

酿酒酵母培养物对瘤胃内环境和免疫功能的影响及其在反刍动物上的应用

张书阅^{1, 2}, 熊本海³, 刘明⁴, 蒋林树^{1, 2*}

1 北京农学院动物科学技术学院, 北京102206
2 奶牛营养学北京市重点实验室, 北京102206
3 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京100193
4 北京中农弘科生物技术有限公司, 北京102206

摘 要: 酿酒酵母培养物具有促进反刍动物消化、调节瘤胃微生物区系和改善免疫功能等作用, 在反刍动物生产上的应用日趋广泛。近年来, 科技工作者就酿酒酵母培养物成分及其在畜牧业生产上的应用开展了大量研究。对近年来酿酒酵母培养物对反刍动物瘤胃内环境、免疫功能和生产性能等方面的影响做出综述, 以期酿酒酵母培养物在后续科学研究和生产实践应用提供理论依据。

关键词: 酿酒酵母培养物; 反刍动物; 瘤胃; 免疫功能

0 引言

酿酒酵母培养物 (*Saccharomyces Cerevisiae* culture) 是一种应用广泛的功能性微生态制剂, 由酿酒酵母菌经特定工艺条件和培养基发酵代谢产生, 富含大量生物活性物质。酿酒酵母培养物主要由细胞外代谢产物、变性培养基和少量无活性的酵母细胞组成, 包括营养活性物质、酶类、芳香物质以及一些促

进畜禽生长的未知因子^[1]。酿酒酵母培养物在反刍动物中发挥的作用机制主要有改善瘤胃微生物区系、促进瘤胃发酵和增强机体免疫功能等。在当前饲料“禁抗”和养殖“减抗”背景下, 酿酒酵母培养物因其显著的促瘤胃发酵和改善微生物区系等效果, 日益受到养殖场(户)的青睐。合理使用酿酒酵母培养物, 并将其作为饲用抗生素替代品, 对反刍动物的提质增效和绿色健康养殖具有重要的现实意义。

基金项目: 国家“十三五”重点研发计划(项目编号: 2017YFD0701604-2); 北京市现代农业产业技术体系奶牛创新团队(项目编号: 20120143)

作者简介: 张书阅(1998-), 女, 山东临沂人, 硕士, 研究方向为奶牛营养与免疫。
熊本海(1963-), 男, 湖北红安人, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向为畜牧信息技术;
刘明(1981-), 男, 山东人, 博士, 研究方向为畜禽健康养殖;

***通信作者:** 蒋林树(1971-), 浙江富阳人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为奶牛营养与免疫。

1 酿酒酵母培养物的主要活性成分

酿酒酵母菌是人们最早了解和使用的益生菌之一。酿酒酵母培养物是以酿酒酵母菌为主要菌种，采用液-固发酵模式，通过有氧液态发酵和厌氧固态发酵相结合的发酵工艺生产而成^[2]。首先，通过液态发酵工艺让酿酒酵母菌扩繁达到最大生物量，然后通过固态厌氧发酵工艺使酵母菌产生大量的活性代谢产物，最后经高温灭活和干燥制得酿酒酵母培养物。2014年，农业农村部将酿酒酵母培养物从《饲料添加剂品种目录》转入到《中国饲料原料目录》。

酵母培养物最早在国外被用作反刍动物蛋白质饲料的补充^[3]，如今已经被广泛应用于动物生产中。酿酒酵母培养物含有小肽、有机酸和甘露聚糖等多种活性物质^[4]，能够刺激瘤胃微生物生长繁殖，并提高反刍动物的生长性能。与酵母菌、乳酸菌等益生菌在动物肠道或瘤胃内定植发挥作用的方式不同，酿酒酵母培养物是通过多种代谢活性物质的协同互作来发挥效果。不同厂家生产的酿酒酵母培养物营养成分及活性物质含量不同，其在生产中的作用效果也存在较大差异^[5~8]。

1.1 小肽

酿酒酵母培养物的蛋白质含量为17.00%~20.00%，其中小肽含量为7.20%~9.90%^[3]。小肽具有重要的营养和生理活性，分子量一般为180~1 000 Da，其有动物机体所必需的8种氨基酸且比例适宜，是优质蛋白质来源之一。麦角固醇、谷胱甘肽等小肽还具有多种潜在益生功效^[3]。另有研究表明，酵母来源的小肽表现出较好的还原性和清除1,1-二苯基-2-三硝基苯肼（DPPH）自由基的能力^[9]。与氨基酸和蛋白质等大分子结构物质相比，小肽分子质量小，易溶于水，更容易被机体消化吸收。研究发现，酿酒酵母培养物中的小肽能够被动物直接吸收，参与机体生理活动和代谢调控，从而

