

添加苜蓿和制粒设备对颗粒饲料加工质量的影响

李冲, 杨敏强, 王国秀

(甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 采用双因子试验设计, 以是否添加苜蓿和不同型号制粒设备2个因素进行试验分组, 研究了添加苜蓿和不同制粒设备对颗粒饲料加工质量的影响。结果表明, 添加10%苜蓿显著提高了颗粒饲料的硬度、密度和长度($P<0.05$), 降低了粉化率、淀粉含量和淀粉糊化度($P<0.05$)。不同型号制粒设备对颗粒饲料的质量指标影响不显著($P>0.05$)。添加苜蓿和制粒设备的交互作用对颗粒饲料的质量指标影响均不显著($P>0.05$)。综上所述, 添加10%的苜蓿可提高颗粒饲料产品的紧密程度、成型率和耐久性, 但会降低颗粒的熟化程度。在制粒工艺参数相同的条件下, 不同型号制粒设备对颗粒饲料品质无显著影响。

关键词: 颗粒饲料; 质量; 苜蓿; 饲料加工

中图分类号: S816.8

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2022)03-0045-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2022.03.010

Effects of Alfalfa Addition and Pelleting Equipment on Processing Quality of Pellet Feed

LI Chong, YANG Minqiang, WANG Guoxiu

(College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In this study, two-factor experimental design, whether to add alfalfa and different types of pelleting equipment into the experimental groups, was adopted to research on the influencing of adding alfalfa and different pelleting equipment on the

收稿日期: 2022-01-13

基金项目: 国家自然科学基金(31660670)。

作者简介: 李冲(1986—), 男, 甘肃崇信人, 副教授, 博士, 研究方向为动物营养与饲料科学。Email: lichong@gsau.edu.cn。

- 2017(2): 7371010.
- [4] KORTÜM, FANNY, CAPUTO V, et al. Mutations in KCNH1 and ATP6V1B2 cause Zimmermann-Laband syndrome[J]. *Nature Genetics*, 2015, 47(6): 661-667.
- [5] RAMIREZ A, HINOJOSA L M, GONZALES J, et al. KCNH1 potassium channels are expressed in cervical cytologies from pregnant patients and are regulated by progesterone[J]. *Reproduction*, 2013, 146(6): 615-623.
- [6] NOORI M R, ZHANG B, PAN L. Is KCNH1 mutation related to coronary artery ectasia[J]. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2019, 19(1): 1-2.
- [7] WREDE R V, JEUB M, ARIZ I, et al. Novel kcnh1 mutations associated with epilepsy: broadening the phenotypic spectrum of kcnh1-associated diseases[J]. *Genes*, 2021, 12(2): 7-9.
- [8] 王玉琴, 田志龙, 施会彬, 等. 湖羊肌肉营养特点及肌纤维组织学特性[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(8): 2867-2874.
- [9] NAKAI K, HORTON P. PSORT: a program for detecting sorting signals in proteins and predicting their subcellular localization[J]. *Trends in Biochemical Sciences*, 1999, 24(1): 34-36.
- [10] 张小雪, 潘香羽, 李发弟, 等. 绵羊 ESR 基因生物信息学分析[J]. *甘肃农业科技*, 2014(9): 30-33.
- [11] 宋雅萍, 李彦霞, 郭文婧, 等. 绵羊 GP5 基因的生物信息学分析[J]. *甘肃农业科技*, 2020(10): 54-59.
- [12] 靳泽希, 冯芬, 邓晓银, 等. 绵羊 NRCAM 基因的生物信息学分析[J]. *甘肃农业科技*, 2020(12): 19-24.
- [13] 袁媛, 黄璐琦. 中药资源转录组分析操作指南[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2016.
- [14] 孔繁良. 基于二级结构的蛋白质三级结构预测[D]. 济南: 济南大学, 2016.

processing quality of pellet feed. The results showed that adding 10% alfalfa significantly increased the hardness, density and length of pellet diet ($P < 0.05$), and decreased the pulverization rate, starch content and starch gelatinization degree ($P < 0.05$). The pelleting equipment in different workshops had no significant effect on the quality index of pellet feed ($P > 0.05$). The interaction between alfalfa and granulating equipment had no significant effect on the quality indexes of pellet feed ($P > 0.05$). In conclusion, adding 10% alfalfa can improve the compactness, molding rate and durability of pellet feed, but reduce the curing degree of pellet. Under the same pelleting process parameters, different pelleting equipment had no significant effect on the quality of pellet feed.

