

复合益生菌发酵饲料工艺参数优化

胡红伟 段明房 闫凌鹏 麻啸涛 陈茹茹 杨京娥

山西大禹生物工程股份有限公司,山西运城 044600

摘要 发酵饲料作为一种国际认可的高品质饲料,已在全国推广。本文首先分析了复合益生菌发酵饲料菌种的选择,并在此基础上研究复合益生菌发酵饲料工艺参数优化,最终得到最佳的工艺参数为:接种量 5%、温度 30~35 ℃、发酵 3 d、发酵水分含量 40%。

关键词 复合益生菌;发酵饲料;工艺参数;温度;时间

通过人工控制手段,充分利用微生物的代谢活动,达到分解转化饲料中抗营养物质的目的,该项技术称之为发酵饲料技术,最终产物是一种更加容易被家畜采食和消化的无毒无害、高营养价值饲料,现已在全球范围内推广使用^[1]。

1 复合益生菌发酵饲料研究进展

1)复合益生菌发酵效果分析。大量研究和应用案例表明,微生物发酵饲料具有无可比拟的优势^[2],具体表现在:①微生物发酵能够有效去除饲料中的抗营养因子,如胰蛋白酶抑制因子、大豆球蛋白等,同时生物活性物质含量明显提升,具有代表性的有益生菌、蛋白酶和小分子肽等,最终大大提升饲料的营养价值;②提升饲料的适口性,增加动物采食量。饲料经过微生物发酵后,不容易消化的粗蛋白和大分子淀粉,通过微生物和有益菌群的分解转化,变为更加容易吸收的小分子氨基酸和维生素。饲料的适口性提升和动物采食量增加主要依据就是粗纤维的减少;③污染物含量降低,细菌疾病得到控制。发酵后的饲料更容易被动物吸收,所以粪便中的氮、磷、钙等含量降低,更进一步地降低粪便臭味,与此同时饲料中蛋白质分解为氨气的比重得以降低,减少对环境的污染。

2)发酵饲料研究。分解酶、多种微生物活菌等高效生物因子的作用分析如下。传统饲料中的纤维素、半纤维素等大分子纤维、各类木质素、木聚糖长分子链被分解为小分子,最终的目的是将高分子碳

水化合物等不能被动物直接吸收的营养物质转化分解为低分子碳水化合物,提升饲料能量的利用率。此外,有机氮、无机氮等难以被动物利用的物质,在微生物活菌的作用下转化成营养成分较高的多种菌体蛋白质。现阶段,我国益生菌发酵饲料主要有固态、液态和固态表面吸附发酵 3 种方式。固态发酵技术使用几乎不含游离水的固态培养基进行操作,该项技术历史悠久,在 20 世纪 90 年代提出的新型固态发酵技术具有能源消耗低、发酵设备结构简单、后期处理便捷等优势,得到广泛的应用。液态发酵利用液态的发酵介质进行,美国科学家提出的液态深层发酵技术是应用较为广泛的技术。与此同时,我国科研工作者研发的分离耦合液态发酵技术和生物反应器发酵技术已经取得重大攻关成果。

微生物有很多种类,其生物学特征也多不相同,但任何一种用于发酵饲料的微生物都必须在生物学和遗传学特性上保证其安全性和稳定性。因此,实际应用中必须经过严格的病理、毒理试验,充分证明其无毒、无害、无耐药性等副作用后才可以。目前,细菌、酵母菌、放线菌和丝状真菌中的许多菌种都已经用于饲料生产。最常用的主要有乳酸菌、芽孢杆菌、酵母菌、米曲霉、黑曲霉以及某些放线菌和光合细菌等。

2 复合益生菌发酵饲料菌种选择

微生物之间的相互作用较为复杂,复合菌种发

醇的目的就是利用不同微生物之间的协同互补效应,发挥正组合的最佳效果。本试验选择的复合菌,目的是能够将大分子的淀粉、蛋白质和纤维素降解为容易被吸收的小分子物质。通过调研国内外学者的研究结果,同时结合我国饲料供应厂家的现实应用情况,确定乳酸菌、芽孢杆菌和酵母菌为复合发酵菌种。相比于单一菌种,复合益生菌的发酵效果得到显著提升。

3 复合益生菌发酵饲料工艺参数优化

1) 试验方法。按黄玉米 39%、小麦粉 21%、菜籽粕 14% 和豆粕 26% 的比例混合发酵原料。复合益生菌发酵液主要成分是乳酸杆菌、枯草芽孢杆菌、酵母菌。普通琼脂的配制:营养琼脂 32 g,加水至 1 L, 121 °C 下灭菌 20 min。

