نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۱۹۳-۱۷۹

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 10, No. 2, Summer 2018, p. 179-193

اثر افزودنی‌های باکتریایی و پری‌بیوتیکی بر ترکیب شیمیایی، تولید گاز و پایداری هوازی سیلاژ ذرت

سیما علایی باهر[۱]- حمید محمدزاده[۲*]- اکبر تقی زاده[۳]- علی حسینخانی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۰

چکیده

این طرح به منظور بررسی اثرات افزودنی میکروبی تجاری با نام لالسیل‌فرش[5] (حاوی لاکتوباسیلوس بوکنری) و افزودنی پری‌بیوتیکی (پودر آب پنیر) روی ترکیب شیمیایی، pH، پایداری هوازی و قابلیت هضم آزمایشگاهی سیلاژ ذرت انجام شد. تیمارهای آزمایشی به‌ترتیب شامل ۱) سیلاژ ذرت شاهد (بدون افزودنی)، ۲) سیلاژ ذرت تیمار شده با پودر آب پنیر، ۳) سیلاژ ذرت تیمار شده با افزودنی باکتریایی با نام تجاری لالسیل‌فرش و ۴) سیلاژ ذرت تیمار شده با پودر آب پنیر به همراه افزودنی باکتریایی لالسیل بودند. در پایان ۹۰ روز دوره آزمایشی، تیمار پودر آب پنیر و افزودنی باکتریایی سبب کاهش تولید پساب و افزایش در ماده خشک سیلاژ نسبت به گروه شاهد شدند. کمترین مقاومت در برابر فساد هوازی مربوط به تیمار پودر آب پنیر و بیشترین میزان مربوط به تیمار لالسیل بود (به ترتیب ۷۰ ساعت و ۱۴۴ ساعت). تیمارهای مکمل شده با افزودنی باکتریایی و آب پنیر افزایش در حجم گاز تولیدی را نسبت به گروه شاهد در ساعات مختلف انکوباسیون نشان دادند. نتایج نشان داد که افزودن پودر آب پنیر با کاهش نرخ تولید پساب، افزایش غلظت پروتئین خام، کاهش غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و افزایش درصد قابلیت هضم سیلاژ ذرت می‌تواند باعث بهبود ارزش غذایی سیلاژ گردد. همچنین افزودنی باکتریایی لالسیل با کاهش سریع pH و افزایش پایداری هوازی سیلاژ ذرت می تواند موجب رسیدن سریع سیلاژ و بهبود پایداری سیلاژ حاصله در برابر فساد هوازی گردد.

واژه‌های کلیدی: افزودنی میکروبی، باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک، پودر آب پنیر، لاکتوباسیلوس بوکنری، مخمر

مقدمه

سیلاژ به کمک فرآیند طبیعی تخمیر و با تولید اسید لاکتیک حاصل می‌شود (۲۵). سیلاژ با کیفیت خوب با حداقل کردن فعالیت آنزیم‌های گیاهی و میکروارگانیسم‌های نامطلوب و تشویق برای فعالیت باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک به دست می‌آید (۴). به هنگام تهیه سیلاژ ممکن است از افزودنی‌های مختلفی به منظور دستیابی به تخمیر اسیدلاکتیکی و در نتیجه تهیه سیلاژ با کیفیت و ماندگاری بالا استفاده شود (۱۷). افزودنی‌های باکتریایی با کاهش سریع pH موجب جلوگیری از رشد باکتری‌های نامطلوب در سیلو شده و در نتیجه مانع مصرف مواد غذایی سیلاژ شده و ارزش غذایی سیلاژ را حفظ می‌کنند (۲).

در کنار استفاده از لاکتوباسیل‌های با تخمیر همگن (مثل لاکتوباسیلوس پلانتاروم)، گاهی نیز از لاکتوباسیل‌های با تخمیر ناهمگن (مانند لاکتوباسیلوس بوکنری) در تهیه سیلاژ استفاده می‌شود (۸، ۹، ۱۹ و ۲۵). لاکتوباسیل‌های با تخمیر همگن موجب تولید دو ملکول اسید لاکتیک از هر ملکول هگزوز شده و لذا باعث افت سریعتر pH می‌شوند (۱۶، ۲۰ و ۲۲). اما باکتری‌های اسید لاکتیک با تخمیر ناهمگن در کنار اینکه با تولید لاکتات در مراحل اولیه تخمیر باعث افت سریع pH در سیلاژ می‌شوند، در مراحل نهایی تخمیر باعث تبدیل لاکتات به استات شده و نسبت لاکتات به استات را در سیلاژ افزایش می دهند (۶، ۱۵ و ۲۳). به‌دلیل خاصیت ضد قارچ اسید استیک بر میکروارگانیسم‌های سیلاژ (۱۳ و ۲۷)، افزایش نسبت استات به لاکتات در سیلاژ در پاسخ به استفاده از افزودنی میکروبی حاوی لاکتوباسیل‌های با تخمیر ناهمگن می‌تواند در کنار افت سریع

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام، دانشگاه تبریز
۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۴- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: hamidmhz@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/ijasr.v10i2.63019
5- Lalsil Fresh

pH، موجب بهبود پایداری هوازی سیلاژ و در نتیجه ممانعت سیلاژ از فساد هوازی در مرحله باز شدن سیلو گردد (۲، ۸ و ۹).

لاکتوباسیل‌های موجود در علوفه سیلویی با مصرف قندهای محلول ترکیباتی مثل لاکتات، استات، دی اکسید کربن و غیره را تولید می‌کنند (۲۵). اگر قندهای موجود در علوفه کافی نباشد ممکن است تخمیر مناسب صورت نپذیرد (۱۲). پودر آب پنیر منبع غنی از قند محلول در آب بوده و لذا می‌تواند در کنار این‌که به‌عنوان سوبسترا برای باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک در سیلو مطرح باشد، لاکتوز موجود در پودر آب پنیر می‌تواند به‌عنوان منبع پری‌بیوتیکی بر لاکتوباسیل‌ها عمل کند (۱۹). علی‌رغم اینکه تحقیقات زیادی در خصوص استفاده از منابع قندی مثل ملاس، آرد غلات و غیره بر شدت و نوع تخمیر در سیلو انجام شده است، اما درخصوص نقش آب پنیر به‌عنوان منبع کربوهیدرات محلول و منبع پری‌بیوتیکی بر فعالیت لاکتوباسیل‌های سیلاژ ذرت تحقیقی صورت نپذیرفته است. لذا فرضیه این طرح پژوهشی بر این اساس است که استفاده همزمان از افزودنی‌های میکروبی (لاکتوباسیلوس بوکنری) و پری‌بیوتیکی (پودر آب پنیر) باعث بهبود ترکیب شیمیایی و پایداری هوازی سیلاژ ذرت خواهد شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار در هر تیمار اجرا شد. در ابتدا ذرت علوفه‌ای در مرحله دانه خمیری (حدود ۲۰ درصد ماده خشک) برداشت و سپس توسط چاپر به قطعات ۳ تا ۵ سانتی‌متری خرد شد. تیمارهای ۱ تا ۴ به‌ترتیب شامل ۱) سیلاژ ذرت شاهد، ۲) سیلاژ ذرت تیمار شده با پودر آب پنیر (یک درصد یا ۱۰ کیلو بر تن)، ۳) سیلاژ ذرت تیمار شده با افزودنی باکتریایی با نام تجاری لالسیل-فرش[1] (حاوی باکتری لاکتوباسیلوس بوکنری) به میزان $۱/۸\times۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهنده کلنی (CFU) به ازای هر گرم علوفه تازه و ۴) سیلاژ ذرت تیمار شده با پودر آب پنیر (یک درصد) و افزودنی باکتریایی ($۱/۸\times۱۰^{۶}$ CFU به ازای هر گرم علوفه تازه) بودند. اضافه کردن پودر آب پنیر و افزودنی باکتریایی به علوفه سیلویی به روش اسپری کردن انجام شد. لازم به ذکر است که جهت حذف اثر آب افزوده شده به تیمارهای دریافت‌کننده پودر آب پنیر و لالسیل، به گروه شاهد نیز همان مقدار آب مقطر اضافه شد. مواد سیلویی در سیلوهای آزمایشگاهی با ظرفیت تقریبی ۴ کیلو علوفه ذرت سیلویی پر شده و توزین شدند. سیلوها به مدت ۹۰ روز در محیطی خشک و دور از نور آفتاب و در دمای اتاق، نگهداری شدند. در طول دوره نگهداری میزان پساب سیلاژها توسط شیرهای تعبیه شده در سیلوها اندازه‌گیری شده و وزن سیلوها ثبت شد. در این طرح فراسنجه‌های pH، درصد ماده خشک، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، پایداری هوازی سیلاژ ذرت، جمعیت میکروبی و پتانسیل تولید گاز اندازه‌گیری شدند.

