

齐盟, 胡亮, 辛雅明, 等. 枯草芽胞杆菌肽聚糖介导绵羊瘤胃上皮细胞 β -防御素表达的通路研究 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (5): 43-48.
QI M, HU L, XIN Y M, et al. Studies on the signaling pathway of the expression of ORECs β -defensin mediated by *Bacillus subtilis* peptidoglycan [J].
Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (5): 43-48.

枯草芽胞杆菌肽聚糖介导绵羊瘤胃上皮细胞 β -防御素表达的通路研究

齐盟^{1,2}, 胡亮³, 辛雅明⁴, 白绥明⁵, 郭铸苇⁶, 杨银凤^{1,2}

1. 内蒙古农业大学兽医学院, 内蒙古 呼和浩特 010011;
2. 内蒙古自治区基础兽医学重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010011;
3. 巴彦淖尔市农牧业科学研究所, 内蒙古 巴彦淖尔 015000;
4. 内蒙古鄂尔多斯市动物疫病预防和控制中心, 内蒙古 鄂尔多斯 017000;
5. 陕西省清涧县动物疫病预防控制中心, 陕西 榆林 718399;
6. 内蒙古自治区动物疫病预防控制中心/国家乳业技术创新中心, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要: 旨在探究来源于枯草芽胞杆菌细胞壁的肽聚糖诱导绵羊瘤胃上皮细胞 (ORECs) β -防御素-1 (SBD-1) 表达的信号通路情况。使用 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 肽聚糖刺激 ORECs 2 h, 通过实时荧光定量 PCR (RT-qPCR) 和蛋白免疫印迹 (Western blot) 方法, 检测 SBD-1 表达的信号通路因子 mRNA 和蛋白的表达量; 使用特异性抑制剂抑制各信号通路因子, 再使用 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 肽聚糖刺激 ORECs 2 h, 通过 RT-qPCR 和 ELISA 方法检测 SBD-1 mRNA 和蛋白的表达量, 确定介导 SBD-1 表达的主要信号通路。结果: 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 肽聚糖显著提升了 Toll 样受体 2 (TLR-2)、髓样分化因子 88 (MyD88)、细胞外调节蛋白激酶 (ERK1/2)、c-Jun 氨基末端激酶 (JNK) 和核因子 κB (NF- κB) mRNA 和蛋白的表达量 ($P < 0.001$, $P < 0.05$), 对 p38 丝裂原活化蛋白激酶 (p38 MAPK, P38) 的 mRNA 表达量没有显著影响; 使用信号通路抑制剂抑制了 ERK1/2、JNK 和 NF- κB 信号通路, 极显著降低肽聚糖诱导 ORECs 中 SBD-1 的 mRNA 和蛋白表达量 ($P < 0.001$, $P < 0.01$)。结论: 枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 SBD-1 表达由 TLR-2-MyD88-NF- κB 和 TLR-2-MyD88-MAPK (JNK、ERK1/2) 共同介导。

关键词: 枯草芽胞杆菌肽聚糖; β -防御素-1; 绵羊瘤胃上皮细胞; 核因子 κB

中图分类号: S826 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)05-0043-06

Studies on the signaling pathway of the expression of ORECs β -defensin mediated by *Bacillus subtilis* peptidoglycan

QI Meng^{1,2}, HU Liang³, XIN Yaming⁴, BAI Suiming⁵, GUO Zhuwei⁶, YANG Yingfeng^{1,2}

1. College of Veterinary Medicine of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010011, China;
2. Key Laboratory of Basic Veterinary Medicine of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010011, China;
3. Bayannur Institute of Agriculture and Animal Husbandry, Bayannur 015000, China;
4. Erdos Animal Disease Prevention and Control Center, Erdos 017000, China;
5. Qingjian County Animal Disease Prevention and Control Center, Shaanxi Province, Yulin 718399, China;
6. Inner Mongolia Animal Disease Prevention and Control Centre/National Centre for Dairy Technology and Innovation, Hohhot 010020, China)

