

文章编号:1001-5132 (2010) 02-0017-06

乳酸菌抗氧化作用研究进展

洪松虎, 吴祖芳*

(宁波大学 生命科学与生物工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 介绍了乳酸菌 5 个方面(产超氧化物歧化酶、产还原型谷胱甘肽、具有 NADH 氧化酶和 NADH 过氧化酶、含阿魏酸酯酶及具还原性)的抗氧化机理及其研究状况, 并对乳酸菌在人体内的抗氧化性作了综述.

关键词: 乳酸菌; 抗氧化; 进展

中图分类号: Q558

文献标识码: A

氧化作用对绝大多数生命有机体来说是必须的, 但其同样会破坏生物分子、对生命体带来十分大的危害^[1]. 生命活动的氧化代谢过程不断产生各种自由基, 人类的一些疾病如癌症、肺气肿、动脉粥样硬化、肝硬化、关节炎、心血管疾病等都和自由基的作用有关^[2]. 食物中一些好氧性微生物在呼吸过程中同样会不可避免地产生如超氧化物自由基以及羟氢氧自由基等一些自由基团^[3]. 目前食品的预防氧化主要是通过添加一些抗氧化剂, 如 BHA、BHT、PG、TBHQ、VE 等, 但这些抗氧化剂往往存在使用成本高或抗氧化性能弱, 甚至存在一些食用安全问题^[4], 且其只能在加工后加入, 而食品中的脂肪氧化在加工过程中就已经开始^[5]. 所以, 研究开发低廉、安全、无毒以及能够贯穿整个加工过程的优质天然抗氧化剂已成为有关学者研究的热点.

乳酸菌的抗氧化活性已得到了体内及体外实验的证实^[6]. 早在 1900 年人们就已发现常食含有乳酸菌的乳制品有利于人的健康长寿^[7], 乳酸菌对

机体的免疫反应、肿瘤发生、衰老过程和应激反应等发生作用^[2], 在食品工业中乳酸菌的应用具有提高食品的营养价值、改善风味和延长产品保质期等功能^[8]. 结合乳酸菌具有的保健特性和天然无毒、能贯穿食品加工过程等特点, 势必成为人们首先考虑的新型抗氧化剂. 但到目前为止, 食品工业等对乳酸菌的抗氧化等优良特性还没有充分的利用^[8-9], 而乳酸菌抗氧化机理的研究则是其工业化应用的前提和基础.

笔者对国内外乳酸菌的抗氧化作用的研究及最新进展作一综述, 为食品工业中更好地开发利用乳酸菌的抗氧化特性提供参考依据.

1 乳酸菌的抗氧化机理

乳酸菌是指一群可发酵碳水化合物产生大量乳酸的细菌的总称, 主要包括乳杆菌属(*Lactobacillus*)、链球菌属(*Streptococcus*)、明串珠菌属(*Leuconostoc*)、片球菌属(*Pediococcus*)和乳球菌属

收稿日期: 2009-06-09. 宁波大学学报(理工版)网址: <http://3xb.nbu.edu.cn>

基金项目: 浙江省钱江人才计划(2009R10033)

第一作者: 洪松虎(1986-), 男, 浙江金华人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 食品生物技术. E-mail: woqn@163.com

*通讯作者: 吴祖芳(1963-), 男, 浙江奉化人, 博士/教授, 主要研究方向: 食品生物技术. E-mail: wuzufang06@yahoo.com.cn

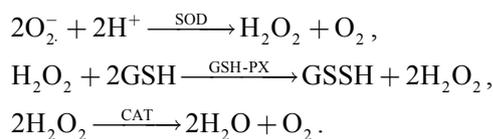
(*Lactococcus*). 考虑到菌种的保健作用, 把双歧杆菌属(*Bifidobacterium*)和肠球菌属(*Enterococcus*)也包括到乳酸菌中^[9]. 乳酸菌细胞革兰氏染色阳性, 细胞形态为杆菌或球菌, 过氧化氢酶阴性, 消耗葡萄糖 50%以上产生乳酸, 不形成内生孢子, 无或很少运动性.