آنالیز شیمیایی

پس از اتمام دوره سیلو کردن، سیلوها توزین شده و باز شدند و نمونه‌گیری از آنها جهت انجام آنالیزهای آزمایشگاهی صورت گرفت. ماده خشک، خاکستر و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) با روش ذکر شده در AOAC سال ۲۰۰۲ و پروتئین خام به‌وسیله میکروکلدال تعیین گردید. الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) نیز با روش ون سوست اندازه‌گیری شدند (۲۶). ضایعات ماده خشک پساب با اندازه‌گیری روزانه میزان تولید پساب و تعیین ماده خشک پساب مشخص شد. مجموع ضایعات اکسیداسیون و تخمیر نیز با کم کردن ضایعات ماده خشک پساب از کل ضایعات ماده خشک سیلاژ محاسبه گردید.

پایداری هوازی

جهت اندازه‌گیری پایداری هوازی سیلاژها مقدار ۵۰۰ گرم از هر سیلاژ در داخل سطل‌های پلاستیکی قرار داده و با پارچه ململ (پارچه پنیر)[2] دو لایه پوشانده شدند. دماسنجی در وسط سطل در داخل توده سیلویی قرار داده شده و هر دو ساعت یکبار دمای سیلاژ و دمای محیط اندازه‌گیری شدند. وقتی دمای سیلاژ به میزان ۲ درجه بیشتر از دمای محیط رسید، سیلاژها به‌عنوان سیلاژ فاسد و کپک‌زده در نظر گرفته شدند (۱۴ و ۲۰).

کشت میکروبی

کشت میکروبی نمونه‌های سیلاژ به منظور تعیین کل میکروارگانیسم های هوازی، تعداد باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک و تعداد قارچ‌ها (کپک و مخمر) انجام شد. بدین‌منظور به‌ترتیب از محیط کشت‌های NA (Nutrient Agar)، MRS (de Man Rogosa Sharpe) و PDA (Potato Dextrose Agar) استفاده شد. به منظور شمارش بار میکروبی سیلاژ از روش کشت سطحی استفاده شد (۱۶ و ۲۸). بدین منظور ۳۰ گرم از نمونه سیلاژ با ۲۷۰ سی‌سی سرم فیزیولوژی مخلوط و دو دقیقه تکان داده شد. جهت اندازه‌گیری کشت میکروبی عصاره سیلاژ تا $۱۰^{۶}$ مرتبه رقیق-سازی گردید. به منظور کشت و شمارش کل باکتری‌ها و باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک، از روش کشت سطحی استفاده شد. به این

1- Lalsil Fresh

2- Cheesecloth

منظور در زیر هود و در کنار شعله، به‌میزان ۰/۱ میلی‌لیتر از رقت‌های تهیه شده نمونه‌ها به وسیله سمپلر بر سطح محیط جامد تزریق و سپس با میله شیشه استریل پخش شد و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و شرایط هوازی، به مدت ۴۸ ساعت گرم‌خانه‌گذاری شدند. شمارش قارچ‌ها نیز با استفاده از روش کشت سطحی انجام شد. برای ایجاد شرایط بهینه رشد قارچ‌ها، کلیه پلیت‌های کشت داده شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط هوازی به مدت ۷۲ ساعت گرم‌خانه‌گذاری شدند. پس از اتمام گرم‌خانه‌گذاری، کلنی‌ها شمارش و با توجه به شمارش انجام شده و رقت مورد استفاده برای کشت، جمعیت میکروارگانیسم‌ها محاسبه شد.

اندازه‌گیری تولید گاز

جهت اندازه‌گیری میزان تولید گاز حاصل از تخمیر از روش فدوراک و هرودی (۷) استفاده شد. در ابتدا ۳۰۰ میلی‌گرم از ماده خشک هر تیمار که قبلا با آسیاب مجهز به الک ۲ میلی‌متری آسیاب شده بودند را وزن کرده و در داخل شیشه‌های (ویال) ۱۰۰ میلی‌لیتر استریل ریخته و برای هر نمونه ماده غذایی ۵ تکرار در نظر گرفته شد. مایع شکمبه و بافر تهیه شده طبق روش مکدوگال (۲۳) به نسبت یک قسمت از مایع شکمبه و دو قسمت از بافر به داخل ارلن ریخته شده و جهت جلوگیری از ورود هوا و کاهش دمای مایع، گاز کربنیک به داخل مخلوط تزریق و در روی هیتر با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. در هر شیشه حاوی نمونه، مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شکمبه و بافر مک‌دوگال ریخته شد و پس از تزریق گاز کربنیک و بی‌هوازی نمودن محیط داخل شیشه درب آن را با درپوش لاستیکی و سیلک آلومینیومی محکم بسته و در دستگاه انکوباتور شیکر در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد با ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شد. برای تصحیح گاز تولیدی با منشاء مایع شکمبه از ۵ عدد شیشه بدون آنکه نمونه غذایی در آن ریخته شود (شاهد) استفاده شد. در این شیشه‌ها فقط ۳۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه و بافر ریخته شده و سپس در انکوباتور قرار داده شدند. میزان گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از قرار دادن در انکوباتور شیکر میزان گاز تولیدی به روش جابه‌جایی مایع قرائت و ثبت گردید. در این روش از میزان جابه‌جایی آب در لوله آزمایشی مدرج متصل به ویال جهت اندازه‌گیری میزان گاز تولید شده استفاده می‌شود. به منظور تعیین فراسنجه‌های تولید گاز از معادله $P= A (1- e^{-ct})$ ارسکوف و مکدونالد (۱۹۷۹) استفاده شد که در این معادله P، تولید گاز در زمان t، A پتانسیل تولید گاز، c نرخ تولید گاز، t زمان تخمیر است. انرژی قابل متابولیسم (ME)، انرژی ویژه شیردهی (NEL) و درصد ماده آلی قابل هضم (DOM) سیلاژ ذرت با استفاده از معادلات ارائه شده توسط منکی و همکاران، (۱۹۷۹) و منکی و استنگیس، (۱۹۸۸) محاسبه گردید. میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFA) نیز بر اساس رابطه گتاچیو و همکاران، (۲۰۰۲) محاسبه شد. که در این روابط GP تولید گاز (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) تا ساعت ۲۴؛ CP، CF و CA به ترتیب پروتئین خام، چربی خام و خاکستر (درصد ماده خشک) نمونه می‌باشند.

