

"Research Paper"

Comparison of Using Plastic or polyethylene Bags on the Qualitative and Quantitative Performance of Barley Silage

Moosa Vatandoost¹ and Masood Didarkhah²

1- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran,
(Corresponding author: m_vatandoost@pnu.ac.ir)

2- Assistant Professor, Faculty of Agriculture Sarayan, University of Birjand, Birjand, Iran
Received: 23 may, 2023 Accepted: 23 August, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: Efficient forage preservation as silage requires minimizing losses during the ensiling, storage, and feed-out phases. The penetration of air into the silage is one of the important factors that stimulate aerobic bacteria, yeasts, and molds. This process severely impact silage quality and causes aerobic deterioration. Also, these conditions reduce the amount of dry matter and nutritional value of silage, and with the increase of pathogenic microorganisms and mycotoxins in silage, it will ultimately reduce the consumption of dry matter of silage in livestock. Polyethylene has been used for many years as a silage isolate and preservation. This study was to evaluate the chemical composition and microbial population of whole-crop barley silage preserved by different covers in laboratory conditions.

Material and Methods: Whole forage barley with dry matter of approximately 31% was harvested and cut into 30 to 50 mm long pieces. Then they were ensiled 1) in polyethylene laboratory tubes with screw lids with rubber rings, 2) in polyethylene bags and 3) in plastic bags, with an approximate weight of 10 kg in 4 repetitions, and kept in the closed environment of the laboratory for 60 days.

Results: The results of the experiment showed the silages that were stored in polyethylene bags, compared to the silages that were ensiled in polyethylene tubes, the acidity index (3.79 vs. 3.53) and the yeast population (0.50 versus against 1.14 cfu/g of silage), were significantly increased ($p=0.001$), while in the silages that were ensiled in plastic bags, more changes occurred than in the silages that were ensiled in polyethylene tubes, and amount of dry matter (31.80% versus 31.24%; $p=0.018$), insoluble fibers in neutral detergent (61.89 percent of DM versus 59.8 percent of DM; $p=0.014$) and the mold population (1.95 versus 1.13 cfu/g of silage; $p=0.046$) also changed significantly. Aerobic stability in silages ensiled in polyethylene pipes was the highest (95 hours), while this index was significantly ($p=0.001$) less (62.5 hours) in silage covered with plastic bags than other silages. The recovery of dry matter after opening the ensiles and after 7 days of aerobic exposure also significantly ($p=0.001$) decreased rather than other silages (81.50 percent of DM versus 87.84 and 88.10 percent of DM).

Conclusion: According to the results of this experiment, the use of Polyethylene bags rather than plastic bags for ensiling small packages of forage can provide more favorable condition for the preservation of silage quality.

Keywords: Barley silage, Mold, Nutritional value, Packing, Yeast



مقاله پژوهشی

مقایسه استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی نسبت به پلاستیکی بر عملکرد کیفی و کمی سیلاژ جو

موسی وطن‌دوست^۱ و مسعود دیدارخواه^۲

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: m_vatandoost@pnu.ac.ir)

۲- استادیار آموزشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱

صفحه: ۸۰ تا ۸۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: ذخیره مناسب علوفه در سیلو سبب حفظ کیفیت بهتر سیلاژ و به حداقل رساندن کاهش ارزش تغذیه‌ای آن در زمان سیلو کردن، ذخیره و در زمان مصرف خواهد شد. نفوذ هوا به داخل سیلاژ یکی از مهم‌ترین عواملی هست که سبب تحریک رشد باکتری‌های هوازی، مخمرها و کپک‌ها می‌شود. این فرآیند کیفیت سیلاژ را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث فساد هوازی در آن خواهد شد. همچنین این شرایط مقدار ماده خشک و ارزش غذایی سیلاژ را کاهش داده و با افزایش میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و مایکوتوکسین‌ها در سیلاژ در نهایت باعث کاهش مصرف ماده خشک سیلاژ در دام خواهد شد. استفاده از پلی‌اتیلن به عنوان پوشش و محافظ سیلاژ برای سال‌های متمادی مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. این پژوهش به منظور ارزیابی مقایسه برخی از شاخص‌های شیمیایی و میکروبی سیلاژ علوفه جو تهیه شده توسط کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن در مقایسه با کیسه‌های پلاستیکی و در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

مواد و روش‌ها: علوفه کامل جو با ماده خشک تقریبی ۳۱ درصد برداشت شد و به قطعاتی به طول ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متری خرد شد. سپس (۱) در لوله‌های آزمایشگاهی از جنس پلی‌اتیلن با درب پیچ‌دار دارای حلقه‌های لاستیکی، (۲) در کیسه‌های از جنس پلی‌اتیلن و (۳) در کیسه‌های پلاستیک هر کدام به وزن تقریبی ۱۰ کیلوگرم در ۴ تکرار سیلو شدند و به مدت ۶۰ روز در محیط بسته آزمایشگاه نگهداری شدند.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که در سیلاژهایی که در کیسه‌های پلی‌اتیلن ذخیره شده بودند نسبت به سیلاژهایی که در لوله‌های پلی‌اتیلن سیلو شدند به ترتیب شاخص اسیدیته (۳/۷۹ در مقابل ۳/۵۳) و جمعیت مخمرها (۰/۵۰ در مقابل ۱/۱۴ واحد تشکیل دهنده کلنی در گرم) به طور معنی‌داری ($p=0.001$) افزایش داشتند، درحالی‌که در سیلاژهایی که داخل کیسه‌های پلاستیکی سیلو شدند، نسبت به سیلاژهایی که در لوله‌های پلی‌اتیلن سیلو شدند، تغییرات بیشتری روی داده و به ترتیب مقدار ماده خشک (۳۱/۸۰ درصد در مقابل ۳۱/۲۴ درصد؛ $p=0.018$)، الیاف نامحلول در شوینده خشی (۶۱/۸۹ درصد ماده خشک در مقابل ۵۹/۸ درصد ماده خشک؛ $p=0.014$) و جمعیت کپک‌ها (۱/۹۵ در مقابل ۱/۱۳ واحد تشکیل دهنده کلنی در گرم؛ $p=0.046$) نیز به طور معنی‌دار تغییر پیدا کردند. پایداری هوازی سیلوها در سیلاژهایی که در لوله‌های پلی‌اتیلن سیلو شدند بیشترین (۹۵ ساعت) بود درحالی‌که این شاخص در سیلاژ با پوشش کیسه‌های پلاستیکی به طور معنی‌داری ($P=0.001$) کمتر (۶۲/۵ ساعت) از سیلاژهای دیگر بود. بازیابی ماده خشک آن پس از باز کردن سیلوها و پس از آن به مدت ۷ روز پس از هوازدگی نیز به طور معنی‌داری ($p=0.001$) نسبت به سایر سیلاژها کمتر (۸۱/۵۰ درصد ماده خشک در مقابل ۸۷/۸۴ درصد ماده خشک و ۸۸/۱۰ درصد ماده خشک) بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست آمده در این آزمایش انتخاب کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن در مقایسه با کیسه‌های پلاستیکی برای سیلو کردن بسته‌های کوچک علوفه می‌تواند شرایط مطلوب‌تری برای حفظ کیفیت سیلاژ مهیا کند.

