乳酸菌的研究现状及展望

彭　木,黄凤兰,侯　楠,傅文端
(内蒙古民族大学 生命科学学院,内蒙古 通辽 028000)

摘要:随着国内外乳制品行业的快速发展,乳酸菌在发酵、食品加工、轻工业、医药上的利用,以及其在微生物学、营养学、免疫学方面的研究和作用机制越来越被重视和关注。简要介绍了乳酸菌的生物学特性、分类、生理功能以及在不同食品中的应用,并展望了乳酸菌类微生物在食品工业上的发展前景。

关键词:乳酸菌;应用;前景
中图分类号:Q93　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1002-2767(2012)12-0132-05

乳酸菌(Lactic acid bacteria,LAB)属于原核类生物中的一类异养厌氧型或兼性厌氧型细菌[1],利用可发酵碳水化合物(主要是葡萄糖或乳糖)产生大量乳酸的革兰氏阳性菌的总称,广泛存在于人和禽的肠道中,能维持机体内多种微生物菌群之间的平衡,与人类的健康息息相关,同时乳酸菌可以改善食品的风味,提高食品的营养价值以及特殊的生理活性,更是极大程度上延长了食品的保鲜时间。

收稿日期:2012-10-19
基金项目:内蒙古民族大学高教研究资助项目(2009053)
第一作者简介:彭木(1988-),男,湖南省龙山县人,在读学士,从事生物技术的研究。E-mail:pengmu1025@hotmail.com。
通讯作者:黄凤兰(1973-),女,内蒙古自治区通辽市人,博士,教授,硕士研究生导师,从事生物技术的教学与研究工作。E-mail:huangfenglan2008@yahoo.com.cn。

国内外研究表明,乳酸菌在调节机体肠道方面起到维持各种益生菌群之间的生态平衡,降低血清中的胆固醇浓度,代谢产生的乳酸,使周围环境的酸度降低,抑制肠道内杂菌的生长繁殖,同时也促进营养物质的吸收和利用。所以,人体的生命活动离不开乳酸菌。也正因为如此,乳酸菌被广泛应用于轻工业、食品工业、医药及饲料工业等各种行业上[2]。

1　乳酸菌的生物学特征及其性质

1.1　乳酸菌的形态结构及分布

乳酸菌是革兰氏阳性细菌,菌体一般呈细长的杆状、长链状、圆形或卵圆形、分支状、也有四联状。菌体的细胞形态会随着所处环境条件的不同而变化。大多数的乳酸菌不运动,或只有少数借助于周毛进行缓慢移动。

乳酸菌在整个生物圈中的分布都非常广泛,

Research of *Camellia oleifera* Diseases and Pests Diagnosis and Pollution-free Control WEB System Based on Expert System and JESS

WANG You-ning, DENG Qing-yun, HU Bo, JIANG YI-QUAN, LI Guo-yuan
(Life Science and Technology College of Hubei Engineering University/The Key Laboratory of Quality Safety Control of Characteristic Fruits and Vegetables, Xiaogan, Hubei 432000)

Abstract: In order to accurate diagnosis *Camellia oleifera* diseases and pests and pollution-free control, improve the yield and quality, based on expert knowledge base and JESS, the WEB system for *Camellia oleifera* diseases and pests and pollution-free control was constructed. The advantage of WEB expert system based on JESS language shell was introduced. And the design method and realization process were given in detail taking *Camellia oleifera* diseases and pests WEB Expert System as an example. The system could offer real time *Camellia oleifera* diseases and pests information by different time different land and could dynamic modify the knowledge rules. The software system had strong adaptability and broad applicability in area of agriculture.
Key words: JESS; *Camellia oleifera*; diseases and pests; expert system

很少存在有致病菌。乳酸菌是人和动物体肠道内最重要的益生菌群,如嗜酸乳杆菌,它们在肠壁上能抑制致病菌的生长繁殖;同时在垃圾、淤泥和动物的排泄物中也有分布;在食品方面,酸奶中有两歧双歧杆菌和嗜酸乳杆菌;黄油中有德氏乳杆菌和乳油链球菌。

