

乳酸菌的降胆固醇作用 及其在发酵制品中的应用

张丽娜, 于长青*

(黑龙江八一农垦大学食品学院, 黑龙江大庆 163319)

摘要: 乳酸菌是益生菌, 已经受到广泛的关注。本文综述了乳酸菌降胆固醇作用的发展和作用机理, 以及在发酵制品中的应用进展。

关键词: 乳酸菌, 胆固醇, 发酵制品

Abstract: Lactic acid bacteria have been recognized widely for their beneficial health effects to host. In this paper, the development in cholesterol-reducing activity of Lactic acid bacteria, its mechanisms and application in fermented products are reviewed.

Key words: lactic acid bacteria; cholesterol; fermented products

中图分类号: TS252.54 文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2007)07-0228-04

胆固醇是人体必需的营养成分, 但由于生活水平的提高, 如果不注意饮食, 人体血清中胆固醇含量往往过高。现在与胆固醇过量有关的动脉粥样硬化、冠心病、脑中风等心脑血管疾病已严重威胁着人类健康^[1]。因此, 降低血清胆固醇水平直接关系到人类的健康, 也是目前科学研究工作的热点之一。乳酸菌是一类对人体有益的益生菌。国内外大量临床试验证实, 服用乳酸菌及其相关制品具有减少人体血清胆固醇含量, 降低心脑血管疾病发病率的功效。为此, 人们对乳酸菌开展了体内外降解胆固醇研究, 旨在开发功能性乳酸菌制品, 满足人们健康的需要。

1 乳酸菌降胆固醇作用的发现和发展

二十世纪七十年代初, Mann 和 Sperry^[2]发现非洲 Masai 人血清胆固醇的水平普遍较低, 他们认为这和当地土著大量饮用乳杆菌发酵饮品有关。1977年, 他们调查了经常消费酸奶和发酵乳制品的美国人, 发现这类人群体内血清胆固醇的含量同样较低。他们的调查结果引起了营养学界和微生物学界人士的普遍关注, 掀起了乳酸菌降胆固醇作用的研究热潮。

国外对降胆固醇乳酸菌的研究起步较早。1977

年, Gilliland^[3]对肠道乳杆菌降胆固醇作用进行了研究, 提出乳杆菌在生长过程中通过降解胆盐促进胆固醇的分解代谢, 从而降低胆固醇含量的观点。1985年, 他和其它研究人员进一步指出, 在含适量胆盐的高胆固醇培养基中生长时, 嗜酸乳杆菌菌体细胞可以同化胆固醇到自身的细胞膜中去^[4]。随后, Rasic 等也证实了嗜酸乳杆菌和两歧双歧杆菌对胆固醇的脱除作用^[5]。迄今为止, 已有大量实验证实了不同种类乳酸菌的降胆固醇效果(具体见表 1), 从表中可以看出, 乳酸菌降胆固醇的研究主要集中在乳杆菌的不同种, 其中以嗜酸乳杆菌的材料最为丰富。

国外研究者开展了大量乳酸菌降胆固醇的体内功能验证。Lin 等^[6]将高血清胆固醇的人群分为三组, 均服用相同剂量的嗜酸乳杆菌和保加利亚乳杆菌制剂, 6 个月后发现被测人群的血清中总胆固醇含量和低密度脂蛋白浓度均有不同程度的下降, 而且血清中胆固醇含量越高, 总胆固醇含量和低密度脂蛋白浓度下降越显著。Akalin 等分别给小鼠饲喂含有嗜酸乳杆菌的酸奶和鲜牛奶, 研究了乳酸菌对小鼠血清中总胆固醇含量、甘油三酯和低密度胆固醇(LDL-C)浓度的影响。结果发现, 饲喂含乳酸菌的酸奶可以显著降低小鼠的 TC 和 LDL-C 浓度。另外, Fukushima 和 Mohan 分别在小鼠和雏鸡的研究中也获得了同样的结论。Usman 等也在大鼠研究中获得类似的结论。

国内许多学者也做了这方面的研究。我国学者郭本恒^[7]在功能性乳制品中关于乳酸菌的保健功能指出: 食用酸奶可以降低人体血清胆固醇的水平。那淑敏^[8]等 1998 年对嗜酸乳杆菌发酵产物中的有机酸进行测定, 经气相色谱分析表明, 样品中含有乳酸、正反丁烯二酸、乙酸、异丁酸、六碳脂肪酸、丙酸、丁酸、琥珀酸。胆固醇的共沉淀作用不明显。香卫钦, 于舒宁等^[9]利用选择性培养基, 从成年人的粪便中分离出一株能降解胆固醇的乳酸菌, 初步鉴定为双歧杆菌, 该菌能以胆固醇作为生长的唯一能源, 在液体发酵中胆固醇的降解率为 34.6%。肖琳琳^[10]从西藏传统

