

董朝霞,章 瑜,陈鑫珠,等. 甘薯藤和甘薯皮山羊瘤胃降解率的动态变化[J]. 江苏农业科学,2021,49(11):115-119.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.11.020

甘薯藤和甘薯皮山羊瘤胃降解率的动态变化

董朝霞¹,章 瑜^{2,3},陈鑫珠^{2,3},黄小云⁴,黄秀声⁴,黄勤楼⁵,庄益芬³

(1. 华南农业大学南方草业中心,广东广州 510642; 2. 福建省农业科学院畜牧兽医研究所,福建福州 350013;
3. 福建农林大学动物科学学院,福建福州 350013; 4. 福建省农业科学院农业生态研究所,福建福州 350013;
5. 福建省丘陵地区循环农业工程技术研究中心,福建福州 350013)

摘要:为开发利用甘薯藤、甘薯皮作为非常规饲料饲养反刍动物,以甘薯藤和 2 个品种的甘薯皮为原料进行其营养成分分析和福清山羊瘤胃降解率测定。试验选取 3 只健康并安装有永久性瘤胃瘘管的福清山羊,采用尼龙袋法测定其干物质(DM)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)在福清山羊瘤胃内不同降解时间点(4、8、16、24、36、48、72 h)的降解率。结果表明,甘薯藤粗蛋白(CP)含量较高,达 13.10% DM,2 种甘薯皮原料可溶性碳水化合物(WSC)含量较高,均高于 20% DM;3 份样本 NDF、ADF 和 DM 的瘤胃降解率均随着降解时间延长呈现上升趋势,72 h 达峰值;甘薯藤瘤胃降解率峰值 DM 达 53.21%,中性洗涤纤维为 49.65%,酸性洗涤纤维为 41.16%;2 份甘薯皮原料 DM 降解率达 72.79% 和 74.58%,中性洗涤纤维为 60.35% 和 65.77%,酸性洗涤纤维为 27.09% 和 29.08%。提示甘薯藤和甘薯皮均可作为反刍动物优质粗饲料,其中山东济薯 26 甘薯皮优于广东普薯 32 甘薯皮、广东普薯 32 甘薯皮优于甘薯藤。

关键词:甘薯藤;甘薯皮;瘤胃降解率;福清山羊

中图分类号:S827.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)11-0115-05

我国是饲料资源不足的国家,常规饲料的供需

矛盾越来越严重,开发利用非常规饲料资源就显得尤为重要,已成为当前畜牧业发展的关键性因素之一^[1-3]。甘薯又名红薯、地瓜、番薯等^[4],在我国分布很广,从南海诸岛到内蒙古,从陕西、陇南至新疆,从辽宁、吉林到黑龙江南部及云贵高原和藏南均有种植,种植面积和总产量居第 4 位,仅次于小麦、水稻和玉米^[5]。在甘薯产业食品加工中产生大量的甘薯皮及其边角料等,这些原料被废弃或焚烧处置,造成严重的环境污染、资源浪费,同时已经严重制约了甘薯产业的可持续发展。饲料原料的营养含量可否满足动物的生长需要,需对其进行系统的营养价值评定,针对其营养特性进行不同动物日

收稿日期:2020-09-01

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0502105);公益性行业(农业)科研专项(编号:201303094);福建省省属公益类科研院所基本科研专项(编号:2019R1026-1);福建省科技计划(编号:2016R1016-2);福建省农业科学院项目(编号:STIT2017-2-10、AA2018-5、2016PI-29)。

作者简介:董朝霞(1974—),女,内蒙古呼和浩特人,博士,助理研究员,主要从事草地与农田生态研究。E-mail: dongzhaoxia@scau.edu.cn。

通信作者:陈鑫珠,博士,副研究员,主要从事非常规饲料资源的加工、贮藏与利用研究,E-mail:010622051@163.com;黄秀声,研究员,主要从事草业科学和循环研究,E-mail:hxs706@163.com。

糖和灵芝酸合成的功能^[8]。因此经过综合比较分析,筛选得到夏灰 1 号平菇以及灵芝 92 是适宜茶枝屑代料栽培的优良食用菌菌株。

参考文献:

- [1] 贺望兴,江新风,谢小群,等. 茶枝栽培食用菌研究进展[J]. 蚕桑茶叶通讯,2018(4):28-31.
- [2] 刘明香,林忠宁,陈敏健,等. 茶枝屑代料栽培灵芝菌株的筛选[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2012,41(2):183-186.
- [3] 王 冲,张 林,张 伦,等. 茶枝屑代料培育灵芝原种的对比试

验[J]. 贵州科学,2013,31(3):55-60.

