



基于高活菌数的瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌混合发酵工艺优化

陈庆彩¹, 李敬龙¹, 胡晓珂²

(1. 齐鲁工业大学 生物工程学院, 济南 250353; 2. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264000)

摘要:以瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌混合发酵培养,利用两菌株细胞代谢的差异,以静置发酵24 h后得到的活菌数目为指标,通过单因素实验和正交实验,研究了瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌高活菌数混合发酵的最适发酵条件。结果表明,瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌高活菌数混合发酵的最优条件为:发酵温度37 ℃,初始pH=6.8,接种量6%,瑞士乳杆菌:鼠李糖乳杆菌=1:2,瑞士乳杆菌优先接种3 h。最终得到乳酸菌总活菌数为 7.2×10^9 mL⁻¹。与在相同条件下单独发酵的瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌活菌数相比,分别提高了1.8倍和10.2倍。为乳酸菌的高活菌数发酵奠定了基础。

关键词:瑞士乳杆菌;鼠李糖乳杆菌;高活菌数;工艺优化

中图分类号:Q93-335 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2230(2016)06-0012-04

Optimization of mixed fermentation technology of *Lactobacillus helveticus* and *Lactobacillus rhamnosus* based on high viable count

CHEN Qing-cai¹, LI Jing-long¹, HU Xiao-ke²

(1. Qilu University of Technology, Biological Engineering, Jinan 250353, China; 2. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264000, China)

Abstract: The *Lactobacillus helveticus* and *Lactobacillus rhamnosus* were used to mixed ferment in this paper. The numbers of viable cells obtained after 24 hours fermentation was used as an index. To investigate the mixed fermentations optimum condition for *Lactobacillus helveticus* and *Lactobacillus rhamnosus*, the single factor experiment and orthogonal experiment were designed. The optimum fermentation conditions of two strains were determined as: (Our results showed that the optimum fermentation conditions of the two strains were:) fermentation temperature 37 ℃; Initial pH 6.8; inoculum size 6%; inoculated proportion *Lactobacillus helveticus*: *Lactobacillus rhamnosus*=1:2; *Lactobacillus helveticus* inoculate 3 hours early. The total viable count of *Lactic acid bacteria* finally obtained was 7.2×10^9 mL⁻¹. Compared with the separate fermentation, the viable counts of *Lactobacillus helveticus* and *Lactobacillus rhamnosus* were raised by 1.8 times and 10.2 times respectively. It laid the foundation for a high viable count of *Lactic acid bacteria* fermentation.

Key words: *Lactobacillus helveticus*; *Lactobacillus rhamnosus*; viable count; process optimization

0 引言

乳酸菌(*Lactic Acid Bacteria*, LAB)在自然界中广泛存在,人们常依据其产酸特性加工及储藏食品,以及益生作用生产各种微生态制剂^[1]。乳酸菌功能的实现,需要活菌数达到一定的数量^[2,3]。研究显示,人体每日摄入 $10^8 \sim 10^9$ 个益生菌才可发挥其益生作用^[4]。因此,足够的活菌数是乳酸菌在各方面应用的基础^[1]。有研究表明,鼠李糖乳杆菌的存在,可使肠道内双歧杆菌和乳酸杆菌的数量增加^[5]。作为食品工业常用的乳杆菌,瑞士乳杆菌的蛋白代谢能力较强,可依靠胞外蛋白水解酶水解蛋白形成小分子多肽和氨基酸^[6,7]。鼠李糖乳杆菌,不可利用乳糖,可代谢单糖及小分子肽,耐酸性良好,肠道定殖能力强^[6,8]。故这两

收稿日期:2015-10-26

作者简介:陈庆彩(1989-),女,硕士研究生,从事微生物的筛选与代谢研究。

通讯作者:胡晓珂

种菌混合培养时,可最大程度地利用营养成分,增大活菌数。

本研究以发酵24 h后的活菌数量为标准,研究混合发酵的最佳工艺条件,为乳酸菌高活菌数发酵提供借鉴。

1 实验

1.1 菌种

瑞士乳杆菌、鼠李糖乳杆菌均由中国科学院烟台海岸带研究所分离筛选,保藏于中国典型培养物保藏中心(CCTCC),保藏号分别为QC-1 CCTCC M 2015539, QC-2 CCTCC M 2015540。

