

新疆传统发酵酸驼乳优势乳酸菌粘附性质 及益生特性研究

Study on cell adhesion and probiotic characteristics of dominant lactic acid bacteria in traditional fermented camel milk-shubat

努丽艳·阿不都米力克 沙吉坦穆·克依斯尔

Nuliyān Abudumilike Sajitanmu Keyisier

阿依古扎·依布拉音 努尔古丽·热合曼

Ayiguzha Yibulayin Nuerguli Reheman

(新疆师范大学生命科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

(College of Life Science, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

摘要:以从新疆传统发酵酸驼乳优势乳酸菌中筛选出的 4 株经初步鉴定能耐酸耐胆盐的乳酸菌菌株为研究对象,选取人体肠上皮细胞株 Caco-2,采用显微观察和平板计数的方法研究这 4 株菌对细胞的粘附性质;采用高效液相色谱法进行体外降胆固醇能力研究;并研究了 4 株乳酸菌对指示菌的抑菌能力。结果显示,Le2-1 (*Leuconostoc lactis* strain)、M4-3-2 (*Enterococcus* sp.)、M3-1 (*Enterococcus faecium* strain)、M3-3 (*Lactobacillus brevis* strain) 都具有较强的粘附能力,其中 M3-1 的粘附能力最强。4 种菌株体外胆固醇降解率在 28%~41%(M4-3-2 的降解率达到 40% 以上),并且对指示菌都具有较强的抑菌活性。

关键词:乳酸菌;粘附性质;降胆固醇;酸驼乳;抑菌能力

Abstract: Adopting alternative culture 4 bacteria trains among the superior bacteria were screened from Xinjiang camel acid-milk. Identified as lactic acid bacteria, and own high ability of resistance to acid and salt. The adhesive ability of the strains to cell line Caco-2 was tested via morphological observation and cell counting under microscope. The amount of cholesterol assimilated by the bacteria was measured by high performance liquid chromatography (HPLC). As results, Le2-1 (*Leuconostoc lactis* strain), M4-3-2 (*Enterococcus* sp.), M3-1 (*Enterococcus faecium* strain), M3-3 (*Lactobacillus*

brevis strain) were adhesive to Caco-2. M3-1 was the most adhesive strain among the four tested strains. The cholesterol assimilated range from 28%~41%, M4-3-2 which Assimilated more than 40% Cholesterol from culture medium. The antibacterial capacities of 4 strains were studied. The result showed that the metabolins of 4 strains were of obvious antibacterial activity.

Keywords: lactic acid bacteria; cell adhesion; cholesterol-reducing; shubat; antibacterial ability

舒巴特(shubat)是一种新疆特有的传统发酵酸驼乳,被作为一种民族药物。有研究^[1-2]发现,酸驼乳对心血管疾病、糖尿病、肺结核有治疗效果,并具有抗炎作用,可能与酸驼乳中的益生菌有关。20 世纪 70 年代,研究人员^[3]发现乳酸菌具有降低人体血清胆固醇的作用。1983 年 Bazzare 提出降低人类血清中的胆固醇最为安全的方式是摄入益生菌^[4-5],而乳酸菌发挥其益生功效的先决条件是它对胃黏膜的粘附能力^[6]。聂小苗等^[7]分离了酸驼乳中的乳酸菌,并对菌种进行糖发酵试验与生物化学鉴定。努尔古丽·热合曼^{[8]35-36}对酸驼乳发酵过程中的优势菌进行分离鉴定研究,确定了酸驼乳发酵过程中的优势菌。朱晓莹等^[9]对新疆酸驼乳中优势乳酸菌的胃肠道耐受性进行了研究。但目前对于酸驼乳中的优势乳酸菌的肠道细胞粘附能力、降胆固醇能力及抑菌作用的研究尚未进行。本试验拟通过对酸驼乳中耐酸耐胆盐能力较强的 4 株菌的肠道细胞粘附特性、降胆固醇能力及抑菌作用的研究,希望筛选到肠道细胞粘附能力和降胆固醇能力较高,抑菌能力较强的乳酸菌,为发酵乳制品的开发与应用提供优良的益生菌资源。