乳酸菌的抗氧化活性虽已为体内及体外实验所证实, 但其作用机理还不十分清楚, 报道相对较少. 目前关于乳酸菌抗氧化作用机理主要有以下几种说法^[1,10]:

- (1) 产生超氧化物歧化酶(SOD);
- (2) 产生还原型谷胱甘肽(GSH);
- (3) 自身具有 NADH 氧化酶和 NADH 过氧化物酶活性;
- (4) 含有阿魏酸酯酶(FAE), 能够从食品基质中生成阿魏酸(FA);
- (5) 具有还原性;
- (6) 对人体而言, 乳酸菌中的一些抗氧化物质能被肠道吸收而抑制血液中低密度脂蛋白(LDL)的氧化作用.

1.1 产超氧化物歧化酶

大多数乳酸菌是通过产 SOD 和 GSH 而清除羟自由基和过氧化氢的^[6]; SOD 的作用底物是机体产生的超氧阴离子自由基(O_2^-), 它可使超氧阴离子发生歧化反应生成过氧化氢和分子氧, 由此生成的过氧化氢再经过氧化氢酶(CAT)或谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)的作用进一步分解为水^[11], 反应方程式如下:



Kullisaar 等^[12]指出, SOD 能除去超氧化物阴离子直接的毒害, 并防止其向羟自由基转化. 研究人员从婴儿排泄物中分离得到 2 株具抗氧化活性的乳酸菌 E-3 和 E-18, 经研究测定, 两者的 SOD 活性分别为 $(0.859 \pm 0.309) U \cdot mg^{-1}$ 和 $(0.716 \pm 0.014) U \cdot mg^{-1}$

的蛋白质. 张江巍等^[13]以每毫克蛋白质在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50%时所对应的 SOD 量为一个 SOD 活力单位, 测得其筛选出的抗氧化活性相对较高的乳酸菌 L3 和 L4 的 SOD 活性分别为 $(2.42 \pm 0.92) U \cdot mg^{-1}$ 与 $(73.70 \pm 1.77) U \cdot mg^{-1}$, 并发现乳酸菌 L4 的 SOD 基因与 *E.coli* 的 Mn-SOD 基因的一致性达 98%. 沈明华^[14]对 10 份鲜牛乳以 98 煮沸 5 min 消毒后, 用乳酸杆菌发酵制作酸乳, 测定了发酵前后乳中 SOD 和总抗氧化能力(T-AOC)的活性变化, 结果发酵前 SOD 活性和 T-AOC 分别为 $(54.44 \pm 10.37) U \cdot mL^{-1}$, $(4.86 \pm 2.06) U \cdot mL^{-1}$; 发酵后 SOD 活性和 T-AOC 分别为 $(66.96 \pm 6.54) U \cdot mL^{-1}$, $(7.97 \pm 3.51) U \cdot mL^{-1}$. 发酵乳 SOD 活性升高了 23%, T-AOC 升高了 64% ($P < 0.01$). Tsai 等^[15]用干酪乳杆菌(*L. Paracasei subsp. NTU 101*)及植物乳杆菌(*L. Plantarum NTU 102*)发酵的牛奶豆奶混合液喂养大鼠, 发现与单纯喂高胆固醇食物相比, 两者都能提高大鼠血液的 SOD 活性, 分别提高 16.7% ($P < 0.05$)和 31.3% ($P < 0.05$).

1.2 产还原型谷胱甘肽

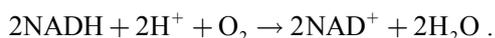
谷胱甘肽(Glutathione, 或 L-glutamyl-cysteinylglycine, 还原型 GSH)是除古菌外的微生物细胞内最主要的非蛋白巯基化合物, 其直接或间接参与微生物细胞的许多生命活动, 其中最主要的作用之一就是与相关代谢酶共同筑成一道强有力的抗氧化防线^[16]. Kullisaar 等^[12]分离得到的 2 株具抗氧化活性的乳酸菌 E-3 和 E-18 的 GSH 含量分别为 $(9.95 \pm 3.3) \mu g \cdot mL^{-1}$ 和 $(9.32 \pm 4.7) \mu g \cdot mL^{-1}$; 同时, 经研究得到, 另一株分离得到的几乎不含 GSH 的乳酸菌 E-338-1-1 清除羟自由基的能力大约只有 E-3 和 E-18 的一半. Li 等在研究报道中指出乳酸乳球菌中存在 GR (GSH 还原酶)和依赖于 GSH 的 GPx (GSH 过氧化物酶), 且有些菌株能够从胞外吸收 GSH. 实验中, 与对照(培养基中不加 GSH)相比, 从培养基中吸收了 GSH 的乳酸乳球菌 SK11 稳定期细胞对 H_2O_2 的抗性($5 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$ 的 H_2O_2 处理

