

# 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮品质的影响

翁玉楠<sup>1</sup> 韦庆旭<sup>1</sup> 张建鹏<sup>1</sup> 边会龙<sup>2</sup> 张康柱<sup>3</sup> 李聪<sup>1</sup> 罗军<sup>1</sup> 王平<sup>1\*</sup>

(1.西北农林科技大学动物科技学院,杨凌 712100;2.陕西省陇县畜牧工作站,陇县 721200;

3.陕西省畜牧产业试验示范中心,泾阳 713702)

**摘要:** 本试验旨在研究乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的营养物质含量、发酵品质和有氧稳定性的影响,为乳酸菌制剂在饲用油菜混合青贮中的开发利用提供参考依据。试验设4个组,每组3个重复。4个组分别为饲用油菜+全株玉米混合青贮组(CR组)、饲用油菜+全株玉米+乳酸菌制剂混合青贮组(CR+LAB组)、饲用油菜+玉米秸秆混合青贮组(SR组)、饲用油菜+玉米秸秆+乳酸菌制剂混合青贮组(SR+LAB组)。饲用油菜与全株玉米的混合比例为5:5(干物质基础),饲用油菜与玉米秸秆的混合比例为7:3(干物质基础)。CR+LAB组和SR+LAB组中乳酸菌制剂添加量为5 g/t(溶于2 kg蒸馏水中),CR组和SR组添加等量的蒸馏水。取1 kg混合好的原料,切短为2~3 cm,装于袋中抽真空后密封,室温贮藏60 d。测定青贮样品的营养物质含量、pH、有机酸含量和有氧稳定性。结果表明:1)青贮60 d后,CR+LAB组和SR+LAB组的干物质含量显著高于CR组和SR组( $P<0.05$ );CR+LAB组的粗蛋白质含量显著高于其他3组( $P<0.05$ ),SR组的粗蛋白质含量显著低于其他3组( $P<0.05$ );SR组和SR+LAB组的中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量显著高于CR组和CR+LAB组( $P<0.05$ )。2)各组之间pH和乙酸含量无显著差异( $P>0.05$ )。CR组和CR+LAB组的乳酸和丙酸含量显著高于SR组和SR+LAB组( $P<0.05$ )。3)CR组和SR组的有氧稳定性显著低于CR+LAB组和SR+LAB组( $P<0.05$ )。综上所述,饲用油菜与全株玉米混合青贮的营养价值高于饲用油菜与玉米秸秆混合青贮。青贮中添加乳酸菌制剂提高了青贮饲料的粗蛋白质含量,能够有效延长饲用油菜与全株玉米混合青贮的有氧稳定性。

**关键词:** 饲用油菜;全株玉米;玉米秸秆;青贮;乳酸菌制剂

中图分类号:S816.5<sup>+</sup>3

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)05-2993-08

饲用油菜具有季节性强、流通成本高、不易于保存等特点,开发利用不足限制了其在养殖业中的广泛应用。开发一种保存效果好、适用于流通的饲用油菜利用方式,对扩大饲料资源具有重要意义。饲用油菜生物量大、适口性好,粗蛋白质(CP)含量可达15%[干物质(DM)基础]以上,粗纤维含量较低,是一种营养价值相对较高的地方

性饲料资源<sup>[1]</sup>。青贮可减少天气变化等季节性因素造成的养分损失,能较大程度地保存饲料中养分,是饲草料开发利用的重要方式。但是,高水分含量是农作物青贮时的不利因素之一<sup>[2]</sup>。而且,饲用油菜具有高CP含量、高缓冲能值、低碳水化合物含量的特点,不适合单独青贮利用<sup>[3]</sup>。已有研究显示,通过向CP含量高的饲料原料中加入碳

收稿日期:2020-10-29

基金项目:陕西省重点研发计划(2018ZDXM-NY-033)

作者简介:翁玉楠(1997—),男,河南固始人,硕士研究生,动物营养与饲料科学专业。E-mail: 13462079637@163.com

\*通信作者:王平,副教授,硕士生导师,E-mail: wangping@nwafu.edu.cn

水化合物含量高的饲料原料可改善其青贮品质<sup>[4]</sup>。赵娜等<sup>[5]</sup>研究表明,饲用油菜与易降解的非结构碳水化合物,如玉米粉、玉米淀粉等混合青贮能够收获较高品质的青贮饲料。此外,阴法庭等<sup>[1]</sup>研究表明,当饲用油菜与玉米秸秆以7:3的比例进行混合青贮时,能够明显改善饲用油菜青贮的感官品质和乳酸含量。近年来的研究表明,在调制青贮饲料的过程中通过添加乳酸菌制剂能够迅速增加乳酸菌数量,降低pH,达到降低养分损失的效果。已有研究显示,向玉米青贮<sup>[6]</sup>、苜蓿青贮<sup>[7]</sup>、构树与稻草混合青贮<sup>[8]</sup>中添加乳酸菌制剂后明显减少了青贮饲料的营养损失,改善了发酵品质和有氧稳定性。但是,由于菌株差异、饲料原料来源和质量等因素的影响<sup>[9]</sup>,使得添加乳酸菌制剂的实际效果并不完全一致。目前,饲用油菜混合青贮中添加乳酸菌制剂的研究尚不多见。因此,本试验旨在评价青贮中添加乳酸菌制剂对饲用油菜和全株玉米或玉米秸秆混合青贮的营养价值、发酵品质和有氧稳定性的影响,为乳酸菌制剂在饲用油菜混合青贮中的开发利用提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

