辉(1975-),男,硕士研究生,主要研究方向:食品质量与安全, E-mail: zhuweichangsha@163.com

△通讯作者:邓放明 E-mail: fmdenghnau@sina.com

(收稿日期:2011-02-18 接受日期:2011-03-13)

议,对其定义的解释也不尽一致<sup>[2]</sup>。但普遍认为作为益生菌应该具备以下条件:(1)对宿主有益;(2)无毒性作用和无致病作用;(3)能在消化道存活;(4)能适应胃酸和胆盐;(5)能在消化道表面定植;(6)能够产生有用的酶类和代谢物;(7)在加工和贮存过程中能保持活性;(8)具有良好的感官特性。

## 2 益生菌种类及作用

益生菌的种类繁多,迄今为止,科学家已发现的益生菌大体上可分成三大类,其中包括乳杆菌属、双歧杆菌属和革兰氏阳性球菌属<sup>[6]</sup>。此外明串球菌属、丙酸杆菌属和芽孢杆菌属的部分菌种株以及一些霉菌与酵母菌等亦可归入益生菌的范畴<sup>[7]</sup>。

### 2.1 乳杆菌属(Lactobacillus)

乳杆菌属于革兰氏阳性兼性厌氧菌,最佳繁殖环境是在温度 35~40℃ 之间,pH 值 6.4~4.5 的弱酸性环境,且具有很强的抗酸抗盐性。目前已报道的乳酸杆菌已有 56 种,主要用于生产生态制剂者约 10 种,包括嗜酸乳杆菌(*L.acidophilus*)、短乳杆菌(*L. brevis*)、干酪乳杆菌(*L.casei*)和德氏乳杆菌保加利亚种(*L.delbruckii*subsp. *bulgaricus*,旧称“保加利亚乳杆菌”)等。以嗜酸乳杆菌(*L.acidophilus*)为例,它是人体肠道中的重要微生物,与人的健康息息相关。当其达到一定数量时,它能改善调节人体肠道微生物菌群的平衡、增强机体的免疫力、降低胆固醇水平、缓解乳糖不耐症以及抑制肿瘤细胞形成等等,即起到健康促进效果。

### 2.2 双歧杆菌属(Bifidobacterium)

双歧杆菌属革兰氏阳性专性厌氧菌,其最宜繁殖温度为 37~42℃,pH 为 6.5~7.0。现已发现双歧杆菌有 32 种,其中 14 种是从人体中分离出来的,包括:*B.adolescentis*、*B. angulanguatum*、*B. bifidum*、*B.breve*、*B. catenulatum*、*B.dentium*、*B.infantis*、*B.longum*、*B.pesudocatenulatum* 等<sup>[8]</sup>。双歧杆菌是人体肠道内很重要的生理性菌群,它们通常寄生在人和动物小肠后段,研究发现在婴儿肠道内以婴儿双歧杆菌和短双歧杆菌为优势菌群,随着年龄的增长,双歧杆菌在肠道中的含量在逐渐降低,而在成人肠道内则仅有少量两歧双歧杆菌、青春双歧杆菌和长双歧杆菌存在,很多老年人的肠道已无双歧杆菌的存在<sup>[9]</sup>。作为一种优良的生态菌种,双歧杆菌具有维持肠道微生态平衡、生物拮抗、免疫调节和营养等多方面的生理功能,它与人类的许多病理、生理现象密切相关,现已确认双歧杆菌是人体健康的重要标志之一<sup>[10]</sup>。

### 2.3 革兰氏阳性球菌及其它菌

革兰氏阳性球菌属兼性厌氧球菌,目前研究较多的革兰氏阳性球菌如嗜热链球菌、粪链球菌、乳球菌、乳酸肠球菌以及属于链球菌属的中介链球菌等。此外,随着对研究的深入,研究者不断开发出新的益生菌资源,例如一些明串球菌属、丙酸杆菌属和芽孢杆菌属的部分菌种株及部分酵母菌和霉菌等亦可归入益生菌的范畴<sup>[2,7]</sup>。以保拉迪酵母菌为例,该菌常被制成保拉迪酵母菌散剂,这种酵母菌制剂对治疗儿童或成人急性感染或非特异性腹泻、预防和治疗抗生素诱发的结肠炎和腹泻及预防由管饲引起的腹泻和肠易综合症有一定的疗效作用<sup>[11]</sup>。

