



**SODYUM BENZOAT, POTASYUM SORBAT VE SODYUM NİTRAT
KARIŞIMLARININ AYÇİÇEĞİ SİLAJLARINDA FERMANTASYON
ÖZELLİKLERİ VE AEROBİK STABİLİTE ÜZERİNE ETKİLERİ**

ŞEVKİ PARLAR

Zootečni Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Levent ÖZDÜVEN

2022

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



SODYUM BENZOAT, POTASYUM SORBAT VE SODYUM NİTRAT
KARIŞIMLARININ AYÇİÇEĞİ SİLAJLARINDA FERMANTASYON
ÖZELLİKLERİ VE AEROBİK STABİLİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

ŞEVKİ PARLAR

ORCID: 0000-0002-3669-4310

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. Mehmet Levent ÖZDÜVEN

TEMMUZ-2022
Her hakkı saklıdır.

ÖZET

SODYUM BENZOAT, POTASYUM SORBAT VE SODYUM NİTRAT KARIŞIMLARININ AYÇİÇEĞİ SİLAJLARINDA FERMANTASYON ÖZELLİKLERİ VE AEROBİK STABİLİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

Şevki PARLAR

Zootečni Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Levent ÖZDÜVEN

Bu araştırma, aktif bileşenler olarak sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrit içeren bir katkı maddesi kullanımının ayçiçeği silajlarında fermantasyon özellikleri, nispi yem değerleri (NYD) aerobik stabilite ve *in vitro* besin maddeleri sindirimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada silaj koruyucusu olarak bileşiminde sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrat içeren bir katkı maddesi kullanılmıştır. Araştırma, katkı maddesi ilave edilmeyen kontrol, 0.5, 1 ve 2 ml/kg silaj koruyucusu ilave edilerek oluşturulan 4 grupta yürütülmüştür. Katkı maddelerinin ilavesinden sonra, yaklaşık 500 g örnek plastik torbalara konularak sıkıştırılmış ve vakumla içindeki hava alınmıştır. Her grup için altı adet olmak üzere toplam 24 paket silaj laboratuvar şartlarında (20 °C) 60 gün fermantasyona bırakılmıştır. Silolamadan 60 gün sonra açılan tüm silajlarda kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Silolama döneminin sonunda açılan tüm silajlara 7 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulanmıştır. Ayrıca bu silajların nispi yem değeri ve *in vitro* kuru madde, organik madde ve ham protein sindirilebilirlikleri saptanmıştır. Sonuç olarak, ayçiçeği silajına ilave edilen sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrat karışımı silajlardaki pH değerlerini, amonyak azotunu ve kuru madde kayıplarını azaltırken, laktik ve asetik asit içeriklerini artırmıştır. Ayrıca silaj koruyucusu yüksek anti bakteriyel aktivite göstererek silajların 7 günlük aerobik dönem boyunca maya sayıları ile CO₂ üretimlerini düşürmüş ve aerobik stabiliteyi geliştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçeği, silaj, fermantasyon, aerobik stabilite

ABSTRACT

THE EFFECTS OF SODIUM BENZOATE, POTASSIUM SORBATE AND SODIUM NITRATE MIXTURES ON FERMENTATION CHARACTERISTICS AND AEROBIC STABILITY IN SUNFLOWER SILAGES

Şevki PARLAR

Department of Animal Science

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Levent ÖZDÜVEN

This study was carried out to determine the effects of the use of an additive containing sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite as active ingredients on the fermentation characteristics, aerobic stability, relative feed value (RFV), aerobic stability and *in vitro* nutrition digestibility of sunflower silages. In the study, an additive containing sodium benzoate, potassium sorbate and sodium nitrate in its composition was used as a silage preservative. The study was carried out in 4 groups formed by adding control without additive, 0.5, 1 and 2 ml/kg silage preservative. After the addition of the additives, approximately 500 g of sample was placed in plastic bags and compressed. A total of 24 packages, six for each group, were allowed to ferment for 60 days in laboratory conditions (20 °C). All silages were sampled for chemical and microbiological analyses on day 60 after ensiling. At the end of the ensiling period, all silages were subjected to an aerobic stability test for 7 days. In addition, RFV and *in vitro* nutrition digestibilities of those silages were determined. As a result, the mixture of sodium benzoate, potassium sorbate and sodium nitrate added to the sunflower silage decreased the pH values, ammonia nitrogen and dry matter losses in the silages, while increasing the lactic and acetic acid contents. However, the silage preservative showed high antibacterial activity, decreased the yeast counts and CO₂ production of the silages during the 7-day aerobic period and improved their aerobic stability.

Keywords: Sunflower, silage, fermentation, aerobic stability

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ	viii
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
TEŞEKKÜR	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	3
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	12
2. MATERYAL VE YÖNTEM	13
2.1 Yem Materyali	13
2.1.1 Katkı Maddesinin Kullanım Şekli	13
2.2 Yöntem.....	13
2.3 Yem Analizleri	13
2.3.1 KM Analizi	13
2.3.2 pH ve Bc (Tampon Kapasitesi) Analizi.....	14
2.3.3 HK Analizi.....	14
2.3.4 HY Analizi.....	14
2.3.5 HS Analizi	15
2.3.6 HP Analizi	15
2.3.7 NH ₃ -N Analizi	16
2.3.8 SÇK Analizi.....	16
2.3.9 Kuru madde kayıpları (KMK) Analizi	16
2.3.10Organik Asit Analizleri	16
2.3.11Mikrobiyolojik Analizler.....	17
2.3.12Hücre Duvarı Bileşenleri Analizleri	18
2.3.13Nispi Yem Değerleri Özellikleri.....	20
2.3.14Besin Madde Sindirilebilirliği Analizleri	20
2.3.15Aerobik Bozulmaya İlişkin Analizler.....	21
2.3.16İstatistik Analizler	22
3. BULGULAR	23
3.1 Araştırma Yemlerinin Silolama Öncesi Değerleri	23
3.2 Araştırma Yemlerinin Silolama Sonrası Değerleri	24
3.2.1 Ayçiçeği Silajlarının Fermantasyon Özellikleri İle İlgili Bulgular	24

3.2.2 Ayçiçeği Silajlarının Organik Asit Özellikleri ile İlgili Bulgular	30
3.2.3 Ayçiçeği Silajlarının Mikrobiyolojik Özellikleri İle İlgili Bulgular.....	32
3.2.4 Ayçiçeği Silajların Hücre Duvarı Bileşenleri	34
3.2.5 Ayçiçeği Silajlarının Nispi Yem Değeri İle İlgili Bulgular.....	36
3.2.6 Ayçiçeği Silajların Besin Madde Sindirilebilirlikleri	38
3.2.7 Ayçiçeği Silajların Aerobik Stabilite Testi Değerleri.....	40
4. TARTIŞMA.....	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	50
KAYNAKLAR	51



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Hayvan Varlığı	3
Çizelge 1.2. Ayçiçeği Üretimi	6
Çizelge 3.1. Ayçiçeği bitkisinin kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları	23
Çizelge 3.2. Fermantasyonun 60. gününde açılan silajların kimyasal analiz sonuçları (g/kg KM)	25
Çizelge 3.3. Fermantasyonun 60. gününde açılan silajların organik asit analiz sonuçları (g/kg KM)	30
Çizelge 3.4. Fermantasyonun 60. gününde açılan silajların mikrobiyoloji sonuçları (log ₁₀ kob/g KM)	32
Çizelge 3.5. Silajların hücre duvarı bileşenlerine ait sonuçlar (g/ kg KM).....	34
Çizelge 3.6. Silajların nispi yem değerine ait sonuçlar (%)	37
Çizelge 3.7. Silajların besin madde sindirilebilirlikleri ait sonuçlar (g/ kg KM)	38
Çizelge 3.8. Silajların aerobik stabilite test sonuçları (g/ kg KM)	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Silajların kuru madde değerleri	26
Şekil 3. 2. Silajların pH değerleri	26
Şekil 3. 3. Silajların ham kül değerleri	27
Şekil 3. 4. Silajların ham yağ değerleri	27
Şekil 3. 5. Silajların ham selüloz değerleri	28
Şekil 3. 6. Silajların ham protein değerleri	28
Şekil 3. 7. Silajların amonyak azotu değerleri	29
Şekil 3. 8. Silajların SÇK değerleri	29
Şekil 3. 9. Silajların kuru madde kaybı değerleri	30
Şekil 3. 10. Silajların laktik asit değerleri	31
Şekil 3. 11. Silajların asetik asit değerleri	31
Şekil 3. 12. Silajların propiyonik asit değerleri	32
Şekil 3. 13. Silajların <i>Lactobacilli</i> sayıları	33
Şekil 3. 14. Silajların maya sayıları	33
Şekil 3. 15. Silajların NDF değerleri	34
Şekil 3. 16. Silajların ADF değerleri	35
Şekil 3. 17. Silajların ADL değerleri	35
Şekil 3. 18. Silajların hemiselüloz değerleri	36
Şekil 3. 19. Silajların selüloz değerleri	36
Şekil 3. 20. Silajların SKM değerleri	37
Şekil 3. 21. Silajların KMT değerleri	37
Şekil 3. 22. Silajların NYD değerleri	38
Şekil 3. 23. Silajların OMS değerleri	39
Şekil 3. 24. Silajların KMS değerleri	39
Şekil 3. 25. Silajların HPS değerleri	40
Şekil 3. 26. Silajların ME değerleri	40