促进动物生长，改善动物健康状态，并提高畜产品品质^[10]。

1.2 有机酸

酿酒酵母菌在发酵过程中会产生各种有机酸，且随发酵时间推移，有机酸含量呈现出先升高后平稳的趋势^[10, 11]。有研究证实，乙酸、丁酸和丙酸等有机酸对反刍动物具有良好的瘤胃调控作用^[12, 13]。不同酿酒酵母培养物产品的有机酸种类和含量各不相同，孙喆^[8]通过气相色谱质谱联用（GC/MS）全扫描分析方法，发现所有酿酒酵母培养物中均含有乙酸和丙酸。Li等^[14]发现给发生亚急性瘤胃酸中毒（Subacute Ruminal Acidosis, SARA）的奶牛补饲酿酒酵母培养物后，其SARA症状可缓解，且促进乳脂肪产生。其原因是酿酒酵母培养物中有机酸等活性成分促进了纤维分解菌和乳酸利用菌的生长，降低乳酸生成。同时，酿酒酵母培养物还能够减缓乙酸下降，进而促进乳脂合成。

1.3 生物活性多糖

生物活性多糖是由7个以上同种或多种单糖通过糖苷键聚合而成的天然大分子聚合物。酿酒酵母培养物中的生物活性多糖主要来源于酵母细胞壁，酵母细胞壁占酿酒酵母细胞干重的20.00%~30.00%。酵母细胞壁多糖主要由 β -葡聚糖和甘露聚糖组成， β -葡聚糖占29.00%~64.00%，甘露聚糖占31.00%^[15, 16]。 β -葡聚糖和甘露聚糖等生物活性多糖具有重要的免疫调节功能^[17]。孙喆^[8]通过代谢组学和动物饲养试验发现，酿酒酵母培养物能够抑制有害菌生长，这可能与酵母细胞壁活性多糖有关。另外，Khan等^[18]研究证实，酵母细胞壁活性多糖中 β -葡聚糖具有抗氧化和抑菌活性。

2 酿酒酵母培养物在反刍动物中发挥作用的机制

酿酒酵母培养物在反刍动物中发挥作用的机制

主要有改善瘤胃微生物区系、促进瘤胃发酵和增强机体免疫功能等。其中最重要的是改善瘤胃微生物区系。

2.1 改善瘤胃微生物区系

反刍动物瘤胃由原虫、细菌、古细菌及真菌等多种微生物组成并相互作用，有助于维持瘤胃内环境稳定和保障机体健康^[19]。酿酒酵母培养物含有大量的活性物质和未知生长因子，能够改善瘤胃微生物区系的菌群种类和数量，促进瘤胃内环境稳态平衡。酿酒酵母培养物中的甘露聚糖、有机酸等营养活性物质，能为瘤胃内双歧杆菌生长提供特殊的发酵底物。选择性刺激瘤胃内特定微生物的生长可提高瘤胃中总细菌数量，特别是提高纤维分解菌和乳酸利用菌数量，瘤胃内纤维分解菌数量的增加有助于粗纤维和营养物质的吸收利用^[20, 21]。Mitchell等^[22]用苜蓿干草、青贮玉米和禾本干草饲喂7~16周断奶犊牛，在添加酿酒酵母培养物进行补饲时发现，犊牛瘤胃微生物的组成均得到显著改善。Liu等^[23]研究发现，酿酒酵母培养物通过影响微生物门、属水平相对丰度改变瘤胃微生物区系组成。此外，Welty等^[24]指出，奶牛饲喂2.00%~2.50%酿酒酵母培养物，能够有效减少瘤胃内产甲烷菌数量。