واژه‌های کلیدی: ارزش تغذیه‌ای، بسته‌بندی، سیلاژ جو، کپک، مخمر

مقدمه

برای مصرف ماده اولیه موجود در گیاه با باکتری‌های اسید لاکتیک رقابت می‌کنند که باعث جلوگیری از کاهش مناسب pH سیلاژ و پایداری آن خواهد شد (Mills and Kung, 2002; Toosi et al., 2021).

سیلوهای سنتی اگرچه به طور گسترده در سطح دامداری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما دارای معایبی مانند هزینه بالای احداث سیلو و نگهداری آن هستند. همچنین به دلیل اینکه فشردن علوفه در کناره‌های سیلوهای سنتی مشکل است، احتمال اتلاف بالای ماده خشک سیلاژ در اثر نفوذ اکسیژن و کپک‌زدگی در قسمت‌های اشاره شده وجود دارد. این شرایط سلامت دام را تحت تأثیر قرار می‌دهد و خطر سقط جنین را افزایش داده و احتمال آلودگی شیر را به همراه دارد (Scudamore and Livesey, 1998).

استفاده از پلی‌اتیلن به عنوان پوشش و محافظ سیلاژ به عنوان جایگزین برای سال‌های متمادی مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. این پژوهش به منظور مقایسه شاخص‌های کیفی و کمی سیلاژ علوفه جو تهیه شده در کیسه‌های پلی‌اتیلن و پلاستیکی در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

سیلاژ را می‌توان به عنوان علوفه مرطوب تخمیر شده با رطوبت بالا تعریف کرد که هدف اصلی آن ذخیره علوفه برای زمانی است که علوفه تازه در دسترس نباشد (McDonald et al., 1991) و در صورتیکه تولید و استفاده از آن در دامپروری به خوبی مدیریت شود، سبب افزایش عملکرد شاخص‌های تولیدی و اقتصادی در پرورش نشخوار کنندگان خواهد شد (Shakeri et al., 2022). اگرچه فرآیند سیلو کردن ساده به نظر می‌رسد، اما در حقیقت سیلاژ یک سیستم کاملاً پیچیده است که برهم‌کنش‌های مختلف شیمیایی و میکروبی در کیفیت آن تأثیر دارند (Jonsson, 1991; Weinberg and Muck, 1996). ذخیره مناسب سیلو به عوامل مختلفی مانند شرایط محیطی، نوع ماده سیلو شده و شرایط فیزیکی آن و همچنین به نحوه مدیریت سیلو بستگی دارد (Teimoury, Chamebon et al., 2017). تأخیر در سیلو کردن، سرعت پایین در پر کردن سیلو یا نفوذ مقادیر کم هوا در سیلو سبب ادامه فعالیت و رشد میکروارگانیسم‌های هوازی مضر شامل باکتری‌ها، مخمرها و قارچ‌ها می‌شود. این میکروارگانیسم‌ها

مواد و روش‌ها

در این پژوهش علوفه کامل جو با ماده خشک تقریبی ۳۱ درصد برداشت شد و به قطعاتی به طول ۳۰ تا ۵۰ میلی متری خرد گردید. سپس در ۱) لوله‌های آزمایشگاهی (این لوله‌ها برای اطمینان از مقاومت لازم محفظه مورد استفاده برای سیلو و پیشگیری از آسیب دیدگی احتمالی از جنس پلی اتیلن با ضخامت ۵/۴ میلی متر انتخاب شدند و برای اطمینان از جلوگیری از نشت هوا دارای درب پیچدار حاوی حلقه‌های لاستیکی بودند)، ۲) در کیسه‌هایی از جنس پلی اتیلن و ۳) در کیسه‌های پلاستیکی به وزن تقریبی ۱۰ کیلوگرم در ۴ تکرار سیلو شدند و به مدت ۶۰ روز در محیط بسته آزمایشگاه نگهداری شدند. برای خروج هوا از داخل لوله‌های آزمایشی نمونه به‌طور کامل فشرده شد و سپس درب آن‌ها بسته شد و برای خروج هوا از کیسه‌های پلاستیکی و پلی اتیلن، ضمن آن‌که لایه به لایه علوفه پس از فشردن داخل کیسه‌ها قرار گرفت، در انتها با کمک پمپ خلأ هوای موجود نیز خارج شد و سپس درب کیسه‌ها محکم بسته شدند.

برای تعیین ماده خشک از هر یک از تکرارها ۱۰۰ گرم نمونه تهیه و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، سپس درصد ماده خشک محاسبه شد. برای تهیه نمونه به‌منظور تعیین pH از سیلوهای آزمایشگاهی، پس از یکنواخت کردن مخلوط تکرارهای هر تیمار، یک نمونه ۵۰ گرمی وزن شده و ۴۵۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به کمک مخلوط‌کن کاملاً مخلوط و با استفاده از پارچه متقال چهار لایه از مخلوط حاصل عصاره تهیه شد و pH آن با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شد. باقی‌مانده علوفه سیلو شده مربوط به هر تیمار در معرض جریان هوا پهن و خشک شد. علوفه خشک‌شده با استفاده از آسیاب با قطر دو میلی متر آسیاب شد و محتوای نیتروژن کل بر اساس روش کلدال^۱ تعیین شد (AOAC, 2000). محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی^۲ (NDF) و شوینده اسیدی^۳ (ADF) نمونه بر اساس روش ون سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) تعیین شد. بازیابی ماده خشک بر اساس تفاوت وزن بین علوفه قبل از سیلو کردن و پس از سیلو کردن در زمان‌های مختلف به‌صورت ماده خشک محاسبه شد (Kleinschmit and Kung, 2006). برای اندازه‌گیری پایداری هوازی، حدود ۲/۷۵ کیلوگرم از هر نمونه سیلاژ بدون اینکه فشرده شود در کف اتاق در محیط آزمایشگاه قرار داده شد و روی آن با لایه نازک آلومینیوم برای جلوگیری از تماس با گردوخاک موجود در هوا و در عین حال عبور جریان هوا از توده سیلاژ پوشیده شد. تغییر دمای سیلاژها توسط قرار دادن دماسنج در مرکز وزنی نمونه اندازه‌گیری شد. ثبت دمای سیلاژها به‌صورت یک‌بار در ساعت بود. زمان افزایش دمای سیلاژها به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد نسبت به محیط به‌عنوان شاخص برای پایداری هوازی سیلاژها در نظر گرفته شد (Kleinschmit and Kung, 2006).

