



The Effects of Bacterial Inoculants on the Fermentation, Aerobic Stability and Feed Value of Rye (*Secale cereale* L.) Silages

Serkan Uğurlu^{1,a}, Berrin Okuyucu^{1,b}, Mehmet Levent Özduven^{1,c,*}

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Namık Kemal University, 59000 Tekirdağ, Turkey

*Corresponding author

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|--|--|
| <p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 22/12/2021 Accepted : 11/03/2022</p> <p>Keywords: Rye Lactic acid bacterial inoculants Fermentation Aerobic stability Feed value</p> | <p>This study was carried out to determine the effects of lactic acid bacteria (LAB) inoculants and lactic acid bacteria+enzymes (LAB+E) inoculant on the fermentation, aerobic stability, and feed value of rye silages. Whole crop rye was harvested at dough stage. Biosil (Wuthenow, Germany), Silaprilis Pro (Timac Agro, USA) and Sil-All (Allteck, UK) were used as lactic acid bacteria and lactic acid bacteria+enzyme mixture inoculants. Inoculants were applied to silages at 6.00 log₁₀ cfu/g levels. After the treatment, alfalfa was ensiled in 1.0-L special polyethylene vacuum bags. The bags were stored at 20±2°C under the laboratory conditions. Three bags from each group were sampled for chemical and microbiological analyses 2, 4, 8 and 75th days after ensiling. At the end of the ensiling period, all silages were subjected to an aerobic stability test for 5 days. In addition, <i>in vitro</i> dry matter, and organic matter digestibility of experiment silages were determined. The results showed that lactic acid bacteria and lactic acid bacteria+enzyme mixture inoculants increased characteristics of fermentation and aerobic stability of rye silages. Lactic acid bacteria+enzyme mixture inoculants decreased neutral detergent fiber, acid detergent fiber and celluloses content in the silages. Lactic acid bacteria+enzyme mixture inoculants increased <i>in vitro</i> dry matter digestibility, organic matter digestibility and metaboze energy of rye silages. Therefore, lactic acid bacteria and lactic acid bacteria+enzyme mixture inoculants might improve the fermentation properties and feed values of rye silages harvested at dough stage.</p> |

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(3): 426-433, 2022

Bakteriyel İnokulantların Çavdar (*Secale cereale* L.) Hasılı Silajlarında Fermantasyon, Aerobik Stabilite ve Yem Değeri Üzerine Etkileri

| MAKALE BİLGİSİ | ÖZ |
|--|---|
| <p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 22/12/2021 Kabul : 11/03/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Çavdar Laktik asit bakteri inokulantı Fermantasyon Aerobik stabilite Yem değeri</p> | <p>Bu çalışma laktik asit bakterileri ve laktik asit bakterileri+enzim karışımı inokulantlarının, çavdar hasılı silajlarının fermantasyon, aerobik stabilite, hücre duvarı kapsamı ve yem değeri üzerindeki etkilerinin saptanması amacı ile düzenlenmiştir. Çavdar hasılı hamur olum döneminde hasat edilmiştir. Laktik asit bakteri inokulantı olarak Biosil (Wuthenow, Germany), laktik asit bakterileri+enzim karışımı inokulantlar olarak Silaprilis Pro (Timac Agro, USA) ve Sil-All (Allteck, UK) kullanılmıştır. İnokulantlar silajlara 6,00 log₁₀ koloni form ünite/g düzeyinde ilave edilmiştir. Uygulamadan sonra, 25×35 cm boyutunda ve oksijen geçirgenliği 1,13 cc/mm² gün olan polietilen torbalara vakum makinasıyla silolanmıştır. Paketler laboratuvar koşullarında 20±2°C sıcaklıkta depolanmışlardır. Silolamadan sonraki 2, 4, 8 ve 75. günlerde her gruptan 3'er torba açılarak silajlarda kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Silolama döneminin sonunda açılan tüm silajlara 5 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulanmıştır. Ayrıca araştırma silajlarının <i>in vitro</i> kuru madde ve organik madde sindirilebilirliği saptanmıştır. Sonuç olarak laktik asit bakterileri ve laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulantlar çavdar silajlarının fermantasyon özelliklerini ve aerobik stabilitelerini arttırmıştır. Ayrıca laktik asit bakteri+enzim inokulantları silajların nötral deterjanda çözünmeyen lif, asit deterjanda çözünmeyen lif ve selüloz kapsamını düşürürken, <i>in vitro</i> kuru madde sindirilebilirliği, organik madde sindirilebilirliği ve metabolik enerjisini artırmıştır. Bu nedenle, laktik asit bakterileri ve laktik asit bakterileri+enzim karışımı inokulantları, hamur aşamasında hasat edilen çavdar silajlarının fermantasyon özellikleri ve yem değerini iyileştirebilir.</p> |

^a ugurlu.s@hotmail.com
^c lozduven@nku.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-5144-8479>
^d <http://orcid.org/0000-0002-8951-8054>

^e berrinokuyucu25@hotmail.com

^f <http://orcid.org/0000-0001-8322-5050>



Giriş

Çavdar (*Secale cereale* L.), serin iklim tahılları içerisinde ekim alanı bakımından dünyada buğday, arpa ve yulaftan sonra dördüncü, Türkiye’de ise buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Ülkemizde çavdarın yeşil ot olarak kullanımı oldukça sınırlıdır. Soğuga, kışa, kurağa ve hastalıklara diğer tahıllardan (buğday, tritikale, yulaf vb) daha dayanıklıdır (Kim ve ark., 1986, Bruckner ve Reymer 1990). Çavdar, kumlu topraklarda veya kurak bölgelerde iyi bir nem kullanma avantajına sahiptir ve özellikle mısır ekimini desteklemeyen iklim bölgelerinde kuru ot veya silaj için yaygın bir şekilde üretimi yapılmaktadır (Çeri ve Acar 2019). Çavdar bitkisinin yem değerini etkileyen en önemli etken hasat zamanıdır. Kaba yem olarak hasat edilen ürünün değerini üretilen kuru madde (KM) ve sindirilebilir besin madde miktarı belirlemektedir. Başaklanma ve süt olum dönemlerinde hasat edilen çavdarın yem değeri oldukça yüksek olmakla birlikte birim alana alınabilecek KM üretimi genellikle çok azdır (Kim ve ark., 2001). Hamur olum aşamasında hasat edilmesi çavdarın KM verimini artırmaktadır (Lee ve ark., 2004). Ancak, suda çözünabilir karbonhidrat (SÇK) içeriğinin azalması ve artan lignin oranı nedeniyle silaj fermentasyon kalitesi ile besin madde sindirilebilirliği azalmaktadır (Kim ve ark. 2001, Filya 2004, Kim ve ark., 2017b, Lee ve ark., 2018).