$$ME\ (MJ/kg\ DM) = ۲/۲+۰/۱۳۶\ GP + ۰/۰۵۷\ CP + ۰/۰۰۲۹\ CF2 \quad \text{(معادله ۱)}$$

$$NEL\ (MJ/kg\ DM) = -۰/۳۶ + ۰/۱۱۴۹\ GP + ۰/۰۰۵۴\ CP + ۰/۰۱۳۹CF - ۰/۰۰۵۴\ CA \quad \text{(معادله ۲)}$$

$$DOM\ (\%\ DM) = ۱۴/۸۸ + ۰/۸۸۹\ GP + ۰/۴۵\ CP + ۰/۰۶۵۱\ CA \quad \text{(معادله ۳)}$$

$$SCFA\ (m\ mol/200\ mgDM) = ۰/۰۲۲۲\ GP - ۰/۰۰۴۲۵ \quad \text{(معادله ۴)}$$

مقایسه آماری

تمامی داده‌های به‌دست آمده به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار برای هر تیمار و با استفاده از نرم‌افزار SAS ویرایش ۹ و در سطح ۱ و ۵ درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

اثرات افزودنی‌های پری‌بیوتیکی و باکتریایی بر ترکیب شیمیایی سیلاژ ذرت در جدول ۱ آورده شده است. سیلاژهای دارای افزودنی پری‌بیوتیکی (پودر آب پنیر) و همچنین سیلاژهای تلقیح شده با افزودنی باکتریایی غلظت ماده خشک بیشتری نسبت به سایر سیلاژها داشتند ($P <۰/۰۵$). افزایش ماده خشک تحت تأثیر افزودنی‌های به‌کار رفته در این آزمایش ناشی از کاهش اتلاف و ضایعات ماده خشک در اثر فرآیندهای اکسیداسیون و تخمیر و یا خروج پساب بوده است (جدول ۲).

در صورتی که گیاه میزان کافی کربوهیدرات‌های قابل حل داشته باشد، اسیدهای تولید شده، pH سیلاژ را به ۴ یا پایین‌تر می‌رسانند که در این حالت بسته به ماده خشک گیاه از ادامه فعالیت‌های تخمیری جلوگیری می‌شود و سیلاژ به صورت پایدار مانده و ترکیبات آن تغییر نمی‌کنند (۳). در نتیجه تولید اسیدها و کاهش pH سیلاژ، رشد میکروارگانیسم‌های فاسدکننده سیلو متوقف می‌شود (۱۵). برخلاف آب پنیر، استفاده از افزودنی باکتریایی لاکتوباسیلوس بوکنری سبب کاهش pH در سیلاژهای دریافت‌کننده این افزودنی شد ($P <۰/۰۵$) (جدول ۱) که احتمالاً به‌دلیل غالبیت جمعیت باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک در سیلاژ در مراحل اولیه سیلو کردن در پاسخ به افزودنی لاکتوباسیلوس بوکنری است (۲ و ۲۵).

جدول ۱- اثرات افزودنی باکتریایی و پری‌بیوتیکی بر ترکیب شیمیایی سیلاژ ذرت (درصد از ماده خشک)

Table 1- The impact of bacterial inoculant and prebiotic additive on chemical composition of Corn silage (% DM)

میانگین تیمارها Means of Treatments					اثر پودر آب پنیر Effect of Whey			اثر لالسیل Effect of Lalsil			اثر متقابل Interaction Effects	
صفت Treat	شاهد Control	لالسیل Lalsil	پودر آب پنیر Whey	لالسیل و پودر آب پنیر W+L	فاقد پودر آب پنیر Without Whey	دارای پودر آب پنیر Whey	*P value*	فاقد لالسیل Without Lalsil	دارای لالسیل With Lalsil	*P value*	*P value*	*SEM*
pH	4.05 [a]	3.87 [c]	4.03 [ab]	3.99 [b]	3.96	4.01	<0.01	4.04	3.93	<0.01	<0.01	0.02
ماده خشک (درصد) Dry Matter	18.90 [b]	20.61 [a]	21.34 [a]	20.90 [a]	19.76	21.12	<0.01	20.12	20.75	0.02	<0.01	0.39
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber	43.53 [b]	46.73 [a]	43.13 [b]	42.06 [b]	45.13	42.60	0.03	43.33	44.40	0.31	0.06	1.17
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid Detergent Fiber	20.86 [b]	22.06 [a]	20.33 [b]	20.20 [b]	21.47	20.27	0.03	20.60	21.13	0.26	0.17	0.77
خاکستر Ash	7.60 [b]	8.34 [a]	8.18 [a]	8.23 [a]	7.97	8.20	0.19	7.89	8.28	0.04	0.07	0.28
پرتئین خام Crude Protein	8.82 [c]	8.68 [c]	10.28 [a]	9.46 [b]	8.75	9.87	<0.01	9.55	9.07	0.05	0.02	0.37

جدول ۲- اثرات افزودنی باکتریایی و پری‌بیوتیکی بر ضایعات مواد مغذی سیلاژ ذرت

Table 2- The effect of bacterial inoculant and prebiotic additive on nutritive wastage of Corn silage

صفت Treat	میانگین تیمارها Means of Treatments				اثر پودر آب پنیر Effect of Whey			اثر لالسیل Effect of Lalsil			اثر متقابل Interaction Effects	SEM
	شاهد Control	لالسیل Lalsil	پودر آب پنیر Whey	لالسیل و پودر آب پنیر W+L	فاقد پودر آب پنیر Without Whey	دارای پودر آب پنیر Whey	*P value*	فاقد لالسیل Without Lalsil	دارای لالسیل With Lalsil	*P value*	*P value*	
ضایعات پساب (درصد از وزن تر) Effluent Waste (% wet weight)	15.63 [a]	14.53 [b]	13.38 [c]	10.88 [d]	15.08	12.13	<0.01	14.51	12.70	<0.01	<0.01	0.51
ضایعات اکسیداسیون و تخمیر (درصد از وزن تر) Oxidation and Fermentation Waste (% wet weight)	0.62 [c]	1.03 [b]	0.50 [c]	2.07 [a]	0.82	1.29	<0.01	0.56	1.55	<0.01	<0.01	0.17
کل ضایعات علوفه (درصد از وزن تر) Total Waste (% wet weight)	16.26 [a]	15.56 [a]	13.88 [b]	12.96 [b]	15.91	13.43	<0.01	15.07	14.26	0.05	<0.01	0.61
ضایعات پساب (درصد از کل ضایعات) Effluent Waste (% total waste)	96.15 [a]	93.40 [b]	96.38 [a]	84.00 [c]	94.77	90.19	<0.01	96.27	88.70	<0.01	<0.01	0.94
ضایعات اکسیداسیون و تخمیر (درصد از کل ضایعات) Oxidation and Fermentation Waste (% total waste)	3.84 [c]	6.59 [b]	3.61 [c]	15.99 [a]	5.22	9.80	<0.01	3.72	11.29	<0.01	<0.01	0.94