2.2 促进瘤胃发酵

氨态氮、挥发性脂肪酸浓度和瘤胃pH值是判断反刍动物瘤胃发酵情况的重要指标。酿酒酵母培养物可促进瘤胃发酵：一方面，酿酒酵母培养物能够促进耗氧菌在瘤胃内繁殖并消耗大量氧气，提供厌氧环境，有利于瘤胃发酵；另一方面，酿酒酵母培养物中维生素、小肽和有机酸等营养物质能够刺激瘤胃细菌的生长，加快NH₃-N的吸收利用，合成菌体蛋白^[25]。日粮精粗比会影响反刍动物瘤胃内pH值，精料比重过大，淀粉类物质在瘤胃内消化过程中可产生大量有机酸积累，导致瘤胃内pH值迅速下降，抑制营养物质吸收，造成瘤胃酸中毒。酿酒酵母培养物能够促进乳酸利用菌的生长，提高乳酸的

利用能力，进而稳定瘤胃pH值^[26]。

2.3 增强免疫功能和提高动物健康水平

酿酒酵母培养物含有甘露聚糖等生物活性多糖，能够刺激奶牛免疫系统的发育，并有助于吸附体内有害菌和毒素，提高奶牛抗病能力。祝铁钢等^[27]在奶牛日粮中添加酿酒酵母培养物，发现实验组奶牛血清中谷丙转氨酶活性极显著降低，血清免疫球蛋白G含量极显著升高，超氧化物歧化酶活性增强，认为日粮中添加酿酒酵母培养物可提高奶牛机体的免疫力和抗氧化能力。另外，Alugongo等^[28]研究发现，给犊牛饲喂酿酒酵母培养物能够显著减少腹泻和发热等疾病的发生，提高生长性能。Mahmoud等^[29]在5.0月龄公羔羊的日粮中添加酿酒酵母培养物和酵母菌的研究中发现，酿酒酵母培养物可显著提高血清球蛋白、免疫球蛋白A（IgA）、免疫球蛋白G（IgG）和免疫球蛋白M（IgM）含量，且酿酒酵母培养物提高羔羊机体免疫力和抗氧化的效果显著高于酵母菌。

3 酿酒酵母培养物在反刍动物生产上的应用

大量研究证实，日粮添加酿酒酵母培养物能够显著改善反刍动物的瘤胃功能并提高其生产性能，包括增强其营养吸收、免疫功能和抗应激的能力，以及提高饲料转化效率和肉、奶品质等。目前，酿酒酵母培养物已在奶牛、肉牛和肉羊等反刍动物生产上普遍使用^[21, 30~33]。

3.1 酿酒酵母培养物在奶牛生产上的应用

酿酒酵母培养物可改善奶牛的饲料消化率、产奶量和乳品质。谢景龙等^[34]给泌乳期荷斯坦牛饲喂酿酒酵母培养物，添加量为150 g/头·天，结果发现，试验组均不同程度降低粪筛上层比例，提高了饲料消化率，产奶量平均提高3.30%以上。有学者认为日粮品质，尤其是粗纤维品质和精粗比与酿酒酵母培养物的

添加直接相关，饲喂酿酒酵母培养物能够降低干物质采食量，提高饲料消化率^[35]。Dias等^[25]发现，奶牛高淀粉日粮配合酿酒酵母培养物使用，可提高纤维、淀粉消化率，并可降低SARA的风险。张忠^[36]在高泌乳中期荷斯坦牛饲喂酿酒酵母培养物的研究中发现，与对照组相比，按照20 g/头·天和30 g/头·天添加酿酒酵母培养物分别使产奶量显著提高7.59%和9.69%，乳脂率提高5.28%和6.45%，乳蛋白率提高4.78%和6.07%。这一结果与Ye等^[37]提出的酿酒酵母培养物可增加乳脂率，改善乳品质的研究结论一致。

酿酒酵母培养物可显著提高奶牛抗应激能力。分娩阶段的代谢紊乱是奶牛免疫力不稳定、抗应激能力降低的主要原因^[38]。Yuan等^[39]发现在奶牛分娩前后补饲酿酒酵母培养物可增强其体液和黏膜免疫，有效改善母牛子宫和乳腺健康。Shi等^[40]发现，在围产期添加酿酒酵母发酵产物可减少奶牛炎症的发生。还有研究表明，在平均温湿指数67.6的条件下，给哺乳期奶牛补饲酿酒酵母培养物可减少体热损失，提高泌乳后期奶牛的血浆烟酸浓度和饲料利用率，维持产奶量^[41]。但其他研究报道，在体况、生产稳定条件下，添加酿酒酵母培养物对奶牛体细胞数量影响不显著^[42, 43]。因此，部分研究者认为，酿酒酵母培养物缓解热应激的效果，可能与热休克蛋白基因表达减少和过氧化酶谷胱甘肽活性增加有关。

