

副干酪乳杆菌 HD1.7 群体感应行为

葛菁萍, 房保柱, 苑婷婷, 平文祥*

微生物黑龙江省高校重点实验室 黑龙江大学生命科学学院, 哈尔滨 150080

摘要: 【目的】Paracin1.7 是从副干酪乳杆菌 (*Lactobacillus paracasei*) HD1.7 发酵液中提取的一种细菌素, 本文主要研究菌株 HD1.7 在发酵过程中调控 Paracin1.7 代谢的群体感应机制。【方法】利用杯碟法检测不同生长条件下菌株 HD1.7 培养液的抑菌活性, 通过调整培养基营养成分的多寡, 控制培养液中细胞密度。【结果】菌株 HD1.7 的抑菌活性与其细胞密度密切相关, 只有当细胞密度达到一定的阈值 (OD_{600} 为 0.8, 菌体干重为 0.331 1 g/L) 时, 菌株才能表现抑菌活性; 以发酵上清液作为信号分子, 当添加不同浓度信号分子至低于阈值浓度培养液后, 菌株抑菌活性受到不同程度的影响, 并且在去除信号分子后, 菌株的抑菌活性明显降低。【结论】细菌素 Paracin1.7 是存在于 HD1.7 发酵液中的特殊的群体感应信号分子, 可进行自我诱导。细菌素 Paracin1.7 的抑菌活性受到 HD1.7 群体感应系统的调控。

关键词: 副干酪乳杆菌 HD1.7, 细菌素 Paracin1.7, 群体感应, 菌体密度

中图分类号: Q935 **文献标识码:** A **文章编号:** 0001-6209 (2011) 11-1561-07

在 20 世纪中期, 人们对一种海洋费氏弧菌 (*Vibrio fischeri*) 的发光现象产生了浓厚兴趣, Neelson 等^[1-2] 在 1970 年首次报道了该菌菌体密度与生物发光呈正相关, 之后, Fuqua 等对这种现象给出定义^[3-4]: 当细菌数量达到一定的阈值密度时才能发生的群体调节现象, 称为群体感应 (quorum sensing, QS)。革兰氏阳性细菌会产生并分泌被称为自诱导物 (autoinducers, AIs) 的可溶性小分子, 随着该物质在环境中浓度的增加, 它可以协调基因表达, 进而协调其群体行为, 使单细胞细菌的群体行为具有了某些多细胞生命体的特征^[5-8]。随着研究的深入, 科学家证实了大多数微生物的部分生命过程如菌体发光^[9]、蓝细菌中异形胞分类^[10]、芽胞杆菌

中芽胞形成^[11]、生物膜 (Biofilm) 构建^[12]、抗生素合成^[13]等都受群体感应调节。

在之前的研究中发现, 副干酪乳杆菌 (*Lactobacillus paracasei*) HD1.7 可发酵产生细菌素类物质 Paracin1.7, 该物质具有抑菌谱广等特点, 是一种极具应用潜力的天然防腐剂^[14]。进一步研究发现, Paracin1.7 的生成可能受到菌群密度的调控。但是对于副干酪乳杆菌群体感应的研究在国内尚属空白, 国外也仅见 Nakayama 等^[15] 通过 PCR 方法克隆到了副干酪乳杆菌拟群体感应相关基因 (*prcA*、*prcK* 和 *prcR*), 但对这些基因在群体感应中的具体功能还不清楚。Paracin1.7 产生及产量提高是否受到群体感应的控制还需要明确。因此, 本文通过研

基金项目: 国家自然科学基金 (31070446); 黑龙江省教育厅重点项目 (11551z011); 黑龙江省科技攻关重大项目 (GB05B401); 哈尔滨市科技创新人才研究专项资金项目优秀学科带头人 (RC2010XK002028); 黑龙江大学高层次人才 (创新团队) 支持计划 (Htd2010-17)