Key words: Pellet feed; Quality; Alfalfa; Feed processing

我国畜牧业发展模式正在向规模化、标准化和专业化方向转变,商品饲料需求加大,饲料工业发展迅速。2020 年我国饲料产量达 25 276.1 万 t,总产值达 9 463.3 亿元,居世界第 1 位^[1]。随着畜牧业和饲料工业的发展,颗粒饲料由于消化率和适口性高,可避免动物挑食,饲料报酬高,减少病菌危害和粉尘等优点,在畜牧业中的应用越来越广泛,在饲料产品中的比重会进一步增加^[2]。颗粒饲料生产需要在常规粉料生产线的基础上增加调质、压粒、冷却、破碎、分级和液体后喷涂工段,会在一定程度上增加生产成本,但由于颗粒饲料的诸多优点,在合理利用的条件下可显著提高动物的生产性能并产生可观的经济效益。因此如何提高颗粒料的质量以及优化制粒过程已成为当前饲料工业研究的热点^[3]。颗粒饲料的质量评价指标包括硬度、密度、粒度、耐久性和淀粉糊化度等。不同动物适宜的颗粒饲料物理特性不同,颗粒硬度、密度等参数会影响其适口性和动物的采食,而颗粒饲料的主要优点来自于调质和压粒过程中的湿热处理使物料熟化,淀粉糊化度等指标能反应饲料的熟化程度,对饲料品质和应用效果有重要影响。

影响颗粒饲料制粒质量的因素有很多,主要包括配方组成、原料粉碎粒度、调质参数、制粒工艺和冷却工艺等^[4]。其中制粒设备会对颗粒质量产生直接影响,不同的制粒设备生产出的颗粒饲料品质可能会有差别,进而影响动物采食和生产性能。同时有研究表明,饲料的原料组成是影响颗粒饲料加工质量主要因素^[5]。在幼龄反刍动物全价开食料中加入一定比例的苜蓿草粉可以提高采食量和动物的生长和健康水平^[6],但苜蓿草粉养分组成和常规精料原料差别较大,尤其是纤维含量较高,会影响黏结力和摩擦特性,有可能对颗粒饲料加工质量产生较大影响。因此,研究颗粒饲料生产过程中各种影响因素,结合颗粒饲

料质量评价指标,积极制定和完善工艺优化方法,对提高颗粒饲料生产加工品质,保证禽畜的健康生产具有重要意义^[4]。我们研究了添加苜蓿和采用不同生产设备对颗粒饲料产品的硬度、密度、长度、含粉率、淀粉含量和淀粉糊化度等指标的影响,以期为颗粒饲料配方和制粒工艺流程优化以及颗粒饲料产品品质改进提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采用双因子试验设计,采集同一家饲料加工企业的 2 条不同生产线生产的颗粒饲料,以是否添加苜蓿和不同制粒设备 2 个因素进行试验分组。共 4 个试验组,分别为:1 组添加 10%苜蓿,在车间 A 生产;2 组不添加苜蓿,在车间 A 生产;3 组添加 10%苜蓿,在车间 B 生产;4 组不添加苜蓿,在车间 B 生产。不添加苜蓿组的饲料配方为常规羔羊料配方,添加苜蓿组用 10%的苜蓿草粉替代基础饲粮。两个车间的制粒工段均包括蒸汽调质、压粒、冷却和分级等环节。车间 A 制粒设备为江苏德高机械有限公司 2011 年产 SZLH400 环模制粒机,主机功率 90 kW,环模内径为 400 mm;车间 B 制粒设备为江苏德高机械有限公司 2016 年产 SZLH508 环模制粒机,主机功率 160 kW,环模内径为 508 mm。两个车间环模制粒机模孔直径均为 0.45 cm,压缩比均为 10:1,用于蒸汽调质的蒸汽来源与参数相同,冷却设备均为立式逆流式冷却器,分级设备均为平面回转分级筛。

