

Review

Biosynthesis and Production of Class II Bacteriocins of Food-Associated Lactic Acid Bacteria

Tingting Zhang ^{1,†}, Yu Zhang ^{1,†}, Lin Li ¹, Xiuqi Jiang ¹, Zhuo Chen ¹, Fan Zhao ^{2,*} and Yanglei Yi ^{1,*} 

¹ College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; zhangtt@nwfau.edu.cn (T.Z.); zhangyu97@nwfau.edu.cn (Y.Z.); linli@nwfau.edu.cn (L.L.); luofengq@126.com (X.J.); melissachen@nwfau.edu.cn (Z.C.)

² College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

* Correspondence: zf@nwfau.edu.cn (F.Z.); yyi@nwfau.edu.cn (Y.Y.)

† These authors contributed equally to this work.

Abstract: Bacteriocins are ribosomally synthesized peptides made by bacteria that inhibit the growth of similar or closely related bacterial strains. Class II bacteriocins are a class of bacteriocins that are heat-resistant and do not undergo extensive posttranslational modification. In lactic acid bacteria (LAB), class II bacteriocins are widely distributed, and some of them have been successfully applied as food preservatives or antibiotic alternatives. Class II bacteriocins can be further divided into four subcategories. In the same subcategory, variations were observed in terms of amino acid identity, peptide length, pI, etc. The production of class II bacteriocin is controlled by a dedicated gene cluster located in the plasmid or chromosome. Besides the pre-bacteriocin encoding gene, the gene cluster generally includes various combinations of immunity, transportation, and regulatory genes. Among class II bacteriocin-producing LAB, some strains/species showed low yield. A multitude of fermentation factors including medium composition, temperature, and pH have a strong influence on bacteriocin production which is usually strain-specific. Consequently, scientists are motivated to develop high-yielding strains through the genetic engineering approach. Thus, this review aims to present and discuss the distribution, sequence characteristics, as well as biosynthesis of class II bacteriocins of LAB. Moreover, the integration of modern biotechnology and genetics with conventional fermentation technology to improve bacteriocin production will also be discussed in this review.

Keywords: bacteriocins; lactic acid bacteria; biosynthesis; genetic regulation; genome mining



Citation: Zhang, T.; Zhang, Y.; Li, L.; Jiang, X.; Chen, Z.; Zhao, F.; Yi, Y. Biosynthesis and Production of Class II Bacteriocins of Food-Associated Lactic Acid Bacteria. *Fermentation* **2022**, *8*, 217. <https://doi.org/10.3390/fermentation8050217>

Academic Editor: Michela Verni

Received: 18 April 2022

Accepted: 5 May 2022

Published: 10 May 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Lactic acid bacteria (LAB) constitute a ubiquitous bacterial group that is widespread in niches of fermented food and gastrointestinal tracts of humans and many animals [1]. LAB are especially known for their ability to produce lactic acid as the main end-product. These microorganisms also possess the ability to synthesize a wide variety of bioactive metabolites, belonging to different classes of chemicals including diacetyl, hydrogen peroxide, antibiotics, and bacteriocins. Bacteriocins are ribosomally synthesized, extracellularly released bioactive peptides which have a bactericidal or bacteriostatic effect on other closely related species [2]. Bacteriocins from LAB have been used as food preservatives due to their heat stability and safety. Nisin is the most famous and best-studied bacteriocin, and it has high antibacterial activity against a wide range of Gram-positive bacteria. Nisin has received considerable attention in the food industry because it is the only purified bacteriocin approved for food use by the FDA and EU. However, several restrictions to the efficacy of nisin limit its range of practical applications. For instance, nisin has weak inhibition activity against Gram-negative bacteria, and its biological activity is reduced at an elevated pH. Moreover, spontaneous nisin resistance may occur in target bacteria.