1.2　乳酸菌的分类

到目前为止,已经发现的乳酸菌至少有 27 个属,一共包括 300 多种。

从形态上分,乳酸菌可以分为球状、杆状链状、分支状三大类。如圆形或卵圆形的肠膜明串珠菌、分支状的双歧乳杆菌、四联状的乳酸片球菌。

现在国际上普遍采取的是 Bergey 氏细菌鉴定手册中乳酸细菌的分类方法,凌代文[3]将乳酸细菌分成四大类:革兰氏阳性无芽孢杆菌、形成内生芽孢的杆菌、革兰氏阳性兼性厌氧球菌、不规则形的专性厌氧菌。

1.3　乳酸菌的主要功能

乳酸菌的主要功能:改善肠道功能,维持肠道内各菌群之间的动态平衡;养胃健胃,促进食物的消化与营养物质的吸收;预防高血压,改善血脂代谝的作用;彻底消灭乳糖不耐症;为人体提供钙质来源;预防癌症;提高人体的免疫力;降低血清中胆固醇和脂肪的浓度以及降血压;能显著提高 SOD 酶活性,延缓衰老;抑制致病菌的生长;产生酸性代谝产物等。

2　乳酸菌在食品工业中的应用

乳酸细菌作为食品工业中的常用菌种,有着非常重要的实际使用价值[4-6]。目前,应用于食品中的主要乳酸菌见表 1。

表 1　乳酸菌在食品中的应用

Table 1　The application of lactic acid bacteria in food

常见乳酸发酵食品 Common fermentation food of LAB	菌种名 The name of LAB	菌种的作用 The function of LAB
酸奶 Yoghurt	两歧双歧杆菌、嗜酸乳杆菌、丁二酮链球菌和蚀橙明串珠菌	调节酸度,保健益生
黄油 Butter	乳酸链球菌、乳油链球菌、嗜柠檬酸链球菌和副嗜柠檬酸链球菌	发酵剂
干酪 Cheese	干酪乳杆菌、嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌、乳链球菌和乳酸乳球菌	增强凝乳性
泡菜、酸菜 Pickle vegetable and sauerkraut	肠膜明串珠菌、短乳杆菌、胚芽乳杆菌、小片球菌和植物乳杆菌	降低 pH,抑制杂菌的生长
酱油 Soy sauce	鲁氏酵母菌、球拟酵母和嗜盐乳杆菌	提升酱油的风味
微生态制剂 Microbial ecological agents	保加利亚乳杆菌、长双歧杆菌和嗜热链球菌	使饲料产生香味、促进食物中营养物质的吸收
腐乳 Sufu	鼠李糖乳杆菌、清酒乳杆菌、耐盐乳酸菌、植物乳杆菌、短小奇异菌和片球菌	加快腐乳成熟,增强产品风味
香肠 Sausage	植物乳杆菌和乳酸片球菌	降低 pH,抑制杂菌的生长

2.1　乳酸菌在乳制品加工中的主要应用

传统的奶制品发酵已拥有悠久的历史,益生菌在发酵乳制品中的使用被一代代流传下来[7]。中国的许多传统食品发酵过程中都有乳酸菌的参与,它在提高食品质量和安全方面具有深远的影响。在长期的自然选择过程中,性能良好的乳酸菌保存下来,同时也保存了浓厚的地域特色和独特的风味。

2.1.1　*酸奶*　罗思京[8]对酸奶的制作过程进行了详细且系统的研究。酸奶在制备的过程中可使用单菌种进行发酵,但是一般都采用 2 种或 2 种以上菌种混合发酵[9],旨在达到理想的效果。祝静[10]研究了不同乳酸菌对酸奶的影响中发现,当使用单一菌种发酵的感官和质构特性远不及混合菌发酵剂,且不同菌种混合后的发酵产物也有较大的差别。比较不同乳酸菌对酸奶的风味、酸度、硬度等方面的影响,试验得出混合菌种(双歧杆菌和丁二酮乳链球菌)适合作为羊酸奶的发酵剂。穆明道[11]的研究也证实了复合菌株是最适合的发酵剂,他从中国少数民族传统乳制品中分离得到不同的菌株,从中选择发酵性状好的菌株混合发酵,以提高产品质量。赵瑾[12]对酸奶发酵条件作了试验,同时在酸奶风味方面,苹果汁酸奶、红豆酸奶及核桃酸奶等不同风味酸奶的研制成功,

