

葛翠翠,李 昊,冯 帆,等. 柠条利用方式对宁夏育肥滩羊体外消化及发酵参数的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):144-147.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.032

柠条利用方式对宁夏育肥滩羊体外消化及发酵参数的影响

葛翠翠^{1,2}, 李 昊^{1,2}, 冯 帆^{1,2}, 刘 辉¹, 卜娇娇¹, 杨 芳¹, 辛国省^{1,2,3}

(1. 宁夏饲料工程技术研究中心, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏大学生命科学学院, 宁夏银川 750021;

3. 兰州大学生命科学学院, 甘肃兰州 730020)

摘要:为评价加工利用方式对柠条营养价值的潜在影响,采用体外二级离体消化及产气技术,对比研究无叶柠条、有叶柠条和裹包柠条对宁夏育肥滩羊瘤胃体外消化及发酵参数的影响。结果表明:有叶柠条的干物质消化率为 43.43%,高于无叶柠条(41.54%)和裹包柠条(36.55%),但有叶揉丝柠条和无叶揉丝柠条组间差异不显著;有叶柠条的中性洗涤纤维消化率为 28.90%,低于无叶柠条(31.36%),组间差异不显著,但与裹包柠条组(11.89%)存在显著性差异($P < 0.05$);体外发酵 48 h 的产气量(GP)分析发现,有叶柠条组产气量最高,为 32.50 mL,显著高于裹包柠条组($P < 0.05$),但与无叶柠条差异不显著;体外发酵 48 h 后,3 种粗饲料发酵液 pH 值差异性比较表明,有叶柠条、无叶柠条与裹包柠条差异均不显著;有叶柠条组消化液中的总挥发性脂肪酸、乙酸浓度分别为 1 227.50、722.02 $\mu\text{g/mL}$,显著高于其他 2 种方式柠条($P < 0.05$),但无叶柠条组与裹包柠条组差异不显著;对丙酸、丁酸浓度分析发现,组间差异不显著。综合各项指标表明,有叶柠条加工方式可保持其相对较高的营养学价值,并且体外消化及产气效果相对较好;这也为柠条加工调制的季节性选择提供了理论基础。

关键词:宁夏滩羊;柠条;体外消化;发酵参数

中图分类号: S826.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0144-04

近年来,随着牛羊养殖业的快速发展和对粗饲料的需求不断增加,粗饲料不足问题日益显现,草畜不平衡矛盾突出。此外,随着饲草原料价格的攀升,养殖成本不断增加,养殖效益进一步下降。因此,加大饲草料资源挖掘与开发,对缓解草畜不平衡、提高养殖效益具有重要意义。

柠条(*Caragana korshinskii*)作为水土保持、防风固沙作物,在我国三北地区(东北、西北、华北)广泛分布,柠条林面积可达 10 万 hm^2 以上,发挥了重要的生态学功能。此外,柠条拥有较高的营养价值,具有饲料资源开发潜力^[1-4]。平茬复壮是柠条林重要的管理方式,大量的平茬副产物为其饲料资源的开发提供了基础,在区域性饲料资源开发利用方面具有重要意义。此外,相关研究还发现,柠条平茬副产物可以作为功能性饲料资源来提高畜产品品质,具有功能性饲料开发潜力^[5]。与其他优质粗饲料相比,柠条粗纤维含量高,木质化程度也高,适口性较差,进而影响到家畜的采食量和利用效果。因此,柠条平茬副产物的加工利用方式对改善家畜的适口性、提高柠条利用率具有重要意义。当前柠条副产物的加工利用方式主要有揉丝、粉碎、青贮等^[5-8],在区域化饲料资源开发和提高柠条利用率等方面发挥了重要作用。

滩羊产业是宁夏优势特色竞争力产业,然而,随着传统放牧养殖模式向舍饲养殖模式的转变,饲草不足问题日益显现,也影响到滩羊产业的发展。因此,加大粗饲料资源开发与利用对促进滩羊产业可持续发展具有重要意义。本研究基于宁夏地区现有柠条平茬后副产物的加工利用方式,采用瘤胃体外消化产气法研究柠条青贮、带叶柠条揉丝(夏季)、无叶柠条揉丝(冬季)对宁夏育肥滩羊体外消化特征的影响,以科学评价其营养价值,为柠条饲料资源的加工调制和高效利用提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