Abstract: This study aimed to investigate the signaling pathways through which peptidoglycan derived from the cell wall of *Bacillus subtilis* induces the expression of sheep β -defensin-1 (SBD-1) in ovine rumen epithelial cells (ORECs). ORECs were stimulated with 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ peptidoglycan for 2 hours, and the mRNA and protein expression levels of SBD-1-related signaling pathway factors were analyzed using quantitative real-time PCR (RT-qPCR) and Western blot. Then, specific inhibitors were employed to block the individual signaling path-

收稿日期: 2024-05-15; 修回日期: 2025-03-09

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32060780); 内蒙古自治区教育厅项目 (NJZZ21015)

第一作者: 齐盟, 男, 蒙古族, 硕士

* 通信作者: 杨银凤, 教授, 博士生导师, 研究方向为草食动物消化道黏膜免疫, E-mail: julie1963@163.com。

ways, followed by stimulation with 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ peptidoglycan for 2 hours. Finally, SBD-1 mRNA and protein expression levels were measured via RT-qPCR and ELISA to identify the primary signaling pathways involved. The results showed that 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ peptidoglycan significantly upregulated the mRNA and protein expression of TLR-2, MyD88, ERK1/2, JNK, and NF- κB ($P < 0.001$, $P < 0.05$). Inhibition of the ERK1/2, JNK, and NF- κB signaling pathways using specific inhibitors markedly reduced peptidoglycan-induced SBD-1 mRNA and protein expression in ORECs ($P < 0.001$, $P < 0.01$). These findings indicated that the induction of SBD-1 expression by *Bacillus subtilis* peptidoglycan was mediated through both the TLR-2-MyD88-NF- κB and TLR-2-MyD88-MAPK (JNK, ERK1/2) pathways.

Keywords: *Bacillus subtilis* peptidoglycan; SBD-1; ORECs; NF- κB

内蒙古自治区是我国重要的畜产品生产加工基地之一,随着经济社会的发展和市场需求的扩大,集约化和规模化养殖模式不断取代传统养殖业,并在市场经济中发挥着重要的作用。在集约化养殖模式下,饲料中添加抗生素具有提高动物免疫力、增加饲料利用率和降低患病率的作用^[1]。然而,随着中国农业农村部“限抗令”的颁布,饲料中全面禁用促生长类抗生素。

防御素作为抗菌肽的一员,有着抗菌、抗病毒和抗肿瘤的作用,因此防御素也被科研人员视为抗生素潜在的替代品,关于防御素的研究不断深入^[2-4]。然而,由于防御素合成难度大,在体内很快会被代谢以及安全性有待验证等问题并不适合直接注射使用,所以诱导机体局部防御素的高表达成为可行的办法^[5-7]。已经有研究表明,益生菌及其外泌蛋白可以诱导体内防御素的产生^[8]。

运输或加工不当容易造成益生菌活性下降或丢失,从而影响益生作用,因此科研人员开发了后生元这一新型制剂,即由灭活的益生菌细胞壁成分和代谢产物组成的,具有和益生元同水平的免疫调节能力的产品^[9]。益生菌细胞壁成分是诱导防御素表达的主要物质,也是后生元的重要组成部分,有着方便运输和保存的优势。

绵羊体内共表达两种防御素,即 β -防御素(SBD)-1和SBD-2,SBD-2仅表达于舌和回肠远端,而SBD-1在整个消化道均有表达,且瘤胃中最多^[10]。前期试验已经证明枯草芽胞杆菌肽聚糖能够诱导绵羊瘤胃上皮细胞(ORECs)SBD-1的表达,当肽聚糖浓度为20 $\mu\text{g}/\text{mL}$,刺激时间为2 h时,SBD-1表达量达到最大值^[11]。枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导ORECs SBD-1表达的信号通路尚不明确。为了更好地服务内蒙古地区羊养殖业的发展,提高畜体的抗病能力,选择枯草芽胞杆菌的肽聚糖作为研究对象,探索其诱导ORECs SBD-1表达的机制,为枯草芽胞杆菌肽聚糖作为后生元和新型免疫调节剂开发提供新的思路和理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