更是为酸奶增添了几分色彩，受到了人们的追捧。酸奶的制作工艺流程见图 1。

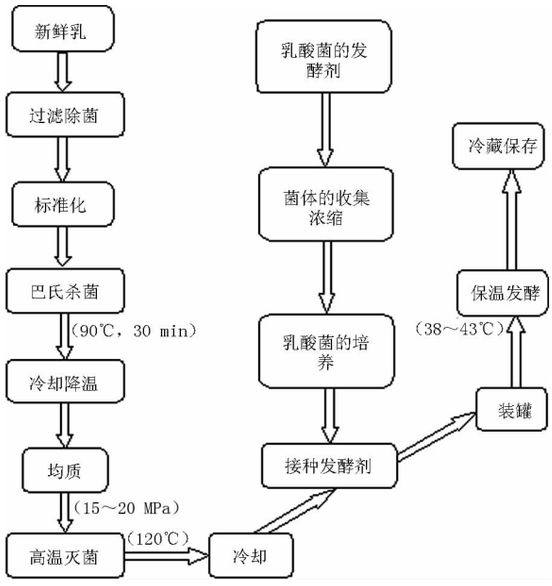

图 1　酸奶的制作工艺流程

Fig. 1　The technology of yoghourt

酸奶不仅能够平衡人体肠道内菌群以达到整肠和降低血清中胆固醇的浓度、延缓衰老、防止和降低乳糖不耐症，还能具有提高人体对钙磷铁的吸收等多种营养保健作用，受到广大消费者的青睐[13]。但是由于酸奶的保存期短，在菌种活化、扩大繁殖等方面容易造成菌种活力退化、变质，且生产环节多，操作技术复杂，而且需要低温保存，在运输过程中存在一定问题。国内外通过大量的试验研究出了新的生产酸奶的方法，成功地制造了酸奶粉，代替了传统的酸奶。刘华英[14]指出酸奶粉是经过实验筛选和精细培养出特异的乳酸链球菌与乳酸杆菌相混合后，再接种于新鲜牛奶中经过发酵、干燥、均质等过程制成，它既保持了原有发酵剂的活力，也将营养成分及其原始的风味保存下来，这种混合菌种发酵剂一旦成功，即可直接用于工业上酸奶的大量加工生产，无需再经活化与培养，而且在运输过程中也不再需要低温保存，制成的成品在较长的时间内也不会变质。酸奶粉的优势为它的研究提供了市场。

2.1.2　黄油　最开始黄油并不是作为食物被人们利用，而是作为药品和化妆品，直到后来发现黄油的味道纯香独特，并且含有脂肪（饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸和必须脂肪酸）、维生素 A、磷脂、矿物质等营养成分和许多矿质元素，才被人们另作他用。黄油不但被认为是健康食品，而且也具有改善因食用食品引起的贫血症状的作用。黄油的制作工艺流程见图 2。

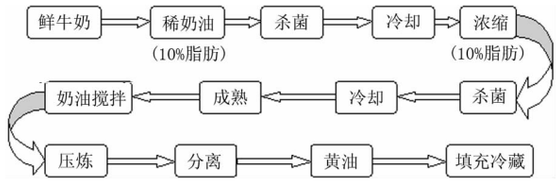

图 2　黄油的制作工艺流程

Fig. 2　The technology of butter

世界上许多发达国家都有较高的黄油产量，是居民必须的生活用品。随着我国居民生活水平的提高，黄油的需求量也在增长，后市行情看好。未来的研究的方向是采用先进的技术，简易的工艺，提高产品的品质，这既满足人们对产品质量的高要求，同时也可降低生产成本。