Şekil 3. 27. Silajların aerobik stabilite sonrası KM değerleri.....	41
Şekil 3. 28. Silajların aerobik stabilite sonrası pH değerleri	42
Şekil 3. 29. Silajların aerobik stabilite sonrası CO ₂ değerleri	42
Şekil 3. 30. Silajların aerobik stabilite sonrası maya değerleri	43



SİMGELER DİZİNİ

°C Santigrat derece



KISALTMALAR DİZİNİ

AA	Asetik asit
ADF	Asit deterjanda çözünmeyen lif
ADL	Asit deterjanda çözünmeyen lignin
BA	Bütirik asit
EÇOM	Enzimde çözünen organik madde
HK	Ham kül
HP	Ham protein
HS	Ham selüloz
HSEL	Hemiselüloz
HY	Ham yağ
KM	Kuru madde
KMK	Kuru madde kaybı
KMT	Kuru madde tüketimi
LA	Laktik asit
LAB	Laktik asit bakterileri
ME	Metabolik enerji
N	Azot
NDF	Nötr deterjanda çözünmeyen lif
NH ₃ -N	Amonyak azotu
NÖM	Nitrojensiz öz madde
NYD	Nispi yem değeri
OM	Organik madde
PA	Propiyonik asit
SÇK	Suda çözünebilir karbonhidrat
SEL	Selüloz
SKM	Sindirilebilir kuru madde
TN	Toplam nitrojen

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimden itibaren çalıőmalarımı destekleyerek, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Levent ÖZDÜVEN'e, tez çalıőmalarım boyunca desteğini esirgemeyen ve laboratuvar analizlerim ile tez yazımda emek veren doktora öğrencisi Ziraat Yüksek Mühendisi Berrin OKUYUCU'ya, lisans eğitimimi tamamlamamda ilgi ve desteklerini esirgemeyen tüm bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Eğitimim başta olmak üzere tüm hayatıma dokunmuş, beni desteklemiş ve başarılı olmamda etkili olmuş yol arkadaőım, müstakbel eşim Çevre Mühendisi Kübra YILMAZ'a, maddi ve manevi desteklerinden dolayı sevgili Pınar ve Erdal KARTI'ya ve aileme en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Şevki PARLAR

Ziraat Mühendisi

1. GİRİŞ

Silaj katkı maddeleri, silolanacak materyallerin besin madde zenginliğini artırmak üzere çeşitli enerji kaynakları (tahıl daneleri), fermantasyonu hızlandıran stabilize edilmiş bazı silo mikroorganizmaları (bilhassa *Lactobacillus*, inokulantlar) ve ortam asitliğinin hızlı bir şekilde düşürülerek patojen mikroorganizmaların üremesine engel olmak amacıyla kullanılmaktadırlar (Kutlu, 2004). Silaj katkı maddelerinin katılmasındaki en önemli amaç daha iyi bir fermantasyonu garanti etmek ve silaj kalitesinde iyileşmeler sağlamaktır. Bir kısım silaj katkı maddeleri eklendiğinde silaj yapımının ilk aşamasında bitkilerin solunum veya enzim aktivitelerini azaltmak suretiyle fermantasyonu yönlendirmesi ve bu sayede clostridiaların, maya ve küf gibi aerobik mikroorganizmaların aktivitesini sınırlandırmaktadır (Kung vd., 1991). Böylece besin madde kayıpları ve mikrobiyal bozulmaya karşı kayıplar azaltılabilmektedir. Verimli bir silaj fermantasyonu (örneğin, homofermantatif laktik asit bakterilerinin baskın olduğu fermantasyon), her zaman havaya maruz kaldığında stabil olan silajlarla sonuçlanmaz (Muck ve Kung, 1997). Genellikle bu tür fermantasyonlar sınırlı miktarlarda maya önleyici bileşikler üretmektedir. Bu nedenle, depolama veya besleme sırasında bir silaj kütesine oksijen girdiğinde, yüksek sayıdaki mayalar laktik asiti tüketebilir ve silajın pH'sını yükseltebilir (Woolford, 1990). Bu da silajın bozulmasına neden olur. Oksijene maruz kaldıktan sonra uzun süreler boyunca (örneğin birden fazla gün) stabil kalan silajların, yüksek kaliteli silajlar için arzu edilen bir özellik olan iyi aerobik stabiliteye sahip olduğu söylenebilir. Yemleme sırasındaki hava sıcaklığının yüksek olması da bozulma hızı artar. Bu durum silajın aerobik stabilitesini büyük ölçüde azaltmaktadır (Ashbell, Weinberg, Hen ve Filya, 2002). Fermantasyonu teşvik etmek *Clostridia*, enterobakteriler ve mayaların neden olduğu gibi istenmeyen fermentasyonları engellemek ve/veya aerobik stabiliteyi geliştirmek için silaja çeşitli katkı maddeleri uygulanabilmektedir (Bolsen, Ashbell ve Weinberg, 1996). Sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitratın antimikrobiyal özellikleri iyi bir şekilde bilinmektedir (Yitbarek ve Tamir, 2014). Potasyum sorbat ve sodyum benzoat gibi kimyasal katkı maddeleri maya önleyici özelliklere sahiptir ve silajın aerobik stabilitesini artırabilirken, sodyum nitrit istenmeyen fermantasyon olasılığını azaltabilir (Knicky ve Spörndly, 2011). Farklı kimyasalların farklı etki biçimleri vardır. Bu nedenle, çeşitli kimyasallar sinerjik olarak hareket edebilir ve kombinasyon halinde uygulandığında tek başına uygulandığında daha geniş bir uygulama aralığı ve daha fazla etkinlik gösterebilir (Stanojevic, Comic, Stefanovic ve Solujic-Sukdolac, 2009). Potasyum sorbat, sodyum benzoat ve sodyum nitrit içeren bir kimyasal katkı maddesinin silajların aerobik stabilitesini iyileştirmedeki

etkinliğini değerlendiren birkaç çalışma vardır (Knicky ve Spörndly, 2011; Da Silva, Smith, Barnard ve Kung, 2015; Knicky ve Spörndly, 2015; Kung vd., 2018).

Woolford (1975) kaba yemlerin muhafazasında potasyum sorbatın 3-6 arasında bir pH sağlayarak etkili bir biçimde spor formundaki bakteri, maya ve küflerin gelişimini engellediğini bildirmiştir. Sodyum benzoat da potasyum sorbat gibi pH derecesini önemli derecede artırmak suretiyle benzer etkiler sağlamıştır. Kleinschmit, Schmidt ve Kung (2005) silaj katkı maddesi olarak sodyum benzoat ve potasyum sorbat kullanımının silaj kalitesini olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir. Sodyum propiyonat ve propiyonik asidin antimikotik özellikleri olduğu ve sodyum nitritin düşük pH seviyelerinde spor oluşturan bakterilerin gelişimini engellediği bildirilmiştir (Woolford, 1975). Bununla birlikte silaj katkı maddesi olarak sodyum nitrit ile heksamin, sodyum benzoat ve sodyum propiyonat karışımlarının silaj kalitesini etkileyebileceği bildirilmiştir (Lattemae ve Lingvall 1996; Lingvall ve Lattemae, 1999). Diğer yandan, formaldehit geçmişte yemlerde koruyucu madde olarak kullanılmış ancak günümüzde önemli kanserojenik bir bileşik olarak kabul edilmiş ve birçok ülkede bu amaçla kullanımı yasaklanmıştır. Sodyum nitrit, silajda istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engellemek amacıyla kullanılmakta ve parçalanmasında nitrat ve nitrik asit açığa çıkmaktadır (Spoelstra, 1983). Ancak yemlerde nitratın yüksek miktarlarda bulunması, hayvanlar için toksik bir durum oluşturduğundan dolayı yem katkı maddesi olarak kullanımını sınırlandırılmaktadır (Kemp, Geurink, Haalstra ve Malestein, 1977). Depolama sırasındaki hava stresi ve yemeleme sırasındaki yüksek sıcaklıklar gibi zorlu koşullar altında, düşük kuru maddeli ayçiçeği silajının etkinliğini değerlendiren bir çalışmaya ihtiyaç vardır.