## 3 益生菌在食品中的应用

目前,常见的可以应用于食品上的益生菌菌种有属于双歧杆菌属的青春双歧杆菌、短双歧杆菌、两歧双歧杆菌、婴儿双歧杆菌、长双歧杆菌等,属于乳杆菌属的嗜酸乳杆菌、保加利亚乳杆菌、干酪乳杆菌、鼠李糖乳杆菌、发酵乳杆菌、植物乳杆菌、罗伊氏乳杆菌、开菲尔乳杆菌、清酒乳杆菌、约氏乳杆菌、唾液乳杆菌、弯曲乳杆菌、短乳杆菌等,属于某些链球菌属的嗜酸链球菌、乳酸链球菌、粪链球菌、屎链球菌、戊糖片球菌、乳酸片球菌等一类细菌<sup>[12]</sup>。此外,明串球菌属、丙酸杆菌属和芽孢杆菌属的某些菌种及一些酿酒酵母也可常见被用作益生菌<sup>[7]</sup>。从益生菌的应用成分上看,可以是单纯的活菌制剂,也可以是由多种菌株组成的复合制剂或除益生菌外还配合有双歧因子及其它成分的复合制剂;从剂型上看有片剂、胶囊、冲剂及液态制剂等。作为一种活菌制剂,益生菌既可用作良好的治疗剂,又可用作保健品,下面主要介绍其在食品方面的一下应用。

### 3.1 益生菌在乳制品中的应用

乳制品是益生菌最大的应用领域,而酸奶又是乳制品中应用益生菌最大的领域,据报道,在乳制品领域应用益生菌的产品比例可达到 74.5%,而酸奶又占该益生菌产品的 74%<sup>[13]</sup>。众多研究工作者认为,酸奶是益生菌的最佳食物载体,而发酵食品特别是发酵乳制品本身有很好的健康功效,因此作为发酵菌种的益生菌可将发酵性能与健康功效结合所形成的酸奶成为一类健康食品为消费者所熟知并受到青睐将有助于该类产品的进一步推广和应用<sup>[3]</sup>。近年来,为了满足消费者的需求,很多种类型和风味的酸奶不断出现,例如含有水果的益生菌酸奶在消费者间很受欢迎,因此人们添加多种水果制成搅拌型水果酸奶<sup>[14]</sup>;为了提高益生菌的存活、丰富酸奶的口味和提高功效,研究人员还研究和挖掘出了“益力多”、“Actimel”及“Kefir”等产品。

除酸奶之外,益生菌在乳制品中的应用还涉及发酵液体奶、纯牛奶(后添加益生菌但不经过发酵)、乳饮品、奶粉、干酪、婴儿乳品等几乎所有奶产品中。

### 3.2 益生菌在功能性食品中的应用

随着人们生活水平的不断提高,如何追求健康养生越来越成为人们日常生活中谈论的热点,而益生菌因其特有的保健功能作为功能食品的研究亦越发受到关注。人们常不难发现市场上添加不同益生菌以促进和调节人体健康为诉求的各种发酵饮品,如各种功能性发酵果蔬饮料、糖果制品、冰淇淋甜点等。以红茶菌饮料为例,由于红茶菌饮料中富含维生素 C、维生素 B 等营养素,并含有三种以上对人体有益的微生物菌群,因此能调节人体生理机能,促进新陈代谢,帮助消化,防止动脉硬化,抗癌,养生强身,正在成为一种盛行全世界的养生保健饮料<sup>[13]</sup>。通过利用一种或数种益生菌菌株单独或与其它酵母菌、醋酸菌等混合使用以强化产品风味、物理性能及生产性能为目的,市场上又开发了一系列功能性食品添加剂,例如一些产味乳酸菌如保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌(其特征风味以乙醛为主),丁二酮乳链球菌、醋化醋杆菌、肠膜明串珠菌及乳酪链球菌等(产生乙二酮、乳酸、乙酸及丁二酮等风味物质),因其可以赋予产品芳香,提高产品风味,减少香精、香料在产品中的添加,从而使产品更趋于天然而易于被消费者接受<sup>[4]</sup>。