基金项目:国家自然科学基金地区基金项目(编号:31160333)

作者简介:努丽艳·阿不都米力克,女,新疆师范大学在读硕士研究生。

通讯作者:努尔古丽·热合曼(1972-),女,新疆师范大学副教授,博士。E-mail: nurgulum@163.com

收稿日期:2016-01-15

1 材料与方法

1.1 菌种和细胞

菌种:Le2-1(*Leuconostoc lactis strain*)、M4-3-2(*Enterococcus sp.*)、M3-1(*Enterococcus faecium strain*)、M3-3(*Lactobacillus brevis strain*),本实验室从传统发酵驼乳样品中分离得到;

指示菌:金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus* CCTCC AB 53154)、大肠杆菌(*E. coli* CCTCC AB 93154)、变形杆菌(*proteus* CCTCC AB 91103)、白色念珠菌(*Candida albicans* CCTCC AF 206001),新疆师范大学生命科学学院微生物学实验室;

人结肠瘤腺细胞系 Caco-2 细胞株:武汉博士德生物工程有限公司。

1.2 培养基与试剂

1.2.1 培养基

MRS培养基(1 000 mL):蛋白胨 10 g,牛肉膏 10 g,酵母膏 5 g,葡萄糖 20 g, K_2HPO_4 2 g,乙酸钠 5 g,柠檬酸二铵 2 g, $MgSO_4$ 0.28 g, $MnSO_4$ 0.18 g,吐温 80 1 mL,121 °C 灭菌 15 min,用于培养乳酸菌;

牛肉膏培养基(1 000 mL):蛋白胨 3 g,牛肉膏 10 g,NaCl 5 g,琼脂 15 g,调整 pH 至 7.4~7.6,用于培养指示菌;

高胆固醇胶束培养基:参考李妮^[10]的方法进行改良,胆固醇 0.1 g,牛胆盐 0.2 g,蔗糖酯 0.1 g,吐温 80 1 mL,搅匀,再加入 5 mL 冰醋酸,60 °C 水浴溶解,超声波处理 15 min,趁热用 0.45 mm 滤膜过滤,加入到 1 L 的高压灭菌的 MRS 液体培养基中,得到约含 0.1 mg/mL 胆固醇的 MRS 培养基,调整 pH 至 6~7;

DMEM(dulbecco modified Eagle medium)完全培养液:88% DMEM 培养液、10%胎牛血清、1%链霉素、1%青霉素;

DMEM 不完全培养液:90% DMEM 培养液、10%胎牛血清。

1.2.2 主要试剂

DMEM 培养液、0.25%胰酶—EDTA:美国 Gibco 公司;

胎牛血清:生化试剂,美国 GE Hyclone 公司;

胆固醇($\geq 99\%$):色谱纯,美国 Sigma 公司;

牛胆盐:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

胆固醇标准品(100 $\mu\text{g/mL}$):根据文献^[11],精确称取 0.005 g 胆固醇(色谱醇)对照品,置于 50 mL 容量瓶中,用色谱甲醇溶解并定容至 50 mL,震荡摇匀后放置于冰箱(4 °C)作为标准品储备液。

1.3 仪器与设备

电热恒温培养箱:LRH-250 型,上海一恒科技有限公司;

CO_2 细胞培养箱:ULTIMA 型,英国 Ruskin 公司;

高效液相色谱:1200 型,安捷伦科技有限公司;

显微镜:BX60 型,日本 Olympus 公司;

台式冷冻高速离心机:2-16P 型,美国 Sigma 公司;

牛津杯:内径 6 mm,外径 8 mm,高 10 mm,上海鲁硕实业有限公司。

1.4 粘附试验

1.4.1 菌株的活化及菌悬液的制备 将甘油保存的试验菌株用 MRS 液态培养基连续活化三代之后用无菌 PBS 缓冲液洗涤菌体,并调整细菌浓度为 5×10^8 CFU/mL^[12]。