2.1.3　干酪　干酪的制作工艺流程见图 3。干酪是浓缩的奶制品，所以营养价值非常高。由于在制造和成熟过程中，在凝乳酶和干酪乳酸发酵剂的共同作用下，发生复杂的生物化学和微生物变化，蛋白质等许多大分子被分解成氨基酸类小分子以及其它有机或无机化合物，这些小分子物质很容易被人体所吸收，使得干酪蛋白质在人体内消化率约高达 95%～98%[15]。大量研究证实，干酪还具有抗癌的作用。

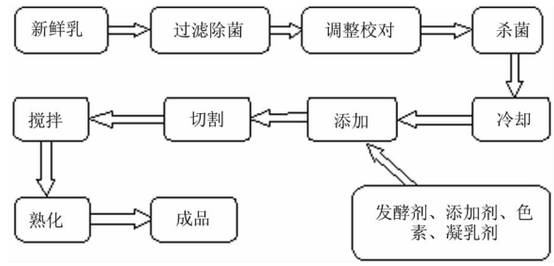

图 3　干酪的制作工艺流程

Fig. 3 The technology of cheese

近年来，随着生物技术的快速发展，细胞工程、发酵工程和基因工程等技术相继在干酪加工过程中广泛应用，极大地促进了干酪种类、风味和功能性的多样化、干酪品质的改进及干酪产量的提高，从而满足不同消费者对干酪品质的需求[16]。原料乳的组分将直接影响干酪的品质，通过生物技术改造乳畜泌乳的相关基因，从而获得有利的原料乳。Brophy 等[17]研究得出 k-酪蛋白等位基因 β 对干酪的形成有促进作用，他们通过转染将解码 k，β-酪蛋白基因的 DNA 导入母牛的

纤维细胞内,增加 β-酪蛋白基因的含量。干酪发酵剂乳酸菌的代谢调控将影响干酪的品质。通过基因工程的手段同样可以对乳酸菌的相关功能基因进行改造,使其代谢途径朝着有利的方向进行。Roberts[18]等采用能生产乳酸菌素的混合乳酸发酵剂,成功抑制了干酪生产过程中有害菌的生长。Exterkate[19]等将枯草芽孢杆菌的某蛋白酶基因转入乳酸乳球菌后,明显加快了干酪的成熟,缩短了生产周期。也可以对乳酸菌进行基因工程改造,增强它对噬菌体的抵抗力,提高乳酸菌在整个制作过程中的存活数量,缩短干酪的成熟时间。

2.2　泡菜

已经制作好的泡菜含有丰富的乳酸菌,一方面可促进食物的消化吸收,另一方面它还含有维生素、钙、磷等无机物和矿物质以及人体所需的十余种必须氨基酸。泡菜的乳酸发酵既起到了防腐的作用,同时也降低了环境中的 pH,抑制了硝酸盐还原酶的活性,减少了亚硝酸盐的形成。

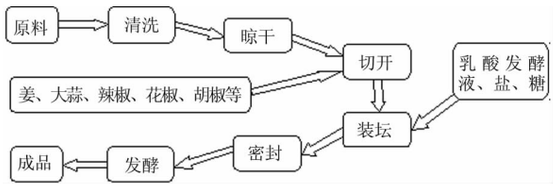

图 4　泡菜制作工艺流程

Fig. 4　The technology of pickled vegetable

李文婷[20]等对比泡菜的两种制法,研究出乳酸菌制剂发酵泡菜品质比自然发酵泡菜好。在发酵过程中,乳酸菌制剂的发酵能明显缩短泡菜发酵周期,乳酸菌产生的乳酸使泡菜总酸量增加,能有效改善口感和味道。加上现代生物科学技术和发酵行业发展,乳酸菌制剂的发酵势必将取代传统发酵工艺(见图 4)。Juliu 等认为植物乳酸菌是泡菜发酵中的最重要菌群,它能抑制其它杂菌及亚硝酸盐还原菌的生长,并且乳酸菌自身发酵产酸产醚,提高了产品的质量。葛林立[21]等通过实验得出植物乳酸菌和乳双歧杆菌能在低 pH 和高胆盐溶液中具有较强的抗性,是良好的益生菌群,为功能性泡菜开发研究提供了基础。