### 3.3 益生菌在膳食补充剂中的应用

益生菌作为膳食补充通常被制作成所谓的益生菌制剂,即用适当的方法制成的带有活菌的粉剂、片剂或胶囊等制品<sup>[13]</sup>,它作为一类能够通过改善肠内微生物平衡而有效影响寄主的活性微生物制剂,经服用后能起到整肠和防治胃肠疾病的作用。研究者通常会针对某一特定人群来开发此类膳食补充剂,例如针对儿童的此类产品有“妈咪爱”、“法国合生元”、“汉臣氏”、“昂立优菌多”等益生菌补充剂,这些膳食补充剂能有效缓解幼童发生的便秘或腹泻等问题,特别是那些使用过抗生素的儿童,肠道内的细菌数量会下降,每日补充一些含有乳酸菌和双歧杆菌的酸奶或其他含益生菌的食品,能够加速恢复健康的肠胃<sup>[15]</sup>。

除了儿童用产品以外,市场上还有适合中老年人、女性或上班族、糖尿病人等产品,它们都以补充肠道益生菌为诉求,帮助肠道微生态的平衡及健康<sup>[15-16]</sup>。

### 3.4 益生菌在发酵肉制品中的应用

目前,国内外利用益生菌发酵肉制品的研究主要集中在发酵香肠的生产上。早在20世纪初,发酵香肠的生产是通过加入一小块已经发酵过的产品作为发酵引子或加入一些促进原料中存在的、对产品发酵有利的物质的方法来完成的。但这种靠原料肉微生物区系中的乳酸菌与杂菌的竞争作用进行的自然发酵过程存在着诸如不可靠性和不可控性等不确定性因素。直到1940年Jensen和Psddock第一次描述了乳酸菌在发酵香肠中的应用,并获得专利,从此开创了使用纯培养的微生物发酵剂生产发酵香肠的先河<sup>[17]</sup>。1996年,Nurmi在研究中发现,混合使用乳酸杆菌和过氧化氢酶阳性球菌比单独接种单一菌更能获得优良产品,从此混合菌种发酵肉制品的研究和应用获得了快速发展<sup>[18]</sup>。

近年来,用于肉制品发酵的益生菌均以乳酸菌为主,通过不同乳酸菌以及同其他微生物如微球菌、葡萄球菌或酵母菌之间的复配制成发酵剂,这些发酵剂在肉制品发酵和成熟的过程中,各自发挥其独特的作用,主要表现为一方面接种微生物产生的蛋白酶可分解肉中的蛋白质成为较易为人体消化吸收的多肽和氨基酸,产生的脂酶可分解脂肪成为短链的挥发性脂肪酸和酯类物质,使产品具有特有的香味;另一方面接种微生物可抑制肉中腐败微生物的生长,延长制品的保质期。因此,肉制品经发酵后不仅可明显提高其消化吸收率及营养价值,赋予产品独特风味,同时还能增加产品的安全性和保质期。目前市场上发酵香肠的普及率越来越广泛,它已成为发酵肉制品中产量最大且最具有代表性的一类食品,是今后肉制品发展的一个主要方向。

## 4 展望

随着生物技术的迅猛发展,人们对益生菌的研究逐渐由作用表象转入与之功效相关的作用本质的研究,菌种资源的开发利用也从细菌水平渗透到分子水平甚或通过基因工程手段以获得多功能性并能永久定居在肠道的益生菌发展。与此相应地,随着社会经济的迅速发展和人们对生活质量及健康意识的不断提高,自然的、健康的功能食品必将成为未来食品的首选。因此,可以肯定地认为具有保健功能的益生菌在未来具有宽广

