

产Ⅱ类细菌素乳酸菌群体感应及其应用

张香美^{1,2}, 李平兰^{1*}

¹中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083

²河北经贸大学生物科学与工程学院, 石家庄 050061

摘要:群体感应(quorum sensing, QS)是微生物通过感知与细胞密度相关的信号分子的浓度来调控基因表达的一种行为。许多产Ⅱ类细菌素乳酸菌通过自诱导肽介导的QS系统调控其细菌素的合成。本文综述了乳酸菌Ⅱ类细菌素合成的QS调控现象、调控机制、QS系统组分以及QS的应用。产Ⅱ类细菌素乳酸菌QS的研究,必将为揭示发酵调控机理、调控发酵过程提供新的研究平台,为食品级基因表达系统的开发提供新的选择。

关键词: 乳酸菌, Ⅱ类细菌素, 群体感应

中图分类号: Q939.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 0001-6209 (2011)09-1152-06

乳酸菌细菌素是乳酸菌在代谢过程中产生的一类蛋白类抗菌物质,主要对与其遗传关系相近的细菌具有溶菌或杀菌作用^[1]。乳酸菌细菌素主要分为四大类^[2]: (1)含有稀有氨基酸残基羊毛硫氨酸的羊毛硫细菌素(lantibiotics),即Ⅰ类细菌素,最典型代表为Nisin; (2)未经修饰的热稳定细菌素,不含羊毛硫氨酸,分子量小于10kDa,即Ⅱ类细菌素,其中又分为三小类,即Ⅱa、Ⅱb和Ⅱc类; (3)热敏感的大分子蛋白类细菌素,分子量大于30 kDa。 (4)蛋白质复合物。

揭示细菌素合成的调控机制对于调控发酵过程具有十分重要的意义。目前研究已证实多数Ⅱ类和部分Ⅰ类细菌素的生物合成由群体感应系统调控^[3-4],这一细菌素合成机制已成为当前的研究热点。

近年来,作为一类天然生物防腐剂,Ⅱ类细菌素以其在食品及饲料中的潜在应用价值而备受关

注。另一方面,产Ⅱ类细菌素是泡菜、酸面团、绿橄榄以及酒类发酵菌株的理想品质之一,藉此可以提高竞争力,调控微生态体系。

1 群体感应

尽管一直以来,细菌都被认为是独立的个体,但越来越多的证据表明许多种类的细菌用群体感应来调控其类似多细胞的行为,从而更协调一致,更好地适应环境。

群体感应(quorum sensing, QS)^[5]是指微生物某些基因的表达受到与细胞密度相关的信号分子调控的现象,即微生物通过合成、分泌自诱导分子(autoinducer, AI)作为信号分子,并检测其浓度,当AI浓度随着微生物群体密度达到一定阈值时,启动特定基因的表达,调控相关的生物学功能^[6],如:菌体发光、抗生素的合成、毒力因子的产生、胞外

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071591); 中国农业大学研究生科研创新专项(KYCX2011060)

* 通信作者。Tel: +86-10-62737664; Fax: +86-10-62738678; E-mail: lipinglan@cau.edu.cn

作者简介: 张香美(1972-),女,河北人,副教授,博士研究生,研究方向为食品微生物、食品生物技术。E-mail: zxmshw@sohu.com

收稿日期: 2011-03-08; **修回日期:** 2011-05-08

多糖的合成、细菌丛集、生物膜形成、质粒接合转移、感受态的形成、稳定期的到来等。

2 产Ⅱ类细菌素乳酸菌群体感应

尽管产Ⅰ类细菌素乳酸菌的QS系统已经研究得较为深入,Ⅰ类细菌素nisin合成的QS调控系统——NICE系统也已成功用于高效表达同源或异源基因,但产Ⅱ类细菌素乳酸菌QS的研究尚处于起步阶段。

2.1 产Ⅱ类细菌素乳酸菌QS现象

发现乳酸菌产Ⅱ类细菌素受到QS机制调控实属偶然。1995年Saucier等^[7]在试验中意外发现*Carnobacterium piscicola* LV17菌株所产carnobacteriocin偶尔会神秘地消失(BAC⁻表型),而且,传代培养也不能恢复其产细菌素的表型,除非在稳定期到来之前向BAC⁻培养液中加入BAC⁺菌株发酵上清液,或者加入分离自BAC⁺菌株发酵上清液的诱导肽,BAC⁻菌株才可恢复产细菌素。在此基础上发展起来的用于鉴别Ⅱ类细菌素产生菌是否存在QS调控系统的方法体系也一直沿用至今。

