

REVIEW

낙농산업에서 항생제 사용의 문제점과 프로바이오틱스의 활용을 통한 생산성 향상

서영은^{1†} · 유윤정^{1†} · 윤요한^{1,2*}

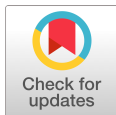
¹숙명여자대학교 식품영양학과, ²숙명여자대학교 위해분석연구센터

Use of Probiotics in Dairy Industry to Improve Productivity and as an Alternative to Antibiotics

Yeongeun Seo^{1†}, Yoonjeong Yoo^{1†}, and Yohan Yoon^{1,2*}

¹Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea

²Risk Analysis Research Center, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea



Received: June 24, 2021

Revised: June 28, 2021

Accepted: June 28, 2021

† These authors contributed equally to this study.

*Corresponding author :

Yohan Yoon

Department of Food and Nutrition,
Sookmyung Women's University, Seoul,
Korea

Tel : +82-2-2077-7585

Fax : +82-2-710-9479

E-mail : yyoon@sookmyung.ac.kr

Copyright © 2021 Korean Society of Dairy Science and Biotechnology.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Yohan Yoon

<https://orcid.org/0000-0002-4561-6218>

Yeongeun Seo

<https://orcid.org/0000-0003-4986-9770>

Yoonjeong Yoo

<https://orcid.org/0000-0003-4575-3682>

Abstract

Antibiotics are widely used to improve productivity in the dairy industry. However, the inappropriate use of antibiotics causes the deterioration in the quality of dairy products undergoing fermentation and maturation. Hence, probiotic use is emerging as an alternative to curb the increased utilization of antibiotics. Probiotics are defined as "living microorganisms that, when administered in appropriate amounts, confer health benefits on the host." They may improve host disease resistance by regulating intestinal microflora balance and promote animal growth and development. In the dairy industry, probiotics have been studied to increase milk production by improving digestion in dairy cows, enhance the content of dairy components such as milk fat and protein, reduce the risk of mastitis in cows, and increase calf weight. Thus, the use of probiotics can improve the production and safety of dairy products. However, some probiotics are still unstable during storage and have low quality and safety issues. Therefore, to reduce the use of antibiotics in the dairy industry, probiotics should be developed and produced considering the above-mentioned problems.

Keywords

dairy industry, antibiotic, probiotics

서론

항생제는 사람과 동물의 다양한 질병 치료 및 축·수산업에서 생산성 향상을 위해 광범위하게 사용되고 있다[1]. 항생제는 가축의 성장 촉진과 사료효율을 개선하기 위하여 널리 사용되어 왔으나 축산물 내 잔류 항생물질이 인체의 항생제 내성의 원인이 되는 등의 문제점이 있다[2]. 항생제 사용에 따른 대표적 문제점은 항생제 내성균의 발생이다. 병원성 세균이 항생제 내성 인자를 획득함에 따라 질병의 난치 혹은 불치 등의 문제가 발생할 수 있으며, 2050년에는 전 세계적으로 항생제 내성 균에 의한 사망자 수가 1천만 명에 이를 것이라는 연구결과가 보고되었다[3,4]. 항생제의 오남용은 항생제 내성 발생의 가장 중요한 위험인자로 알려져 있으며, WHO에서도 체내 항생제 내성 발생의 주요 원인 중 하나로 농축수산업에서의 항생제 오남용을 제시하였다[5,6]. 전 세계적으로 항생제 내성에 대한 문제를 심각하게 다루고 있으며, 부적절한 항생제 처방을 줄이고 항생제 내성에 대응하기 위해 전 세계적인 협조의 필요성을 강조하고 있다. 이에 'One health'란 개념으로 세계보건기구, 세계동물보건기구, 유엔식량농업기구 등의 국제기구에서 항생제 내성에 대한 논의를 수행하고 부적절한 항

생제 처방을 줄이기 위한 정책을 운영하고 있다[7,8].

낙농산업에서는 젖소의 유방염, 호흡기 질환 등의 치료를 목적으로 항생제를 사용하고 있다[9]. 그러나, 항생제 휴약기간 미준수 등의 이유로 항생제가 우유에 소량이라도 존재할 경우, 치즈 제조 시 부적절한 커드 형성에 따른 숙성 실패, 유가공품의 풍미 저하, 숙성 및 발효 유가공품 제조시 스타터 균주 생장 저해 등의 문제를 야기할 수 있다[10]. 이에 따라 국내·외에서 국가 차원의 항생제 사용 감소를 유도하고 있으며, 항생제의 대안으로 프로바이오틱스를 제시하고 있다. 따라서, 본 논문을 통해 낙농산업에서 항생제 사용의 문제점과 프로바이오틱스 사용의 필요성을 살펴보고자 한다.

