

Studies of Polydextrose and Nanometric Lactobacillus Plantarum nF1 on Intestinal Health

Xiao Wang, Rui Ma, Hongwei Hao, Yanjuan Li, Wenhua Yu, Hong Zhu*

Shijiazhuang Junlebao Dairy Industry Co. Ltd., Shijiazhuang Hebei
Email: wangxiao@jlbry.com, *zhuhong@jlbry.com

Received: Dec. 27th, 2019; accepted: Jan. 8th, 2020; published: Jan. 15th, 2020

Abstract

The present study was conducted to analyze the possible influence of a sterilized lactic acid bacteria beverage containing polydextrose or nanometric lactobacillus plantarum (nF1) on intestinal health of the adult. 90 healthy adults participated in present study as volunteers, and administered the test drinking for 14 days. The defecation of each volunteer was monitored everyday using recorder sheet including parameters of defecation frequency, fecal color, fecal shape, fecal quantity. During administration of test drink which contains polydextrose, the defecation frequency of volunteers was statically increased compared to those before administration respectively ($p < 0.05$); fecal color, fecal shape, fecal hardness, fecal quantity and the defecation feeling of volunteers were also statically increased compared to those before administration respectively ($p < 0.05$). During administration of test drink which contains nF1, the fecal color of volunteers was statically increased compared to those before administration respectively ($p < 0.05$). The results showed that the sterilized lactic acid bacteria beverage containing polydextrose or nF1 could improve the intestinal health to some extent, and the polydextrose was even more effective.

Keywords

Polydextrose, Nanometric Lactobacillus Plantarum, Intestinal Health, Sterilized Lactic Acid Bacteria Beverage

聚葡萄糖与热处理乳酸菌改善肠道作用研究

王 晓, 马 蕊, 郝红伟, 李艳娟, 于文花, 朱 宏*

石家庄君乐宝乳业有限公司, 河北 石家庄
Email: wangxiao@jlbry.com, *zhuhong@jlbry.com

*通讯作者。

文章引用: 王晓, 马蕊, 郝红伟, 李艳娟, 于文花, 朱宏. 聚葡萄糖与热处理乳酸菌改善肠道作用研究[J]. 食品与营养科学, 2020, 9(1): 38-46. DOI: 10.12677/hjfn.2020.91005

收稿日期：2019年12月27日；录用日期：2020年1月8日；发布日期：2020年1月15日

摘要

研究添加一定量聚葡萄糖或nF1纳米级热处理乳酸菌粉(简称nF1)的灭菌型乳酸菌饮料对成年人肠道健康的影响。90名志愿者进行了连续14 d灭菌型乳酸菌饮料试食试验；试验期间，通过填写《肠道健康状况评价表》的方式，对受试者的排便次数、粪便颜色、形状、排便量等指标的变化进行了详细的调查。饮用添加聚葡萄糖乳酸菌饮料的受试人员的排便次数出现了统计学上有意义的增加($p < 0.05$)，粪便颜色、粪便形状、粪便硬度、粪便量、排便时感觉也出现了统计学上有意义的趋于好的变化($p < 0.05$)。饮用添加nF1乳酸菌饮料的受试人员的粪便颜色出现了统计学上有意义的趋于好的变化($p < 0.05$)。研究结果显示，添加聚葡萄糖或nF1的灭菌型乳酸菌饮料均能在一定程度上改善肠道健康，聚葡萄糖的效果更为显著。

关键词

聚葡萄糖，热处理乳酸菌粉，肠道健康，灭菌型乳酸菌饮料

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

摄入充足的膳食纤维是健康饮食的重要组成部分。膳食纤维的积极作用主要来自于它对肠道的影响以及它本身的低热量[1]。聚葡萄糖是由葡萄糖、山梨醇和有机酸在高温和真空条件下合成的葡萄糖聚合物，是一种可溶性的膳食纤维。它通常被用作加工食品中糖或脂肪的替代品。有研究表明，聚葡萄糖在大肠中发酵，导致粪便体积增大，运输时间缩短，大便变软，粪便 pH 值降低[2] [3] [4] [5] [6]。