برای تهیه محیط کشت مخمر و کپک از محیط کشت عصاره مالت آگار^۴ استفاده شد. برای جلوگیری از رشد باکتری‌ها، پس از اتوکلاو کردن محیط کشت، مقدار ۰/۵ درصد اسیدلاکتیک به آن اضافه شد. ظرف‌ها پس از تلقیح عصاره سیلو حدود ۴۸ الی ۷۲ ساعت در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد در داخل انکوباتور کشت شدند. برای کشت باکتری‌های اسیدلاکتیک از محیط کشت ام آر اس آگار^۵ استفاده شد. پس از اتوکلاو کردن به ازای هر ۱۰ میلی لیتر، مقدار ۰/۱ گرم سیکلوهگزامید در دمای حدود ۴۷ الی ۵۰ درجه سانتی‌گراد به محیط کشت افزوده شد. پلیت‌ها برای ۴۸ تا ۷۲ ساعت در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد تحت شرایط بی‌هوازی کشت و شمارش شدند (Spoelstra et al., 1988).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه آماری داده‌های مربوط به pH، ماده خشک، بازیابی ماده خشک، پایداری هوازی، کپک‌ها و مخمرها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و بر اساس مدل ذیل انجام شد.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن Y_{ij} = مقدار هر مشاهده، μ = اثر میانگین کل مشاهدات، T_i = اثر تیمارهای آزمایشی و ε_{ij} = مقدار خطای آزمایش بود.

دادهای مربوط به جمعیت میکروبی پس از تبدیل به لگاریتم بر مبنای ۱۰، تجزیه آماری شدند. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی سیلاژها

طبق نتایج گزارش شده در جدول شماره ۱، در ترکیب شیمیایی سیلاژها پس از ۶۰ روز ذخیره، درصد بازیابی ماده خشک سیلاژها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ($p=0/001$) داشتند. کمترین درصد بازیابی ماده خشک مربوط به سیلاژ با پوشش پلاستیکی و بیشترین درصد بازیابی ماده خشک در سیلاژ ذخیره شده در لوله‌های پلی اتیلن مشاهده شد (۸۹/۷۳ درصد ماده خشک در مقابل ۹۴/۱۸ و ۹۷/۰۴ درصد ماده خشک علوفه سیلو شده). در آزمایش جاری اگرچه درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین داده‌های به‌دست‌آمده برای سیلاژهایی که در لوله‌های پلی اتیلن سیلو شدند و سیلاژهایی که در کیسه‌های پلی اتیلن سیلو شدند نسبتاً تغییرات محسوسی داشته است، اما تفاوت مشاهده شده معنی‌دار نشد. درحالی‌که در سیلاژهایی که با پوشش کیسه‌های پلاستیکی معمولی سیلو شدند، نسبت به سیلاژهایی که در لوله‌های پلی اتیلن سیلو شدند، افزایش معنی‌دار در درصد ماده خشک (۳۱/۸۰ درصد در کیسه‌های پلاستیکی در مقابل ۳۱/۲۴ درصد در لوله‌های پلی اتیلن؛ $P=0/018$) و محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۶۱/۸۹ درصد ماده خشک در

^۱ - Kjeldahl procedure

^۲ - Neutral Detergent Fiber (NDF)

^۳ - Acid Detergent Fiber (ADF)

^۴ - Malt Extract Agar (MEA)

^۵ - Man-Rogosa-Sharpe (MRS) agar

کیسه‌های پلاستیکی در مقابل ۶۰/۲۴ درصد ماده خشک در لوله‌های پلی اتیلن؛ $P=0/014$) مشاهده شد.

جدول ۱- اثر پوشش‌های متفاوت سیلو بر شاخص‌های شیمیایی در سیلاژ علوفه کامل جو در شرایط آزمایشگاهی
Table 1. The influence of covering methods on chemical composition of whole crop barley silage in laboratory conditions.

موارد	بازیابی ماده خشک سیلاژها (درصد ماده خشک) ^۱	ماده خشک (درصد ماده خشک)	خاکستر خام (درصد ماده خشک)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)
	DM recovery (% of DM)	Dry Matter (%)	Ash (% of DM)	Neutral Detergent Fiber (% of DM)	Acid Detergent Fiber (% of DM)
علوفه تازه	---	33.08	7.58	59.8	35.2
سیلاژها					
در لوله‌های پلی اتیلن polyethylene tube	97.04 ^a	7.94	60.24 ^b	34.57	8.26
کیسه‌های پلی اتیلن polyethylene bag	94.18 ^b	7.80	61.06 ^{ab}	34.24	7.97
کیسه‌های پلاستیکی plastic bag	89.73 ^c	7.99	61.89 ^a	36.19	8.09
اشتباه معیار میانگین SEM	0.24	0.056	0.502	0.768	0.095
سطح معنی داری P-value	0.001	0.156	0.014	0.125	0.160

۱- درصد ماده خشک باقیمانده سیلاژها نسبت به مقدار ماده خشک علوفه تازه سیلو شده اعداد با حروف متفاوت در هر ستون در سطح آماری ۰/۰۵، با هم تفاوت معنی دار دارند.

ab,c: Means in each column with unlike superscript letters differ significance at $P < 0.05$. SEM: standard error of the means.

کیفیت تخمیر سیلاژ موثر است (Bernardes et al., 2012; Borreani et al., 2007).

