



应用于发酵乳生产的乳酸菌

顾 瑞 霞

(江苏农学院食品科学系, 扬州 225001)

利用发酵技术保藏食品, 最典型的是通过乳酸菌的发酵。这在发酵乳工业中已得到广泛应用。利用天然的或经筛选的乳酸菌的发酵, 已生产出多种不同类型的发酵乳。近年来, 随着生理学、生物化学和遗传学的深入研究, 随着菌种性能的更加稳定, 对噬菌体的抗性, 以及菌株间良好的共生关系, 从而使我们能更有效地选择和利用这些微生物。

(一) 应用于发酵乳生产的乳酸菌种类

乳酸菌为一群可发酵碳水化合物以获取能量, 并生成大量乳酸的一类细菌的总称。它们具有一定的蛋白水解能力, 但脂肪分解能力较弱^[1]。

发酵乳生产中的乳酸菌分属于乳杆菌属、链球菌属、片球菌属、明串珠菌属和双歧杆菌属^[2-3]。它们的分类和种系发生关系是以形态特征、生理生化特性、生态特性、血清学反应、G + C 含量、DNA 杂合、细胞壁成分和它们的 16 Sr RNA 的低聚核苷酸排列顺序为基础的^[4-7]。

1. 乳杆菌属 (*Lactobacillus*)^[7-9]: 为无芽孢、革兰氏阳性、微需氧、不能还原硝酸盐、过氧化氢酶阴性和细胞色素阴性, DNA 中 G + C mol% 为 32—52%。目前已在发酵乳中应用的主要有: (1) 专性同型发酵乳杆菌, 有德氏乳杆菌、瑞士乳杆菌和嗜酸乳杆菌; (2) 兼性异型发酵乳杆菌, 主要有干酪乳杆菌及其亚种(如干酪乳杆菌鼠李糖亚种); (3) 专性异型发酵乳杆菌, 主要有短乳杆菌、发酵乳杆菌和克菲尔乳杆菌。

2. 链球菌属 (*Streptococcus*)^[7-9]: 为无芽孢、革兰氏阳性、兼性厌氧、过氧化氢酶阴性、化能异养菌。在发酵乳中应用的主要有: 乳链球

菌、棉子糖链球菌和嗜热链球菌。

3. 明串珠菌属 (*Leuconostoc*)^[7-9]: 球杆状细胞, 细胞色素和过氧化氢酶阴性, 可利用发酵葡萄糖产生 CO₂、乙醇和 D(-)-乳酸将它与链球菌分开(链球菌不生成 CO₂, 生成 L(+)-乳酸), G + C mol% 为 37—45% 发酵乳中应用的主要有: 肠膜明串珠菌、类肠膜明串珠菌、乳明串珠菌和酒明串珠菌。

4. 片球菌属 (*Pediococcus*)^[2,7]: 片球菌是唯一的在两个平面上形成四分体的乳酸菌。它们通过 EMP 途径发酵碳水化合物形成 DL、D(-)或 L(+)-乳酸, 不产气, 过氧化氢酶阴性和细胞色素缺乏, G + C mol% 为 35—44%。仅有戊聚糖片球菌和乳酸片球菌与其它乳酸菌结合用于发酵乳生产。

5. 双歧杆菌属 (*Bifidobacterium*)^[2,7,10]: 多形性杆菌, 呈 V、Y 字形或曲状弓形, 革兰氏阳性, 无芽孢, 不运动, 厌氧, 过氧化氢酶阴性, 能利用葡萄糖经 6-磷酸果糖分支途径产生摩尔数之比为 3:2 的醋酸和乳酸, 不产 CO₂, G + C mol% 为 55—67% Scardovi 报道目前所知道的 24 个种中, 有 9 个存在于人体肠道, 在发酵乳中应用的主要有: 两歧双歧杆菌、长双歧杆菌、婴儿双歧杆菌和短双歧杆菌。

(二) 乳酸菌的功用

乳酸菌对乳的发酵, 由于其特殊的代谢作用, 因而赋予制品某些特殊性能。

1. 产生的乳酸、醋酸等, 降低了制品的 pH 值, 延长了制品的保藏期; 产生的各种有机酸、香气成分(如乙醛、丁二酮等)以及多糖, 赋予制品特殊味道、组织状态和稳定的质量^[11]。