1.1 Literatür Özeti

Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2021 verilerine göre ülkemizde 18.036.117 adet büyükbaş hayvan, 57.519.204 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Büyükbaş hayvanların %48,93'ünü kültür ırkı sığır, %42,37'sini kültür melezi sığır, %7,7'sini yerli ırk sığır ve %1'ini mandalar oluşturmaktadır. Küçükbaş hayvanların ise %71,6'sı yerli ırk koyunlardan, %6,94'ü merinos ırkı koyunlardan, %20,95'i kıl keçilerinden ve %5,03'ü ise tiftik keçilerinden oluşmaktadır (TÜİK, 2021).

Süt veren ve buzağısı olan 500 kg canlı ağırlığa sahip kültür ırkı bir sığır 1 Hayvan Birimi (HB) olarak ifade edilmekte ve yaşama payı için sahip olduğu canlı ağırlığın %10'u oranında yeşil yeme veya %2,5'i oranında kuru ota ihtiyaç duyduğu kabul edilmektedir.

Çizelge 1.1. Hayvan Varlığı

Hayvan Cinsi	Hayvan Birimi Oranları	Hayvan Sayısı	Hayvan Birimi
Kültür ırkı süt ineği	1	3.969.169	3.969.169
Kültür melezi	0,75	3.232.187	2.424.140
Yerli inek	0,50	588.555	294.277
Dana-düve (kültür ırkı)	0,60	4.504.331	2.702.598
Dana-düve(kültür melezi)	0,45	3.957.584	1.780.912
Dana-düve (yerli)	0,30	689.579	206.873
Koyun	0,10	41.983.020	4.198.302
Keçi	0,08	11.559.052	924.724
Manda (erkek)	0,90	46.530	4.187
Manda (dişi)	0,75	139.044	104.283
Öküz	0,60	20.551	12.330
Kuzu-Oğlak	0,04	3.977.132	159.085
Boğa	1,50	888.587	1.332.880
At	0,50	83.718	41.859
Katır	0,40	22.164	8.865
Eşek	0,30	95.809	28.742
TOPLAM		75.715.135	18.193.232

Buna göre 1 hayvan biriminin günlük yaşama payı ihtiyacı 50 kg yeşil yem veya 12,5 kg kuru ot ile karşılanabilmektedir. Yıllık olarak hesaplanırsa 18,25 ton yeşil yem veya 4,56 ton kuru ot ile yaşama payı ihtiyacı karşılanabilmektedir. Türkiye’de 18,19 milyon hayvan biriminin karşılığı olan hayvanların yaşama yapı için kabaca 332 milyon ton yeşil ot veya 83 milyon ton kuru ot temin edilmesi gerekmektedir. Türkiye’de 2021 yılında 33,14 milyon ton yeşil ot ve 27,31 milyon ton silajlık mısır üretilmiştir (TÜİK, 2021).

Kaliteli kaba yem ihtiyacı çayır ve meralardan ve tarla tarımına bağlı yem bitkileri yetiştiriciliğinden karşılanmaktadır. Meraların yanlış kullanımı ve otlatmanın yoğun yapılması sebebiyle meralarda verim ve kalite düşmüş, erozyon riski artmıştır (Sürmen, Yavuz, Çankaya ve Töngel, 2008; Yavuz, Kır ve Gül, 2020). Ülkemizdeki toplam tarım alanı 38.063 bin hektar olup bunun 14.617 bin hektarlık kısmı çayır ve mera arazisidir (TÜİK, 2021).

Ülkemizdeki çayır, meralar ve otlaklar kaba yem ihtiyacımızı karşıladığımız kaynaklar arasında ilk sırada almaktadır ve hayvan varlığımızın yalnızca üçte birini karşılayacak düzeydedir (Tosun, 1996). Hayvansal üretimde maliyeti düşürmek ve karlı bir üretim yapmak için öncelikli olarak ucuz, kaliteli kuru ve sulu kaba yem temin edilmelidir. Yıl boyu kaliteli kaba yem temin edilememesinin yanı sıra, yeşil ve sulu kaba yem ihtiyacının da karşılanamaması ülke hayvancılığı için önemli beslenme sorunlarından birisidir. Belirli dönemlerde bu ihtiyaç meralardan ve yem bitkileri ekilişlerinden gideriliyor olsa bile, kış aylarında yeterli gereksinim karşılanamamaktadır.

İçeriğinde %30-40 kuru madde (KM) içeren yeşil yemlerin biçildikten sonra havasız ortamlarda saklanması ile elde edilen fermente yemlere silaj denir, yapılan bu işleme silolama ve yapıldığı yere ise silo denir. (Ergün vd. 2013). Çayır ve meraların korunması ve özellikle kış aylarında kaliteli kaba yem ihtiyacının karşılanması için silaj yapım teknikleri geliştirilmelidir (Dumlu Gül, 2014). Tarımsal olarak gelişmiş ülkelerde, silo yemi yaygın olarak kullanılmakta ve geniş getiren hayvanların rasyonlarının önemli bir kısmını silaj oluşturmaktadır (Sarıçiçek, Ayan ve Garipoğlu, 2002).

Silaj; kış aylarında beslemeyi güvence altına almak, yem materyalinin tazeliğini korumak, depolamadan kaynaklı kayıpları azaltmak ve hava koşullarının etkisini azaltmak için uzun kış şartlarından olumsuz etkilenen bölgeler için caziptir. Silo yeminin faydaları bunlarla sınırlı değildir. Silajı yapılarak değerlendirilen bitkilerde aneorobik fermantasyon sonucu oluşan yağ asitleri ruminantların değerlendirebileceği bir enerji kaynağıdır. Fermantasyon

sonucu bitki hücrelerinin sahip olduğu besin maddeleri laktik asit bakterileri (LAB) tarafından ruminantlar için daha kullanışlı hale getirilir. Özellikle süt sığırcılığı için yeşil yem bitkisi bulmanın zor olduğu dönemlerde çok değerli bir yem maddesi elde edilmiş olur (Açıkgöz, Turgut ve Filya, 2002).

Silaj yapımına dair ilk bilgiler milattan önceye dayanmaktadır. Silajın eski Mısır ve Yunanistan'da 3000 yıl önce yapıldığı, buğdaygil ve baklagil yem bitkilerinden elde edilen otların Avrupa'da yüzlerce yıldan beri silolanarak hayvan beslemede yem maddesi olarak kullanıldığı bilinmektedir. Romalı yazılara göre, yarı kurumuş hasılları toprak çukurlarda hava almadan ve neme karşı korunmuş olarak saklamanın Akdeniz çevresinde bulunan insanlarca bilindiği anlaşılmaktadır. Önemi anlaşılmış olan silaj 18. yüzyıl sonlarında tüm Orta ve Kuzey Avrupa'da uygulanmaya başlanmıştır. İlk bilimsel çalışmalar 1862'de Almanya, 1877'de Fransa ve 1883'te ABD'de yapılmıştır. Ülkemizde ise diğer besleme alışkanlıkları ve silajlar hakkında bilgi eksikliği dolayısı ile silaj tekniği gerekli noktaya gelememiştir (Kılıç, 1986).

Bitki besin madde kaybının az olması, hayvanlar tarafından iştahla tüketilmesi, korunma süresinin uzun olması, hava şartlarına karşı korunumu, mekanizasyona uygun olması gibi avantajları sebebiyle, silaj yapımı ve kullanımı hızla artmaktadır. (Kılıç, 1986; Filya, 2001; Açıkgöz, 2001). Silaj yapımında bitkinin KM oranının ve karbonhidrat oranının yüksek olması istenir. Fermantasyonun iyi gerçekleşmesi için KM oranı %30-40 oranında olmalıdır. İstenen KM oranını sağlamak için biçim zamanı ayarlanmalıdır. Biçim zamanı ile KM oranı sağlanamıyor ise soldurma uygulanabilir veya silaja katkı maddesi ilave edilebilir. İyi bir fermantasyon için suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) içeriği de yüksek olmalıdır. Buğdaygil ve baklagiller SÇK içeriğine göre karşılaştırıldığında, buğdaygillerin silaj için avantaj sağladığı görülmüştür. Baklagillerde ham protein (HP) oranı yüksekliği ve SÇK oranının düşüklüğü kaliteli bir fermantasyonu engellemektedir (Özbay, 2007).

Ayçiçeği önemli bir yağ bitkisidir. Tohumun ham yağ (HY) içeriği %40 ile %50 arasındadır (Eken, 2004). Ayçiçek yağı kaliteli olması sebebi ile en çok tercih edilen yemeklik bitkisel yağlar arasında yer almaktadır. Hasadı yapılan ayçiçek yağının önemli bir kısmı yemeklik yağ üretiminde kullanılır. Yağ üretiminin yanı sıra tohumu küspe üretiminde, gövdesi yakıt üretiminde kullanılabilen ve ayrıca alternatif bir silaj bitkisi olarak da değerlendirilmektedir (Yıldız, Öztürk ve Erkmen, 2010).