* 通信作者。Tel/Fax: +86-451-86609016; E-mail: wshw512@gmail.com

作者简介: 葛菁萍 (1972-), 女, 齐齐哈尔人, 博士, 教授, 主要研究方向微生物分子生物学。Tel: +86-451-86609016, E-mail: gejingping@126.com

收稿日期: 2011-05-20; 修回日期: 2011-07-05

究副干酪乳杆菌 HD1.7 发酵过程中细胞密度及其相应抑菌活性表达的变化趋势,探究副干酪乳杆菌 HD1.7 是否存在群体感应,并分析该群体感应系统与 Paracin1.7 活性表达的关系。本研究结果不仅可以帮助人们更深入的认识副干酪乳杆菌产生细菌素的机理,还可以为今后该细菌素生产的可控系统构建以及产细菌素条件优化等方面的研究奠定基础。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 菌种: 副干酪乳杆菌 (*Lactobacillus paracasei*) HD1.7, 用作实验菌种; 枯草芽胞杆菌 (*Bacillus subtilis*) 为指示菌,二者均由黑龙江大学微生物重点实验室提供。

1.1.2 培养基:改良 MRS 种子培养基(g/L):大豆蛋白胨 10,牛肉膏 10,酵母提取物 5,葡萄糖 20, K_2HPO_4 2, Na_2SO_3 0.1, NaAc 5, $MgSO_4$ 0.2, $MnSO_4$ 0.05,柠檬酸铵 2,吐温-80 1 mL,水 1000 mL, pH 5.5, 121 °C 灭菌 15 min。

优化的 MRS 发酵培养基^[16] (g/L):工业蛋白胨 30,葡萄糖 6.568 5, K_2HPO_4 1.5, Na_2SO_3 0.2, NaAc 7, $MgSO_4$ 0.454, $MnSO_4$ 0.0105,吐温-80 1 mL,水 1000 mL, pH 5.5, 121 °C 灭菌 15 min。

1.1.3 主要试剂和仪器:胰蛋白酶:100 mg/mL 250 mL,购自 Beyotime 试剂公司;大豆蛋白胨、工业蛋白胨、葡萄糖等均为分析纯试剂均购自天津市科

密欧化学试剂有限公司;Allegra[®]X-45R 高速冷冻离心机购自 Bechman instrument's, INC; Uvmini-4240 紫外可见分光光度计购自岛津国际贸易(上海)有限公司;全自动旋转蒸发器 NE-1001V 购自东京理化器械株式会社;HZQ-QX 全温振荡器购自哈东联电子技术开发公司;TOLEDO FE20 酸度计购自梅特勒-托利多仪器上海有限公司。

1.2 菌体生长及细菌素 Paracin1.7 产生的动态变化过程研究

按照 1% 接种量将菌株 HD1.7 接入到优化的 MRS 发酵培养基中,30 °C 180 r/min 培养 56 h,每隔 2-4 h 取样测定菌体干重及发酵上清液的抑菌能力。将发酵液在 $5031 \times g$ 离心 15 min 即获得发酵上清液,该上清液即为含有 Paracin1.7 的粗制液。抑菌活性检测和效价测定见参考文献 [14]。以发酵时间为横坐标,菌体干重和细菌素效价为纵坐标,绘制菌体生长曲线和细菌素 Paracin1.7 动态变化过程曲线。

1.3 菌株 HD1.7 产抑菌活性物质的密度依赖试验

通过调节培养温度的高低和培养基营养的富寡,设置九种不同培养条件来控制细胞密度。按表 1 中所述的条件于 30 °C 180 r/min 振荡培养 72 h,每隔 12 h 分别取样直至菌株培养进入衰亡期结束。测定在不同培养条件不同发酵时间的菌体干重及发酵液的抑菌活性。根据实验结果确定不产生细菌素的培养条件,以此条件做为细菌素生成的低密度培养条件,也就是阈值条件。

表 1 实验设置的 9 种不同培养条件

Table 1 Nine different kinds of culture conditions in this experiment

| Experiment groups | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------------------|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|
| T/°C | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 35 | 35 | 35 |
| Medium (MRS) | 1 | 1/2 | 1/5 | 1 | 1/2 | 1/5 | 1 | 1/2 | 1/5 |

1/2 and 1/5 indicate that the substances amounts in the medium are the 1/2 and 1/5 of the MRS.