Silaj yapımında hızlı ve etkili bir fermentasyon sağlamak amacıyla laktik asit üreten *Lactobacillus*, *Streptococcus* veya *Pediococcus* bakterisi türlerini içeren laktik asit bakterileri (LAB) silaj katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (McDonald ve ark., 1991). Nitekim Dalié ve ark. (2010) ile Kim ve ark. (2017a) hamur olum aşamasında hasat edilen çavdar hasıllarına LAB ilavesinin silaj fermentasyon özelliklerini iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Hücre duvarını ve nişastayı parçalayıcı enzimlerin LAB ile birlikte kullanılması, silajlarda LAB faaliyeti için ilave bir substrat açığa çıkararak silaj fermentasyonunu geliştirirken (Meeske ve ark., 1993, Weinberg ve ark. 1993), silajların nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) içeriklerini düşürmekte (Nadeau ve ark., 2000, Filya 2002, Yu ve ark., 2011, Li ve ark., 2014, He ve ark., 2018), besin madde sindirilebilirliğini arttırmaktadır (Weinberg ve ark., 2007, Lynch ve ark., 2014, Adesogan ve ark., 2014, Li ve ark., 2019a).

Bu çalışma, çavdar hasıllarına LAB ve LAB+E inokulantları ilavesinin fermentasyon özellikleri, aerobik stabilite ve yem değeri üzerindeki etkilerinin saptanması amacı ile yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada silaj ana materyali olarak Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen çavdar (*Secale cereale* L.) hasılları kullanılmıştır. Çavdar bitkisi hamur olum döneminde hasat edilmiş, silaj makinesinde yaklaşık 2,0 cm boyutlarında parçalanmış ve homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra silolama öncesi analizleri için örnek alınmıştır.

Silajlarda Kullanılan Katkı Maddesi

- İnokulant A, Biosil (Wuthenow, Germany): Üretici firmanın bildirdiğine göre, biyolojik kompozisyonunda *Lactobacillus plantarum* DSM

8862 ve *Lactobacillus plantarum* DSM 8866 bakterilerini içermektedir.

- İnokulant B, Silaprilis Pro (Timac Agro, USA): Üretici firmanın bildirdiğine göre, biyolojik kompozisyonunda *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Propionibacteria acidipropionici* bakterileri ile birlikte ksilanaz ve β -glukanaz enzimi içermektedir.
- İnokulant C, Sil-All (Allteck, UK): Biyolojik kompozisyonunda *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Propionibacteria acidipropionici* bakterileri ile birlikte ksilanaz, β -glukanaz, selülaz ve amilaz enzimi içermektedir.

Katkı Maddesinin Kullanım Şekli

10 kg parçalanmış taze materyal 1x4 m temiz bir alana yayılmıştır. Katkı maddeleri tartılarak üzerine 20 ml çeşme suyu konulmuş ve iyice karışması sağlandıktan sonra taze materyal üzerine homojen bir şekilde püskürtülmüştür

1. grup, kontrol grubu (Kontrol)
2. grupta, İnokulant A’dan 33 mg (LAB)
3. grupta, İnokulant B’den 78 mg (LAB+E I)
4. grupta ise İnokulant C’den 50 mg (LAB+E II) çavdar hasıllarına ilave edilmiştir.

Böylelikle her üç inokulanta çavdar hasıllarına 6.0 log₁₀ kob/g düzeyinde uygulanmıştır. Parçalanmış materyaller 200x250 mm boyutlarında ve oksijen geçirgenliği 1,13 cc/m² gün değerine sahip torbalara koyularak laboratuvar tipi CAS CVP 260 PD marka vakum makinesinde 3'er paralel olarak silolanmıştır. Araştırmada her grup için (kontrol, LAB, LAB+E I ve LAB+E II) 12' şer torba olmak üzere toplam 48 torbaya silolama yapılmıştır. Torbalar laboratuvar ortamında 20±2°C sıcaklıkta tutulmuşlardır. Her gruptan 3'er torba, silolandıktan sonraki 2, 4, 8 ve 75. günlerde açılarak kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Yetmişbeşinci gün açılan son dönem silajlarda 5 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulanmış ve söz konusu silajların enzimde *in vitro* kuru madde sindirilebilirliği (KMS) ve organik madde sindirilebilirlikleri (OMS) de saptanmıştır.

Taze ve silolanmış çavdar hasıllarının ham besin maddeleri içerikleri Weende Analiz Sistemine göre saptanmıştır (Akyıldız 1984). Taze materyal ve silajlardan 25 g örnek bir behere alınıp 100 ml distile su katılarak blenderde 5 dakika süre ile parçalandıktan sonra elde edilen süzüğün pH değerini ölçmek için dijital pH metre (WTW İmolab) kullanılmıştır (Akyıldız 1984). Silajlarda NH₃-N tayini Anonim (1986)'ın bildirdiği mikro distilasyon metoduna göre yapılmıştır. Taze materyal ve silaj örneklerinde SÇK içeriği Anonim (1986) tarafından bildirilen antron-tiöüre yöntemi ile spektrofotometre (Shimadzu UV-1201, Kyoto, Japan) cihazında saptanmıştır. Silajların LA (Koç ve Coşkuntuna 2003) içerikleri spektrofotometre’de, asetik asit (AA), propiyonik asit (PA) ve bütirik asit (BA) (Supelco 1998) içerikleri ise gaz kromatografisi cihazında tespit edilmiştir. Silajların *lactobacilli* sayıları MRS agar, maya ve küf sayıları da malt ekstrat agar kullanılarak 30°C sıcaklıkta 3 günlük inkübasyon dönemi sonucunda saptanmıştır (Seale ve ark.,

1990). NDF, ADF ve asit deterjanda çözünmeyen lignin (ADL) analizleri Goering ve Van Soest (1983) tarafından bildirilen yöntemlere göre yapılmıştır. Hemiselüloz (Hsel=NDF-ADF) ve selüloz (Sel=ADF-ADL) hesaplama yolu ile bulunmuştur. Silajların *in vitro* KMS ve OMS Naumann ve Bassler (1993) tarafından bildirilen *in vitro* enzim metoduna göre yapılmıştır. Bu amaçla pepsin enzimi (Merck, 0,7 FIP-U/g, Germany) ve *Trichoderma viride* mikroorganizmalarından elde edilmiş selüloz enzimi (Merck, Onozuka R10; Germany) kullanılmıştır.

Silolamanın 75. gününde açılan silajlara 5 gün süreyle Ashbell ve ark. (1991) tarafından geliştirilen aerobik stabilite testi uygulanmıştır. Aerobik stabilitenin 5. günündeki silaj örneklerinin pH'ları ölçülmüş ve karbondioksit (CO₂) üretimleri saptanmıştır. Ayrıca silajların içerdiği maya ve küf sayımları yapılmıştır (Seale ve ark. 1990).

Araştırmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi ve gruplar arasındaki önemli olan farklılıkların belirlenmesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testinden yararlanılmıştır (Soysal, 1998). İstatistiksel analizler, SPSS 15.0 (2007) paket programıyla gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Taze ve silolanmış çavdar hasıllarına ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Taze çavdarın KM içeriğinin 393,2 g/kg olarak belirlendiği araştırmada, fermantasyon süresince çavdar silajlarının KM içerikleri 381,7-405,4 g/kg arasında değişmiştir. Araştırmada, LAB kullanımı çavdar silajlarının fermantasyonun 8. ve 75. günlerinde KM içeriklerini artırmıştır (P<0,05). Silaj kalitesine etki eden ana faktörlerden birisi, fermantasyonun erken aşamasında ortam pH'sındaki düşüş hızıdır. Fermantasyonun ilk günlerinde pH'nın olabildiğince hızlı bir şekilde 4,2-4,0'ın altına düşmesi arzu edilir (Polat ve ark., 2005). Kaliteli bir silaj için pH değerinin 3,70-4,20 arasında olması gerektiği bildirilmektedir (Kung ve Shaver 2001). Taze çavdarın pH değerinin 5,99 olarak belirlendiği bu çalışmada, LAB inokulantları silaj pH'larını fermantasyonun 2. gününden itibaren hızla düşürmüş ve 75. günde pH değerleri kontrol, LAB, LAB+E I ve LAB+E II gruplarında sırasıyla 4,11, 4,05, 4,05 ve 3,93 olarak saptanmıştır. Araştırmadan elde edilen pH değerlerine ilişkin bulgular değerlendirildiğinde tüm silajlarının iyi kalitede olduğunu söylemek mümkündür. Genel olarak, yüksek SÇK içeriğine sahip yem bitkilerinden kolaylıkla kaliteli bir silaj yapılabilir. Zhang ve ark. (2016), fermantasyon işlemi için yaklaşık 60-70 g/kg KM SÇK içeriğinin yeterli olabileceğini bildirmektedir. Bu çalışmada kullanılan çavdarın SÇK içeriği (136 g/kg KM), LA üretmek ve *lactobacilli*'nin büyümesini teşvik etmek için yeterli olabilir. Silolanan çavdarın SÇK içerikleri fermantasyonun başından itibaren tüm dönemlerinde azalmıştır (P<0,05). Ancak bu azalma kontrol ve LAB silajlarında belirgin bir şekilde gerçekleşmiştir. Nitekim fermantasyonun 75.gününde en düşük SÇK içeriği kontrol (5,56 g/kg KM) ve LAB (5,16 g/kg KM) grubunda saptanmıştır. Silolama döneminin sonunda LAB+E II uygulanan silajlarda SÇK miktarları diğer silajlardan, LAB+E I uygulanan silajlarda ise kontrol ve LAB silajlarından daha yüksek düzeyde bulunmuştur (P<0,05). LAB+E II inokulantının içerdiği enzimler çavdarın hücre

duvarını (Çizelge 4) ve nişastayı parçalayarak açığa çıkarttığı ilave substratların fermente olması nedeniyle bir kısım SÇK kullanılmadan kaldığı düşünülmektedir. Taze çavdarın HP ve HK içerikleri sırasıyla 111,8 ve 55,5 g/kg KM olarak belirlenmiştir. Fermantasyon süresi boyunca çavdar silajlarının HP ve HK içerikleri sırasıyla 104,14-131,97 g/kg KM ve 54,51-70,56 g/kg KM arasında değişmiştir. Araştırmada, çavdar silajlarında LAB inokulantlarının HK üzerindeki etkileri fermantasyonun tüm dönemlerinde önemsiz bulunurken (P>0,05), HP içeriklerinde ise fermantasyonun 75. günde önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (P<0,05). Benzer konularda yapılan araştırmalarda çavdar silajlarından elde edilen HP içerikleri (66,3-106 g/kg KM) ile araştırmadan elde edilen bulguların uyum içerisinde olduğu görülmektedir (Joo ve ark., 2015, Choi ve ark., 2016, Kim ve ark., 2017a). Bitki hasadından sonra görülen en önemli aktivite proteolisis olayıdır. Bu olayda bitki bünyesindeki proteinler, proteaz enzimleri tarafından amino asit ve amonyağa parçalanmaktadır (Filya 2005). Bu nedenlerle NH₃-N oluşumu protein parçalanma düzeyini gösteren önemli bir parametredir. Araştırmada, fermantasyonun 2. gününden itibaren LAB+E silajlarında NH₃-N içeriği kontrol grubu silajlarına göre önemli düzeylerde daha düşük bulunmuştur (P<0,001). Fermantasyonun ilk günlerinden itibaren LAB inokulantları silajlarda *lactobacilli* sayısını artırdığı ve bunun sonucunda oluşan yüksek düzeydeki LA'nın silajların pH'sını hızlı bir şekilde düşürdüğü, istenmeyen mikroorganizmaların (*Clostridium* spp.) gelişimini ve bitki proteaz aktivitesini (*Clostridium* spp. silaj materyallerindeki proteinden NH₃-N üretirler) engellediği düşünülmektedir (Nadeau ve ark., 2000, Xing ve ark., 2009, Tian ve ark., 2014). McDonald (2002) kaliteli bir silajda NH₃-N içeriğinin 100 g/kg TN (toplam nitrojen) den yüksek olmaması gerektiğini bildirmektedir. Araştırmadan elde edilen bulgular, tüm silajlarının NH₃-N içerikleri bakımından iyi kalitede olduğunu ve silajlarda proteolisis gözlemlenmediğini göstermektedir. Silajların korunan HP içeriği bu bulguyu destekler niteliktedir. Silajların NH₃-N içerikleri ile ilgili olarak bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, benzer konularda yapılan araştırma sonuçları ile uyumlu bulunmuştur (Ozduven ve ark., 2010, Sucu ve Aydoğan Çifci, 2016).

Taze ve silolanmış çavdar bitkisine ait organik asitler analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Fermantasyon süresince tüm çavdar silajlarının LA içerikleri artış göstermiş ve 70,06-113,01 g/kg KM değerleri arasında değişmiştir. Fermantasyonun tüm dönemlerinde LAB ve LAB+E inokulantı kullanılan silajlarda LA miktarları kontrol silajına göre önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur (P<0,001). Silolanan materyalin bozulmaması için mutlaka ortamda LAB'nin bulunması ve bunlarında LA üretebilmesi için de yeterli miktarda SÇK bulunması gerekir (McDonald ve ark., 1991). Nitekim LAB ortamda bulunan SÇK'yı kullanarak LA üretmişler ve silaj pH'sının daha asidik olmasını sağlamışlardır. Ayrıca silajların LA içerikleri LAB grubuna kıyasla LAB+E grubunda daha yüksek tespit edilmiştir. Bu durumunda silaj üzerindeki sinerjik etkiden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Hücre duvarını ve nişastayı parçalayan enzimler, LAB için SÇK miktarını arttırarak daha fazla LA üreterek pH'ın düşmesine ve fermantasyon kalitesinin artmasına neden olmuştur (Ni ve

ark., 2017, Li ve ark., 2017 ve 2019b). Araştırmada fermantasyon süresince yapılan tüm çavdar silajlarının AA içerikleri artış göstermiş ve 1,44-7,09 g/kg KM değerleri arasında değişmiştir. Fermantasyonun ilk günlerinde (2., 4. ve 8. gün) enzim içeren LAB inokulantlarının (LAB+E I ve LAB+E II) kullanıldığı silajlarda AA içerikleri kontrol silajına göre önemli düzeyde düşük (P<0,001) bulunmuş, silolamanın 75. gününde ise söz konusu parametreyi etkilememiştir (P>0,05). Choi ve ark. (2016) çavdar haylajında AA içeriklerini kontrol ve LAB gruplarında

sırasıyla 3,2 ve 0,3-1,8 g/kg KM; Kim ve ark. (2017a) çavdar silajlarında AA içeriklerini kontrol ve LAB gruplarında sırasıyla 4,0 ve 2,1-5,9 g/kg KM; Sucu ve Aydoğan Çifci (2016) silolamanın 60. gününde açılan tritikale silajlarında AA içeriklerini kontrol ve LAB gruplarında sırasıyla 5,82 ve 2,89-3,39 g/kg KM olarak saptamışlardır. Bu çalışmadaki sonuçlara benzer şekilde, önceki çalışmada silaj inokulantı olarak uygulanan LAB'nin LA, AA ve PA içeriklerini arttırdığı ve pH'ı düşürdüğü bildirilmiştir (Lee ve ark., 2014).