的开发和应用前景。

### 参考文献(References)

- [1] Golden BR. Health benefit its of probiotic [J]. British Journal of Nutrition, 1998, 80: 203-207
- [2] 肖平,吕嘉彬,沈文.益生菌的保健功能及其在食品中的应用概述[J].食品技,2009,34(10):23-26  
Xiao Ping, Lv Jia-li, Shen Wen. Study on the functions of probiotics and its applications in food [J]. Food Science and Technology, 2009, 34(10):23-26
- [3] 秦楠.益生菌及其在食品中应用进展[J].中国酿造,2006,7(160):1-3  
Qin Nan. Probiotics and its application advancement in foods [J]. China Brewing,2006,7:1-3
- [4] 胡会萍. 益生菌及其在功能食品中的应用 [J]. 食品研究与开发, 2007,2(128):173-175  
HU Hui-ping. Study on Probiotics and Its Application in the Functional Food [J]. Food Research and Development, 2007, 2(128): 173-175
- [5] Fuller R. Probiotics in man and animals[J]. J Appl Bacteriol, 1989, 66: 366-378
- [6] 高阳,王海岩,王佳江,侯长希.益生菌的保健作用与研究综述[J].安徽农学通报,2009, 15(19):56-57  
GAO Yang. Wang Hai-yan WANG Jia-jiang HOU Chang-xi. Health Function and Research Direction of Probiotics [J]. Anhui Agri. Sci. Bull, 2009, 15 (19): 56-57
- [7] Va sijevic T, Shah NP. Probiotics - From Metchnikoff to bioactives[J]. International dairy journal, 2008, 18: 969-975
- [8] Bengmark S. Colonic Food: Pre - and Probiotics[J]. American Journal of Gastroenterology, 2006, 95: 5-7
- [9] Fandl KG, Ghaxal IHM, Yazldam, et al. Purification and Nterminalamino acid sequence of fructose-6- phosphate phosphoketolase from Bifidobacterium longum BB536 [J]. Lett Appl Microbiol, 2001 ,32: 235 - 239
- [10] 谢喆.双歧杆菌的保健功能及其在食品中的开发前景 [J].中国高新技术企业, 2007,5:1132-116  
XIE Zhe. The health function of bifidobacterium and its prospects in Foods[J]. China high technology enterprises, 2007, 5: 1132-116
- [11] Can M, Besirbellioglu BA, Avci IY. Prophylactic Saccharomyces boulardii in the prevention of antibiotic-associated diarrhea: A prospective study[J]. Medical science monitor, 2006, 4: 19-22
- [12] O'sullivan MG, Thrtton G, O'sullivan GC, et al. Probiotic Bacteria: myth or reality[J]. Trends Food Sci Thchnol, 1992, 3: 309-314
- [13] 冯玉红,曲冬梅,王德纯,等. 益生菌应用与展望 [J]. 食品工业, 2010,3 :86-89  
FEN Yu-hong, QU Dong-mei, WANG De-chun, et al. The Application and Towards of Probiotics [J]. food industry, 2010, 3: 86-89
- [14] Ka Lasapathy K, Harmstorf I, Phillip SM. Survival of Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium animalis ssp. lactis in stirred fruit yogurts[J]. LWT, 2008, 41(7): 13172-1322
- [15] Conway PL, Gorbach SL, Goldin BR. Survival of lactic acid bacteria in the human stomach and adhesion to intestinal cells[J]. J Dairy Sci, 1987, 70: 1-12

(下转第 3977 页)

员推测 LDHC 缺失可能引起由于糖酵解受抑制而产生的 ATP 生成缺陷。研究人员发现 Ldhc 缺陷小鼠精子与野生型小鼠精子相比其向前运动的能力及 ATP 水平均明显降低,而且与野生精子不同的是 Ldhc 精子不能消耗葡萄糖。但是,有趣的是 Ldhc 缺陷小鼠精子能像野生型小鼠精子一样以相同的动力学速率把丙酮酸盐转化成乳酸。这可能是存在于纤维鞘的 LDHA 为 Ldhc 缺陷的小鼠精子提供部分或大部分的乳酸脱氢酶活性的结果<sup>[8]</sup>。值得一提的是 Ldhc 突变的杂合型小鼠是可育的,但是睾丸中 Ldhc 的转录本水平降低了 40% 整个的 LDH 酶活性在睾丸中降低了 19.1%,在精子中降低了 24.7%。这些结果显示 精子中实际含有多于受精所需的大量的 LDH-C4 蛋白。

## 7 结论

Ldhc 缺陷小鼠精子功能的缺陷进一步证实了 LHDC 的重要性,它可能在精子受精过程中起重要作用,但是既然精子中的 LDHA 能完成糖酵解过程为什么精子还需要大量的特异 LDHC 仍需要进一步的研究。