1.4 不同浓度及处理后的信号分子对菌株抑菌活性的影响

按照 1% 接种量将菌株 HD1.7 接入到优化的 MRS 发酵培养基中,由于菌体在不同发酵时间上具有不同菌体密度,而信号分子积累会随菌体密度的变化而变化,因此,分别在发酵 0、8、24 和 48 h 取 100 mL 发酵液, $5031 \times g$, 4 °C 离心 15 min 后获得上清液,即为含有不同浓度信号分子的溶液。

将获得的不同菌体密度发酵液上清液调至胰蛋

白酶的最适 pH7.6-8.0,按 1.5 mg/mL 的比例加入胰蛋白酶,37 °C 1 h,沸水浴 3 min,4 °C 保存待用^[17],即为去除信号分子溶液。

在低密度条件下培养副干酪乳杆菌 HD1.7 至对数生长期,分别向培养液中加入 5 mL ($\times 10$ 浓缩)上述不同浓度信号分子溶液、经过酶处理的去除信号分子 ($\times 10$ 浓缩)溶液,继续培养至稳定期,研究细菌素积累量的变化。以未经发酵的培养基作为对照。

2 结果

2.1 菌体生长及产细菌素 Paracin1.7 动态变化过程

结果显示(图1),发酵前24h,细菌素

Paracin1.7的效价随着菌体的大量生长呈现对数趋势上升,说明此时菌体大量产生细菌素。但28h之后细菌素的效价略有下降,而菌体干重相对稳定。因此以24-28h做为菌株产生细菌素的高峰期。

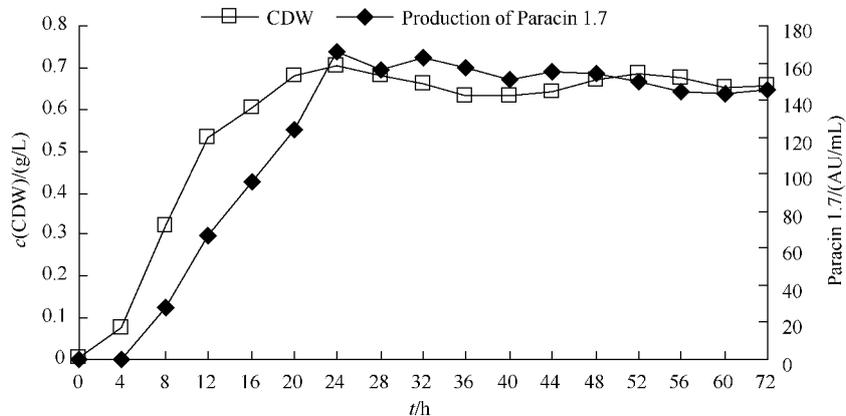


图1 菌株 HD1.7 菌体干重及 Paracin1.7 产量变化曲线

Fig. 1 The cell dried weight (CDW) and the Paracin1.7 production of *Lactobacillus paracasei* 1.7.