Ayçiçeği tarımı genelde kurak şartlarda gerçekleştirilmektedir. Adaptasyon kabiliyetinin çok geniş olmasına rağmen, ekim alanının az olması, birim alandan elde edilen gelirin az olmasından kaynaklanmaktadır (Kaya, 2003). Sulu alanlarda ise pamuk, mısır, şeker pancarı ve soya gibi bitkilerden elde edilen gelirin ayçiçeğinden elde edilen gelirden fazla olması nedeniyle ayçiçeği tarımı ikinci planda kalmaktadır. Bu sebeple, ayçiçeği tarımının genişletilmesi için birim alandan elde edilen verimi artırıcı çalışmalar ele alınmalıdır (Hıra, 2012).

Çizelge 1.2. Ayçiçeği Üretimi

	Yağlık	Çerezlik	Toplam
Ayçiçeği Ekilen Alan (dekar)	8.113.116	898.415	9.011.531
Ayçiçeği Üretimi (ton)	2.215.000	200.000	2.415.000
Ayçiçeği Dekara Verimi(kg/dekar)	273	223	268

Ayçiçeği sık ekilip, erken devrede hasat edilerek yeşil yem olarak hayvan beslemede kullanılabilir gibi, silaj yapımında da kullanılabilir. Yemlik ayçiçeğinde hasat zamanına dikkat edilmelidir. Tüm bitki olarak ayçiçeğinde, sindirilebilir kuru madde (SKM) ve protein verimi bakımından, bitkinin çiçeklenme zamanı en uygun hasat zamanıdır. Çiçeklenme döneminde, tabla oranı artarken yaprak ve sap oranı azalmaktadır. Çiçeklenme evresinden iki hafta önce ile bir hafta sonrasına kadar olan süreçte yaprakların beslenme değeri değişmez (Pinter, Burucs ve Szieberth, 1993).

Ayçiçeği, mısıra göre erken gelişim sağlaması, soğuk ve kurağa mısırdan daha dayanıklı olması ve mısıra göre verimin yüksek olması sebebiyle yarı kurak bölgelerde tercih edilmektedir. Ayçiçeği, mısırın içerdiği sindirilebilir besin değerinin 2/3'üne sahiptir ve ayrıca silajı hayvanlar tarafından mısır silajına oranla daha az tercih edilmektedir. Ayçiçek yağı sütün yağ miktarını arttırmasına karşın süt verimi azaltmaktadır. Buna karşın ayçiçeği silajı ile besleme yapıldığında süt yağında doymamış yağ asidi miktarının daha fazla olması bir avantajdır. (McGuffey ve Schingoethe, 1980).

Ayçiçeği tarımı mısıra göre daha kolaydır. Kurağa daha dayanıklı olup kıraç alanlarda da sulanmadan yetiştirilebilir (Arioğlu, 2000). Ayçiçeği bitkisi derin kök sistemine sahip olup yaklaşık olarak 2 metre derinlikteki yer altı suyunu kullanabilmektedir. Bu nedenle ayçiçeği tarımı, yağışın veya suyun az olduğu dönemlerde ve bölgelerde, mısıra alternatif silajlık yem

bitkisi olarak düşünülebilir (Bremner, Preston ve Groth, 1986). Düşük sıcaklıklarda mısıra oranla daha dayanıklıdır. İlkbaharın son donlarından ve sonbaharın ilk donlarından mısıra göre daha az zarar görmektedir. Mısır için uygun büyüme sıcaklığı 24-32 °C olup, gelişme dönemi boyunca toplam sıcaklık isteği bölge ve çeşitlere göre 2000-4000 °C arasında değişmektedir (Kırtok, 1998). Nemin %60'ın altında olmaması istenir. Buna karşılık ayçiçeği, gelişimi boyunca 2600-2850 °C civarında toplam sıcaklık ister (Arioğlu, 2000). Ayrıca ayçiçeği bitkisinin vejetasyon süresi (14-15 hafta) de oldukça kısadır. (Kılıç, 1986).

Ayçiçeği, mısıra oranla daha düşük sıcaklıklarda yetişebilmesi ve ekimi geç olan tohumların hızla gelişebilmesi Avrupa'da ilgi görmesini sağlamıştır. Ülkemizde ayçiçeği tarımı aynı amaçla ele alınmamıştır. Mısıra göre daha yüksek yapısal karbonhidrat ve protein içermektedir. Suda çözünebilir karbonhidrat içeriği fermantasyon sağlamak için uygundur. Sindirim derecesinin ve kuru madde içeriğinin düşük olması ise ayçiçeği için dezavantajdır. Danelerin süt olum dönemi, ayçiçeğinin silajlık biçilmesi için en uygun dönemdir. Süt olum döneminin geçmesi halinde silajların sindirilme dereceleri düşmektedir (Özdüven, 2002).

Ayçiçeği bitkisi özellikle su sorunu yaşanan bölgelerde öne çıkan verim değerleri, ürün rotasyonuna uygunluğu, karışık ekimde değerlendirilebilir olması, yüksek biyomas ve protein verimi üretme yeteneği ile ruminantlar için hazırlanan yem rasyonlarında bir silaj bitkisi olarak kullanıma uygun bir materyaldir. Ayçiçeği silajının kimyasal bileşimi mısır silajı ile karşılaştırıldığında, daha yüksek düzeylerde HP, HY, asit deterjanlarda çözünmeyen lif (ADF) içerirken daha düşük düzeylerde nötral deterjanlarda çözünmeyen lif (NDF) ve SKM içerdiği gözlemlenmiştir. Hasat zamanı için çiçeklenme zamanı uygun görünüyorsa da erken ve geç çiçeklenme arasında tercih, çeşit seçimine bağlı görünmektedir. Silaj yapımında yüksek sıkıştırma son ürün kalitesini olumlu etkilemektedir. Küçük parçaların silolanmasının (1 cm), iri parçaların silolanmasına göre üstün olduğu gözlemlenmiştir. İnokulant, enzim ve diğer silaj katkı maddelerinin kullanılması ayçiçeği silajında fermantasyon kalitesini arttırmaktadır. (Sedoşoğlu ve Sevilmiş, 2019).

Yıldız ve Erdoğan (2018) mısır ve ayçiçeği silajlarının verim parametreleri ve besin madde kompozisyonuna dair yaptığı çalışmaya göre silajlık mısırın ve ayçiçeğinin yeşil ot verimi sırasıyla 6586,55 kg da⁻¹ ve 6404,76 kg da⁻¹, kuru madde verimi sırasıyla 1796,21 kg da⁻¹ ve 1517,23 kg da⁻¹ olarak belirtilmiştir. Çalışmaya göre mısır silajında ham kül (HK) %5,15; HP %4,80; HY %6,69 ve ADF %30,47, ayçiçeği silajında HK %11,02; HP %11,19; HY %14,63

ve ADF %39,74 olarak belirlenmiş ve besin madde içeriklerine ait kalite özellikleri açısından ayçiçeği silajından elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Martins vd. (2014) mısır ve ayçiçeği silajlarında fermantasyon özelliklerini incelediği çalışmada, mısır için KM, HP, HY, ADF ve NDF içerikleri sırasıyla %28,7; 9,0; 2,5; 24,2; 48,6 ve ayçiçeği için ise aynı sırayla %26,5; 10,5; 15,7; 34,9 ve 39,9 olarak belirtilmiştir.

Ayçiçeği silajı, geniş getiren hayvanların beslenmesinde kullanılan mısır silajına göre daha yüksek protein ve enerji değerine sahiptir. Diğer kaba yemlerle yapılan beslemeye göre ekonomik avantajları vardır (Goes vd. 2013). Mısır silajı, ayçiçeği silajı ve ayçiçeği ile mısır silajının karışımı ile yapılan çalışmaya göre, mısır silajı ile beslenen ineklerin süt verimine oranla, ayçiçeği ile beslenen ineklerde daha yüksek süt verimi gözlemlenmiştir (Valdez, Harrison ve Frasen, 1988). Ayçiçeği silajı, mısır silajına göre daha fazla NDF, ADF, lignin ve HK içermektedir. Ayçiçeği silajının HY miktarı, mısır silajına oranla 3-4 kat daha fazladır. Yapılan araştırmalara göre ayçiçeği silajı ile beslenen ineklerden elde edilen süt yağının daha fazla doymamış yağ asidi içerdiği gözlemlenmiştir (McGuffey ve Schingoethe, 1980).