ORECs由本课题组前期培养并保存于液氮中,复苏后使用。枯草芽胞杆菌肽聚糖(SMB00288),特异性抑制剂PD98059、SP600125、PDT, Sigma公司;EMDM/F12培养基, Gibco公司;总RNA提取试剂盒, Axygen公司;反转录试剂、荧光定量PCR(RT-qPCR)酶, TaKaRa公司;防御素 $\beta 1$ (DEF $\beta 1$) ELISA试剂盒, 武汉新启迪生物科技有限公司;动物全蛋白提取试剂盒, 生工生物工程(上海)股份有限公司;二辛可酸法(BCA)蛋白浓度测定试剂盒、SDS-PAGE凝胶制备试剂盒、PVDF膜, Solarbio公司;抗Toll样受体2(TLR-2)、抗核因子 κB (NF- κB)、抗 β -actin抗体, Bioss公司;抗 β -微管蛋白(β -Tubulin), 辣根过氧化物酶(HRP)标记亲和纯化山羊抗兔、山羊抗小鼠抗体, Proteintech公司;抗髓样分化因子88(MyD88)抗体, SANTA CRUZ公司;ECL超敏发光液, 上海碧云天生物技术股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 RT-qPCR检测枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导ORECs信号通路因子mRNA表达变化

将ORECs接种于6孔板中,待长满后饥饿处理12 h(EMDM-F12基础培养基),设置空白对照组和刺激组,刺激组使用20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 肽聚糖作用ORECs 2 h, PBS冲洗3次。按照说明书操作提取总RNA并反转录成cDNA,使用RT-qPCR技术检测刺激细胞前后各信号通路因子TLR-2、MyD88、NF- κB 、c-Jun氨基末端激酶(JNK)、细胞外调节蛋白激酶(ERK1/2)以及p38丝裂原活化蛋白激酶(p38 MAPK, P38)的mRNA相对 β -actin mRNA的表达量,引物序列见表1。反应程序:95 $^{\circ}\text{C}$ 30 s; 95 $^{\circ}\text{C}$ 5 s, 60 $^{\circ}\text{C}$ 20 s, 45个循环; 95 $^{\circ}\text{C}$ 5 s, 60 $^{\circ}\text{C}$ 30 s, 95 $^{\circ}\text{C}$ 15 s。

表 1 引物序列

引物名称	引物序列 (5'→3')	退火温度/℃	扩增产物长度/bp
SBD-1	F: GCTCTTCTTCGGTGCCT	59	133
	R: ACAGGTGCCAATCTGTCTCA		
P38	F: AGCACAAGAAGGCAGCACAA	56	74
	R: CCATCAGCAGCAGCAGACA		
ERK1/2	F: GCGCTACACCAATCTCTCGT	60	90
	R: ATGGCGACTCGGACTTTTGT		
JNK	F: ATGACTGCAAAGATGGAAACGA	59	113
	R: ATGCTCTGCTTCAGAATCTTGG		
NF-κB	F: AGCACAAGAAGGCAGCACAA	60	107
	R: CCATCAGCAGCAGCAGACA		
TLR-2	F: GTGTCCGCGGTGIGCIGTGC	60	190
	R: AAGTAGGAATCCCGCTCGTGTAGG		
MyD88	F: AGGTGCCGCTCGGATGCTGCTGTT	65	203
	R: TGGTGGCAGGGTTAGTGTAGTCA		
β-actin	F: CTCACCAACTGGGACGACA	60	208
	R: AGGCGTACAGGGACGACA		

1.2.2 Western blot 检测枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 ORECs 信号通路因子蛋白表达变化

将 ORECs 接种于 6 孔板中，饥饿处理 12 h，在设置空白对照组的同时刺激 ORECs (20 μg/mL 肽聚糖，2 h)，PBS 清洗 3 次，按照总蛋白提取试剂盒说明书提取蛋白，Western blot 检测刺激 ORECs 前后各通路因子 (TLR-2、MyD88、NF-κB、JNK 以及 ERK1/2) 蛋白表达量的变化。