Çizelge 1. Taze çavdar ve çavdar silajlarının kimyasal analiz sonuçları

Table 1. Results of chemical analysis of fresh rye and rye silages

| Gün | Uygulama | KM g/kg | pH | HK g/kg KM | HP g/kg KM | NH ₃ -N g/kg KM | SÇK g/kg KM |
|-----|----------|--------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | Taze | 393,2 | 5,99 | 55,5 | 111,8 | - | 136,6 |
| 2. | Kontrol | 396,2±4,09 | 5,37±0,35 ^a | 62,9±10,80 | 108,8±3,40 | 51,5±4,40 ^a | 122,3±2,22 ^a |
| | LAB | 391,3±5,07 | 4,39±0,06 ^b | 70,6±14,38 | 107,5±1,00 | 50,6±2,43 ^a | 98,0±4,87 ^c |
| | LAB+E I | 399,3±8,54 | 4,52±0,17 ^b | 62,4±7,01 | 104,1±2,64 | 43,1±2,41 ^b | 103,7±1,29 ^c |
| | LAB+E II | 399,4±8,69 | 4,40±0,04 ^b | 54,9±4,95 | 107,7±2,51 | 42,2±2,59 ^b | 113,7±3,51 ^b |
| | P | 0,477 | 0,001 | 0,358 | 0,209 | 0,010 | <0,001 |
| 4. | Kontrol | 390,2±7,48 | 4,76±0,05 ^a | 55,9±11,49 | 110,1±4,70 ^b | 48,9±9,29 | 80,8±2,20 ^b |
| | LAB | 387,3±4,03 | 4,18±0,04 ^{bc} | 57,6±8,54 | 115,3±4,58 ^b | 42,9±0,88 | 62,8±2,38 ^c |
| | LAB+E I | 397,9±2,95 | 4,26±0,05 ^b | 55,2±3,49 | 129,0±6,72 ^a | 35,7±1,80 | 81,1±0,70 ^b |
| | LAB+E II | 396,0±8,83 | 4,09±0,07 ^c | 54,7±4,19 | 116,8±10,10 ^{ab} | 39,8±4,02 | 87,8±3,19 ^a |
| | P | 0,215 | <0,001 | 0,963 | 0,050 | 0,070 | <0,001 |
| 8. | Kontrol | 388,9±1,89 ^b | 4,18±0,04 ^a | 56,3±7,36 | 109,6±4,92 ^b | 55,8±3,37 ^a | 12,3±1,16 ^c |
| | LAB | 386,5±4,00 ^b | 3,92±0,02 ^b | 65,0±3,10 | 115,6±0,91 ^b | 42,0±2,32 ^b | 15,5±4,40 ^c |
| | LAB+E I | 405,4±6,11 ^a | 3,91±0,02 ^b | 54,8±6,40 | 128,3±4,04 ^a | 41,10±2,64 ^b | 23,8±3,53 ^b |
| | LAB+E II | 400,5±4,06 ^a | 3,90±0,01 ^b | 57,6±7,20 | 118,7±7,40 ^b | 41,6±0,86 ^b | 32,1±5,22 ^a |
| | P | 0,002 | <0,001 | 0,272 | 0,010 | <0,001 | 0,001 |
| 75. | Kontrol | 381,7±4,42 ^b | 4,11±0,01 ^a | 57,6±4,24 | 118,6±2,63 ^c | 58,2±6,95 ^a | 5,6±0,73 ^c |
| | LAB | 392,0±9,37 ^{ab} | 4,05±0,05 ^b | 61,1±5,05 | 125,4±0,88 ^b | 54,7±4,61 ^a | 5,2±0,35 ^c |
| | LAB+E I | 394,1±7,03 ^{ab} | 4,05±0,06 ^b | 54,5±2,99 | 132,0±4,73 ^a | 38,2±3,26 ^b | 9,5±0,26 ^b |
| | LAB+E II | 402,6±4,55 ^a | 3,93±0,02 ^b | 56,2±3,17 | 130,2±3,64 ^{ab} | 38,6±1,29 ^b | 25,7±3,76 ^a |
| | P | 0,031 | 0,003 | 0,287 | 0,004 | 0,001 | <0,001 |

LAB: laktik asit bakterisi inokulantı; LAB+E: laktik asit bakterisi+enzim karışımı inokulant. KM: Kuru madde, HK: Ham kül, HP: Ham protein, NH₃-N: Amonyak azotu, SÇK: Suda çözülebilir karbonhidrat. ^{a-c}Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir (P<0,05).

Çizelge 2. Taze çavdar ve çavdar silajlarının organik asit analiz sonuçları

Table 2. Results of organic acid analysis of fresh rye and rye silages

| Gün | Uygulama | LA | AA | PA | BA |
|-----|----------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Taze | 8,3 | 0 | 0 | 0 |
| 2. | Kontrol | 70,06±2,64 ^b | 4,99±0,07 ^a | 1,83±0,00 ^c | 0,57±0,01 ^a |
| | LAB | 74,13±2,07 ^b | 4,99±0,11 ^a | 0,60±0,03 ^d | 0,00±0,00 ^b |
| | LAB+E I | 80,57±1,53 ^a | 3,95±0,10 ^b | 4,28±0,15 ^b | 0,00±0,00 ^b |
| | LAB+E II | 83,42±4,05 ^a | 1,44±0,03 ^c | 9,40±0,19 ^a | 0,00±0,00 ^b |
| | P | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 4. | Kontrol | 76,72±10,54 ^b | 5,64±0,05 ^a | 2,94±0,11 ^a | 0,33±0,01 ^a |
| | LAB | 96,35±5,19 ^a | 4,37±0,11 ^b | 0,10±0,01 ^d | 0,07±0,00 ^b |
| | LAB+E I | 95,94±3,42 ^a | 3,54±0,03 ^c | 1,69±0,07 ^c | 0,02±0,00 ^c |
| | LAB+E II | 97,45±3,44 ^a | 1,85±0,02 ^d | 2,80±0,03 ^b | 0,06±0,00 ^b |
| | P | 0,011 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 8. | Kontrol | 87,95±3,55 ^c | 6,21±0,04 ^a | 0,99±0,02 ^d | 0,06±0,00 ^a |
| | LAB | 99,05±8,69 ^{bc} | 4,61±0,07 ^b | 1,60±0,01 ^c | 0,02±0,00 ^d |
| | LAB+E I | 103,12±6,92 ^{ab} | 4,17±0,09 ^c | 9,93±0,15 ^a | 0,04±0,01 ^c |
| | LAB+E II | 113,01±4,97 ^a | 4,59±0,05 ^b | 6,14±0,06 ^b | 0,05±0,01 ^b |
| | P | 0,008 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 75. | Kontrol | 94,01±1,43 ^b | 6,95±1,90 | 4,15±3,43 | 0,03±0,02 |
| | LAB | 99,66±2,19 ^{ab} | 4,64±1,06 | 3,23±1,24 | 0,02±0,02 |
| | LAB+E I | 101,89±3,77 ^a | 7,09±3,02 | 6,98±2,63 | 0,05±0,01 |
| | LAB+E II | 102,88±5,31 ^a | 7,00±2,13 | 2,61±1,83 | 0,02±0,02 |
| | P | 0,050 | 0,472 | 0,209 | 0,140 |