1.2 培养基

改良番茄汁肉汤培养基:番茄浸粉2.5 g/L,牛肉膏粉10.0 g/L,醋酸钠5.0 g/L,葡萄糖2.0 g/L,磷酸氢二钾2.0 g/L,吐温80 1.0 g/L。(均为质量浓度,下同)改良番茄汁固体培养基:番茄浸粉2.5 g/L,牛肉膏粉10.0 g/L,醋酸钠5.0 g/L,葡萄糖2.0 g/L,磷酸氢二钾

2.0 g/L,吐温 80 1.0 g/L,琼脂 20 g/L。

1.3 仪器

SW-CJ-2FD 洁净工作台,752N 紫外可见分光光度计,BPX-272 电热恒温培养箱,梅特勒 FE20 pH 计,MLS-3780 高压蒸汽灭菌器,eppendorf 5810 高速冷冻离心机

1.4 方法

1.4.1 种子液制备

挑取平板上的单菌落在液体培养基中活化培养(18h)2次,得种子液。

1.4.2 发酵液吸光度值的测定

将发酵液用无菌水稀释(发酵液:无菌水=1:2),混匀后离心(4℃,8 000 g,10 min),用无菌生理盐水洗涤沉淀 1~2 次,最后将菌体按照 1:1 的比例重悬于生理盐水中。以生理盐水为空白对照,在 540 nm 处测定样品的吸光度值,每个样品做 3 个平行。

1.4.3 发酵液活菌数的计算

采用稀释涂布法,选取 10^{-6} 和 10^{-7} 两个梯度的菌液 0.1 mL 进行平板涂布,每个梯度 3 个平行,将涂布后平板放入 37℃ 培养箱中倒置培养,待菌落长出后计数(活菌数 mL^{-1})。

1.4.4 单菌发酵与混合发酵的对比实验

将瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌单独发酵,以及以 1:1 的接种比例混合发酵。在发酵条件完全相同的条件下,分别培养 12,18,24,30,36 h,进行活菌计数、吸光度值和 pH 值测定。通过吸光度值和 pH 值在不同时间点的变化,分析两菌株混合发酵与单独发酵的异同,以及确定两菌株混合发酵最佳时长。

1.4.5 混合发酵的单因素实验

乳酸菌生长动力学研究表明,菌体吸光度值与菌体数量之间呈相关性关系,因此本实验通过采用测定 OD 值的方法来评定发酵液中乳酸菌活菌数^[1]。本实验以两菌株混合发酵 24 h 后的活菌数为指标,研究两种乳酸菌混合发酵培养的最适温度、最佳接种量、最适初始 pH 值、两菌株的最佳接种比例以及接种顺序。采用测定 OD 值的方法来评定发酵液中菌体数量,并同时涂平板进行活菌计数。

(1) 温度对混合发酵的影响。在瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌接种体积比 1:1,接种比 3%,培养基初始 pH 值为 6.8,发酵温度分别为 20,25,30,37,42℃ 的条件下,研究温度对发酵液活菌数的影响。

(2) 接种量对混合发酵的影响。其他发酵条件不变,培养温度为 1.4.5(1)中确定的最适温度,研究不同接种量(2%,4%,6%,8%,10%)对发酵液活菌数影响。

(3) 初始 pH 对混合发酵的影响。其他发酵条件不变,温度和接种量为以上确定的最佳值,在发酵液初始 pH 分别为 6.2、6.6、6.8、7.0、7.4 时,研究发酵液初始 pH 对混合发酵活菌数的影响。

(4) 两菌株接种体积比对混合发酵的影响。其他发酵条件不变,培养温度、接种量、pH 为以上确定的最佳条件,研究瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌接种体积比(1:4、1:2、1:1、2:1、3:1)对发酵液活菌数的影响。

(5) 两菌株接种时间差对混合发酵的影响。温

度、pH 值、接种量、接种体积比均为以上确定的最佳条件,在瑞士乳杆菌比鼠李糖乳杆菌早接种 0,2,4,6,8 h 时,研究其对发酵液活菌数的影响。

1.4.6 混合发酵的正交实验

根据单因素实验的结果,选择对混合发酵活菌数影响较大的因素(发酵温度、初始 pH、两种菌的接种体积比和接种时间差),进行正交实验 $L_9(3^4)$ 设计。得到两菌株混合发酵活菌数最多时的发酵条件。正交实验的因素水平 $L_9(3^4)$ 如表 1 所示。