发酵工艺具体操作流程:首先在发酵原料中接种不同比例和浓度的复合益生菌,然后加入不同量的自来水调节发酵水分,在拌匀后采样装入密封的锡箔袋,最后放入特定条件的培养箱发酵培养,按要求采样检测,流程如图 1 所示。



图 1 发酵工艺流程图

试验及数据采集如下:①控制发酵过程中水分含量为 40%,发酵温度为 30 °C,发酵时间控制在 3 d,检测复合益生菌接种量分别为 2.5%、5.0%、7.5% 条件下的发酵效果;②控制发酵过程中水分含量为 40%,复合益生菌接种量控制在 5%,发酵时间控制在 3 d,分别检测发酵温度为 25、30、35 °C 条件下的发酵效果;③发酵过程中水分含量控制为 30%、40%、50%,复合益生菌接种量控制在 5%,发酵时间控制在 3 d,检测发酵效果;④控制发酵过程中水分含量为 40%,复合益生菌接种量控制在 5%,发酵温度为 30 °C,分别在 0、1、3、5、7、10、15 d 后进行采样,并分析发酵效果。发酵效果评定主要有以下几

种:饲料感官评定、细菌总数测定、乳酸菌数测定、乳酸测定、总氨基酸测定、粗蛋白测定、铵态氮测定等。

2) 复合益生菌接种浓度对饲料发酵效果的影响分析。复合益生菌接种量对饲料发酵的影响,从表 1 中可知,不同接种量发酵后,饲料粗蛋白含量无变化($P > 0.05$);高接种量(7.5%)时,饲料铵态氮、细菌总数和乳酸菌数高于其他 2 组($P < 0.01$),干物质回收率降低($P < 0.01$);低接种量(2.5%),pH 较高($P > 0.05$);5.0%接种量时,细菌总数和乳酸菌数高于低接种量组,而低于高接种量组($P < 0.01$);在低接种量时,饲料酸味较弱;适宜接种量时为金黄色、有芳香味、质地良好;接种量高时则为深褐色、酸味刺鼻、质地较差。

表 1 复合益生菌接种浓度对饲料发酵效果的影响

复合菌接种量 / %	粗蛋白 / %	细菌总数 / (10^8 cfu/g)	乳酸菌总数 / (10^8 cfu/g)	pH	DMR / %
2.5	24.65	2.1	3.3	4.8	99.0
5.0	24.29	17.9	15.8	3.8	99.2
7.5	24.24	24.3	25.0	3.8	97.8

3) 温度对饲料发酵效果的影响分析。温度对于复合益生菌发酵效果具有较为明显的影响,在低温条件下发酵,饲料发酵产物中细菌总数较低,细菌生长受到抑制,同时 pH 值增高明显;随着发酵温度的逐渐升高,乳酸菌数量增加明显,pH 值逐渐降低。综合分析各种测试参数,粗蛋白含量和干物质回收量 2 个指标随温度的变化影响不大,呈现较为平稳的趋势($P > 0.05$)。从发酵产物质地进行分析,可以看出,低温发酵环境下,饲料具有较弱的酸味,质地良好,呈现淡黄色;随着温度的升高,产品质地变化不大,但是气味改善,散发出淡淡的芳香气味,颜色转变为金黄色。

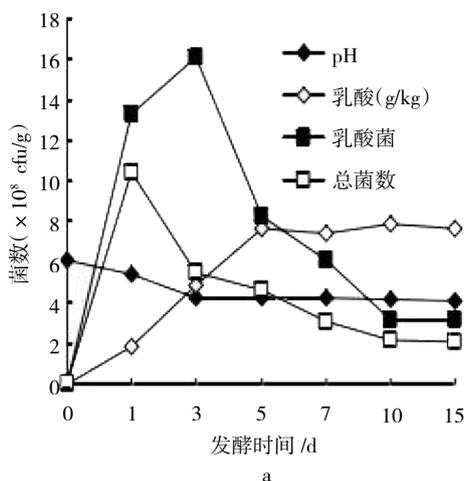
4) 水分对饲料发酵效果的影响分析。试验数据表明不同水分条件下,各发酵饲料中粗蛋白含量变化不明显($P > 0.05$);在高水分(50%)条件下发酵,铵态氮和细菌总数明显提高($P < 0.01$),同时干物质回收率显著降低($P < 0.01$);在低水分(30%)条件下

表 2 不同工艺参数条件下发酵饲料感官参数评价表

指标	复合菌接种量 / %			水分 / %			温度 / °C		
	2.5	5.0	7.5	30	40	50	25	30	35
颜色	亮黄色	金黄色	深褐色	亮黄色	金黄色	深褐色	淡黄色	淡黄色	淡黄色
气味	弱酸味	芳香	刺鼻酸味	弱酸味	芳香	刺鼻酸味	弱酸味	酸味	芳香
质地	良好	良好	较差	干散	良好	结块	良好	良好	良好