محتوای نیتروژن آمونیاکی، pH و جمعیت میکروبی سیلاژها

مقدار pH، نیتروژن آمونیاکی، جمعیت باکتری‌های اسیدلاکتیکی، کپک‌ها و مخمرها هنگام باز کردن سیلوها پس از ۶۰ روز ذخیره‌سازی در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. بررسی مقدار pH سیلوها تفاوت معنی‌داری ($p=0/001$) بین تمام سیلاژها نسبت به یکدیگر نشان داد. سیلاژهایی که داخل لوله‌های پلی اتیلن سیلو شده بودند کمترین مقدار pH (۳/۵۳) را داشتند و بیشترین مقدار pH (۴/۱۹) در سیلاژهایی که داخل کیسه‌های پلاستیکی ذخیره شده بودند، مشاهده شد. طبق داده‌های مشاهده شده، جمعیت باکتری‌های اسیدلاکتیکی در این آزمایش بین سیلاژهای مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشت. در آزمایش جاری اگرچه از لحاظ کمی جمعیت کپک در سیلاژ ذخیره‌شده در کیسه‌های پلی اتیلن بیشتر بود، اما تفاوت معنی‌داری از نظر آماری در جمعیت کپک‌ها بین سیلاژهای سیلو شده در لوله‌های پلی اتیلن با کیسه‌های پلی اتیلن مشاهده نشد، درحالی‌که جمعیت کپک‌ها در سیلاژهایی که در کیسه‌های پلاستیکی سیلو شده بودند به‌طور معنی‌داری ($p=0/046$) در مقایسه با لوله‌های پلی اتیلن افزایش (۱/۹۵) در مقابل ۱/۱۳ واحد تشکیل‌دهنده کلنی در گرم) پیدا کرد.

بررسی جمعیت مخمرها در آزمایش جاری تفاوت بیشتری را نشان داد و تمام تیمارها نسبت به یکدیگر معنی‌دار بودند ($p=0/001$). کمترین جمعیت مربوط به سیلاژهایی بود که در لوله‌های پلی اتیلن سیلو شده بودند (۰/۵۰) واحد تشکیل‌دهنده کلنی در گرم) و بیشترین جمعیت مخمر در سیلاژهایی که داخل کیسه‌های پلاستیکی سیلو شده بودند، مشاهده شد (۳/۲۲) واحد تشکیل‌دهنده کلنی در گرم).

در ارتباط با تأثیر عایق‌بندی سیلاژ و نوع پوشش سیلاژ بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد در صورتی‌که سیلو دقت کافی عایق نشده باشد، نفوذ هوا بسیار سریع روی و در صورتی‌که سیلو به‌طور مطمئنی در مقابل نفوذ هوا عایق نشود، هوا با گذشت زمان وارد سیلو خواهد شد و در نتیجه میکروارگانیسم‌های هوازی شروع به رشد و تکثیر می‌کنند. این وضعیت در نهایت سبب شروع فرآیند فساد هوازی در سیلاژ می‌شود که نتیجه آن از بین رفتن بخشی از ماده خشک سیلاژ خواهد بود (Borreani et al., 2018; Tabacco et al., 2020).

در مورد استفاده از پوشش‌های متفاوت پلاستیکی برای عایق کردن سیلو، دولسی و همکاران (Dolci et al., 2011) و تاباکو و همکاران (Tabacco et al., 2020) گزارش دادند که پوشش‌های مختلف با مقاومت فیزیکی متفاوت یا نفوذپذیری متفاوت نسبت به اکسیژن تأثیر متفاوتی در ماندگاری و حفظ کیفیت سیلاژ دارند.

در این آزمایش اتلاف ماده خشک در سیلاژهای با پوشش پلی اتیلن با تفاوت عددی کمی نسبت به سیلاژهای دارای پوشش لوله‌ای ضخیم از جنس پلی اتیلن قرار داشت. در پژوهش جاری به دلیل ضخامت بالای لوله‌های پلی اتیلن (۵/۴ میلی‌متر) این اطمینان حاصل می‌آید که تقریباً نفوذ اکسیژن از طریق دیواره لوله‌ها صورت نمی‌گیرد و بنابراین با توجه به شرایط عایق کردن سیلوها و اطمینان از بسته شدن کامل درب سیلوهای تهیه‌شده در این آزمایش که ذکر شد، می‌توان نتیجه گرفت که ممکن است تغییرات ایجادشده در سیلاژهای دیگر (کیسه‌های پلی اتیلن و کیسه‌های پلاستیکی) به دلیل انتشار اکسیژن به داخل پوشش آن‌ها از درون بدنه کیسه‌ها در مدت‌زمان ذخیره و نگهداری سیلوها باشد. این نتایج توسط پژوهشگران پیشین تایید شده است که نشان داده‌اند انتخاب پوشش مناسب و با مقاومت بالا در مقابل نفوذ اکسیژن در

در این آزمایش جمعیت بالاتر مخمر در سیلاژ تیمار ۳ که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است و ارتباط آن با مقدار بالاتر pH همخوانی دارد. نتایج مشابهی نیز در پژوهش‌های گذشته گزارش شده است (Woolford, 1990; Cavallarin et al., 2011).

شاخص‌های ارزیابی شده در پژوهش جاری نشان داد سیلاژهای دارای پوشش پلاستیکی و پلی‌اتیلن تمایل به افزایش محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی دارند که این مقدار در سیلاژ دارای پوشش پلاستیکی نسبت به پوشش لوله‌های ضخیم پلی‌اتیلن به‌طور معنی‌دار ($p=0/001$) افزایش (۶۱/۸۹ درصد ماده خشک در مقابل ۶۰/۲۴ درصد) پیدا کرد (جدول شماره ۱).

در مورد ارتباط عوامل مختلف با کیفیت تخمیر و جمعیت میکروبی سیلاژ، پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند چندین عامل مختلف مانند سرعت عمل در ذخیره کردن سیلو (Toosi et al., 2021) زمان ذخیره سیلاژ و نوع پوشش استفاده‌شده در سیلو (Tabacco et al., 2020) در ترکیب جمعیت میکروارگانیسم‌ها موثر هستند و می‌توانند کیفیت تخمیر را تغییر دهند. در گزارش‌های ذکرشده حضور یا نفوذ هوا در سیلاژ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل فساد سیلاژ معرفی شده است. همچنین گزارش شده است که قارچ‌ها و به‌ویژه مخمرها مهم‌ترین میکروارگانیسم‌هایی هستند که در شروع فساد هوازی و در نتیجه افزایش pH سیلاژ نقش دارند (Pahlow et al., 2003).