表 1 正交实验因素与水平

水平	因素			
	A(温度)/℃	B(接种体积比)	C(接种时间差)/h	D(pH值)
1	36	1:3	1	6.7
2	37	1:2	2	6.8
3	38	1:1	3	6.9

2 结果与分析

2.1 单菌发酵与混合发酵结果

瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌分别单独发酵培养与 1:1 混合发酵培养 12,18,24,30,36 h 时,发酵液 OD540 值、pH 值变化如图 1 和图 2 所示。

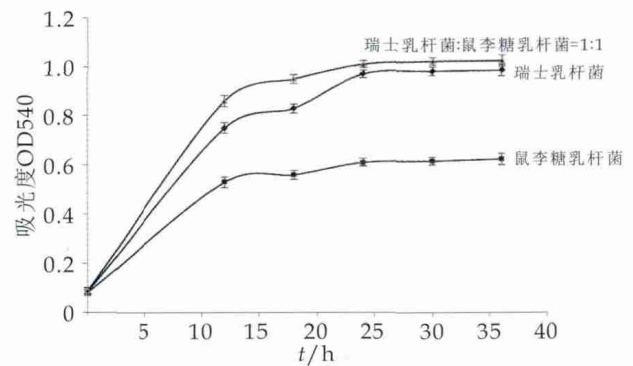


图 1 单菌发酵与混合发酵吸光值随发酵时间的变化

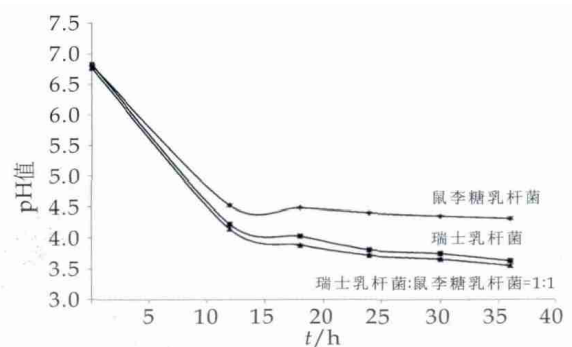


图 2 单菌发酵与混合发酵 pH 值随发酵时间的变化

由图 1 可以看出,当瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌单独发酵培养时,瑞士乳杆菌的吸光度值明显高于鼠李糖乳杆菌的吸光度值。由活菌计数显示:瑞士乳杆菌在该培养基中发酵 24 h 的活菌数($2.7 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$)明显多于鼠李糖乳杆菌活菌数($6.2 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$)。两种菌按 1:1 的比例混合发酵时,发酵液中活菌数量($3.6 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$)均多于它们单独发酵时活菌数。这与瑞士乳

杆菌较其他乳酸菌相比有较强的蛋白代谢能力有关。瑞士乳杆菌将培养基中蛋白成分水解成寡肽(二肽和三肽)和氨基酸,然后这些寡肽再通过转运体系进入细胞将肽链水解形成氨基酸^[7]。对于蛋白代谢能力弱的鼠李糖乳杆菌,它可直接利用瑞士乳杆菌在胞外水解成的寡肽,进行自身生长繁殖。故当瑞士乳杆菌与鼠李糖乳杆菌混合培养时,便可充分利用培养基中的成分。鼠李糖乳杆菌具有较强的耐酸性,可在酸性较强的培养基中继续繁殖,使活菌数量增加。由3条曲线的变化趋势还可以看出,发酵液中菌体吸光值在24 h左右达到最大,24 h以后菌体的吸光值基本不变。因此在以下两种乳酸菌混合发酵的研究中,选择发酵24小时为菌体的最佳收集时间,进行吸光值及活菌数的测定。

由图2可以看出,随着培养时间的增加,单菌发酵和混合发酵的发酵液pH均不同程度地下降。鼠李糖乳杆菌pH下降幅度最小,这与它不能充分利用培养基中高分子蛋白有关,活菌数量少,产生的酸性代谢产物也少。瑞士乳杆菌与鼠李糖乳杆菌混合培养时,它的pH值最小。这是由于在鼠李糖乳杆菌生长的过程中,可利用瑞士乳杆菌代谢产生的产物生长,而鼠李糖乳杆菌耐酸性较强,可在较低pH条件下生长繁殖,使混合发酵的乳酸菌活菌数量增多。