5 min)提高了 5 倍; 培养基中 GSH 浓度为 1~10 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时就可赋予菌株 SK11 对 H_2O_2 的抗性, 且这种抗性随着胞内 GSH 积累量的增加而提高^[17]; Li^[17]与 Fu 等^[18]进一步研究发现, 通过代谢工程手段在乳酸乳球菌乳脂亚种 NZ9000 和 SK11 中引入 GSH 合成能力, 可以提高宿主菌对氧胁迫的抗性, 并且 GSH 可以明显缩短菌株 NZ9000 的 SOD 缺失突变株 NZ4504 在好氧条件下生长的延滞期, 说明 GSH 可以部分互补菌株 NZ9000 中的 SOD 活性。

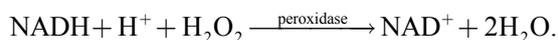
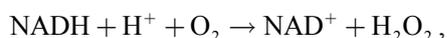
1.3 具有 NADH 氧化酶、过氧化酶

NADH 氧化酶、过氧化酶直接或间接地还原 O_2 使之变成无毒的 H_2O , 从而起到抗氧化作用, 其方式主要有以下几种^[19]:

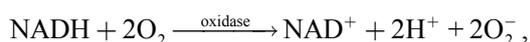
(1) 某些含黄素蛋白 NADH 氧化酶的乳酸菌菌株直接还原 O_2 生成 H_2O :



(2) NADH 氧化酶和过氧化酶结合还原 O_2 , 过程中生成 H_2O_2 中间产物:



(3) 与 SOD 结合还原 O_2 , 过程中生成 O_2^- 中间产物:



Condon 早在 1987 年就提出在乳酸菌中广泛存在 NADH 氧化酶^[20], 指出 NADH 氧化酶在乳链球菌中可能是首要的氧化代谢酶。Shimamura 等^[21]对不同双歧杆菌 *B. infantis*、*B. breve*、*B. longum* 和 *B. adolescentis* 在 4 个时期的氧敏感性进行了研究, 发现其对氧的耐受能力与细胞内的 NADH 氧化酶和 NADH 过氧化酶的活性有关; 其中 *B. adolescentis* 细胞内二酶的活性是另外三者的 10%~20%, 而此时它对氧的耐受能力是最低的。Riebel 等^[22]从乳酸菌 *L. sanfranciscensis* 中分离得到 NADH 酶, 并对一些作用机理进行了研究。Lountos 等^[23]指出, 大多数乳酸菌不能够合成亚铁血红素或者细胞色素,

由于缺乏基于亚铁血红素的氧化酶或过氧化酶, 它们主要通过 NADH 氧化酶来抵抗氧胁迫。由于 NADH 氧化酶未商业化普及, Findrik 等^[24]从来自 *Lactobacillus brevis* 的 NADH 氧化酶再生 NAD^+ 进行了研究。

1.4 产阿魏酸酯酶

阿魏酸酯酶又称肉桂酸酯酶, 是一种羧酸酯酶, 能水解阿魏酸甲酯、低聚糖阿魏酸酯和多糖阿魏酸酯中的酯键, 将阿魏酸从食物基质中释放出来^[25]。阿魏酸是植物细胞细胞壁共有的组成成分, 是一种强抗氧化性物质, 能清除自由基并能抑制低密度脂蛋白的氧化, 并且还兼具抗癌、抗冠心病、抗血栓等功效^[26]。康旭珍^[27]对阿魏酸对活性氧清除作用及对肝脏微粒体脂质过氧化抑制作用进行了研究, 得出其对活性氧 $\text{OH}\cdot$ 、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 、 H_2O_2 有较强的清除能力, 在肝脏脂质过氧化的测定体系中, 可以抑制脂质过氧化产物 MDA 的生成。阿魏酸能大大增加谷胱甘肽转硫酶和醌还原酶的活性, 抑制酪氨酸酶活性。此外, 阿魏酸还能与膜磷脂酰乙醇胺结合, 保护膜脂不受自由基的侵袭^[28]。Donaghy 等^[29]用溶解圈法来观察所选的 50 株革兰氏阳性菌是否具有阿魏酸酯酶活性, 结果发现其中只有乳酸菌属的几个菌株具有阿魏酸酯酶活性, 而且其中的一个菌株 *Lactobacillus fermentum* NCFB1751 的活性最高; Nishizawa 等研究得到在肠细菌中, 嗜酸乳杆菌的 FAE 活性最高; Wang 等从人体肠道内的嗜酸乳杆菌中分离纯化得到了 FAE, 并对其一些机制及 N-末端氨基酸序列进行了测定研究^[26]。Bhathena 等^[30]用发酵乳杆菌 11976 作口服微胶囊来提高人体肠道阿魏酸酯酶含量, 结果表明其能有效地降解含阿魏酸底物, 很好地提高饮食中的阿魏酸生物利用率。