编号: SCIE-Y-20220719-01

检索报告

根据委托人张婷婷的委托,通过网络检索,张婷婷发表的1篇论文被《科学引文索引》扩展版(SCI-Expanded)数据库收录。数据库具体检索结果如下:

标题: Biosynthesis and Production of Class II Bacteriocins of Food-Associated Lactic Acid Bacteria
作者: Zhang, TT (Zhang, Tingting) [1]; Zhang, Y (Zhang, Yu) [1]; Li, L (Li, Lin) [1]; Jiang, XQ (Jiang, Xiuqi) [1]; Chen, Z (Chen, Zhuo) [1]; Zhao, F (Zhao, Fan) [2]; Yi, YL (Yi, Yanglei) [1]
期刊: FERMENTATION-BASEL 卷:8 期:5 文献号:217 出版年:MAY 2022
已索引: 2022-06-09
DOI: 10.3390/fermentation8050217
通讯作者地址: Yi, Yanglei(通讯作者)Northwest A&F Univ, Coll Food Sci & Engrn, Xianyang 712100, Peoples R China.
Zhao, Fan(通讯作者)Northwest A&F Univ, Coll Anim Sci & Technol, Xianyang 712100, Peoples R China.
地址: [1]Northwest A&F Univ, Coll Food Sci & Engrn, Xianyang 712100, Peoples R China
[2]Northwest A&F Univ, Coll Anim Sci & Technol, Xianyang 712100, Peoples R China
电子邮件地址: zhangtt@nwfau.edu.cn; zhangyu97@nwfau.edu.cn; linli@nwfau.edu.cn; luofengq@126.com; melissachen@nwfau.edu.cn; zf@nwfau.edu.cn; yyi@nwfau.edu.cn;
出版商: MDPIST ALBAN-ANLAGE 66, CH-4052 BASEL, SWITZERLAND
Web of Science 类别: Biotechnology & Applied Microbiology; Food Science & Technology;
文献类型: Review 语种: English eISSN: 2311-5637
入藏号: WOS:000803660500001
Web of Science 核心合集中的"被引频次": 0
第一作者张婷婷, 第一署各单位西北农林科技大学食品科学与工程学院。
通讯作者伊扬磊, 署各单位西北农林科技大学食品科学与工程学院。
通讯作者赵璠, 署各单位西北农林科技大学动物科技学院。
2022年公布的影响因子: 5.123, 期刊分区:

JCR® 类别	类别中的排序	JCR 分区
BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY	44/158	Q2

2021 年该刊在中科院分区:

分类	学科名称	分区	Top 期刊
小类	BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY 生物工程与应用微生物	3	-
大类	农林科学	2	否

2021 年该刊在中科院分区(升级版):

分类	学科名称	分区	Top 期刊
小类	BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY 生物工程与应用微生物	3	-
大类	农林科学		否

查证检索:

西北农林科技大学图书馆

2022-07-19

查收索引专用章

《现代食品科技》网络首发论文

题目: 参贝咀嚼片的免疫调节活性及其安全性评价
作者: 张婷婷, 叶子, 王萌, 赵璠, 伊扬磊
DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.9.1217
收稿日期: 2021-11-03
网络首发日期: 2022-06-08
引用格式: 张婷婷, 叶子, 王萌, 赵璠, 伊扬磊. 参贝咀嚼片的免疫调节活性及其安全性评价[J/OL]. 现代食品科技.
<https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.9.1217>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或

参贝咀嚼片的免疫调节活性及其安全性评价

张婷婷¹, 叶子¹, 王萌², 赵璠³, 伊扬磊^{1*}

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西咸阳 712100) (2. 陕西华州医药生物工程有限公司, 陕西西安 710054) (3. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西咸阳 712100)