1.2 样品采集

从饲料厂成品库用采样器采集饲料样品。每组分别采集 3 个批次的饲料样品作为试验重复,每个批次分别采集 2 kg 初级样品,通过四分法制备供试样品。

1.3 测定指标

分别测定颗粒饲料硬度、长度、密度、含粉

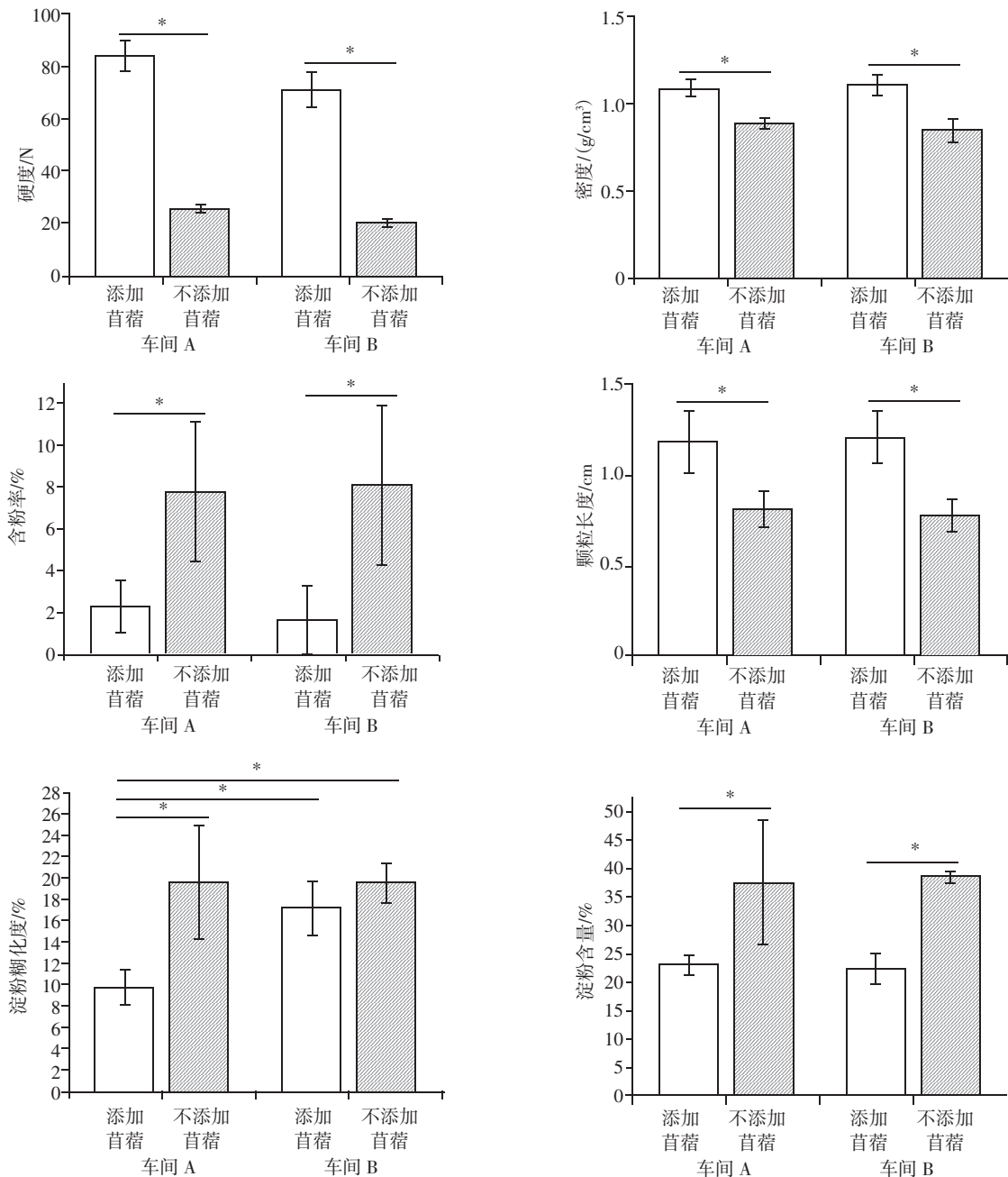
率、淀粉糊化度和淀粉含量等反映颗粒饲料加工质量的指标。从每个试验样品中随机选取长度均匀的饲料颗粒 20 粒，采用颗粒硬度仪测量颗粒硬度；用砂纸将颗粒两端磨平后，通过游标卡尺测量颗粒长度。从每个试验样品中随机取 20 粒饲料颗粒，用游标卡尺测量颗粒直径和长度，计算颗粒密度。称量每组饲料样品后将样品通过 10 目编织筛进行筛分，计算筛下物比例。采用酶解法测定淀粉含量和淀粉糊化度。