[4] 梁明玉,罗先群,黄雪星. 茶枝屑栽培黑木耳试验初探[J]. 广西林业科学,2019,48(3):404-407.

[5] 龚 翔,吴建坤,朱小明,等. 废茶树枝栽培茶薪菇的关键技术[J]. 中国茶叶,2004,26(1):30-31.

[6] 龚龙振. 茶枝屑栽培花菇的技术与效益[J]. 林业勘察设计,2008(2):189-191.

[7] 刘明香,林忠宁,陈敏健,等. 茶枝屑代料栽培对灵芝生物转化率和质量的影响[J]. 福建农业学报,2011,26(5):742-746.

[8] 邹礼根,丁玉庭. 茶叶对灵芝菌菌丝生长和菌体形态的影响[J]. 中国食品学报,2006,6(6):25-29.

粮配制是合理利用的前提^[6]。尼龙袋法是国际认可的测定瘤胃降解率的有效方法,其操作方法简便,能真实反映瘤胃的内环境,还能测定养分的消化降解情况^[7]。本试验采用尼龙袋法对甘薯藤和甘薯皮原料进行瘤胃降解率测定,旨在探究其营养成分在福清山羊中的利用率,为甘薯副产物的利用提供理论依据,降低养殖成本,从而促进我国畜牧业的可持续发展^[8]。

1 材料与方法

1.1 试验原料

试验原料是甘薯藤(sweet potato vine,SPV)粉、甘薯皮 1(sweet potato peels,SPS1)和甘薯皮 2(small sweet potato peels,SPS2),由连城连通饲料有限公司提供。甘薯品种:甘薯皮 1 为广东普薯 32,甘薯皮 2 为山东济薯 26。2 个品种新鲜甘薯皮由福建紫心生物薯业有限公司提供,甘薯藤由连城连通饲料有限公司向当地农民收购,3 种样品鲜样由连城连通饲料有限公司烘干设备烘干后粉碎制成干粉样,供饲料加工利用。

1.2 试验用瘿管羊及试验时间与地点

试验选取 3 只年龄约 1.5 岁的健康福清山羊,体质量约 40 kg,驱虫健胃,2018 年 9 月 12 日在福建农林大学宠物医院中进行永久性瘤胃瘿管安装手术,在福建省农业科学院畜牧兽医研究所泉头动物试验养殖基地中术后护理 1 个月恢复后进行瘤胃降解试验。

1.3 试验设计

按照《反刍动物饲料瘤胃降解率的测定——瘤胃尼龙袋法技术规程》进行 4、8、16、24、36、48、72 h 的 7 个降解时间点瘤胃降解率的测定,每个样本每只羊内设置 2 个平行样本,3 只羊为 3 个重复。

1.4 瘿管羊的饲料组成与日常管理

日粮由粗料与混合精料组成。粗料为新鲜杂交狼尾草,混合精料为 44% 玉米、14% 麦麸、8% 豆粕、5% 棉粕、4% 玉米胚芽饼、20% 玉米麸和 5% 预混料构成。试验羊按舍饲、单槽分饲、自由饮水,粗料与精料日喂量分别为 1 000、600 g,混合均匀后,分 2 次饲喂(09:00,16:00)。

1.5 尼龙袋试验方法

1.5.1 尼龙袋的准备 将孔径为 300 目的尼龙布剪裁成规格为 250 mm × 100 mm 的长方形,购于北京一牛肉牛信息技术研究中心。

1.5.2 测定方法 参考《饲料分析及饲料质量检测技术》测定风干样本的 DM 含量和粗蛋白质(crude protein, CP)含量^[9]测定。中性洗涤纤维(neutral detergent fiber, NDF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fiber, ADF)的测定采用 van Soest 等的方法^[10]。可溶性碳水化合物(water soluble-carbohydrate, WSC)采用 Anthrone 比色法定量^[11]。