본 론

1. 낙농산업에서 항생제의 문제점

농림축산식품부에서 발간한 ‘국가 항생제 사용 및 내성 모니터링’ 보고서에 의하면, 2019년 기준 국내 항생제 총 판매량은 903톤이며, 2013년 이후 점차 판매량이 증가하는 추세를 보이고 있다. 2010년 이후 매년 돼지, 닭, 소의 순서로 항생제 판매량이 많았으며, 2019년 기준 전체 항생제 판매량에서 돼지에 사용된 항생제는 56%, 닭은 16%, 소는 11%를 차지하였다[11].

가축 및 도축장에서 항생제 내성균 발생 확인 결과, 항생제 감수성 검사 지표세균인 *Escherichia coli*의 경우 소, 돼지, 닭 모든 축종에서 ampicillin, streptomycin, tetracycline, sulfisoxazole 내성이 높음을 확인하였다. 더불어, 축산물에서 분리한 *E. coli*에서 tetracycline, ampicillin, nalidixic acid, sulfisoxazole, streptomycin에 대한 항생제 내성률이 비교적 높게 확인되었다[11].

낙농산업에서는 젖소 유방염 등의 질병 치료를 위하여 항생제를 사용하고 있으나, 휴약 기간 미준수 등의 이유로 우유에서 항생제가 검출되고 있다[12]. 2019년 국내 유통 원유 336건에 대한 항생제 잔류물질 조사결과, 총 11건의 원유에서 항생제 잔류허용 기준치를 초과하였다[13]. 우유에 항생제가 잔류할 경우, 유가공품 제조 시 젖산 발효를 줄여 부패를 유발할 수 있으며, 숙성 및 발효 유가공품 제조 시 스타터 균주 생장 저해와 이에 따른 유가공품의 풍미 저하가 발생할 수 있다[10]. 또한, 항생제가 잔류해 있는 우유를 사람이 섭취하게 되면 사람에게 알리지 반응을 일으킬 수 있다[14].

2. 프로바이오틱스의 사용과 효능

전 세계적으로 항생제 사용을 줄이려는 노력으로 프로바이오틱스 사용량이 증가하고 있다. 항생제는 미생물이 생성한 물질로 세균의 발육을 억제하거나 사멸시키는 물질이라면 프로바이오틱스는 균들의 공생, 상생 능력을 이용하여 면역기능을 증진시키고 유해 미생물의 생장을 저해하는 등의 효과를 나타낸다.

프로바이오틱스(probiotics)는 ‘적절한 양으로 투여하면 숙주에게 건강상의 이점을 주는 살아있는 미생물’로 정의되며, 장내 미생물의 균형 조절 및 동물의 성장과 발달을 촉진하여 질병에 대한 숙주 저항력을 향상시킬 수 있다[15,16]. 또한 가축의 사료 이용률 증대, 면역력 향상, 장내 병원성 미생물에 해로운 항균 물질을 생산하는 기능이 있으며 소에 있어서는 생산능 향상, 스트레스 감소, 숙주의 선천성 면역 자극 및 반추위 내 미생물에 지속적으로 젖산을 공급하여 반추위 발효가 증진되도록 한다[17-19]. 프로바이오틱스가 젖소의 생산성과 건강에 미치는 연구는 여러 연구자들을 통해 보고되고 있으며, 「사료 등의 기준 및 규격」에 허가되어 있고 축산농가에서 사용하고 있는 프로바이오틱스로는 *Lactobacillus*, *Rhodopseudomonas*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Pediacoccus* 외 유익곰팡이와 유익효모 등으로 다양하다. 프로바이오틱스의 사용방법 또한 단일 미생물을 단독으로 사용하거나 두 가지 이상의 미생물을 혼합하여 사용하는 방법 등 다양한 방법으로 활용되고 있다.