### 参考文献(References)

- [1] Goldberg E. Lactic and malic dehydrogenase in human spermatozoa [J]. *Since*, 1963, 139: 602-603
- [2] Gupta GS. LDH-C4: a unique target of mammalian spermatozoa [J]. *Crit Rev Biochem Mol Biol*, 2002, 34(6):361-385
- [3] Coonrod S, Vitale A, Duan C, et al. Testis-specific lactate dehydrogenase (LDH-C4; Ldh3) in murine oocytes and preimplantation embryos[J]. *J Androl*, 2006, 27(4):502-509
- [4] Goldberg E, Eddy EM, Duan C, et al. LDHC the ultimate testis specific gene[J]. *J Androl*, 2010, 31(1):86-94
- [5] LeVan KM, Goldberg E. Properties of human testis-specific lactate dehydrogenase expressed from *Escherchia coli* [J]. *Biochem J*, 2001, 273(Pt3):587-592
- [6] Gupta GS, Kang BP. LDH-C4-substrate binary complexes studied by intrinsic fluorescence method[J]. *Indian J Biochem Biophys*, 2004, 34(3): 307-312
- [7] Li SS, O'Brien DA, Hou EW, et al. Differential activity and synthesis of lactate dehydrogenase isozymes A (muscle), B (heart), and C (testis) in mouse spermatogenic cells [J]. *Biol Reprod*, 2001, 4(1): 173-180
- [8] Obet F, Duan C, Willis WD, et al. Expression of the gene for mouse lactate dehydrogenase C (Ldhc) is required for male fertility [J]. *Biol Reprod*, 2008, 79(1):26-34
- [9] Krisfalusi M, Miki K, Grootegoed A, et al. Multiple glycoytic enzymes are tightly bound to the fibrous sheath of mouse spermatozoa [J]. *Biol Reprod*, 2006, 75(2):270-280
- [10] Alvarez JG, and Storey BT. Assessment of cell damage caused by spontaneous lipid peroxidation in rabbit spermatozoa[J]. *Biol Reprod*, 1984, 30(2):323-331
- [11] Beyler SA, Wheat TE, and Goldberg E. Binding of antibodies against antigenic domains of murine lactate dehydrogenase-C4 to human and mouse spermatozoa[J]. *Biol Reprod*, 1985, 32(5):1201-1210
- [12] Duan C, and Goldberg E. Inhibition of lactate dehydrogenase C4 (LDH-C4) blocks capacitation of mouse sperm in vitro [J]. *Cytogenet Genome Res*, 2003, 103(3-4):352-359
- [13] Shima JE, Mclean DJ, McCarrey JR, and Griswold MD. The murine testicular transcriptome: characterizing gene expression in the testis during the progression of spermatogenesis[J]. *Biol Reprod*, 2004, 71(): 319-330
- [14] Markert CL, Amet TM, Goldberg E. Human testis-specific lactate dehydrogenase-C promoter drives overexpression of mouse lactate dehydrogenase-1 cDNA in testes of transgenic mice [J]. *J Exp Zool*, 2005, 282(1/2):171-178
- [15] Tang H, Kung A, and Goldberg E. Regulation of murine lactate dehydrogenase C (Ldhc) gene expression [J]. *Biol Reprod*, 2008, 78: 455-461
- [16] Kroft TL, Jethanandani P, McLean DJ, et al. Methylation of CpG dinucleotides alters binding and silences testis-specific transcription directed by the mouse lactate dehydrogenase C promoter [J]. *Biol Reprod*, 2001, 65(5):1522-1527

(上接第 3980 页)

- [16] Walker DK, Gilliland SE. Relationships among bile tolerance, bile salt deconjugation, and assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*[J]. *J Dairy Sci*, 1993, 76: 956-96
- [17] 吴丽红, 贺稚非. 发酵香肠中的微生物发酵剂的研究发展[J]. *四川食品与发酵*, 2005, 1: 31-36

- WU Li-hong, HE Zhi-fei. Research Progress of Microbial Culture Starters of Fermented Sausages[J]. *Sichuan Food and Fermentation*, 2005, 1: 31-36
- [18] Hugas M, Monfort JM. Bacterial starter cultures for meat fermentation [J]. *Food Chemistry*, 1997, 59(4): 547-554