在许多乳酸菌中^[8-11],如*C. maltaromaticum*、*Lactobacillus plantarum*、*L. sake*、*Enterococcus faecalis*、*Streptococcus thermophilus*、*L. acidophilus*等,也都发现了Ⅱ类细菌素的合成受QS调控的现象。我们的研究初步证实了一株*L. pentosus*细菌素的合成受到QS调控。

2.2 产Ⅱ类细菌素乳酸菌QS调控机制

QS调控机制是调控Ⅱ类细菌素合成的重要机制,一些欧洲国家如西班牙、挪威等已经开展了这方面的研究工作,我国相关研究还鲜有报道。

不同微生物的QS系统及其调控机制差别很大,用于调节Ⅱ类细菌素产生的QS系统由三个基因产物组成,因此被称为三组分系统^[12],这三种组分包括:自诱导肽(Autoinducing Peptide, AIP)、跨膜的组氨酸蛋白激酶(Histidine Protein Kinase, HPK)以及存在于细胞质中的感应调节蛋白(Response Regulator protein, RR),HPK和RR也经常被称为双份系统(Two Component System, TCS)。AIP是细胞在生长过程中产生的一类信号分子,当AIP达到某一临界浓度时,便可激活HPK,使得其C端的一个保守His残基发生自磷酸化。随后,通过转磷酸

化作用将His残基上的磷酸基团转移到与其同源的RR的保守Asp残基上,磷酸化的RR作为一个转录激活子,结合到启动子上,激活细菌素基因的表达,同时也激活编码三组分系统的基因,从而形成一个正反馈通路。

2.3 产Ⅱ类细菌素乳酸菌QS组分

AIP是QS系统的信号分子,存在于发酵上清液中,QS系统的特异性取决于蛋白激酶受体对AIP分子结构差异的高度敏感性。产Ⅱ类细菌素乳酸菌有其专用的AIP,与细菌素类似,AIP以前体肽形式合成,位于其N末端的导肽含有16—22个氨基酸,在转运出细胞的过程中被ABC转运系统切除,这一转运系统也用于细菌素的转运。成熟的AIP是未经修饰的阳离子小肽,有或无抗菌活性,有的就是细菌素本身,长度从19到27个氨基酸不等^[13],等电点>9。AIP具有立体结构专一性^[14],用于与HPK发生立体特异性相互作用。Van Belkum等^[13]的研究表明AIP的N末端结构域用于特异性地识别受体,C末端结构域则相对非特异性地与受体分子相互作用;高于正常浓度的AIP,可交叉诱导其他细菌素的表达。不同菌的AIP具有较高的同源性。N端多变,C端则较为保守,而且C端对于自诱导活性是必需的^[11]。AIP的获取途径,一是从发酵液中分离纯化^[15],二是根据已报道的AIP相关基因或氨基酸序列合成^[10,13,16]。本课题组目前正致力于QS自诱导肽的分离纯化及结构解析。对AIP组成、空间结构及构效关系的研究,必将大大推进QS基础研究以及应用研究。

HPK是QS系统中的重要组成部分,由N端的传感器区域(sensor region)和C端的激酶核心结构域(kinase core domain)组成,前者感受环境的变化,后者具有保守的ATP结合域,His磷酸化位点即位于此部位,另外还有高度保守的氨基酸残基组成的同源结构域。Grebe & Stock根据各种同源结构域的有无和结构特征,将HPK分为11个亚族,大多AIP受体HPK属于HPK₁₀亚族。这个亚族的所有成员都有一个特异的N-末端多面体膜结构域,包含6或7个跨膜片段,作为肽类激素的受体^[17]。Johnsborg等用体外的报告基因分析方法研究了各种突变的HPK膜结构域的受体功能,结果表明,最重要的受体功能决定簇定位于N末端的细胞质环状膜结构域^[18]。研究*L. plantarum*的HPK受体揭

示这个区域为两维拓扑结构,包含 7 个跨膜片段,并且已证实 HPK₁₀ 膜结构域包含 AIP 受体。对 HPK 空间结构的研究,无疑将有利于更进一步解析 QS 调控机制。