KM: kuru madde; LAB: laktik asit bakterisi inokulantı; LAB+E: laktik asit bakterisi+enzim karışımı inokulant. LA: Laktik asit, AA: Asetik asit, PA: Propiyonik asit, BA: Bütirik asit, Aynı sütunda belirtilen günlerde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir, P<0,05.

Çizelge 3. Taze çavdar ve çavdar silajlarının mikrobiyolojik analiz sonuçları

Table 3. Results of microbiology analysis of fresh rye and rye silages

| Gün | Uygulama | Lactobacilli, kob/g KM | Maya, kob/g KM | Küf, kob/g KM |
|-----|----------|------------------------|------------------------|---------------|
| | Taze | 3,80 | 3,65 | 0,00 |
| 2. | Kontrol | 7,32±0,02 ^d | 6,21±0,01 ^a | 0,00 |
| | LAB | 8,34±0,01 ^a | 5,33±0,05 ^d | 0,00 |
| | LAB+E I | 7,90±0,03 ^c | 6,10±0,02 ^b | 0,00 |
| | LAB+E II | 7,95±0,02 ^b | 5,55±0,01 ^c | 0,00 |
| | P | <0,001 | <0,001 | |
| 4. | Kontrol | 6,95±0,06 ^d | 6,27±0,01 ^a | 0,00 |
| | LAB | 7,40±0,03 ^c | 6,18±0,01 ^b | 0,00 |
| | LAB+E I | 7,57±0,04 ^b | 5,99±0,01 ^c | 0,00 |
| | LAB+E II | 7,66±0,01 ^a | 5,63±0,02 ^d | 0,00 |
| | P | <0,001 | <0,001 | |
| 8. | Kontrol | 7,62±0,07 ^d | 6,06±0,02 ^a | 0,00 |
| | LAB | 8,04±0,02 ^a | 5,99±0,02 ^b | 0,00 |
| | LAB+E I | 7,75±0,03 ^c | 5,44±0,02 ^d | 0,00 |
| | LAB+E II | 7,91±0,04 ^b | 5,84±0,04 ^c | 0,00 |
| | P | <0,001 | <0,001 | |
| 75. | Kontrol | 4,81±0,06 ^c | 5,55±0,42 ^a | 0,00 |
| | LAB | 5,67±0,07 ^b | 4,87±0,07 ^b | 0,00 |
| | LAB+E I | 5,94±0,07 ^a | 4,83±0,19 ^b | 0,00 |
| | LAB+E II | 6,04±0,02 ^a | 3,51±0,30 ^c | 0,00 |
| | P | <0,001 | <0,001 | |

LAB: laktik asit bakteri inokulanı; LAB+E: laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulant.

Çizelge 4. Çavdar silajlarının hücre duvarı bileşenleri sonuçları

Table 4. Results of cell wall content of rye silages

| Uygulama | NDF g/kg KM | ADF g/kg KM | ADL g/kg KM | HSEL g/kg KM | SEL g/kg KM |
|----------|--------------------------|--------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------|
| Kontrol | 660,48±6,80 ^a | 384,64±1,71 ^b | 51,30±1,82 | 275,84±7,42 ^a | 333,34±3,53 ^a |
| LAB | 625,33±9,27 ^b | 397,45±8,03 ^a | 54,94±1,58 | 227,88±12,38 ^b | 342,51±9,54 ^a |
| LAB+E I | 619,87±6,58 ^b | 382,89±5,59 ^b | 50,87±3,26 | 236,98±11,49 ^b | 332,03±6,73 ^a |
| LAB+E II | 613,43±8,52 ^b | 365,06±6,59 ^c | 45,39±8,86 | 248,37±11,59 ^b | 319,66±2,96 ^b |
| P | <0,001 | 0,001 | 0,199 | 0,003 | 0,014 |

LAB, laktik asit bakteri inokulanı; LAB+E, laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulant; NDF: Nötral çözücülerde çözünmeyen lif; ADF: Asit çözücülerde çözünmeyen lif; ADL: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, Hemiselüloz: NDF-ADF; Selüloz: ADF-ADL. Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Çizelge 5. Çavdar silajların *in vitro* kuru madde ve organik madde sindirilebilirlikleri

Table 5. In vitro dry matter and organic matter digestibility of rye silages

| Uygulama | KMS, g/kg KM | OMS, g/kg KM | ME, MJ/kg KM |
|----------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Kontrol | 457,86±4,11 ^b | 451,28±7,41 ^{bc} | 7,14±0,14 ^{bc} |
| LAB | 462,42±1,97 ^b | 441,25±7,50 ^c | 6,98±0,06 ^c |
| LAB+E I | 473,59±4,45 ^a | 462,13±9,91 ^{ab} | 7,31±0,14 ^{ab} |
| LAB+E II | 476,32±5,20 ^a | 470,49±0,26 ^a | 7,37±0,05 ^a |
| P | 0,002 | 0,010 | 0,010 |

LAB: laktik asit bakteri inokulanı; LAB+E: laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulant. KMS: Kuru madde sindirilebilirliği, OMS: Organik madde sindirilebilirliği, ME: Metabolik enerji. Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Çizelge 6. Çavdar silajlarının aerobik stabilite sonuçları

Table 6. Results of aerobic stability of rye silages

| Uygulama | pH | CO ₂ , g/kg KM | Maya, log kob/g KM | Küf, log ₁₀ kob/g KM |
|----------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Kontrol | 4,56±0,06 ^a | 14,94±0,19 ^a | 6,09±0,02 ^a | 0,00 |
| LAB | 4,44±0,04 ^b | 12,30±1,31 ^b | 5,91±0,03 ^b | 0,00 |
| LAB+E I | 4,40±0,01 ^b | 9,54±0,33 ^c | 5,86±0,02 ^b | 0,00 |
| LAB+E II | 4,16±0,05 ^c | 2,97±0,27 ^d | 5,51±0,04 ^c | 0,00 |
| P | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |

KM: kuru madde; CO₂: karbondioksit; log₁₀ cfu: logaritma koloniform ünite; LAB, laktik asit bakteri inokulanı; LAB+E, laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulant. Aynı sütunda belirtilen günlerde farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir, P<0,05