柠条饲料资源化利用的主要方式包括柠条揉丝和裹包 2 种,根据收获季节的不同又分为夏秋季的带叶柠条和冬春季的无叶柠条;由于发酵环境温度的要求,柠条裹包一般在夏季进行。因此,本研究选用具有代表性加工方式的柠条样品,包括带叶柠条揉丝(夏季)、无叶柠条揉丝(冬季)、拉伸膜裹包柠条(夏季)3 种。

试验于 2016 年 9 月进行,选用 6 月龄体质量相近的 4 只宁夏盐池育肥滩羊作为瘤胃液供体动物,其日粮精粗比为 1:1,且柠条是该试验滩羊的主要粗饲料。

1.2 试验方法

1.2.1 柠条试样采集与处理 样品采集在宁夏盐池县饲料加工厂完成,带回实验室,于 105 $^{\circ}\text{C}$ 条件下干燥 6 h,烘干至绝干样,粉碎过 40 目标准筛,室温保存备用。

粗蛋白含量的测定参照 GB/T 6432—1994《饲料中粗蛋

收稿日期:2017-11-07

基金项目:一二三产业融合发展科技创新示范项目(编号:YES-16-10-1002)。

作者简介:葛翠翠(1992—),女,山东聊城人,硕士,研究方向为动物营养生理。E-mail:1085256472@qq.com。

通信作者:辛国省,博士,副教授,主要从事动物营养生理与调控、饲料资源开发与高效利用研究。E-mail:xinguosheng@ymail.com。

白测定方法》;粗脂肪含量的测定参照 GB/T 6433—1994《饲料中粗脂肪测定方法》;粗纤维含量的测定参照 GB/T 6434—1994《饲料中粗纤维测定方法》;中性洗涤纤维含量的测定参照 GB/T 20806—2006《饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定》;

酸性洗涤纤维含量的测定参照 NY/T 1459—2007《饲料中酸性洗涤纤维的测定》;粗灰分含量的测定参照 GB/T 6438—2007《饲料中粗灰分的测定》。柠条试样营养水平测定结果见表 1。

表 1 柠条试样营养水平(干物质含量)

类别	粗蛋白含量	粗脂肪含量	粗纤维含量	中性洗涤纤维含量	酸性洗涤纤维含量	粗灰分含量
无叶柠条	9.74	1.76	44.16	56.56	46.15	14.69
有叶柠条	14.61	1.22	39.94	47.46	44.18	5.94
裹包柠条	10.36	1.55	46.20	49.87	54.05	7.05

注:表中数据均为实测值。

1.2.2 试验设计 将每个柠条的加工利用方式作为影响因素,采用单因子试验设计,同时设空白对照组,每个组设 3 个重复,分别进行体外消化和产气试验。

1.2.3 人工瘤胃培养液的配制 试验所用人工培养液的配制采用 Menke 等的方法^[9],由常量元素溶液、微量元素溶液、缓冲液、指示剂溶液、还原剂溶液配制而成。人工培养液于瘤胃液采集前配好装入三角瓶中,置于 39 ℃ 水浴锅中预热,并向其中通入 CO₂。瘤胃液取自晨饲前屠宰的 4 只宁夏育肥滩羊,屠宰后采集瘤胃液,置于保温瓶中,迅速带回实验室,在缓慢通入 CO₂ 的条件下,用 4 层纱布过滤到预热的三角瓶中。量取过滤后的瘤胃液,按照与人工瘤胃营养液 1:2 的体积比例加到装有培养液的三角瓶中,往培养液中持续通入 CO₂,立即放入 39 ℃ 水浴中保存。

1.2.4 干物质消化率、NDF 消化率的测定 测定根据 Tilley 等的两阶段法^[10]进行。首先准确称量 1.000 g 样品装入纤维袋中,用封口机封口。以 4 个空纤维袋作为空白对照。将封好口的纤维袋放入 100 mL 注射器中。经充分预热后,向培养管内通入 CO₂,同时用分样器向各注射器中注入 60 mL 人工瘤胃培养液,盖好橡胶盖,放入 39 ℃ 恒温振荡培养箱中培养 48 h。48 h 后加入 50 mL 酸性胃蛋白酶溶液(1 L 0.1 mol/L HCl 中加入 2 g 胃蛋白酶),再放入 39 ℃ 的水浴恒温振荡器中培养 24 h,终止发酵。