收稿日期: 2006-10-16 * 通讯联系人

作者简介: 张丽娜(1982-), 女, 在读硕士, 研究方向: 畜产品加工。

表 1 国外文献报道的具有降胆固醇功能的乳酸菌

乳 酸 菌	菌 株	参考文献
嗜酸乳杆菌 (<i>Lactoballus acidophilus</i>)	ATCC43121, RP42, P47* , RP43, RP34, ATCC4356, RP32* , ATCC4962*	[11,12,13] [14,6]
干酪乳杆菌 (<i>Lactoballus casei</i>)	MUH117, MUH79, MUH41, CH1, N19, E5*	[13,15]
德氏保加利亚乳杆菌属(<i>Lactoballus debrueckii subsp. bulgaricus</i>)	ATCC33409*	[6]
食淀粉乳杆菌 (<i>Lactoballus amylovorus</i>)	DN- 112053	[16]
短乳杆菌 (<i>Bifidobacterium breve</i>)	ATCC15700	[16]
两歧双歧杆菌 (<i>Bifidobacterium bifidum</i>)	MUH80	[13]
发酵乳杆菌 (<i>Lactoballus fermentum</i>)	ATCC14931 20*	[17,18]
植物乳杆菌 (<i>Lactoballus plantum</i>)	299v	[17]
鼠李糖乳杆菌 (<i>Lactoballus rhamnosus</i>)	ATCC7469	[17]
粪肠球菌(<i>Enterococcus faecalis</i>)	AD1001*	[19]

注: * 为已经过体内实验证实。

发酵乳(西藏灵菇)中分离筛选得到一株在液体培养基中降胆固醇达到 51.8%的干酪乳杆菌。用由这株干酪乳杆菌制备的菌悬液灌胃高脂模型小鼠 14d 后,发现实验组小鼠血清中胆固醇和甘油三酯浓度较对照组显著降低($P<0.01$),同时 HDL-胆固醇浓度有所增加,动脉硬化指数(AI)低于对照组的水平。

2 乳酸菌降胆固醇的作用机理

2.1 同化作用

Gilliland(1985)^[4]在猪肠道内分离到高效降胆固醇嗜酸乳杆菌 P47,并围绕该菌进行了系列研究。他们用 PPLO(pleuropneumonia-like organism, 类胸膜炎体)作为胆固醇来源,在含牛胆汁的高胆固醇培养基上对 P47 进行培养实验,发现厌氧条件下随着牛胆汁浓度的增加,培养基内胆固醇的残留量大大下降。他将原因归结为 *L. acidophilus* 对胆固醇的同化作用,即细菌把胆固醇吸收到自身的膜中去了。随后 D.O. Noh 等人发现,在高胆固醇培养基中生长的乳酸菌用超声波处理一段时间后,菌体的存活率在 90%以上,而同样条件处理时,普通培养基中的细胞的存活率仅有 20%左右。他认为原因是吸收到细胞膜(或细胞壁)中的胆固醇改变了细胞的组成,增加了膜的韧性。菌体细胞对超声波的耐受性增强,这间接证明了乳酸菌菌体对胆固醇的同化作用。

2.2 沉淀作用

Frand A.M.等否定了乳酸菌的胆固醇同化作用,他们认为乳酸菌对胆固醇的脱除是因为酸性条件下(pH<6.0)乳酸菌的胆盐共扼活性增加,使胆固醇与胆

盐形成了沉淀,从而降低了培养基中胆固醇的含量。Klaver 对多株乳杆菌和双歧杆菌进行的降胆固醇试验也证明了这一观点。现在人们普遍认为,乳酸菌产生的胆盐水解酶在厌氧条件下催化结合态的胆盐分解为解聚态胆盐和氨基酸,解聚态胆盐、胆固醇分子团和乳酸菌菌体细胞一起沉淀,从而导致环境中胆固醇的降低。

