

发酵乳杆菌及其益生特性研究进展

敖晓琳¹, 蒲彪¹, 蔡义民², 胡爱华¹, 陈岑¹, 陈安均¹

(1. 四川农业大学 食品学院, 四川 雅安 625014; 2. 日本国际农林水产研究中心, 日本 茨城 305-8686)

摘要: 发酵乳杆菌作为传统发酵食品中的优势乳酸菌具有安全性及遗传稳定的特点。作者着重阐述了发酵乳杆菌在传统食品中的分布以及应用, 及其作为益生菌在耐受动物肠道不利条件、胆固醇降解、对腐败及病原菌的抑制、对人体的免疫增强作用等方面的益生特性及其机制的研究现状, 并对菌株安全性方面的研究进行了综述, 以期对发酵乳杆菌作为高品质的益生食品发酵剂奠定一定的理论基础。

关键词: 发酵乳酸杆菌; 益生; 特性; 机制

中图分类号: TQ 920.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2015)02—0121—07

Research Progress of *Lactobacillus fermentum* and Its Probiotic Characteristics

AO Xiaolin¹, PU Biao¹, CAI Yimin², HU Aihua¹, CHEN Ceng¹, CHEN Anjun¹

(1. College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Yaan 625000, China; 2. Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), Ibaraki 305-8686, Japan)

Abstract: Following the functional foods were constantly pursued, the probiotic microorganisms in traditional food are continuously developed and utilized. *L. fermentum*, as dominant lactic acid bacteria in traditional fermented food, has the characteristics of security and genetic stability. This paper emphatically describes the distribution of *L. fermentum* in traditional foods, and the probiotic characteristics and mechanism of *L. fermentum* on tolerance to the adverse environment in animal intestine, degrading of cholesterol, inhibiting spoilage and pathogenic bacteria, improving the body's immunity, and so on. The safety aspect of *L. fermentum* is research as well. These what has done above will offer theory basis about *L. fermentum* as high quality probiotic food starter culture.

Keywords: *L. fermentum*, probiotic, characteristics, mechanism

我国传统发酵食品种类繁多, 具有悠久的历史和文化底蕴, 因其独特的风味和口感, 倍受消费者

青睐。乳酸菌是发酵食品中的主要微生物, 因其在发酵食品中的作用及对人体健康的促进作用, 而受

收稿日期: 2014-01-03

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD31B04); 四川省科技支撑计划项目(2012NZ0002)。

作者简介: 敖晓琳(1979—), 女, 四川乐山人, 理学博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事食品微生物与发酵方面的研究。

E-mail: huavslin@163.com

到广泛的研究和利用。传统发酵食品中的优势乳酸菌作为安全的菌株被长期的应用和食用,具有遗传稳定性以及安全性高的特点。随着分子生物学技术的发展,传统发酵食品中的微生物被不断的分离、鉴定并逐渐应用于食品的各个方面。发酵乳杆菌(*Lactobacillus fermentum*)作为乳酸杆菌的一种,也广泛存在于传统发酵的食品中,其功能和特性也正在不断的被人们所认识。

1 发酵乳杆菌在传统发酵食品中的分布及其应用

乳酸菌是一类以糖为原料,能发酵产生大量乳酸的革兰氏阳性、不产芽孢的球菌或杆菌,是益生菌中最具代表性的菌属^[1]。目前常用于食品中的乳酸菌主要包含三个属的乳酸菌:双歧杆菌属(*Bifidobacterium* spp.)、乳杆菌属(*Lactobacillus* spp.)和链球菌属(*Streptococcus* spp.)^[2]。其中,乳杆菌属的菌种应用最广泛。

1.1 发酵乳杆菌在传统食品中的分布

发酵乳杆菌为异型发酵乳酸杆菌,能够代谢乳糖、半乳糖等多种糖类产生乳酸、乙酸、琥珀酸、乙醇等代谢产物。目前的研究证实,发酵乳杆菌是传统发酵乳制品、肉制品、豆制品、蔬菜制品等食品中的优势微生物,在发酵食品的制作和功效方面发挥其特有的作用^[3]。