2.2 混合发酵的单因素实验结果

2.2.1 发酵温度的影响

在微生物的生长代谢中,各种酶的反应活力受温度的影响很大,进而可控制微生物的生长和代谢。因此,适宜的温度对乳酸菌的生长繁殖有重要意义。温度对瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌混合发酵的影响,实验结果如图3所示。

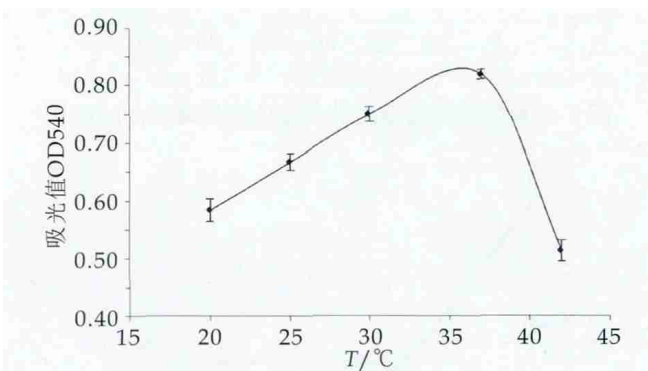


图3 温度对混合发酵的影响

由图3可以看出,随着发酵温度的升高,菌体吸光度值先增大后减小。当温度低时,酶活性较低,细胞内各反应体系减慢,影响微生物的生长速度;当温度偏高时,会使细胞内酶活性降低或丧失,菌体繁殖速率降低,活菌数目减少;当温度为37℃时,发酵液吸光值达到最大,经平板计数,此时发酵液中活菌数目为 2.9×10^9 cfu/mL。因此37℃为混合乳酸菌发酵的最适温度。

2.2.2 接种量的影响

不同接种量对混合发酵的影响,实验结果如图4所示。由图4可以看出,随着接种量的增加,菌体吸光

值在一定范围内不断上升,后趋于稳定。当接种量低于6%时,菌体在培养基中的适应时间长,使发酵周期延长;当接种量为6%时,菌体吸光值达到最大,经平板计数,此时发酵液中活菌数为 4.5×10^9 mL⁻¹;当接种量大于6%时,菌体吸光值变化不明显。足够合适的接种量,可以缩短菌体在培养基中的适应时间、增殖快,从而缩短发酵时间。故从经济学的角度,选择6%为最适接种量。

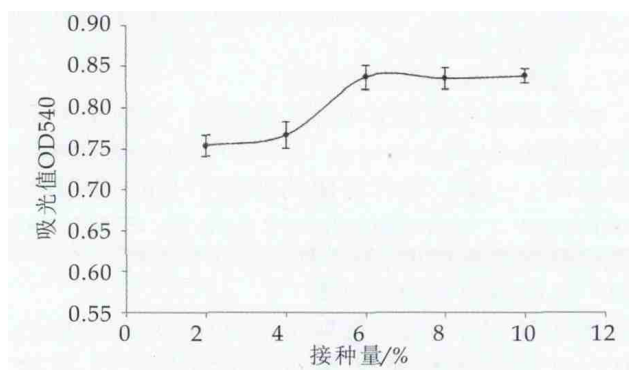


图4 接种量对混合发酵的影响

2.2.3 初始pH值的影响

不同初始pH值对混合发酵的影响,结果如图5所示。由图5可以看出,随着培养基初始pH值的升高,菌体的吸光值先增大后减小。pH值过高或过低时,都对菌体的生长有抑制作用。当pH值为6.8时,菌体吸光值最大,菌量最多。经活菌计数,此时发酵液中活菌数为 5.0×10^9 mL⁻¹。因此瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌混合发酵的最适pH值为6.8。