1.2.3 RT-qPCR 和 ELISA 检测特异性抑制剂对枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 ORECs SBD-1 表达的影响

首先将细胞传至 12 孔细胞板，饥饿处理 12 h。将 ORECs 按空白对照组、阳性对照组、试验组、阴性对照组分组，使用各信号通路特异性抑制剂 PD98059 (ERK1/2)、SP600125 (JNK) 和 PDT (NF-κB) 处理试验组和阴性对照组 2 h，之后使用最佳刺激条件刺激 ORECs 2 h，分组情况见表 2。刺激后，收集培养上清液 (3 000 r/min，10 min 离心) -80 ℃ 保存备用，PBS 清洗 3 次，提取 RNA 并反转录，采用 RT-qPCR 和 ELISA 分别检测 SBD-1 mRNA 和蛋白的表达量。

1.3 数据统计与分析

使用 GraphPad Prism 7 单因子方差分析 (One-way ANOVA) 对试验数据进行分析，结果用“平均值±标准差”表示， $P < 0.05$ 表示有统计学差异， $P < 0.01$ 表示差异显著， $P < 0.001$ 表示差异极显著。

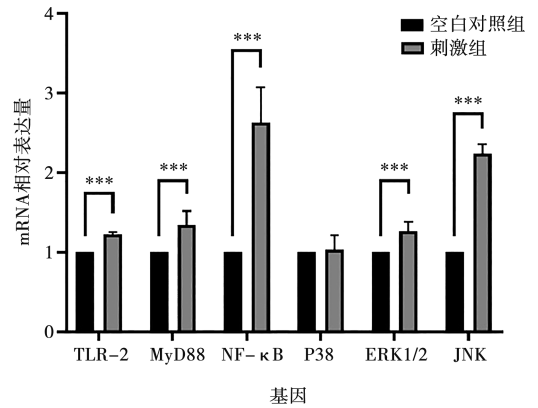
表 2 抑制剂分组

组别	SP600125	PD98059	PDT	枯草芽胞杆菌肽聚糖
空白对照	-	-	-	-
阳性对照	-	-	-	+
试验 1	+	-	-	+
试验 2	-	+	-	+
试验 3	-	-	+	+
阴性对照 1	+	-	-	-
阴性对照 2	-	+	-	-
阴性对照 3	-	-	+	-

2 结果

2.1 枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 ORECs 的信号通路因子 mRNA 表达变化

如图 1 所示，除 P38 外，各信号通路因子 (TLR-2、MyD88、JNK、ERK1/2、NF-κB) 的 mRNA 相对表达量均极显著高于对照组 ($P < 0.001$)，表明枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 ORECs SBD-1 的表达激活了 TLR-2、MyD88、JNK、ERK1/2、NF-κB 信号通路因子。



* 表示 $P < 0.05$ ，** 表示 $P < 0.01$ ，*** 表示 $P < 0.001$ 。下同。

图 1 枯草芽胞杆菌肽聚糖对 ORECs 信号通路各因子 mRNA 相对表达量的影响

2.2 枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 ORECs 的信号通路因子蛋白表达变化

如图所示 2，除 ERK1/2 蛋白表达量显著高于空白对照组 ($P < 0.05$)，其他信号通路因子蛋白表达量均极显著高于空白对照组 ($P < 0.001$)，与 RT-qPCR 结果基本一致，表明枯草芽胞杆菌肽聚糖能够激活 TLR-2、MyD88、ERK1/2、JNK、NF-κB 信号通路因子。

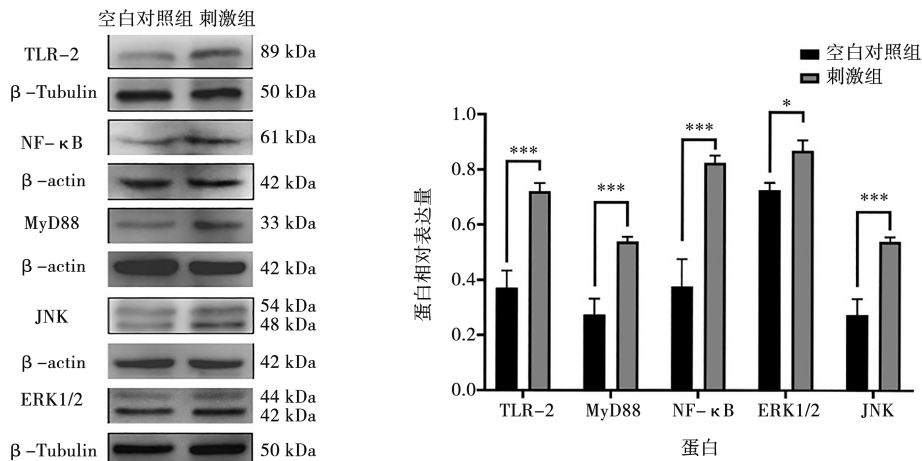


图2 枯草芽胞杆菌肽聚糖对 ORECs 信号通路各因子蛋白表达量的影响

2.3 特异性抑制剂对枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 ORECs SBD-1 mRNA 表达的影响