1.2.5 产气量的测定 参照 Menke 等的体外产气法^[9]将 200 mg 待测样品放入 100 mL 注射器中,用 30 mL 经稀释后的瘤胃液消化,放入 39 ℃ 的水浴恒温振荡器中,记录 48 h 内 1、2、4、6、8、12、16、20、26、37 和 48 h 时间点的产气量。每个样品设计 4 个重复,同时设 4 个空白对照(人工瘤胃培养液),用于产气量的校正。根据记录的值计算产气量。

1.2.6 发酵液 pH 值、挥发性脂肪酸(VFA)浓度的测定 当 48 h 培养完毕后,立即用 pH-25 型酸度计测定发酵液的 pH 值,在测定前,用 pH 值为 4.0 和 7.0 的标准缓冲液校正 pH 计。

挥发性脂肪酸浓度的测定,采用气相色谱仪测定。

1.3 数据分析

各试验数据经 Excel 2007 初步整理后,利用 SPSS 16.0 统计软件进行单因素方差分析和显著性检验,多重比较采用 one-way ANOVA 中的 Duncan's 法进行统计分析,试验结果以平均值±标准误表示,显著性水平为 0.05、0.01。

2 结果与分析

2.1 加工利用方式对柠条营养水平及其消化率的影响

由图 1 可知,柠条干物质消化率存在显著的组间差异性

($P < 0.05$),其中有叶揉丝柠条的干物质消化率最高,为 43.43%,裹包柠条的最低,为 36.55%;裹包柠条的干物质消化率显著低于有叶揉丝柠条和无叶揉丝柠条($P < 0.05$),但有叶揉丝柠条和无叶揉丝柠条之间差异不显著。

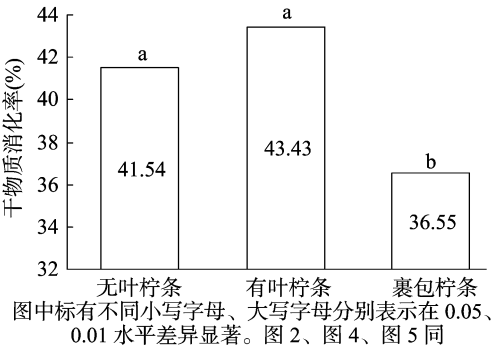


图 1 柠条干物质消化率

由图 2 可知,无叶柠条的中性洗涤纤维消化率最高,为 31.36%,有叶柠条的次之,为 28.90%,裹包柠条的最低,为 11.89%。无叶柠条的中性洗涤纤维消化率与有叶柠条差异不显著,与裹包柠条差异显著($P < 0.05$)。

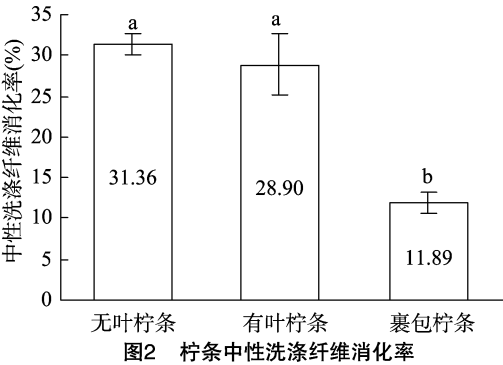


图 2 柠条中性洗涤纤维消化率

2.2 宁夏育肥滩羊体外消化产气量(GP)

有叶柠条、无叶柠条和裹包柠条的产气量随着培养时间的增加而明显提高,而后缓慢提高(图 3)。这可能是因为随着发酵时间的延长,作为主要发酵产气来源物质的碳水化合物及蛋白质被大量消耗,发酵速率开始下降。由图 4 可知,体外发酵 48 h 后,有叶柠条的产气量最多,为 32.50 mL,其次是无叶柠条,为 29.75 mL,裹包柠条的产气量最少,为 25.75 mL。有叶柠条、无叶柠条与裹包柠条间差异显著($P < 0.05$);有叶柠条与无叶柠条间差异不显著。