젖소의 경우, probiotic 및 prebiotic 제제를 사용하면 우유 생산량이 증가하고 유방염 위험이 감소되며 송아지에서는 소화기 질환에 대한 내성을 증가시켜 체중 증가량이 향상된다고 보고하였다 [20]. 국내 한 연구에 의하면 *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus oryzae* 및 *Streptomyces griseus* 등의 프로바이오틱스를 Holstein 젖소에 급여하고 산유능력 검정을 실시한 결과, 프로바이오틱스를 급여하였을 때 산유량, 유지율, 유지지방량, 유단백량, 무지고형분량이 증가하였으며 체세포수가 감소하는 효과를 보였다고 밝혔다[21]. 또한 복합 프로바이오틱스 급여가 반추위 발효 특성 및 젖소의 유생산성에 미치는 영향을 확인한 연구에서 복합 프로바이오틱스를 착유우 사료에 0.2% 첨가하여 8주간 급여한 결과, 복합 프로바이오틱스 첨가는 착유우의 유량 및 유성분(유지방 및 유단백질 합량)을 향상시켰으며 복합 프로바이오틱스의 첨가가 사료의 소화율을 증가시켜 젖소의 유생산성을 향상시켰다고 밝혔다[22]. *B. subtilis*는 젖소의 우유 생산량과 반추위 발효를 향상시킨다는 사실을 발견했으며, *B. subtilis natto*의 보충은 송아지의 혈청 면역글로불린(Ig) G와 IFN- γ 수치를 증가시킬 수 있다고 보고했다[23-25]. *S. cerevisiae*는 반추위 미생물의 발효를 조절하고 *in vitro* 실험에서 젖산 흡수와 셀룰로오스 소화를 자극할 수 있다고 보고되었다[26]. Xu et al.의 연구에 따르면 젖소에게 젖산균(*L. casei*, *L. plantarum*) 급여 결과, 우유 생산량과 우유 IgG, lactoferrin, lysozyme 및 lactoperoxidase의 함량을 크게 증가시켰고 체세포 수는 크게 감소되었다고 하였다[27]. 젖산균 급여가 분변 세균의 풍부도와 다양성을 변화시키지는 않았지만, 훨씬 더 많은 반추위 발효 세균 (*Bacteroides*, *Roseburia*, *Ruminococcus*, *Clostridium*, *Coprococcus* and *Dorea*) 및 유익한 세균(*Faecalibacterium prausnitzii*)이 발견되었으며, *Bacillus cereus*, *Cronobacter sakazakii* 및 *Alkaliphilus oremlandii*와 같은 일부 기회성 병원균은 억제되었다고 보고하였다.

3. 낙농산업에서 프로바이오틱스 사용의 문제점

축산용 프로바이오틱스의 경우 이미 *Bacillus*, 효모, 젖산균 등 다양한 제품들이 판매되고 있으나 경제성만 고려하여 급여하거나 작용기작 및 효능이 불분명한 경우가 많으며 사료가공 중 고온 및 고압 공정 단계에서 프로바이오틱스의 안정성이 낮아지는 경우가 많다. 또한 기존 시장은 여러 가지 제품들이 난립되면서 과학적이며 객관적인 판단기준이 없어 가격이 저렴한 제품들만 선택하려는 경향이 있어 제품의 품질이 점점 낮아져 가고 있는 상태이다. 따라서 낙농산업에 적합한 프로바이오틱스 기준(사료 가공시 안정성, 장내 안정성 및 기능성 등)에 따른 프로바이오틱스 개발이 필요하다.

결론

배합사료 내 항생제 사용 금지 조치 이후 프로바이오틱스가 항생제 대안으로 크게 주목받아 관련 시장이 빠르게 성장하고 있으며, 전 세계 동물 사료용 프로바이오틱스 시장은 계속 성장할 것으로 전망하고 있다. 하지만 일부 동물용 프로바이오틱스의 경우 안정성이나 효능 등에 문제를 보이고 있다. 따라서, 낙농산업에서 프로바이오틱스의 사용은 항생제의 사용을 감소시킬 수 있을 것으로 전망되며 상기 기술한 문제점들이 프로바이오틱스에 의해 해결된다면 그 전망은 더욱 좋을 것이다.