青贮原料为陕西省陇县种植的盛花期的饲用油菜、乳熟期收割的全株玉米和收获籽实后的玉米秸秆。玉米留茬高度10~15 cm,切短长度2~3 cm。其中,饲用油菜的水分含量为84%,全株玉米的水分含量为65%,玉米秸秆的水分含量为54%。乳酸菌制剂为商品化制剂,其中,植物乳杆菌数量 $\geq 1.6 \times 10^{10}$  CFU/g,布氏乳杆菌数量 $\geq 4.0 \times 10^9$  CFU/g。

### 1.2 试验设计与青贮方法

试验设4个组,每组3个重复。4个组分别为饲用油菜+全株玉米混合青贮组(CR组)、饲用油菜+全株玉米+乳酸菌制剂混合青贮组(CR+LAB组)、饲用油菜+玉米秸秆混合青贮组(SR组)、饲用油菜+玉米秸秆+乳酸菌制剂混合青贮组(SR+LAB组)。饲用油菜与全株玉米的混合比例为5:5(DM基础),饲用油菜与玉米秸秆的混合比例为7:3(DM基础)。CR+LAB组和SR+LAB组中乳酸菌制剂添加量为5 g/t(溶于2 kg蒸馏水中),CR组和SR组添加等量的蒸馏水。取1 kg混合好的原料,切短为2~3 cm,装入聚乙烯袋(24 cm×

40 cm)中抽真空后密封,室温(平均25℃)贮藏60 d后开封取样。

### 1.3 样品采集与测定指标

分别于青贮前和青贮的第60天采集青贮饲料样品,用于分析青贮饲料样品的营养物质含量、发酵品质和有氧稳定性。

#### 1.3.1 青贮饲料中营养物质含量的测定

将采集到的青贮饲料样品于65℃烘干48 h,过1 mm粉碎筛,于室温保存待测。采用GB/T 6435—2006的方法测定水分含量,计算DM含量;CP含量采用凯氏定氮法(GB/T 6432—1994)进行测定;粗脂肪(EE)含量采用索氏浸提法(GB/T 6433—2006)进行测定;采用GB/T 20806—2006的方法测定中性洗涤纤维(NDF)含量;采用NY/T 1459—2007的方法测定酸性洗涤纤维(ADF)含量。

#### 1.3.2 青贮饲料pH和有机酸含量的测定

取25 g青贮饲料样品与225 mL磷酸盐缓冲液混合匀质1 min,过滤浸出液后立即用便携式pH计(FE 20, Mettler Toledo公司,瑞士)测定pH。参考曹雨莉等<sup>[10]</sup>的方法使用高效液相色谱仪(Agilent 1260,安捷伦科技有限公司,美国)测定浸出液中乳酸含量。参考和立文<sup>[11]</sup>的方法使用气相色谱仪(Agilent 7890A,安捷伦科技有限公司,美国)测定浸出液中乙酸、丙酸和丁酸含量。

#### 1.3.3 青贮饲料有氧稳定性的评价

青贮饲料有氧稳定性定义为使青贮饲料温度升高2℃所需要的时间<sup>[12]</sup>。于青贮第60天打开饲料包装,将700 g青贮饲料样品放入泡沫容器中,用灭菌后的2层纱布覆盖表面,防止水分散失和污染。将数显温度计(TP-101,霍尼韦尔国际公司,美国)插入青贮饲料样品的几何中心,于室温下每隔2 h记录1次温度。

### 1.4 统计分析

试验数据采用SPSS 18.0软件进行单因素方差分析,采用Duncan氏法多重比较检验进行组间差异显著性分析,数据采用平均值±标准差表示, $P < 0.05$ 代表差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的营养物质含量的影响

由表1可见,在青贮前,各组之间DM含量无

显著差异 ( $P>0.05$ )。含全株玉米的 CR 组和 CR+LAB 组的 CP 含量显著高于含玉米秸秆的 SR 组和 SR+LAB 组 ( $P<0.05$ ), 而含全株玉米的 CR 组和 CR+LAB 组的 NDF 和 ADF 含量则显著低于含玉米秸秆的 SR 组和 SR+LAB 组 ( $P<0.05$ )。青贮 60 d 后, 添加乳酸菌制剂的 CR+LAB 组和 SR+LAB 组的 DM 含量显著高于未添加乳酸菌制剂的