1.4 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 21.0 软件一般线性模型进行双因子方差分析，分析添加苜蓿和生产设备的不同对羔羊颗粒饲料质量的影响。采用 Duncan 法进行组间差异显著性多重比较。试验结果以平均值 ± 标准差表示，以 $P < 0.05$ 作为判断差异显著性的标准。

2 结果与分析

由图 1 可知，无论是否添加苜蓿，不同车间



图中 * 表示因素间差异显著 ($P < 0.05$)

图 1 添加苜蓿和生产设备对颗粒饲料质量的影响

设备生产的颗粒饲料的硬度、密度、含粉率、颗粒长度和淀粉含量均无显著差异($P>0.05$),但添加苜蓿时车间 B 生产的颗粒饲料淀粉糊化度显著高于车间 A ($P<0.05$)。无论车间 A 还是车间 B,添加苜蓿均提高了颗粒饲料的硬度、密度和颗粒长度 ($P<0.05$),降低了颗粒饲料的含粉率和淀粉含量 ($P<0.05$)。车间 A 添加苜蓿降低了颗粒饲料淀粉糊化度 ($P<0.05$),但车间 B 添加苜蓿对淀粉糊化度无显著影响($P>0.05$)。

由双因素方差分析的结果(表1)可知,添加苜蓿和生产车间的交互作用对颗粒饲料硬度、含粉率、密度、淀粉含量和淀粉糊化度的影响均不显著($P>0.05$)。添加苜蓿显著提高了颗粒饲料硬度、密度和长度 ($P<0.05$),降低了含粉率、淀粉含量和淀粉糊化度($P<0.05$)。饲料生产车间对颗粒饲料硬度、含粉率、密度、淀粉含量和淀粉糊化度的影响均不显著($P>0.05$)。

3 结论与讨论

试验结果表明,添加 10%的苜蓿可显著提高颗粒饲料的硬度、密度、长度,显著降低颗粒的含粉率、淀粉含量和淀粉糊化度。在蒸汽调质参数和压缩比等制粒工艺参数相同的条件下,不同型号制粒设备对颗粒饲料品质无显著影响。

影响颗粒饲料加工质量的因素有很多,主要包括配方组成、原料粉碎粒度、调质参数、制粒工艺和冷却工艺等^[3]。本试验 2 个不同生产车间采用的环模制粒机型号不同,其中 1 个旧车间已运转了 10 余年,主机功率和环模内径较小;另 1 个新车间 2017 年投产,环模制粒机主机功率和环模内径较大,但生产的羔羊颗粒饲料在硬度、含粉率、密度、淀粉含量、淀粉糊化度上没有显著差异,表明制粒设备的不同对羔羊颗粒饲料加工

质量影响较小。制粒工艺中的关键技术参数对颗粒饲料品质影响较大,例如蒸汽添加量、蒸汽温度、环模压缩比、环模线速度等^[3]。本试验中,虽然 2 个车间的设备机型、功率、环模内径和使用年限不同,但主要制粒工艺参数是一致的,包括模孔直径、环模压缩比、蒸汽来源和蒸汽参数等,因此生产出的颗粒饲料质量没有显著差异。旧车间生产的颗粒饲料质量指标与新建车间无显著差异,仍可保证饲料品质。因此,在制粒工艺关键参数一致的情况下,不同型号制粒设备对颗粒饲料品质的影响较小。