1.4.2 细胞培养 Caco-2 细胞于 DMEM 完全培养液,37 °C,5% CO_2 —95% 空气的二氧化碳培养箱中恒温培养,2 d 传代一次^[12-13]。

1.4.3 粘附观察 将培养好的细胞用 DMEM 完全培养液调整至 5×10^5 个/mL,取 0.5 mL 于盖玻片上,将盖玻片置于细胞培养皿中于 5% CO_2 —95% 空气的二氧化碳培养箱中孵育至细胞贴壁,再补充培养液继续培养使细胞长到单层;吸出旧的细胞培养液,将细胞用无菌 PBS 洗 1 次,培养皿中加入 1 mL 菌悬液(5×10^8 CFU/mL)与 1 mL DMEM 不完全培养液的混合液,细胞与细菌共同培养 2 h^[14]^[15]^[14]。将盖玻片用无菌 PBS 洗 3 次以除去未粘附的细菌,用 0.4% 多聚甲醛固定 30 min 后,自然条件下晾干,革兰氏染色后显微镜下观察乳酸菌的粘附情况,拍照。

1.4.4 粘附计数 细菌细胞的处理同上步骤,吸入 4 mL 细胞悬液在 35 mm \times 10 mm 细胞培养皿中,不放置盖玻片,细菌与细胞共同孵育 2 h 后用无菌 PBS 洗去未粘附的细胞,之后用 1 mL 胰酶—EDTA 将细胞消化,将混合物转移到试管中,经连续稀释后,平板菌落计数^[16-17]。每个试验做 3 个平行。

1.5 HPLC 法测定乳酸菌的降解胆固醇能力

1.5.1 色谱条件 色谱柱: C_{18} (4.6 mm \times 150 mm,0.5 μm) 色谱柱;柱温:35 °C;流动相:甲醇;流速:1 mL/min;波长:206 nm;进样量:20 μL 。

1.5.2 HPLC 法绘制标准曲线 准确吸取胆固醇储备液 0.0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0 mL,用甲醇定容至 1 mL。使标准溶液的浓度分别为 0,20,40,60,80,100 $\mu\text{g/mL}$,再进行 HPLC 测定。绘制标准曲线^[18]。

1.5.3 降胆固醇能力测定 将菌株接种于 MRS 液态培养基中连续活化三代,之后将待测菌液按 2% (V/V) 接种量接种于胆固醇含量为 0.1 g/L 的高胆固醇胶束培养基中,37 °C 培养 24 h。将菌液离心 10 min(8 000 r/min,4 °C),上清液作为待测液用于测定胆固醇含量,总胆固醇的提取参考张汝娇等^[18]的方法,对照组为未接种的高胆固醇胶束培养基,每个试验做 3 个平行。胆固醇降解率按式(1)计算:

$$P = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

P ——胆固醇降解率,%;

A_0 ——对照组高胆固醇胶束培养基中胆固醇浓度, $\mu\text{g/mL}$;

A ——待测发酵上清液中胆固醇质量浓度, $\mu\text{g/mL}$ 。

1.6 抑菌试验

1.6.1 检测平板的制备 在直径为 9 cm 的培养皿中,加入 20 mL 的固体培养基,待凝固后使培养基中的水分干燥透彻。取 200 μL 的指示菌悬液在平板上均匀涂布。此时的

平板立刻用于抑菌试验。

1.6.2 加入益生菌发酵液 将 3 只牛津杯均匀地放在 1.6.1 中的已涂布了指示菌的平板上。将菌液离心,获得上清液之后,将上清液用 $0.22 \mu\text{m}$ 过滤器过滤,再吸取过滤除菌之后的上清液 $200 \mu\text{L}$ 至牛津杯中,注意不要将上清液溢出牛津杯^[19-20]。