2.2 不同培养条件下菌株 HD1.7 的细胞密度与抑菌活性的关系

在不同培养条件下,菌株 HD1.7 的生长情况和抑菌活性不同。从生长情况可以看出(图2-A),温度改变对其菌体密度影响不大,而培养基的富寡是影响菌体生长的主要因素。当以 MRS 培养基进行培养时,发酵液的菌体密度(即 OD_{600} 值)最高、1/2MRS 次之、1/5MRS 最低。利用杯碟法检测这9种培养条件的发酵液中 Paracin1.7 产量发现,在 20 °C、25 °C 和 30 °C 的 1/5 MRS 培养条件下,稳定期时的细胞密度 (OD_{600}) 分别为 0.793 8, 0.739 3 和 0.744 8, 均小于 0.8, 此时其代谢产物均无抑菌活性,这说明副干酪乳杆菌 HD1.7 中 Paracin1.7 的产生及其抑菌活性的大小是依赖于细胞密度的,且抑菌活性所需达到的细胞密度 (OD_{600}) 阈值为 0.8 (菌体干重为 0.331 1 g/L)。由此可以确定副干酪乳杆菌细菌素产生的低密度培养条件为 1/5 MRS 培养基,30 °C 180 r/min 发酵 24 h,此时 Paracin1.7 抑菌活性不表达。另外,由图2-B 可知,Paracin1.7 抑菌活性在一定范围内与发酵液菌体密度成正比。

2.3 Paracin1.7 浓度对菌株抑菌活性的影响

将含有不同浓度信号分子的溶液以及将经过胰酶处理后的含有不同浓度信号分子的溶液加到低密度培养条件下的菌株发酵液进行发酵(图3),可以看出,由图3中1和2可以看出,在添加信号分子和去除信号分子的情况下,菌株菌体干重和抑菌活性差别不大,由此可排除 MRS 发酵培养基对菌体密度和 Paracin1.7 活性的影响;添加 10^6 信号分子对菌株的抑菌活性几乎没有影响,添加 10^7 , 10^8 的信号分子发酵液其 Paracin1.7 抑菌活性比预计的 151.6 AU/mL 和 413.7 AU/mL 有明显提高,细菌素效价分别提高了 10.72% 和 4.21%,说明信号分子对菌株抑菌活性有一定影响。当添加 10^9 浓度的发酵上清液时,理论上其细菌素效价至少是 218.8 AU/mL,实际却只有 94.21 AU/mL。看来,细菌素的产生可能会受到高密度菌体浓度的抑制。另外,当添加不同浓度的经胰蛋白酶处理的信号分子至低密度发酵液后,发酵液的抑菌活性迅速下降,这说明向发酵液中加入一定浓度的信号分子可以启动低密度发酵液中 Paracin1.7 的产生,使菌株具有了抑菌能力,这也说明 Paracin1.7 其本身即为信号分子,可进行自我诱导。