جدول ۲- اثر پوشش‌های متفاوت سیلو بر شاخص‌های تخمیری و جمعیت میکروبی در سیلاژ علوفه کامل جو در شرایط آزمایشگاهی
Table 2. The influence of covering methods on fermentation quality and microbial population of whole crop barley silage in laboratory conditions

موارد	اسیدیته	آمونیاک (میلی گرم در دسی لیتر)	باکتری‌های اسیدلاکتیک (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)	کپک (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)	مخمر (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)
	pH	N-NH ₃ (ml/dl)	L.A.B (log10 cfu/g of herbage)	Mold (log10 cfu/g of herbage)	Yeast (log10 cfu/g of herbage)
علوفه تازه سیلاژها	6.51	0.048	7.02	6.04	5.83
در لوله‌های پلی‌اتیلن polyethylene tube	3.53 ^c	7.19 ^b	7.15	1.13 ^b	0.50 ^c
کیسه‌های پلی‌اتیلن polyethylene bag	3.79 ^b	7.62 ^b	7.19	1.65 ^{ab}	1.14 ^b
کیسه‌های پلاستیکی plastic bag	4.19 ^a	9.81 ^a	7.19	1.95 ^a	3.22 ^a
اشتباه معیار میانگین SEM	0.014	0.267	0.100	0.197	0.106
سطح معنی‌داری P-value	0.001	0.001	0.880	0.046	0.001

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون در سطح آماری ۰/۰۵، با هم تفاوت معنی‌دار دارند.
^{a,b,c}: Means in each column with unlike superscript letters differ significance at $P < 0.05$. SEM: standard error of the means.

توجه به اینکه در آزمایش حاضر جمعیت کپک‌ها در سیلاژ با پوشش پلاستیکی بیشتر بود، بنابراین بخشی از این تفاوت ممکن است مربوط به فعالیت جمعیت بیشتر کپک‌ها و مخمرها و در نتیجه تجزیه بیشتر پروتئین سیلاژ باشد. به‌رحال بخشی دیگر نیز ممکن است به‌دلیل افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی در ماده خشک سیلاژ با پوشش پلاستیکی به‌دلیل اتلاف بیشتر ماده خشک سیلاژ ذکرشده در طول دوره ذخیره سیلوها که قبلاً در جدول شماره ۱ نشان داده شده است، قابل توجیه باشد.

ترکیب شیمیایی و جمعیت میکروبی سیلاژها در زمان هوازگی

نتایج اندازه‌گیری شده برخی از شاخص‌های شیمیایی و میکروبی این پژوهش در روز دوم پس از باز کردن سیلوها در جدول شماره ۳ نشان می‌دهد اثر پوشش سیلو بر شاخص‌های ماده خشک، خاکستر خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و جمعیت کپک‌ها در مقایسه با پوشش لوله‌های پلی‌اتیلن اثر معنی‌داری نداشته است؛ اما پوشش پلاستیکی در مقایسه با سایر پوشش‌ها باعث افزایش معنی‌دار pH (۳۲/۷۸ در مقابل ۳۷/۰۴ در سیلاژ با پوشش پلی‌اتیلن و ۳۲/۲۰ در سیلاژ با پوشش لوله‌های پلی‌اتیلن؛ $p=0/051$) و جمعیت مخمرها (۳/۷۰ در مقابل ۲/۷۱ در سیلاژ با پوشش پلی‌اتیلن و ۲/۲۱ در سیلاژ با پوشش لوله‌های پلی‌اتیلن؛ $p=0/020$) شده است.

در این ارتباط نتایج پژوهش‌های پیشین اشاره دارد که با افزایش شاخص pH، میکروارگانیسم‌های حساس به اسیدیته نیز فرصت رشد پیدا کرده و تکثیر خواهند شد و ترکیب جمعیتی میکروب‌ها نیز طبق شرایط جدید تغییر خواهند کرد. در این حالت شرایط فساد در سیلاژ به‌آرامی ولی به‌طور پیوسته فراهم خواهد شد (Lindgren et al., 1985). برای مثال برخی گونه‌ها که قادر خواهند بود پلی‌ساکاریدهایی مانند نشاسته و همی‌سلولز را تجزیه کنند، در این شرایط تکثیر می‌شوند و در نتیجه باعث افزایش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی شوند. در این ارتباط اشاره شده است که باسیلوس‌ها و کپک‌ها نخستین گروه از میکروارگانیسم‌هایی هستند که پس از فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی و فساد سیلاژ شروع به فعالیت می‌کنند (Pahlow et al., 2003).

نیتروژن آمونیاکی سیلاژها در کیسه‌های پلی‌اتیلن تفاوت معنی‌داری با سیلاژهای ذخیره‌شده در لوله‌های پلی‌اتیلن نداشتند، اما سیلاژهای ذخیره‌شده داخل کیسه‌های پلاستیکی با تفاوت معنی‌داری ($P=0/001$) مقدار آمونیاک را افزایش دادند (۹/۸۱ میلی گرم در دسی لیتر در مقابل ۷/۱۹).

گزارش‌های پیشین نشان می‌دهد افزایش جمعیت کپک‌ها سبب افزایش فرآیند تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه می‌شود که در نهایت به آمونیاک تبدیل خواهند شد (McDonald et al., 1991; Pahlow et al., 2003).

نتایج مشابهی توسط پارا و همکاران (Parra et al., 2021) شد. با توجه به اینکه نتایج مشابهی در سیلاژها بلافاصله پس از آمایش با سیلاژ علوفه کامل ذرت پس از ۲۴ ساعت هوازدگی با استفاده از پوشش‌های متفاوت پلاستیکی مشاهده

جدول ۳- اثر پوشش متفاوت سیلوهای آزمایشی بر شاخص‌های شیمیایی و جمعیت میکروبی (کپک‌ها و مخمرها) در سیلاژ علوفه کامل جو ۲ روز پس از باز کردن سیلو

Table3. The influence of covering methods on chemical composition and fungal population of whole crop barley silage after 2 days of aerobic exposer.

موارد	ماده خشک (درصد)	خاکستر خام (درصد ماده خشک)	اسیدیته	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	پروتئین خام (درصد ماده خشک)	کپک (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)	مخمر (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)
	Dry Matter (%)	Ash (% of DM)	pH	Neutral Detergent Fiber (% of DM)	Crude Protein (% of DM)	Mold (log10 cfu/g of herbage)	Yeast (log10 cfu/g of herbage)
در لوله‌های پلی‌اتیلن polyethylene tube	32.20 ^{ab}	7.80	3.94 ^b	60.79	8.18	1.82	2.21 ^b
کیسه‌های پلی‌اتیلن polyethylene bag	31.04 ^b	7.74	4.01 ^b	61.22	7.92	2.05	2.71 ^b
کیسه‌های پلاستیکی plastic bag	32.78 ^a	7.75	5.08 ^a	60.12	7.91	2.41	3.70 ^a
اشتباه معیار میانگین SEM	0.432	0.046	0.047	0.777	0.042	0.190	0.304
سطح معنی‌داری P-value	0.051	0.551	<.001	0.617	0.002	0.141	0.020

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون در سطح آماری ۰/۰۵، با هم تفاوت معنی‌دار دارند
^{a,b,c}: Means in each column with unlike superscript letters differ significance at P < 0.05. SEM: standard error of the means.