1.6.3 指示菌的培养 将加入了指示菌的平皿放入 37°C 培养箱中,24 h 之后取出,拍照并测量抑菌圈的大小,每个试验做 3 个平行。

2 结果与分析

2.1 菌株对肠上皮的细胞粘附性

人结肠癌细胞系 Caco-2 细胞是分化程度较高,接近小肠组织的贴壁细胞。由图 1 可知,细菌与细胞共同孵育后,细胞表面有细菌存在,二者的形态与共同孵育前相比没有明显变化,说明乳酸菌能够粘附在细胞表面上。虽程度不同,但 4 株乳酸菌对 Caco-2 细胞均有粘附。

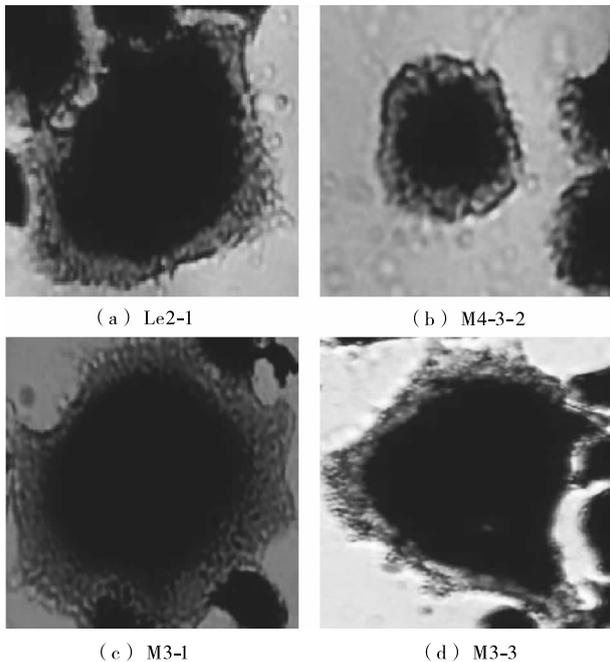


图 1 4 株乳酸菌对 Caco-2 细胞的粘附(革兰氏染色, $\times 400$)
Figure 1 The adhesion of the four lactobacilli on Caco-2 cells(Gram's staining, $\times 400$)

粘附计数时 Caco-2 细胞的浓度调整至 5×10^5 个/mL。当在细胞培养皿中加入 4 mL 细胞悬液时,培养皿中细胞的个数为 2×10^6 个,当细胞长至单层后加入 1 mL 浓度为 5.0×10^8 CFU/mL 菌悬液时,细菌细胞比约为 250 : 1。M3-1 的粘附数量与其他 3 株菌的粘附数差距明显,平均每个细胞上粘附的细胞数为 (64.50 ± 10.22) CFU/细胞。L2-1 与 M3-3 的粘附数量差别较小,分别为 (41.67 ± 6.24) CFU/细胞和 (37.50 ± 6.12) CFU/细胞,而 M4-3-2 的粘附数量为 (29.17 ± 3.12) CFU/细胞(见图 2)。

粘附试验采用了显微观察和平板计数相结合的方法研究了 4 株乳酸菌对肠道上皮细胞的粘附,显微观察法可以直

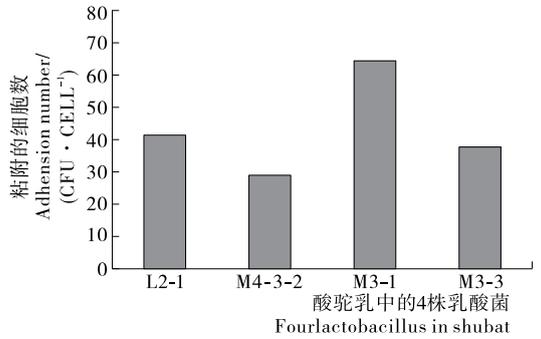


图 2 乳酸菌对 Caco-2 细胞的粘附数量比较

Figure 2 The comparison of the adhesive ability of four lactobacillus strains on Caco-2 cells