2.3 体外消化 48 h 后发酵液的 pH 值

瘤胃液 pH 值是反映瘤胃发酵水平的重要指标之一,能

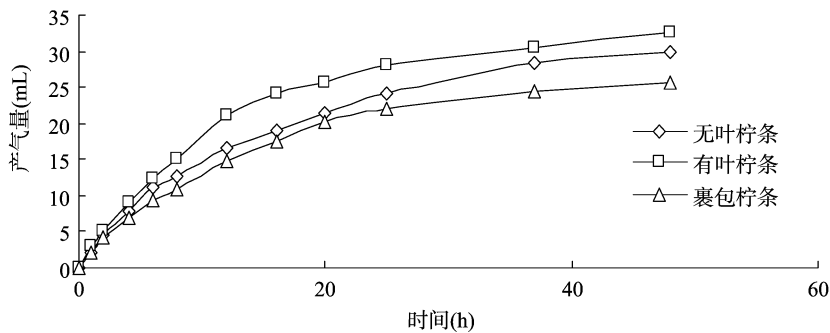


图3 粗饲料体外消化 0~48 h 的产气量

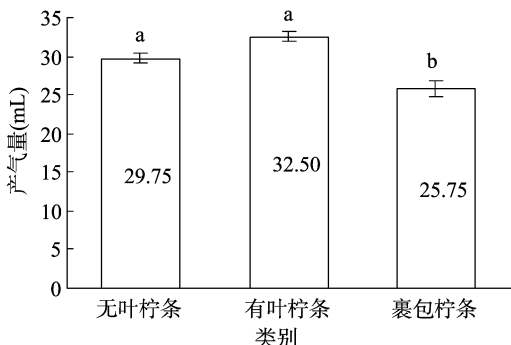


图4 粗饲料体外消化 48 h 的产气量

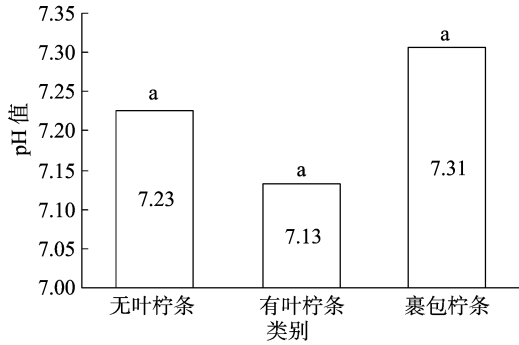


图5 试验饲草料体外消化 48 h 后发酵液的 pH 值

够综合反映瘤胃微生物状态与代谢产物有机酸产生、吸收、排除及中和情况。由图 5 可知,体外消化 48 h 后发酵液的 pH 值表现为有叶柠条(7.13) < 无叶柠条(7.23) < 裹包柠条(7.31)。有叶柠条、无叶柠条与裹包柠条间差异不显著,可能是因为柠条包膜、柠条揉丝无叶和柠条揉丝有叶只是柠条的不同处理产物,但成分基本没变化。

2.4 体外消化 48 h 后发酵液挥发性脂肪酸浓度的变化

由表 2 可以看出,有叶柠条的总挥发性脂肪酸浓度和乙酸浓度最高,显著高于无叶柠条和裹包柠条($P < 0.05$);其丙酸、戊酸的含量也最高,但与其他柠条相比差异不显著;3 种柠条的丁酸、异戊酸含量差异不显著;同时有叶柠条的乙酸/丙酸值最大,但与其他柠条相比差异不显著。

表 2 粗饲料体外发酵 48 h 的 VFA 浓度								μg/mL
类别	乙酸	丙酸	丁酸	异丁酸	异戊酸	戊酸	总挥发性脂肪酸	乙酸/丙酸
无叶柠条	547.78 ± 16.90c	230.62 ± 4.92c	79.84 ± 2.09b	23.80 ± 0.60ab	62.68 ± 1.35a	49.80 ± 1.11a	994.51 ± 22.69c	2.38 ± 0.04ab
有叶柠条	722.02 ± 6.52b	283.30 ± 38.92c	93.84 ± 2.81b	20.60 ± 1.00a	41.98 ± 3.90a	65.77 ± 1.43a	1 227.50 ± 30.57b	2.77 ± 0.54ab
裹包柠条	547.52 ± 15.70c	261.20 ± 4.14c	95.75 ± 4.02b	27.54 ± 0.59b	40.45 ± 1.42a	41.59 ± 0.66a	1 014.10 ± 24.93c	2.10 ± 0.04b