2. 产生的抗生素、抗肿瘤和抗白血病的活性物质有益于人体的健康(表 1)。另外这些乳

表1 乳酸菌产生的抗生素及其它成分

乳 酸 菌	抗 菌 素	其它成分
德氏乳杆菌保加利亚亚种 嗜酸乳杆菌	保加利亚乳杆菌素 (Bulgarican) 亲嗜酸菌素 (Acidophilin) 嗜酸乳杆菌素 (Acidolin) 乳酸杀菌素 (Lactocidin)	溶菌酶 过氧化氢
短乳杆菌	乳杆菌素 (Lactobacillin) 短乳杆菌素 (Lactobrevin)	
干酪乳杆菌 发酵乳杆菌 植物乳杆菌 乳脂链球菌 双歧杆菌	三种类型的抗菌素 细菌素 乳杀素 (Lactolin) 双球菌素 (Diplococcin) 双歧杆菌素	过氧化氢 类溶菌酶物质

表2 用于发酵乳生产的乳酸菌

乳 酸 菌	酸奶	酸性乳	酸性酪乳	酸性稀奶油	酸牛奶	酸马奶酒	常用培养温度(°C)	在牛乳中产生的酸度(%)	在发酵乳中的主要作用*
乳链球菌		+	+	+	+		30	0.7—0.9	A
乳脂链球菌		+	+	+	+		20—25	0.7—0.9	A
丁二酮链球菌		+	+	+	+		30	0.7—0.9	F
嗜热链球菌	+	+					37—43	0.7—0.9	A
嗜酸乳杆菌	+	+				+	37—40	0.3—1.9	A
保加利亚乳杆菌	+	+				+	37—43	1.5—1.7	A
短乳杆菌					+		20—25		A
克菲尔乳杆菌					+		20—25		A
乳脂明串珠菌		+	+	+	+		20—25	不产酸	F
葡聚糖明串珠菌		+	+	+	+		20—25	0.1—0.2	F
两歧双歧杆菌	+	+			+		37—40	0—1.4	A
乳片球菌		+					30		A

* A: 酸生成; F: 香气产生。

酸菌产生的甲酸、乳酸及其它代谢产物(如丁二酮等)均具有一定的抗菌作用^[12,13]。另外一些肠道菌,如双歧杆菌、嗜酸乳杆菌等,能产生粘多糖等物质,具有抗肿瘤和白血病的作用,增强人体免疫功能^[10,14]。

3. 乳酸菌对乳的发酵,从某种意义上讲,是乳成分的“预消化”,如乳糖的发酵,蛋白质的水解等。同时发酵乳还增加了可溶性钙和磷及某些水溶性B族维生素,与普通乳相比,消化吸收性能及营养价值大为提高^[15]。

4. 产生的某些酶具有特殊的功能作用,如乳杆菌和双歧杆菌中的部分菌株能产生分解致癌物质N-亚硝基胺的酶^[16]。食用嗜酸乳杆菌、植物乳杆菌等脲酶阳性菌株制成的发酵乳对肝

解毒功能降低的病人是有益的^[17,18]。

5. 乳酸菌能在较大的温度范围内和多种类型的乳中生长,采用不同的组合方式,可生产出多种不同的产品(表2)^[1,8,19]。

(三) 国外有关乳酸菌研究开发动态

1. 肠道菌的筛选和利用: 近来,由于对某些产酸和耐酸的肠道菌的培养技术、特性、在消化道中的分布和内在关系、代谢特性以及对于健康和失调等方面的进一步深入研究,发现某些肠道菌对人体健康具有潜在的有益作用。有关这类微生物的研究开发报道很多^[10,14,19,20]用这些微生物制作的发酵乳的产量增长很快,被公认为“疗效食品”,同时也被称之为“21世纪发酵乳”。已分离并在发酵乳中应用的肠道菌