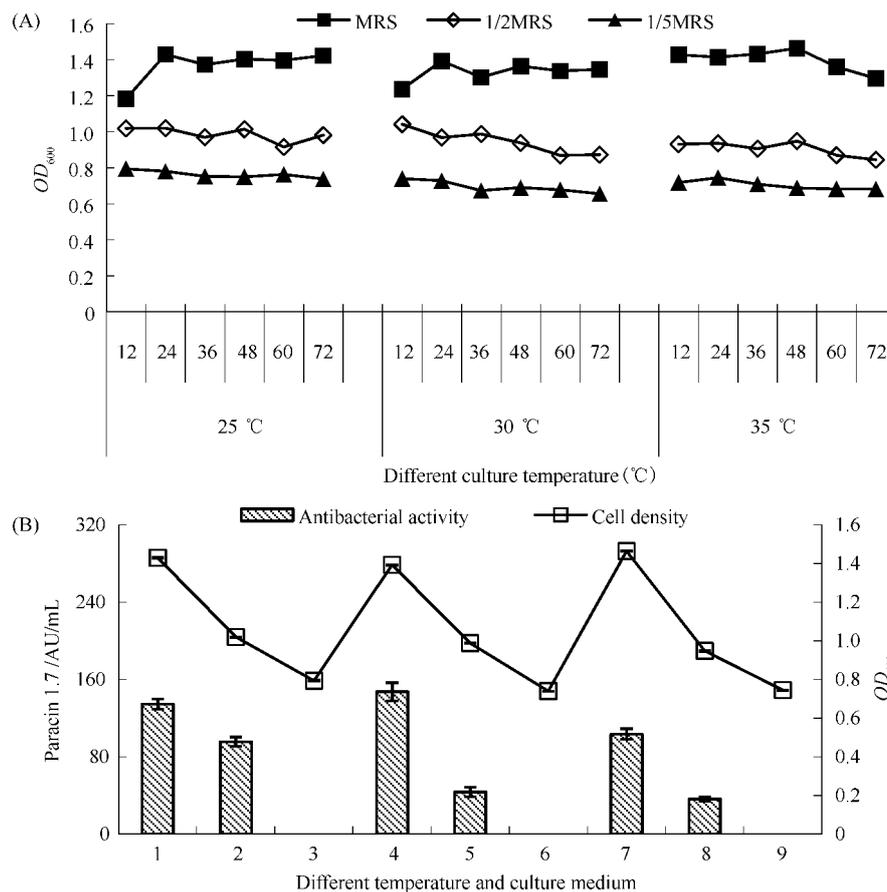


图2 不同培养条件下 HD1.7 细胞密度 (A) 及相应 Paracin1.7 产量的关系 (B)

Fig. 2 The relationship between cell density of HD1.7 (A) and the production of Paracin1.7 (B) under different culture conditions. Figure A was the variation of cell density under different temperature and different concentration of culture medium. Figure B was the relationship between Paracin 1.7 production and cell density under different culture conditions. 1, 2, 3 indicate the results of the Paracin 1.7 production and cell density cultivated under 25°C using MRS, 1/2MRS and 1/5MRS, respectively; 4, 5, 6 indicate the results of the Paracin 1.7 production and cell density cultivated under 30°C using MRS, 1/2MRS and 1/5MRS, respectively; 7, 8, 9 indicate the results of the Paracin 1.7 production and cell density cultivated under 35°C using MRS, 1/2MRS and 1/5MRS, respectively.

3 讨论

近年来研究发现,许多细菌种属都能产生杀死或抑制其它致病微生物的化学物质,被称为“生物调控”^[18]。这种“生物调控”仅仅在细菌群体密度达到一个临界阈值时才会发生,大都是受群体感应机制控制的细胞密度依赖性基因表达^[19]。已有证据显示,种内群体感应在一些微生物产生抑菌次级代谢产物时起着关键作用,包括乳酸菌产生的细菌素^[20], *Pseudomonas fluorescens* NCIMB 代谢产生的抑菌物质 Polyketide^[21], 以及植物软腐病条件致病菌 *Erwinia carotovora* 通过 AHLs 信号控制抗生素 β -lactam carbapenems 的生物合成^[22] 等。此外, Kievit

和 Barnard 等也研究发现,致黄假单胞菌 (*Pseudomonas aureofaciens*), 胡萝卜欧文氏菌 (*Erwinia carotovora*) 中抗生素的产生都受到种内群体感应的调控^[23-24]。

本文通过对不同培养条件的控制,初步断定 Paracin1.7 活性的表达受到副干酪乳杆菌 HD1.7 发酵液的菌体密度影响。当发酵液菌体密度低于阈值时,不表现抑菌活性;向其中加入不同浓度发酵上清液时,Paracin1.7 效价与之成正相关。然而,这种变化只在一定菌体密度范围内 ($< 10^8$) 存在,当菌体密度超过这个范围时 ($> 10^8$),其抑菌活性并不随之增加,甚至抑菌活性会有所降低。这种降低可能是由于细菌素吸附到产生菌细胞表面,引起发酵液中细菌素活性的下降^[17];所以细菌素 Paracin1.7 的