这种降胆固醇效果或许来源于两个方面, a. 固醇的溶解度取决于胆盐的溶解度,胆盐经水解后溶解度下降,从而致使胆固醇也一同沉淀下来,所以,胆盐水解酶催化产生的脱结合胆酸是沉淀胆固醇,降低其含量的直接因素; b. 在体内,胆盐水解酶作用后产生的脱结合胆酸在人体内不被重复吸收而随粪便排出,胆酸的排出导致其在肠肝系统循环次数减少,从而增加了胆酸的生物合成。由于胆固醇是形成胆酸的前体物,部分胆固醇需要转化为胆酸以弥补被分解后排出体外的部分,这样就加速了胆固醇的分解代谢,从而导致胆固醇浓度的降低。因此,一些研究人员认为服用胆盐水解酶活力菌株可以减少肠道胆汁酸的重复吸收,加速胆汁酸的排泄,从而收到降低血清胆固醇浓度的效果。

2.3 其他理论

鉴于乳酸菌降低胆固醇的效果受多种因素的影响,其作用方式随所采用的菌种和测试对象有很大的差别,对于嗜酸乳杆菌降低胆固醇的作用,部分研究人员倾向于菌体吸收和胆固醇共沉淀协同作用的观点,而且不同条件下乳酸菌会表现出以某种方式(吸收或共沉淀)为主的能力。此外,对双歧杆菌的研

究还发现,双歧杆菌通过抑制人体内活化的T细胞,可以控制新形成的低密度脂蛋白LDL接受器,有助于降低血清胆固醇水平。利用小鼠作为模型的实验结果表明,嗜酸乳杆菌和双歧杆菌可以影响胆固醇合成途径中的-羟基-甲基戊二酸单酰辅酶A还原酶的活性,从而降低血清胆固醇水平。另外,乳酸菌制剂中的一些有机酸盐类,如醋酸盐、丙酸盐和乳酸盐可能对脂肪的代谢调节,对降低血浆TC和LDL,升高HDL起着一定的作用。在乳酸菌产生的特殊酶系中,有降低胆固醇的酶系,它们在体内可以抑制胆固醇的合成。乳酸菌及其制剂使HDL浓度升高,从而影响血液中胆固醇含量的机制目前还不清楚。上述研究表明,乳酸菌降低血清胆固醇水平的机制是复杂的,或许还存在其他的作用机制。

3 降胆固醇乳酸菌在发酵制品中的应用

芝加哥大学的一份报告称,低脂肪、低胆固醇膳食有助于实验性动脉血管沉积的脂肪的消退,由此可见,限制富含胆固醇的食品摄入量是十分必要的。二十世纪八十年代初,国外学者便开始系统地探讨具有胆固醇降解能力的微生物和它们产生的胆固醇氧化酶在低胆固醇食品开发上的应用,取得了不少突破。

目前欧美和日本市场上已经有类似的具有降低血清胆固醇的益生乳酸菌制品^[20]。

刘希山用嗜热乳杆菌生产发酵乳,该发酵乳降低高脂血症小白鼠血清中总胆固醇和甘油三酯含量以及动脉硬化指数的作用显著,而对血清中高密度脂蛋白的调节作用不明显,这说明该发酵乳对高脂血症具有较好的治疗作用。韩俊华^[21]证明嗜酸乳杆菌具有显著降低小鼠血清胆固醇的能力($P<0.05$),对血清低密度脂蛋白和高密度脂蛋白具有一定的调节作用,并能降低小鼠患高血脂等症的风险指数。他发现,嗜酸乳杆菌活菌制剂比嗜酸乳杆菌发酵奶具有更好的降胆固醇效果,但两种投放模式对血清胆固醇的影响差异也不显著。刘丽莉^[22,23]选用植物乳杆菌干酪乳杆菌啤酒酵母菌为334,生产低温烤肠,胆固醇降解率为19.6%。吕兵等^[24]在质量分数为11%脱脂乳培养基中加入质量分数为7%的啤酒,从而能显著提高嗜酸乳杆菌的产酸速率及活菌总数。该菌株耐盐和耐胆酸盐能力分别达到6.0%和1.5%,同化胆固醇达80%,证明是一株性能优良的益生菌株。她用嗜酸乳杆菌+唾液链球菌嗜热亚种+德氏乳杆菌保加利亚亚种=3%+0.5%+0.5%为发酵剂,按常规酸乳工艺生产,产品中嗜酸乳杆菌的活菌数达到 10^8 cfu/mL以上,5d后其活菌数仍有 6×10^8 cfu/mL,且产品风味良好。包惠燕等^[25]研究嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌单独和混合发酵蛋奶,结果显示嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌单独和混合发酵均可以使蛋奶中胆固醇