CR 组和 SR 组 ( $P<0.05$ ), 提示添加乳酸菌制剂能够减少青贮饲料中营养物质的损失; CR+LAB 组的 CP 含量显著高于其他 3 组 ( $P<0.05$ ), SR 组的 CP 含量显著低于其他 3 组 ( $P<0.05$ ); 含玉米秸秆的 SR 组和 SR+LAB 组的 NDF 和 ADF 含量显著高于含全株玉米的 CR 组和 CR+LAB 组 ( $P<0.05$ )。

表 1 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的营养物质含量的影响 (DM 基础)

Table 1 Effects of lactic acid bacteria preparation on nutrient contents of mixed silage of forage rape with whole-crop corn or corn stalk (DM basis)

时间 Time	项目 Items	组别 Groups			
		CR	CR+LAB	SR	SR+LAB
青贮前 Before ensiling	干物质 DM	24.5±0.4	26.1±0.1	23.3±0.4	24.7±0.1
	粗蛋白质 CP	10.0±0.1 <sup>a</sup>	10.9±0.1 <sup>a</sup>	8.4±0.1 <sup>b</sup>	8.7±0.3 <sup>b</sup>
	中性洗涤纤维 NDF	41.1±1.6 <sup>b</sup>	42.0±2.1 <sup>b</sup>	54.7±1.8 <sup>a</sup>	53.4±1.2 <sup>a</sup>
	酸性洗涤纤维 ADF	29.9±1.1 <sup>b</sup>	31.5±2.1 <sup>b</sup>	37.2±2.4 <sup>a</sup>	37.9±0.1 <sup>a</sup>
青贮 60 d 60 days of ensiling	干物质 DM	17.6±0.3 <sup>c</sup>	22.1±0.2 <sup>a</sup>	19.8±0.1 <sup>b</sup>	21.8±0.1 <sup>a</sup>
	粗蛋白质 CP	10.0±0.3 <sup>b</sup>	12.2±0.1 <sup>a</sup>	8.4±0.5 <sup>c</sup>	10.2±0.2 <sup>b</sup>
	中性洗涤纤维 NDF	43.1±2.1 <sup>b</sup>	46.4±2.3 <sup>b</sup>	61.9±1.6 <sup>a</sup>	65.0±2.5 <sup>a</sup>
	酸性洗涤纤维 ADF	32.5±2.3 <sup>b</sup>	35.5±1.8 <sup>b</sup>	44.5±1.6 <sup>a</sup>	45.5±1.1 <sup>a</sup>

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 相同或无字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ). The same as below.

## 2.2 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的发酵品质的影响

由表 2 可见, 各组之间 pH 无显著差异 ( $P>0.05$ ), 在 3.70~4.25。含全株玉米的 CR 组和 CR+LAB 组的乳酸和丙酸含量显著高于含玉米秸秆的

SR 组和 SR+LAB 组 ( $P<0.05$ )。各组之间乙酸含量无显著差异 ( $P>0.05$ )。此外, 各组中均未检测到丁酸。以上结果提示, 青贮中添加乳酸菌制剂未改变各混合青贮饲料的有机酸含量, 青贮原料是影响青贮饲料中有机酸含量的主要因素。

表 2 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的发酵品质的影响 (DM 基础)

Table 2 Effects of lactic acid bacteria preparation on fermentation quality of mixed silage of forage rape with whole-crop corn or corn stalk (DM basis)

项目 Items	组别 Groups			
	CR	CR+LAB	SR	SR+LAB
pH	4.00±0.31	3.70±0.17	4.25±0.23	4.01±0.19
乳酸 Lactic acid/%	3.11±0.27 <sup>a</sup>	3.24±0.43 <sup>a</sup>	2.36±0.47 <sup>b</sup>	2.44±0.59 <sup>b</sup>
乙酸 Acetic acid/%	2.56±0.42	2.62±0.31	2.21±0.28	2.25±0.70
丙酸 Propionic acid/%	0.87±0.11 <sup>a</sup>	0.98±0.09 <sup>a</sup>	0.42±0.08 <sup>b</sup>	0.51±0.06 <sup>b</sup>
丁酸 Butyric acid/%	—	—	—	—

—: 未检测到 not detected。

## 2.3 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的有氧稳定性的影响

由表 3 可见, 未添加乳酸菌制剂的 CR 组和

SR 组的有氧稳定性显著低于添加乳酸菌制剂的 CR+LAB 组和 SR+LAB 组 ( $P<0.05$ )。以上结果提示, 不添加乳酸菌更容易使饲用油菜与全株玉

米或玉米秸秆的青贮饲料变质,特别是饲用油菜 与全株玉米混合青贮。

表 3 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的有氧稳定性的影响

Table 3 Effects of lactic acid bacteria preparation on aerobic stability of mixed silage of forage rape with whole-crop corn or corn stalk