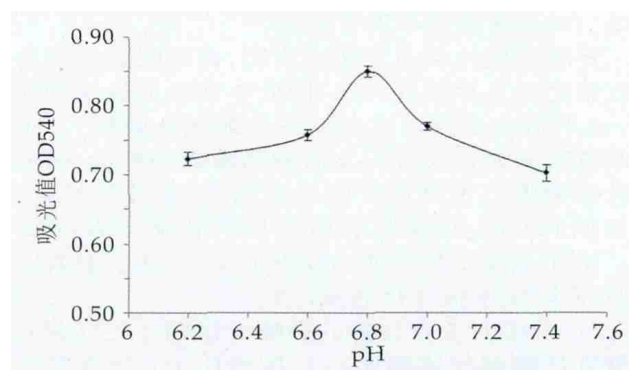


图5 初始pH值对混合发酵的影响

2.2.4 瑞士乳杆菌与鼠李糖乳杆菌接种比例的影响

两种乳酸菌共同发酵的过程中,其接种比例涉及到每一种菌的生长速度和密度,从而影响整个混合发酵的菌体数量。当瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌的接种体积比分别为1:4,1:2,1:1,2:1,3:1时,发酵后吸光值结果如图6所示。由图6可以看出,当瑞士乳杆菌与鼠李糖乳杆菌的接种比值不断增大时,发酵液吸光值先增大后减小,并且在比值为0.5时达到最大。当接种体积比值为0.25时,发酵液菌体吸光值最小,这是由于此时瑞士乳杆菌数量较少,不能水解出大量寡肽同时供鼠李糖乳杆菌的生长繁殖,此时菌体吸光值最小;当接种体积比值为0.5时,此时瑞士乳杆菌水解的寡肽可供两种乳酸菌的生长繁殖,活菌数量最

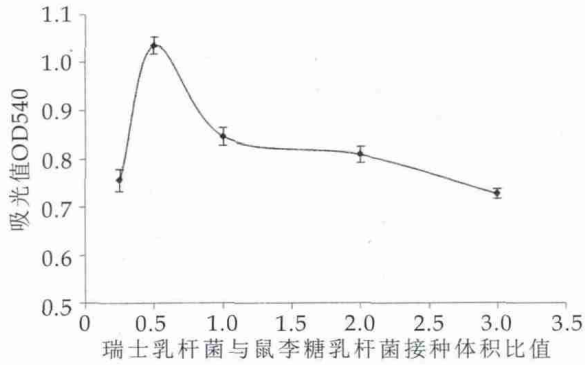


图6 瑞士乳杆菌与鼠李糖乳杆菌接种体积比值对吸光值的影响

多,为 5.2×10^9 cfu/mL;当接种体积比值大于0.5时,活菌数又减少,这是因为加入的瑞士乳杆菌数量明显多于鼠李糖乳杆菌,其利用培养基中营养成分自身大量繁殖,鼠李糖乳杆菌此时处于竞争劣势。

2.2.5 瑞士乳杆菌与鼠李糖乳杆菌接种时间差的影响

当瑞士乳杆菌比鼠李糖乳杆菌接种时间早0, 2, 4, 6, 8 h时,发酵后得到的菌体吸光值结果如图7所示。由图7可以看出,当瑞士乳杆菌按不同时间差接种时,发酵后菌体吸光值先增大后减小。瑞士乳杆菌早接种2 h,发酵后的菌体吸光值最大。这表明,瑞士乳杆菌可在2 h之内,自身生长繁殖的同时并水解出适量寡肽供鼠李糖乳杆菌增殖;当接种时间差减小时,瑞士乳杆菌菌量不足以提供足量的多肽;当接种时间差增大时,瑞士乳杆菌利用培养基中成分大量生长繁殖,鼠李糖乳杆菌接种时已营养匮乏,不足以维持其生长繁殖,处于竞争劣势。故瑞士乳杆菌比鼠李糖乳杆菌早接种2 h,可使发酵液中菌体吸光值最大,得到的活菌数目最多为 6.9×10^9 mL⁻¹。

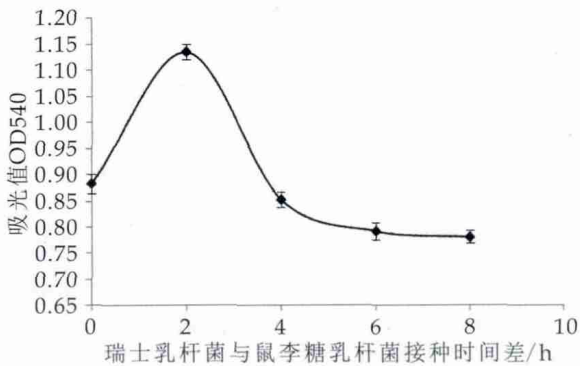


图7 瑞士乳杆菌与鼠李糖乳杆菌接种时间差对吸光值的影响

2.3 混合发酵的正交实验结果

L₉(3⁴)正交实验的结果与极差分析如表2和表3所示。由瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌混合发酵的正交实验结果及方差分析结果可以看出,各因素对发酵液吸光值的影响顺序是A>B>C>D;最优的发酵条件为A₂B₂C₃D₂。