在影响颗粒饲料加工质量的因素中,饲料的原料组成是主要影响因素^[5]。本试验分析了 4 组羔羊颗粒饲料质量指标,发现添加苜蓿显著影响了颗粒饲料加工质量,与上述研究一致。添加苜蓿改变了饲料配方组成,而原料配比影响颗粒饲料质量的因素包括各种养分的含量、容重、粒度、含水量和摩擦特性等^[7],这些因素均会在制粒工段直接影响颗粒饲料的质量、生产率、功耗和机械寿命。

试验结果表明,添加苜蓿显著影响了颗粒饲料的加工质量。苜蓿与常用的精料原料相比纤维含量较高,容重较低,添加苜蓿会显著影响原料的物理特性。纤维的黏结力差,有可能会降低饲料离子间的结合力,从这个角度而言有可能降低颗粒的紧密程度。但与此同时,纤维的摩擦阻力较大,物料进入环模和压辊之间的变形压紧区和模孔中的成型区时,在摩擦阻力较大的情况下受到的挤压力也相应增加,会增加颗粒的紧密程度。添加 10%的苜蓿显著增加了物料的硬度和密度,尤其是硬度增加了 2.34 倍,表明添加苜蓿纤维导致的摩擦阻力增加对颗粒质量的影响更大。有研

表 1 添加苜蓿和生产设备对颗粒饲料质量影响的双因素分析

处理	硬度 /N	含粉率 /%	密度 /(g/cm ³)	颗粒长度 /cm	淀粉含量 /%	淀粉糊化度 /%
不添加苜蓿	23.02±3.17	7.85±2.92	0.87±0.05	0.80±0.08	37.89±7.21	19.59±3.74
添加苜蓿	77.83±9.06	1.87±1.41	1.09±0.05	1.20±0.15	22.68±2.05	13.56±4.43
车间 A	54.75±32.35	4.92±2.23	0.98±0.11	1.07±0.11	30.15±10.61	14.71±6.45
车间 B	46.10±28.35	4.54±2.15	0.98±0.15	0.95±0.15	30.42±9.07	18.45±2.32
P 值						
苜蓿	0.010	0.033	0.010	0.021	0.010	0.013
车间	0.160	0.378	0.938	0.487	0.939	0.084
苜蓿×车间	0.217	0.315	0.377	0.327	0.774	0.091

究表明,添加一定比例的苜蓿草粉会显著增加颗粒硬度、耐久性指数和成型率^[8],这与本试验结果一致。

颗粒硬度和密度的增加相应地增加了颗粒的成型率,避免了摩擦和振动导致的颗粒破碎,从而降低了含粉率。粉化率又称耐久性,是评定颗粒饲料品质的重要指标^[9],较低的粉化率有利于颗粒饲料的储存和运输。颗粒硬度不仅影响粉化率,还与畜禽对饲料的适口性有关。添加苜蓿草粉可以提高羔羊对颗粒饲料的采食量^[6]。一方面苜蓿草粉的加入使颗粒饲料有了浓郁的草香味,提高了对动物的适口性^[10],另一方面颗粒硬度和密度等物理特性本身会影响动物的采食。反刍动物适宜的颗粒饲料硬度仍无定论。有试验研究了颗粒饲料硬度分别为52、56、59、65 N时育肥羊的采食量和生长性能,认为颗粒硬度为59 N时饲喂效果最优^[11]。本试验中不添加苜蓿时羔羊颗粒饲料硬度仅为23.03 N,添加苜蓿后硬度增加到77.83 N。但育肥羊和羔羊适宜的颗粒硬度不同,颗粒硬度过低或过高均不利于动物采食,不同动物及其不同生长阶段适宜的饲料颗粒硬度仍需研究。