افزودن پودر آب پنیر به علوفه ذرت سیلویی سبب کاهش در میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) در سیلاژهای ذرت گردید (P <۰/۰۵) که این امر می تواند به‌دلیل افزایش قند محلول در این سیلاژها و یا افت سریعتر pH در مراحل اولیه سیلو کردن باشد که سبب کاهش سهم NDF ازکل ماده خشک سیلاژ می‌گردد (۲۷ و ۲۸). در مقابل، لاکتوباسیلوس بوکنری باعث افزایش عددی در میزان NDF سیلاژ ذرت شد. این امر احتمالاً به دلیل مصرف قندهای محلول علوفه است که سبب افزایش نسبی الیاف سیلاژ شده است (۱۴). سیلاژهای حاوی پودر آب پنیر غلظت بالاتری از الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نسبت به تیمارهای فاقد پودر آب پنیر داشتند (P <۰/۰۵) که احتمالاً ناشی از افت سریع pH در این تیمارها است که منجر به تجزیه همی‌سلولز و در نتیجه افزایش سهم ADF در سیلاژ حاصل می شود (۴). استفاده از افزودنی باکتریایی لاکتوباسیلوس بوکنری سبب افزایش عددی در میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) سیلاژها گردید که البته از نظر آماری معنی‌دار نبود.

در تیمارهایی که افزودنی باکتریایی دریافت کرده بودند غلظت خاکستر نسبت به تیمارهای تلقیح نشده افزایش نشان داد (جدول ۱). افزایش در خاکستر خام در سیلاژ در پاسخ به افزودنی باکتریایی می‌تواند به دلیل کاهش تولید پساب و در نتیجه کاهش هدررفت خاکستر از طریق پساب (۱۹ و ۲۵) و نیز کاهش سهم نسبی برخی اجزا (مثل قندهای محلول و الیاف نامحلول در شوینده خنثی) در اثر تخمیر و هیدرولیز اسیدی (۳، ۶ و ۱۴) باشد. محمدزاده و همکاران (۱۴) نیز عنوان کردند که سیلاژهای دارای افزودنی میکروبی میزان بالاتری از خاکستر خام را به خود اختصاص دادند. در طی سیلو کردن درصد پروتئین خام تیمارهای تلقیح شده با لالسیل کاهش نشان داد به طوری که سیلاژهایی که پس از ۹۰ روز سیلو کردن باز شدند، به دلیل سهم بالاتر الیاف و خاکستر خام تمایل به داشتن پروتئین خام کمتری بودند. اما افزودن پودر آب پنیر به علوفه ذرت سبب افزایش در میزان پروتئین خام نسبت به گروه شاهد گردید (P <۰/۰۵) که این امر احتمالا به دلیل کاهش هدروری پروتئین محلول در پساب (۲۵) و کاهش سهم الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۸) می‌باشد. همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد، افزودن لالسیل منجر به افزایش ضایعات اکسیداسیون و تخمیر شده (P <۰/۰۵) اما بر کل ضایعات تأثیر معنی‌دار نداشت. این امر می‌تواند به مصرف مواد مغذی علوفه سیلویی توسط لاکتوباسیلوس بوکنری در نتیجه افزایش تعداد میکروارگانیسم‌های علوفه در طول فاز هوازی و بی‌هوازی (تخمیر) مربوط باشد (۲۸). پودر آب پنیر موجب کاهش ضایعات پساب و کل ضایعات شده ولی همانند لالسیل سبب افزایش ضایعات اکسیداسیون و تخمیر شد (P <۰/۰۵) که دلیل احتمالی آن افزایش فعالیت آنزیم‌های گیاهی و میکروبی در طول فاز هوازی و بی هوازی در فرآیند سیلو کردن می باشد (۱۵ و ۱۹). همچنین پودر آب پنیر موجب کاهش ضایعات پساب شد (P <۰/۰۵) که از جمله دلایل آن می‌توان به بالاتر بودن ماده خشک پودر آب پنیر نسبت به علوفه سیلویی و افزایش فشار اسمزی توسط پودرآب پنیر اشاره کرد (۱۵).

افزودن پودر آب پنیر به سیلاژ ذرت سبب کاهش پایداری هوازی سیلاژهای حاصل گردید (جدول ۳). هولزار و همکاران، (۱۳) بالا بودن میزان کربوهیدرات محلول و لاکتیک اسید و غلظت پایین اسیدهای چرب فرار را به‌عنوان دلایل اصلی در تسریع وقوع فساد هوازی سیلاژ نام بردند. در واقع کربوهیدرات محلول و لاکتیک اسید به‌عنوان سوبسترا جهت رشد و فعالیت مخمرها و کپک‌ها پس از باز شدن سیلو لازم بوده ولی اسیدهای چرب فرار خاصیت کشندگی و ممانعت‌کننده رشد برای مخمرها و کپک‌ها دارند (۱۳). در آزمایش حاضر سیلاژهای دریافت‌کننده پودر آب پنیر احتمالاً به علت غلظت بالای کربوهیدرات محلول (۱۲) و نیز غلظت بالای ماده خشک (۱۹) دارای پایداری هوازی پایینی بودند. اما میزان پایداری هوازی در تیمارهایی که حاوی افزودنی باکتریایی لاکتوباسیلوس بوکنری بودند، بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۳). گزارش شده است که لاکتات به‌عنوان سوبسترای مخمرها در هنگام باز کردن سیلو بوده و سیلاژهای دارای غلظت بالای اسید لاکتیک معمولاً پایداری هوازی کمتری دارند (۲۰). اگرچه لاکتوباسیلوس بوکنری در مراحل اولیه تخمیر در سیلاژ اقدام به تولید اسید لاکتیک از قندهای محلول کرده و باعث افت سریعتر pH می‌شود، اما در مراحل نهایی تخمیر لاکتات را به استات تبدیل می‌کند (۱۳ و ۲۰). در این آزمایش نیز تیمارهای حاوی لالسیل نیز احتمالاً به‌علت غلظت پایین‌تر لاکتات (به‌دلیل تبدیل لاکتات به استات توسط لاکتوباسیلوس بوکنری درفازهای انتهایی تخمیر)، غلظت بالای استات و نسبت بالاتر استات به لاکتات (۸ و ۹)، پایداری هوازی بیشتری در مقابل فساد و کپک‌زدگی نشان دادند. همچنین تأثیر لاکتوباسیلوس بوکنری را بر بهبود پایداری هوازی می‌توان توسط افزایش سهم اسید استیک تولیدی از کل VFA تولید شده در سیلاژ تحت تأثیر لاکتوباسیلوس بوکنری نیز ارتباط داد (۸، ۱۵ و ۲۷). لذا لالسیل به سرعت pH را کاهش داده و موجب حفظ ارزش غذایی سیلاژ و تسریع در تخمیر لاکتیکی در شرایط بی‌هوازی شده و از طرف دیگر مانع تخمیر ثانویه بعد از باز کردن سیلو می‌شود. همچنین نشان داده شده است که افزودنی میکروبی نسبت استات به لاکتات را در سیلاژ افزایش داده و به دلیل خاصیت ضد قارچ بودن اسید استیک، مقاومت سیلاژها را در مقابل فساد هوازی افزایش می‌دهد (۳).