量下降10%左右。嗜热链球菌比保加利亚乳杆菌的降胆固醇能力稍强。发酵温度对蛋奶中胆固醇量下降的速度有影响,较高发酵温度下胆固醇量下降的速度快,但较低的发 酵温度所得成品胆固醇脱除率高,而冷藏对胆固醇量影响不大。

4 展望

4.1 虽然微生物基因工程技术在菌株筛选方面的应用越来越成为研究的热门课题,但是筛选出的菌株存在生长竞争能力较弱及安全性等方面的问题,使这些基因工程菌在短期内尚不能直接运用于发酵剂。自然界中存在着大量安全的微生物菌种,它们中有些菌株具有特殊的功能为人们所不知,对我国传统的发酵食品中分离出的菌种的分析研究,使对肉制品发酵剂菌株的筛选成为可能,同时为了提高食品的安全性,菌株的筛选则显得极为重要。

4.2 胆固醇是人体不可缺少的一类物质,但血清胆固醇含量过高对健康非常不利。当前,公众已认识到胆固醇与心血管疾病之间的关系,从而出现了回避肉、禽、蛋等动物性食品的趋势。因此,降胆固醇菌种及其胆固醇氧化酶的开发成为许多科研工作者和商家关注的焦点。我们应该在此类微生物的菌种选育和酶制剂的开发上有突破。

4.3 应进一步探明在前述利用胆固醇氧化酶、胆固醇还原酶、红曲霉和乳酸菌降胆固醇过程中各步的作用机制,以及酶活、菌种种类、活菌数目、介质成分及温度、pH等条件对转化或抑制效果的影响,以更好的发挥它们在降低食品和人体血清胆固醇中的作用。

参考文献:

- [1] 周俭,高亢.保健食品设计原理及其应用[M].北京:中国轻工业出版社,2002.77-80.
- [2] Man G V, Sperry A. Study of surfactant and cholesteremia in the Maasai[J]. Am J Clin Nutri, 1974,27: 464-69.
- [3] Gilliland S E, Speck M L. De-conjugation of bile acids by intestinal Lactobacilli[J]. Appl Environ Microbiol, 1977,33: 15-18.
- [4] Gilliland S E, Nelson CR, Maxwell C. Assimilation of cholesterol by lactobacillus [J]. Appl Envi Micro, 1985,49: 377-381.
- [5] Rasic J L, Vujicic L F, Skringer M, et al. Assilation of cholesterol by some culture of Lactic acid bacteria and Bifidobacteria[J]. Biotechnol Lett, 1992, 14: 9-44.
- [6] Lin S Y, AYRES J W, William, Winkler J R, et al. Lactobacillus effects on cholesterol: in vitro and in viva results[J]. J Dairv Sci, 1989,72: 2885-2889.
- [7] 郭本恒. 功能性乳制品 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.61.
- [8] 那淑敏, 贾士芳, 陈秀珠, 等. 嗜酸乳杆菌发酵代谢产物的