جدول ۴- اثر پوشش متفاوت سیلوهای آزمایشی بر شاخص‌های شیمیایی و جمعیت میکروبی (کپک‌ها و مخمرها) در سیلاژ علوفه کامل جو ۲ روز پس از باز کردن سیلو

Table 4. The Influence of covering methods on chemical composition and fungal population of whole crop barley silage after 4 days of aerobic exposer

موارد	ماده خشک (درصد)	خاکستر خام (درصد ماده خشک)	اسیدیته	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	پروتئین خام (درصد ماده خشک)	کپک (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)	مخمر (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)
	Dry Matter (%)	Ash (% of DM)	pH	Neutral Detergent Fiber (% of DM)	Crude Protein (% of DM)	Mold (log10 cfu/g of herbage)	Yeast (log10 cfu/g of herbage)
در لوله‌های پلی‌اتیلن polyethylene tube	32.21 ^{ab}	8.01 ^a	4.62 ^b	62.40 ^b	8.31 ^a	3.15 ^b	4.65
کیسه‌های پلی‌اتیلن polyethylene bag	31.80 ^b	7.63 ^b	4.70 ^b	61.15 ^b	8.00 ^b	3.55 ^b	4.60
کیسه‌های پلاستیکی plastic bag	33.09 ^a	7.91 ^a	5.64 ^a	64.92 ^a	7.93 ^b	4.58 ^a	5.40
اشتباه معیار میانگین SEM	0.376	0.051	0.034	0.565	0.034	0.263	0.393
سطح معنی‌داری P-value	0.095	0.001	<.001	0.003	<.001	0.010	0.319

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون در سطح آماری ۰/۰۵، با هم تفاوت معنی‌دار دارند
^{a,b,c}: Means in each column with unlike superscript letters differ significance at P < 0.05. SEM: standard error of the means

مخمرها مصرف می‌شود همراه است، بنابراین مقدار pH می‌تواند به‌عنوان یک شاخص برای فساد هوازی در سیلو مورد توجه قرار گیرد (McDonald et al., 1991). نتایج به‌دست‌آمده در مورد جمعیت کپک‌ها در این آزمایش با توجه به گزارش‌های قبلی با تغییرات pH همخوانی دارد و به‌نظر می‌رسد افزایش pH شرایط رشد کپک‌ها را در روزهای پس از باز کردن سیلو در سیلاژ با پوشش پلاستیکی مساعد کرده است.

درحالی‌که در روز صفر پس از باز کردن سیلوها جمعیت کپک‌ها در سیلوهای پلاستیکی تفاوت معنی‌داری با سیلوهای لوله‌های پلی‌اتیلن داشتند (جدول ۲)، اما در روز دوم پس از باز کردن سیلوها (جدول ۳)، تفاوت مشاهده‌شده هرچند از لحاظ کمی قابل‌توجه بود، ولی معنی‌دار نشد. اثر پوشش سیلو بر ترکیب شیمیایی و جمعیت میکروبی پس از باز کردن سیلو و در زمان فساد هوازی سیلو پس از ۴ روز در شرایط آزمایشگاهی در جدول ۴ نشان داده شده است.

مطالعات گذشته گزارش داده‌اند به‌دلیل اینکه افزایش در pH سیلاژ به‌طور معمول با مصرف اسیدلاکتیک که به‌وسیله

جدول ۵- اثر پوشش متفاوت سیلوهای آزمایشی بر شاخص‌های شیمیایی و جمعیت میکروبی (کپک‌ها و مخمرها) در سیلاژ علوفه کامل جو ۷ روز پس از باز کردن سیلو

Table 5. The influence of covering methods on chemical composition and fungal population of whole crop barley silage after 7 days of aerobic exposure

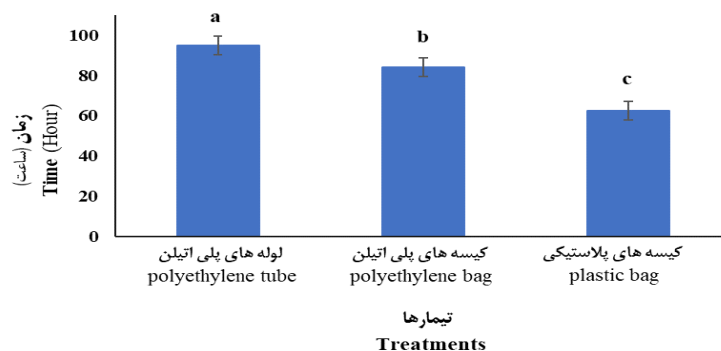
موارد	ماده خشک (درصد)	خاکستر خام (درصد ماده خشک)	اسیدیته	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)	پروتئین خام (درصد ماده خشک)	کپک (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)	مخمر (کلنی بر گرم علوفه بر مبنای لگاریتم ۱۰)
	Dry Matter (%)	Ash (% of DM)	pH	Neutral Detergent Fiber (% of DM)	Crude Protein (% of DM)	Mold (log10 cfu/g of herbage)	Yeast (log10 cfu/g of herbage)
در لوله‌های پلی اتیلن polyethylene tube	34.00	8.15	5.50 ^b	64.10 ^b	8.73 ^a	4.61 ^b	6.10 ^b
کیسه‌های پلی اتیلن polyethylene bag	33.71	8.13	5.65 ^b	64.38 ^b	8.13 ^b	4.50 ^b	6.40 ^b
کیسه‌های پلاستیکی plastic bag	35.07	8.14	6.84 ^a	68.51 ^a	8.07 ^b	5.88 ^a	7.26 ^a
اشتباه معیار میانگین SEM	0.423	0.048	0.135	0.910	0.556	0.342	0.164
سطح معنی‌داری p	0.107	0.967	<.001	0.013	<.001	0.034	0.002

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون در سطح آماری ۰/۰۵، با هم تفاوت معنی‌دار دارند. ^{a,b,c} Means in each column with unlike superscript letters differ significance at P < 0.05. SEM: standard error of the means.