RR 位于细胞质中,由 N 端的接受区域和 C 端的输出区域组成。接受区域约 110 个氨基酸,含有一个保守的 Asp 残基,该残基是磷酸化受体位点。大多数 RR 含有输出区域。通常输出区域是 DNA 结合元件,充当转录因子,具有典型的 HTH 结构。QS 系统中的 RR,属于 RR₁₀ 亚族,通常含有 HTH-LytTR (PF04397) DNA 结合区域,而且, QS 系统的 RR 组分与具有 HPK₁₀-亚族特征的 HPK 组分相邻。

编码专用 AIP 的前体肽基因被发现无一例外地与编码 HPK 和 RR 的 TCS 组成一个操纵子^[19]。对 *L. plantarum* NC8、WCFS1、J23、J51 等 QS 相关基因的研究已逐步展开^[20-22]。从基因水平对 QS 三组分进行认定是判断 QS 系统是否存在的重要依据。Maldonado-Barragón 等^[23]通过基因敲除方法构建 QS 三组分缺失突变株,揭示 *L. plantarum* NC8 和 *L. plantarum* WCFS1 细菌素的生产通过 QS 机制调控。

3 产 II 类细菌素乳酸菌 QS 的应用

3.1 揭示发酵调控机理

对 II 类细菌素 QS 调控机制的研究有助于揭示发酵调控机理。细菌素的合成有很强的条件依赖性,受到温度、pH、离子强度、应激以及其他细菌存在的影响。另一方面,对许多菌株来说,细菌素基因的表达受到 QS 机制调控。环境条件对细菌素合成的影响很可能通过 QS 调控系统发挥作用,Gobbetti 等^[8]认为,细菌素产生菌有可能为了适应不利的或变化的条件而产生 QS 信号分子,进而导致细菌素的产生。Maldonado 等^[24]则把产细菌素表型的不稳定归因于在某些条件下 QS 信号分子合成的减少,他们认为,环境因子可能会通过提高 QS 信号分子的本底水平而在细菌素合成中扮演重要角色。Nilsen 等^[15]认为环境因子可能会通过影响 AIP 与 HPK 的结合或者影响磷酸化水平来影响 QS 调控。有研究表明,温度、溶氧等环境条件的变化会导致 HPK 构象的变化,进而影响到信号的传递^[25]。尽管环境因子对细菌素合成的影响是否通过 QS 介导尚无确切证据,但到目前为止,几乎所有的证据都表

明,环境因子所导致的细菌素合成的消失可被添加适量的诱导肽逆转。以 QS 为研究平台,对 QS 系统中 AIP、HPK 及 RR 的组成及空间结构的解析,以及对 AIP 与 HPK 相互识别和结合的影响因素、调控机理的研究,以及对磷酸化作用等的研究有望推进对细菌素发酵调控机制的解读。AIP 的添加会在低于临界菌体密度条件下启动细菌素合成,但其对细菌素发酵动力学的影响尚不清楚,本课题组目前也正着手这方面的研究。

3.2 构建食品级基因表达系统

基于 II 类细菌素 QS 机制的基因表达调控系统已有报道,Axelsson 等^[26]最先应用这类调控系统来调控基因的表达,他们用来自 *L. sakei* Lb706 sap 调节子的基因和启动子构建双质粒系统,用于异源表达细菌素基因和研究细菌素的点突变,但这一系统不可诱导。Sørvig 等^[27]用单质粒表达系统实现了 PepN 的高水平表达,而且可以通过对 AIP 浓度的控制来加以调节。该调控系统可用于在乳杆菌中高效表达目的基因,而且通过更换一个或几个元件,就可以实现不同基因的高效表达。Axelsson^[28]构建了乳杆菌/大肠杆菌穿梭载体 pKTV3,并通过诱导肽 Sakacin A 调控外源基因在 *L. plantarum* 和 *L. sakei* 中的表达。Straume 等^[29]对感应调节蛋白 PlnC 进行了融合表达,免疫共沉淀结果显示,与 NICE 系统相比,基于 II 类细菌素 QS 机制的 SIP 系统可获得更多的可溶性 fPlnC,而且调控更严格。受 QS 系统调控的 P_{orfX} 启动子已被用于在 *L. plantarum* C11 中调控和高效表达氯霉素乙酰转移酶、氨肽酶 N、几丁质酶 B 基因^[30], sakacin P 基因的启动子和调控基因也已被用于构建诱导型基因表达系统^[31]。Halbmayer 等^[32]用基于 *L. sakei* 细菌素操纵子的表达载体 pSIP403 和 pSIP409 在 *L. plantarum* 和 *L. sakei* 中实现了 β-半乳糖苷酶基因的高效表达。基于 QS 的食品级表达系统因可精细调节、控制,因此应用前景十分广阔。另外,利用具有这一调控系统的乳杆菌作为医用蛋白、多肽或抗原的运输载体^[33],不仅可以调控这些成分的合成,而且还可发挥乳杆菌的免疫调节、益生等功能作用,也将具有重要的实际意义。但鉴于产 II 类细菌素乳酸菌 QS 系统的研究尚处于起步阶段,加快这方面的研究,开发更多的