1.6 指标计算

采用以下公式计算装袋样品逃逸率、校正装袋样品量、目标成分降解量、目标成分实时降解率。

装袋样品逃逸率 = (空白试验装袋样品干物质质量 - 空白试验袋中残留物质量) / 空白试验袋样品干物质质量 × 100% ;

校正装袋样品量 = 实际装袋样品量 × (1 - 样品逃逸率);

某目标成分某培养时间点的降解量 = (校正装袋样品量 × 空白试验残余物中某目标成分的含量) - (某培养时间点残余物的质量 × 某培养时间点残余物中某目标成分的含量);

某目标成分时间点的实时降解率 = 某目标成分某时间点的降解量 / (校正装袋样品量 × 空白试验残余物中某目标成分的含量) × 100% 。

1.7 数据分析

采用 Excel 2003 统计软件初步处理原始数据,再用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行单因子方差分析,采用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 原料的化学成分

由表 1 可知,3 种原料干物质含量相近,均达 92.00% 及以上;2 种甘薯皮的化学成分相近,甘薯藤的营养成分与甘薯皮差异较大,甘薯藤的蛋白质含量显著高于甘薯皮($P < 0.05$),可溶性碳水化合物含量显著低于 2 种甘薯皮原料($P < 0.05$);另外,甘薯皮 2 的可溶性碳水化合物显著高于甘薯皮 1($P < 0.05$);甘薯皮 1 的中性洗涤纤维含量和酸性洗涤纤维含量显著高于甘薯藤和甘薯皮 2($P < 0.05$);甘薯藤的半纤维素含量显著低于甘薯皮 1 和甘薯皮 2($P < 0.05$)。

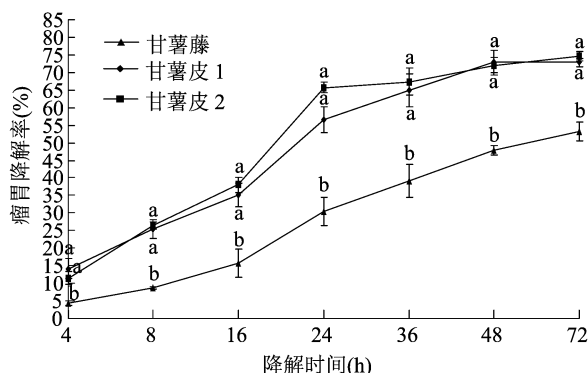
2.2 不同原料的瘤胃降解率

由图 1 至图 3 可知,在瘤胃内不同的滞留时间点中干物质瘤胃降解率,甘薯藤显著低于甘薯皮($P < 0.05$),甘薯皮 1 和甘薯皮 2 之间无显著差异

表 1 原料的化学成分

项目	干物质含量 (%)	粗蛋白质含量 (%)	可溶性碳水化合物含量 (%)	中性洗涤纤维含量 (%)	酸性洗涤纤维含量 (%)	半纤维素含量 (%)
甘薯藤	92.00 ± 4.25	13.10 ± 1.08a	2.17 ± 1.27c	43.20 ± 1.31b	38.20 ± 2.46b	5.00 ± 1.11b
甘薯皮 1	92.02 ± 3.09	8.06 ± 0.99b	21.41 ± 2.54b	53.00 ± 1.89a	43.56 ± 3.03a	9.44 ± 2.59a
甘薯皮 2	92.80 ± 3.67	6.22 ± 0.87b	28.67 ± 2.13a	45.39 ± 1.73b	35.97 ± 2.10b	9.42 ± 1.88a