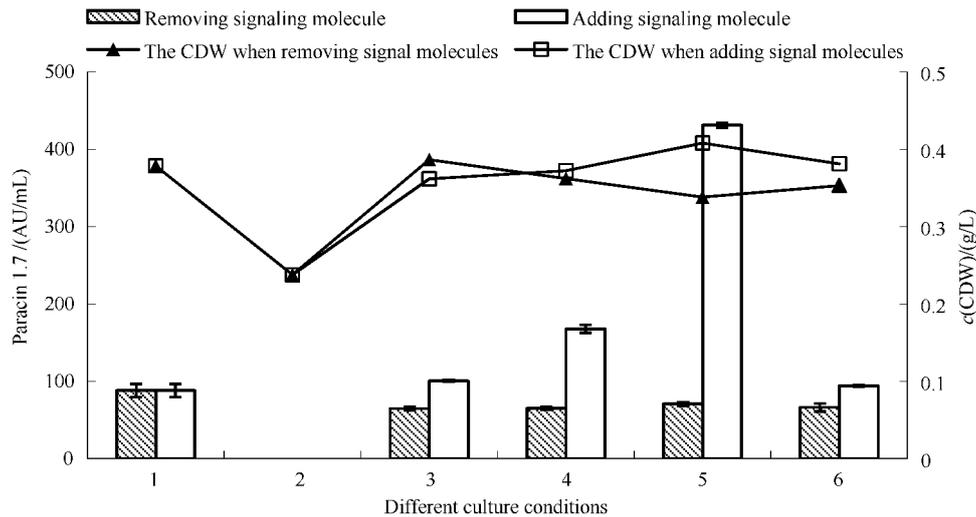


图3 添加与去除信号分子对 Paracin 1.7 抑菌活性影响的比较

Fig. 3 The comparison of antibacterial activities between adding active and inactive signaling molecule. This figure indicates the Paracin 1.7 production after adding active and inactive signaling molecule into the threshold fermentation broth. 1 was the result after adding MRS culture medium into threshold fermentation broth which was used as negative control; 2 was the result after adding 1/5 MRS culture medium into threshold fermentation broth which was used as negative control; 3, 4, 5, 6 were the results after adding active and inactive signaling molecule into the threshold fermentation broth, the cell density were 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 , respectively.

抑菌活性只是在一定范围内与菌体密度成正比,当在高密度培养条件下,抑菌活性会降低。

研究发现,产细菌素 Paracin1.7 的副干酪乳杆菌发酵液中含有信号分子,试验证明信号分子为 Paracin1.7,其自身浓度是影响 Paracin1.7 产量和效价的主要因素。依据此试验结论可知,当添加不同浓度的信号分子时,会使发酵液中 Paracin1.7 的产量和抑菌活性发生显著变化。同时,Paracin1.7 的抑菌活性受发酵液中菌体的群体感应影响,并且其本身可进行自我诱导;另外,由于 Paracin1.7 对胰蛋白酶敏感^[17],将不同浓度 Paracin1.7 发酵上清浓缩液经胰蛋白酶处理后加入到阈值浓度发酵液中,发现其对发酵液中的 Paracin1.7 的抑菌活性几乎没有影响,再次证明 Paracin1.7 为群体感应中的信号分子,可进行自我诱导。

参考文献

- [1] Neelson KH, Hastings JW. Bacterial bioluminescence: its control and ecological significance. *Microbiology Reviews*, 1979, 43:496-518.
- [2] Henke J, Bassler BL. Bacterial social engagements. *Trends in Cell Biology*, 2004, 14(11):648-656.
- [3] Fuqua WC, Winans SC. A LuxR-LuxI type regulatory system activates *Agrobacterium Ti* plasmid conjugal transfer in the presence of a plant tumor metabolite. *Journal of Bacteriology*, 1994, 176:2796-806.
- [4] March JC, Bentley WE. Quorum sensing and bacterial cross-talk in biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 2004, 15(5):495-502.
- [5] Thoendel M, Horswill AR. Biosynthesis of peptide signals in Gram-positive bacteria. *Advances in Applied Microbiology*, 2010, 71:91-109.
- [6] Singh A, Del Poeta M. Lipid signalling in pathogenic fungi. *Cellular Microbiology*, 2011, 13(2):177-185.
- [7] Zhao L, Xue T, Shang F, Sun H, Sun B. *Staphylococcus aureus* AI-2 quorum sensing associates with the KdpDE two-component system to regulate capsular polysaccharide synthesis and virulence. *Infection and Immunity*, 2010, 78(8):3506-3515.
- [8] 秦智强, 钟扬, 张健, 何有裕, 吴旻, 江娟, 陈洁敏, 罗小民, 瞿涤. 表皮葡萄球菌双组分调控系统的生物信息学分析. *科学通报 (Chinese Science Bulletin)*, 2004, (10):948-952.