Taze ve silolanmış çavdar hasıllarına ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Araştırmada LAB+E inokulant kullanımı çavdar silajlarının mikrobiyolojik yapısını önemli düzeylerde etkilemiştir ($P<0,05$). Fermantasyon süresince kontrol silajlarının *lactobacilli* sayıları bakteriyel inokulantlarla yapılan silajlardan önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,001$). Nitekim çavdar silajlarında LAB ve LAB+E inokulantının kullanımı, silolamanın ilk günlerinden itibaren LAB'nin hızla etkin hale gelmesini sağlamış ve ortamdaki SÇK'ların fermantasyonunu artırarak LA üretimini teşvik etmiştir. Kontrol silajlarına göre LAB ve LAB+E inokulantı kullanılan silajların pH'larının düşük olması *lactobacilli* gelişimleri sebebiyle LA üretiminin artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca silolamanın 75. gününde açılan silajların *lactobacilli* sayıları 2 ile 8. günler arasında açılanlara göre daha düşük bulunmuştur ($P<0,001$). Kızılışımşek ve ark. (2007)'nin çiçeklenme başlangıcı dönemlerinde hasat ettiği yonca bitkisine farklı dozlarda LAB kullandıkları çalışmalarında, kontrol ve LAB grubu silajlarında *lactobacilli* sayılarını 8,62 ve 8,65-8,91 \log_{10} kob/g KM olarak saptamışlardır. Fermantasyonun tüm dönemlerinde LAB ve LAB+E inokulantı kullanılan silajların maya sayıları kontrol silajına göre önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir ($P<0,001$). Mevcut, araştırmada fermantasyonu sırasında LAB ve LAB+E inokulantı kullanılan silajlarında sağlanan düşük pH ve yüksek LA içerikleri silaj ortamında istenmeyen maya ve küf gelişimini azalttığı söylenebilir. Fermantasyon süresinin ilerlemesine bağlı olarak tüm silajların maya sayılarında bir azalma görülmüştür ($P<0,001$). Nitekim Kızılışımşek ve ark. (2016), fermantasyon süresi ilerledikçe maya sayılarında önemli azalmalar görülebildiğini, silajın depolama evresinde mayaların varlığını sürdürmesi anaerobik şartların devamlılığına, silajın pH değerine, organik asitlerin yoğunluğuna ve maya türüne bağlı olarak değiştiğini bildirmektedirler.

Çavdar silajlarının hücre duvarı kapsamına ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Taze çavdarın NDF, ADF, ADL, HSEL ve SEL içerikleri sırasıyla 570,1, 360,4, 41,6, 209,6 ve 318,9 g/kg KM olarak saptandığı araştırmada, çavdar silajında kullanılan LAB ve LAB+E inokulantları NDF ($P<0,001$) ve HSEL ($P=0,003$) içeriklerini kontrol silajına göre önemli düzeyde azaltmıştır. Bununla birlikte, LAB+E II inokulantı çavdar silajlarının ADF ($P=0,001$) ve SEL ($P=0,014$) içeriklerini diğer silajlara göre önemli düzeyde düşürmüştür. Araştırma silajlarında görülen bu olumlu etkinin LAB+E II inokulantının içermiş olduğu selülaz enziminden kaynaklandığı söylenebilir. Diğer yandan çavdar silajlarında LAB veya LAB+E inokulantı kullanımının ADL içerikleri üzerindeki etkileri ise önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Silolamada LAB ve LAB+E ilavesi kontrol grubuna göre çavdarın hücre duvarı bileşenlerini önemli düzeyde azaltmıştır ($P<0,05$). Dolayısıyla silolama sırasında kullanılan LAB ve LAB+E inokulantları çavdarın içerdiği selüloz, hemiselüloz ve pektinler gibi hücre duvarlarının önemli bir kısmını oluşturan bileşikler parçalamışlardır. Bolsen ve ark. (1996), SÇK'ların silaj ortamındaki LAB ile birlikte bazı anaerobik bakterilerin sayılarını artırarak silajların NDF, ADF ve ham sellüloz parçalanabilirliğini hızlandırmasının

da NDF ve ADF içeriklerinde düşüşe neden olabileceğini bildirmektedirler. Benzer sonuçlar, Koç ve ark. (2008) ile Ozdöven ve Celebi Cam (2017)'nin çalışmalarında da görülmüştür.

Araştırmanın 75. gününde gerçekleştirilen açım sonrası silaj örneklerinde *in vitro* KMS, OMS ve ME değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. Kaba yemlerin sindirilebilirliği hayvansal üretimde önemli bir rol oynar. Kuru madde sindirilebilirliği ve OMS yemin fiziksel özellikleri ile lif içeriğine (düşük NDF ve ADF) bağlıdır. Bu çalışmada *in vitro* KMS, OMS ve ME değeri, LAB+E II inokulantının ilave edildiği çavdar silajlarında kontrol ve LAB grubuna göre önemli düzeyde yüksek, LAB+E I grubuyla ise benzer bulunmuştur ($P<0,01$; Çizelge 5). Buradaki olumlu etki LAB+E II inokulantının enzim bileşiminden kaynaklanabilir. Söz konusu inokulant LAB+E I (ksilanaz ve β -glukanaz) inokulantından farklı olarak hem amilaz hem de selülaz enzimlerini de içermektedir. Bu enzimlerin sinerjik etkileri muhtemelen silajın *in vitro* OMS'ni arttırdığı düşünülmektedir. Emile ve ark. (2007), geç süt olum-erken hamur olum döneminde hasat ettikleri çavdarda silolamanın 48. gününde açılan silajların *in vitro* KMS ve OMS içeriklerini ise sırasıyla %41,1 ve 54,7 olarak saptamışlardır. Choi ve ark. (2016) çavdar haylalajlarında LAB inokulantı kullanımı ile *in vitro* KMS önemli düzeyde etkilendiğini bildirmektedirler. Kim ve ark. (2017a) çavdar silajlarında KMS'nin kontrol grubu silajlarına göre homofermantatif ve/veya heterofermantatif LAB ilave edilen silajlarda daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Silolama döneminin sonunda (75. gün) açılan çavdar silajlarına ait 5 günlük aerobik stabilite testi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Yemlemede kullanılmak üzere açılan silajların içerisine sınırsız bir oksijen girişi olmaktadır. İyi fermente olan silajlarda dahil olmak üzere tüm silajlarda bu şekilde bir hava girişi bir miktar besin maddeleri kayıplarına yol açmaktadır. Aerobik stabilite döneminde silajların pH değerleri, CO₂ üretimleri ile maya ve küf sayıları bunun en iyi göstergesidir. Silajların açıldığı ve havanın oksijeni ile karşı karşıya kaldığı bu dönemde silajların pH'ları, maya ve küf sayıları ile birlikte CO₂ üretimleri ne derece yüksek ise silajlar o kadar çabuk bozulacak demektir (Filya 2005, Çayiroğlu ve ark., 2016). Çavdar silajlarının aerobik stabilite testleri, LAB inokulantlarından önemli düzeylerde etkilemişlerdir. Başlangıç pH değerini 0,5 oranında aşan pH değeri aerobik bozulmayı göstermektedir (Yuan ve ark., 2015). Beş gün boyunca doğrudan havanın oksijenine maruz bırakılan silajların tümünde pH değerleri bir miktar yükseliş görülmüştür. Kontrol silajının pH değerindeki artış 0,45 olurken, LAB inokulantı uygulanan silajlar da pH değerleri 0,23-0,39 arasında artış göstermiştir. Kontrol silajlarının pH değerleri diğer silajlara göre önemli düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Nitekim en yüksek CO₂ üretimi ve maya sayıları kontrol silajında tespit edilmiştir ($P<0,001$). Silajlarda yüksek seviyelerdeki mayalar ve küfler (>5 kob/g), aerobik bozulmanın başlıca sorumlusu olup, katkı maddelerinden bağımsız olarak artan maya seviyeleri silajın aerobik stabilitesini azaltmaktadır (Tabacco ve ark., 2011). Nitekim 75. günde açılan silajlarda maya sayıları sadece kontrol grubu silajlarında >6 kob/g KM üzerinde tespit edilmiş olup, kontrol grubundaki bozulma LAB ve LAB+E grubu silajlarına göre daha yüksek olmuştur.