益生菌是当摄入量足够时，对宿主表现出有益作用的活微生物[7]。益生菌通过调节免疫功能在胃肠道中发挥重要作用。特别是植物乳杆菌作为各种蔬菜发酵的主要菌种，具有多种益生菌作用；例如，它具有免疫增强活性、改善慢性肠道炎症和肠易激综合症的症状[8] [9]。植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*, Lp)是生长在泡菜中的许多乳酸菌之一，泡菜是韩国餐的重要组成部分。nF1 纳米级热处理乳酸菌粉(简称 nF1)是一种由植物乳杆菌死亡细胞经热处理和纳米分散处理而成的乳酸菌粉，粒径小于 1 μm [10]。研究表明，nF1 具有改善肠道环境、提高免疫力的作用[7] [11]。

随着人们健康意识的提高，添加膳食纤维、益生菌等产品越来越受到广大消费者的喜爱。针对不同添加物改善肠道健康研究，确定不同添加物的实际功效及其作用机理具有极其重要的实践意义。本文主要研究聚葡萄糖、nF1 菌粉对人体肠道的改善效果。分别将一定量的聚葡萄糖、nF1 菌粉添加到一种不含有活性乳酸菌的乳酸菌饮料中，采用“肠道改善表现评价方法” [12]进行人群试饮试验，对聚葡萄糖、nF1 菌粉的改善肠道健康功能进行了研究，进而为其在产品中的应用奠定理论基础。

2. 材料与方法

2.1. 材料

聚葡萄糖、nF1 纳米级热处理乳酸菌粉(简称 nF1)分别添加到灭菌型乳酸菌饮料中饮用。聚葡萄糖为

美国泰来贸易有限公司提供, nF1 为韩国 Biogenicskorea 公司提供, 灭菌型乳酸菌饮料为石家庄君乐宝乳业有限公司提供。

2.2. 实验人员及方法

在石家庄君乐宝乳业有限公司招募 90 名合格志愿者, 其中已经排除胃肠疾病患者、服用抗生素、过敏体质人员、进行过肠道手术人员及妊娠或哺乳期妇女, 年龄范围为 20~55 岁。试验共分为三组, 每组分别有 30 名志愿者参加试饮, 按照试饮前的排便次数情况, 平均分配到各组, 志愿者对饮料中的添加物情况未知。第一组: 对照组(不额外添加聚葡萄糖或 nF1, 灭菌型乳酸菌饮料本身含 1.12% 聚葡萄糖), 其中有女性 28 人, 男性 2 人, 年龄范围为 25~50 岁; 第二组: 聚葡萄糖饮用组(聚葡萄糖添加量 3% [13]), 其中有女性 29 人, 男性 1 人, 年龄范围为 20~55 岁; 第三组: nF1 饮用组(nF1 添加量 $1.2 \times 10^9/\text{mL}$ [14]), 其中有女性 29 人, 男性 1 人, 年龄范围为 25~50 岁。

试验分为饮用前(7 d)、饮用中(14 d)、饮用后(7 d)三个阶段, 试饮期间志愿者每天饮用一瓶(330 mL) 灭菌型乳酸菌饮料, 试饮前、试饮中、试饮后每天填写肠道健康状况评价表, 记录肠道状况。试饮效果评估指标包括排便次数、粪便颜色、粪便形状、粪便硬度、粪便量、粪便气味、排便时的感觉及排便后的感觉等。粪便颜色用 1~6 分别代表黄色、橙黄色、红褐色、青色、黑褐色、黑色; 粪便形状用 1~6 粪便代表羊粪状、蚕蛹状、香蕉状、螺旋状、泥状、水状; 粪便硬度用 1~5 分别表示很软 - 很硬; 粪便量用 1~5 分别表示很多 - 很少; 粪便气味用 1~5 表示不臭 - 很臭; 排便时的感觉用 1~5 表示很轻松 - 很费力; 排便后的感觉用 1~5 表示未排净 - 很舒畅。

2.3. 数据分析

数据分析过程中各指标采用分制来表示。用 SPSS Statistics 17 软件来进行数据的统计学处理, 数据均以平均值 \pm 标准差表示, 三个试饮组组内比较采用配对 T 检验, $p < 0.05$ 认为差异显著。