项目 Item	组别 Groups			
	CR	CR+LAB	SR	SR+LAB
有氧稳定性 Aerobic stability	59.3±3.1 <sup>d</sup>	>240 <sup>a</sup>	94.7±3.1 <sup>c</sup>	108.7±9.0 <sup>b</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的营养物质含量的影响

饲用油菜中 CP 含量高,可达 15%左右<sup>[1]</sup>,可用于缓解动物饲料原料中 CP 含量不足的状况,是近年来新开发利用的一种重要饲草资源。已有研究显示,用饲用油菜制作成全混合日粮饲喂湖羊可显著降低饲养成本,可达到与传统全株玉米青贮相近的效果,对湖羊的屠宰性能和肉质无不利影响<sup>[12-13]</sup>。青贮饲料是反刍家畜的主要粗饲料。在规模化养殖模式下,青贮是解决牧草季节性供应不均、饲草产品加工工艺落后等问题的一种有效贮存青绿饲料的方式<sup>[9]</sup>。但是,新鲜的饲用油菜水分含量高达 80%以上,且水溶性碳水化合物含量相对不足,直接青贮较难成功,而且会影响青贮品质。近年来的研究显示,混合青贮和添加乳酸菌制剂可改善饲料原料水分含量高、碳水化合物含量不足对青贮带来的限制,有望成为改进饲用油菜青贮质量的有效措施<sup>[14-15]</sup>。

青贮饲料营养价值的主要评价指标包括 DM、CP、NDF、ADF 含量<sup>[16]</sup>。大多数研究显示,青贮中添加乳酸菌制剂可提高青贮饲料的 CP 含量,不影响青贮后的 DM、NDF 和 ADF 含量。研究发现,在羊草青贮过程中添加乳酸菌制剂不影响青贮羊草的 DM、NDF、ADF 含量,但可使青贮羊草的 CP 含量提高 14.6%<sup>[17]</sup>。此外,在王草青贮<sup>[18]</sup>和柑橘肉与小麦壳混合青贮<sup>[15]</sup>时添加乳酸菌制剂也分别获得类似的效果。与以上研究结果一致,在本试验中,青贮 60 d 后,饲用油菜混合青贮中添加乳酸菌制剂,可使饲用油菜与全株玉米混合青贮和饲用油菜与玉米秸秆混合青贮的 CP 含量分别提高 22.0%和 21.4%。混合青贮饲料中添加乳酸菌制剂提高饲料 CP 含量的主要原因是由于乳酸菌等

微生物的增殖,增加了其中的菌体蛋白含量,以及添加乳酸菌制剂后减少了蛋白质的损失。而且,青贮 60 d 后,添加乳酸菌制剂的 CR+LAB 组和 SR+LAB 组的 DM 含量损失分别低于对应的未添加乳酸菌制剂的 CR 组和 SR 组。这可能是添加乳酸菌制剂后能够在较短的时间内加速乳酸菌的增殖,降低 pH,减少了养分的损失。但需要注意的是,未添加乳酸菌制剂的 CR 组的 DM 含量低于 SR 组。这一结果提示,在不添加乳酸菌制剂的情况下,营养价值相对较高的 CR 组比营养价值相对低的 SR 组的养分损失更大。由此推测,与低质饲料青贮相比,优质饲料青贮过程添加乳酸菌制剂能够更有效地减少养分损失。在本研究中,添加乳酸菌制剂未能降低青贮饲料 NDF 和 ADF 含量的结果提示,单一使用乳酸菌制剂不能提高青贮饲料的 NDF 和 ADF 利用率。但已有研究报道,同时添加乳酸菌和纤维素酶可以在提高苜蓿青贮<sup>[19]</sup>、王草青贮<sup>[18]</sup>和玉米秸秆青贮<sup>[20]</sup>中 CP 含量的同时,降低 NDF 和 ADF 含量。在饲用油菜混合青贮开发利用的后续研究中,我们将开展与纤维素酶菌酶互作的相关研究,以进一步改善饲用油菜混合青贮的营养价值。

#### 3.2 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的发酵品质的影响

青贮是在多种微生物参与下发酵饲料的过程。乳酸菌是一类能够利用饲料中碳水化合物发酵产生乳酸的细菌,在快速启动和控制青贮发酵过程中发挥积极作用。当乳酸菌的数量 < 10<sup>5</sup> CFU/g 鲜重时,乳酸菌无法在微生物菌群中占据优势地位,不能主导发酵,因此,难以获得良好的发酵效果<sup>[21]</sup>。酵母菌、醋酸杆菌、梭菌、霉菌等在青贮过程中发挥负面作用,是造成养分损失的主要原因。在各种微生物的共同作用下,饲料在青贮发酵的过程中可产生多种有机酸,主要为乳