近年来,随着分子生物学技术的不断发展,人们采用各种生理生化方法及分子鉴定技术对传统发酵食品中的乳酸菌进行了分类和鉴定。学者对我国西藏、新疆、云南、甘肃、四川等不同地区采集的发酵乳制品中的乳酸菌进行分离鉴定,结果表明:发酵乳酸菌为其中的优势乳酸杆菌^[4-5]。从发酵蔬菜的情况来看,我国的四川泡菜、酸菜,伊朗、尼泊尔的传统发酵蔬菜中分离的乳酸杆菌中发酵乳杆菌都占有较大比例^[6-9]。曾令彬等从腌腊鱼中共分离到20株乳酸菌,其中2株为发酵乳杆菌^[10]。赵俊仁等在对自然发酵风干肠中分离鉴定出5种乳酸菌,分别为戊糖片球菌、乳酸乳球菌乳酸亚种、短乳杆菌、弯曲乳杆菌和发酵乳杆菌^[11]。在非洲国家,发酵乳杆菌多用于谷物类食品的发酵和豆豉的生产^[12]。综上所述,发酵乳杆菌在传统发酵食品分布较广。由于传统的发酵食品常年被食用,因此发酵乳杆菌作为发酵剂菌种具有安全性及遗传稳定的特点,而且对

传统食品的风味形成具有较大的贡献^[13]。

1.2 发酵乳杆菌在食品发酵中的应用

在食品发酵过程中,发酵乳杆菌因其代谢产物丰富,因此较同型发酵乳酸杆菌相比,能赋予产品更加丰富的感官感受,产品的风味也更加独特。Ao等利用分离至川西高原地区自然发酵乳中的发酵乳杆菌接种发酵制作酸奶,产品在香味成分和口感上更接近自然发酵的样品,对传统产品的风味形成起着重要的作用^[14]。王水泉等用11株发酵乳杆菌发酵豆乳,结果表明,*L. fermentum* F6发酵豆乳的产品无乳清析出,表面细腻,具有良好的拉丝性,其外观、气味以及风味总体得分显著高于其他菌株发酵产品^[15]。敖晓琳等从优质的泡菜水中分离的乳酸菌中筛选出两株产酸能力强且风味独特,感官评分较高的菌株,其中一株被证实为发酵乳杆菌^[16]。综上,发酵乳杆菌对多种食品的品质形成都起到促进作用,因此对其功能和特性进行研究能够扩大菌种使用的范围,使发酵食品的种类更加多样化。

2 发酵乳杆菌益生特性

目前,对发酵乳杆菌益生作用的研究主要集中在胃肠道环境的适应能力、胆固醇的降解或消除能力、有害菌的抗菌能力、免疫调节、抗氧化能力等方面。

2.1 发酵乳杆菌对胃肠道环境的耐受能力

耐受动物肠道低酸、高胆盐环境,是乳酸菌能在消化道中生存和增殖的前提。科学家对发酵乳杆菌的这一特性进行了大量研究。有学者对分离于人类粪便的菌株 *L. fermentum* ME-3 进行了益生特性的研究,结果表明,该菌株能够耐受高的胆盐质量分数0.3%,在此质量分数下处理3h后,菌株数量损失较小;在pH 4.0~2.5的酸性条件下处理,该菌株在数量上没有降低^[3]。研究者对肯尼亚传统发酵乳制品中分离的发酵乳杆菌进行了功能特性研究,证实8株发酵乳杆菌在pH 2和pH 2.5的酸性条件下处理2h,其存活率为100%。且能够耐受质量分数0.5%的胆盐^[17]。而早在1992年,Goldin等就发现在粪便中乳杆菌的数量为 $10^4 \sim 10^9$ CFU/g,其中主要由嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌来构成^[18]。所以这些研究都表明,发酵乳杆菌能够顺利通过人体的胃肠道,而且是胃肠道中的主要菌群。

Turpin 对以发酵乳杆菌为主的乳酸菌菌株的功

能基因进行了测定,并对比分析了功能基因的存在与耐受性关系。研究结果表明:与酸耐受相关的基因和菌株的耐受性之间没有必然的联系,而从耐受胆盐的情况来看,缺乏 BSH (Bile salt acid hydrolase,胆盐水解酶)基因,将会导致胆盐的耐受性降低^[19]。杨郁对乳酸菌的耐酸性机理进行了研究,证实 ATP 酶活性不是影响耐酸性的主要因素,在没有碳源存在的情况下,推测耐酸菌株细胞膜的通透性比非耐酸菌株的要低,导致酸对细胞的影响变小;有碳源存在时,耐酸菌株可以在强酸性条件下利用碳源,从而提高生存率^[20]。由于乳酸菌耐酸机制较复杂,所以目前还没有很好的理论来说明发酵乳杆菌的耐酸机制。