Bilgi

Bu makale Serkan Uğurlu'nun yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Sonuç

Bu araştırma, LAB ve LAB+E inokulantlarının çavdar hasılı silajlarında kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri, aerobik stabilite, hücre duvarı içerikleri ve *in vitro* OM sindirilebilirlikleri açısından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak çavdar hasılımının silolanması sırasında kullanılan LAB ve LAB+E karışımı inokulantlar, silajlarda LA üretimini teşvik etmişlerdir. Bunun sonucunda silajların pH'sı düşmüş, istenmeyen mikroorganizmaların gelişimi baskılanmıştır. Diğer taraftan silajlara ilave edilen katkı maddeleri, AA ve NH₃-N içeriklerini de önemli düzeylerde düşürerek silajların kalitesini arttırmışlardır. Söz konusu inokulantlar silajların aerobik stabilitelelerini de arttırmışlardır. Diğer yandan LAB+E inokulantları silajların NDF ve ADF içeriklerini azaltırlarken, *in vitro* OMS ve ME değerini arttırmışlardır. Nitekim hamur olum döneminde hasat edilen çavdar silajlarının fermantasyon özellikleri ile yem değerlerini iyileştirmek amacıyla LAB ve LAB+E inokulantının kullanılabileceği söylenebilir.

Kaynaklar

Adesogan AT, Ma ZX, Romero JJ, Arriola KG. 2014. Ruminant Nutrition Symposium: Improving cell wall digestion and animal performance with fibrolytic enzymes. *Journal of Animal Science*, 92:1317-30. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7273>

Akyıldız R. 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Klavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:859, 236, Ankara.

Anonim 1986. The Analysis of Agricultural Material, Reference Book: 427, 428 p, London.

Ashbell G, Weinberg ZG, Azrieli A, Hen Y, Horev B. 1991. A simple system to study the aerobic deterioration of silages. *Canadian Agricultural Engineering*, 33: 391-393.

Bolsen KK, Ashbell G, Weinberg ZG. 1996. Silage fermentation and silage additives. *American Junior Academy of Science*, 9 (5): 483-493.

Bruckner PL, Reymer PL. 1990. Factors influencing species and cultivar choice of small grains for winter forage. *Journal of Production Agriculture*, 3: 349-55.

Choi KC, Soundarranjan I, Srisesharam S, Park HS, Kim JH, Jung JS, Kim HS. 2016. Potential effects of novel lactic acid bacteria on fermentation quality of rye haylage. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 36: 23-28.

Çayroğlu H, Coşkun İ, Şahin A, 2016. Silajın Aerobik Stabilitelerini Etkileyen Faktörler ve İyileştirme Stratejileri. *Alınteri*, 31(B): 91-97.

Çeri S, Acar R. 2019. Serin İklim Tahıllarının Hayvan Beslemede Yeşil ve Kuru Ot Olarak Kullanımı. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi Journal of Bahri Dagdas Crop Research*, 8 (1): 178-194, 2019 ISSN: 2148-3205,

Dalié DKD, Deschamps AM, Richard-Forget F. 2010. Lactic acid bacteria-potential for control of mould growth and mycotoxins: a review. *Food Control*, 21:370-80. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.07.011>

Emile JC, Jobim CC, Surault F, Barriere Y. 2007. Genetic variations in the digestibility in sheep of selected whole-crop cereals used as silages. *Animal*, 1(8): 1122-1125.

Filya İ. 2002. Laktik asit bakteri ve laktik asit bakteri+enzim karışımı silaj inokulantlarının mısır silajı üzerine etkileri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26: 679-687.

Filya İ. 2004. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Animal Feed Science Technology*, 116:141-50. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.06.003>

Filya İ. 2005. Silaj yapımı, teknolojisi ve kullanımı. Süttaş. Hayvancılık Serisi: 2. Bursa.

Goering HK, Van Soest PJ. 1983. Forage Fiber Analyses. *Agricultural Handbook*, No 379, Washington.

He L, Zhou W, Wang Y, Wang C, Chen X, Zhang Q. 2018 Effect of applying lactic acid bacteria and cellulase on the fermentation quality, nutritive value, tannins profile and *in vitro* digestibility of *Neolamarckia cadamba* leaves silage. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102:1429-1436.

Joo YH, Lee SS, Kim DH, Lee HJ, Amanullah SM, Han OK, Kim SC. 2015. Effect of bacterial additives on fermentation quality and aerobic stability of rye silage harvested at dough stage. *Journal of Animal Science*, 93: Suppl. s3/ *Journal of Dairy Science*, 98: Suppl. 2.

Kızılsimşek M, Schmidt RJ, Kung LJr. 2007. Effects of a mixture of lactic acid bacteria applied as a freeze-dried or fresh culture on the fermentation of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, 90(12): 5698-5705

Kızılsimşek M, Erol A, Ertekin İ, Dönmez R, Katrancı B 2016. Silaj Mikro Florasının Birbirleri ile İlişkileri, Silaj Fermentasyonu ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 19(2):136-140.

Kim DA, Sung KI, Kwon CH. 1986. Effects of sowing time and seeding rate on growth characteristics, winter survival and dry matter yield of forage rye. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 6: 164-168.

Kim DH, Lee SS, Paradipta DHV, Joo YH, Lee HJ, Kwak YS, Han OK, Kim SC. 2017a. Effect of homo or heterofermentative inoculants on fermentation characteristics and aerobic stability of rye silage. *Journal of Agriculture and Life Science*, 51(5): 81-89.

Kim HS, Han OK, Kim SC, Kim MJ, Kwak YS. 2017b. Screening and investigation *Lactobacillus* spp. to improve *Secale cereale* silage quality. *Animal Science Journal*, 88:1538-46. <https://doi.org/10.1111/asj.12781>

Kim JG, Chung ES, Seo S, Ham JS, Kang WS, Kim DA. 2001. Effects of maturity at harvest and wilting days on quality of round baled rye silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14: 1233-1237.