基于 QS 的基因表达调控系统是重要的研究方向。

3.3 其它方面的应用

对 QS 体系的研究,有利于调节发酵过程,缩短Ⅱ类细菌素发酵周期,提高细菌素产量;同时也有利于了解在混菌发酵的复杂生态体系中,如何维持菌群的稳定以及控制菌群演替,这将为不能由单一微生物完成而须由多种微生物共同来完成的发酵设计提供重要参考。在混合培养体系中,其他菌可以通过 QS 机制启动细菌素产生菌合成细菌素^[34]。Ruiz-Barba^[35]等对西班牙风味绿橄榄发酵过程的研究表明,*L. plantarum* NC8 的细菌素合成、活菌数受到混合培养体系中的其他菌介导的 QS 的调控作用。对混菌发酵体系中 QS 机制的解析,对于评估一个菌株是否可用于某一特定的食品体系至关重要。

细菌素的合成行为通常被认为是耗能的和非必需的。细菌素在细菌生长的特定阶段合成,作为细菌的一种次级代谢产物,是一种防御武器,藉此可以阻止其他微生物对其生境的入侵,或使其在与其他菌的竞争占据优势。QS 机制的解读有利于揭示细菌素合成的行为机制^[8]。

调控Ⅱ类细菌素产生的 QS 体系等 G⁺ 菌 QS 调控体系的发现,无疑可以为 QS 库提供新的组件,这将有利于促进基于 QS 的生物工程设计或生物反应器的设计^[36]。

4 展望

随着对产Ⅱ类细菌素乳酸菌 QS 机制研究的不断深入,以及对 QS 组分结构及构效关系研究的推进,必将有利于揭示发酵调控机理,调控Ⅱ类细菌素的发酵过程,为细菌素产生菌在实际生产中的应用提供理论指导,另外,QS 的研究对于开发新的基因表达系统以及揭示细菌素产生的行为机制也将具有重要的意义。

参考文献

- [1] Klaenhammer TR. Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie*, 1988, 70 (3): 337-349.
- [2] Franz CMAP, van Belkum MJ, Holzapfel WH, Abriouel H, Gálvez A. Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme. *FEMS Microbiology Reviews*, 2007, 31 (3): 293-310.
- [3] Quadri LEN. Regulation of antimicrobial peptide production by autoinducer-mediated quorum sensing in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 2002, 82: 133-145.
- [4] Kleerebezem M. Quorum sensing control of lantibiotic production; nisin and subtilin autoregulate their own biosynthesis. *Peptides*, 2004, 25 (9): 1405-1414.
- [5] Waters CM, Bassler BL. Quorum Sensing: Cell-to-Cell Communication in Bacteria. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 2005, 21: 319-346.
- [6] Fuqua WC, Winans SC, Greenberg EP. Quorum sensing in bacteria: The LuxR-LuxI family of cell density-responsive transcriptional regulators. *Journal of Bacteriology*, 1994, 176 (2): 269-275.
- [7] Saucier L, Poon A, Stiles ME. Induction of bacteriocin in *Carnobacterium piscicola* LV17. *Journal of Applied Bacteriology*, 1995, 78 (6): 684-690.
- [8] Gobbetti M, De Angelis M, Di Cagno R, Minervini F, Limitone A. Cell-cell communication in food related bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 120: 34-45.
- [9] Fontaine L, Boutry C, Guédon E, Guillot A, Ibrahim M, Grossiord B, Hols P. Quorum-Sensing Regulation of the Production of Blp Bacteriocins in *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Bacteriology*, 2007, 189 (20): 7195-7205.
- [10] Tabasco R, García-Cayuela T, Peláez C, Requena T. *Lactobacillus acidophilus* La-5 increases lactacin B production when it senses live target bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 132: 109-116.
- [11] Kleerebezem M, Quadri LE. Peptide pheromone-dependent regulation of antimicrobial peptide production in Gram-positive bacteria; a case of multicellular behavior. *Peptides*, 2001, 22 (10): 1579-1596.
- [12] Drider D, Fimland G, Héchard Y, McMullen LM, Prévost H. The continuing story of class IIa bacteriocins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2006, 70 (2): 564-582.
- [13] van Belkum MJ, Derksen DJ, Franz CMAP, Vederas JC. Structure-function relationship of inducer peptide pheromones involved in bacteriocin production in *Carnobacterium maltaromaticum* and *Enterococcus faecium*. *Microbiology*, 2007, 153 (11): 3660-3666.