2.2 发酵乳杆菌抗菌活性

多种乳酸菌被证实产生的代谢产物能抑制其他腐败微生物的生长,常见的代谢物质如乳酸、过氧化氢、细菌素等。因菌种和菌株的不同,抑菌物质产生的种类和数量存在较大的差异。Yan 对传统发酵乳制品中的发酵乳杆菌进行了抗菌活性的研究,结果表明:所有筛选的菌株都表现出一定的对不同食物腐败或病原菌的抑制能力。其中菌株 F6 表现出非常强的抑菌能力,对 5 种指示菌单增李斯特菌 (*Listeria monocytogenes*)、鼠伤寒葡萄球菌 (*Staphylococcus typhimurium*)、大肠杆菌 (*Escherichia coli*)、弗氏志贺菌 (*Shigella flexneri*)、金黄色葡萄球菌都表现出了很强的抑菌作用^[21]。Liliana 研究了益生发酵乳杆菌 L23 在小鼠阴道中对大肠杆菌的预防和抑制作用,结果表明:L23 在感染大肠杆菌前服用能起到防止大肠杆菌生长的作用,而在感染后期施用,可以起到抑制大肠杆菌生长的效果^[22]。因此 L23 被认为具有在阴道环境原位抑制病原微生物的能力。Ao 对分离至川西高原发酵牦牛乳中的发酵乳杆菌 SCA52 进行了抑菌试验的测定,通过排除酸和过氧化氢的影响,发现 SCA52 仍然对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和铜绿假单胞菌 (*Pseudomonas aeruginosa*) 具有抑菌效果,证明发酵乳杆菌 SCA52 含有细菌素类物质^[14]。*L. fermentum* CECT 5716 分离至人乳中,研究证实该菌株为潜在的益生菌株,在肠道环境中具有高存活率和很强的粘附肠道细胞的能力,能够促进黏蛋白基因的表达,产生抑菌物质,在体内外都表现出了免疫活性和对病原微生物的抑制活性以及能降低鼠类肠道

炎症的现象^[23]。综上所述,不同来源的发酵乳杆菌菌株都可能具有较强的抑菌能力。从菌株的抑菌范围来看,不仅对革兰氏阳性菌株,而且对革兰氏阴性菌株也具有较强的抑菌特性。由于发酵乳杆菌具有耐受肠道环境的能力,因此还能在动物肠道中起到原位杀菌或抑菌的效果。

发酵乳杆菌菌株的抑菌特性主要来自于其代谢产物,除了乙酸、乳酸、琥珀酸和腐胺等外,发酵乳杆菌也能代谢细菌素类物质。目前来自于乳酸菌的很多细菌素已被分离和鉴定,来自于 Fermenticin 是分离至发酵乳杆菌的类细菌素类物质。研究结果证实此物质结构和性质与细菌素相似,不但对革兰氏阳性菌具有抑制作用,而且对革兰氏阴性菌如大肠杆菌、假单胞菌、沙门氏菌也具有抑制和杀灭作用,其主要成分为大分子的糖蛋白和脂蛋白^[24]。

2.3 发酵乳杆菌胆固醇降解能力

发酵乳杆菌是人体肠道中的正常寄居者,有些菌株被认为与肠道中胆固醇的代谢有关。胆固醇是动物组织细胞不可缺少的重要物质,它不仅参与形成细胞膜,而且是合成胆汁酸、维生素 D 以及甾体激素的原料。但血清中的胆固醇含量过高,会增加患心血管疾病的风险^[25]。

有学者从牛粪中筛选到一株发酵乳杆菌 F1,研究表明,发酵乳杆菌 F1 具有以下益生特征:能够耐受低酸和高胆盐浓度;胆固醇降解率为 48.87%;对病原微生物大肠杆菌和金黄色葡萄球菌具有抑制作用^[26]。王正根对从人体肠道中分离的乳酸菌进行了体外降解胆固醇能力的筛选,结果筛选出具有较强胆固醇降解能力的一株发酵乳杆菌和一株植物乳杆菌。体内试验证实,两株菌对 SD 大鼠高脂血症模型有降胆固醇作用,而且发酵乳杆菌的降解效果更好,分析认为可能的降脂机制为减少肝脂质沉积和增加了粪脂的排泄^[27]。

