

白酒糟生物饲料及其在猪生产上的应用现状

刘志云 钟晓霞 姚焰础 杨飞云*

(重庆市畜牧科学院,农业农村部养猪科学重点实验室,养猪科学重庆市市级重点实验室,荣昌 402460)

摘要:白酒糟是以谷物为主要原料,采用传统的固态发酵和固态蒸馏工艺制得白酒后的副产物,其产量大、来源广泛、价格低廉,富含蛋白质、纤维素、脂肪等发酵残余有机物,在反刍动物饲料中具有较好的应用价值。近年来,随着生物发酵技术的发展,白酒糟的营养价值得以提升,白酒糟生物饲料在猪生产中也得到了应用。本文从白酒糟的物理特性、养分含量、菌群结构特点、生物发酵工艺及其在猪生产上的应用现状等方面进行了综述。

关键词:白酒糟;生物饲料;猪

中图分类号:S816

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)01-0015-06

白酒主要以高粱、玉米、糯米、小麦、大米等原料为主,以谷壳作为发酵填充,采用我国传统的固态发酵和固态蒸馏技术制作而成。白酒糟是白酒酿造工业的副产物,其来源广泛、价格低廉、产量巨大。根据国家统计局数据,2017年全国白酒总产量为1 198.1万 kL(折65°,商品量),2018年有所下降,总产量为871.2万 kL(折65°,商品量),相应的白酒糟产量可达2 560万 t左右。白酒糟富含蛋白质、纤维素、脂肪等有机质,在畜牧、食品、生物有机肥、燃料、材料等方面均有广泛应用。

1 白酒糟的物理特性、养分含量及菌群结构特点

白酒的酿造底物以及酿造工艺的不同,导致酿酒后不同香型白酒糟间的物理特性存在较大差异,同类型白酒糟之间的物理特性相似。例如,稻壳作为白酒酿造的填充物,在不同香型的白酒糟中含量差异很大^[1],稻壳在酱香型白酒糟中的占比为8%~12%,在浓香型白酒糟中的占比为56%~68%,在清香型白酒糟中的占比为65%~76%^[2]。李倩等^[1]比较了不同香型白酒糟的物理特性差异,发现浓香型白酒糟中稻壳含量高,相同

体积密度小,容重低,酱香型白酒糟容重相对较高;初水含量浓香型白酒糟为58.42%、酱香型白酒糟为56.47%;浓香型白酒糟的pH约为3.65、酱香型白酒糟的pH约为3.94。

白酒糟(干物质)的主要营养成分是粗蛋白质、粗脂肪以及部分未被微生物利用的淀粉、残糖。由于营养成分的较大差异,不同白酒糟的营养特性具有多重性^[3-4]。对现有文献进行统计发现,白酒糟的粗蛋白质含量为13%~30%,粗脂肪含量为2.5%~8.0%,粗纤维含量为14%~35%。除常规营养成分外,白酒糟中还含有大量菌体自溶产生的各类嘌呤、嘧啶、类脂化合物、酵母细胞壁多糖等物质^[5]。不同香型白酒糟间,以酱香型白酒糟的营养价值相对较高,干物质中粗蛋白质、粗脂肪、呈香物质含量高,粗纤维含量相对较低;其次为兼香型白酒糟;再次为浓香型、清香型白酒糟(表1)。此外,同一香型的不同厂家、不同品牌白酒糟的营养价值也存在较大差异。

不同香型白酒发酵过程中微生物多样性存在很大差异。酱香型白酒多采用高温和中高温大曲酿造,而浓香型和清香型白酒多以中温大曲酿造,不同大曲微生物类群和数量存在较大差异,浓香

收稿日期:2019-06-11

基金项目:国家重点研发计划资助(2018YFD0500600)

作者简介:刘志云(1990—),女,河南修武人,助理研究员,硕士,从事饲料资源开发利用研究。E-mail: liuzhiyun2009.6@163.com

*通信作者:杨飞云,研究员,E-mail: yfeiyun@yeah.net

型酒曲细菌总数、常温分解菌和产乳酸菌大体上高于酱香型酒曲,后者则是芽孢杆菌和嗜热菌的数量较多^[8],这种差异直接导致了白酒糟中菌群结构的不同。吴莉莉等^[9]运用多聚酶链反应-变性梯度凝胶电泳分析(PCR-DGGE)技术对酱香型、清香型白酒发酵体系中的乳酸菌菌群结构组成进行了检测分析,发现2种香型白酒发酵过程中乳酸菌菌群组成及动态变化均呈现出明显的差异,清香型白酒酒醅中 *Lactobacillus fuchuensis* 是优势菌种,酱香型白酒酒醅含有多种乳杆菌, *Lac-*