主要是双歧杆菌、乳杆菌、链球菌属中的一些种,其中最为重要的是双歧杆菌和嗜酸乳杆菌^[21]。

2. 抗噬菌体菌株的选育: 每年世界上在发酵乳生产中由于噬菌体的侵染而造成的经济损失是难以估算的。因此许多研究单位都在进行着这方面的研究工作。例如荷兰 Amsterdam 大学微生物系正在研究乳链球菌抗噬菌体能力试验^[22]。该研究的主题是: (1) 抗噬菌体菌株的分离; (2) 抗噬菌体机制; (3) 抗噬菌体的保留时间; (4) 抗噬菌体特性与生理学之间的关系; (5) 与遗传有关的抗性。

3. 特殊酶活性菌株的选育^[22]: 荷兰 Groningen 大学遗传系, 借助第一流的重组 DNA 技术, 把蛋白酶活性组入到乳链球菌乳脂亚种的一个蛋白酶缺乏菌株中。Wangeningen 农业大学食品工程系正在进行乳酸菌蛋白酶的蛋白水解研究, 以便促进干酪成熟。荷兰乳品研究所研究了: (1) 来自于乳链球菌磷酸- β -半乳糖苷酶的遗传学; (2) 来自于乳链球菌乳脂亚种 SKII 具有独特的酪蛋白水解特性的蛋白酶, 并不导致酪蛋白消化苦味; (3) 由乳酸菌产生的凝乳酶。

4. 降低胆固醇作用菌株的选育。现已分离出一些能同化胆固醇的菌株 (如嗜酸乳杆菌的选择菌株)^[23]。但发现这些菌株在乳中生长不良, 尚需选择在乳中生长良好的菌株。

(四) 结语

第 22 届国际乳业会议发酵乳研讨会上提出了发酵乳今后的发展趋势^[23]: (1) 现在生产的多数发酵乳已具有良好的感官特性, 预计其健康特性将变得更为重要; (2) 现在用于发酵

乳生产的微生物, 是根据在乳中的生长特性加以选择的, 不久将会根据消化道微生物的代谢特性加以选择; (3) 对免疫系统包括癌症发展在内的酶的抑制的影响, 是科学界需进一步阐明的新领域; (4) 更重视微生物的遗传工程和新工艺, 以期能生产出所要求特性的新型发酵乳; (5) 新产品开发的同时, 仍生产和改进传统制品。这些趋势为我们食品微生物工作者指出了今后努力开发的方向。

参 考 文 献

1. 李福临: 食品工业(台), 21(42): 32, 1989.
2. Anon: *Int. J. Systematic Bact.*, 36(2): 354, 1986.
3. Puhon Z: *Bulletion of the IDF*, 227: 4, 1988.
4. Sharpe: *J. gen. Microbiol.* 12: 107, 1985.
5. Gasser F: *J. gen. Microbiol.* 62: 223, 1970.
6. Ludwig et al: *J. gen. Microbiol.* 131: 723, 1985.
7. Dellaglio F: *Bulletion of the IDF*, 227: 7, 1988.
8. Robinson R K: *Dairy Microbiology*, 2: 117, 1981.
9. Wood J B: *Microbiology of Fermented Foods*, 1: 13, 1985.
10. Driessen F M and R de Boer: *Neth Milk Dairy J.*, 43: 367, 1989.
11. Gottschalk G: *Bacterial Metabolism*, p. 214, New York, 1985.
12. 顾瑞霞: 食品研究与开发, 2: 30, 1990.
13. Dellaglio F: *Bulletion of the IDF*, 227: 27, 1988.
14. 顾瑞霞: 农畜产品加工, 1: 1, 1990.
15. Driessen F M and Z Puhon: *Bulletion of the IDF*, 227: 75, 1988.
16. Goldin B R and L Gorbach: *Am. J. Clin. Nutr.*, 39: 756, 1984.
17. Hickey M W et al.: *J. appl Bact.* 22: 360, 1983.
18. Puhon Z: *Bulletion of the IDF*, 227: 138, 1988.
19. 顾瑞霞: 食品科学, 8: 32, 1989.
20. Ferreira C L et al.: *J. Dairy Sci.*, 71: 306, 1988.
21. Kuman J A: *Bulletion of the IDF*, 227: 35, 1988.
22. Driessen F M: *Bulletion of the IDF*, 227: 129, 1988.
23. *XXII Int. Dairy Congr.* 1986.