如图3所示,各阴性对照组与空白对照组相比,特异性抑制剂对 SBD-1 mRNA 表达量无显著差异 ($P>0.05$)。各试验组与阳性对照组相比, SBD-1 mRNA 的表达量均极显著降低 ($P<0.001$)。

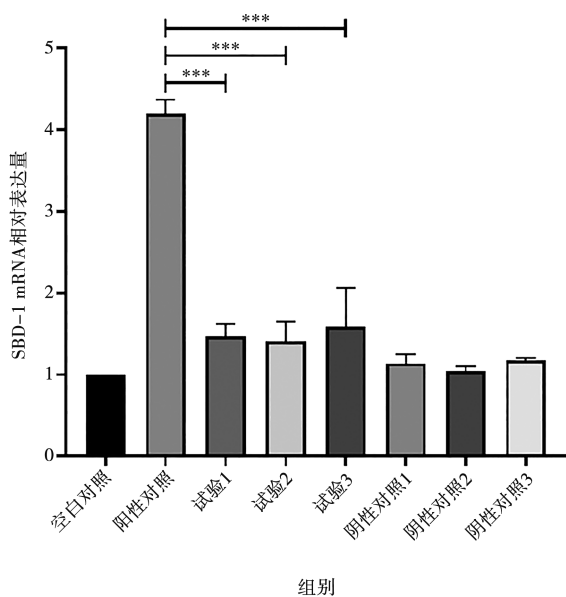


图3 特异性抑制剂预处理 ORECs 对枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 SBD-1 mRNA 表达的影响

2.4 ELISA 检测特异性抑制剂对枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 ORECs SBD-1 蛋白表达的影响

如图4所示,特异性抑制剂 PDTC、PD98059、SP600125 的阴性试验组与空白对照组的 SBD-1 蛋白表达量无显著性差异 ($P>0.05$),而添加特异性抑制剂的试验组与阳性对照组相比, SBD-1 蛋白表达量均极显著降低 ($P<0.001$, $P<0.01$)。

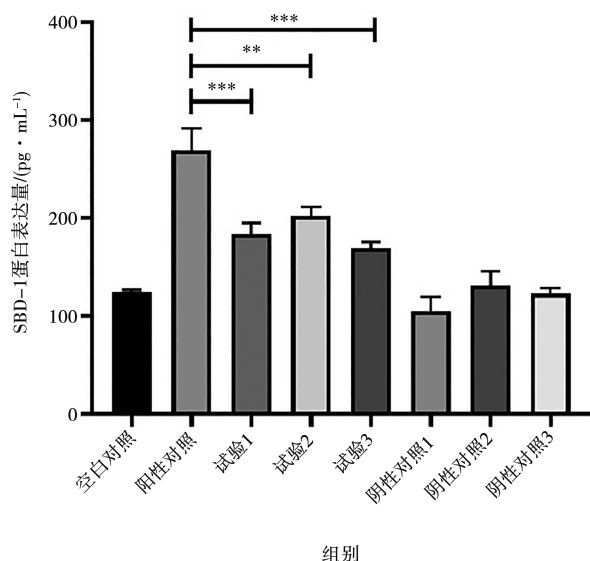


图4 特异性抑制剂预处理 ORECs 对枯草芽胞杆菌肽聚糖诱导 SBD-1 蛋白表达的影响

3 讨论

防御素作为机体自身产生的“抗生素”,在天然免疫中发挥着重要的作用。本课题组已经证明枯草芽胞杆菌肽聚糖可以诱导体外培养的 ORECs SBD-1 基因的表达,并且在所有刺激条件下均不会对 ORECs 产生毒性作用,但肽聚糖诱导 ORECs SBD-1 表达究竟通过哪条信号通路介导尚不清楚。Kim 等^[12]的研究表明,肽聚糖主要通过 NF- κ B 信号通路介导前列腺上皮细胞 SBD 的表达。Hussain 等^[13]的研究表明,葡萄球菌肽聚糖主要通过 MAPK (P38) 诱导鼠 SBD-2 的表达。Morishita 等^[14]的研究表明,肽聚糖能够激活 TLR-2、JNK 以及 NF- κ B 信号通路因子,进一步上调免疫因子的表达,使用肽聚糖特异性抗体