نتایج مربوط به پایداری هوازی سیلاژها در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پایداری هوازی سیلاژها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند ($p=0.001$). کمترین زمان پایداری هوازی مربوط به سیلاژ با پوشش پلاستیکی (۶۲ ساعت) و بیشترین نیز مربوط به سیلاژ دارای پوشش لوله پلی اتیلن (۹۵ ساعت) بود. پاهلاو و همکاران (Pahlow et al., 2003) گزارش دادند که مخمرها می‌توانند در زمان باز کردن سیلو، در سیلاژ فعال شده و به‌سرعت تکثیر شوند. فعالیت این کپک‌ها سبب افزایش مصرف ترکیبات ارگانیک و اتلاف در ماده خشک سیلاژ می‌شود که با افزایش دمای توده سیلاژ همراه بوده و در نتیجه پایداری هوازی سیلاژ را نیز کاهش می‌دهد (Dolci et al., 2011). این یافته‌ها با نتایج گزارش‌شده توسط پژوهش‌های پیشین تایید می‌شود که اظهار داشته‌اند عایق مناسب و جلوگیری از نفوذ هوا به سیلاژ تا زمان باز کردن سیلوها سبب پایداری بیشتر سیلاژ در دوره فساد هوازی خواهد شد (Muck, 1988; Pitt, 1986). نتایج به‌دست‌آمده در مورد پایداری هوازی سیلاژها در این آزمایش با نتایج به‌دست‌آمده در خصوص pH و جمعیت میکروبی سیلاژها همخوانی دارد و داده‌های مربوطه را تایید می‌نماید.

اثر پوشش سیلو بر ترکیب شیمیایی و جمعیت میکروبی پس از باز کردن سیلو و در زمان فساد هوازی سیلو پس از ۷ روز در شرایط آزمایشگاهی در جدول ۵ نشان داده شده است. بررسی داده‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که درصد ماده خشک سیلاژها با توجه به اینکه در روز هفتم با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند اما به‌طور کلی در همه تیمارها نسبت به زمان باز شدن سیلاژها روندی افزایشی داشته است. بخشی از این افزایش ممکن است مربوط به تخمیر و بخشی نیز احتمالاً به دلیل در معرض قرار گرفتن جزئی هوا و بخار شدن رطوبت توده سیلاژ طی زمان ۷ روز است. این روند در مورد مقدار pH نیز مشاهده شده است که با توجه فعالیت میکروبی در زمان فساد هوازی قابل پیش‌بینی است. داده‌های مربوط به الیاف نامحلول در شوینده خنثی نیز نشان می‌دهد که روند تغییرات در نسبت آن افزایشی بوده است. در این ارتباط پژوهشگران پیشنهاد داده‌اند که این وضعیت احتمالاً به‌واسطه مصرف کربوهیدرات‌های محلول در توده سیلاژ توسط میکروب‌ها و به‌ویژه مخمرها روی داده است (Pahlow et al., 2003). در این آزمایش جمعیت میکروبی گزارش شده در طول زمان فساد هوازی افزایش یافته است که نتایج فوق را تایید می‌کند.

پایداری هوازی سیلاژها

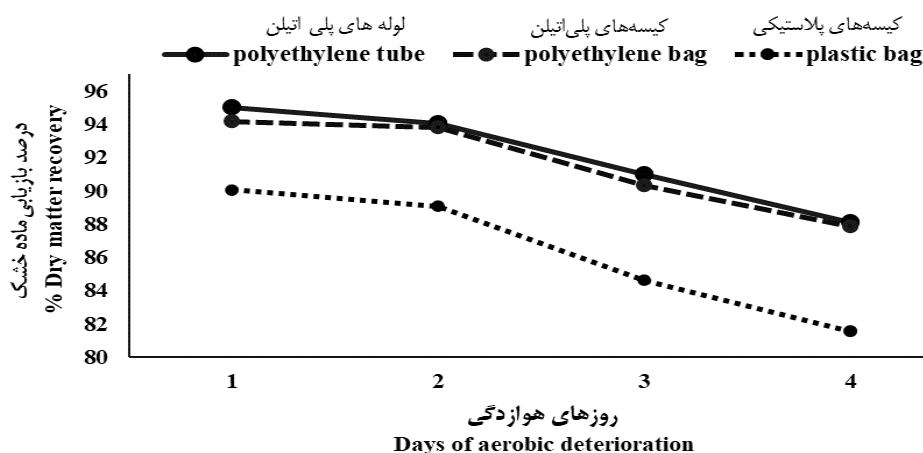


شکل ۱- اثر پوشش متفاوت سیلوهای آزمایشی بر پایداری هوازی در سیلاژ علوفه کامل جو.
Figure 1. the Influence of covering methods on aerobic stability of whole crop silage

خود با سایر تیمارها را حفظ کرده و در انتهای دوره نیز به طور معنی داری ($P=0/001$) کمتر از آنها بود. در این ارتباط پیشنهاد شده است که تکثیر بالای میکروارگانیسمها در سیلاژ به ویژه مخمرهای مصرف کننده اسیدلاکتیک اغلب باعث شروع فساد هوازی در سیلاژ می شوند (Danner et al., 2003; Pahlow et al., 2003). بنابراین شرایط موجود می تواند مصرف اسیدلاکتیک را سرعت بخشد و در نتیجه pH سیلاژ افزایش پیدا کرده و شرایط برای رشد سایر میکروارگانیسمها مساعد شود (Spoelstra et al., 1988). در آزمایش جاری طی زمان فساد هوازی در تیمارهای مورد آزمایش افزایش در محتوی pH با تکثیر سریع میکروبی همراه بود و در طی زمان فساد هوازی سیلاژها منجر به اتلاف ماده خشک سیلاژها شد که این مقدار برای سیلاژ تولید شده در پوشش پلاستیکی بیشترین مقدار بود.

بازیابی ماده خشک سیلاژها در زمان هوازدگی

نتایج مربوط به بازیابی ماده خشک تیمارها در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. درحالی که بازیابی ماده خشک سیلاژ عایق شده با کیسه های پلی اتیلن تفاوت معنی داری با سیلاژ ذخیره شده در لوله های پلی اتیلن ندارد، بازیابی سیلاژ عایق شده با پلاستیک در روز صفر به طور معنی داری ($P=0/001$) کمتر از بقیه تیمارها است. داده های به دست آمده در این آزمایش در مورد کاهش بازیابی مقدار ماده خشک سیلاژ با نتایج دولسی و همکاران (Dolci et al., 2011) که با استفاده از پوشش پلاستیکی سنتی در مقابل پوشش پلاستیکی محافظ در برابر نفوذ اکسیژن در سیلوهای آزمایشگاهی گزارش دادند، همخوانی داشت. درحالی که بازیابی ماده خشک تیمارها در طول دوره آزمایش فساد هوازی و طی زمان ۷ روز پس از باز کردن سیلوها در روندی کلی رو به کاهش بود، سیلاژهای با پوشش پلاستیکی تفاوت



شکل ۲- اثر پوشش متفاوت سیلوهای آزمایشی بر بازیابی ماده خشک در سیلاژ علفه کامل جو پس از باز کردن سیلو
Figure 2. the Influence of covering methods on dry matter recovery of whole crop silage.