tobacillus homohiochii 是相对优势菌。袁帅^[10]应用16S rRNA测序技术,对2种酱香型白酒糟(贵州茅台和国台酒酒糟)中的细菌多样性进行了分析,结果显示2种白酒糟的菌群结构相似,优势菌属均为假单孢菌属(*Pseudomonas*)和乳杆菌属(*Lactobacillus*),但菌属所占比例有所差异,说明不同香型白酒糟的菌群结构差异很大,同种香型白酒糟的群落结构和生态功能相似,种属分布比例不同,这也是影响白酒糟物理特性和养分含量的关键因素之一。

表1 不同香型白酒糟常规营养成分含量(风干基础)

Table 1 Common nutrition component contents of white distiller's grains with different flavors (air-dry basis) %

编号 No.	样品 Samples	香型 Flavor	干物质 DM	粗灰分 Ash	粗蛋 白质 CP	粗脂肪 EE	淀粉 Starch	粗纤维 CF	参考 文献 Reference
1	贵州茅台白酒糟	酱香型	94.74	8.23	24.04	5.83	20.05	16.21	姬玉娇等 ^[6]
2	高粱酒糟 M-SDG	酱香型	88.70	10.13	24.12	7.95	12.20	17.12	李倩等 ^[1]
3	高粱酒糟 L-SDG	浓香型	89.40	9.91	16.75	4.83	13.68	28.57	李倩等 ^[1]
4	宜宾酒厂白酒糟	浓香型	92.82	13.05	16.13	3.66	11.02	20.77	徐建 ^[7]
5	泸州老窖白酒糟	浓香型	87.70	12.78	14.69	3.20	13.58	19.58	徐建 ^[7]
6	直升酒厂白酒糟	清香型	90.64	5.31	14.07	4.15	—	28.55	自测
7	重庆江小白酒业白酒糟	清香型	93.59	1.79	17.67	5.78	—	14.39	自测
8	重庆江津酒厂白酒糟	清香型	94.05	5.78	20.96	7.09	—	14.84	自测

2 白酒糟生物饲料

鲜白酒糟具有水分含量高,易滋生霉菌,不易储存;中性洗涤纤维含量高,能值低,养分利用效率较低;含有植酸、草酸、鞣酸等物质,影响适口性等问题,限制了其在畜牧和饲料行业中的使用。利用酶解、微生物发酵等预处理技术可以改善白酒糟的理化结构和营养特点,使其富含多种有益于动物肠道健康、增强机体免疫力的功能性物质,如微生物次级代谢产物、细胞壁多糖、B族维生素等^[11-12],从而提高白酒糟作为饲料资源的附加值。

不同香型白酒糟的物质组成不同,采用的生物处理工艺也有差异,其中发酵菌种是核心。贵州地区的酱香型白酒糟具有明显的地域特色,以茅台镇的土壤、酒曲、水体分离筛选出适宜的发酵菌种,再以当地的酱香型白酒糟作为培养基,通过三段式固态发酵工艺,即耐酸、高产酶的酿酒酵母的高密度增殖培养、代谢产物分泌、酵母可控破壁自溶技术,生产白酒糟酿酒酵母培养物,显著改善

了白酒糟的营养价值,成功地实现了酱香型白酒糟的产品化和商品化^[13]。宋善丹等^[14]以贵州茅台酒厂“小红梁2号”鲜酒糟(75%)和麦麸(25%)混合物作为固态发酵基质,接种0.05%米曲霉+0.05%黑曲霉+0.08%的产朊假丝酵母,发酵后原料氨基酸含量提高了17.74%,中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)得到有效降解,但同时干物质损失率也较高。龙茜萍等^[15]采用混菌(热带假丝酵母、产朊假丝酵母和酿酒酵母)发酵法,以酱香型白酒糟为发酵底物,制备菌悬液菌数为 10^{10} CFU/mL的发酵液,将酒糟发酵菌悬液和麦麸以5:3填充烘干后,得到酵母饲料添加剂,活菌数达到 10^8 CFU/mL,粗蛋白质含量达到22%。