3.2 酿酒酵母培养物在肉牛生产上的应用

酿酒酵母培养物对犊牛生长、调节免疫功能和瘤胃微生物定植有显著促进作用。在肉牛生产上，0.0~6.0月龄是犊牛生长速度最快的时期，也是瘤胃微生物菌群定植和免疫系统发育的重要时期，犊牛阶段的饲养管理水平直接关系到肉牛养殖经济效益。2.5月龄以上的犊牛添加酿酒酵母培养物，可改善犊牛免疫力，提高饲料消化率，促进生长发育，提高日增重和生长速度^[44, 45]。2.5月龄犊牛饲喂酿酒酵母培养物30 g/头·天，结果发现，犊牛腹泻率和死亡率均显著低于对照组，且腹泻后补饲酿酒酵母培养物有增强疗效的作用^[46]。金亚东^[47]研究发现，

新生荷斯坦小公牛补饲酿酒酵母培养物，可显著降低粪便沙门氏菌数量和提高双歧杆菌数量。

肉牛育肥期高精日粮条件下，酿酒酵母培养物能够显著降低瘤胃酸中毒风险，改善牛肉品质。Wagner等^[48]和黄文明等^[49]的研究显示，育肥期肉牛日粮添加酿酒酵母培养物，有利于提高饲料消化率和日增重。Shen等^[50]在高精日粮饲喂育肥牛研究中，用酿酒酵母培养物替代莫能菌素，瘤胃pH值低于5.6的持续时间与对照组相比缩短了6 h，从而降低瘤胃酸中毒风险。耿春银等^[51]研究发现，酿酒酵母培养物对肉牛的背最长肌大理石纹形成具有帮助作用，并显著改善牛肉品质。

3.3 酿酒酵母培养物在肉羊生产上的应用

酿酒酵母培养物可稳定肉羊瘤胃内环境，提高饲料消化率和生长育肥性能。24.0月龄绵羊分别饲喂酿酒酵母培养物和莫能菌素治疗急性瘤胃酸中毒（Acute Ruminal Lactic Acidosis, ARLA）的研究中，Reis等^[52]发现酿酒酵母培养物可通过减少乳酸提高pH值，达到治疗效果；与莫能菌素的暂时缓解效果相比，酿酒酵母培养物更适用于肉羊ARLA的防治。甄玉国等^[53]和赵国宏等^[54]研究发现，酿酒酵母培养物能改善羊瘤胃微生物菌群，增加拟杆菌门和纤维素菌门丰度，增加梭菌等有益菌数量，显著提高干物质、蛋白和纤维的消化率。Malekkhahi等^[55]研究发现，在高精料日粮条件下，添加不同酿酒酵母培养物对育肥羊的干物质采食量、日增重和饲料转化效率没有显著影响，但可以提高粗蛋白质和中性洗涤纤维的消化率。Yang等^[56]对85日龄羔羊的研究发现，在不同非结构碳水化合物和脂肪比例的日粮中，分别添加2.3 g/kg和0.8 g/kg（以干物质为基础）的酿酒酵母培养物，可提高饲料消化率和羔羊生长性能，改善其胴体品质。

4 酿酒酵母培养物的应用展望

复合功能型酿酒酵母培养物是未来产业开发与

应用的重要方向。目前,酿酒酵母培养物主要用于预防性降低疾病风险,还达不到治疗疾病的效果^[57]。有研究表明,酵母菌与芽孢杆菌配伍生产酿酒酵母培养物,能产生更多的营养活性物质^[10, 43]。酿酒酵母菌属于兼性厌氧菌,而芽孢杆菌属于耗氧菌,芽孢杆菌在生长初期能够快速消耗氧气,为酵母菌提供一个无氧环境,减少酵母菌的有氧代谢消耗,使酵母菌充分进行无氧发酵,产生更多营养活性物质。酵母菌与芽孢杆菌配伍发酵生产的复合功能型酿酒酵母培养物,可显著提高反刍动物消化率^[58]。

酿酒酵母培养物能够稳定瘤胃内环境、改善肠道菌群结构、提高肠道屏障和免疫功能,从而增强反刍动物的抗病能力。但是,长期饲喂酿酒酵母培养物是否能够发挥更好的疾病预防效果,目前尚不清楚。此外,不同厂家、不同配伍的酿酒酵母培养物作用效果对比,以及针对活性物质成分差异分析的研究也较少,未来应进一步深入研究,为实现反刍动物健康养殖和畜产品品质的可持续发展提供科学理论依据。■