极差分析结果表明,因素A(温度)对发酵结果影响最大,其次是因素B(接种体积比)的影响较明显,因素D(pH)的影响最小。因此瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌混合发酵的过程中要严格控制发酵温度及接种体积比。即瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌高活菌数混

合发酵的最优条件为:温度37℃,瑞士乳杆菌与鼠李糖乳杆菌的接种体积比1:2,瑞士乳杆菌先接种3 h,培养基初始pH值6.8,接种量6%。静置发酵24 h后,得到的混合活菌数为 7.2×10^9 cfu/mL。

表2 正交实验设计与直观分析

水平	因素				OD ₅₄₀
	A(温度)/℃	B(接种体积比)	C(接种时间差)/h	D(pH值)	
1	1	1	1	1	0.745
2	1	2	2	2	0.787
3	1	3	3	3	0.736
4	2	1	2	3	0.876
5	2	2	3	1	1.013
6	2	3	1	2	0.924
7	3	1	3	2	0.837
8	3	2	1	3	0.811
9	3	3	2	1	0.721
K ₁	0.758	0.810	0.827	0.826	
K ₂	0.938	0.879	0.745	0.849	
K ₃	0.790	0.794	0.862	0.808	
R	0.182	0.176	0.167	0.041	

表3 正交实验方差分析表

因素	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性
A	0.031	2	2.340	4.460	
B	0.009	2	1.679	4.460	
C	0.006	2	1.453	4.460	
D	0.007	2	0.528	4.460	
误差	0.05	8			

3 结论

本实验研究了温度、接种量、pH、接种体积比、接种时间差对瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌混合发酵体系中活菌数的影响。实验结果表明,将这两种菌混合发酵,来提高发酵液中活菌数目是可行的,比它们分别单独发酵得到的活菌数多。不同于发酵培养基的优化,将瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌混合发酵,利用菌体代谢差异来充分利用培养基中营养成分,此优化结果可应用于所有适合乳酸菌生长的培养基中。瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌高活菌数混合发酵的最优条件为:发酵温度37℃,初始pH=6.8,接种量6%,瑞士乳杆菌:鼠李糖乳杆菌=1:2,瑞士乳杆菌优先接种3小时。最终得到乳酸菌总活菌数为 7.2×10^9 mL⁻¹。与相同条件下单独发酵的瑞士乳杆菌和鼠李糖乳杆菌相比,活菌数分别提高了1.8倍和10.2倍。

参考文献:

- [1] 刘成国,易文芝,周辉.高活菌数复合益生菌发酵乳工艺优化[J].农业工程学报,2013,29(13):286-295.
- [2] 朱丽云,张拥金,高永生,等.货架期内酸乳益生菌菌数与酸度变化研究[J].中国乳品工业,2011,39(6):34-36.
- [3] 钟日聪,徐春后,包丽华,等.鼠李糖乳杆菌和啤酒酵母共生发酵条件的优化[J].饲料工业,2007,28(18):28-33.

(下转第19页)

众多研究表明,乳酸菌能清除人体多余的自由基,具有抗氧化、抗衰老的功效,其抗氧化物质主要是酶类及其他代谢产物,这些产物在乳酸菌细胞内外的分布有差别^[4,6],与其有氧和厌氧的生长环境也相关^[11]。因此在有氧与厌氧环境下分别培养此干酪乳杆菌,对其发酵上清液和胞内提取物分别进行抗氧化能力检测,结果表明厌氧依然有利于干酪乳杆菌抗氧化作用的发挥,其对·OH及ROO·的清除发酵上清液强于胞内提取物,而对O₂-·的清除胞内提取物则更优。氧气对于·OH清除的影响最大,若干酪乳杆菌在生产 and 保存过程中尽量处于无氧状态,就能分泌更多的胞外多糖和乳蛋白肽等抗氧化产物进入酸奶,增强其益生作用。