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$ 。下同。



不同小写字母表示数据间差异显著($P < 0.05$), 下同

图1 甘薯藤与甘薯皮不同时间点干物质降解率

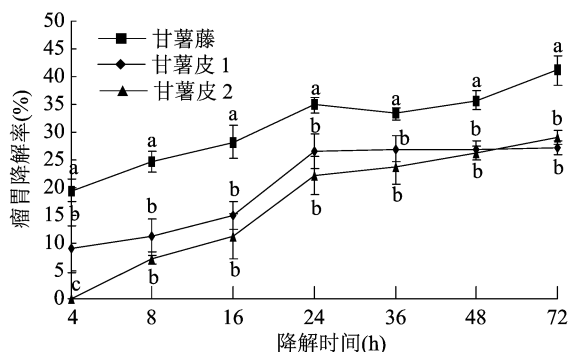


图2 甘薯藤与甘薯皮不同时间点中性洗涤纤维降解率

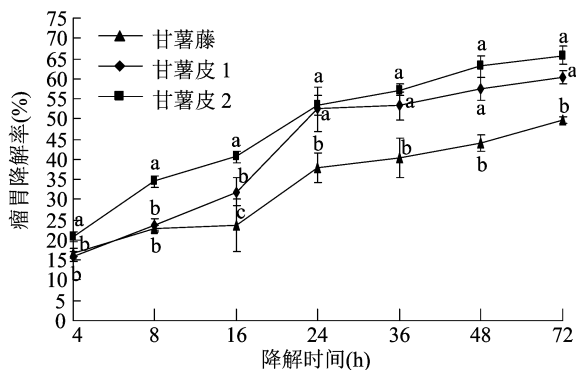


图3 甘薯藤与甘薯皮不同时间点酸性洗涤纤维降解率

($P > 0.05$); 中性洗涤纤维降解率, 甘薯藤显著高于甘薯皮 ($P < 0.05$), 4 h 的甘薯皮 1 显著高于甘薯皮 2 ($P < 0.05$), 其余 6 个时间点 2 种甘薯皮间无显著差异 ($P > 0.05$); 酸性洗涤纤维瘤胃降解率, 除 4 h

和 8 h 这 2 个时间点外, 其他 5 个时间点的甘薯藤显著低于甘薯皮 ($P < 0.05$), 4、8、16 h 的甘薯皮 2 显著高于甘薯藤和甘薯皮 1 ($P < 0.05$)。

2.3 原料不同滞留时间的瘤胃内降解率

由表 2 可知, 甘薯藤和甘薯皮的干物质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的瘤胃降解率随着瘤胃滞留时间延长而升高, 3 个指标的降解率升高速度 (幅度) 前期 (4 ~ 36 h) 快于后期 (36 ~ 72 h), 72 h 时瘤胃降解率最高 (除甘薯皮 1 的干物质瘤胃降解率)。

甘薯藤的 72 h 干物质和中性洗涤纤维瘤胃降解率显著高于除 48 h 以外的 5 个时间点 ($P < 0.05$); 除 8 h 和 4 h 之间无显著差异 ($P > 0.05$), 36、24、16、8、4 h 这 5 个时间点间的干物质瘤胃降解率均存在显著差异 ($P < 0.05$); 36 h 和 24 h 的中性洗涤纤维瘤胃降解率显著高于 16、8、4 h ($P < 0.05$), 16 h 和 8 h 显著高于 4 h ($P < 0.05$); 72 h 的酸性洗涤纤维瘤胃降解率显著高于 36、16、8、4 h ($P < 0.05$), 36 h 显著高于 8 h 和 4 h ($P < 0.05$), 8 h 显著高于 4 h ($P < 0.05$)。

72 h 和 48 h 的甘薯皮 1 的干物质瘤胃降解率显著高于其他 5 个时间点 ($P < 0.05$), 36 h 和 24 h 显著高于 16、8、4 h ($P < 0.05$), 16 h 和 8 h 显著高于 4 h ($P < 0.05$); 72 h 中性洗涤纤维瘤胃降解率显著高于 24、16、8、4 h ($P < 0.05$), 24 h 显著高于 16 h、8 h 和 4 h ($P < 0.05$), 16 h 和 8 h 显著高于 4 h ($P < 0.05$); 72、48、36、24 h 的酸性洗涤纤维显著高于 16、8、4 h ($P < 0.05$)。