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

3 讨论

3.1 不同加工利用方式下柠条消化率的变化

饲料干物质消化率(dry matter digestibility,简称 DMD)代表着该饲料被微生物转化的能力,消化率越高,说明瘤胃的发酵效果越好,瘤胃微生物的活性越强,DMD 也是影响干物质采食量的一个主要因素,DMD 越高,反刍动物的干物质采食量就越大^[11]。饲料干物质的消化率也随饲料品种的不同而有一定的差异。消化率的高低与营养物质的结构有关。在本试验中,有叶柠条的干物质消化率最高,无叶柠条的次之,裹包柠条的最低,此结果可能是有叶柠条中有机物含量高于其他加工柠条造成的。

中性洗涤纤维的消化率(neutral detergent fiber digestibility,简称 NDFD)是表示粗饲料营养价值的一个重要指标。在其他条件不变的情况下,提高 NDF 的瘤胃消化率会显著增加反刍动物干物质采食量^[11]。在本试验中,无叶柠条

的中性洗涤纤维消化率最高,推测在不同加工方式下柠条的 NDFD 不同^[12]。

对有叶柠条与裹包柠条进行营养价值分析发现,有叶柠条具有较高的粗蛋白含量,但粗纤维、NDF、酸性洗涤纤维含量低于裹包柠条。裹包柠条在青贮过程中,叶片的脱落或微生物分解,导致其粗蛋白含量降低;部分水分的流失导致 CF、NDF、ADF 所占比例增加,使 CF、NDF、ADF 含量增加^[13]。

3.2 不同加工利用方式下柠条体外发酵 48 h 产气量的变化

人工瘤胃产气法是 Menke 等提出的体外评定反刍动物饲料营养价值的方法^[9],该法具有简单易行、可重复、易于标准化、批量操作和测试等优点。将不同的饲料原料作为发酵的底物,其产气量是有差异的。体外发酵过程中的产气量多少能反映底物可消化营养成分的数量和瘤胃微生物的代谢活动,而发酵延滞时间也同样是反映瘤胃微生物活动的指标。底物中有机物和粗蛋白的含量增加能缩短发酵的延滞时间,而木质素则相反,抑制了瘤胃微生物的活动,延长了发酵启动

时间^[14],这可能是因为木质素含量的增加降低了纤维素酶的活性所致^[15]。本试验体外发酵48 h时,所有粗饲料产气量曲线呈“S”形;而裹包柠条的产气量较低可能是由于木质素含量较高^[16],抑制了微生物的生长和繁殖。

3.3 不同加工利用方式下柠条体外发酵48 h pH值的变化

瘤胃液pH值是衡量反刍动物瘤胃发酵状况的敏感指标,该值受微生物代谢产物、底物营养成分种类和数量等各种因素相互作用的影响。瘤胃pH值的正常变化范围是5.5~7.5^[17],在本试验中各组的pH值(6.94~7.39)均在正常范围内。瘤胃pH值的大小受反刍动物唾液分泌、有机酸的生成、吸收和排出等多种因素影响,但其波动的根本原因在于饲料结构^[18],本试验结果与张勇等的研究结果^[19]一致,有叶柠条体外发酵液中pH值最低,可能是由于发酵产生较高的VFA造成的。

3.4 不同加工利用方式下柠条体外发酵48 h挥发性脂肪酸浓度的变化

VFA是有机物在瘤胃中发酵的主要产物,主要来源于微生物对碳水化合物和氨基酸的发酵。粗饲料中淀粉和糖类含量低,木质化程度高,易发酵碳水化合物含量低导致瘤胃发酵缓慢,产生的VFA也较少^[20-21]。而瘤胃中产生的VFA主要包括乙酸、丙酸和丁酸,可提供反刍动物总能量需要的70%~80%,VFA也是瘤胃微生物增殖的主要碳架来源^[22-23]。一般情况下NDF比例降低时,乙酸/丙酸比例也降低,通常乙酸/丙酸也被用于日粮的相对营养价值的估测。本试验因为是静态模拟瘤胃发酵,故乙酸/丙酸的变化即反映了发酵底物的营养价值^[24]。另外,有叶柠条的TVFA、乙酸、丙酸的浓度最高,可能是有叶柠条碳水化合物高于其他加工柠条的原因。