- [9] Aharoni R ,Bronstheyn M ,Jabbour A ,Zaks B ,Srebnik M ,Steinberg D. Oxazaborolidine derivatives inducing autoinducer-2 signal transduction in *Vibrio harveyi*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 2008 ,16(4) : 1596-1604.
- [10] Zhang CC , Laurent S , Sakr S , Peng L , Bédu S. Heterocyst differentiation and pattern formation in cyanobacteria: a chorus of signals. *Molecular Microbiology* 2006 59(2) :367-375.
- [11] Lazazzera BA. The intracellular function of extracellular signaling peptides. *Peptides* 2001 22 (10) :1519-1527.
- [12] Tiaden A ,Spirig T , Hilbi H. Bacterial gene regulation by alpha-hydroxyketone signaling. *Trends in Microbiology* , 2010 ,18(7) :288-297.
- [13] Venturi V. Regulation of quorum sensing in Pseudomonas. *FEMS Microbiology Reviews* ,2006 ,30 (2) :274-291.
- [14] 葛菁萍 ,平文祥 ,宋刚 ,杜春梅 ,凌宏志 ,孙欣 ,高莹. 细菌素 Paracin1.7 的纯化与性质. 微生物学报 (*Acta Microbiologica Sinica*) 2009 ,(05) :610-617.
- [15] Nakayama J , Akkermans AD , De Vos WM. High-throughput PCR screening of genes for three-component regulatory system putatively involved in quorum sensing from low-G + C gram-positive bacteria. *Bioscience , Biotechnology , and Biochemistry* ,2003 , 67 (3) : 480-489.
- [16] 高先军. 响应面法优化 Paracin1.7 发酵条件及其产生菌遗传转化体系的初步建立. 黑龙江大学研究生院学位论文 2010.
- [17] 高莹 ,副干酪乳杆菌 (*Lactobacillus paracasei*) HD1.7 产肽条件优化及肽类分离研究. 黑龙江大学研究生院的学位论文 2008.
- [18] Maurhofer M , Baehler E , Notz R , Martinez V , Keel C. Cross talk between 2,4-diacetylphloroglucinol-producing biocontrol pseudomonads on wheat roots. *Applied and Environmental Microbiology* 2004 70(4) :1990-1998.
- [19] Waters CM ,Bassler BL. Quorum sensing: cell-to-cell communication in bacteria. *Annual Review of Cell and Developmental Biology* 2005 21:319-346.
- [20] Quadri LE. Regulation of antimicrobial peptide production by autoinducer-mediated quorum sensing in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 2002 82: 133-145.
- [21] El-Sayed AK , Hothersall J , Thomas CM. Quorum-sensing-dependent regulation of biosynthesis of the polyketide antibiotic mupirocin in *Pseudomonas fluorescens* NCIMB 10586. *Microbiology* ,2001 , 147: 2127-2139.
- [22] Whitehead NA , Byers JT , Commander P , Corbett M J , Coulthurst S J , Everson L , Harris A K , Pemberton C L , Simpson N J , Slater H , Smith D S , Welch M , Williamson N , Salmond G P. The regulation of virulence in phytopathogenic *Erwinia* species: quorum sensing , antibiotics and ecological considerations. *Antonie Van Leeuwenhoek* 2002 ,81:223-231.
- [23] Byers JT , Lucas C , Salmond GP , Welch M. Nonenzymatic turnover of an *Erwinia carotovora* quorum-sensing signaling molecule. *Journal of Bacteriology* , 2002 ,184(4) :1163-1171.
- [24] Barnard AM , Bowden SD , Burr T , Coulthurst SJ , Monson RE , Salmond GP. Quorum sensing , virulence and secondary metabolite production in plant soft-rotting bacteria. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 2007 362(1483) :1165-1183.