- 分析[J].中国微生态杂志, 1999, 11(2): 266-268.
- [9] 香卫钦, 于舒宁, 张耀林, 等. 一株能降解胆固醇的乳酸菌的选育[J].生物技术, 2001, 11(5).
- [10] 肖琳琳, 董明盛. 西藏干酪乳酸菌降胆固醇特性研究[J]. 食品科学, 2003, 24(10): 142-145.
- [11] Brashears M M, Gilliland S E. Survival during frozen and subsequent refrigerated storage of lactobacillus acidophilus cells as influenced by the growth phase[J]. Dairy Sci, 1995, 78: 2326-2335.
- [12] Berg R D. Bacteria translocation from the intestines [J]. Exp Anim, 1979, 34: 1-16.
- [13] Chikai T, H Nakeo, K Uchida. Deconjugation of bile acids by human intestinal bacteria implanted in germ free rats [J]. Lipids, 1987, 22: 669-671.
- [14] Frank A M Klaver, Roelof van der Meer. The assumed assimilation of cholesterol by lactobacillus and bifidobacterium bifidum is due to their bile salt-deconjugation activity[J]. Appl Environ Micro, 1993, 59: 1120-1123.
- [15] Brashears M M, Gilliland S E, Buck L M. Bile salt deconjugation and cholesterol removal from media by Lactobacillus casei[J]. Dairy Sci, 1998, 81: 2103-2110.
- [16] Buck LYS M, Gilliland S E. Comparisons of freshly isolated strains of lactobacillus acidophilus of human intestinal origin for ability to assimilate cholesterol during growth[J]. Dairy Sci, 1994: 2925-2933.
- [17] Grill J P, Cayuela C, Antoine J M, et al. Effects of Lactobacillus amylovorus and Bifidobacterium breve on cholesterol [J]. Lett IN App1 Microbiol, 2000, 31: 154-156.
- [18] 感官分析方法总论. 中华人民共和国国家标准[M]. GB10220-88.
- [19] Gipa1 A, N P Shan, H Roginski. Bile tolerance, taurocholate deconjugation and cholesterol removal by lactobacillus acidophilus and bifidobacterium spp [J]. Milchwissenschaft, 1996, 51: 619-623.
- [20] 杨颖, 华伟, 张灏. 益生乳酸菌降胆固醇功能的研究进展[J]. 江苏食品与发酵, 2004(3): 19-22.
- [21] 韩俊华, 盛晓甘, 等. 乳酸菌降胆固醇作用研究现状[J]. 中国乳品工业, 2002(3): 16-20.
- [22] 刘丽莉, 夏延斌. 乳酸菌 Lact.1 和 Lact.2 降解胆固醇的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004(3): 278-281.
- [23] 刘丽莉, 董铁有, 杨协立. 6种乳酸菌降解胆固醇的体外试验[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2005(6): 87-88.
- [24] 吕兵, 张国农, 杨瑞欢. 嗜酸乳杆菌生物学特性及其发酵乳的研究[J]. 中国乳品工业, 2002(5): 37-39.
- [25] 包惠燕, 等. 乳酸菌发酵对蛋奶胆固醇的影响[J]. 暨南大学学报(自然科学版), 2003(6): 115-117.

(上接第 227 页)

虫研究与进展》[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1999. 161-165.

- [4] 李志国, 杨文云, 杨时宇, 等. 胭脂虫引种繁养初步研究[J]. 西南林学院学报, 2001, 21(3): 167-169.
- [5] 高蓝, 李浩明. 胭脂虫红色素资源及其利用 [J]. 中国食品添加剂, 2004(4): 86-89.
- [6] De Lotto. On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera:Coccoidea: Dactylopiidae) [J]. Entomol Soc Sth Afr, 1974, 37(1): 167-193.
- [7] Alvarez CG, Portillo ML, Viguera GAL. Feasibility of culturing the cochineal insect in Zapotlanejo, Jalisco, Mexico[J]. Duge Sana, 1996, 3(2): 19-31.
- [8] Portillo ML, Viguera GAL. Natural enemies of cochineal (Homopt:Dactylopiidae): importance in Mexico [J]. Journal of the professional association for cactiua development, 1998(3): 43-49.
- [9] Liberato Portillo. Dugesiana[J], 2005, 12(1): 1-8.
- [10] Cristóbal Aldama-Aguilera y Celina Llanderal-Cázares. Cochineal: Comparison of Production Methods in Cut Cladodes [J]. Agrociencia, 2003, 37(1): 11-19.
- [11] Aldama-Aguilera, Llanderal-Cázares, Soto-Hernández, et al. Cochineal (Dactylopius coccus Costa) Production in Prickly

Pear Plants in the Open and in Microtunnea Greenhouses[J]. Agrociencia, 2005: 161-171.

- [12] Pietro Allevi, et al. The first total synthesis of carminic acid[J]. Chem Soc, Chem Commuiv, 1991: 1319-1320.
- [13] Victor Flores. Bioecología de la cochinilla del carmin Dactylopius coccus Costa Ayacucho [J]. Guamangensis, 1995(11): 19-28.
- [14] V Flores-Flores, A Tekelenburg, Dactylopius coccus Costa Dye production. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear [M]. FAO Plant Production and Protection Paper 132 Rome, Italy, 1995. 167-185.
- [15] Jesus Mendez, Monica Gonzales, Gloria Lobo, et al. Color Quality of Pigments in Cochineals (Dactylopius coccus Costa). Geographical Origin Characterization Using Multivariate Statistical Analysis [J]. Agric Food Chem, 2004, 52 (5): 1331-1337.
- [16] S de Jesus Mendez-Gallegos, T Panzavolta, R Tiberi. Carmine Cochineal Dactylopius coccus Costa (Rhynchota: Dactylopiidae): Significance, production and use [J]. Adv Hort Sci, 2003, 17(3): 165-171.

欢迎订阅《食品工业科技》