观定性地观察乳酸菌对细胞粘附的趋势,平板计数法更侧重于乳酸菌对细胞粘附的量。从结果中可以看出试验菌株对细胞都具有良好的粘附能力,这更有益于它们在体内发挥益生功效。虽然都具粘附能力,但粘附数量之间存在明显差距,有研究^{[15]18-19[21-22]}报道,乳酸菌的粘附能力与其细胞壁的组成、表面疏水性、自凝聚能力及是否能分泌特异性粘附素有关。本试验结果更进一步地表明了乳酸菌对肠上皮细胞的粘附具有菌株特异性。

2.2 菌株的降胆固醇能力

2.2.1 HPLC 法胆固醇标准曲线的建立 由图 3 可知,在 1.5.1 的色谱条件下,胆固醇的保留时间为 11.063 min,分离效果较好,经过多次重复试验,保留时间在 ± 0.1 s 均代表同一物质。由图 4 可知,胆固醇浓度在 $0 \sim 100 \mu\text{g}/\text{mL}$ 的范围内呈良好的线性关系,回归方程为 $y = 11.10x - 3.75$,相关系数 R^2 为 0.999 4。

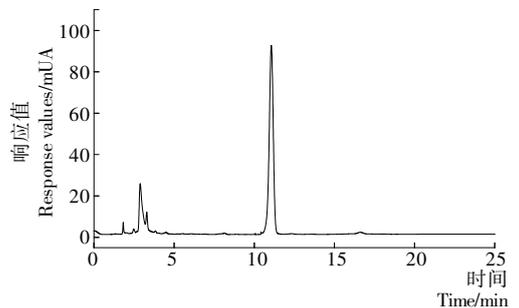


图 3 胆固醇标品的 HPLC 分离图

Figure 3 Chromatogram of standard solution of cholesterol

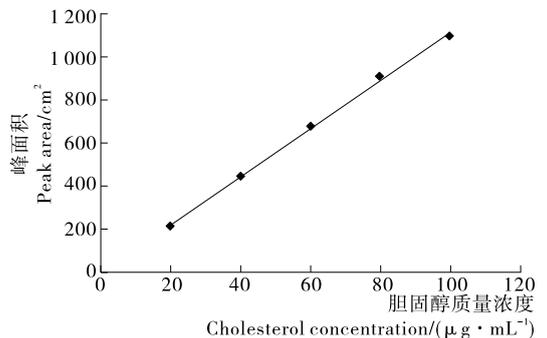


图 4 胆固醇标品的 HPLC 标准曲线图

Figure 4 Standard curve of cholesterol measured by HPLC

2.2.2 胆固醇降解率 由表1可知,4株乳酸菌对胆固醇都具有降解能力,对照组中胆固醇浓度为47.30 μg/mL,试验中不同菌株除去胆固醇的量在13.2~19.6 μg/mL (28%~41%),其中,M4-3-2可使胆固醇的降解率达到40%以上。

表1 菌株对胆固醇降解率

Table 1 The result of degradation rate of cholestrol ($n=3$)

菌株代号	降胆固醇量/(μg·mL ⁻¹)	降解率/%
L2-1	14.35±2.60	31.00±5.44
M4-3-2	19.57±1.52	41.00±3.34
M3-1	14.98±0.46	32.00±0.82
M3-3	13.27±0.60	28.00±1.25

试验结果表明,4株乳酸菌对胆固醇的降解能力表现出差异性。也有学者发现,不同的乳酸菌菌株对胆固醇的降解作用不同^[23];一定浓度胆盐可促使乳酸菌更好地吸收胆固醇^[24]。因此,筛选益生菌的标准之一就是看其是否耐受一定浓度的胆盐。本试验中的对象菌株已经被朱晓莹等^[9]证实具有较强的耐酸耐胆盐能力,这也是其具有较好的降胆固醇能力的原因。对于不同乳酸菌降胆固醇机理,近年来各学者进行了较多的研究^[25-26],主要集中在吸收同化理论、共沉淀理论和其他理论。本试验中的4株乳酸菌对胆固醇的降解能力基于哪种机制还有待进一步研究。