3. 结果与分析

3.1. 整体变化

三组改善肠道健康的人群试饮调查, 受试人员每组分别 30 人, 试饮期间未出现任何异常情况, 受试人员无使用药物情况。

饮用三组灭菌型乳酸菌饮料后, 三组志愿者在饮用第一周、饮用第二周、饮用后 3 个阶段, 便性指标排便次数、粪便颜色、粪便形状、粪便硬度、粪便量、排便时的感觉均有一定程度的改善。聚葡萄糖饮用组的改善效果最明显。

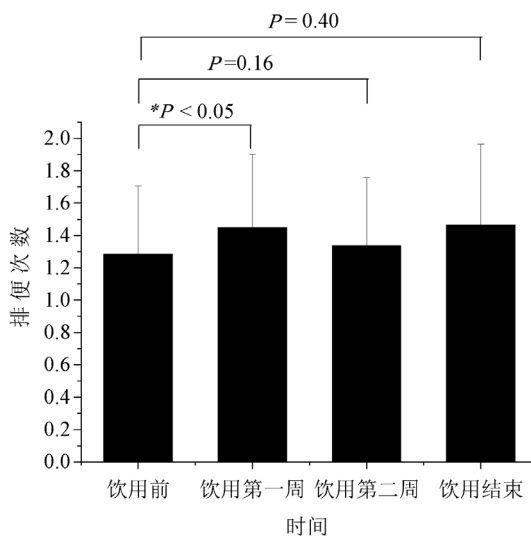
3.2. 排便次数

排便次数的增加是有效促进肠道蠕动、减少粪便滞留时间的最直观指标。实验结果表明, 聚葡萄糖饮用组的排便次数(图 1)在饮用期间和饮用后均比饮用前多, 志愿者的排便次数在饮用第一周与饮用前相比, 具有显著性差异($p < 0.05$), 对照组、nF1 饮用组的排便次数与饮用前比均无统计学意义。

3.3. 粪便颜色

粪便的颜色除了因每一个体的饮食习惯有一定变化以外, 胆汁中的丙酮酸对粪便的颜色起着很大的影响, 胆汁中的丙酮酸在低 pH 的条件下呈金黄色, 但随着肠内有害微生物的增加, 特别是梭状芽孢杆菌(*Clostridium spp.*)为代表的具有很强的蛋白质分解活性的微生物, 使肠内环境随着 NH_4 等的大量产生逐步变为碱性, 丙酮酸等变为褐色, 导致粪便逐步变为深褐色, 最后变成黑色, 同时将伴随着各种恶臭[15]。

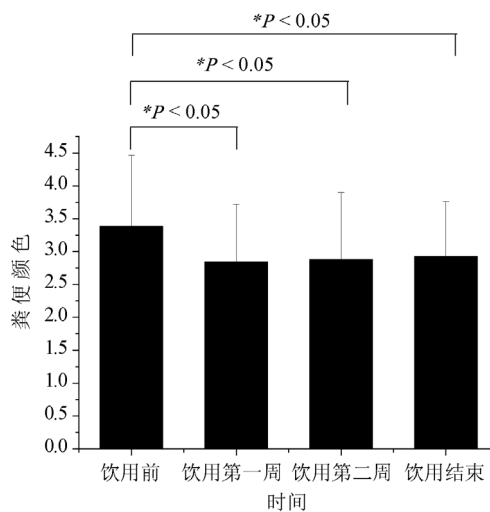
实验结果表明，聚葡萄糖饮用组(图 2)和 nF1 饮用组(图 3)的粪便颜色在饮用期间和饮用结束后，粪便颜色由红褐色逐渐向橙黄色转变，志愿者饮用第一周、第二周、饮用后的粪便颜色与饮用前相比，具有显著性差异($p < 0.05$)，对照组无统计学意义。