在颗粒饲料中,淀粉占有较大比例。淀粉既是能量的主要来源,且淀粉糊化之后作为颗粒饲料的重要黏结剂和补充剂,对颗粒饲料的加工质量有着直接影响^[12-13]。淀粉糊化度是反映颗粒饲料加工质量的重要指标,淀粉的糊化有利于动物特别是幼龄动物对饲料的消化利用。在蒸汽调质环节蒸汽添加量和蒸汽温度不足,或制粒环节挤压力不足,均会导致颗粒饲料升温 and 熟化程度较低,降低颗粒饲料品质和畜禽对饲料的利用效率。本试验中,由于苜蓿本身淀粉含量较低,添加苜蓿后降低了颗粒饲料淀粉含量,也降低了颗粒饲料的淀粉糊化度,对颗粒品质有一定的不良影响。有研究表明,饲料原料含有淀粉比例大时颗粒饲料较易成型,但颗粒成型率、耐久性和硬度较高时,淀粉糊化度反而较低^[14],这与本试验结果一致。苜蓿的纤维含量较高,而纤维的吸水性较强,会在调质环节吸收更多的蒸汽,减少了淀粉吸收的蒸汽,导致升温不足,这可能是添加苜蓿降低颗粒饲料淀粉糊化度的主要原因。可见,虽然在幼龄反刍动物全价食料中加入一定比例的苜蓿草

粉可以提高采食量,促进早期瘤胃发育和动物的生长和健康水平,同时可提高颗粒的硬度、密度、成型率和耐久性,但会降低颗粒的淀粉糊化度。添加苜蓿对淀粉糊化度的影响不容忽视,需要进一步优化制粒工艺,以保证颗粒饲料品质。

参考文献:

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [2] 郑浩, 杨婷, 张曦. 影响颗粒饲料质量的因素[J]. 中国畜牧兽医, 2007(6): 30-31.
- [3] 李艳聪, 王志生, 单慧勇, 等. 影响颗粒饲料质量和制粒性能的因素分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(10): 5929-5930.
- [4] 江帆. 畜禽颗粒饲料质量影响因素及生产工艺优化研究[J]. 饲料博览, 2019(7): 90.
- [5] TURNER R. Bottom Line in feed processing: achieving optimum pellet quality[J]. Feed Management, 1995, 46: 30-33.
- [6] OBEIDAT B S, SUBIH H S, TAYLOR J B, Obeidat M D. Alfalfa hay improves nursing performance of Awassi ewes and performance of growing lambs when used as a source of forage compared with wheat straw [J]. Tropical Animal Health and Production. 2019, 51(3): 581-588.
- [7] 沈维军, 贺建华, 赵玉蓉, 等. 小麦替代玉米对颗粒饲料性能的影响[J]. 中国饲料, 2005(13): 13-14.
- [8] 杜文龙, 李军国, 谷旭, 等. 苜蓿草粉添加比例对颗粒饲料加工质量和生长育肥猪生长性能影响研究[J]. 饲料工业, 2021, 42(5): 34-39.
- [9] 姚辉冉, 彭本清, 牛志强. 稳定饲料颗粒质量的生产因素[J]. 饲料与畜牧, 2012(5): 42-43.
- [10] 王鑫, 马永祥, 李娟. 紫花苜蓿营养成分及主要生物学特性[J]. 草业科学, 2003(10): 39-41.
- [11] 张国庆, 王骁, 张积荣, 等. 饲喂不同硬度颗粒饲料对育肥羊生产性能, 血液生化指标, 抗氧化功能及经济效益的影响[J]. 饲料研究, 2019(11): 14-16.
- [12] 葛春雨. 不同淀粉糊化度饲料对颗粒饲料质量及断奶仔猪生长性能影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2019.
- [13] 边琳鹤, 潘发明. 中草药饲料添加剂在畜禽养殖中的应用及发展前景[J]. 甘肃农业科技, 2019(1): 72-76.
- [14] 李佳丽, 郭亚文, 杨通, 等. 不同草粉添加比例对颗粒饲料加工质量的影响[J]. 饲料工业, 2015, 36(7): 11-14.