酸、乙酸、丙酸和丁酸,有机酸组成的不同可反映青贮饲料的发酵品质。优质玉米青贮的  $\text{pH} < 4.2$ , 乳酸含量  $> 60\%$ , 乙酸、丙酸、丁酸含量分别  $< 20\%$ 、 $< 10\%$ 、 $< 1\%$ <sup>[22]</sup>。但是,青贮在实际操作过程中由于受到饲料原料组成、成熟程度、加工处理方式、DM含量、CP含量、表面附着微生物的种类和数量、环境温度和湿度等的影响<sup>[23-24]</sup>,导致饲喂动物的青贮饲料质量参差不齐。所以,使用乳酸菌制剂有助于青贮初期乳酸菌快速繁殖,确保青贮发酵过程中以乳酸菌为主导菌群,从而代谢产生足量的乳酸<sup>[11]</sup>,同时保证青贮品质,尽可能多地保留青贮的营养成分。已有研究发现,青贮中添加乳酸菌制剂能够明显提高燕麦青贮<sup>[25]</sup>、水稻秸秆青贮<sup>[26]</sup>、苜蓿青贮<sup>[19]</sup>、玉米秸秆青贮<sup>[27]</sup>中有机酸含量,特别是乳酸含量,在降低青贮  $\text{pH}$  的同时,改善青贮饲料的发酵品质。与大多数研究结果不同的是,在羊草青贮<sup>[17]</sup>和玉米秸秆青贮<sup>[28]</sup>中添加乳酸菌,虽然明显增加了乳酸菌数量,但是,并未影响青贮饲料中乳酸等有机酸的含量。在本研究中,饲用油菜与全株玉米混合青贮比饲用油菜与玉米秸秆混合青贮能够产生更多的乳酸,但是,乳酸菌制剂未对有机酸组成和  $\text{pH}$  产生明显影响。添加乳酸菌未能引起乳酸等有机酸组成明显改变的可能的原因在于以下 3 方面:1) 青贮原料的不同。不同原料中可溶性碳水化合物和水分含量不同以及原料加工处理方式不同,均可能造成微生物代谢生成的产物不同。2) 青贮添加剂组成不同。文献报道中除了使用益生菌以外,还使用了化学添加剂或酶制剂,部分化学添加剂的使用可能对微生物发酵产生不同的影响。3) 乳酸菌制剂的组成和乳酸菌菌株不同。这也是引起乳酸菌代谢产物不同的重要因素。此外,本研究中乙酸含量远高于常规青贮中乙酸含量,分析原因有以下 2 个方面:1) 青贮密封前的有氧呼吸时间长,导致过多乙酸产生;2) 青贮原料切的过长而使原料压的不够紧实,存储容器内残留的空气多,延长有氧呼吸时间,造成较多的乙酸产生。所以,后续研究中还有待进一步改进青贮调制条件,例如原料处理时间、原料加工处理方法、压实程度和青贮发酵时间等,以便提高混合青贮饲料的品质。

### 3.3 乳酸菌制剂对饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的有氧稳定性的影响

青贮饲料取用过程使青贮饲料重新暴露于空

气,引起酵母菌、霉菌和一些好氧性细菌的复苏,并进一步分解饲料养分,造成营养损失,降低其饲用价值。与此同时,青贮饲料的温度及  $\text{pH}$  升高,加速青贮饲料的腐败变质,在影响其适口性的同时,进而影响草食家畜采食量和生产性能的下降。有氧稳定性是评价青贮饲料品质稳定性的一项重要指标,通过测定青贮饲料在空气中暴露后其核心温度比外界温度高出  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  所需时间来衡量。所需时间越短,则青贮饲料的有氧稳定性越差,在取用过程中就越容易变质<sup>[25]</sup>。在本研究中发现,青贮中添加乳酸菌制剂可提高饲用油菜与全株玉米混合青贮的有氧稳定性。此外,在不添加乳酸菌制剂的条件下,饲用油菜与全株玉米混合青贮较饲用油菜与玉米秸秆混合青贮更容易腐败变质。这与玉米青贮中添加乳酸菌制剂得到的结果<sup>[29-30]</sup>一致。以上结果提示,与营养价值低的混合青贮相比,向营养价值高的混合青贮中添加乳酸菌制剂有助于青贮饲料品质的稳定。

## 4 结 论

① 青贮中添加乳酸菌制剂可提高饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮中 CP 含量。

② 饲用油菜与全株玉米混合青贮的营养价值高于饲用油菜与玉米秸秆混合青贮。

③ 虽然青贮中添加乳酸菌制剂未改变饲用油菜与全株玉米或玉米秸秆混合青贮的  $\text{pH}$  和有机酸组成,但是与饲用油菜与玉米秸秆混合青贮相比,青贮中添加乳酸菌制剂更有利于延长饲用油菜与全株玉米混合青贮的有氧稳定性,保障开窖取用后青贮饲料的品质。