注：“*”表示在 5%水平有显著性差异。

Figure 1. The defecation frequency changes of polydextrose-drinking volunteers

图 1. 聚葡萄糖饮用组志愿者的排便次数变化



注：“*”表示在 5%水平有显著性差异。

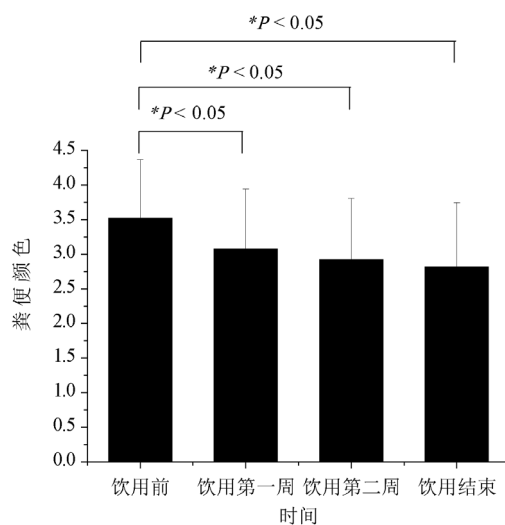
Figure 2. The fecal color changes of polydextrose-drinking volunteers

图 2. 聚葡萄糖饮用组志愿者的粪便颜色变化

3.4. 粪便形状

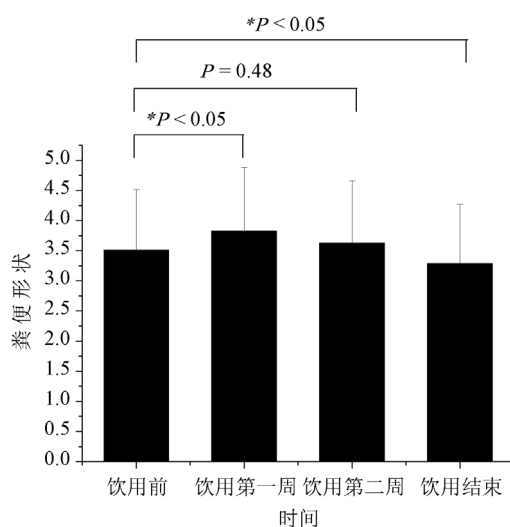
粪便形状，可体现身体的各种肠道状况。粪便是人或动物的食物残渣排泄物。粪便的四分之三是水分，其余大部分是蛋白质、无机物、脂肪、未消化的食物纤维、脱了水的消化液残余、以及从肠道脱落

的细胞和死掉的细菌，还有维生素 K、维生素 B [16]。通过结果可以看出，聚葡萄糖饮用组在饮用期间，粪便形状有从香蕉状向螺旋状转变的趋势，但随着饮用的结束，粪便的形状又接近香蕉状。粪便的形状与粪便的含水量有关，聚葡萄糖摄入可能会增加粪便的含水量，导致粪便趋于螺旋状。聚葡萄糖饮用组(图 4)志愿者饮用第一周、饮用后的粪便形状与饮用前相比，具有显著性差异($p < 0.05$)，对照组、nF1 饮用组无统计学意义。



注：“*”表示在 5%水平有显著性差异。

Figure 3. The fecal color changes of nF1-drinking volunteers
图 3. nF1 饮用组志愿者的粪便颜色变化



注：“*”表示在 5%水平有显著性差异。

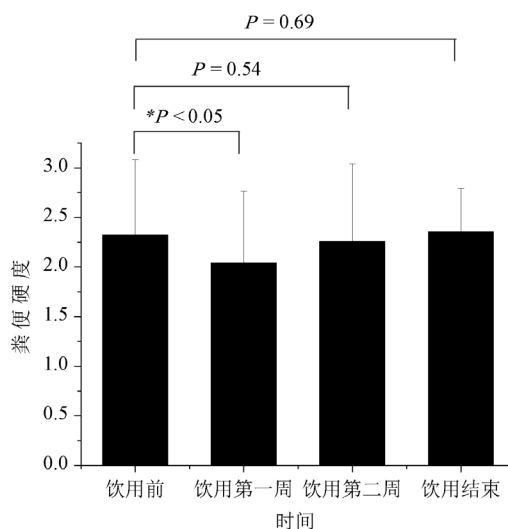
Figure 4. The fecal shape changes of polydextrose-drinking volunteers

图 4. 聚葡萄糖饮用组志愿者的粪便形状变化

3.5. 粪便硬度

粪便硬度与粪便中水分含量有关，正常含有 70%~80%的水分，粪便过硬容易形成便秘[17]。实验结

果表明，聚葡萄糖饮用组(图 5)志愿者的粪便硬度由硬逐渐向软转变，志愿者饮用第一周与饮用前相比，具有显著性差异($p < 0.05$)，对照组和 nF1 饮用组无统计学意义。