Koç F, Coskuntuna L. 2003. Silo yemlerinde organik asit belirlemedeki farklı metodun karşılaştırılması. *Journal of Animal Production*, 44(2): 37-47.

Koç F, Coşkuntuna L, Ozduven ML. 2008. The effect of bacteria-enzyme mixture silage inoculant on the fermentation characteristic, cell wall contents and aerobic stabilities of maize silage. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(2): 222-226.

Kung LJr, Shaver RD. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on Forage*, 3(13):1-5, University of Wisconsin.

Lee BS, Kim JD, Kwon CH, Chung KW. 2004. Effect of variety and harvest date on the forage production and quality in winter rye. *Animal Feed Science Technology*, 46:227-34. <https://doi.org/10.5187/JAST.2004.46.2.227>

Lee HI, Choi YJ, Mamud L, Kim EJ, Oh YK, Park KK, Lee SS 2014. Effect of heterofermentative lactic acid bacteria on the quality of Italian ryegrass and whole-crop barley silage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 34: 269-276.

Lee SS, Paradipta DHV, Joo YH, Lee HJ, Kwak YS, Han OK, Kim SC. 2018. Effects of selected inoculants on chemical compositions and fermentation indices of rye silage harvested at dough stage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 38(2): 99-105.

Li M, Zi X, Zhou H, Hou G, Cai Y. 2014. Effects of sucrose, glucose, molasses and cellulase on fermentation quality and *in vitro* gas production of king grass silage. *Animal Feed Science Technology*, 197:206-212.

- Li M, Zhou H, Pan X, Xu T, Zhang Z, Zi X, Jiang Y. 2017. Cassava foliage affects the microbial diversity of Chinese indigenous geese caecum using 16S rRNA sequencing. *Scientific Reports*, 7: 45697
- Li M, Zi X, Zhou H, Lv R, Tang J, Cai Y. 2019a. Silage fermentation and ruminal degradation of cassava foliage prepared with microbial additive. *AMB Express* 9:180.
- Li P, Zhang Y, Gou W, Cheng Q, Bai S, Cai Y. 2019b. Silage fermentation and bacterial community of bur clover, annual ryegrass and their mixtures prepared with microbial inoculant and chemical additive. *Animal Feed Science Technology*, 247:285–293.
- Lynch JP, Prema D, Van Hamme JD, Church JS, Beauchemin KA. 2014. Fiber degradability, chemical composition and conservation characteristics of alfalfa haylage ensiled with exogenous fibrolytic enzymes and a ferulic acid esterase-producing inoculant. *Canadian Journal of Animal Science*, 94:697-704. <https://doi.org/10.4141/cjas-2014-086>
- McDonald P, Henderson AR, Heron SJE. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Second Edition. 340 p., Chalcombe Publication, Marlow, England.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD. 2002. *Animal Nutrition*. 6th Edition. Longman, London and New York. 543 p.
- Meeske R, Ashbell G, Weinberg ZG, Kipnis T. 1993. Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. *Animal Feed Science Technology*, 43: 165-175.
- Nadeau EMG, Russell JR, Buxton DR. 2000. Intake, digestibility, and composition of orchardgrass and alfalfa silages treated with cellulase, inoculant, and formic acid fed to lambs. *Journal of Animal Science*, 78:2980-2989.
- Naumann C, Bassler R. 1993. *Die chemische untersuchung von futtermitteln*. VDLUFA-Methodenbuch, Band III. 3. Erg., Verlag Naumann, Melsungen.
- Ni K, Wang F, Zhu B, Yang J, Zhou G, Pan Y, Tao Y, Zhong J. 2017. Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on the microbial community and fermentation quality of soybean silage. *Bioresour Technology*, 238:706–715.
- Ozduven ML, Kursun Onal Z, Koc F. 2010. The effects of bacterial inoculants and/or enzymes on the fermentation, aerobic stability and *in vitro* dry and organic matter digestibility characteristics of triticale silages. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 6(5): 751-756.
- Ozduven ML, Celebi Cam A. 2017. The effects of bacterial inoculants and/or enzymes on the fermentation characteristics and aerobic stability of alfalfa ensiled at different stages of maturity. *International Journal of Current Research*, 9 (02):45983-45988.
- Polat C, Koç F, Özdiven ML. 2005. Mısır silajlarında laktik asit bakterileri ve laktik asit bakteri + enzim karışımı inokulantların fermantasyon ve toklularda ham besin maddelerinin sindirilme dereceleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1): 13-22.
- Seale DR, Pahlow G, Spoelstra SF, Lindgren S, Dellaglio F, Lowe JF. 1990. *Methods for the microbiological analysis of silage*. Proceeding of The Eurobac Conference, 147. Uppsala.
- Soysal Mİ. 1998. *Biyometrinin Prensipleri (İstatistik I ve II Ders Notları)*, Yayın No:95, Ders Kitabı No:64, T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi, s.331, Tekirdağ.
- SPSS, 2007. *SPSS 15 for Windows*. SPSS Inc.
- Sucu E, Aydoğan Çifci E. 2016. Effects of lines and inoculants on nutritive value and production costs of triticale silages. *R Bras Zootec*, 45(7): 355-364.
- Supelco 1998. *Analyzing fatty acids by packed column gas chromatography*. Bulletin 856B. Sigma Aldrich, St. Louis, MO.
- Tabacco E, Piano S, Revello-Chion A, Borreani G. 2011. Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *Journal of Dairy Science*, 94:5589–5598.
- Tian J, Yu Y, Yu Z, Shao T, Na R, Zhao M. 2014. Effects of lactic acid bacteria inoculants and cellulase on fermentation quality and *in vitro* digestibility of *Leymus chinensis* silage. *Grassland Science*, 60: 199–205.
- Weinberg ZG, Ashbell G, Hen Y, Azrieli A. 1993. The effect of applying lactic acid bacteria ensiling on the aerobic stability of silages. *Journal of Applied Bacteriology*, 75:512-518.
- Weinberg ZG, Shatz O, Chen Y. 2007. Effect of lactic acid bacteria inoculants on *in vitro* digestibility of wheat and corn silage. *Journal of Dairy Science*, 90:4754-62.
- Xing L, Chen J, Han LJ. 2009. The effect of an inoculant and enzymes on fermentation and nutritive value of sorghum straw silages. *Bioresource Technology*, 100: 488-491.
- Yu Z, Naoki N, Guo XS. 2011. Chemical changes during ensilage and *in sacco* degradation of two tropical grasses: rhodesgrass and guineagrass treated with cell wall-degrading enzymes. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24:214–221.
- Yuan XJ, Guo G, Wen AY, Desta ST, Wang J, Wang Y, Shao T. 2015. The effect of different additives on the fermentation quality, *in vitro* digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. *Animal Feed Science Technology*, 207: 41–50.
- Zhang Q, Wu B, Nishino N, Wang X, Yu Z. 2016. Fermentation and microbial population dynamics during the ensiling of native grass and subsequent exposure to air. *Animal Science Journal*, 87: 389–397.