4 小结

有叶柠条加工方式可保持其相对较高的营养学价值,并且体外消化及产气效果相对较好,这也为柠条加工调制的季节性选择提供了理论基础。此外,为保持柠条相对较高的营养学价值,柠条裹包过程中要减少叶片的损失。

参考文献:

- [1]左忠,张浩,王峰,等.柠条饲料加工利用技术研究[J].草业科学,2005,22(3):30-35.
- [2]马惠茹,赵智香,陈艳君.内蒙古河套地区向日葵饲料资源生产情况及开发利用现状[J].中国畜牧兽医,2014,41(3):251-254.
- [3]任余艳,高崇华,赵雨兴,等.饲用柠条的营养特点及青贮技术研究[J].饲料研究,2015(5):1-2,34.
- [4]金三俊,董佳琦,宋建楼,等.秸秆饲料的研究进展[J].饲料博览,2016(2):8-10.
- [5]陈亮,张凌青,罗晓瑜,等.饲喂柠条包膜青贮饲料对肉牛育肥效果的影响[J].饲料研究,2013(7):40-42.
- [6]张旭,马芳,韩晓玲,等.内蒙古柠条饲料加工利用现状及前

- 景分析[J].农机化研究,2009,31(2):231-234.
- [7]石倡花,王维庆.柠条粗饲料加工工艺与饲喂效果分析[J].现代农业科技,2015(3):300-301.
- [8]马红彬,王华,沈艳.宁夏主要饲料资源利用现状及发展对策研究[J].农业科学研究,2012,33(3):44-49.
- [9]Menke K H, Raab L, Salewski A, et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro* [J]. The Journal of Agricultural Science, 1979, 93: 217-222.
- [10]Tilley J M A, Terry R A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage [J]. Journal of the British Grassland Society, 1963, 18(2):104-111.
- [11]郝建祥.体外发酵法评定反刍动物饲料营养价值的研究[D].南京:南京农业大学,2011.
- [12]温学飞,周全良,左忠,等.柠条饲料加工处理技术及营养分析[C]//国家林业局植树造林司.北方省区“灌木暨山杏选育、栽培及开发利用”研讨会论文集,2004.
- [13]周贤,郭晓军,郭威,等.发酵玉米秸秆饲草的营养价值评价[C]//中国畜牧业协会草业分会.第四届中国草业大会论文集,2016:13.
- [14]贾玉东,王振勇,柴同杰,等.日粮粗精比对奶牛瘤胃液和血清乙酸、丙酸、丁酸的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(7):27-32.
- [15]Haddi M L, Filacorda S, Meniai K, et al. *In vitro* fermentation kinetics of some halophyte shrubs sampled at three stages of maturity [J]. Animal Feed Science and Technology, 2003, 104(1/2/3/4): 215-225.
- [16]王峰,吕海军,温学飞,等.提高柠条饲料利用率的研究[J].草业科学,2005,22(3):35-39.
- [17]巴桑珠扎,陈亮,奥斯曼,等.西藏地区不同作物秸秆体外发酵特性研究[J].动物营养学报,2017,29(2):719-728.
- [18]van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary, fiber neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition [J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [19]张勇,夏天婵,常誉,等.体外产气法评价油菜秆与玉米、豆粕的组合效应[J].草业学报,2016,25(11):185-191.
- [20]许丽,韩友文,张淑芳.不同处理方法对玉米秸干物质和粗纤维瘤胃降解率的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2002(5):15-16.
- [21]Hoffman P C, Sievert S J, Shaver R D, et al. *In situ* dry matter, protein, and fiber degradation of perennial forages [J]. Journal of Dairy Science, 1993, 76(9):2632-2643.
- [22]王吉峰,王加启,李树聪,等.不同日粮对泌乳奶牛干物质采食量及消化率的影响[J].中国奶牛,2005(3):10-14.
- [23]马振华.水牛瘤胃对不同粗饲料木质素降解率的研究[D].武汉:华中农业大学,2015.
- [24]Martin C, Bernard L, Michalet-Doreau B. Influence of sampling time and diet on amino acid composition of protozoal and bacterial fractions from bovine ruminal contents [J]. Journal of Animal Science, 1996, 74(5):1157-1163.