发酵乳杆菌能降低胆固醇的另一个原因是能产生胆盐水解酶(BSH)。BSH 能促进体内胆盐的排泄,是降低血液胆固醇的主要因素。胆盐的排泄既是体内消除胆固醇的主要途径,也是胆固醇代谢的重要方式。董改香等从内蒙古地区牧民家庭自制的 2 份酸奶中分离鉴定出具有胆盐水解酶活力的发酵乳杆菌^[28]。Mikelsaar 等通过研究也发现,发酵乳杆菌较其他几种供试的乳酸菌具有更强的消除胆固醇的能力^[3]。其消除机制可能有以下 3 种:吸收胆固

醇并加速胆固醇的代谢;在寄主体内将胆固醇用于合成细胞膜或者是细胞壁;促使宿主消耗更多的胆固醇。发酵乳杆菌能干扰胆盐循环,促进胆盐的消除,结果导致胆固醇进一步转化为胆盐。

2.4 发酵乳杆菌的免疫活性

益生乳酸菌被证实对机体具有免疫调节作用,其功能主要表现在有效促使免疫系统的发育;通过改变 Th1/Th2 比例调节机体的免疫力;增强动物的免疫耐受能力;调节 Toll 受体在免疫调节中的作用;改变黏膜表面的糖基化等^[29]。另有研究指出,乳杆菌发挥其免疫调节作用的原因之一来自于其细胞壁组分(如磷壁酸和肽聚糖),后者可以作为一种主要的病原相关分子模式(pathogen-associated molecular patterns, PAMP)被机体的固有免疫系统所识别,从而增强机体对外来抗原的反应^[30-31]。还有研究指出,乳杆菌在热致死过程中,菌体的细胞膜壁遭到破坏,也可能释放出细胞内与调节免疫活性相关的活性物质(如菌体蛋白或多糖类物质等)^[32]。由此推测,乳杆菌的细胞壁成分、代谢产物、菌体细胞等均有可能刺激机体的肠道黏膜免疫系统。

有学者将活的和热致死的发酵乳杆菌用于对牛乳 β -乳球蛋白(BLG)致敏小鼠 Th1/Th2 细胞平衡、血清抗体水平及 T 淋巴细胞亚群数量的影响进行研究,探讨其缓解过敏反应的作用。结果发现发酵乳杆菌干预可改善小鼠的 BLG 过敏症状,其作用可能与促进 Th1 占优势的 Th1/Th2 细胞平衡,阻断 IgE 分泌及平衡 T 淋巴细胞亚群数量相关^[33]。分离自人乳的 *L. fermentum* CECT5716 被用于免疫调节的研究,菌株显著地增强了细胞因子和趋化因子的产生,其中包括 TNF α 、IL-1 β 、IL-8、MIP-1 α 、MIP-1 β 和 GM-CSF^[13]。因此,该菌株具有增强自身的和可获得的免疫反应的能力。发酵乳杆菌 CECT5716 与啮齿动物骨髓来源的巨噬细胞作用,能减少脂多糖诱导的炎症应答反应。通过小鼠体内试验也证实,食用 CECT5716 可增加 Th 1 细胞因子的产生,并增加细胞中 IgA 的浓度^[34]。刘经森等对发酵乳杆菌(Lb-f)在体内的抗癌活性进行研究,表明发酵乳杆菌能显著提高小鼠单核巨噬细胞系统细胞的吞噬能力,诱发小鼠对致敏原的迟发型免疫应答,并增强小鼠抗绵羊红细胞凝集素抗体滴度^[35]。说明菌株 Lb-f 不仅能促进非特异性免疫反应,还能促进特异性免疫反应包括 T 细胞介导的细胞免疫和 B 细