2.3 乳酸菌的抑菌能力

由表2可知,4株乳酸菌对指示菌都具有较强的抑菌能力,其中L2-1对白色念珠菌的抑菌能力最强,M4-3-2对金黄色葡萄球菌的抑菌能力最强,M3-1对变形杆菌和大肠杆菌的抑菌能力最强,M3-3也同样是对大肠杆菌的抑菌能力最强。

金黄色葡萄球菌、变形杆菌、大肠杆菌、白色念珠菌不但是人体肠道及呼吸道中存在的主要的致病菌,且它们分别是革兰阳性菌和革兰阴性菌和真菌的代表,因此,试验采用其作为抑菌活性检测的指示菌。从试验结果中可以看出,4株乳酸菌产生的乳酸菌素不仅对革兰氏阳性菌金黄色葡萄球菌的生长有抑制作用,而且对作为革兰氏阴性菌的大肠杆菌、变形杆菌,作为真菌的白色念珠菌都有抑制作用。由此可知,4株乳酸菌产生的乳酸菌素在生物防腐剂和药用开发方面具有潜在的应用价值。

表2 乳酸菌代谢产物的抑菌活性抑菌圈直径

Table 2 Antibacterial activity of metabolites from lactic acid bacteria ($n=3$) mm

菌株	金黄色葡萄球菌	变形杆菌	大肠杆菌	白色念珠菌
L2-1	24.7±1.25	20.3±0.47	24.3±0.47	25.3±0.47
M4-3-2	24.3±1.70	19.3±0.47	20.7±1.26	22.3±1.70
M3-1	20.3±0.47	23.3±1.25	23.3±1.25	21.7±0.47
M3-3	19.3±0.47	18.7±0.47	21.4±1.61	16.3±1.25

3 讨论

本试验采用体外模型的方法研究了酸驼乳中的4株乳酸菌的肠上皮细胞粘附能力和降胆固醇能力。结果表明,受试4株菌L2-1、M4-3-2、M3-1、M3-3都具有较强的粘附能力。与文献^[27]报道的粘附数为(16.11±1.57) CFU/细胞的鼠李糖乳杆菌LGG菌,粘附数为(28.43±1.65) CFU/细胞的ST-III植物乳杆菌,粘附数为(495.07±80.03) CFU/100细胞的罗伊氏乳杆菌JCM1081的相比,本试验从新疆骆驼酸乳中分离的优势乳酸菌的细胞粘附能力较高,其中M3-1的粘附能力最高,达到(64.50±10.22) CFU/细胞,菌株粘附的作用机制需要今后更深入地研究。

体外降胆固醇试验中,受试菌株的降胆固醇率在28%~41%,M4-3-2能使培养基中的胆固醇降低40%以上,在目前的文献报道中,降解率达到40%以上的菌株的报道^[28]较少见,由此得出,M4-3-2的胆固醇降解能力较强,具有较好的应用前景。

与文献^[29]报道的从酸乳中分离得到的4株乳酸菌的抑菌能力相比,本试验从新疆骆驼酸乳中分离的4株优势乳酸菌的细胞的抑菌能力较强。来源于微生物的生物防腐剂是由微生物代谢产生的抗菌物质,其中主要包括一些有机酸、多肽或前体肽^[30]。对于本试验当中的受试菌株代谢产生的抗菌物质的生物特性还有待进一步研究。

4 结论

血清中过高的胆固醇含量被认为是引发各种心血管疾病的首要因素^[31]。作为传统的发酵饮料的酸驼乳,对心血管疾病有一定的疗效,并蕴藏着对人体有益生作用的微生物资源,其中包括乳酸菌^[8]。本试验中酸驼乳的4株优势乳酸菌作为受试菌株均具有较好的粘附能力、降胆固醇能力及抑菌作用,具有作为益生菌的良好潜质和应用前景。