## 参考文献:

- [1] 阴法庭,张风华.饲料油菜与玉米秸秆混合青贮营养品质[J].草业科学,2018,35(7):1790-1796.  
YIN F T, ZHANG F H. Nutritional quality of silage made with different ratios of forage rape and corn stalks[J]. Pratacultural Science, 2018, 12(7): 1790-1796. (in Chinese)
- [2] 赵娜,樊启文,魏金涛,等.植物乳杆菌添加量对构树叶青贮品质的影响[J].动物营养学报,2020,32(5):2298-2305.  
ZHAO N, FAN Q W, WEI J T, et al. Effects of addition amount of *Lactobacillus plantarum* on quality of *Broussonetia papyrifera* leaves silage [J]. Chinese

- Journal of Animal Nutrition, 2020, 32 (5): 2298–2305. (in Chinese)
- [ 3 ] 赵娜, 杨雪海, 魏金涛, 等. 不同生长期饲用油菜的营养价值和青贮发酵品质 [ J ]. 草业科学, 2020, 37 (5): 933–941.  
ZHAO N, YANG X H, WEI J T, et al. Nutritional value and silage fermentation quality of forage cole in different growth periods [ J ]. Pratacultural Science, 2020, 37(5): 933–941. (in Chinese)
- [ 4 ] YITBAREK M B, TAMIR B. Silage additives: review [ J ]. Open Journal of Applied Sciences, 2014, 4 (5): 258–274.
- [ 5 ] 赵娜, 杨雪海, 魏金涛, 等. 不同碳水化合物源对饲料油菜青贮品质的影响 [ J/OL ]. 中国油料作物学报 [ 2020-10-20 ]. <https://doi.org/10.19802/j.issn.1007-9084.2019227>.  
ZHAO N, YANG X H, WEI J T, et al. Effects of different carbohydrate sources on silage quality of feed rape [ J/OL ]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences [ 2020-10-20 ]. <https://doi.org/10.19802/j.issn.1007-9084.2019227>. (in Chinese)
- [ 6 ] 庄茹菲, 华冰洁, 林呈呈, 等. 复合型乳酸菌制剂在全株玉米青贮的应用和功效 [ J ]. 畜牧业环境, 2020 (2): 85–86.  
ZHUANG R F, HUA B J, LIN C C, et al. Application and efficacy of compound lactic acid bacteria preparation in whole corn silage [ J ]. Animal Industry and Environment, 2020 (2): 85–86. (in Chinese)
- [ 7 ] 陶莲, 孙启忠, 玉柱, 等. 乳酸菌添加剂对全株玉米和苜蓿青贮品质的影响 [ J ]. 中国奶牛, 2009 (2): 13–16.  
TAO L, SUN Q C, YU Z, et al. Effect of lactic acid bacteria additive on silage quality of whole corn and alfalfa [ J ]. China Dairy Cattle, 2009 (2): 13–16. (in Chinese)
- [ 8 ] 付锦涛, 王学凯, 倪奎奎, 等. 添加乳酸菌和糖蜜对全株构树和稻草混合青贮的影响 [ J ]. 草业学报, 2020, 29 (4): 121–128.  
FU J T, WANG X K, NI K K, et al. The effects of adding lactic acid bacteria and molasses on fermentation of *Broussonetia papyrifera* and rice straw mixed silage [ J ]. Acta Prataculturae Sinica, 2020, 29 (4): 121–128. (in Chinese)
- [ 9 ] MUCK R E, NADEAU E M G, MCALLISTER T A, et al. Silage review: recent advances and future uses of silage additives [ J ]. Journal of Dairy Science, 2018, 101 (5): 3980–4000.
- [ 10 ] 曹雨莉, 刘瑞芳, 苏利红. 应用高效液相色谱法测定青贮饲料中有机酸含量的研究 [ J ]. 黑龙江畜牧兽医, 2013 (11): 86–87, 91.  
CAO Y L, LIU R F, SU L H. Determination of organic acids in silage by HPLC [ J ]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2013 (11): 86–87, 91. (in Chinese)
- [ 11 ] 和立文. 全株玉米青贮品质评价及其对肉牛育肥性能和牛肉品质的影响 [ D ]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2017.  
HE L W. Quality evaluation of corn silage and its effect on the growth performance and beef quality of finishing cattle [ D ]. Ph. D. Thesis. Beijing: China Agricultural University, 2017. (in Chinese)
- [ 12 ] 文健, 刘桂琼, 姜勋平, 等. 饲用油菜生物量与营养成分测定及其发酵全混合日粮饲喂湖羊效果 [ J ]. 华中农业大学学报, 2018, 37 (2): 71–75.  
WEN J, LIU G Q, JIANG Y P, et al. Determination of biomass and nutritional components of rapeseed and its effect on *Hu* sheep fed with fermented total mixed diet [ J ]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2018, 37 (2): 71–75. (in Chinese)
- [ 13 ] 刁志成, 曲扬华, 刘策, 等. 饲用油菜混合青贮对湖羊屠宰性能及肉品质的影响 [ J ]. 中国畜牧兽医, 2018, 45 (6): 1564–1570.  
DIAO Z C, QU Y H, LIU C, et al. Effects of forage canola mixed silage on slaughter performance and meat quality in *Hu* sheep [ J ]. Chinese Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2018, 45 (6): 1564–1570. (in Chinese)
- [ 14 ] YAN Y H, LI X M, GUAN H, et al. Microbial community and fermentation characteristic of Italian ryegrass silage prepared with corn stover and lactic acid bacteria [ J ]. Bioresource Technology, 2019, 279: 166–173.
- [ 15 ] 田静, 唐国建, 李国栋, 等. 柑橘肉和小麦壳混合青贮及其饲用品质 [ J ]. 草业科学, 2020, 37 (1): 194–200.  
TIAN J, TANG G J, LI G D, et al. Forage quality of mixed silage containing citrus flesh and wheat husk [ J ]. Pratacultural Science, 2020, 37 (1): 194–200. (in Chinese)
- [ 16 ] 张养东, 杨军香, 王宗伟, 等. 青贮饲料理化品质评定研究进展 [ J ]. 中国畜牧杂志, 2016, 52 (12): 37–42.  
ZHANG Y D, YANG J X, WANG Z W, et al. Research progress on evaluation of physicochemical quality of stored food [ J ]. Chinese Journal of Animal