Conflict of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

References

1. National Institute of Environmental Research [NIER]. Research on risk assessment of pharmaceutical in the environment for preparing the future management strategies [Internet]. 2013 [cited 2021 Jun 21]. Available from: https://policy.ni.go.kr/search/searchDetail.do?rec_key=UH1_00000106230331&kwd=%EA%B5%AD%EB%A6%BD%ED%99%98%EA%B2%BD%EA%B3%BC%ED%95%99%EC%9B%90¶mPreKwds=
2. Wu TS, Duncan J, Tsao SW, Chang CJ, Keller PJ, Floss HG. Biosynthesis of the ansamycin antibiotic ansatrienin (mycotrienin) by *Streptomyces collinus*. *J Nat Prod*. 1987;50:108-118.
3. Seol KH, Kim HW, Han KS, Lee MJ, Jang AR, Oh MH, et al. Analysis of microorganisms and antibiotic resistance in organic dairy farm. *J Dairy Sci Biotechnol*. 2011;29:81-85.
4. O'Neill J. Review on antimicrobial resistance: tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. London: Wellcome Trust; 2016.
5. Song JH. Current status and future strategies of antimicrobial resistance in Korea. *Korean J Med*. 2009;77:143-151.
6. Lee EJ, Park J, Lee G, Kim DS. The use of broad-spectrum antibiotics and antibiotics to treat antimicrobial-resistant bacteria. *Yakhak Hoeji*. 2019;63:43-53.
7. Kim JA, Kim MJ, Kim JH. Development of a model to expand the outpatient drug supplementation business for the proper prescription of antibiotics [Internet]. 2019 [cited 2021 Jun 21]. Available from: <https://repository.hira.or.kr/handle/2019.oak/2263>
8. Jo JS. OECD antibiotic use status and prospect and economic analysis in livestock sector. *World Agric*. 2018;215:83-101.
9. Raymond MJ, Wohrle RD, Call DR. Assessment and promotion of judicious antibiotic use on dairy farms in Washington State. *J Dairy Sci*. 2006;89:3228-3240.
10. Singh S, Shukla S, Tandia N, Kumar N, Paliwal R. Antibiotic residues: a global challenge. *Pharm Sci Monit*. 2014;5:184-197.
11. Animal And Plant Quarantine Agency [APQA]. National antibiotic use and resistance monitoring in 2019: Animals, livestock and marine products [Internet]. 2020 [cited 2021 Jun 21]. Available from: https://ebook.qia.go.kr/home/view.php?host=main&site=20200901_095408
12. Krömker V, Leimbach S. Mastitis treatment: reduction in antibiotic usage in dairy cows. *Reprod Domest Anim*. 2017;52:21-29.
13. Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. Announcement of test results for milk and seafood residues [Internet]. 2019 [cited 2021 Jun 21]. Available from: https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=43288
14. Lee HJ, Kang YW, Lee SM, An KA, Lee RK, Seo SC, et al. Detection and monitoring of benzylpenicillin residues in livestock and marine products. *Korean J Food Sci Technol*. 2014;46:288-294.
15. Sarowska J, Choroszy-Król I, Regulska-Iłow B, Frej-Madrzak M, Jama-Kmiecik A. The therapeutic effect of probiotic bacteria on gastrointestinal diseases. *Adv Clin Exp Med*. 2013;22:759-766.

16. McFarland LV. From yaks to yogurt: the history, development, and current use of probiotics. *Clin Infect Dis*. 2015;60:S85-S90.
17. Broadway PAUL, Carroll J, Callaway T. Alternative antimicrobial supplements that positively impact animal health and food safety. *Agric Food Anal Bacteriol*. 2014;4:109-121.
18. Lee SH, Lillehoj HS, Dalloul RA, Park DW, Hong YH, Lin JJ. Influence of *Pediococcus*-based probiotic on coccidiosis in broiler chickens. *Poult Sci*. 2007;86:63-66.
19. Dhama K, Mahendran M, Tomar S, Chauhan RS. Beneficial effects of probiotics and prebiotics in livestock and poultry: the current perspectives. *Intas Polivet*. 2008;9:1-2.
20. Radzikowski D. Effect of probiotics, prebiotics and synbiotics on the productivity and health of dairy cows and calves. *World Sci News*. 2017;78:193-198.
21. Son IS. Effects of probiotics addition on the milking performance and manure properties of dairy cows [M.S. thesis]. Andong: Andong National University; 2005.
22. Jung SE. Effects of feeding probiotics on In vitro rumen fermentation and milk production in dairy cows [M.S. thesis]. Jeonju: Chonbuk National University; 2019.
23. Sun P, Wang JQ, Zhang HT. Effects of supplementation of *Bacillus subtilis* natto Na and N1 strains on rumen development in dairy calves. *Anim Feed Sci Technol*. 2011;164:154-160.
24. Sun P, Wang JQ, Deng LF. Effects of *Bacillus subtilis* natto on milk production, rumen fermentation and ruminal microbiome of dairy cows. *Animal*. 2013;7:216-222.
25. Qiao GH, Shan AS, Ma N, Ma QQ, Sun ZW. Effect of supplemental *Bacillus* cultures on rumen fermentation and milk yield in Chinese Holstein cows. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2010;94:429-436.
26. Callaway ES, Martin SA. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J Dairy Sci*. 1997;80:2035-2044.
27. Xu H, Huang W, Hou Q, Kwok LY, Sun Z, Ma H, et al. The effects of probiotics administration on the milk production, milk components and fecal bacteria microbiota of dairy cows. *Sci Bull*. 2017;62:767-774.