胞介导的体液免疫。

2.5 其他益生特性

随着对发酵乳杆菌研究的进一步深入,除了上述的益生特性,其抗氧化特性、缓解肝脏和肠道损伤等益生特性也逐渐被证实。

Mikelsaar 等对发酵乳杆菌菌株 ME-3 进行了研究,试验结果证实,ME-3 具有双重功能特性:对肠道病原菌的抗菌活性以及具有高的抗氧化活性和总的完整细胞状态的抗氧化状态。主要表现在对小肠和肝脏中沙门氏菌的消除能力以及降解肝脏中的伤寒小结的能力^[3]。Wang 等将具有体外抗氧化活性的发酵乳杆菌饲喂育肥猪后发现,添加菌株作为辅助料可减轻育肥猪氧化应激反应,提高猪肉品质^[36]。在维持肠道健康方面,通过体内试验证实 *L. fermentum* CECT5716 能够阻止和缓解肠道损伤^[37]; *L. fermentum* BR11 能够降低大鼠结肠炎发病率^[38]。另外 *L. fermentum* CECT5716 还被证实具有增强成人接种流感疫苗的影响,降低妇女再次感染传染性乳房炎的概率^[39]。将发酵乳杆菌 CECT5716 用于强化婴儿配方食品,并喂养 1~6 个月的婴儿。试验结果表明,对照组肠道感染的发生率比喂养 CECT5716 的试验组高 3 倍,因此,该菌株可以改善婴儿健康,较少胃肠道感染的发病率^[40]。

3 发酵乳杆菌的安全问题

乳酸菌的安全及应用性一直是人们所关注的话题。目前已有许多学者对不同发酵乳杆菌在体内外的安全性进行了证实。Peran 等将发酵乳杆菌用胃灌注法进行试验,研究该菌株对小鼠健康的影响。结果表明,饲喂发酵乳杆菌的小鼠其血液指标和健康状况没有负面影响^[41]。Mikelsaar 对具有抗菌和抗氧化活性的发酵乳杆菌 ME-3 进行了安全评估和动物试验。人体试验证实,菌株具有血清的抗氧化活性以及改善低密度脂微粒的组成(LDL)和饭后脂质以及氧化应激状态的水平,抗动脉粥样硬化的活性。目前,ME-3 制作的产品已经成功上市,并在波罗的海国家和芬兰销售^[3]。*L. fermentum* CECT5716 添加用于婴儿食品中,结果表明,婴儿对其具有良好的耐受性,菌株安全性较高^[40]。然而另一项研究也证实,某些发酵乳杆菌菌株也可能对人体具有负面影响。用菌株 AGR1487 处理 Caco-2 细胞后发现,菌株可能具有降低肠道细胞屏障的完整的

可能性。因此同一个种的不同菌株可能会产生对人体的不同作用,建议从食品安全的角度出发,评价微生物的安全性时,不要以种来评价,而应该以菌株来进行评价^[42]。

另一个考虑发酵乳杆菌安全性的指标为抗生素耐性基因的转移。如果要证明一种菌株为潜在的益生菌,则这种菌株不应具备抗生素耐性基因的转移能力。10种抗生素被用于测定发酵乳杆菌对抗生素的耐受性,发酵乳杆菌被证实只对 amikacin 和 norfloxacin 有一定耐受性。有的研究也报道大多数乳酸菌对这些抗生素都具有一定的耐受性,这可能是因为乳酸菌都具有共同的特征,耐受这些抗生素可看做是乳酸菌自然的或是内在的特性,因此,至

今为止,还没有研究证实发酵乳杆菌具有转移或获得耐受基因的能力^[43]。

4 展望

虽然作为动物肠道内的正常菌群,发酵乳杆菌可以促使免疫系统的发育、调节机体的免疫力、增强动物的免疫耐受能力等特点。但是由于对发酵乳杆菌在发酵食品中的作用及其益生作用研究不够深入,目前在工业化发酵食品中还很少将发酵乳杆菌作为发酵剂使用。因此作为一种广泛存在于传统食品中的潜在益生菌,发酵乳杆菌将会有较大的应用前景。

参考文献:

- [1] 许飞利. 我国食品工业常用益生乳酸菌菌种分型与溯源数据库的研究[D]. 杭州:浙江大学,2011.
- [2] Cataloluk O. Presence of drug resistance in intestinal lactobacilli of dairy and human origin in Turkey[J]. **Microbiology Letters**, 2004,236(1):7-12.
- [3] Marika M,Zilmer M. *Lactobacillus fermentum* ME-3 an antimicrobial and antioxidative probiotic [J]. **Microbial Ecology in Health and Disease**,2009,21(1):1-27.
- [4] 剧柠. 西藏,新疆和云南地区传统发酵乳制品中乳杆菌的生物多样性研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [5] Airidengcaিকে,Chen X,Du X,et al. Isolation and identification of cultivable lactic acid bacteria in traditional fermented milk of Tibet in China[J]. **International Journal of Dairy Technology**,2010,63(3):437-444.
- [6] 史令. 四川地区自然发酵泡菜中乳酸菌的遗传多样性与系统发育研究[D]. 雅安:四川农业大学,2010.
- [7] Yazdi F T,Mohebbi M,Mortazavi A,et al. Isolation,identification and comparison of lactic acid bacteria from fermented be produced in Iran Kimchi with Korean commercial samples:introduction of a probiotic product [J]. **Scientific Journal of Biological Sciences**,2012,1(6):120-125.
- [8] Tamang B,Tamang J P. Traditional knowledge of biopreservation of perishable vegetable and bamboo shoots in Northeast India as food resources[J]. **Indian Journal of Traditional Knowledge**,2009,8(1):89-95.
- [9] 李江,李玉,曹月婷. 一株发酵乳杆菌的筛选鉴定及其高密度培养的研究[J]. 食品工业科技,2008,33(8):211-214.
LI Jiang,LI Yu,CAO Yueting. Screening identification and high-density cultivation of *Lactobacillus feimentum* [J]. **Science and Technolog**,2008,33(8):211-214.(in Chinese)
- [10] 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[J]. 食品工业科技,2007,28(1):115-119.
ZENG Lingbing,TAN Rucheng,XIONG Shanbai,et al. Isolation and Identification of lactic acid bacteria from processing cured fish[J]. **Science and Technolog**,2007,28(1):115-119.(in Chinese)
- [11] 赵俊仁,孔保华. 自然发酵风干肠中乳酸菌的分离与鉴定[J]. 食品工业科技,2010,31(11):158-160.
ZHAO Junren,KONG Baohua. Isolation and Identification of lactic acid bacteria from the Chinese-style naturally dry fermented sausages[J]. **Science and Technolog**,2010,31(11):158-160.(in Chinese)
- [12] Feng X M,Eriksson A R B,Schnurer J. Growth of lactic acid bacteria and *Rhizopus oligosporus* during barley tempeh fermentation[J]. **International Journal of Food Microbiology**,2005,104(3):249-256.
- [13] Pérez-Cano F J,Dong H,Yaqoob P. In vitro immunomodulatory activity of *Lactobacillus fermentum* CECT5716 and *Lactobacillus salivarius* CECT5713:two probiotic strains isolated from human breast milk[J]. **Immunobiology**,2010,215(12):996-1004.
- [14] Ao X L,Zhang X P,Zhang X Q,et al. Identification of lactic acid bacteria in traditional fermented yak milk and evaluation of their application in fermented milk products[J]. **Journal of Dairy Science**,2012,95(3):1073-1084.