参考文献

- [1] 霍妍明,李素霞,蒋贵娥,等. 酵母培养物在奶牛生产中的研究进展[J]. 饲料博览, 2020 (10): 18-20.
- [2] 赵国宏,王世琴,刁其玉,等. 酵母培养物在反刍动物高精料饲粮条件下的应用研究进展[J]. 动物营养学报, 2019, 31 (8): 3473-3481.
- [3] 刘明,张文晔,韩慧,等. 酵母培养物改善单胃动物肠道健康的作用及其可能途径[J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56 (9): 26-30.
- [4] 刘源,李文辉,刘明,等. 酵母源生物饲料的研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53 (9): 16-20.
- [5] 闫碧川,李振乾,李胜利,等. 不同酵母培养物对泌乳中后期奶牛生产性能、养分表观消化率以及血清指标的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30 (7): 2732-2740.
- [6] 王卫正,刘青,张香云,等. 酵母培养物对奶牛生产性能及抗氧化功能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52 (19): 61-66.
- [7] 于松叶,江楠,于攀业,等. 不同国产酵母培养物产品对荷斯坦奶牛饲料消化率影响的研究[J]. 山东畜牧兽医, 2020, 41 (10): 7-9.
- [8] 孙喆. 酵母培养物有效物组的研究: [博士学位论文][D]. 长春: 吉林农业大学, 2018, 32-43.
- [9] 付豪,刘平平,朱剑锋,等. 酵母多肽的分离纯化及其化妆品功效研究[J]. 湖北农业科学, 2020, 59 (7): 184-187, 216.
- [10] Upadhaya S D, Kim I H. Effects of essential oil and yeast culture supplements on growth performance, nutrient digestibility and blood characteristics in weaning pigs[J]. The Indian Journal of Animal Sciences, 2015, 85 (9): 1017-1020.
- [11] 裴芳艺,姜明,马岩石,等. 3 株酿酒酵母发酵过程中有机酸含量变化分析[J]. 食品与机械, 2019, 35 (10): 24-28.
- [12] Wang K, Nan X M, Chu K K, et al. Shifts of hydrogen metabolism from methanogenesis to propionate production in response to replacement of forage fiber with non-forage fiber sources in diets in vitro[J]. Frontiers in Microbiology, 2018, 9: 2764. Published 2018 Nov 15. doi:10.3389/fmicb.2018.02764
- [13] 李晓彤,杨凯,张瑞阳,等. 反刍动物瘤胃发育规律及其调控机制研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2020, 47 (7): 2055-2062.
- [14] Li S, Yoon I, Scott M, et al. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product and subacute ruminal acidosis on production, inflammation, and fermentation in the rumen and hindgut of dairy cows[J]. Animal Feed Science and Technology, 2016, 211: 50-60.
- [15] 邵强,黄友解,韩月,等. 酵母细胞壁的结构组成、生物学功能及在养殖业中的应用[J]. 浙江畜牧兽医, 2017, 42 (1): 13-16.
- [16] 黄聪. 酿酒酵母细胞壁多糖合成途径改造及菌株特性分析: [硕士学位论文][D]. 广州: 华南理工大学, 2018.
- [17] 刘洋. 酵母甘露聚糖及其衍生物的抗氧化活性研究: [硕士学位论文][D]. 重庆: 重庆师范大学, 2018.
- [18] Khan A A, Gani A, Masoodi F A, et al. Structural, thermal, functional, antioxidant & antimicrobial properties of β -D-glucan extracted from baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*)—effect of γ -irradiation[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 140: 442-450.
- [19] Bi Y, Zeng S, Zhang R, et al. Effects of dietary energy levels on rumen bacterial community composition in Holstein heifers under the same forage to concentrate ratio condition[J]. BMC Microbiology, 2018, 18(1): 69.
- [20] Demarco C, Mumbach T, Oliveira-de-Freitas V, et al. Effect of yeast products supplementation during transition period on metabolic profile and milk production in dairy cows[J]. Tropical Animal Health and Production, 2019, 51(8): 2193-2201.
- [21] 曹文新,李艳琴,纪守坤,等. 灭活酵母培养物对育肥羔羊瘤胃发酵和细菌群落及免疫指标的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57 (5): 207-214.