甘薯皮 2 的干物质瘤胃降解率 72 h 显著高于其他 6 个时间点 ($P < 0.05$), 48、36、24、16 h 显著高于 8 h 和 4 h ($P < 0.05$), 8 h 显著高于 4 h ($P < 0.05$); 中性洗涤纤维瘤胃降解率 72 h 和 48 h 显著高于 24、16、8、4 h ($P < 0.05$), 24 h 显著高于 16、8、4 h ($P < 0.05$), 16 h 和 8 h 显著高于 4 h ($P < 0.05$); 酸性洗涤纤维 72、48、36、24 h 显著高于 16、8、4 h ($P < 0.05$)。

表 2 甘薯藤和甘薯皮在山羊瘤胃内不同时间的降解率

材料	降解时间 (h)	降解率(%)		
		干物质	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维
甘薯藤	4	4.31 ± 0.66e	16.91 ± 2.00d	19.52 ± 2.00d
	8	8.65 ± 0.25e	22.95 ± 1.78c	24.63 ± 1.78c
	16	15.83 ± 3.96d	23.66 ± 2.99c	28.23 ± 2.99bc
	24	30.42 ± 4.02c	37.91 ± 1.45b	34.92 ± 1.45ab
	36	39.12 ± 4.78b	40.46 ± 1.09b	33.43 ± 2.09b
	48	47.87 ± 1.30ab	44.02 ± 1.70ab	35.70 ± 1.70ab
	72	53.21 ± 2.69a	49.65 ± 2.71a	41.16 ± 2.71a
甘薯皮 1	4	14.18 ± 2.72d	15.82 ± 4.18d	8.91 ± 4.18b
	8	25.51 ± 2.69c	23.71 ± 3.29c	11.19 ± 3.29b
	16	35.23 ± 3.36c	31.98 ± 2.54c	15.09 ± 2.54b
	24	56.44 ± 3.64b	52.39 ± 3.21b	26.52 ± 3.21a
	36	64.87 ± 4.59b	53.21 ± 2.32ab	26.97 ± 2.32a
	48	73.12 ± 3.28a	57.48 ± 1.74ab	26.81 ± 1.74a
	72	72.79 ± 1.24a	60.35 ± 1.29a	27.09 ± 1.29a
甘薯皮 2	4	11.48 ± 1.75d	20.77 ± 0.00d	0.00 ± 0.00b
	8	26.46 ± 1.08c	34.53 ± 1.04c	7.27 ± 1.04b
	16	38.03 ± 2.17b	40.65 ± 3.99c	11.24 ± 3.99b
	24	65.75 ± 1.65b	53.43 ± 3.34b	22.22 ± 3.34a
	36	67.32 ± 3.87b	57.21 ± 3.12ab	23.89 ± 3.12a
	48	71.80 ± 2.38b	62.98 ± 1.27a	26.37 ± 1.27a
	72	74.58 ± 1.42a	65.77 ± 1.24a	29.08 ± 1.24a

3 结论与讨论

3 种原料营养物质丰富,干物质的瘤胃降解率分别为 53.21%、72.79% 和 74.58%, 高于一般粗饲料。山东济薯 26 甘薯皮中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维及干物质降解率的峰值均高于广东普薯 32 甘薯皮和甘薯藤,且广东普薯 32 甘薯皮高于甘薯藤。说明甘薯藤和甘薯皮均为反刍动物优质粗饲料,且山东济薯 26 甘薯皮优于广东普薯 32 甘薯皮、广东普薯 32 甘薯皮优于甘薯藤。

粗饲料养分含量因其种类不同而存在较大差异。甘薯藤和甘薯皮烘干粉碎后做饲料,其干物质(DM)含量均在 92% 以上,水分含量低于 8%,能够长期有效地保存其营养物质,可配制全年营养均衡的饲料,有利于在规模化养殖企业畜禽配合饲料中推广利用,有广阔的推广前景。因此,采用此种工艺处理,可有效提高甘薯藤和甘薯皮的利用。