发酵,相比于其他参数,pH 值增加明显;在水分含量为 40%时,乳酸菌总数明显高于其余 2 组,同时干物质回收率也相对较高。另一方面,从饲料质地进行分析,可以看出,低水分含量条件下的饲料发酵后产品质地干散、具有较强的酸味、颜色呈现亮黄色;当含水量调整为 40%时,颜色变为亮黄色,气味偏酸,质地情况也随之改观;但是随着水分含量继续增加,发酵饲料颜色变为深褐色、同时散发出刺鼻的酸味,质地变差,出现严重的结块现象。

5)发酵时间对饲料发酵效果的影响分析。结合



试验数据(图 2),可以看出,随着发酵时间的延长,粗蛋白数量变化并不明显,游离氨基酸变化呈现先增高后降低的趋势,在发酵第 7 天的时候,游离氨基酸数量达到最高值,粗蛋白体外消化率和铵态氮的含量与时间呈现正相关趋势,干物质回收率和发酵时间呈现负相关趋势;具体分析发酵开始的 3 d,可以看到,乳酸菌和总菌数量逐渐增加,同时伴随 pH 值显著下降,在之后的几天中,这 2 种指标变化不明显;乳酸含量的变化趋势为前 5 d 持续上升,之后保持较高的水平。

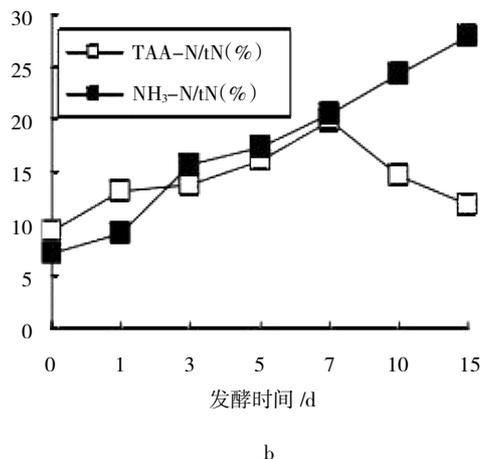


图 2 发酵时间对饲料发酵效果的影响

注:a:乳酸菌数、细菌总数、pH 值、乳酸;b:铵态氮、游离氨基酸。

从发酵产物质地进行分析,可以看出,在发酵的初期呈现较弱的酸味,第 3 天为质地明显改善的时候,散发芳香味,同时颜色变为金黄色,随着发酵时间的延长,品质逐渐变差,气味由芳香转变为刺鼻的酸味,产物颜色加深。

6)复合益生菌发酵饲料工艺参数确定。饲料经过复合益生菌的发酵,难以消化的大分子物质减少,同时容易被吸收的氨基酸等小分子物质增多,在微生物发酵过程中,产生了大量的有益微生物和乳酸,饲料的可消化性得到提升,与此同时,发酵过程伴随着气体的产生和释放,这表明一部分能量被消耗,饲料中营养成分的消耗程度通过干物质回收率指标表示。干物质回收率越高,表示碳水化合物、矿物质和蛋白质的降解损失越少,发酵损失越少。但是该项指标在青储饲料中应用较多,在发酵饲料中作为评价指标的情况较少。最终,本试验确定乳酸菌数、pH 值、感官评定指标和铵态氮作为主要的评价指标。

通过上述主要影响因素的分析,可以看出,在

发酵温度、接种量和水分含量均较低的情况下,乳酸菌数量维持在低水平,同时 pH 较高,不适合作为最佳工艺参数。在 5%接种量时,乳酸菌和铵态氮指标与低接种量无明显差异,但是明显优于更高接种量情况;高水分条件下,铵态氮含量增加;发酵时间对于产品品质的影响如前文所述。

4 小 结

复合益生菌发酵饲料品质影响较大的因素为复合益生菌接种量、时间、温度和水分含量。综合考虑发酵饲料品质和经济性原则,确定最佳工艺参数为:接种量 5%、温度 30~35 ℃、发酵 3 d、发酵水分含量 40%。

参 考 文 献

[1] 王国强,王秋文,樊春光,等.复合益生菌发酵豆粕的技术参数优化[J].河南农业科学,2016,45(8):140-143.
 [2] 李龙,陈小连,徐建雄.复合益生菌发酵饲料工艺参数及品质研究[J].上海交通大学学报(农业科学版),2010,28(6):530-533.