- [14] Hauge HH, Mantzilas D, Moll GN, Konings WN, Driessen AJM, Eijsink VGH, Nissen-Meyer J. Plantaricin A is an amphiphilic-helical bacteriocin-like pheromone which exerts antimicrobial and pheromone activities through different mechanisms. *Biochemistry*, 1998, 37(46):16026-16032.
- [15] Nilsen T, Nes IF, Holo H. An exported inducer peptide regulates bacteriocin production in *Enterococcus faecium* CTC492. *Journal of Bacteriology*, 1998, 180(7):1848-1854.
- [16] Flynn S, van Sinderen D, Thornton GM, Holo H, Nes IF, Collins JK. Characterization of the genetic locus responsible for the production of ABP-118, a novel bacteriocin produced by the probiotic bacterium *Lactobacillus salivarius* subsp. *salivarius* UCC118. *Microbiology*, 2002, 148(4): 973-984.
- [17] Johnsborg O, Diep DB, Nes IF. Structural Analysis of the Peptide Pheromone Receptor PlnB, a Histidine Protein Kinase from *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Bacteriology*, 2003, 185(23): 6913-6920.
- [18] Johnsborg O, Godager LH, Nes IF. Identification of a region involved in the pheromone receptor function of the histidine kinase PlnB. *Archives of Microbiology*, 2004, 182(6): 450-457.
- [19] Quadri LEN. Regulation of class II bacteriocin production by cell-cell signaling. *The Journal of Microbiology*, 2003, 41(3):175-182.
- [20] Navarro L, Rojo-Bezares B, Sáenz Y, Díez L, Zarazaga M, Ruiz-Larrea F, Torres C. Comparative study of the pln locus of the quorum-sensing regulated bacteriocin-producing *L. plantarum* J51 strain. *International Journal of Food Microbiology*, 2008, 128(2): 390-394.
- [21] Sáenz Y, Rojo-Bezares B, Navarro L, Díez L, Somalo S, Zarazaga M, Ruiz-Larrea F, Torres C. Genetic diversity of the pln locus among oenological *Lactobacillus plantarum* strains. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 134(3): 176-183.
- [22] Diep DB, Straume D, Kjos M, Torres C, Nes IF. An overview of the mosaic bacteriocin pln loci from *Lactobacillus plantarum*. *Peptides*, 2009, 30(8): 1562-1574.
- [23] Maldonado-Barragán A, Ruiz-Barba JL, Jiménez-Díaz R. Knockout of three-component regulatory systems reveals that the apparently constitutive plantaricin-production phenotype shown by *Lactobacillus plantarum* on solid medium is regulated via quorum sensing. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 130(1): 35-42.
- [24] Maldonado A, Jiménez-Díaz R, Ruiz-Barba JL. Induction of plantaricin production in *Lactobacillus plantarum* NC8 after coculture with specific gram-positive bacteria is mediated by an autoinduction mechanism. *Journal of Bacteriology*, 2004, 186(5):1556-1564.
- [25] Krell T, Lacal J, Busch A, Silva-Jiménez H, Guazzaroni ME, Ramos JL. Bacterial sensor kinases: diversity in the recognition of environmental signals. *Annual Review of Microbiology*, 2010, 64:539-559.
- [26] Axelsson L, Katla T, Bjørnslett M, Eijsink VGH, Holck A. A system for heterologous expression of bacteriocins in *Lactobacillus sakei*. *FEMS Microbiology Letters*, 1998, 168(1):137-143.
- [27] Sørvig E, Mathiesen G, Naterstad K, Eijsink VGH, Axelsson L. High-level, inducible gene expression in *Lactobacillus sakei* and *Lactobacillus plantarum* using versatile expression vectors. *Microbiology*, 2005, 151(7): 2439-2449.
- [28] Axelsson L, Lindstad G, Naterstad K. Development of an inducible gene expression system for *Lactobacillus sakei*. *Letters in Applied Microbiology*, 2003, 37(2): 115-120.
- [29] Straume D, Axelsson L, Nes IF, Diep DB. Improved expression and purification of the correctly folded response regulator PlnC from lactobacilli. *Journal of Microbiological Methods*, 2006, 67(2):193-201.
- [30] Mathiesen G, Namløs HM, Risøen PA, Axelsson L, Eijsink VGH. Use of bacteriocin promoters for gene expression in *Lactobacillus plantarum* C11. *Journal of Applied Microbiology*, 2004, 96(4): 819-827.
- [31] Mathiesen G, Sørvig E, Blatny J, Naterstad K, Axelsson L, Eijsink VGH. High-level gene expression in *Lactobacillus plantarum* using a pheromone-regulated bacteriocin promoter. *Letters in Applied Microbiology*, 2004, 39(2):137-143.
- [32] Halbmayr E, Mathiesen G, Nguyen THA, Maischberger T, Peterbauer CK, Eijsink VGH, Haltrich D. High-level expression of recombinant β -galactosidases in *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus sakei* using a sakacin p-based expression system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(12): 4710-4719.
- [33] Diep DB, Mathiesen G, Eijsink VGH, Nes IF. Use of lactobacilli and their pheromone-based regulatory