藤蔓类粗饲料具有相对较高的营养价值,多数藤蔓类粗饲料粗蛋白含量高于玉米秸秆^[12]。本试验甘薯藤的粗蛋白质含量显著高于甘薯皮,可溶性

碳水化合物含量显著低于甘薯皮。主要是因为甘薯皮中留有一部分甘薯的果肉,甘薯果肉中糖分含量较高。3 种原料的中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量低于陈晓琳等、郝松华等报道的大部分牧草粗饲料^[12-13],甘薯藤和甘薯皮 2 中性洗涤纤维的含量分别为 43.20% 和 45.39%,与陈晓琳等报道的苜蓿草的中性洗涤纤维含量^[14]相近,而甘薯皮 1 中性洗涤纤维的含量为 53.00%,与陈晓琳等报道的燕麦草中性洗涤纤维含量^[14]相近。表明本试验 3 种原料的营养特性可与优质饲草相媲美,可作为反刍动物的优质粗饲料进行利用,其中的纤维素和半纤维素作为反刍动物的主要能源物质,不仅能确保较低的饲料成本,还能促进肠胃蠕动、调节瘤胃内环境,从而保证反刍动物健康和生产潜力的充分发挥^[15]。

不同饲草原料品种间的营养成分瘤胃降解率差异显著,随着饲草在瘤胃中滞留时间的延长,营养成分的降解率逐渐增大,72 h 趋于稳定^[16]。这是由于瘤胃内的微生物和酶作用于原料的时间越长,原料的营养成分被降解的数量越多,则营养成分的降解率越高^[17]。相同饲草,因其种植地点、收获时间的不同,其营养成分与瘤胃降解率存在一定差异^[18-20]。郑向丽等报道,奶牛瘤胃中不同品种花生秸秆的干物质降解率和粗蛋白降解率趋势相同,但降解率和有效降解率不同,其中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的降解率分别在 38.39% ~ 49.87% 和 39.28% ~ 52.54%^[18]。陈鑫珠等采集不同品种、不同种植季节的 4 种花生秸秆样本,测定瘤胃降解率,结果表明,4 种花生秸秆样本干物质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维在瘤胃内降解趋势一致,均随着降解时间延长呈上升的趋势,48 ~ 72 h 花生秸秆 DM 的降解率达到 50% ~ 57%,其中,秋植花生秸秆的山羊瘤胃降解率较高^[19]。魏晨等研究表明,不同地区小麦秸秆营养成分及瘤胃降解规律不同^[21]。本试验中 3 种原料干物质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的瘤胃降解率随瘤胃滞留时间的延长而升高,72 h 达最高。其中,甘薯藤的干物质消化主要在中期进行,其 16 h 前的瘤胃降解率和 36 h 之后的降解速度较慢,24 ~ 36 h 间降解速度较快,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维消化主要在在 36 h 前变化较快。2 个不同甘薯品种的甘薯皮原料的干物质、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维降解率均随降解时间延长呈现升高的趋势,但降解率升高的速度前期快于后期,24 ~ 36 h 后的各个降解时间点间没有显著

差异。

干物质瘤胃降解率是影响干物质采食量的一个主要因素,受饲料原料纤维素含量和木质化程度的影响,反映饲料降解的难易程度^[22-23]。李茂等研究发现,原料干物质瘤胃降解率越高,其干物质采食量相应越大^[24]。中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维瘤胃降解率的高低则是反映了该饲料被消化的难易程度^[18]。本试验 2 种甘薯皮干物质和中性洗涤纤维瘤胃降解率的峰值均高于甘薯藤,且甘薯皮 2 干物质和中性洗涤纤维瘤胃降解率的峰值最高,表明甘薯皮 2 在福清山羊中利用可获得最好效果,采食量和消化率均可得到最佳。3 种原料干物质的降解率分别为 53.21%、72.79% 和 74.58%,较一般粗饲料的数值高或相近。另外,甘薯皮 2 的中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维以及干物质降解率的峰值均高于甘薯皮 1 和甘薯藤,甘薯皮 1 的中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维及干物质降解率的峰值均高于甘薯藤。证明甘薯藤和甘薯皮均可作为反刍动物的饲料;甘薯皮 2 的营养价值优于甘薯皮 1 和甘薯藤,甘薯皮 1 的营养价值优于甘薯藤。植物原料的纤维为植物细胞壁成分,在瘤胃内被消化前,瘤胃内的微生物和酶等均必须先紧密附着在这些底物上,需要一定时间后才能进行有效的快速消化,因此,中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的瘤胃降解率在 4~8 h 会出现一个延滞期^[19]。甘薯皮在酸性洗涤纤维瘤胃降解中此现象较明显。研究团队后期将应用 SAS 软件进行瘤胃降解参数分析,进一步解析这 3 种原料的瘤胃降解规律。