处理后,免疫因子表达量下降。枯草芽胞杆菌肽聚糖是单独通过 MAPK 或 NF- κ B 信号通路介导 SBD-1 的表达还是二者同时介导 SBD-1 的表达还不清楚。

根据本试验结果可知,枯草芽胞杆菌肽聚糖可以引起 TLR-2、JNK、ERK1/2 和 NF- κ B 信号通路因子 mRNA 和蛋白表达量升高,且无论是抑制 NF- κ B、JNK 和 ERK1/2 其中任意一个信号通路因子都能够显著降低 SBD-1 mRNA 和蛋白的表达量,说明 SBD-1 的表达受 NF- κ B、JNK 和 ERK1/2 等信号通路因子的共同调控,其中 NF- κ B 的作用最为明显。

虽然 NF- κ B 是炎症反应信号通路,但 NF- κ B 的表达也并非都是促炎作用,能够调节抗炎因子的产生。且 NF- κ B 的有限激活是有利的,低于炎症阈值的激活会使免疫系统更加警觉^[15-16]。Su 等^[17]的研究表明,猪 SBD-114 依赖 NF- κ B 信号通路表达的同时可以有效抑制肠上皮细胞内毒素中毒引起的炎症和细胞凋亡。肽聚糖在诱导 SBD 表达的同时,SBD 会与肿瘤坏死因子(TNF)受体相关因子 6 结合,抑制 NF- κ B 的过表达,负反馈调节炎症反应,从而保护机体健康^[18]。MAPK 中 ERK 和 JNK 信号通路的激活,也被证明可以降低炎症因子的表达,从而帮助机体调节免疫能力^[19]。P38 的激活在细胞损伤中扮演者重要的作用,但值得注意的是本试验中 P38 mRNA 的表达量并没有显著增加,这可能与肽聚糖的益生作用有关,益生菌肽聚糖作为免疫调节剂可以有效缓解细胞的炎症反应^[20],但枯草芽胞杆菌肽聚糖是否会造 ORECs 的炎症反应还有待试验进一步考证。

本次试验与 Yang 等^[21]的结果部分一致,其研究表明枯草芽胞杆菌通过激活鸡回肠上皮细胞 TLR-2-MyD88-NF- κ B 信号通路,提升鸡 SBD-1 的表达,但不同的是枯草芽胞杆菌肽聚糖还会引起 MAPK (JNK、ERK1/2) 信号通路的激活,这可能是由于刺激物和细胞类型不同而造成的。

益生菌肽聚糖参与免疫调节的机制,已经被广泛研究。本次试验也进一步证明了益生菌肽聚糖可调节机体先天性免疫功能,为肽聚糖作为免疫调节剂的使用提供了理论支持。本试验仅探究枯草芽胞杆菌肽聚糖在体外诱导 ORECs SBD-1 表达的信号通路,而在体内有着更加复杂的环境和影响因素,本课题组也会在未来进一步探究枯草芽胞杆菌肽聚糖是否能够在体内诱导 SBD-1 的表达及其诱导机制。

综上所述,枯草芽胞杆菌肽聚糖通过 TLR-2-MyD88-MAPK (JNK、ERK1/2) 和 TLR-2-MyD88-NF- κ B 共同介导体外培养的 ORECs SBD-1 的表达。

参考文献:

- [1] 胡香香. 畜牧生产中滥用抗生素对人类的影响 [J]. 中国畜禽种业, 2016, 12 (9): 36-37.
- [2] GANZ T. Defensins: antimicrobial peptides of vertebrates [J]. Comptes Rendus Biologies, 2004, 327 (6): 539-549.
- [3] KRISHNAKUMARI V, RANGARAJ N, NAGARAJ R. Antifungal activities of human beta-defensins HBD-1 to HBD-3 and their C-terminal analogs Phd1 to Phd3 [J]. Antimicrob Agents Chemother, 2009, 53 (1): 256-260.
- [4] HOLLY M K, DIAZ K, SMITH J G. Defensins in viral infection and pathogenesis [J]. Annual Review Virology, 2017, 4 (1): 369-391.
- [5] MAISETTA G, DI LUCA M, ESIN S, et al. Evaluation of the inhibitory effects of human serum components on bactericidal activity of human beta defensin 3 [J]. Peptides, 2008, 29 (1): 1-6.
- [6] SVENSON J, BRANDSDAL B O, STENSEN W, et al. Albumin binding of short cationic antimicrobial micropeptides and its influence on the *in vitro* bactericidal effect [J]. J Med Chem, 2007, 50 (14): 3334-3339.
- [7] PAZGIRT M, HOOVER D M, YANG D, et al. Human β -defensins [J]. Cell Mol Life Sci, 2006, 63 (11): 1294-1313.
- [8] 卢维城, 郑旭, 刘金富, 等. 双歧杆菌对坏死性小肠结肠炎新生大鼠肠道 β -防御素-2 表达的影响 [J]. 中国当代儿科杂志, 2018, 20 (3): 224-229.
- [9] 吴飞, 刘虎, 马树良, 等. 无抗日粮中添加后生元对断奶仔猪生长性能及肠道菌群结构的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57 (S1): 253-256.
- [10] 李砚, 杨银凤. 家畜体内防御素多态性和表达的研究进展 [J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40 (3): 160-168.
- [11] 齐盟, 辛雅明, 白绥明, 等. 枯草芽胞杆菌肽聚糖对绵羊瘤胃上皮细胞 β -防御素-1 (SBD-1) 表达的影响 [J]. 中国兽医杂志, 2023, 59 (11): 52-58.
- [12] KIM K H, LEE J, HAN J H, et al. Beta-defensin 124 is required for efficient innate immune responses in prostate epithelial RWPE-1 cells [J]. Korean J Urol, 2014, 55 (6): 417-425.
- [13] HUSSAIN T, NASREEN N, LAI Y, et al. Innate immune responses in murine pleural mesothelial cells; toll-like receptor-2 dependent induction of β -defensin-2 by staphylococcal peptidoglycan [J]. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol, 2008, 295 (3): L461.
- [14] MORISHITA M, SAGAYAMA R, YAMAWAKI Y, et al. Activation of host immune cells by probiotic-derived extracellular vesicles via TLR2-mediated signaling pathways [J]. Biol Pharm Bull, 2022, 45 (3): 354-359.
- [15] KIM Y G, OHTA T, TAKAHASHI T, et al. Probiotic *Lactobacillus casei* activates innate immunity via NF- κ B and p38 MAP kinase signaling pathways [J]. Microbes Infect, 2006, 8: 994-1005.
- [16] PETROF E O, KOJIMA K, ROPELESKI M J, et al. Probiotics inhibit nuclear factor- κ B and induce heat shock proteins in colonic epithelial cells through proteasome inhibition [J]. Gastroenterology, 2004, 127: 1474-1487.
- [17] SU G, LUO Y, CHEN D, et al. NF- κ B-dependent induction of porcine β -defensin 114 regulates intestinal epithelium homeostasis

[J]. *Int J Biol Macromol*, 2021, 192: 241-249.

[18] JIAN S, LENG J, WEN Z, et al. β -arrestin interacts with TRAF6 to negatively regulate the NF- κ B pathway in triangle sail mussel *Hyriopsis cumingii* [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2022, 127: 65-73.

[19] XU H, LAO L, JI C, et al. Anti-inflammation and adhesion enhancement properties of the multifunctional LPxTG-motif surface protein derived from the *Lactobacillus reuteri* DSM 8533 [J]. *Mol Immunol*, 2022, 146: 38-45.

[20] LIU Z Y, YANG H L, LI S, et al. Probiotic components of *Bacillus siamensis* LF4 mitigated β -conglycinin caused cell injury via modulating TLR2/MAPKs/NF- κ B signaling in *Lateolabrax maculatus* [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2023, 141: 109010.