摘要: 该研究旨在评价参贝咀嚼片的免疫调节活性和安全性。采用高、中、低三个剂量组 (1.20 g/kg.BW、0.80 g/kg.BW、0.40 g/kg.BW), 对昆明小鼠进行了 30 d 的灌胃试验, 测定免疫调节活性相关指标包括体重、脏器/体重比值、细胞免疫、体液免疫、单核-巨噬细胞功能、NK 细胞活性等。其次, 以 SD 大鼠为研究对象, 按 20.00 g/kg.BW 剂量开展急性毒性、遗传毒性 (Ames 试验, 骨髓细胞微核试验, 精子畸形试验) 以及 30 d 喂养试验。实验结果表明, 各剂量组 (1.20 g/kg.BW、0.80 g/kg.BW、0.40 g/kg.BW) 对小鼠体重及淋巴器官/体重比值, 均未产生显著性影响。高剂量组 (1.20 g/kg.BW) 能显著诱发小鼠迟发型变态反应 (DTH) 且提高小鼠抗体生成细胞数量、巨噬细胞吞噬指数 (7.04) 以及小鼠血清中溶血素水平 ($p < 0.05$)。安全性评价结果表明, 在 30 d 观察期内, 不同剂量的参贝咀嚼片对小鼠的体重、进食量、食物利用率、血液学指标、血液生化学指标以及脏器系数均未产生显著影响, 且在受试剂量范围内, 参贝咀嚼片无诱发菌株突变和染色体畸变等作用。综上所述, 参贝咀嚼片拥有提升免疫力的作用, 且安全性良好。

关键词: 参贝咀嚼片; 人参; 平贝母; 保健食品; 免疫调节活性; 安全性评价

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.9.1217

Immune-Regulation Function and Safety Evaluation of Ginseng - *Fritillaria* Flat Chewable Tablet

ZHANG Tingting¹, YE Zi¹, WANG Meng², ZHAO Fan³, YI Yanglei^{1*}

(1.College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Xianyang 712100, China)

(2.Shaanxi Huazhou Medical Biological Engineering Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

(3.College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Xianyang 712100, China)

Abstract: In this study, the immune-regulation function and the safety of Ginseng - *Fritillaria* chewable tablet were evaluated in vivo. For the immune-regulation function test, Kunming mice were administered by oral gavage at daily doses of 1.20 g/kg.BW, 0.80 g/kg.BW, 0.40 g/kg.BW of Ginseng - *Fritillaria* chewable tablet for 30 days, and then the body weight, organ/body weight ratio, cellular immunity, humoral immunity, monocyte-macrophage function, and NK cell activity were measured. For the safety evaluation of Ginseng - *Fritillaria* chewable tablet, the acute toxicity, genotoxicity (including Ames test, bone marrow micronucleus test, and mouse sperm malformation test), and the 30 day feeding tests were performed by using SD rats with a dose of 20.00 g/kg.BW. The results showed that the Ginseng - *Fritillaria* chewable tablet has no significant effects on the body weight and the lymphoid organ/body weight ratio of mice. In the high-dose group (1.20 g/kg.BW), Ginseng - *Fritillaria* chewable tablet could significantly induce the delayed-type hypersensitivity (DTH) in mice and increase the number of antibody-producing cells, the macrophage phagocytosis index (7.04) and the level of hemolysin serum in mouse ($p < 0.05$). Furthermore, the safety evaluation results showed that the Ginseng - *Fritillaria* chewable tablet has no significant effects on body weight, food intake, food utilization rate, hematological indexes, blood biochemical indexes, and organ coefficient of mice. And also, within the tested doses, no significant mutation, the micronucleus formation rate of bone marrow cells and the abnormality rate of sperm cells were observed. In conclusion, the Ginseng - *Fritillaria* chewable tablet has immune-enhancing activity with good safety.

Key words: Ginseng - *Fritillaria* chewable tablet; Ginseng; *Fritillaria bulb*; functional food; immune-regulating function; safety evaluation

收稿日期: 2021-11-03

基金项目: 陕西省自然科学基金 (2021JQ-138); 大学生科研创新项目 (202110712161)

作者简介: 张婷婷 (2001-), 女, 本科在读, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: zhangtt@nwfau.edu.cn

通讯作者: 伊扬磊 (1988-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品微生物代谢调控和分子机制, E-mail: yyi@nwfau.edu.cn

2023 年推荐优秀应届本科毕业生免试攻读研究生推荐意见书

(以下各栏由考生填写)