在浓香型白酒糟利用方面,早在1994年泸州老窖酒厂就已经开始致力于利用浓香型白酒糟发酵生产菌体蛋白饲料,以新鲜白酒糟作为培养基,经灭菌—调pH—调碳氮比(C:N)—调营养源—调水分—固态接种/液态发酵—扩大培养—烘干灭菌—粉碎造粒—包装成品,经36h发酵后,发酵白

酒糟的粗蛋白质含量提高至30%以上,粗纤维含量降到18%以下^[16]。陈颀等^[5]以安徽古井集团的大曲浓香型白酒糟为原料,经 2.3×10^8 CFU/g的酿酒酵母固态发酵,提高了白酒糟的pH,再经 2.8×10^9 CFU/g的枯草芽孢杆菌发酵形成酵母培养物,发酵结束后经低温烘干,分离稻壳得到含有丰富营养物质的白酒糟酿酒酵母培养物。兰小艳等^[17-18]以宜宾某浓香型白酒糟为原料,分别以白腐菌和康宁木霉为发酵菌种,先后开展了白酒糟生物改性研究,结果表明这2株菌能够有效降解白酒糟中的粗纤维,改善白酒糟的营养价值。张慧等^[19]以洋河酒厂的白酒糟为原料,接种12%的黑曲霉、枯草芽孢杆菌、嗜酸乳杆菌混合菌(2:1:1),在发酵温度37℃的条件下发酵60h,结果显示发酵白酒糟的干物质、粗蛋白质及粗纤维的消化率分别比未发酵白酒糟提高了11.4%、11.3%和40.7%。

清香型白酒糟中的稻壳含量普遍高于酱香型和浓香型白酒糟,菌酶协同发酵工艺或许更利于木质素、纤维素等纤维物质的分解。王炫等^[20]以劲牌小曲白酒糟(白酒糟:麦麸=9:1)为原料,采用5%的纤维素酶在50℃预酶解12h,随后接种10%的白地霉和产朊假丝酵母(1:1),30℃培养120h,可获得粗蛋白质含量为30.09%的蛋白质饲料。

除上述三大香型白酒糟外,在其他香型白酒糟方面也有相关报道。程辉等^[21]以山东景芝酒业生产的芝麻香型白酒糟为研究对象,将鲜酒糟用管束式干燥机烘至半干,脱去部分水分,添加麦麸、硫酸铵等辅料混匀,添加少量氨水调节pH至6左右,堆沤后接种JZ-1霉菌,上发酵池通风发酵,发酵好的饲料为白色、结块,出料后及时进行烘干,用振动筛去稻壳,将筛下物粉碎、包装即为酒糟菌体蛋白质饲料。张轩^[22]以湖北十堰白泉酒业有限公司提供的白酒糟为发酵基质,调整基质含水量为45%~50%,30℃恒温好氧发酵72h后,得到高密度固态发酵酵母培养物,然后向固态基质中添加6%的NaCl溶液、0.04%的木瓜蛋白酶溶液和9%的无水乙醇(95%),搅拌分散后55℃菌体自溶36h,烘干粉碎后制得成品,产品中氨基酸态氮的含量达到3.83 mg/g。

3 白酒糟生物饲料在猪生产上的应用

3.1 白酒糟生物饲料对猪的营养价值

白酒糟的无氮浸出物含量比玉米低很多,粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、粗灰分以及必需氨基酸含量明显高于玉米^[23],但猪对白酒糟的能量、粗蛋白质和氨基酸的消化率较低^[4]。眉山白酒糟(带壳)生长猪的表观消化能和代谢能分别为4.95和4.77 MJ/kg^[24];四川主要产酒地区的9种白酒糟(带壳)猪表观消化能平均值为6.81 MJ/kg(5.04~8.94 MJ/kg),回肠氨基酸表观消化率(AID)为39.89%,其中必需氨基酸的AID为38.04%,非必需氨基酸的AID为42.53%^[7];原糟、一级脱壳和二级脱壳的安酒酒糟的代谢能分别为7.61、9.29和11.00 MJ/kg^[25]。玉米消化能和代谢能分别为16.34和16.01 MJ/kg;豆粕的消化能和代谢能分别为14.77和14.39 MJ/kg,必需氨基酸、非必需氨基酸和总氨基酸的AID分别为79.85%、74.72%和77.57%^[26];麦麸的平均消化能为11.72 MJ/kg(9.2~13.5 MJ/kg)^[27],与上述常规原料相比,未脱壳白酒糟的养分消化率是明显偏低的,说明未经处理的白酒糟在猪上的应用价值较低,对常规饲料原料不具有替代优势。