- Science, 2016, 52(12): 37-42. (in Chinese)
- [17] 黄秋连, 周昕, 王健, 等. 添加乳酸菌、糖蜜和无机酸对羊草青贮饲料发酵品质及体外干物质消失率的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(1): 420-427.  
HUANG Q L, ZHOU X, WANG J, et al. Effects of lactic acid bacteria, molasses and inorganic acid supplementations on fermentation quality and *in vitro* dry matter disappearance rate of *Leymus chinensis* silage [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(1): 420-427. (in Chinese)
- [18] 李茂, 字学娟, 吕仁龙, 等. 添加乳酸菌和纤维素酶对王草青贮品质和瘤胃降解率的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56(7): 161-165.  
LI M, ZI X J, LYU R L, et al. Effects of adding lactic acid bacteria and cellulase on silage quality and rumen degradation rate of king grass [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2020, 56(7): 161-165. (in Chinese)
- [19] 魏晓斌, 殷国梅, 薛艳林, 等. 添加乳酸菌和纤维素酶对紫花苜蓿青贮品质的影响[J]. 中国草地学报, 2019, 41(6): 86-90.  
WEI X B, YIN G M, XUE Y L, et al. Effects of adding lactic acid bacteria and cellulase on silage quality of *Medicago sativa* [J]. Chinese Journal of Grassland, 2019, 41(6): 86-90. (in Chinese)
- [20] 赵政, 陈学文, 朱梅芳, 等. 添加乳酸菌和纤维素酶对玉米秸秆青贮饲料品质的影响[J]. 广西农业科学, 2009, 40(7): 919-922.  
ZHAO Z, CHEN X W, ZHU M F, et al. Effects of *Lactobacillus* and cellulase on the quality of corn straw silage [J]. Journal of Southern Agriculture, 2009, 40(7): 919-922. (in Chinese)
- [21] KAISER E, WEISS K. Fermentation process during the ensiling of green forage low in nitrate. 2. Fermentation process after supplementation of nitrate, nitrite, lactic acid bacteria and formic acid [J]. Archives of Animal Nutrition, 1997, 50(2): 187-200.
- [22] 郭勇庆, 曹志军, 李胜利, 等. 全株玉米青贮生产与品质评定关键技术——高成本玉米时代牛场技术与策略之一[J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(18): 39-44.  
GUO Y Q, CAO Z J, LI S L, et al. Key technology of whole plant corn silage production and quality evaluation—one of the technologies and management strategies for high cost corn farms [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2012, 48(18): 39-44. (in Chinese)
- [23] 王天威, 曹艳红, 杨果, 等. 乳酸菌对青贮品质及草食家畜健康的影响[J]. 中国科学(生命科学), 2020, 50(9): 927-938.  
WANG T W, CAO Y H, YANG G, et al. Effects of lactic acid bacteria on the quality of silage and health of ruminants [J]. Science China (Life Sciences), 2020, 50(9): 927-938. (in Chinese)
- [24] 程光民, 张继霞, 司元明, 等. 不同加工处理方式对全株玉米青贮饲料发酵品质、营养价值和微生物变化规律的影响[J]. 中国饲料, 2020(19): 126-130.  
CHENG G M, ZHANG J X, SI Y M. Effects of different processing methods on fermentation quality, nutritional value and microbial change of whole corn silage [J]. China Feed, 2020(19): 126-130. (in Chinese)
- [25] 贾婷婷, 吴哲, 玉柱. 不同类型乳酸菌添加剂对燕麦青贮品质和有氧稳定性的影响[J]. 草业科学, 2018, 35(5): 1266-1272.  
JIA T T, WU Z, YU Z. Effect of different lactic acid bacteria additives on the fermentation quality and aerobic stability of oat silage [J]. Pratacultural Science, 2018, 12(5): 1266-1272. (in Chinese)
- [26] 赵金鹏, 赵杰, 李君风, 等. 不同添加剂对水稻秸秆青贮发酵品质和结构性碳水化合物组分的影响[J]. 南京农业大学学报, 2019, 42(1): 152-159.  
ZHAO J P, ZHAO J, LI J F, et al. Effect of different additives on fermentation quality and structural carbohydrates compositions of rice straw silage [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2019, 42(1): 152-159. (in Chinese)
- [27] 吴江涛. 乳酸菌对玉米秸秆营养成分和发酵品质的影响[J]. 饲料研究, 2020, 43(7): 103-105.  
WU J T. Effect of lactic acid bacteria additives on nutritional components and fermentation quality of corn stalks [J]. Feed Research, 2020, 43(7): 103-105. (in Chinese)
- [28] 玉柱, 孙启忠, 于艳冬, 等. 添加尿素和乳酸菌制剂对玉米秸秆青贮料品质的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(3): 37-40.  
YU Z, SUN Q Z, YU Y D, et al. Effects of urea and lactic acid bacteria on the quality of corn stalk silages [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2009, 45(3): 37-40. (in Chinese)
- [29] TAYLOR C C, KUNG L Jr. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos [J]. Journal of Dairy Science, 2002, 85(6): 1526-1532.
- [30] FILYA I, SUCU E, KARABULUT A. The effect of *Propionibacterium acidipropionici*, with or without *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation and aro-