Quorum-sensing behavior of *Lactobacillus paracasei* HD1.7

Jingping Ge, Baozhu Fang, Tingting Yuan, Wenxiang Ping*

Key Laboratory of Microbiology of Heilongjiang Province, Life Science College, Heilongjiang University, Harbin 150080, China

Abstract: [Objective] Paracin 1.7 was a bacteriocin extracted from *Lactobacillus paracasei* HD1.7. In this study, we investigated quorum-sensing mechanism that regulates the metabolism of Paracin 1.7 in strain HD1.7. [Methods] The antibacterial activity of strain HD1.7 under different growth conditions was analyzed using an agar-well diffusion method, and the cell density was controlled by adjusting nutrient levels in the culture medium. [Results] The antibacterial activity of strain HD1.7 depended on cell density. Strain HD1.7 exhibited the antibacterial activity when the cell density reached a threshold (OD_{600} of 0.8 and cell dried weight of 0.331 g/L). Addition of different concentrations of a signaling molecule in the supernatant of the fermentation broth affected the antibacterial activity. After removing the signal molecule, the antibacterial activity was significantly decreased. [Conclusion] Paracin1.7 was the quorum-sensing signaling molecule in the HD1.7 fermentation broth and it could be auto-induced. The antibacterial activity of Paracin1.7 was regulated by the quorum-sensing system in HD1.7.

Keywords: *Lactobacillus paracasei* HD1.7, paracin1.7, quorum-sensing, bacterial density

(本文责编:王晋芳)

Supported by the National Natural Science Foundation of China (31070446)

* Corresponding author. Tel/Fax: +86-451-86609016; E-mail: wshw512@gmail.com, gejingping@126.com

Received: 20 May 2011/Revised: 5 July 2011

细菌 spore 的中文名称统一使用“芽胞”

2010 年末《微生物学报》重新修正了“投稿须知”,并于 2010-12-28 在网站上重申,严格规范本刊使用的微生物学名词。要求作者和审稿专家按照全国科学技术名词审定委员会审定、公布的名词进行使用。参考书目:全国自然科学名词审定委员会. 微生物学名词. 第一版. 北京:科学出版社,1988。(注:此书的第二版正在编写中,出版后将以第二版为准。)

本刊编委、华中农业大学生命科学技术学院教授孙明博士对“细菌 spore 的中文名称”有着深刻的了解,并为这个名词在我国微生物学领域的规范化使用做了很多的工作。以下内容节选自孙明教授近日为本刊撰写的一组内容。利于更多的研究人员清晰《微生物学报》新的规定,知其然更要知其所以然。

1. 在全国科学技术名词审定委员会、微生物学名词审定委员会编辑出版的《微生物学名词》(1988 科学出版社)中,关于细菌 spore 这一名词的中文名称,使用的是“芽胞”。理由是,“孢”指真菌和放线菌中的“孢子”,是指繁殖体;而细菌中的“芽胞”是指分化体,不是繁殖体,二者有本质的区别,其差异是有科学意义的。就像中文当中有一词多意的现象一样,spore 也可一词多意。

2. 2006 年 4 月成立了以中国科学院微生物研究所程光胜为主任的新一届微生物学名词审定委员会,该委员会在 2006 年 10 月的工作会议上决定维持 1988 年版《微生物学名词》中关于芽胞的命名方式。

3. 在我国,越来越多的使用“芽胞”二字,证明生物工作者有意识的在更正和推广“芽胞”来替代以前使用的“芽孢”。如:许多教材、书籍在依据《微生物学名词》使用“芽胞”;部分学术期刊在使用“芽胞”;在网上搜索的电子教案、教学资料或试卷中,找到许多使用“芽胞”的例子;在因特网如 google(www.google.com)和百度(www.baidu.com)上输入“芽胞”进行搜索,可发现海量的使用“芽胞”例子。