- [22] Mitchell L K, Heinrichs A J. Feeding various forages and live yeast culture on weaned dairy calf intake, growth, nutrient digestibility, and ruminal fermentation[J]. *Journal of Dairy Science*, 2020, 103(10): 8880–8897.
- [23] Liu Y Z, Chen X, Zhao W, et al. Effects of yeast culture supplementation and the ratio of non-structural carbohydrate to fat on rumen fermentation parameters and bacterial–community composition in sheep[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2019, 249: 62–75.
- [24] Welty C M, Wenner B A, Wagner B K, et al. Rumen microbial responses to supplemental nitrate. II. Potential interactions with live yeast culture on the prokaryotic community and methanogenesis in continuous culture[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 120(3): 2217–2231.
- [25] Dias A L G, Freitas J A, Micai B, et al. Effect of supplemental yeast culture and dietary starch content on rumen fermentation and digestion in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2017, 101(1): 201–221.
- [26] Paul R B, Jeffery A C, Nicole C B S. Live yeast and yeast cell wall supplements enhance immune function and performance in food-producing livestock: a review[J]. *Microorganisms*, 2015, 3(3): 417–427.
- [27] 祝铁钢, 庞清刚, 王飒爽, 等. 酵母培养物对奶牛干物质采食量、产奶量及血清指标的影响[J/OL]. *饲料研究*, 2021, 44(2): 27–29.
- [28] Alugongo G M, Xiao J, Wu Z, et al. Review: utilization of yeast of *Saccharomyces cerevisiae* origin in artificially raised calves[J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2017, (3): 549–560.
- [29] Mahmoud M M, Youssef I M I, El-Tawab M M A, et al. Influence of probiotic and yeast culture supplementation on selected biochemical and immunological parameters of growing lambs[J]. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 2020, 23(1): 5–12.
- [30] 张小强, 陈林虎, 何健, 等. 不同比例的酵母培养物在“平凉红牛”育肥中的效果研究[J]. *甘肃畜牧兽医*, 2020, 50(5): 57–58.
- [31] 周雪飞. 酵母培养物对绵羊瘤胃发酵及消化道内营养物质流通与消化的影响: [硕士学位论文][D]. 长春: 吉林农业大学, 2016.
- [32] Neumann M, Souza A M, Horst E H, et al. Yeast culture in the diet of feedlot steers: performance, carcass traits and feeding behavior[J]. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2020, 72(2): 535–544.
- [33] 王文盼, 张红艳, 王亮, 等. 日粮中添加高活性酵母培养物对育肥期小尾寒羊生产性能的影响[J]. *粮食与饲料工业*, 2020(3): 41–43, 47.
- [34] 谢景龙, 胡轶雄, 吴川川, 等. 日粮补喂不同酵母培养物对荷斯坦奶牛泌乳性能及饲料消化率的影响[J]. *饲料研究*, 2020(6): 12–14.
- [35] 刘旭日, 郝增华, 张海静. 酵母培养物对热应激奶牛泌乳性能和营养物质表观消化率的影响[J]. *中国饲料*, 2019(8): 58–62.
- [36] 张忠. 酵母培养物对奶牛产奶量和乳品质的影响: [硕士学位论文][D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- [37] Ye G, Liu J, Liu Y, et al. Feeding glycerol-enriched yeast culture improves lactation performance, energy status, and hepatic gluconeogenic enzyme expression of dairy cows during the transition period[J]. *Journal of Animal Science*, 2016, 94(6): 2441–2450.
- [38] Sordillo L M. Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity[J]. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99(6): 4967–4982.
- [39] Yuan K, Mendonca L G D, Hulbert L E, et al. Yeast product supplementation modulated humoral and mucosal immunity and uterine inflammatory signals in transition dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98(5): 3236–3246.
- [40] Shi W, Knoblock C E, Murphy K V. Effects of supplementing a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product during the periparturient period on performance of dairy cows fed fresh diets differing in starch content[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(7): 6199–6209.
- [41] Dias J D L, Silva R B, Fernandes T, et al. Yeast culture increased plasma niacin concentration, evaporative heat loss, and feed efficiency of dairy cows in a hot environment[J]. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101(7): 5924–5936.
- [42] Zhu W, Wei Z, Xu N, et al. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on performance and rumen fermentation and microbiota in dairy cows fed a diet containing low quality forage[J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2017, 8(3): 677–685.
- [43] 汤志宏, 徐宁宁, 叶均安. 复合益生菌和酵母培养物对热应激奶牛生产性能、瘤胃发酵和血清抗应激指标的影响[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2019, 45(5): 611–618.
- [44] 朱重师, 赵刚奎, 谢建亮, 等. 日粮中添加酵母培养物 AYC-X6 对犊牛生长发育的影响[J]. *中国牛业科学*, 2019, 45(6): 14–17.
- [45] 郭永清, 赵宇飞, 张小宇. 酵母培养物对断奶犊牛生长性能及瘤胃发酵的影响[J]. *饲料研究*, 2019, 42(11): 10–13.
- [46] 谢建亮, 张家强, 杨博华, 等. 使用酵母培养物 AYC-X6 防治犊牛腹泻效果[J]. *中国牛业科学*, 2019, 45(5): 28–30.
- [47] 金亚东. 酵母培养物添加方式对哺乳期犊牛生长发育与机体免疫力的影响: [硕士学位论文][D]. 银川: 宁夏大学, 2017.