جدول ۳- اثرات افزودنی باکتریایی و پری‌بیوتیکی بر پایداری هوازی سیلاژ ذرت

Table 3- The impact of bacterial inoculant and prebiotic additive on aerobic stability of Corn silage

صفت Treat	میانگین تیمارها Means of Treatments				اثر پودر آب پنیر Effect of Whey			اثر لالسیل Effect of Lalsil			اثر متقابل Interaction Effects	SEM
	شاهد Control	لالسیل Lalsil	پودر آب پنیر Whey	لالسیل و پودر آب پنیر W+L	فاقد پودر آب پنیر Without Whey	دارای پودر آب پنیر Whey	*P value*	فاقد لالسیل Without Lalsil	دارای لالسیل With Lalsil	*P value*	*P value*	
پایداری هوازی (ساعت) Aerobic Stability (Hour)	75.00 b	141.00 a	70.66 c	75.66 b	108.00	73.16	<0.01	72.83	108.33	<0.01	<0.01	0.82
تعداد ساعات بالاتر از دو درجه Hours Above Two °C	10.33 ab	13.66 a	6.66 b	7.00 b	12.00	6.83	0.01	8.50	10.33	0.29	0.37	2.78
دمای پیک نسبت به دمای محیط (درجه سانتی‌گراد) Differences Between Pick Temperature and Environment	4.66 a	4.16 ab	3.66 ab	3.33 b	4.41	3.50	0.03	4.16	3.75	0.25	0.81	0.58
تعداد پیک Number of Picks	2 b	3 a	2 b	2 b	2.50	2.00	<0.01	2.00	2.50	<0.01	<0.01	0.10

نتایج این آزمایش با نتایج رنجت و کانگ (۲۲) کـه اثـر افزودنـی لاکتوباسیلوس بوکنری را در سطوح مختلف بر روی سیلاژ ذرت مورد بررسی قرار داده و بهبود در پایداری هوازی سیلاژ را مشاهده کردنـد، کاملاً مطابقت داشت. دریهیوس و همکـاران (۶)، طـی سـه آزمـایش متفاوت افزودنی لاکتوباسیلوس بوکنری را به تنهایی و یا همراه بـا ال پلانتـاروم مـورد اسـتفاده قـرار دادنـد کـه در تمـامی آزمایشـات لاکتوباسیلوس بوکنری سبب بهبود پایداری هوازی گردید و این پاسخ مثبت با افزایش در مصرف خـوراک حیـوان تـا ۴۸۰ سـاعت پـس از قرارگیری سیلاژ در مجاورت هوا ادامه یافت. در آزمایش فیلیا (۸)، نیز اثر لاکتوباسیلوس بوکنری به تنهایی و در ترکیب با ال پلانتـاروم بـر روی علوفه گندم، سورگوم و ذرت مـورد بررسـی قـرار گرفـت کـه در تمامی تیمارها بهبود پایداری هوازی گزارش گردید.

افزودن پودر آب پنیر به سیلاژ ذرت احتمالاً به دلیل افت سـریعتر pH در مراحل ابتدایی تخمیر (۸ و ۹) و بالاتر بودن ماده خشک سبب کاهش عددی اندکی در جمعیت کپک و لاکتوباسیل‌ها گردید (جـدول ۴). افزودنی باکتریایی نیز احتمالاً بـه علـت غلظـت بـالاتر اسـتات و نیز pH پایین (۲۸) سبب کاهش عددی در جمعیـت مخمـر، کپـک و باکتری‌های اسید لاکتیکی گردید. در آزمایشات دیگری نیز نشان داده شده است که استفاده از افزودنـی میکروبـی سـبب افـزایش جمعیـت لاکتوباسیل‌ها (۲۷) و یا سبب کاهش لاکتوباسیل‌ها (۱۸) شده و یا بـر جمعیت آنها موثر نبوده است (۲۴). موثر بودن افزودنـی میکروبـی بـر جمعیت میکروارگانیسم‌های سیلاژ وابسته به نوع علوفـه سـیلو شـده، زمان باز شدن سیلو، جمعیت اولیه میکروارگانیسم‌های طبیعی سیلاژ و غیره بستگی دارد (۱۵ و ۲۵).

داده‌های مربوط به تولید گاز حاصل از تخمیر (تصحیح‌شده بـرای بلانـک)، در زمـان‌هـای ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت انکوباسیون و نیز فراسنجه‌های تولید گاز (A و c) سیلاژ ذرت در جداول ۵ و ۶ ذکر شده است. افزودن پودر آب پنیر در ساعات اولیه آزمایش سبب ایجاد اختلافات معنی‌داری با تیمار شاهد نگردید ولی از ساعت ۶ تا انتهای دوره آزمایشی اختلاف معنـی‌داری در گـاز تولیـدی نشان داد. این میزان افزایش در تولید گاز را می‌توان توسط بالا بـودن میزان کربوهیدرات محلول، پروتئین خام و هیـدرولیز نسـبی الیـاف در تیمار پودر آب پنیر نسبت به تیمار شاهد توجیه کرد (۸، ۱۵، ۲۲ و ۲۳) که سبب افزایش بخش قابل تجزیه و در نتیجـه افـزایش تولیـد گـاز می‌شود. با توجه به اینکه افزودن پودر آب پنیر مقدار پروتئین سیلاژ را زیاد نموده واحتمالاً غلظت کربوهیدرات محلول را در سـیلاژ افـزایش می‌دهد (۱۰)، می‌توان افزایش در تولید گاز در گـروه حـاوی پـودر آب پنیر را توجیه کرد.