抑菌试验表明,此株干酪乳杆菌对常见的肠道致病菌具有良好抑制作用,其上清液对大肠杆菌和沙门氏菌的最低抑菌浓度(MIC)为10⁵ mL⁻¹,而对金黄色葡萄球菌MIC为10⁴ mL⁻¹,对金黄色葡萄球菌抑制效果最好。同样,厌氧培养的抑菌效果要远大于有氧培养。乳酸菌产生的抑菌物质主要为有机酸和抑菌素等,如果产品尽量保证无氧状态,干酪乳杆菌就能更多地产生这些物质,随饮用直接进入人体,同时也显示,在肠道的厌氧环境中,干酪乳杆菌能最大限度地发挥其抑菌作用。

参考文献:

- [1] 杨霞,陈陆,杜魏红,等.郑州部分市售酸奶中乳酸菌的分离鉴定与益生特性的研究[J].中国微生态学杂志,2011,23(2):117-121.
- [2] 辛羚,郭本恒,吴正钧.3株乳杆菌在模拟消化环境中存活性能的研究[J].中国乳品工业,2005,33(5):15-17.
- [3] 孙艳波,酸奶用乳酸菌的人工消化耐受性研究[J].中国乳品工业:2005,33(9):30-31.
- [4] 周晓莹,陈晓琳.乳酸菌的益生作用及其应用研究进展[J].中国微生态学杂志,2011,23(10):846-949.
- [5] 中华人民共和国国家标准 GB 4789.35—2010.
- [6] 刘洋,郭宇星,潘道东.4种乳酸菌体外抗氧化能力的比较研究[J].食品科学,2012,33(11):25-29.
- [7] 陈晓刚,刘爱文,陈忻,等.芝麻蛋白酶解液的抗氧化性能[J].食品科学,2010,31(21):85-86.
- [8] 牛慧慧,马美湖,杨昆.蛋清肽的抗氧化稳定性与功能特性[J].食品科学,2011,32(15):139-143.
- [9] 呼慧娟,范小燕,周琳,等.不同氧需求特性菌株在模拟肠道厌氧条件下的增殖[J].饲料工业,2011,32(20):38-41.
- [10] SAKAMOTO M, KOMAGATA K. Aerobic growth and activities of NADH oxidase and NADH peroxidase in lactic acid bacteria[J]. J Ferment Bioeng, 1996, 82: 210-216.
- [11] 张莉.乳杆菌的有氧代谢与枯草芽孢杆菌益生作用机制研究[D].山东:山东大学,2012.
- [12] 周原良.血红素和维生素K2对有氧培养干酪乳杆菌生长和代谢的影响[D].黑龙江:东北农业大学,2011.
- [13] 胡晓丽,孙进,乐国伟,等.抗氧化乳酸菌在体外结肠环境清除羟自由基的研究[J].中国微生态学杂志,2009,121(16):488-492.
- [14] 梅秀明,潘道东.乳酸菌胞外多糖的纯化及对小鼠血清和肝组织抗氧化性的影响[J].食品科学,2009,30(7):220-224.
- [15] 杨亚军,赵峻岭,褚洪标.乳酸菌发酵乳酶解液抗氧化作用的研究[J].中国乳品工业,2010,38(10):15-17.
- [16] 熊骏,韩瑞娜,张忠华,等.豆豉中高效抑菌活性乳酸菌的筛选及其抑菌研究[J].中国微生态学杂志,2011,23(6):485-489.
- [17] 陈静,朱强,朱明.泡菜中乳酸菌的分离及其发酵液抑菌活性研究[J].安徽农业科学,2011,39(3):1501-1504.
- [8] 陈宇强,曾敏,潘丽媚.鼠李糖乳杆菌生物学特性及功能特性研究进展[J].科技信息,357.
- [9] 魏华,徐峰,徐玉琴.鼠李糖乳杆菌的生物学特性及发酵性能研究[J].食品与发酵工业,2001,27(9):11-15.
- [10] YU W L, YU C M. Antihepatocarcinoma activity of lactic acid bacteria fermented panax notoginseng[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58: 8528-8534.

(上接第15页)

- [4] 艾连中,何楚莹,徐致远,等.干酪乳杆菌货架期存活性影响因素的研究[J].食品与发酵工业,2010:36-39.
- [5] 赵宏飞.乳糖对瑞士乳杆菌生长代谢影响及高密度培养研究[D].北京林业大学,2014.
- [6] 吴光伟.工业化条件下生产鼠李糖乳杆菌(ATTC53103)高密度冻干菌粉的研究.东北农业大学,2009.
- [7] 白凤翎,张柏林,赵宏飞.乳酸菌蛋白代谢研究进展[J].食品科学,31(19):381-384.