2.3　饲用乳酸菌——微生物制剂

随着微生态学的不断发展,在饲料中添加微生物制剂在养殖业中得到了广泛的认可和使用。乳酸菌微生态制剂是微生物制剂的一种,指将乳酸菌培养后,用适当的方法制成带活菌的粉剂、片剂或丸剂等,具有整肠和防治肠胃疾病以及重新建立正常的肠道菌群平衡的作用。孙笑非[22]等研究了乳酸菌在饲料中的运用,他指出微生物制剂在畜禽养殖业中,不仅可以作为免疫增强剂加强免疫机能,也能作为生长促进剂提高质量和成活率等生产性能。杨琛杰[23]等总结了乳酸菌在微生态制剂上的研究,添加了微生态制剂的饲料,能产生不饱和脂肪酸和芳香酸,使饲料产生香味,刺激家禽的食欲;微生物能产生蛋白酶、脂肪酶和纤维素酶,促进食物中营养物质的吸收,提高了家禽对氮素的利用率。同时微生态制剂具有促进消化、增强免疫力、保护生态环境等特点。因此,乳酸菌作为微生物制剂在未来的养殖业中具有一定的经济效益和生态效益。

2.4　酱油

酱油是以大豆和小麦加以米曲霉(Aspergillus oryzae)和酱油曲霉(Aspergillus soyae)为原料,经过蒸煮、制曲,与盐水混合,再通过发酵制成的液体调味剂。在酿制酱油的过程中,常常由于杂菌的繁殖,导致大量的营养物质被消耗,影响了成品的质量。乳酸菌的引入,有效地解决了这一难题。首先将温度控制在适合乳酸菌生长的范围内,使乳酸菌成为优势菌群,一方面抑制杂菌的生长,同时也提升了酱油的品质。王素珍[24]指出乳酸菌在酱油中运用的好处是提升酱油的风味,同时也保持酱油色泽光鲜。

3　乳酸菌的发展前景

从 1907 年梅切尼科夫提出的“喝酸乳可以长寿不老学说”到现在乳酸菌已深入到人们生活的各方面。乳酸菌在食品中的应用范围,不再局限于传统的发酵乳制品,而是成为现代生物技术研究的热点之一。

3.1　乳酸菌的遗传与育种

在乳制品发酵中,乳酸菌菌种的选择对发酵剂的质量起着重要作用。一方面,可利用转基因技术和遗传技术测定乳酸菌的碱基序列,进而进行基因改良,以得到发酵性能好的乳酸菌菌种。另一方面,亦可从现有的乳制品中分离筛选出具有良好加工特性的菌种,为乳酸菌在各个领域中的研究、运用奠定基础[25]。

3.2　重点开发具有预防和保健功能的乳酸菌制品

随着人类不健康的饮食习惯,生活的压力和环境的污染对人体造成的危害,人的抵抗力越来越低,人类的健康正面临严重的威胁。乳酸菌主

要功能包括调节血脂、抑制肿瘤、延缓衰老等，这些都与人类的健康有关，对效应本身与作用机制的研究，都有待于今后的发展。乳酸菌行业的发展对人类健康起到了关键性的作用，人们越来越倾向于预防疾病而不再是治疗疾病，通过乳酸菌的制品来防御外界的伤害，强化自身的健康状态，所以乳制品在预防疾病方面成为今后科技攻关的重点和难点。

参考文献：

[1] 李方正. 纤维素降解菌的分离、鉴定及产内切纤维素酶基因工程乳酸菌的构建[D]. 泰安：山东农业大学，2011：18.

[2] 赵红霞，詹勇，许梓荣. 乳酸菌的研究及其应用[J]. 江西饲料，2003(1)：9-12.

[3] 凌代文. 乳酸细菌分类鉴定及实验方法[M]. 北京：中国轻工业出版社，1998：1-83.

[4] Giorgio Giraffa，Nina Chanishvili，Yantyati Widyastuti. Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology[J]. Research in Microbiology，2010，161(6)：480-487.

[5] Aldo Corsetti，Nina Vhanishvili，Yantyati widyastuti. Lactobacilli in sourdough fermentation[J]. Food Research International，2007，40(5)：539-558.