[21] YANG J, WANG J, HUANG K, et al. Selenium enriched *Bacillus subtilis* yb-1114246 activated the TLR2-NF- κ B1 signaling pathway to regulate chicken intestinal β -defensin 1 expression [J]. *Food Funct*, 2021, 12 (13): 5913-5926.

· 信息 ·

21 种畜牧、兽医科学类中国科技核心期刊中《畜牧与兽医》综合评价总分排名第九位

《2024 年版中国科技期刊引证报告（核心版）自然科学卷》以《中国科技论文与引文数据库》（CSTPCD）为基础，采用科学客观的研究方法与评价方式，遴选中国自然科学领域各学科分类重要期刊作为统计来源期刊。2024 年版引证报告共收录了在中国（不含港澳台地区）正式出版的 1 998 种中文期刊和 167 种英文期刊，其中畜牧、兽医科学类期刊共收录 21 种，包括 19 本中文期刊和 2 本英文期刊，《畜牧与兽医》综合评价总分排名第九位。21 种期刊主要指标详见附表。

附表 2023 年畜牧、兽医科学类期刊主要指标

序号	刊名	核心总被引频次			核心影响因子			综合评价总分		学科扩散指标	学科影响指标	红点指标
		数值	排名	离均差率	数值	排名	离均差率	数值	排名			
1	ANIMAL NUTRITION	951	15	-0.49	1.612	2	0.65	51.9	2	6.52	0.81	0.25
2	JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY	1 123	13	-0.40	1.403	4	0.44	46.8	4	6.48	0.81	0.08
3	蚕业科学	627	19	-0.66	0.660	16	-0.32	34.3	13	7.19	0.43	0.25
4	动物医学进展	1 522	9	-0.19	0.670	15	-0.31	41.7	8	16.05	0.90	0.52
5	动物营养学报	7 671	1	3.11	1.990	1	1.04	78.4	1	16.33	1.00	0.82
6	家畜生态学报	1 158	12	-0.38	0.643	17	-0.34	34.6	12	8.90	0.95	0.54
7	经济动物学报	215	21	-0.88	0.510	20	-0.48	26.6	19	3.71	0.71	0.53
8	粮食与饲料工业	807	16	-0.57	0.618	19	-0.37	28.3	18	7.81	0.57	0.22
9	饲料工业	2 549	6	0.36	1.529	3	0.57	45.6	5	11.00	0.90	0.73
10	饲料研究	3 500	3	0.87	1.202	6	0.23	32.2	16	13.43	0.95	0.70
11	畜牧兽医学报	2 563	5	0.37	1.060	8	0.09	44.1	7	12.14	0.95	0.59
12	畜牧与兽医	1 484	11	-0.21	0.730	14	-0.25	39.1	9	9.48	0.86	0.57
13	畜牧与饲料科学	797	17	-0.57	0.620	18	-0.37	36.8	11	8.14	0.86	0.47
14	中国动物传染病学报	648	18	-0.65	0.821	11	-0.16	24.7	20	5.33	0.76	0.56
15	中国家禽	1 966	7	0.05	0.911	10	-0.07	33.6	15	7.71	0.95	0.56
16	中国兽药杂志	572	20	-0.69	0.462	21	-0.53	23.6	21	7.95	0.76	0.25
17	中国兽医科学	1 102	14	-0.41	0.772	12	-0.21	33.8	14	8.05	0.86	0.57
18	中国兽医学报	1 808	8	-0.03	0.761	13	-0.22	37.4	10	11.38	0.95	0.56
19	中国畜牧兽医	3 121	4	0.67	1.004	9	0.03	45.3	6	15.29	0.95	0.65
20	中国畜牧杂志	3 551	2	0.90	1.189	7	0.22	47.4	3	12.95	1.00	0.63
21	中国预防兽医学报	1 484	10	-0.21	1.338	5	0.37	31.0	17	6.52	0.81	0.47
21 种期刊平均值		1 868			0.976							

注：数据来自中国科学技术信息研究所《2024 年版中国科技期刊引证报告（核心版）自然科学卷》。