- [48] Wagner J J,Engle T E,Belknap C R,et al. Meta-analysis examining the effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on feedlot performance and carcass traits 1,2,3[J]. The Professional Animal Scientist,2016,32(2):172-182.
- [49] 黄文明, 谭林, 王芬, 等. 酵母培养物对育肥牛生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31 (3) : 1317-1325.
- [50] Shen Y,Wang H,Ran T,et al. Influence of yeast culture and feed antibiotics on ruminal fermentation and site and extent of digestion in beef heifers fed high grain rations[J]. Professional Animal Scientist of Animal Science,2018,96(9):3916-3927.
- [51] 耿春银, 赵丽萍, 何立文, 等. 活性干酵母与酵母培养物对体外瘤胃发酵参数影响的比较[J]. 中国畜牧兽医, 2016, 43 (11) : 2931-2938.
- [52] Reis L F,Sousa R S,Oliveira F L C,et al. Comparative assessment of probiotics and monensin in the prophylaxis of acute ruminal lactic acidosis in sheep[J]. BMC Veterinary Research,2018,14(1):1-8
- [53] 甄玉国, 陈雪, 朴光赫, 等. 米曲霉培养物与酵母培养物组合对绵羊瘤胃菌群多样性的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2018, 54 (6) : 96-100.
- [54] 赵国宏, 王世琴, 王芬, 等. 湖羊育肥期饲料添加酵母培养物对营养物质表观消化率及瘤胃发酵参数的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2019, 50 (10) : 2156-2165.
- [55] Malekkhahi M,Tahmasbi A M,Naserian A A,et al. Effects of essential oils, yeast culture and malate on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance and nutrient digestibility of Baluchi lambs fed high-concentrate diets[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2015, 99(2):221-229.
- [56] Yang zhi Liu, Lang M, Yu guo Zhen, et al. Effects of yeast culture supplementation and the ratio of non-structural carbohydrate to fat on growth performance, carcass traits and the fatty acid profile of the longissimus dorsi muscle in lambs[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2019, 103(5): 1274-1282.
- [57] Doron S, Snyderman D R. Risk and safety of probiotics[J]. Clinical infectious diseases, 2015, 60(suppl 2):S129-S134.
- [58] 张锦玲, 王勇, 郭鹏, 等. 不同菌种组合对固态发酵料中营养活性物质含量及体外消化率的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2015, 42 (8) : 2028-2035.

Effects of *Saccharomyces Cerevisiae* culture on Rumen Environment and Immune Function, and its Application in Ruminants

ZHANG Shuyue^{1,2}, XIONG Benhai³, LIU Ming⁴, JIANG Linshu^{1,2*}

¹College of Animal Science and Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206;

²Beijing Key Laboratory of Dairy Cattle Nutrition, Beijing 102206;

³Beijing Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193;

⁴Beijing China-Agri Hongke Bio-Technology Co., Ltd., Beijing 102206

Abstract: *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) culture which can promote digestion, regulate ruminal microflora and improve immune function, has been widely used in ruminant production. Recently, researchers have focused on the researches for the composition of *S. cerevisiae* culture and its application in animal husbandry. In this paper, the effects of *S. cerevisiae* culture on ruminal environment, immune function and production performance of ruminants in the recent years were reviewed, which can provide theoretical basis for the application of production practice and subsequent scientific research in the future.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae* culture; ruminant; rumen; immune function

(责编: 彭硕)