1.5 具有还原性

Lin 等^[1]对 19 株不同乳酸菌进行了抗氧化活性的研究, 得到 19 株菌株都具有不同程度的还原性, 而且其中 14 株菌株还原性能比较突出; Amanatidou

等^[31]对 8 株不同来源的乳酸菌抗氧化性进行了研究,发现它们都具有不同程度的还原活性,其中活性最低的 2 株菌株还原活力分别为 $(2.7\pm 1.4)\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 半胱氨酸相当量和 $(5.8\pm 2.6)\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 半胱氨酸相当量,活性最高的 1 株菌株则有 $(77.9\pm 5.2)\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 半胱氨酸相当量;张江巍等^[32]筛选获得的乳酸菌 L3 和 L4 无细胞提取物均具有还原性, $1\times 10^{10}\text{CFU}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的乳酸菌 L3 和 L4 还原活性相当于 L-半胱氨酸盐的浓度分别为 $200\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $187\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

1.6 在人体内的抗氧化性

在人体内,乳酸菌的一些抗氧化物质能被人体的肠道吸收,从而起到抗氧化作用,如抑制血液中低密度脂蛋白的氧化^[10];Terahara 等给雄性大鼠饲料中加入质量分数为 13%的氧化大豆油和 7%新鲜大豆油,再加入质量分数为 10%的德氏保加利亚乳杆菌亚种 2038 的培养物的冻干粉末,喂养 4 周后发现,大鼠的低密度脂蛋白含量虽没有明显的变化,但低密度脂蛋白中的硫代巴比妥酸反应物(TBARS)的浓度为 $13\text{nmol}\cdot\text{mg}^{-1}$ 的 cholesterol(正常喂养的大鼠为 $16\text{nmol}\cdot\text{mg}^{-1}$ 的 cholesterol);随后在 2001 年又报道,德氏乳杆菌保加利亚亚种 2038 和嗜热链球菌 1131 对人的低密度脂蛋白有很好的抗氧化作用^[6]。Kullisaar 等^[33]通过对 21 名(5 名男性,16 名女性,年龄为 35~65 岁,平均年龄 50 岁)健康自愿者的人体实验,指出其筛选获得的发酵乳杆菌菌株 ME-3 在人体中显示出抗氧化活性。实验中自愿者分成 5 名和 16 名 2 组,每天分别饮用 150 g 未经发酵的新鲜羊奶和经发酵乳杆菌 ME-3 发酵的羊奶,3 周以后对其血浆进行对比发现,饮用发酵羊奶的人中低密度脂蛋白的氧化作用明显减少($P < 0.05$),尿液中的 8-EPI 明显降低($P < 0.005$);Songisepp 等^[34]认为,饮用了经发酵乳杆菌 ME-3 发酵的羊奶的志愿者,3 周后血浆的总抗氧化活性(TAA)和总抗氧化值(TAS)与对照组相比分别提高了 6%和 9%;Kaur 等^[35]又作了一试验,让 10 个皮

炎病人每天饮用经发酵乳杆菌 ME-3 发酵的羊奶,另 6 个病人则不做此处理作对照,3 个月后,经检测发现:与对照组相比,试验组病人血液中被氧化的低密度脂蛋白(oxLDL)明显减少($P < 0.05$),血液中 GSH 水平则明显增加($P < 0.001$),试验组病人血浆的总抗氧化活性与总抗氧化能力(TAC)都有明显的改进($P < 0.001$, $P < 0.01$);Tsai 等^[15]用乳酸菌发酵的牛奶、豆奶喂大鼠,发现其能显著地降低大鼠血清中的胆固醇含量以及低密度脂蛋白胆固醇跟高密度脂蛋白胆固醇比例,提高大鼠血液的 TAS 与 TBARS 值,最后得出此乳酸菌发酵混合乳能有效地预防和抑制高血脂引起的氧压迫及动脉硬化。