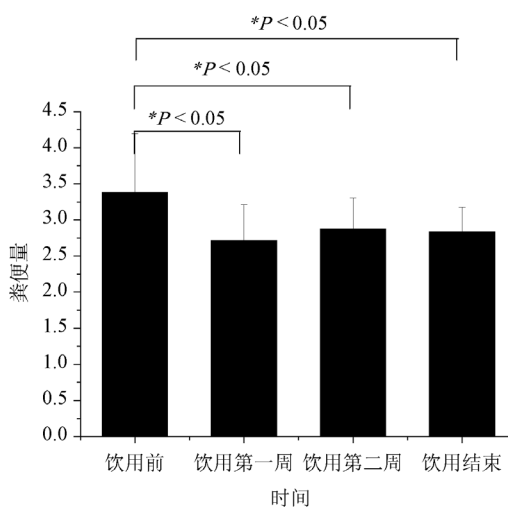


注：“*”表示在 5%水平有显著性差异。

Figure 5. The fecal hardness changes of polydextrose-drinking volunteers
图 5. 聚葡萄糖饮用组志愿者的粪便硬度变化

3.6. 粪便量

粪便量随食物种类，食用量及消化器官的功能状态而异。正常成人大多每日排便一次，其量约为 100 g~300 g，进食粗粮及含纤维较多的食物，粪便量较多；摄入细粮及肉食为主者粪便细腻而量少。胃、肠、胰有炎症或功能紊乱时因分泌、渗出及消化吸收不良而粪便量增多。实验结果表明，聚葡萄糖饮用组(图 6)志愿者的粪便量由多逐渐向少转变，这可能与排便次数较饮用前增加有关，排便次数。志愿者饮用第一周、饮用第二周、饮用后分别与饮用前相比，具有显著性差异($p < 0.05$)，对照组和 nF1 饮用组无统计学意义。

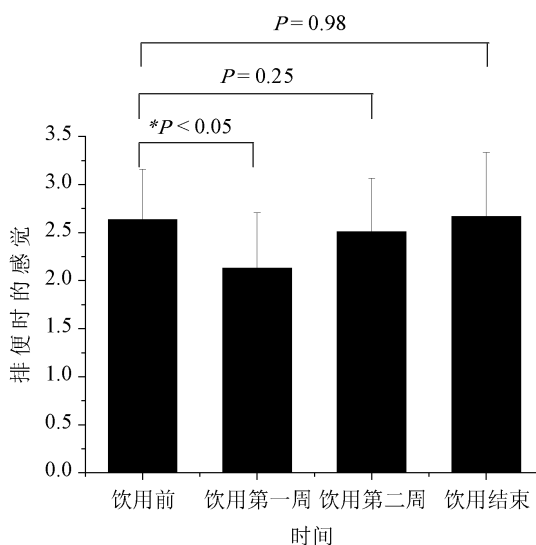


注：“*”表示在 5%水平有显著性差异。

Figure 6. The fecal quantity changes of polydextrose-drinking volunteers
图 6. 聚葡萄糖饮用组志愿者的粪便量变化

3.7. 排便时的感觉

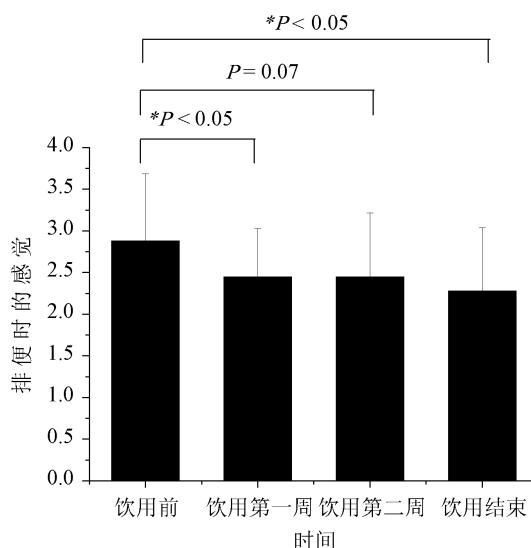
益生菌能够有效抑制肠道内腐败菌的滋生, 改善肠道环境, 使得粪便松软而利于排泄[18]。益生元是一种可被选择性发酵的配料, 它专一性地改变有益宿主健康福利的胃肠道菌群的组成和(或)活力[19] [20]。实验结果表明, 聚葡萄糖饮用组、对照组志愿者排便时的感觉由一般向轻松转变, 聚葡萄糖饮用组(图 7)饮用第一周、对照组(图 8)饮用第一周、饮用后分别与饮用前相比, 具有显著性差异($p < 0.05$), nF1 饮用组无统计学意义。