参考文献:

- [1] 贾康,柯锦华,党国英,等. 中国农村研究:乡村治理现代化(笔谈)[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版),2020,59(2):12-27.
- [2] 樊志龙,柴强,曹卫东,等. 绿肥在我国旱地农业生态系统中的服务功能及其应用[J]. 应用生态学报,2020,31(4):1389-1402.
- [3] 黄国勤. 长江经济带稻田耕作制度绿色发展探讨[J]. 中国生态农业学报,2020,28(1):1-7.

- [4] 张芳婷. 甘薯加工副产物综合利用及效益分析[J]. 农业工程技术,2019,39(11):75-76.
- [5] 马剑凤,程金花,汪洁,等. 国内外甘薯产业发展概况[J]. 江苏农业科学,2012,40(12):1-5.
- [6] 陈晓琳,刘志科,孙娟,等. 不同牧草在肉羊瘤胃中的降解特性研究[J]. 草业学报,2014,23(2):268-276.
- [7] 冯仰廉,澳斯柯夫. 反刍家畜降解蛋白质的研究(一) 用尼龙袋法测定几种中国精饲料在瘤胃中的降解率及该方法稳定性的研究[J]. 中国畜牧杂志,1984(5):4-7.
- [8] 郑飞. 毛竹叶和杨树叶的营养价值及奶牛瘤胃降解特性的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [9] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:北京农业大学出版社,1993:19-33.
- [10] Van Soest P J. Development of comprehensive system of feed analyses and its application to forages[J]. Journal of Animal Science,1967,26(1):119.
- [11] 陈鑫珠,李文杨,刘远,等. 甘蔗稍绿汁发酵液对菌糠发酵品质的影响[J]. 草地学报,2018,26(2):474-478.
- [12] 郝松华,丁娜,赵俊星,等. 不同粗饲料在肉羊瘤胃中的降解特性研究[J]. 中国草食动物科学,2017,37(4):16-21,26.
- [13] 陈晓琳,孙娟,王月超,等. 不同类农作物秸秆在肉羊瘤胃中的降解特性研究[J]. 中国畜牧杂志,2015,51(5):45-51.
- [14] 陈晓琳. 肉羊常用粗饲料营养价值和瘤胃降解特性研究[D]. 青岛:青岛农业大学,2014.
- [15] 牟兰. 苕麻的饲用安全性及其肉牛瘤胃降解特性和饲喂效果研究[D]. 兰州:兰州大学,2019.
- [16] 陈晓琳,郝松华,侯玉洁,等. 5 种不同牧草在奶牛瘤胃中降解特性的研究[J]. 中国奶牛,2013(16):4-8.
- [17] 杨凤. 动物营养学[M]. 北京:农业出版社,1993.
- [18] 郑向丽,王俊宏,徐国忠,等. 4 种花生秸秆在奶牛瘤胃中的降解特性[J]. 草业学报,2016,25(5):149-155.
- [19] 陈鑫珠,林雅婷,黄秀声,等. 花生秸秆在福清山羊中的瘤胃降解特性[J]. 福建农业学报,2019,34(11):1270-1275.
- [20] 姬奇武,韩汝旦,董宽虎,等. 山西不同居群白羊草的营养成分及瘤胃降解规律[J]. 草业学报,2015,24(9):53-62.
- [21] 魏晨,游伟,万发春,等. 不同地区小麦秸秆的营养价值及瘤胃降解规律[J]. 饲料工业,2018,39(23):13-17.
- [22] Latimer G W J. Official methods of analysis of AOAC International[M]. AOAC International,1995.
- [23] 夏科,姚庆,李富国,等. 奶牛常用粗饲料的瘤胃降解规律[J]. 动物营养学报,2012,24(4):769-777.
- [24] 李茂,字学娟,白昌军,等. 不同生长高度王草瘤胃降解特性研究[J]. 畜牧兽医学报,2015,46(10):1806-1815.