2 结束语

乳酸菌的抗氧化机理目前虽有一定的研究,并取得了一些成果,但缺乏深度,某些作用机制还不是十分清楚,且目前还没有系统化的研究。关于抗氧化物质的确切化学结构、性质、在肠道中的吸收,以及在乳酸菌中是否有其特殊性还有待进一步的研究。研究人员已经筛选获得了一些具有抗氧化活性的乳酸菌优良菌株,并正致力于将这些菌株应用于工业中,如应用于功能食品的开发和生产、农产品的防腐保鲜等。

随着人们对食品添加剂安全性问题的越来越重视,以及对绿色食品的越来越偏爱,开发无毒、天然的新型抗氧化物质成了研究者们关注的重点。乳酸菌由于其优良的保健功能,无疑是很好的候选物。乳酸菌抗氧化机理的研究对乳酸菌高抗氧化性菌株的筛选及开发功能性食品、提高食品的附加值、提高食品的防腐保鲜能力具有重要的意义,已引起如食品科学等许多学科的广泛重视。随着人们对乳酸菌抗氧化功能的认识以及生物技术的飞速发展,相信乳酸菌的这一特性将会得到越来越广泛的应用。

参考文献:

- [1] Lin M eei Yn, Yen Chyuan Liang. Antioxidative ability of lactic acid bacteria[J]. J Agric Food Chem, 1999, 47: 1460-1466.
- [2] Lin M eei Yn, Yen Chyuan Liang. Reactive oxygen species and lipid peroxidation product-scavenging ability of yogurt organisms[J]. J Dairy Sci, 1993, 46:2493-2499.
- [3] Virtanen T, Pihlanto A, Akkanen S, et al. Development of antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria[J]. Journal of Applied Microbiology, 2007, 102(1):106-115.
- [4] 邱澄宇, 王强毅. 水产品保鲜剂的研究新进展[J]. 科学养鱼, 2004(5):63-64.
- [5] 外山健三. 鱼粉的脂肪氧化及其预防方法[J]. 渔业现代化, 1988(3):24-26.
- [6] 张江巍, 曹郁生. 乳酸菌抗氧化活性的研究进展[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(1):34-36.
- [7] 张廷伟, 张代玉, 马景芳. 乳酸菌在肉制品加工中的应用[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2003(8):61-62.
- [8] 郭松年, 田淑梅, 白洪涛. 乳酸菌及乳酸菌发酵食品[J]. 粮食与食品工业, 2005, 12(1):39-45.
- [9] 闫波, 刘宁. 乳酸菌及其在食品工业中的应用与展望[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(4):22-25.
- [10] 蔡英杰. 乳酸菌健康概念的公众教育[R]. 上海: 中国国际科技会议中心, 2007.
- [11] 章慧慧, 励建荣. 超氧化物歧化酶的研究和应用现状[J]. 农产品加工, 2007(8):28-31.
- [12] Kullisaar M, Zilmer M, Mikelsaar M, et al. Two antioxidative lactobacilli strains as promising probiotics [J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 72: 215-224.
- [13] 张江巍, 曹郁生, 李海星, 等. 抗氧化乳酸菌 L4 的 SOD 活性及其发酵乳的抗氧化作用[J]. 中国乳品工业, 2006, 34(11):12-15.
- [14] 沈明华. 鲜乳及发酵乳中 SOD 和 T-AOC 的活性变化[J]. 中国牛奶, 2008(2):45-46.
- [15] Tsai T Y, Chu L H, Lee C L, et al. Atherosclerosis-preventing activity of lactic acid bacteria-F-ermented milk-soymilk supplemented with *Momordica charantia* [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57:2065-2071.
- [16] 付瑞燕, 陈坚, 李寅. 谷胱甘肽/谷胱甘肽过氧化物酶系统在微生物细胞抗氧化胁迫系统中的作用[J]. 生物工程学报, 2007, 23(5):770-775.
- [17] Li Yin, Hugenholtz J, Abee T, et al. Glutathione protects *Lactococcus lactis* against oxidative stress[J]. Appl Environ Microbiol, 2003, 69(10):5739-5745.
- [18] Fu R Y, Bongers R S, Van Swan, et al. Introducing glutathione biosynthetic capability into *Lactococcus lactis* subsp. cremoris NZ9000 improves the oxidative-stress resistance of the host[J]. Metabolic Engineering, 2006, 8:662-671.
- [19] Higuchi M, Yamamoto Y, Kamio Y, et al. Molecular biology of oxygen tolerance in lactic acid bacteria: Functions of NADH oxidases and Dpr in oxidative stress[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 90(3):484-493.
- [20] Condon S. Responses of lactic acid bacteria to oxygen[J]. FEMS Microbiol Rev, 1987(46):219-230.
- [21] Shimamura S, Abe F, Ishibashi N, et al. Relationship between oxygen sensitivity and oxygen metabolism of *Bifidobacterium species*[J]. Journal of Dairy Science, 1992, 75:3296-3306.
- [22] Riebel B R, Gibbs P R, Wellborn W B, et al. Cofactor regeneration of NAD from NADH: Novel water-forming NADH oxidases[J]. Advanced Synthesis and Catalysis, 2002, 344(10):1156-1168.
- [23] Lountos G T, Jiang R, Wellborn W B, et al. The crystal structure of NAD(P)H oxidase from *Lactobacillus sanfranciscensis*: In-sights into the conversion of O₂ into two water molecules by the flavoenzy-Me[J]. Biochemistry, 2006, 45(32):9648-9659.
- [24] Findrik Z, Simunovic I. Coenzyme regeneration catalyzed by NADH oxidase from *Lactobacillus brevis* in the reaction of L-amino acid oxidation[J]. Biochemical Engineering Journal, 2008, 39(2):319-327.
- [25] 刘鹏展, 欧仕益, 包惠燕. 阿魏酸酯酶的研究与应用[J]. 食品研究与开发, 2006, 127(5):169-171.
- [26] Wang X, Geng X. Purification and characterization of a feruloyl esterase from the intestinal bacterium *Lactobacillus acidophilus*[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2004, 70(4):2367-2372.
- [27] 康旭珍. 阿魏酸抗氧化活性研究[J]. 山西中医学院学报, 2005, 6(2):50-52.
- [28] 欧仕益, 包惠燕, 蓝志东. 阿魏酸及其衍生物的药理作用研究进展[J]. 中药材, 2001, 24(3):220-221.
- [29] Donaghy J, Kelly P F, McKay A M, et al. Detection of