- mechanism in gene expression and drug delivery. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 2009, 10(1):62-73.
- [34] Rojo-Bezares B, Sáenz Y, Navarro L, Zarazaga M, Ruiz-Larrea F, Torres C. Coculture-inducible bacteriocin activity of *Lactobacillus plantarum* strain J23 isolated from grape must, *Food Microbiology*, 2007, 24(5): 482-491.
- [35] Ruiz-Barba JL, Caballero-Guerrero B, Maldonado-Barragán A, Jiménez-Díaz R. Coculture with specific bacteria enhances survival of *Lactobacillus plantarum* NC8, an autoinducer-regulated bacteriocin producer, in olive fermentations. *Food Microbiology* 2010, 27(3): 413-417.
- [36] Choudhary S, Schmidt-Dannert C. Applications of quorum sensing in biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2010, 86(5): 1267-1279.

Quorum sensing in class II bacteriocin-producing lactic acid bacteria and its application - A review

Xiangmei Zhang^{1,2}, Pinglan Li^{1*}

¹ College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

² College of Biological Science and Engineering, Hebei University of Economics&Business, Shijiazhuang 050061, China

Abstract: Quorum sensing (QS) refers to the behavior of microorganisms to control gene expression through detection the concentration of certain signal molecules, which is correlated with cell density. In many class II bacteriocin-producing lactic acid bacteria (LAB), bacteriocin production is regulated by peptide pheromones via a QS mechanism. We reviewed, QS regulated class II bacteriocin production in LAB and its regulation mechanism, components of the QS system, as well as the application of QS mechanism. The study of QS mechanism of class II bacteriocin-producing LAB may provide a new platform for revealing the mechanism of fermentation control and regulating fermentation process. It also offers an alternative to the exploitation of food grade gene expression system.

Keywords: lactic acid bacteria, class II bacteriocin, quorum sensing

(本文责编: 张晓丽)

Supported by the National Natural Science Foundation of China(31071591) and by the Innovation Fund for Graduate Student of China Agricultural University (KYCX2011060)

* Corresponding author. Tel: +86-10-62737664; Fax: +86-10-62738678; E-mail: lipinglan@cau.edu.cn

Received: 8 March 2011/ Revised: 8 May 2011