白酒糟经发酵工艺预处理后,猪的养分利用率在一定程度上有所提高。陈颀等^[5]以安徽古井集团的白酒糟(去壳)为原料通过酿酒酵母和枯草芽孢杆菌分步发酵,制得白酒糟酵母培养物,其在生长猪上的消化能为11.75 MJ/kg,与麦麸的消化能接近;必需氨基酸、非必需氨基酸和总氨基酸的AID平均值分别为72.38%、69.37%和70.88%,比豆粕略低。陈颖等^[26]研究表明,生长猪白酒糟发酵粉(去壳)的消化能为9.42 MJ/kg,代谢能为8.91 MJ/kg,分别为豆粕的64%和62%,必需氨基酸、非必需氨基酸和总氨基酸的回肠末端表观消化率分别为59.26%、44.77%和52.82%,分别为豆粕的74%、60%和68%。虽然上述白酒糟生物饲料的养分利用率与白酒糟相比有较大幅度提升,但是由于采用的是去壳与发酵相结合的处理工艺,难以界定是去壳的作用还是发酵的作用。目前,国内不同白酒糟的养分含量差异很大,生物处理工艺多样,而对白酒生物饲料消化率方面的研究较少,缺乏相应的对照研究,因此难以归类比较。

3.2 白酒糟生物饲料在猪饲料中的应用

白酒糟生物饲料在不同阶段猪上的应用效果不同。现有的研究资料显示,白酒糟生物饲料在育肥猪上应用可以降低生产成本。张旺宏等^[13]研究表明,在育肥猪饲料中添加5%的发酵白酒糟可增加育肥猪的平均日增重,降低料重比;15%的添加量可显著改善75和110 kg育肥猪的机体氮代谢能力,增强60 kg育肥猪的机体抗氧化能力,但对生长性能的影响不显著。乔家运等^[28]以40%的白酒糟和60%的麦麸制备发酵饲料,将其以10%的比例添加到24 kg至育肥阶段的猪饲料中,不影响猪的生长性能,当发酵饲料的添加量为20%时,不利于饲料的保存,且对猪的生长性能产生不良影响。张慧等^[19]和魏来^[29]用6%的发酵白酒糟代替以纤维类为主的饲料原料[麦麸、米糠、干酒糟及其可溶物(DDGS)]对育肥猪的生长性能没有产生显著影响,使养殖成本降低了0.33~0.53元/kg,若发酵白酒糟替代玉米则会导致采食量降低,能量摄入不足,降低育肥猪的日增重。高川等^[30]在65~95 kg育肥猪饲料中添加6%的白酒糟酵母培养物,猪只的采食量提高了7.7%,日增重提高7.0%,但与对照组相比差异并不显著。杨志勇等^[31]在60 kg以上的育肥猪饲料中添加10%的白酒糟酵母培养物,对猪只采食量、日增重和料重比均没有产生显著影响,可降低生产成本;但添加量提高到20%时,则降低了猪只的生长性能。

白酒糟生物饲料在仔猪、生长猪和母猪上的应用研究较少,且在仔猪上的应用效果不佳。黎智华等^[32]研究表明,在10 kg断奶仔猪饲料中添加2%的发酵茅台白酒糟会显著降低饲料的表观消化能和尿氮量,对仔猪的生长性能没有显著影响;在25 kg生长猪饲料中添加2%发酵白酒糟,对干物质、粗灰分和粗脂肪表观消化率没有显著影响,生长猪的平均日增重提高了12.67%;但长期高剂量添加发酵白酒糟会在一定程度上降低断奶仔猪对养分的消化代谢。杨志勇等^[31]的研究结果表明,饲料中添加10%的发酵白酒糟增加了60 kg以下仔猪和生长猪的采食量和料重比,但对日增重没有显著影响,可能是由于该发酵白酒糟容重低,添加10%的比例过高,导致饲料营养浓度偏低所致。