جدول ٤- اثرات افزودنی باکتریایی و پری‌بیوتیکی برجمعیت میکروبی (log CFU/ gr)

Table 4- The effect of bacterial and prebiotic additive on bacterial population (log CFU/ gr)

صفت Treat	میانگین تیمارها Means of Treatments				اثر پودر آب پنیر Effect of Whey			اثر لالسیل Effect of Lalsil			اثر متقابل Interaction Effects	
	شاهد Control	لالسیل Lalsil	پودر آب پنیر Whey	لالسیل و پودر آب پنیر W+L	فاقد پودر آب پنیر Without Whey	دارای پودر آب پنیر Whey	*P value*	فاقد لالسیل Without Lalsil	دارای لالسیل With Lalsil	*P value*	*P value*	*SEM*
مخمر Yeast	2.99 ^{a}	2.47 ^{b}	2.47 ^{b}	2.47 ^{b}	2.71	2.65	0.25	2.73	2.67	0.31	<0.01	0.04
باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک Lactic acid Producing Bacteria	9.58 ^{a}	9.31 ^{b}	9.40 ^{ab}	9.29 ^{b}	9.54	9.34	0.36	9.49	9.30	0.66	0.02	0.10
کل باکتری‌ها Total Bacteria	9.30 ^{a}	9.23 ^{bc}	9.26 ^{b}	9.20 ^{c}	9.27	9.23	0.41	9.28	9.22	0.54	<0.01	0.02

جدول ۵- میزان تولید گاز در زمان‌های مختلف انکوباسیون (میلی‌لیتر به ازای ۱۰۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) در سیلاژ ذرت تحت تاثیر افزودنی باکتریایی و پری‌بیوتیکی

Table 5- The amount of Gas production in different incubation (ml per 1000 mg of dry matter) times in Corn silage influence bacterial and prebiotic additive

تیمار Treatment شاهد	زمان انکوباسیون (ساعت) Incubation Time (Hours)										
	2	4	6	8	12	16	24	36	48	72	96
شاهد Control	21.86 bc	51.18 b	71.41 b	92.81 b	118.96 b	135.40 b	152.24 c	160.54 c	162.63 c	163.30 c	163.34 b
لالسیل Lalsil	18.36 c	57.32 a	86.47 a	108.29 a	136.85 a	152.87 a	166.92 b	172.26 b	173.22 b	173.42 b	173.43 b
پودر آب پنیر Whey	26.14 b	54.14 ab	78.14 b	98.69 b	131.39 a	155.40 a	185.95 a	207.52 a	216.06 a	220.77 a	221.50 a
لالسیل و پودر آب پنیر W+L	31.11 a	57.78 a	78.52 b	94.56 b	116.95 b	130.45 b	143.58 c	149.52 d	150.56 d	151.23 d	151.25 c
اثر پودر آب پنیر											
فاقد پودر آب پنیر Without Whey	20.11	54.09	78.91	100.63	127.90	144.88	159.62	166.39	168.13	168.36	168.39
دارای پودر آب پنیر Whey	28.44	55.98	78.32	96.59	124.44	142.96	164.70	177.51	183.29	186.52	186.92
P value	<0.01	0.87	0.94	0.60	0.75	0.82	0.47	0.07	<0.01	<0.01	<0.01
اثر لالسیل											
فاقد لالسیل Without Lalsil	24.08	52.69	75.13	95.74	125.02	145.40	168.73	183.85	189.36	191.87	192.15
دارای لالسیل With Lalsil	23.69	57.58	82.49	101.43	126.91	141.64	155.27	160.86	161.79	162.22	162.23
P value	0.73	0.08	0.02	0.24	0.92	0.63	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
اثر متقابل											
P value	0.02	0.39	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
SEM	2.61	2.83	3.30	3.66	4.17	4.52	5.05	5.50	5.68	5.77	5.78

جدول ٦- مشخصه‌های تولید گاز سیلاژ ذرت تحت تاثیر افزودنی باکتریایی و پری‌بیوتیک

Table 6- The characteristics of Gas production of Corn silage influence bacterial and prebiotic additives

تیمار Treatment	پارامترهای تولید گاز Gas Production Parameters	
	A	***C***
شاهد Control	163.34 [b]	0.116 [b]
لالسیل Lalsil	173.43 [b]	0.144 [a]
پودر آب پنیر Whey	221.64 [a]	0.077 [c]
لالسیل و پودر آب پنیر W+L	151.25 [c]	0.125 [b]
اثر پودر آب پنیر		
فاقد پودر آب پنیر Without Whey	168.38	0.097
دارای پودر آب پنیر Whey	186.43	0.101
P value	<0.01	0.72
اثر لالسیل		
فاقد لالسیل Without Lalsil	192.37	0.096
دارای لالسیل With Lalsil	162.38	0.134
P value	<0.01	<0.01
اثر متقابل		
P value	<0.01	0.39
SEM	5.78	0.0066

A: پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای گرم ماده خشک)، C: نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت)، حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهاست (P<۰/۰۵).

A: Potential of gas production *(ml/g DM)*, C: Gas production rate *(ml/h)*, Means within same column with different superscripts differ P<0.05.

افزودنی باکتریایی لاکتوباسیلوس بوکنری در ساعات اولیه آزمایش تغییرات چندانی در میزان گاز تولیدی ایجاد نکرد. در ساعت ۶ بیشترین میزان گاز تولیدی مربوط به تیمار پودر آب پنیر بود و کمترین مقدار آن را مخلوط افزودنی پری‌بیوتیکی و پروبیوتیکی به خود اختصاص دادند. در ساعت ۸ آزمایش بیشترین مقدار گاز تولیدی مربوط به لاکتوباسیلوس بوکنری و کمترین میزان آن را مخلوط افزودنی‌های پری‌بیوتیکی و پروبیوتیکی به خود اختصاص دادند. همچنین تیمار پودر آب پنیر در این ساعت کاهش اندکی در میزان گاز تولیدی نسبت به تیمار لاکتوباسیلوس بوکنری نشان داد که معنی‌دار نبود (P <۰/۰۵) و این شرایط تا ساعت ۱۲ نیز ادامه داشت. در ساعت ۱۶ هیچ‌کدام از تیمارهای حاوی پودر آب پنیر و لاکتوباسیلوس بوکنری با هم معنی‌دار نبودند (P <۰/۰۵). اما در ساعات ۲۴ تا ۹۶ میزان گاز تولیدی تیمار پودر آب پنیر نسبت به تیمار لاکتوباسیلوس بوکنری و مخلوط لالسیل با پودر آب پنیر روند افزایشی یافت. در آزمایشات هاشم‌زاده و همکاران (۱۲)، مهلا و همکاران (۱۷) و لشکری و همکاران (۱۶) که اثر منابع مختلف کربوهیدراتی را بر روی سیلاژ علوفه‌های متفاوت مورد بررسی قرار دادند، افزایش در تولید گاز در تیمار دریافت‌کننده منبع کربوهیدراتی نسبت به تیمار فاقد منابع کربوهیدرات گزارش شد.