bic stability of wheat, sorghum and maize silages[J].

818-826.

Journal of Applied Microbiology, 2004, 97 (4):

## Effects of Lactic Acid Bacteria Preparation on Quality of Mixed Silage of Forage Rape with Whole-Crop Corn or Corn Stalk

WENG Yunan<sup>1</sup> WEI Qingxu<sup>1</sup> ZHANG Jianpeng<sup>1</sup> BIAN Huilong<sup>2</sup> ZHANG Kangzhu<sup>3</sup>  
LI Cong<sup>1</sup> LUO Jun<sup>1</sup> WANG Ping<sup>1\*</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712100, China;

2. Longxian Animal Husbandry Workstation of Shaanxi Province, Longxian 721200, China; 3. Animal

Husbandry Experimental Demonstration Center of Shaanxi Province, Jingyang 713702, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of lactic acid bacteria preparation on nutrient contents, fermentation quality and aerobic stability of mixed silage of forage rape with whole-crop corn or corn stalk, so as to provide reference for the development and utilization of lactic acid bacteria in mixed silage of forage rape. There were 4 groups with 3 replicates in each group. The four groups were forage rape+whole-crop corn mixed silage group (CR group), forage rape+whole-crop corn+lactic acid bacteria preparation mixed silage group (CR+LAB group), forage rape+corn stalk mixed silage group (SR group) and forage rape+corn stalk+lactic acid bacteria preparation mixed silage group (SR+LAB group). The mixed ratio of forage rape and whole-crop corn was 5:5 (dry matter basis), and the mixed ratio of forage rape and corn stalk was 7:3 (dry matter basis). The lactic acid bacteria preparation additive amount of CR+LAB group and SR+LAB group was 5 g/t (dissolved in 2 kg distilled water), and the CR group and SR group were added the same amount of distilled water. 1 kg mixed feedstuffs were cut into 2 to 3 cm and packed in bags, vacuum sealed and stored at room temperature for 60 days. The nutrient contents, pH, organic acid contents and aerobic stability of silage samples were measured. The results showed as follows: 1) after 60 days of ensiling, the dry matter content of CR+LAB group and SR+LAB group was significantly higher than that of CR group and SR group ( $P<0.05$ ); the crude protein content of CR+LAB group was significantly higher than that of other 3 groups ( $P<0.05$ ), and the crude protein content of SR group was significantly lower than that of other 3 groups ( $P<0.05$ ); the neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents of SR group and SR+LAB group were significantly higher than those of CR group and CR+LAB group ( $P<0.05$ ). 2) There were no significant differences in pH and acetic acid content among all groups ( $P>0.05$ ). The lactic acid and propionic acid contents of CR group and CR+LAB group were significantly higher than those of SR group and SR+LAB group ( $P<0.05$ ). 3) The aerobic stability of CR group and SR group was significantly lower than that of CR+LAB group and SR+LAB group ( $P<0.05$ ). In general, the nutritive value of mixed silage of forage rape with whole-crop corn was higher than that of mixed silage of forage rape with corn stalk. The addition of lactic acid bacteria preparation in ensiling increases the crude protein content of silage, and effectively prolonged the aerobic stability of mixed silage of forage rape with whole-crop corn. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(5):2993-3000]

**Key words:** forage rape; whole-crop corn; corn stalk; ensiling; lactic acid bacteria preparation