Ayçiçeği, dünyanın birçok bölgesinde silajlık bir bitki olarak başarılı bir şekilde yetiştirilmektedir. Mısır bitkisine göre düşük sıcaklıklarda yetişebilmesi ve geç ekim durumlarında bile tohumların hızlı bir şekilde gelişebilmesi nedeniyle Avrupa ülkelerinde büyük ilgi görmektedir. Ayçiçeği bitkisinin hücre duvarı bileşenleri ve HP içerikleri mısır bitkisine göre çok daha fazladır. Ayrıca SÇK içeriği de fermantasyon için yeterli düzeydedir. Ancak ayçiçeğinin silaj için ana sınırlamalarından biri, hasat zamanında KM ile sindirilme derecesinin düşük olmasıdır. Ayçiçeği sapları, silolama için uygun KM içeriğinin elde edilmesini güçleştirecek yüksek miktarda su tutar. Ayçiçeklerinin silolanması için ideal KM içeriği %30-40 arasındadır. Yaprakların kahverengi, kuru görünümü, tüm bitkinin KM içeriği konusunda üreticileri yanıltabilmektedir. Ayçiçeği bitkisinin fiziksel yapısından dolayı soldurulamaması da diğer dezavantajlarıdır (Filya, 2005). Tohum olgunlaştığında bile, ayçiçeğinin KM içeriği %20 gibi oldukça düşük düzeydedir. Düşük KM'li silajlar (%30'dan az KM), istenmeyen bir fermantasyona ve silodan aşırı atık sızıntısına neden olabilmektedir.

Ayçiçeği lignin bakımından zengindir ve lignin de bitkinin olgunlaşması ile hızla artar. Bu sebeple ayçiçeği bitkisinin sindirilebilir toplam besin maddesi oranı düşer. Zengin lignin içeriği nedeniyle ayçiçeğinin silajlık olarak değerlendirilmesi incelenirken hasat zamanı çok önemlidir (Dumlu Gül, 2014). Ayçiçeği silajı için en uygun biçim zamanı danelerin süt olum

dönemidir. Bu dönemin geçirilmesi halinde yapılan silajların sindirilme dereceleri çok düşmektedir (Filya, 2005).

Denek, Can ve Tüfenk (2004)'in yaptığı oldukları çalışmalarında, süt olum döneminde hasadı yapılarak silolanan ayçiçeği silajının KM içeriğini genel olarak düşük saptamışlardır. Düşük KM içeriğinin silaj kalitesini de olumsuz yönde etkileyeceği ve süt olum döneminde hasat edilen ayçiçeği bitkisinin kuru madde oranı daha yüksek olan farklı bir silajlık bitki ile birlikte silolanmasının uygun olduğunu belirtilmiştirler.

Bitkisel materyal silolandıktan sonra gerçekleşen fermantasyon kalitesi silajın besleme değeri ve hijyeni açısından önem taşımaktadır. Silaj fermantasyonunun kalitesini ise fermantasyon sırasında meydana gelen, pH, amonyak azotu (NH₃-N) ve organik asitlerin miktar ve kompozisyonları gibi parametreler belirler. Hayvanların verimlerinin artırılmasını sağlayacak ve sağlığını olumsuz yönde etkilemeyecek türde silajlar, özellikle pH değeri NH₃-N düzeyi düşük, laktik asit (LA) ve asetik asit (AA) oranları yüksek olan silajlardır. Bu parametrelerin dengeli olması elzemdir, çünkü silaj yapımının temel amacı silajı yedirdiğimiz hayvanların sağlığında olumsuz etkiye sebebiyet vermeden verimlerini arttırmaktır. (Filya, 2000).

Kılıç'a (1986) göre, çiçeklenme dönemi ve çiçeklenme dönemi sonrasına dair tespit edilen bazı özelliklere ilişkin değerler incelendiğinde, bu materyal için KM içeriği %14,8-%20,2; KM bazında HP içeriği %8,42-%9,45; HY içeriği %3,37-%3,47; ham selüloz (HS) içeriği %29,1-%38,1; nitrojensiz öz maddeler (NÖM) içeriği %44,6-%38,1 ve HK içeriği %13,5-%11,9 arasında değişiklik göstermektedir.

Alçıçek (1988), yaptığı çalışmada ayçiçeği silajında KM, KM içinde organik maddeler (OM), HP, HY, HS, NÖM ve HK içeriklerini sırası ile %14,47; %85,40; %11,07; %2,32; %28,62; %43,39 ve %14,60, ham besin madde sindirim derecelerini KM, KM içinde OM, HP, HY, HS, NÖM içeriklerini sırası ile %57,81; %57,19; %65,94; %57,96; %46,24 ve %62,13, brüt enerji (BE), metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NEL) içeriklerini ise sırası ile 16,95 MJ/kg KM, 7,23 MJ/kg KM ve 4,05 MJ/kg KM olarak saptamıştır.

NRC (1989) verilerine göre, yağ oranı yüksek çeşit ayçiçeği silajları için KM içerisinde HP, HS, NDF, ADF, selüloz, lignin ve HY değerleri sırası ile %12,5; %31,0; %42,0; %39,0; %27,0; %12,0 ve %10,7 olarak, yağ oranı düşük çeşit ayçiçeği silajları için ise bu değerler %11,1; %33,5; %45,0; %42,0; %26,0; %16,0 ve %7,10 olarak bildirilmektedir.

Polat, Yurtman, Koç, Coşkuntuna ve Özdüven (1998) ayçiçeği silajı için pH, KM, NH₃-N, KM, LA, AA içeriklerini sırasıyla 3,84; %19,12; 1,21 g/kg KM, %1,51; %1,76; KM içinde HP, HY, HS, HK, ADF, NDF, ADL içeriklerini sırasıyla %9,09; %3,09; %30,93; %9,37; %40,77; %45,71; %11,67 olarak saptamışlardır.

Ensminger ve Olentine (1978) ayçiçeği silajının KM, HP, HY, HS, NÖM ve HK içeriklerini sırasıyla %21,0; %2,1; %1,3; %6,2; %9,5 ve %2,1 olarak bildirmektedir.

Denek, Can ve Tüfenk (2004), ayçiçeği hasıllarına üre, üre+melas ve üre+buğday kırması katkısının silaj kalitesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında ayçiçeği silajının katkısız, %0,5 üre, %0,5 üre+%5 melas ve %0,5 üre+%5 buğday kırması grupları için pH değerleri sırasıyla 4,27; 5,41; 4,82 ve 6,94; KM içeriklerini %16,61; %14,45; %16,60 ve %16,14; HP içeriklerini %20,96; %25,80; %28,30 ve %24,40; ADF içeriklerini %31,18; %32,90; %28,69 ve %33,17; NDF içeriklerini %27,70; %30,63; %20,03 ve %28,30; *in vitro* SKM değerlerini ise %80,85; %78,16; %83,81 ve %79,34 olarak saptamışlardır.

Özdüven ve Öğün (2006), yaş bira posası ile ayçiçeği hasılı karışımlarından elde edilen silajların bazı kalite özelliklerinin ve yem değerlerinin belirlenmesi amacı ile yürüttükleri çalışmalarında, 45 günlük silolama sonunda yaş bira posası, ayçiçeği, %50 yaş bira posası+ %50 ayçiçeği ve %25 yaş bira posası+ %75 ayçiçeği silajlarında KM içeriklerini sırasıyla %23,67; %25,63; %24,84; %24,80; HP içeriklerini %19,16; %7,23; %9,98; %13,01; NH₃-N içeriklerini toplam nitrojen içerisinde 72,37; 75,34; 62,61; 72,79 g/kg; LA içeriklerini %0,76; 2,08; 1,68; 1,33; pH değerlerini 3,97; 4,21; 4,17; 4,12; *in vivo* KM sindirilme derecelerini %66,26; %59,03; %60,11; %62,71; HP sindirilme derecelerini %72,46; %49,64; %73,69; %77,49; HS sindirilme derecelerini %52,85; %30,75; %45,22; %51,62 olarak saptamışlardır.

Silaj yapımı, fermantasyon yoluyla yemin KM'sini ve besin değerini korumayı, depolama sırasında stabil kalan ve yıl boyunca ruminantların yem ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlayan bir işlemdir. Başlangıç materyalinde doğal olarak bulunan LAB, SÇK'ları fermente eder ve organik asitler üretir. Özellikle LA, silaj pH'ını düşürür ve anaerobik koşullarla istenmeyen mikroorganizmaları ve zayıf fermentasyonlara ve/veya bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmaları engelleyen bir ortam yaratır (Pahlow, Muck, Driehuis, Oude Elfering ve Spoelstra, 2003).

Silo açıldıktan sonra silaj yüzeyinde yoğun oksijen girişine maruz kalmaktadır. Yemleme döneminde uzun süre (örneğin birden fazla gün) stabil kalabilen silajların, yüksek

kaliteli silajlar için arzu edilen bir özellik olan iyi aerobik stabiliteye sahip olduğu söylenmektedir (Ashbell vd., 2002). Aerobik mikroorganizmalar silajlardaki SÇK, LA ile AA gibi fermantasyon ürünlerini tüketerek KM ve besin maddeleri kaybına neden olmaktadır. Yemleme döneminde, silajlarda aerobik mikroorganizmaların (maya, küf, enterobakteri ve bacillus) çok hızlı bir şekilde çoğalmaya başlamasıyla aerobik bozulma gerçekleşir (Filya, 2005). Hava sıcaklıklarının yüksek olduğu dönemlerde bozulma hızı artar, bu da silajın aerobik stabilitesini büyük ölçüde azaltır (Ashbell vd., 2002).