نسبت اسیدهای چرب فرار مختلف تولید شده در شکمبه نشخوارکنندگان نقش تعیین‌کننده‌ای در خصوصیات تولیدی دارد (۲). به‌نظر می‌رسد SCFA تولید شده در شکمبه از طریق مسیر ورید باب بر ماهیچه‌های روده اثر بگذارد و با افزایش جذب منجر به تولید بهتری گردد (۲). افزایش میزان اسیدهای چرب فرار تولیدی در شکمبه می‌تواند باعث افزایش نگرانی‌ها در مورد pH شکمبه و ناهنجاری‌های مرتبط با آن و همچنین کاهش احتمالی تولید گردد

(۲۱). با افزایش میزان ماده آلی قابل تخمیر، میزان انرژی قابل متابولیسم و به تبع آن میزان کل اسیدهای چرب فرار افزایش می‌یابد (۱). در آزمایش حاضر به‌دلیل بالاتر بودن میزان تولید گاز در تیمار آب پنیر، غلظت انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و درصد ماده آلی قابل هضم بالاتر از گروه شاهد بود ($P<0/05$) که همه اینها احتمالاً به‌دلیل تولید گاز بالاتر در این تیمار بود که ناشی از قند محلول بالا، هیدرولیز نسبی الیاف و پروتئین خام بالاتر می‌باشد. همچنین در تیمار لالسیل نیز غلظت انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و درصد ماده آلی قابل هضم بالاتر از گروه شاهد بوده اما از تیمار پودر آب پنیر کمتر بود ($P<0/05$) که این امر احتمالاً به تولید گاز بالای این تیمار در ساعت ۲۴ نسبت به گروه شاهد برمی گردد. انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و درصد ماده آلی قابل هضم بالاتر از گروه شاهد بوده ($P<0/05$) اما از تیمار پودر آب پنیر کمتر بود که دلیل احتمالی آن هیدرولیز نسبی الیاف و پروتئین خام در این تیمار نسبت به گروه شاهد می‌باشد.

جدول ۷- تأثیر سیلاژ ذرت بر فراسنجه‌های تخمین شده به روش تولید گاز

Table 7- The effect of Corn silage on Gas production parameters

	ME	NE_L	DOM	SCFA
شاهد Control	6.89 ^{c}	3.12 ^{c}	46.41 ^{c}	0.6717 ^{c}
لالسیل Lalsil	7.28 ^{b}	3.53 ^{b}	49.01 ^{b}	0.7368 ^{b}
پودر آب پنیر Whey	7.89 ^{a}	3.98 ^{a}	53.10 ^{a}	0.8213 ^{a}
لالسیل و پودر آب پنیر W+L	6.69 ^{c}	3.00 ^{c}	45.20 ^{c}	0.6332 ^{c}
		اثر پودر آب پنیر		
فاقد پودر آب پنیر Without Whey	7.09	3.33	47.96	0.7043
دارای پودر آب پنیر Whey	7.24	3.49	49.12	0.7271
P value	0.67	0.54	0.71	0.59
		اثر لالسیل		
فاقد لالسیل Without Lalsil	7.39	3.55	49.96	0.7465
دارای لالسیل With Lalsil	6.97	3.27	46.93	0.6852
P value	<0.01	0.03	<0.01	<0.01
		اثر متقابل		
P value	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
SEM	0.14	0.12	0.90	0.02

ME: انرژی قابل متابولیسم (MJ/kg DM)، NE_L: انرژی ویژه شیردهی (MJ/kg DM)، SCFA: اسیدهای چرب فرار کوتاه زنجیر (mMol/200mgD)، DOM: ماده آلی قابل هضم (%)

ME: Metabolizable energy (MJ/kg DM), NEL: Net energy for lactation (MJ/kg DM), SCFA: Short chain fatty acids (mMol/200mgD), DOM: Digestibility of organic maters(/.)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که افزودن پودر آب پنیر با کاهش نرخ تولید پساب، افزایش پروتئین خام، کاهش الیاف و افزایش قابلیت هضم سیلاژ ذرت می‌تواند باعث بهبود ارزش غذایی سیلاژ ذرت برای دام گردد. همچنین افزودنی باکتریایی لالسیل با کاهش سریع pH و افزایش پایداری هوازی سیلاژ ذرت می‌تواند موجب رسیدن سریع سیلاژ و بهبود پایداری سیلاژ حاصله در برابر فساد هوازی گردد. در مجموع استفاده از افزودن پودر آب و لالسیل می‌توانند موجب بهبود کیفیت سیلاژ ذرت حاصله گردند.

منابع

1- Araba, A., F. M. Byers, and F. Guessous. 2002. Patterns of rumen fermentation in bulls fed barley/molasses diets. Animal Feed Science and Technology, 97(1):53-64.
2- Baytok, E., T. Aksu, M. A. Karsliandand, and H. Muruz. 2005. The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29(2):469-474.
3- Church, D. C. 1984. Livestock feeds and feeding (No. Ed. 2). O & B Books, Inc.
4- Curtis, J. L. 1996. Effect of variety on the forage yield, ensiling characteristics, and nutritive value of alfalfa, and effects of cutting, stage of maturity, and silage additives on the preservation and nutritive value of alfalfa silage. a dissertation. Kansas State University. Department of Animal Science and Industry, Collage of Agriculture.
5- Dönmez, N., M. A. Karslı, A. Çınar, T. Aksu, and E. Baytok. 2003. The effects of different silage additives on rumen protozoan number and volatile fatty acid concentration in sheep fed corn silage. Small Ruminant Research, 48(3):227-231.
6- Driehuis, F., S. J. W. H. Oude Elferink, and P. G. Van Wikselaar. 2001. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with Lactobacillus buchneri, with or without homofermentative lactic acid bacteria. Grass and Forage Science, 56(4):330-343.
7- Fedorah, P. M. and S. E. Hrudey. 1983. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. Environmental Technology, 4(10):425-432.
8- Filya, I. 2003. The effect of Lactobacillus buchneri and Lactobacillus plantarum on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. Journal of Dairy Science, 86(11):3575-3581.
9- Filya, I. 2003. The effect of Lactobacillus buchneri, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. Journal of Applied Microbiology, 95(5):1080-1086.
10- Getachew, G., H. P. S. Makkar, and K. Becker. 1998. The in vitro gas coupled with ammonia measurement for evaluation of nitrogen degradability in low quality roughages using incubation medium of different buffering capacity. Journal of the Science of Food and Agriculture, 77(1):87-95.
11- Getachew, G., H. P. S. Makkar, and K. Becker. 2002. Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. The Journal of Agricultural Science, 139(03):341-352.
12- Hashemzadeh-Cigari, F., M, Khorvash, G. R. Ghorbani, E. Ghasemi, A. Taghizadeh, S. Kargar, and W. Z. Yang. 2014. Interactive effects of molasses by homofermentative and heterofermentative inoculants on fermentation quality, nitrogen fractionation, nutritive value and aerobic stability of wilted alfalfa (*Medicago sativa* L.) silage. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 98(2):290-299.
13- Holzer, M., E. Mayrhuber, H. Danner, and R. Braun. 2003. The role of Lactobacillus buchneri in forage preservation. Trends in Biotechnology, 21(6):282-287.
14- Khorvash, M., H. Mohammadzadeh, and G. R. Ghorabni. 2014. Effects of treating corn silage with homo and hetero fermentative lactic acid bacteria on performances of Holstein dairy cattle. Research on Animal Science, 24(1):35-44. (In Persian).
15- Kung, L. 2000. Silage Fermentation and additives. Miller Publishing Co. Minnetonka, MN.
16- Lashkari, S., A. Taghizadeh, J. Seifdavati, and A. Z. M. Salem. 2014. Qualitative characteristics, microbial populations and nutritive values of orange pulp ensiled with nitrogen supplementation. Slovak Journal of Animal Science, 47:90-99.
17- Mahla,A. G., and I. M. Khalifa. 2007. The effect of molasses on quality of sorghum (*sorghum bicolor*) silage. Research. Journal of Animal and Veterinary Science, 2:43-46.
18- McAllister, T. A., R. Feniuk, Z. Mir, P. Mir, L. B. Selinger, and K. J. Cheng. 1998. Inoculants for alfalfa silage: Effects on aerobic stability, digestibility and the growth performance of feedlot steers. Livestock Production Science, 53(2):171-181.
19- McDonald, P., A. R. Henderson, and S. J. E. Heren. 1991. The biochemistry of silage. 2nded. chalcombePub. Abersyth. U. K.
20- Nishino, N., M. Yoshida, H. Shiota, and E. Sakaguchi. 2003. Accumulation of 1, 2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with Lactobacillus buchneri. Journal of Applied Microbiology, 94(5):800-807.
21- Parand, A., and A. Taghizadeh. 2010. Effects of treating method of barley grain on gas production. Research on Animal Science, 20(2):1-13. (In Persian).
22- Ranjit, N. K. and L. Kung. 2000. The effect of Lactobacillus buchneri, Lactobacillus plantarum, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. Journal of Dairy Science, 83(3):526-535.