路则庆等^[33]以2%的酵母发酵白酒糟替代妊

娠后期或哺乳期母猪饲料中1.3%的玉米和0.7%的豆粕,以4%的酵母发酵白酒糟替代妊娠前期母猪饲料中1.5%的玉米、1.0%的豆粕和1.5%的麦麸,母猪哺乳期采食量提高0.26 kg/d,产仔数提高0.75头,仔猪初生重提高0.05 kg,母猪分娩后21 d产奶量提高7.24%。刘建忠等^[34]以5%的发酵茅台白酒糟替代哺乳母猪(24头)饲料中的麦麸,从母猪产前4 d饲喂至产后18 d,结果显示母猪泌乳量显著增加了33.71%,1~18日龄仔猪的平均日增重提高了24.25%。王伦学等^[35]在妊娠期母猪和哺乳期母猪饲料中添加4%的白酒糟酵母培养物,可以将母猪产活仔数提高0.50头,断奶仔猪成活数提高1.5头,母猪哺乳期产奶量提高17%,但该研究的群体数量少(16头),个体差异大,试验效果需要进一步大规模验证。

4 小结

生物转化技术是提高白酒糟附加值,实现科学合理利用,减少环境污染的重要途径之一,对白酒酿造业循环经济的发展有重要意义。虽然国内在利用白酒糟生产酵母培养物、白酒糟发酵粉等生物饲料方面开展了大量的研究工作,但针对不同香型白酒糟特点的核心菌种筛选研究较少,也缺乏行业生产技术规程;目前已报道的白酒糟生物饲料很多,但其在猪及其他畜禽上的营养价值评定数据较少,缺乏饲料配制的数据库;白酒糟生物饲料在育肥猪上的使用量较小(折算为纯酒糟),替代常规原料的优势不够凸显;白酒糟生物饲料在母猪和仔猪、生长猪方面的应用研究较少,难以对其使用效果进行有效判断。因此,在白酒糟生物饲料的研究方面,应当针对不同香型白酒糟的特点,进行归类比较研究;除了关注白酒糟养分含量变化外,还应对养分的利用效率进行有效评价,建立质量评价标准;加大其在仔猪和母猪方面的应用研究,且对应用效果的关注不应仅在生产性能和经济效益上,还应该关注其功能物质对动物机体免疫性能、肠道健康等方面的影响。

参考文献:

- [1] 李倩,裴朝曦,王之盛,等.不同类型酒糟营养成分组成差异的比较研究[J].动物营养学报,2018,30(6):2369-2376.
- [2] 苏伟,陆筑凤,母应春.酱香白酒糟综合利用新突破