- ferulic acid esterase production by *Bacillus spp.* and *Lactobacilli*[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1998, 50: 257-260.
- [30] Bhathena J, Kulamarva A, Martoni C, et al. Preparation and in vitro analysis of microencapsulated live *Lactobacillus fermentum* 11976 for augmentation of feruloyl esterase in the gastrointestinal tract[J]. Biotechnology and Applied Biochemistry, 2008, 50(1):1-9.
- [31] Amanatidou A, Eddy J, Bennik M H J, et al. Antioxidative properties of *Lactobacillus sake* upon exposure to elevated oxygen concentrations[J]. FEMS Microbiology Letters, 2001, 203(1):87-94.
- [32] 张江巍, 曹郁生, 李海星, 等. 乳酸菌抗氧化活性及检测方法[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(9):53-56.
- [33] Kullisaar T, Songisepp E, Mikelsaar M, et al. Antioxidative probiotic fermented goat's milk decreases oxidative stress-mediated atherogenicity in human subjects[J]. British Journal of Nutrition, 2003, 90:449-456.
- [34] Songisepp E, Kals J, Kullisaar T, et al. Evaluation of the functional efficacy of an antioxidative probiotic in healthy volunteers[J]. Nutrition Journal, 2005, 4:22.
- [35] Kaur S, Kullisaar T, Mikelsaar M, et al. Successful management of mild atopic dermatitis in adults with probiotics and emollients[J]. Central European Journal of Medicine, 2008, 3(2):215-220.

Research Progress on Antioxidative Mechanisms of Lactic Acid Bacteria

HONG Song-hu, WU Zu-fang*

(Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Five aspects of antioxidative mechanisms of lactic acid bacteria are discussed and the state quo of research are introduced. The five different antioxidative functions of lactic acid bacteria are achieved respectively by (1) producing superoxide dismutase (SOD); (2) producing glutathione (GSH); (3) having NADH oxidase and NADH peroxidase; (4) having ferulic acid esterase (FAE); (5) having reducing activity. The antioxidative activities of lactic acid bacteria in vivo of human body are also elucidated. .

Key words: lactic acid bacteria; antioxidative; development

CLC number: Q558

Document code: A

(责任编辑 史小丽)