همچنین در زمان مصرف آن (باز بودن سیلو) عملکرد بهتری داشت. با توجه به نتایج به دست آمده در آزمایش انتخاب پوشش مناسب برای سیلو کردن بست های کوچک علفه با جلوگیری کاهش کیفیت شیمیایی و میکروبی و همچنین جلوگیری از اتلاف ماده خشک می تواند شرایط مطلوب برای حفظ کیفیت سیلاژ را مهیا کند و از لحاظ اقتصادی نیز مورد توجه قرار گیرد.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

نتیجه گیری کلی

پایداری هوازی سیلوها در سیلاژ تولید شده در کیسه های پلاستیکی به طور معنی داری کمتر از سیلاژهای دیگر بود و بازیابی ماده خشک آن نیز پس از باز کردن سیلوها و پس از آن به مدت ۷ روز پس از هوازدگی نیز نسبت به سایر سیلاژها کمتر بود. همچنین نتایج شمارش کلنی های مخمر و کپک نشان داد که جمعیت مخمرها پس از باز کردن سیلو و در زمان هوازدگی به طور کلی در سیلاژ تولید شده در کیسه های پلاستیکی بیشتر بوده است. با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش پوشش پلی اتیلن با حفظ بهتر کیفیت سیلاژ از نظر شاخص های شیمیایی و میکروبی در زمان ذخیره و

منابع

- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis (17th edition), Association of official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
- Bernardes, T. F., Nussio, L. G., & do Amaral, R. C. (2012). Top spoilage losses in maize silage sealed with plastic films with different permeabilities to oxygen. *Grass and Forage Science*, 67(1), 34-42. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00823.x>

- Borreani, G., Tabacco, E., & Cavallarin, L. (2007). A New Oxygen Barrier Film Reduces Aerobic Deterioration in Farm-Scale Corn Silage. *Journal of Dairy Science*, 90(10), 4701-4706. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0310>
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952-3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Cavallarin, L., Tabacco, E., Antoniazzi, S., & Borreani, G. (2011). Aflatoxin accumulation in whole crop maize silage as a result of aerobic exposure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(13), 2419-2425. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4481>
- Danner, H., Holzer, M., Mayrhuber, E., & Braun, R. (2003). Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 562-567. <https://doi.org/10.1128/aem.69.1.562-567.2003>
- Dolci, P., Tabacco, E., Cocolin, L., & Borreani, G. (2011). Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(21), 7499-7507. <https://doi.org/10.1128/AEM.05050-11>
- Jonsson, A. (1991). Growth of *Clostridium tyrobutyricum* during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54(4), 557-568. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2740540407>
- Kleinschmit, D. H., & Kung, L. J. (2006). The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 3999-4004.
- Lindgren, S., Pettersson, K., Kaspersson, A., Jonsson, A., & Lingvall, P. (1985). Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36(9), 765-774. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2740360902>
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage*. Chacombe <https://books.google.com/books?id=oUcjAQAAMAAJ>
- Mills, J. A., & Kung, L., Jr. (2002). The effect of delayed ensiling and application of a propionic acid-based additive on the fermentation of barley silage. *Journal of Dairy Science*, 85(8), 1969-1975. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74273-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74273-2)
- Muck, R. E. (1988). Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, 71(11), 2992-3002. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79897-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79897-5)
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. W. H. O., & Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of Ensiling. In *Silage science and technology* (pp. 31-93). <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
- Parra, C. S., Bragatto, J. M., Piran Filho, F. A., Silva, S. M. S., Tuzzi, B. F., Jobim, C. C., & Daniel, J. L. P. (2021). Effect of sealing strategy on the feeding value of corn silage for growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 6792-6802. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19895>
- Pitt, R. E. (1986). Dry matter losses due to oxygen infiltration in silos. *Journal of agricultural engineering research*, 35(3), 193-205. [https://doi.org/10.1016/S0021-8634\(86\)80056-7](https://doi.org/10.1016/S0021-8634(86)80056-7)
- Scudamore, K. A., & Livesey, C. T. (1998). Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(1), 1-17. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199805\)77:1<1::AID-JSFA9>3.0.CO;2-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199805)77:1<1::AID-JSFA9>3.0.CO;2-4)
- Shakeri, p., Fazaeli, h., Aghashahi, A., Safaei, A., & Shakeri, A. (2022). Effects of using total mixed ration silage based on fodder corn in feeding fattening Llambs. *Research on Animal Production*, 13(36), 88-95. (In Persian). <https://doi.org/10.52547/rap.13.36.88>
- Spoelstra, S. F., Courtin, M. G., & Beers, J. A. C. V. (1988). Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. *The Journal of Agricultural Science*, 111(1), 127-132. <https://doi.org/10.1017/S0021859600082915>
- Tabacco, E., Ferrero, F., & Borreani, G. (2020). Feasibility of utilizing biodegradable plastic film to cover corn silage under farm conditions. *Applied Sciences*, 10(8), 2803. <https://doi.org/10.3390/app10082803>
- Teimoury Chamebon, A., Yanesari, A. T., Chashnidel, Y., & Sayadi, A. G. (2017). Study of chemical composition, quality and ruminal degradability parameters of silaged orange pulp with wheat straw and urea. *Research on Animal Production*, 8(15), 84-95. (In Persian). <https://doi.org/https://doi.org/doi.org/10.29252/rap.8.15.84>
- Toosi, R., BayatKouhsar, J., Vatandoost, M., & Ghanbari, F. (2021). Effect of aerobic exposure to forage before ensiling on the chemical composition, aerobic stability, and microbial population of corn silage before and after silage opening. *Animal Production Research*, 10(3), 89-99. (In Persian). <https://doi.org/10.22124/ar.2021.16149.1517>
- Van Soest, P. v., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Weinberg, Z. G., & Muck, R. E. (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage *FEMS Microbiology Reviews*, 19, 16. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1996.tb00253.x>
- Woolford, M. K. (1990). The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 68(2), 101-116. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1990.tb02554.x>