- [J].酿酒科技,2008(6):101-102,105.
- [3] 谢正军,曹镜明,万建华.白酒糟饲用价值分析与应用探讨[J].饲料工业,2014,35(12):51-53.
- [4] 徐建,陈代文,毛倩,等.白酒糟的营养价值评定[J].中国畜牧杂志,2012,48(7):47-50.
- [5] 陈硕,包显颖,苏云,等.白酒糟酿酒酵母培养物营养成分分析及其在猪饲料中的应用价值评估[J].动物营养学报,2017,29(8):2826-2835.
- [6] 姬玉娇,李华伟,黎智华,等.茅台白酒糟发酵前后常规营养成分含量的比较[C]//中国畜牧兽医学动物营养学会第十二次动物营养学术研讨会论文集.武汉:中国畜牧兽医学动物营养学会,2016:1.
- [7] 徐建.白酒糟对猪营养价值的评定[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2011:15-18.
- [8] 谭映月,胡萍,谢和.我国白酒酿造微生物多样性的研究现状及展望[J].酿酒科技,2011(11):100-105.
- [9] 吴莉莉,王海燕,徐岩,等.酱香型与清香型白酒发酵过程中乳酸菌菌群的差异性分析[J].微生物学通报,2013,40(12):2182-2188.
- [10] 袁帅.用16S rDNA V4区高通量测序分析两种酒糟细菌多样性[D].硕士学位论文.贵阳:贵州师范大学,2014:26.
- [11] WANG S J, GUO C H, ZHOU L, et al. Effects of dietary supplementation with epidermal growth factor-expressing *Saccharomyces cerevisiae* on duodenal development in weaned piglets[J]. British Journal of Nutrition, 2016, 115(Suppl.9):1509-1520.
- [12] 马友彪,周建民,张海军,等.白酒糟酵母培养物对产蛋鸡生产性能、免疫机能和肠黏膜结构的影响[J].动物营养学报,2017,29(3):890-897.
- [13] 张旺宏,李华伟,祝倩,等.发酵白酒糟对育肥猪血浆生化参数和抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2018,30(12):5174-5181.
- [14] 宋善丹,陈光吉,饶开晴,等.白酒糟固态发酵条件的筛选及营养价值评定[J].中国畜牧杂志,2015,51(15):66-70.
- [15] 龙茜萍,王晓丹,谭静,等.酱香型白酒丢糟发酵生产酵母饲料添加剂的研究[J].中国酿造,2014,33(1):40-43.
- [16] 陈学林,李浩,张余盛.利用浓香型白酒废糟开发酒糟菌体蛋白饲料[J].饲料工业,1994,15(5):40-41.
- [17] 兰小艳,陈雪玲,张敬慧,等.酒糟中纤维素的降解及再利用研究[J].畜牧与饲料科学,2018,39(4):21-22.
- [18] 兰小艳,张敬慧,辜义洪,等.利用康宁木霉降解白酒糟粗纤维试验[J].黑龙江畜牧兽医,2017(11):192-194,299.
- [19] 张慧,魏来,刘正亚,等.发酵白酒糟营养价值的评定及其对育肥猪生长性能的影响[J].中国饲料,2019(3):41-45.
- [20] 王炫,汪江波,薛栋升.混菌固态发酵小曲白酒糟生产蛋白饲料的研究[J].湖北工业大学学报,2014,29(1):111-115.
- [21] 程辉,孟凡智,李发生,等.酒糟菌体蛋白饲料的生产工艺及其饲喂效果研究[J].饲料研究,2001(8):7-8.
- [22] 张轩.以白酒糟为基质进行酵母培养物的研究[J].饲料工业,2015,36(18):38-43.
- [23] 李爱科.中国蛋白质饲料资源[M].北京:中国农业大学出版社,2013:445-447.
- [24] 何英.糠麸糟渣、饼粕类饲料猪有效能预测模型的研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2004:19-26.
- [25] 夏先林,汤丽琳,李谦,等.不同谷壳分离方法对酒糟营养价值的影响[J].中国畜牧杂志,2002,38(2):31-32.
- [26] 陈颖,刘君地,朴香淑,等.白酒糟发酵粉对生长猪消化能、代谢能和氨基酸标准回肠消化率的评定[J].饲料工业,2013(9):47-52.
- [27] 张志虎,唐受文,王思宇,等.麦麸猪消化能与能量消化率预测方程的建立[J].动物营养学报,2012,24(10):1903-1911.
- [28] 乔家运,冯占雨,王文杰,等.利用白酒糟固态发酵生产猪用生物饲料的研究及应用[J].养猪,2013(2):17-19.
- [29] 魏来.发酵白酒糟工艺优化及其对育肥猪生长性能的影响[D].硕士学位论文.武汉:武汉轻工大学,2015:22-26.
- [30] 高川,张石蕊.白酒糟酵母培养物对育肥猪生长性能的影响[J].猪业科学,2019,36(1):92-93.
- [31] 杨志勇,李斌,吴维科,等.酿酒酵母培养物对育肥猪的影响[J].中国畜牧业,2017(13):56-57.
- [32] 黎智华,张婷,苏家宜,等.发酵白酒糟对断奶仔猪生长性能、消化代谢和氮排放的影响[J].动物营养学报,2018,30(7):2807-2816.
- [33] 路则庆,汪以真,蒋登湖,等.利用酵母发酵白酒糟提高母猪繁殖性能和泌乳性能的方法:中国, CN105918613A[P].2016-09-07.
- [34] 刘建忠,项性龙,郑应家,等.倍肽德酵母培养物对母猪泌乳性能的影响试验研究[J].畜牧与饲料科学,2018,39(12):41-44.

- [35] 王伦学,周明,张新,等.白酒糟酵母培养物在畜禽和反刍动物生产上的应用[J].饲料工业,2016,37(16):41-46.

Biological Feed of White Distiller's Grains and Its Application Status in Swine Production

LIU Zhiyun ZHONG Xiaoxia YAO Yanchu YANG Feiyun*

(Key Laboratory of Pig Industry Sciences of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Chongqing Key Laboratory of Pig Industry Sciences, Chongqing Academy of Animal Sciences, Rongchang 402460, China)

Abstract: White distiller's grains are the by-product of Chinese liquor made from grain by traditional solid fermentation and distillation process. They are thought to have broad marketing potentiality as ruminant animal foodstuffs due to its large output, wide source, low price and abundant organic matter, like protein, cellulose and fat. In recent years, with the development of biological fermentation technology, the nutritional value of white distiller's grains is improved. There are many reports related the biological feed of white distiller's grains used in swine production. In present study, the physical property, nutrient composition and flora structure characteristics, biological fermentation technology of white distiller's grains and its application in swine production were reviewed. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(1):15-20]

Key words: white distiller's grains; biological feed; swine