- [15] 王水泉,包艳,张延超. 具有潜在益生特性的发酵乳杆菌在豆乳中的发酵特性[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(5): 7-11.
WANG Shuiquan, BAO Yan, ZHANG Yanchao. Fermentation properties of potential probiotic *Lactobacillus fermentum* in soymilk [J]. **Dairy Industry in China**, 2010, 38(5): 7-11. (in Chinese)
- [16] 敖晓琳, 张小平, 史令, 等. 四川泡菜中两株优良乳酸菌的鉴定及不同发酵条件对其发酵泡菜品质的影响 [J]. 食品科学, 2011, 32(11): 152-156
AO Xiaolin, ZHANG Xiaoping, SHI Ling, et al. Identification of two lactic acid bacterial strains isolated from sichuan pickles and effect of fermentation conditions on the quality of pickles co-fermented by them [J]. **Food Science**, 2011, 32 (11): 152-156. (in Chinese)
- [17] Mathara J M, Schillinger U, Guigas C, et al. Functional characteristics of *Lactobacillus spp.* from traditional Maasai fermented milk products in Kenya[J]. **International Journal of Food Microbiology**, 2008, 126: 57-64.
- [18] Goldin B R, Gorbach S L, Saxelin M, et al. Survival of *Lactobacillus* species in human gastrointestinal tract[J]. **Digestive Diseases Science**, 1992, 37: 121-128.
- [19] Turpin W, Humblot C, Guyot J P. Genetic screening of functional properties of lactic acid bacteria in a fermented pearl millet slurry and in the metagenome of fermented starchy foods[J]. **Applied Environmental Microbiology**, 2011, 77(24): 8722-8734.
- [20] 杨郁, 张丽靖, 天知诚吾. 乳酸菌耐酸机理的研究[J]. 食品工程, 2007(4): 42-45.
YANG Yu, ZHANG Lijing, Seigo Amachi. Research of lactic acid bacteria's acid-resistant mechanism [J]. **Food Engineering**, 2007(4): 42-45. (in Chinese)
- [21] Yan B, Zhang Y C, Zhang Y, et al. Screening of potential probiotic properties of *Lactobacillus fermentum* isolated from traditional dairy products[J]. **Food Control**, 2010, 21: 695-701.
- [22] Pascual L, Ruiz F, Giordano W, et al. Vaginal colonization and activity of the probiotic bacterium *Lactobacillus fermentum* L23 in a murine model of vaginal tract infection[J]. **Journal of Medical Microbiology**, 2010, 59(3): 360-364.
- [23] Jiménez E, Langa S, Martín V, et al. Complete genome sequence of *Lactobacillus fermentum* CECT 5716, a probiotic strain isolated from human milk[J]. **Journal of Bacteriology**, 2010, 192(18): 4800.
- [24] 李莉. 戊糖乳杆菌 WH12-2-1 产细菌素的条件优化及其抑菌特性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- [25] Grunewald K K. Sera cholesterol levels in rats fed skim milk fermented by *Lactobacillus acidophilus* [J]. **Journal of Food Science**, 1982, 47(2): 2078-2079.
- [26] Zeng X Q, Pan D D, Zhou P D. Functional characteristics of *Lactobacillus fermentum* F1 [J]. **Current Microbiology**, 2011, 62(1): 27-31.
- [27] 王正根. 两株乳杆菌体内外降胆固醇的筛选及相关机制研究[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [28] 董改香, 王俊国, 段智变, 等. 具有胆盐水解酶活力乳酸菌的筛选及 16S rDNA 分子生物学鉴定[J]. 中国乳品工业, 2008, 36(11): 7-10.
DONG Gaixiang, WANG Junguo, DUAN Zhibian, et al. Screening of bile salt hydrolase activity and application of 16S rDNA molecular methods for identification of lactic acid bacteria[J]. **Dairy Industry in China**, 2008, 36(11): 7-10. (in Chinese)
- [29] 郭兴华, 曹郁生, 东秀珠. 益生乳酸细菌分子生物学及生物技术[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [30] 余叶红, 郭本恒, 吴正钧, 等. 干酪乳杆菌 LC2W 细胞壁组分对 RAW264.7 巨噬细胞吞噬活性的影响[J]. 中国微生态学杂志, 2009, 21(1): 23-25.
YU Yehong, GUO Benheng, WU Zhengjun, et al. The effect of cell wall components of *L. casei* LC2W on activity of murine macrophage cells[J]. **Chinese Journal of Microecology**, 2009, 21(1): 23-25. (in Chinese)
- [31] Peng G C, Hsu C H. The efficacy and safety of heat-killed *Lactobacillus paracasei* for treatment of perennial allergic rhinitis induced by house-dust mite[J]. **Pediatric Allergy and Immunology**, 2005, 16(5): 433-438.
- [32] Segawa S, Hayashi A, Nakakita Y, et al. Oral administration of heat-killed *Lactobacillus brevis* SBC8803 ameliorates the development of dermatitis and inhibits immunoglobulin E production in atopic dermatitis model NC/Nga mice [J]. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, 2008, 31(5): 884-889.
- [33] 李艾黎, 孟祥晨, 徐渐, 等. 发酵乳杆菌干预对牛乳 β -乳球蛋白过敏小鼠模型的免疫调节作用[J]. 免疫学杂志, 2011, 27(11): 954-958.
LI Aili, MENG Xiangchen, XU Jian, et al. Immunomodulatory effect of *Lactobacillus fermentum* on milk BLG-sensitized mice