[6] Liu Shanna，Han Ye，Zhou Zhijiang. Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods[J]. Food Research International，2011，44(3)：643-651.

[7] Yu J，Wang W H，Menghe B L G，et al. Diversity of lactic acid bacteria associated with traditional fermented dairy products in Mongolia[J]. Journal of Dairy Science，2011，94(7)：3229-3241.

[8] 罗思京，张遐朋. 活性乳酸菌奶的生产工艺[J]. 粮食与饲料工业，2009，37(5)：58-60.

[9] 杨维军，王华，杨坚. 益生菌的功效及其在食品中的应用[J]. 四川食品与发酵，2005(1)：27-30.

[10] 祝静，丁武. 不同乳酸菌对羊酸奶的感官和质构特性的影响[J]. 中国奶牛，2011(2)：48-52.

[11] 穆明道，吕铭洋，郑晓楠，等. 中国传统乳制品中优良乳酸菌的筛选及复合菌株发酵的初步研究[J]. 中国奶牛，2011(2)：52-57.

[12] 赵瑾，许喜林，张勇，等. 不同发酵条件对酸奶粉影响的研究[J]. 食品工业科技，2008，29(11)：203-207.

[13] 马晓晴，周云，王柳，等. 乳酸菌酸奶粉的研究现状[J]. 食品工业科技，2011(5)：422-424.

[14] 刘华英. 酸奶粉的研究报告[J]. 食品科学，1982(2)：59-61.

[15] 郑诗超，阚建全. 干酪的研究进展[J]. 中国乳业，2003(8)：27-29.

[16] 张健，张莉，杨贞耐. 生物技术在干酪加工中的应用[J]. 中国乳品工业，2011，39(2)：48-52.

[17] Brophy B，Smolenski G，Wheeler T，et al. Cloned transgenic cattle produce milk with higher levels of beta-casein and kappa-casein [J]. Nat Biotechnol，2003，21 (2)：157-162.

[18] Roberts R F，Zottola E A，Mckay L L. Use of a nisin-producing starter culture suitable for cheddar cheese manufacture[J]. Journal of Dairy Science，1992，75(9)：2353-2363.

[19] Eeterkate F A，Alting A C. The role of starter peptidases in the initial proteolytic events leading to amino acids in gouda cheese[J]. International Dairy Journal，1995，5(1)：15-28.

[20] 李文婷，车振明，雷激，等. 乳酸菌制剂发酵泡菜品质及安全性研究[J]. 西华大学学报：自然科学版，2011，30(3)：97-100.

[21] 葛林立，董英. 泡菜中乳酸菌的分离鉴定及模拟环境斜坡抗性的研究[J]. 食品工业科技，2010，31(12)：189-191.

[22] 孙笑非，孙冬岩，王文娟，等. 饲用乳酸菌应用研究进展[J]. 饲料研究，2011(4)：71-79.

[23] 杨琛杰，李光玉，刘晗璐，等. 乳酸菌在微生态制剂上的研究进展[J]. 特产研究，2011(1)：55-58.

[24] 王素珍. 乳酸菌与酱油的制造[J]. 中国调味品，2008(5)：64-65.

[25] Maragkoudakis P A，Miaris C，Rojez P. Production of traditional Greek yoghurt using Lactobacil strains with probiotic potential as starter adjuncts[J]. International Dairy Journal. 2006，16：52-60.

The Research and Prospect of Lactic Acid Bacteria

PENG Mu，HUANG Feng-lan，HOU Nan，FU Wen-duan

(Life Science College of Inner Mongolia University for Nationalities，Tongliao，Inner Mongolia 028000)

Abstract：With the rapid development of the dairy industry in the world，lactic acid bacteria are used in fermentation，food processing，light industry and medicine. Its research and mechanism of action are also taken more attention to microbiology，nutriology and immunology. The biological characteristics，physiological function and application of lactic acid bacteria in different food were briefly introduced，then the development prospect of lactic acid bacteria microorganism in food industry was prospected.

Key words：lactic acid bacteria；application；prospect