Silaj üretiminde istenilen fermantasyon olaylarının gerçekleşmesi için başvurulan yollardan birisi de silaj yapımı sırasında katkı maddesi kullanımınıdır. Silolanan üründe LAB' nin hızlı bir şekilde gelişip çoğalmalarını sağlayarak iyi fermente olmuş, besin madde değerini korumuş, aerobik stabilitesi yüksek ve hijyenik riskleri az olan bir silaj elde etmek amacıyla katkı maddelerinden yararlanılmaktadır. Ancak bu tip silajlar hayvanların verim performanslarını artırabilir. Fermentasyonu uyarmak, *Clostridia*, enterobakteriler ve mayaların neden olduğu gibi istenmeyen fermentasyonları engellemek ve/veya aerobik stabiliteyi geliştirmek için silaja çeşitli katkı maddeleri uygulanabilir (Bolsen vd., 1996).

Potasyum sorbat ve sodyum benzoat gibi kimyasal katkı maddeleri maya önleyici özelliklere sahiptir ve silajın aerobik stabilitesini artırabilirken, sodyum nitrit istenmeyen fermantasyon olasılığını azaltabilir (Knicky ve Spörndly, 2011). Farklı kimyasalların farklı etki biçimleri vardır. Bu nedenle, çeşitli kimyasallar sinerjik olarak hareket edebilir ve kombinasyon halinde uygulandığında tek başına uygulandığında daha geniş bir uygulama aralığı ve daha fazla etkinlik gösterebilmektedir (Stanojevic vd., 2009). Potasyum sorbat, sodyum benzoat ve sodyum nitrit (Salinity, Göteborg, İsveç) içeren bir kimyasal katkı maddesinin silajların aerobik stabilitesini iyileştirmedeki etkinliğini değerlendiren birkaç çalışma vardır (Knicky ve Spörndly, 2011; Knicky, Wiberg, Eide ve Gertzell, 2014; Da Silva vd., 2015; Knicky ve Spörndly, 2015; Kung vd., 2018).

Woolford (1975)'a göre kaba yemlerin muhafazasında potasyum sorbat pH değerinin 3-6 arasında olmasını sağlayarak etkili bir biçimde materyalde spor formundaki bakteri, maya ve küflerin gelişimini engellediğini belirtmiştir. Potasyum sorbata benzer etkiyle sodyum benzoat da materyalin pH derecesini önemli derecede arttırarak bakteri, maya ve küfler üzerinde benzer etkiler sağlamıştır.

Kleinschmit vd. (2005) silaj katkı maddesi olarak sodyum benzoat ve potasyum sorbat kullanımının silaj kalitesini olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir. Organik asitlerin silajlara muamelesi sonucu materyalin doğrudan asitleştirilmesi, pH'nın ani düşüşüne ve istenmeyen bakterilerin büyümesi üzerinde inhibisyona neden olur ve bu da besin madde kaybının azalmasını sağlar. Ancak, organik asitlerin kullanımı silajda keskin ve rahatsız edici kokulara sebebiyet vermektedir. Buna karşın alternatif silaj katkı maddesi olarak organik asit tuzlarının kullanımı önerilmektedir. Sodyum benzoat, gıda koruyucu olarak kullanılan ve silaj katkı maddesi olarak organik asitlere alternatif olma potansiyeline sahip ürünlerden biridir (Yuan vd. 2016).

Knicky ve Spörndly (2009) ot hasıllarına sodyum nitrit, sodyum benzoat ve/veya potasyum sorbattan oluşan beş farklı silaj katkı karışımının maya, küf ve clostridia gelişimi ve diğer silaj kalite özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında tüm katkı maddelerinin, kontrole göre düşük KM'li silajlarda bütirik asit, NH₃-N ve clostridia varlığını önemli ölçüde azalttığını; yüksek KM'li silajlarda ise daha az maya içerdiğini bildirmektedir. Ayrıca sodyum nitrit, sodyum benzoat ve/veya potasyum sorbat karışımı uygulanan tüm silajlar aerobik olarak daha stabil olduğu saptanmıştır.

Knicky ve Spörndly (2011) sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrit içeren bir katkı maddesinin çeşitli yem bitkilerinden fermente edilen silajların kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, düşük KM'li silajların, önemli ölçüde daha düşük silaj pH'ına, NH₃-N, bütirik asit (BA) ve etanol konsantrasyonlarına ve daha az *clostridial* sporlara sahip olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, kontrol grubu silajlara oranla katkı maddesi uygulanmış silajlarda kuru madde kayıplarının daha az, aerobik stabilitesinin ise daha yüksek olduğunu bildirmektedirler.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, ayçiçeği hasıllarına farklı dozlarda içeriğinde sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrat olan karışımlarının ilavesinin silaj fermantasyonu, aerobik stabilitesi ve yem değeri üzerine etkilerini incelemektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Yem Materyali

Çalışmanın bitkisel materyalini oluşturan ayçiçeği bitkisi süt olum döneminde hasat edilmiştir. Materyaller hasattan hemen sonra taze materyal (TM)'e ilişkin analizler için örnek alınmış ve parçalama makinesinde yaklaşık 2.0 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Daha sonra ana kitle 4 bölüme ayrılmış ve parçalanmış materyaller 1.0 litre kapasiteli PVC torbalara yaklaşık 500 g olacak şekilde doldurularak vakum makinesi ile havası alınarak silolanmıştır. Her grup için (kontrol, 0.5 ml/kg, 1 ml/kg ve 2 ml/kg) 6 adet olmak üzere toplam 24 adet silaj yapılmıştır. Vakum makinesi ile havası alınarak sıkıştırılmış olan ve ağızları kapatılan PVC torbalar, 20± 2 °C sıcaklıkta karanlık bir ortamda muhafaza edilmiştir.

2.1.1 Katkı Maddesinin Kullanım Şekli

Birinci grup kontrol grubu olup katkı maddesi içermemektedir. 2. grupta, 10 kg parçalanmış taze materyal 1x4 m temiz bir alana yayılmıştır. Katkı maddesi olarak 200 g sodyum benzoat/kg (1,53 M), 100 g potasyum sorbat/kg (0,73 M) ve 50 g sodyum nitrit/kg (0,8 M) içeren bir su solüsyonu (Global Nutritech, TR) kullanılmıştır. Sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrat karışımından 5 ml taze materyal üzerine homojen bir şekilde püskürtülmüştür. Aynı şekilde 3. grupta ve 4. Grupta ise sırasıyla 10 ml ve 20 ml karışım 2. grupta açıklandığı gibi taze materyale uygulanmıştır.

2.2 Yöntem

Silolamanın 60. gününde elde edilen silajlarda kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Ayrıca silajlara 7 gün süre ile 25-26 °C ve 36-37 °C olmak üzere iki farklı sıcaklık ortamında aerobik stabilite testi uygulanmıştır.

2.3 Yem Analizleri

2.3.1 KM Analizi

Önceden kurutulmuş ve darası alınmış alüminyum kapların içerisine yaklaşık 25 gram yem örneği konarak etüvde 60 °C sıcaklıkta 24 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından kurumuş silajı içeren alüminyum kaplar desikatörde oda sıcaklığına ulaşana kadar

soğutulduktan sonra tartılmıştır. Silajların KM içerikleri aşağıdaki formülden yararlanılarak tespit edilmiştir (Akyıldız, 1984).

$$\% \text{ KM} = [(C - B)/A] * 100 \quad (2.1)$$

KM: Kuru madde (%), C: kurumuş yem +alüminyum kabın darası (g), B: alüminyum kabın darası (g), A: Yem miktarı (g)

2.3.2 pH ve Bc (Tampon Kapasitesi) Analizi

Silolama öncesi taze materyalde ve açım sonrası elde edilen örneklerde pH ölçümleri için 25 g'lık örneklere 125 ml saf su ilave edilmiş ve oda sıcaklığında 1 saat süre ile zaman zaman karıştırılarak tutulmuştur. Daha sonra örnekler süzölmüş ve elde edilen süzökte pH metre aracılığı ile okuma gerçekleştirilmiştir (Anonymous, 1986).