注：“*”表示在 5%水平有显著性差异。

Figure 7. The defecation feeling changes of polydextrose-drinking volunteers

图 7. 聚葡萄糖饮用组志愿者排便时的感觉变化



注：“*”表示在 5%水平有显著性差异。

Figure 8. The defecation feeling changes of the control group volunteers

图 8. 对照组志愿者排便时的感觉变化

4. 结论与讨论

本研究主要通过“肠道改善表观调查表”对志愿者的肠道状况进行调查,除排便次数外,其余均为定性指标,对定性指标赋予分制,对定性指标进行定量分析。实验结果表明,聚葡萄糖、nF1 菌粉对肠道健康均具有改善效果,一定添加量(聚葡萄糖添加量为 3%,规格 330 mL)的聚葡萄糖对肠道健康改善的作用更为显著。

聚葡萄糖饮用组的效果最为明显,主要表现为饮用后排便次数增加、粪便颜色变浅,粪便形状趋于螺旋状,粪便硬度变软,粪便量增加,排便时感觉更轻松。这可能与聚葡萄糖的添加量有关,添加量高,聚葡萄糖在大肠中发酵,效果越明显。对照组对肠道健康也有一定的改善作用,主要体现在排便时的感觉变轻松,这可能与乳酸菌饮料中本身含有的聚葡萄糖有关,但添加量小,效果不明显。nF1 饮用组对肠道健康的作用主要体现在粪便颜色上,饮用后粪便颜色变浅。有研究表明,副干酪乳杆菌 N1115 可以促进肠上皮细胞增殖、分化及肠粘膜功能的建立,对小鼠的肠道发育有促进作用[21]。今后,应对聚葡萄糖、nF1 对肠道微生物的影响,及其作用机理进行更深入的探索。