- models[J]. **Immunological Journal**, 2011, 27(11):954-958. (in Chinese)
- [34] Díaz-Ropero M P, Martín R, Sierra S, et al. Two *Lactobacillus strains*, isolated from breast milk, differently modulate the immune response[J]. **Journal of Applied Microbiology**, 2007(102):337-343.
- [35] 刘经森, 曹建国. 发酵乳杆菌抗胃癌及免疫调节作用的实验研究[J]. **中药医师**, 2006, 9(5):400-402.
LIU Jinshen, CHAO Jianguo. Study on the anticancer activity of *Lactobacillus fermentum* in vivo [J]. **China Pharmacist**, 2006, 9(5):400-402. (in Chinese)
- [36] Wang A N, Yi X W, Yu H F, et al. Free radical scavenging activity of *Lactobacillus fermentum* in vitro and its anti-oxidative effect on growing-finishing pigs[J]. **Journal of Applied Microbiology**, 2009, 107:1140-1148.
- [37] Olivares M, Díaz-Ropero M P, Sierra S, et al. Oral intake of *Lactobacillus fermentum* CECT5716 enhances the effects of influenza vaccination[J]. **Nutrition**, 2007, 23:254-260.
- [38] Mane J, Loren V, Pedrosa E, et al. *Lactobacillus fermentum* CECT 5716 prevents and reverts intestinal damage on TNB Sinduced colitis in mice[J]. **Inflammatory Bowel Diseases**, 2009, 15:1155-1163.
- [39] Maldonado J, Canábate F, Sempere L, et al. Human milk probiotic *Lactobacillus fermentum* CECT5716 reduces the incidence of gastrointestinal and upper respiratory tract infections in infants [J]. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, 2012, 54:55-61.
- [40] Gil-Campos M, López M A, Rodríguez-Benítez M V, et al. *Lactobacillus fermentum* CECT 5716 is safe and well tolerated in infants of 1-6 months of age; a randomized controlled trial[J]. **Pharmacological Research**, 2012, 65(2):231-238.
- [41] Peran L, Camuesco D, Comalada M, et al. *Lactobacillus fermentum*, a probiotic capable to release glutathione, prevents colonic inflammation in the TNBS model of rat colitis[J]. **International Journal of Colorectal Disease**, 2006, 21(8):737-746.
- [42] Anderson R C, Young W, Clerens S, et al. Human oral isolate *Lactobacillus fermentum* AGR1487 reduces intestinal barrier integrity by increasing the turnover of microtubules in Caco-2 cells[J]. **Plos One**, 2013, 8(11):1-10.
- [43] Pan, Dao D, Zeng X Q, et al. Characterization of *Lactobacillus fermentum* SM-7 isolated from koumiss, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects[J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2011, 91(3):512-518.

会议信息

会议名称:第二届生态毒理学学术研讨会

开始日期: 2015-04-25

结束日期: 2015-04-28

所在城市:福建省 厦门市

主办单位:中国科学院生态环境研究中心《生态毒理学报》;厦门大学;中国科学院城市环境研究所

议题:科技支持中国化学品风险管理;高风险化学污染物筛查和评估;化学污染物在多介质环境中生物体内的转移分配;化学品危害评估(PBT/CMR);化学品生态影响的毒理学机制;化学品健康影响的毒理学机制;化学品风险管理

组织委员会主席:王子健;朱永官;陈吕军;陈景文;张勇

联系人:侯一宁

联系电话: 010-62941072

传真: 010-62941072

E-MAIL: stdlxb@rcees.ac.cn

通讯地址:北京市海淀区双清路18号

邮政编码: 100085

会议注册费: 1000元/人

会议网站: <http://www.stdlxb.cn>

会议背景介绍: 中国科学院生态环境研究中心《生态毒理学报》编辑部、中国科学院城市环境研究所和厦门大学决定联合举办“第二届生态毒理学学术研讨会”。本届会议主题是“科技支持中国化学品风险管理”,将根据本领域的最新进展设置多个议题展开讨论。如同上届会议,交流形式亦包括大会报告、分会主旨报告、口头报告和展板报告。会议计划依然由英国皇家化学会设立优秀口头报告奖和优秀墙报奖,并颁发获奖证书。本次研讨会将编辑制作电子版会议论文摘要集作为会议交流资料(非正式出版物)。同时,将遴选部分论文在《生态毒理学报》正刊上优先发表。