2.3.3 HK Analizi

Temizlenmiş boş porselen krezeler kül fırınında 550 °C sıcaklıkta en az 2 saat bekletildikten sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına ulaşana kadar soğutulmuşlardır. Hassas terazide porselen krezelerin darası alındıktan sonra içerisine 3 g yem materyali tartılmıştır. Örnekler kül fırınında yaklaşık 550 °C sıcaklıkta en az 4 saat (açık gri-beyaz arası bir kül rengine ulaşana kadar) yakılmışlardır. Yakma işlemi bittikten sonra kül fırını yaklaşık 100-150 °C sıcaklığa kadar soğuduktan sonra yanmış yem örneğinin içerisinde olduğu porselen krezeler desikatöre alınmış, oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve hassas terazide tartım işlemleri yapılmıştır. Aşağıda gösterilen formülden yararlanılarak yem materyalinin % HK miktarı bulunmuştur (AOAC, 1990).

$$\% \text{ HK} = [(C - B)/A] * 100 \quad (2.2)$$

HK: Ham Kül (%), C: yanmış yem + porselen kroze darası (g), B: porselen kroze darası (g), A: Yem miktarı (g)

2.3.4 HY Analizi

Soxhlet kartuşu içerisine yaklaşık 5 gram kuru silaj örneği tartılmış ve dietil ether ile 6 saat süreyle ekstrakte edilerek ham yağın cam balonlarında birikmesi sağlanmıştır. Daha sonra yağ balonları 65 °C sıcaklıkta 24 saat kurutma dolabında bekletilmiştir. Dietil etherin uçması sağlandıktan sonra balonlar oda sıcaklığına kadar soğuması amacıyla desikatöre konulmuştur.

Yağ balonlarındaki yağ miktarı, başlangıçta darası belirlenen boş balonun ağırlığı düşülerek hesaplanmıştır (AOAC, 1990)

2.3.5 HS Analizi

Yem örneklerinde HS içeriği, Naumann ve Bassler (1993) tarafından açıklanan yöntemlere göre belirlenmiştir. Yaklaşık 1 g yem örneği 250 ml'lik bir behere tartılmış ve üzerine 100 ml %1,25 H₂SO₄ ilave edilmiştir. Beher içeriği kaynama başladıktan sonra 30 dakika süre boyunca birkaç kez karıştırılarak ısıtma işlemi uygulanmıştır. Süre sonunda behere 10 ml %28 KOH ilave edilerek 30 dakika süreyle kaynatma işlemine devam edilmiştir. İçerikler daha sonra cam krezellerden süzölmüş, üç kez 50 ml sıcak saf su ile yıkanmıştır. Süzme işleminden sonra kalan muhtemel organik kalıntılar seyreltik sülfürik asit (%1), sodyum hidroksit (%1), saf su ve asetonla yıkanmıştır. Cam krezeller bir gece 102 °C'de etüvde bekletilmiş ve tartılmıştır. Ham selöloz değerleri, bilinen bir kuru kalıntının bir kül fırınında 550 °C'de 3 saat süreyle yakılmasından sonraki ağırlık kaybından belirlendi.

2.3.6 HP Analizi

Kjeldahl yöntemine göre; yem örnekleri derişik sülfürik asit (H₂SO₄) ile yakılarak içindeki azot (N) önce amonyum sülfata sonra da amonyağa dönüştürölerek, titrasyonla amonyaktaki azot miktarına karşılık gelen ham protein miktarı hesaplanmıştır (Akyıldız, 1984).

Kurutulmuş ve öğütölmüş silaj örneği hassas terazide yaklaşık 1 g tartıldıktan sonra bir Kjeldahl tüplerine aktarılmış, üzerine 2 adet katalizör tablet ile 20 ml sülfürik asit (H₂SO₄) ilave edilmiştir. Kjeldahl tüpleri kademeli olarak ısıtılmış ve köpöklenme azaldıktan sonra sıcaklık 420 °C'ye çıkarılmıştır. Çözelti berraklaştıktan sonra en az 30-45 dakika daha ısıtıldıktan sonra soğumaya bırakılmıştır. Khejdal tüpü, %2'lik borik asit standart solösyonu (50 mL) içeren bir erlenmayerin takılı olduğu buhar damıtma ünitesine bağlandıktan sonra içerisine önce saf su (yaklaşık 50 ml), daha sonra da NaOH çözeltisi (75 ml, 10 N) ilave edilmiştir. Damıtma ünitesi çalıştırılarak distilat hacmi yaklaşık 180 mL'ye ulaşana kadar damıtılmıştır. Damıtma sırasında açığa çıkan amonyak borik asit çözeltisiyle amonyum borat kompleksine dönüşmüştür. Damıtma ünitesinden alınan distilat standart hidroklorik asit (HCl) çözeltisi (0,1 N) ile yeşil renkten açık pembe renk alıncaya kadar titrasyona tabi tutulmuş ve harcanan HCl miktarı kaydedilmiştir. Gerekli rakamlar (HCl miktarı ve kör deme miktarı) protein analiz formölünde uygun yere yazılarak örnekteki % HP oranı hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Protein} = (K) * (V) * (N) * (fHCl) * (100) / (M) * (1000) * (fp) \quad (2.3)$$

K: 14,007 (Azotun atom ağırlığı), V: Kullanılan HCl (ml), N: HCl'nin normalitesi (0,1), fHCl: 0,1 N HCl'nin faktörü, fp: Proteine çevirme faktörü (6,25), M: Tartılan yem miktarı

2.3.7 NH₃-N Analizi

Silaj örneklerinde NH₃-N, 20 g taze silajın 100 ml saf su içerisinde 1 saat süreyle çalkalama makinesinde homojenize edilmesi ile belirlendi. Homojenat Whatman no 1 filtre kağıdından süzülmüştür. Süzüntüdeki amonyak azotu içeriği, mikro distilasyon yöntemine (Anonymous, 1986) göre gerçekleştirilmiştir.

2.3.8 SÇK Analizi

Taze materyalde ve silaj örneklerinde SÇK analizi Anonymous (1986)'a göre yapılmıştır. Analize tabi tutulacak yem örneği etüvde en az 2 saat süreyle 102 °C sıcaklıkta tamamen kuruyana kadar tutulmuştur. Yaklaşık 200 mg yem örneği bir erlenmayer içerisine konulduktan sonra üzerine 200 ml saf su ilave edilmiş ve 60 dakika bir çalkalayıcıda homojenize edilmiştir. Çalkalama sonrasında örneklerin ilk birkaç damlası ihmal edilecek şekilde Whatman no 1 filtre kağıdından süzülerek 50 ml'lik berrak süzük elde edilmiştir. Standart eğrilerin hazırlanmasından sonra 2 ml süzük alınarak test tüplerine konulmuştur. Ön hazırlığı takiben spektrofotometrede 30 dakika içerisinde absorbans değeri 620 nm'de okunmuştur. Örnek ve kör denemeler sonrası tespit edilen absorbans değerlerine denk gelen mg glikoz değerleri arasındaki farklılık 500 katsayısı ile çarpılmıştır. Sonuç, örnek içerisinde yer alan g/kg SÇK miktarı olarak kaydedilmiştir.

2.3.9 Kuru madde kayıpları (KMK) Analizi

Silajların kuru madde kayıpları, 60. günlerinde torbalarında hesaplanan silaj KM'si ağırlığının, torbalara konulan taze ayçiçeğinin KM ağırlığına orantılanmasıyla hesaplanmıştır (Kleinschmit ve Kung 2006).

2.3.10 Organik Asit Analizleri

Açılan torbalardan 20 g ayçiçeği silajı alınarak üzerine 180 mL steril su (1:9) ilave edilmiştir. Çalkalama cihazında (IUL Instruments, Barcelona, Spain) 3 dakika boyunca çalkalandıktan sonra Whatman No 54 (International Ltd. Maidstone, England) filtre kağıdı ile

süzülmüş ve süzük dakikada 6000 devir hızında olmak üzere 20 dakika süreyle santrifüj (Sigma, 6K 15, Germany) edilmiştir. Elde edilen süpernatant viallere aktarılmış ve analizlerin yapılacağı zamana kadar $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' sıcaklıkta derin dondurucuda saklanmıştır. Silaj örneklerinin organik asit konsantrasyonları, gaz kromatografisinde (Agilent Technologies 6890N Network GC System, 7683 B Series Injector, China) kapillar kolon (Stabilwax®-DA; Crossbond "Carbowax"-PEG asidik bileşikler için, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25µm df, maksimum program sıcaklığı 260 °C) kullanılarak belirlenmiştir. Analizler sırasında 15 kromatografinin fırını 100 °C sıcaklıkta 5 dakika, ardından 10 °C/dakika artışla 160 °C sıcaklıkta 2 dakika ve son olarak 80 °C/dakika artışla 5 dakika bekleme şeklinde programlanmıştır. Örnekler gaz kromatografi cihazına enjekte edilmeden önce, 1 mL' lik virole konulan UYA standardı (Spelco™ WSFA-2 Mix Sigma-Aldrich Co otomatik örnekleyici bölümüne yerleştirilerek okunmuş ve bilgisayarda çeşitli pikler elde edilmiştir. Örneklerin organik asit bileşimleri (AA, propiyonik asit (PA), BA) konsantrasyonları standart kromatogramdan alınan piklere göre belirlenmiştir (Supelco, 1998).