考生姓名 张婷婷 出生年月 2001.4 政治面貌 中共党员 居住 陕西省榆林市

考生通信地址 西北农林科技大学北校区 16#319 2022 年 9 月 16 日填写

以下各栏及背面内容由推荐人填写，推荐人应有 2023 年研究生招生资格（不受职称限制）。

说明：为了便于评价考生的若干素质，请推荐人在同意的栏目上标记“√”，并在背面表格中对考生的素质作进一步的说明。请推荐人将推荐信装入信封密封好并在封口处签名。

项目\等级	优秀	良好	中等	较差	很差	不了解
思想品德	√					
合作精神	√					
钻研精神	√					
基础理论	√					
专业知识	√					
实验能力	√					
学习能力	√					
创造能力	√					
外语能力	√					
书面表达能力	√					
口头表达能力	√					

综合意见：强烈推荐 ☒

值得推荐 ☐

一般推荐 ☐

有保留推荐 ☐

推荐人对学生素质的进一步说明：

本人系西北农林科技大学食品科学与工程学院教师，特此推荐张婷婷同学申请我院 2023 年特长生免试攻读研究生，理由如下：

张婷婷同学自大二起便加入了本人所在的生物资源实验室学习，期间表现优异，学术成绩突出。在读期间主持了国家级科创项目“基于 CRISPR/Cas9 系统的面包乳杆菌 MN047 luxS 基因功能研究”，并在结题验收时获得“优秀”评审结果。之后，主持“多组学指导的抗菌型酸乳发酵助剂研发”项目参加“全国大学生生命科学竞赛（2022，科学探究类）”，并获得“陕西省三等奖”。

该生在加入生物资源实验室后认真学习、积极开展实验工作，能够积极、高效的完成实验任务，通过其扎实刻苦的工作，以第一作者的身份分别在国际高水平期刊《Fermentation》（IF=5.123）和中文核心期刊《现代食品科技》发表论文各一篇；并以共同作者在《Trends in Food Science & Technology》（IF=16.002）和《Advances in Nutrition》（IF=11.567）发表 SCI 论文各一篇。

通过我的观察和了解，我认为该生进取心强、勤奋刻苦，能够独立带队开展实验，具有较强的逻辑思维能力、动手能力，且个人目标明确，对未来从事科学研究充满期待和向往，是一个优秀且具备潜力的学生。此外，该生在本科期间思想上积极上进，在各方面严格要求自己，已经成为了一名中共党员，同时担任班级生活委员一职，尊敬师长，友爱同学，具有较好的沟通能力和较强的社会责任感。

综上，本人积极推荐张婷婷同学申请我院 2023 年特长生免试攻读研究生。

推荐人姓名 伊扬磊 职称 副教授 单位 西北农林科技大学食品科学与工程学院

熟悉程度：很了解 ☒ 比较了解 ☐ 一般了解 ☐ 不太了解 ☐

推荐人联系电话：18700556848 Email：yyi@nwfufu.edu.cn

推荐人工作单位：西北农林科技大学食品科学与工程学院

推荐人承诺：我保证表中推荐内容的真实性，若有失实本人将承担相关责任。

推荐人签名：伊扬磊 2020 年 9 月 16 日

(公章)

推荐人姓名 吕欣 职称 教授 单位 西北农林科技大学食品科学与工程学院

熟悉程度：很了解 ☒ 比较了解 ☐ 一般了解 ☐ 不太了解 ☐

推荐人联系电话：15229020669 Email：xinlu@nwsuaf.edu.cn

推荐人工作单位：西北农林科技大学食品科学与工程学院

推荐人承诺：我保证表中推荐内容的真实性，若有失实本人将承担相关责任。

推荐人签名：吕欣 2020 年 9 月 16 日

(公章)

推荐人姓名 单媛媛 职称 副教授 单位 西北农林科技大学食品科学与工程学院

熟悉程度：很了解 ☒ 比较了解 ☐ 一般了解 ☐ 不太了解 ☐

推荐人联系电话：15229221762 Email：shanyuanyuan@nwfufu.edu.cn

推荐人工作单位：西北农林科技大学食品科学与工程学院

推荐人承诺：我保证表中推荐内容的真实性，若有失实本人将承担相关责任。

推荐人签名：单媛媛 2020 年 9 月 16 日

(公章)

注：此表必须以 A4 纸正反套印。