23- Schmidt, R. J., W. Hu, J. A. Mills, and L. Kung. 2009. The development of lactic acid bacteria and Lactobacillus buchneri and their effects on the fermentation of alfalfa silage. Journal of Dairy Science, 92(10):5005-5010.
24- Thomas, M. E., J. L. Foster, K. C. McCuistion, L. A. Redmon, and R. W. Jessup. 2013. Nutritive value, fermentation characteristics, and in situ disappearance kinetics of sorghum silage treated with inoculants. Journal of Dairy Science, 96(11):7120-7131.
25- Valizadeh, R., A. Naserian, and A. Azhdarifard. 2003. The Biochemistry of Silage. (In Persian).
26- Van Soest, P.V., J. B. Robertson,, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10):3583-3597.
27- Weinberg, Z. G., G. Ashbell, Y. Hen, and A. Azrieli. 1993. The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. Journal of Applied Bacteriology, 75(6):512-518.
28- Zahiroddini, H., J. Baah, W. Absalom, and T. A. McAllister. 2004. Effect of an inoculant and hydrolytic enzymes on fermentation and nutritive value of whole crop barley silage. Animal Feed Science and Technology, 117(3):317-330.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 10, No. 2, Summer 2018, p. 179-193

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۱۹۳-۱۷۹

The Effects of Bacterial Inoculant and Prebiotic Additive on Chemical Composition, Gas Production and Aerobic Stability of Corn Silage

S. Alaei Baher[1]- H. Mohammadzadeh[2*]- A. Taghizadeh[3]- A. Hoseinkhani[4]

Received: 30-03-2017
Accepted: 01-07-2017

Introduction Ensiling is a popular preservative method for forage crops and some byproducts. In this process water soluble carbohydrates in forages are converted into lactic acid with lactic acid bacteria and prevents nutrients losses by other microorganisms. Low dry matter in fresh forage may lead to higher losses of nutrients in efflunet or fermentation process. Moreover, corn silage are susceptible to spoilages by fungi. Deteriorated silages are rich in mycotoxins and some other harmfull components which may reduce dry matter intake, milk production and milk composition or may led to some acute or chronic disease in ruminatns. Whey powder is a product with high potential to water absorbents which may reduce effluent production at ensilinbg high loisture forages. Lactobacillus buchnery is a lactic acid producing bacteria which produce acetic acid while producing latic acid. Acetic acid is an antifungal compound ahich may inhibit fungi development in silage. This study was conducted to determine the effects of whey poewser and a lactic acid bacteria inoculant (Lalsil Fresh, containing Lactobacillus Buchneri) on chemical composition, pH, aeirobic stabilit and in vitro digestibility of corn silage.

Materials and Methods The whole-crop corn was harvested at 1/2 milky maturity stage. Treatments were: 1. Control (corn silage without any inoculant), 2. Corn silage treated with whey powder (1% or 10 kg per ton fresh forage) 3. Corn silage treated with Lalsil Fresh at 1.8×10^{6} colony forming unit per gram fresh forage and 4. Corn silage treated with whey powder (1% or 10 kg per ton fresh forage) and bacterial additive at 1.8×10^{6} colony forming unit per gram fresh forage. The additives were solved in water and then sparayed over forages and mixed throughtly. The same amount of water was applied to the control treatment. Laboratory PVC silos - 70 cm in height, 10 cm in diameter with a sink at the bottom for measurement of seepage were used for ensiling the whole corn crops. Corn forage was ensiled in triplicate laboratory mini silos for 90 days at room temperature and in the dark.

Results and Discussion Effluent production was lower and concentration of dry matter (DM) was higher in prebiotic and bacterial treated silages when compared to control ($P<0.05$). Lower efflunet production from corn silag can inhibit environmental pollution and also retain nutrients in sialge. Application of whey powder to corn silage resulted in silages with higher crude protein concentration and lower concentrations of cell wall compositions ($P<0.05$). The pH value of silages was lower in bacterial inoculated treatments ($P<0.05$) compared with control. This was maybe due to accelerated fermentation and rapid fall in pH. Treating corn silage with whey powder reduced aerobic stabilities of corn silages when they were exposed to the air ($P<0.05$) due to higher concentration of water soluble carbohydrates. But, treating corn silage with Lalsil Fresh improved the aerobic stabilities of corn silages in comparition with control group ($P<0.05$) due to higher ratio of acetate to lactate. Higher resistance of silage to spoilage can inhibit fungi from mycotoxin production and nutrients deterioration which led to better animal performance and health. The most potential of in vitro gas production and metabolisable energy (ME) concentration was measured in whey powder treatment ($P<0.05$). Also, treating corn silage with the bacterial inoculant resulted an increase in potential of in vitro gas production and ME concentraion of corn sialge ($P<0.05$). Higher energy content in corn silage may improve milk production and composition in dairy cattle.

Conclusion Results suggest that whey powder can improve nutritive value of corn silage by increasing dry matter and crude protein concentration and decreasing fiber. Also, Whey powder reduces effluent production

1- Msc student of Ruminant Nutrition, Departmant of Animal Scince, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Assistant Profesor, Departmant of Animal Scince, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3- Profesor, Departmant of Animal Scince, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4- Associate Profesor, Departmant of Animal Scince, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(*- Corresponding author email: hamidmhz@tabrizu.ac.ir)

from corn silage which consequently prevents environmental pollution. Bacterial inoculant improves corn silage resistance to spoilage by fast falling in pH and improvement of aerobic stability. Higher resistance to spoilage in corn silage can increase milk production and prevents mycotoxin related diseases and problems in ruminants. Both whey powder and bacterial inoculant improve metabolisable energy concentration of corn silage which may lead to higher production in ruminants.

Keywords: Lactic Acid Bacteria, Lactobacillus Buchneri, Microbial Inoculant, Whey Powder, Yeasts