参考文献

- [1] Verspreet, J., Damen, B., Broekaert, W.F., et al. (2016) A Critical Look at Prebiotics within the Dietary Fiber Concept. *Annual Review of Food Science and Technology*, **7**, 167-190. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-081315-032749>
- [2] Tomlin, J. and Read, N.W. (1988) A Comparative Study of the Effects on Colon Function Caused by Feeding Ispaghula Husk and Polydextrose. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, **2**, 513-519.
- [3] Nakagawa, Y., Okamatsu, H. and Fujii, Y. (1990) Effects of Polydextrose Feeding on the Frequency and Feeling of Defecation in Healthy Female Volunteers. *Eiyo to Shokuryo*, **43**, 95-101. <https://doi.org/10.4327/jsnfs.43.95>
- [4] Oku, T., Fujii, Y. and Okamatsu, H. (1991) Polydextrose as Dietary Fiber. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, **11**, 31-40. <https://doi.org/10.3164/jcbtn.11.31>
- [5] Endo, K., Kumemura, M., Nakamura, K., Fujisawa, T., Suzuki, K., Benno, Y., et al. (1991) Effect of High Cholesterol Diet and Polydextrose Supplementation on the Microflora, Bacterial Enzyme Activity, Putrefactive Products, Volatile Fatty Acid (VFA) Profile, Weight, and pH of the Feces in Healthy Volunteers. *Bifidobacteria and Microflora*, **10**, 53-64. https://doi.org/10.12938/bifidus1982.10.1_53
- [6] Achour, L., et al. (1994) Gastrointestinal Effects and Energy Value of Polydextrose in Healthy Nonobese Men. *American Journal of Clinical Nutrition*, **59**, 1362-1368. <https://doi.org/10.1093/ajcn/59.6.1362>
- [7] Lee, H.A., Kim, H., Lee, K.W. and Park, K.Y. (2016) Dead *Lactobacillus plantarum* Stimulates and Skews Immune Responses toward T Helper 1 and 17 Polarizations in RAW 264.7 Cells and Mouse Splenocytes. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **26**, 469. <https://doi.org/10.4014/jmb.1511.11001>
- [8] De Vries, M.C., Vaughan, E.E., Kleerebezem, M. and de Vos, W.M. (2006) *Lactobacillus plantarum*—Survival, Functional and Potential Probiotic Properties in the Human Intestinal Tract. *International Dairy Journal*, **16**, 1018-1028. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.09.003>
- [9] Hur, H.J., Lee, K.W. and Lee, H.J. (2010) Production of Nitric Oxide, Tumor Necrosis Factor- α and Interleukin-6 by RAW264.7 Macrophage Cells Treated with Lactic Acid Bacteria Isolated from Kimchi. *Biofactors*, **21**, 123-125. <https://doi.org/10.1002/biof.552210124>
- [10] Choi, D.-W., Jung, S.Y., Kang, J., Nam, Y.-D., Lim, S.-I., Kim, K.T., et al. (2018) Immune-Enhancing Effect of Nanometric *Lactobacillus plantarum* nF1 (nLp-nF1) in a Mouse Model of Cyclophosphamide-Induced Immunosuppression. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **28**, 218-226. <https://doi.org/10.4014/jmb.1709.09024>
- [11] Lee, H.A., Kim, H., Lee, K.W. and Park, K.Y. (2016) Dietary Nano-Sized *Lactobacillus plantarum* Enhances the Anticancer Effect of Kimchi on Azoxymethane and Dextran Sulfate Sodium-Induced Colon Cancer in C57BL/6J Mice. *Journal of Environmental Pathology Toxicology & Oncology*, **35**, 147. <https://doi.org/10.1615/JEnvironPatholToxicolOncol.2016015633>
- [12] Hao, H.W., Ma, R., Wang, S.J. and Zhu, H. (2018) Comparative Studies of Three Different Prebiotics on Intestinal Health. *Hans Journal of Food and Nutrition Science*, **7**, 145-151. <https://doi.org/10.12677/HJFNS.2018.72017>
- [13] 庞明利, 孙常文, 张士刚, 杨海军. 聚葡萄糖在酸奶中的应用优势及高纤酸奶市场趋势[J]. *中国食品*, 2012, 15(19): 48-50.

-
- [14] Lee, A., Lee, Y.J., Yoo, H.J., *et al.* (2017) Consumption of Dairy Yogurt Containing *Lactobacillus paracasei* ssp. *Paracasei*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* and Heat-Treated *Lactobacillus plantarum* Improves Immune Function Including Natural Killer Cell Activity. *Nutrients*, **9**, 558. <https://doi.org/10.3390/nu9060558>
- [15] 王世杰, 朱宏, 陆淳, 何方, 冯丽莉, 罗永康. LB-1 乳酸菌饮料对成年女性肠道健康的影响[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(9): 193-196.
- [16] 冯丽莉, 王华, 王世杰, 李兴峰, 朱宏. 即食型乳酸菌菌粉改善肠道健康的研究[J]. 食品研究与开发, 2017(9): 11.
- [17] Li, C., Nie, S.-P., Zhu, K.-X., Xiong, T., Li, C., Gong, J., *et al.* (2015) Effect of *Lactobacillus plantarum* NCU116 on Loperamide-Induced Constipation in Mice. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **66**, 533-538. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1024204>
- [18] 熊德鑫. 现代微生态学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2000: 173.
- [19] 许爱清, 李宗军, 王远亮, 刘平. 肠道健康导向的功能食品研究进展[J]. 食品与机械, 2010, 26(5): 158-163.
- [20] Gibson, G.R., Probert, H.M., Van Loo, J., Rastall, R.A. and Roberfroid, M.B. (2004) Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Updating the Concept of Prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, **17**, 259-275. <https://doi.org/10.1079/NRR200479>
- [21] 王世杰, 鄢芳, 何方, 朱宏. 副干酪乳杆菌 N1115 对乳鼠肠道发育影响研究[J]. 营养学报, 2016, 38(1): 71-74.