参考文献

- [1] 努尔古丽·热合曼,陈晓红,董明盛.新疆酸驼乳微生物种群结构的PCR-DGGE分析[J].食品科学,2010,31(11):136-140.
- [2] 武运,李远,张晓燕,等.新疆酸驼乳中细菌素乳酸菌的筛选及其抑菌性[J].食品与机械,2011,27(3):25-28.
- [3] 刘奕琼,张灏,田丰伟.微生物降胆固醇作用研究进展[J].食品与机械,2003(1):6-9.
- [4] 石超.传统发酵牦牛酸奶中降胆固醇乳酸菌的筛选及其对高脂模型大鼠的益生作用[D].兰州:兰州大学,2014:10-11.
- [5] Bazarre T L, Wu S M L, Yuhas J A. Total and HDL-cholesterol concentrations following yogurt and calcium supplementation [J]. Nutrition Reports International, 1983, 28(6): 1 225-1 232.
- [6] 周方方,郭本恒,吴正钧,等.干酪乳杆菌LC2W对两种不同胃癌细胞的黏附作用[J].中国乳品工业,2007,35(8):15-30.
- [7] 聂小苗,巴吐尔·阿布都克热木,陈志刚.新疆传统发酵酸驼乳中乳酸菌的分离和鉴定[J].食品研究与开发,2008,29(4):53-55.
- [8] 努尔古丽·热合曼.新疆酸驼乳中微生物种群结构的分子解析

- 及优势菌群的分离与鉴定[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [9] 朱晓莹, 买日艳姆古丽, 古丽苏木·托呼逊, 等. 酸乳中优势乳酸菌的胃肠道耐受特性研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(12): 183-186.
- [10] 李呢. 降胆固醇乳酸菌的筛选及其降解机理研究[D]. 厦门: 集美大学, 2012: 16-17.
- [11] 张琪, 张昊, 关宏, 等. HPLC 法测定双歧杆菌培养液中降胆固醇含量及评价[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2015, 36(5): 75-706.
- [12] 王志锋, 周雨霞, 侯先志, 等. 乳酸菌对人结肠癌细胞系 HT-29 的黏附[J]. 乳业科学与技术, 2005(4): 149-163.
- [13] 李平兰, 杨华, 张篔. 乳酸菌体外粘附人结肠腺癌细胞系 HT-29 细胞的研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(1): 19-22.
- [14] 陈臣, 郭本恒, 陈卫, 等. 三株益生菌粘附性质及机制的初步研究[J]. 中国微生态学杂志, 2007, 19(6): 492-495.
- [15] 陈臣. 植物乳杆菌 ST-III 粘附肠上皮样细胞系 Caco-2 性质及机理的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [16] Senaka Ranadheera C, Evans C A, Adams M C, et al. In vitro analysis of gastrointestinal tolerance and intestinal cell adhesion of probiotics in goat's milk ice cream and yogurt[J]. Food Research International, 2012, 49(2): 619-625.
- [17] Ranadheera C S, Evans C A, Adams M C, et al. Effect of dairy probiotic combinations on in vitro gastrointestinal tolerance, intestinal epithelial cell adhesion and cytokine secretion[J]. Journal of Functional Foods, 2014, 8(1): 18-25.
- [18] 张汝娇, 何腊平, 李翠芹, 等. 邻苯二甲酸法(OPA)与高效液相色谱法(HPLC)测定降胆固醇的双歧杆菌的对比[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(7): 177-181.
- [19] 刘冬梅, 李理, 杨晓泉, 等. 用牛津杯法测定益生菌的抑菌活力[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(3): 110-111.
- [20] 于娜, 陈忠军. 具有抑菌作用乳酸菌的筛选及其抑菌物质特性的研究[J]. 食品科技, 2011, 35(5): 13-17.
- [21] 陈臣, 周方方, 吴正钧, 等. 荧光标记法初探植物乳杆菌 ST-III 对 Caco-2 细胞的粘附机理[J]. 微生物学通报, 2010, 37(3): 355-361.
- [22] 李妍, 张兰威. 几株乳酸菌益生潜力及降胆固醇的研究[J]. 微生物学通报, 2007, 34(6): 1 146-1 149.
- [23] 蒲博, 张驰翔, 王周, 等. 乳酸菌降胆固醇作用及其机理的研究进展[J]. 中国酿造, 2013, 33(7): 5-9.
- [24] 刷柠, 王晓兰, 李泽. 乳酸菌降胆固醇作用研究现状[J]. 微生物学通报, 2009, 36(1): 125-129.
- [25] 田建军. 高效胆固醇的筛选及其在发酵乳中的应用[D]. 内蒙古: 内蒙古农业大学, 2006: 7-9.
- [26] 张旻. 降胆固醇功能乳杆菌的筛选及降解机理研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2006: 10-13.
- [27] 王斌. 高粘附性能乳杆菌的筛选及其对肠上皮细胞粘附机制的初步研究[D]. 重庆: 第三军医大学, 2005: 23-24.
- [28] 章秀梅, 刘昭明, 黄翠姬, 等. 酸菜汁中乳酸菌的分离鉴定及其体外降胆固醇能力研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(11): 30-34.
- [29] 王则臻, 陈朝晖, 李敏杰. 乳酸菌的抑菌作用及其发酵性能研究[J]. 食品科技, 2012, 37(1): 2-5.
- [30] 曾锋, 张立彦, 曾庆孝. 微生物对食品防腐剂的抗药性研究进展[J]. 食品与机械, 2003(2): 51-53.
- [31] 居华, 刘书亮, 敖灵, 等. 降胆固醇乳酸菌的筛选、鉴定及生长特性[J]. 中国乳品工业, 2007, 35(8): 7-22.

信息窗

吃素或有助维持现有森林保有量

科技日报北京 4 月 19 日电 (记者王小龙)如果你是位环保主义者,那么现在你有充分的理由再成为一位素食主义者。19 日发表在《自然-通讯》杂志上的一项研究称,在留住目前所有的森林,不将其开垦为农田的情况下,也有可能喂饱全人类。并且食素者越多,这一目标越容易实现。该研究说明,保证粮食供给与保护森林资源之间并不存在根本矛盾,为今后环保、林业以及农业相关政策的制订提供了依据。

迅速增长的全球人口数量让食品的需求不断增长,提升农业生产效率和扩大作物种植面积是满足这一需求的两种基本手段。然而,如果富含生物多样性的森林被转化成了农业用地,这种农田面积的扩张就极易与环保目标产生冲突。实际上,这也是近年来森林面积缩减的一个重要因素。

正是注意到了这一点,奥地利社会生态学研究院的卡尔-海因茨·欧博和他的研究团队开发出了一系列计算模型,用于探讨在保留当下地球上所有森林的同时,给 2050 年的

世界人口提供足够食物的可能性。他们对农业生物质未来的供给关系进行了 500 种建模,其中的粮食产量、使用面积、人类饮食选择各有不同。结果发现大部分情况下,均可以在不破坏更多林地的前提下,保证足够的粮食供给。

研究发现,如果世界上所有的人口都是完全的素食主义者,500 种模型都可以实现不破坏森林的目标;如果 94% 的人是蛋奶素,那么三分之二的模型可以实现对森林面积的保护;而如果将现在的平均食谱保持下去,同样有三分之二的模型可以保证森林不被破坏;如果所有人都采取多肉的、高热量的西式饮食方式,那么只有 15% 的模型能够不减少森林面积。

研究人员称,该结果意味着存在着多种在保证粮食供给的同时,不破坏森林将其改造为农地的选项。这些选项高度依赖人们的饮食习惯,多吃素少吃肉或许对保护森林资源能有所帮助。

(来源:www.foodmate.net)