Laktik asit miktarlarının tespitinde Koç ve Coşkuntuna (2003)'nın bildirdikleri spektrofotometrik yöntemle göre saptanmıştır. Derin dondurucuda $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta saklanan örnekler analizin yapılacağı gün çıkartılarak çözülünceye kadar oda sıcaklığında bir süre bekletilmişlerdir. Daha sonra örnekler 1:100 oranında seyreltme yapılmış ve otomatik pipet ile 1.00 ml sıvı tüplere aktarılmıştır. Tüpün üzerine 0,1 ml bakır sülfat (5g CuSO₄/100 ml saf su) ile 6 ml derişik sülfürik asit (%98'lik) ilave edilmiştir. Tüpler 30 saniye boyunca vorteks ile karıştırılmış ve sonrasında 5 dakika süresince soğuk su banyosunda soğumaya bırakılmıştır. Tüplerin içerisine 0,1 ml 2-4 fenil fenol (%0,5 NaOH/1000 ml saf su +1,5 g 2-4 fenil fenol) ilave edilmiş, 30 saniye süreyle tekrar vorteks ile karıştırılmış ve 5 dakika süreyle oda sıcaklığında tutulmuştur. Daha sonra tüpler 90 saniye kaynayan su içerisinde bekletilmiş ve tüpler oda sıcaklığına geldikten sonra 565 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometre cihazında absorbanları okunmuştur.

2.3.11 Mikrobiyolojik Analizler

Çalışmada gerek silolama öncesi taze materyalde ve gerekse de son ürünler üzerinde LAB, maya ve küf yoğunluklarının saptanmasına yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 20 g'lık örnekler 180 ml tuzlu su (%8,5) aracılığı ile 2 dakikadan az olmamak koşulu ile karıştırılıp mikroorganizmaların mümkün olduğu ölçüde materyalden ayrılması sağlanmıştır. Elde edilen stok materyalden logaritmik seride dilüsyonlar hazırlanarak 1 saati aşmayan zaman zarfında ekim işlemi yapılmıştır. Laktik asit bakterileri için ekim ortamı olarak

MRS Agar, maya ve küfler için Malt Ekstrakt Agar kullanılmıştır. Örneklere ait *Lactobacilli*, maya ve küfler için 30 °C sıcaklıkta 3 günlük inkübasyon dönemlerini takiben gerçekleştirilmiştir (Seale ve ark. 1990). Örneklerde saptanan *Lactobacilli*, maya ve küf sayıları logaritma koliform üniteye (\log_{10} kob/g KM) çevrilmiştir.

2.3.12 Hücre Duvarı Bileşenleri Analizleri

Ayçiçeğinin taze ve silaj örneklerinde NDF, ADF ve asid deterjanlarda çözünmeyen lignin (ADL) analizleri Van Soest analiz yöntemine göre gerçekleştirilmiştir (Goering ve Van Soest, 1983). Yem ham maddelerinin çözünmeyen kısmını oluşturan ve yapısında hemiselüloz, selüloz ve lignin bulunan kısmını tespit etmek amacıyla yapılan NDF analizi, yemin nötral bir çözücü (sodyum lauryl sülfat) ile kaynatılarak ekstrakte edilmesi ve sonrasında hücre duvarı bileşenlerinin süzme aracılığıyla ayrılması esasına dayanmaktadır. Kurutulmuş silaj örneği 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüş ve cam beherin içerisine yaklaşık 1 g tartılmıştır. Üzerine 100 ml NDF çözeltisi (93 g EDTA, 34 g sodyum tetra borat, 150 g sodyum lauryl sülfat, 50 ml 2-etoksietanol ve 22,8 g susuz di sodyum hidrojen sülfat tartılır, distile su ile 5 litreye seyreltilir) aktarılmıştır. Birkaç damla dekaliny, 0,5 g sodyum sülfid katılmış ve geri soğutucuya takıldıktan sonra çözelti bir saat süreyle kaynatılmıştır. Beherin içerisindeki içerik kurutulmuş ve darası alınmış bir cam krozeden düşük vakum aracılığıyla süzülmüştür. Kalıntı iki kez sıcak saf su ve iki kez aseton ile yıkanmıştır. Cam kroze kurutma dolabında 105 °C sıcaklıkta 4 saat tutulmuştur. Sonrasında desikatörde soğutulmuş ve tartılmıştır.

$$\text{NDF (g / kg KM)} = a - b / N \times 1000 \quad (2.4)$$

a = NDF içeren kuru cam krozenin ağırlığı, g

b = Cam krozenin darası alınmış ağırlığı, g

N = Örneğin ağırlığı, g

Yem hammaddelerinde selüloz ve lignin bulunan kısmını tespit etmek amacıyla yapılan ADF analizinde, kurutulmuş ve öğütülmüş silaj örneği cetil trimetil amonyum bromidin (CTAB)-H₂SO₄ solüsyonu ile kaynatılmıştır. Süzme işleminden sonra başlıca lignoselüloz ile silikadan oluşan ve ADF olarak adlandırılan çözünmeyen materyal kalmıştır (Goering ve Van Soest, 1983). Kurutulmuş silaj örneği 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüş ve cam beherin içerisine yaklaşık 1 g tartılmıştır. Üzerine 100 ml ADF çözeltisi (100 g CTAB 5 litre 1 N H₂SO₄ çözülür) ve birkaç damla dekalin ilave edilmiştir. Çözelti hızla kaynama durumuna getirilmiş ve 1 saat süreyle kaynatılmıştır. Düşük bir vakum ile darası alınmış cam krozeden

sıcakken kaynamaya yakın saf su ile köpük oluşumu bitene kadar yıkama yapılmış ve iki kez asetonla yıkanarak süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kroze kurutma dolabında 105 °C sıcaklıkta 4 saat tutulmuştur. Desikatörde soğutulmuş ve tartılmıştır.

$$ADF (g / kg KM) = a - b / N \times 1000 \quad (2.5)$$

a = ADF içeren kuru cam kroze ağırlığı, g

b = Darası alınmış cam krozenin ağırlığı, g

N = Numune miktarı, g

ADL analizinde, %72'lik H₂SO₄ içeren çözücü solüsyonun (%72'lik H₂SO₄ - CTAB) selülozu ayrıştırması ile elde edilen kalıntının kül fırınında yakılması ile kütünü de içeren lignin miktarı saptanmıştır (Goering ve Van Soest, 1983). Kurutulmuş silaj örneği 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüş ve cam beherin içerisine yaklaşık 1 g tartılmıştır. Üzerine 100 ml ADL çözeltisi (100 g CTAB, 5 litre %72'lik H₂SO₄ çözülür) ve birkaç damla dekalin ilave edilmiştir. Çözelti hızla kaynama durumuna getirilmiş ve 1 saat süreyle kaynatılmıştır. Düşük bir vakum ile darası alınmış cam krozeden sıcakken kaynamaya yakın saf su ile köpük oluşumu bitene kadar yıkama yapılmış ve iki kez asetonla yıkanarak süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kroze kurutma dolabında 105 °C sıcaklıkta 4 saat tutulmuştur. Desikatörde soğutulmuş ve tartılmıştır. Yakma fırınında 550 °C sıcaklıkta 3 saat süre ile yakılmıştır. Desikatöre alınmış, soğutulmuş ve tartılmıştır.

$$ADL (g/kg KM) = a - b / N \times 1000 \quad (2.6)$$

a = Krozenin kurutmadan sonraki ağırlığı, g

b = Krozenin yakmadan sonraki ağırlığı, g

N = Numune miktarı, g

Yem materyallerinin selüloz ve hemiselüloz içeriklerinin saptanmasında NDF, ADF, ADL analizleri sonrasında elde edilen değerlerden yararlanılmış olup (Goering ve Van Soest, 1983), hesaplamada kullanılan formüller aşağıda verilmektedir;

$$\text{Selüloz (g / kg KM)} = ADF - ADL \quad (2.7)$$

$$\text{Hemiselüloz (g / kg KM)} = NDF - ADF \quad (2.8)$$

2.3.13 Nispi Yem Değerleri Özellikleri

Çalışmada silajların ADF ve NDF değerleri kullanılarak örneklerin sindirilebilir kuru madde (SKM) ve kuru madde tüketimleri (KMT) aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Moore ve Undersander, 2002).

$$\%SKM = 88,9 - (0,779 \times \% ADF) \quad (2.9)$$

İkinci aşamada yemin NDF içeriğinden yararlanılarak kuru madde tüketimi (% KMT) hesaplanmıştır.

$$\%KMT = 120 / \% NDF \quad (2.10)$$

Daha sonra, silajların %SKM ve %KMT değerleri kullanılarak Van Dyke ve Anderson (2002) tarafından geliştirilen aşağıdaki formül ile nispi yem değerleri (NYD) hesaplanmıştır.

$$NYD = \% SKM \times \% KMT \times 0,775 \quad (2.11)$$

2.3.14 Besin Madde Sindirilebilirliği Analizleri

Çalışmada silaj örneklerindeki *in vitro* enzimde KM ve OM çözünebilirlik düzeyinin saptanması Naumann ve Bassler (1993) tarafından önerilen selüloz yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yönteme göre, kurutularak öğütülmüş materyalden alınan 0,3 g'lık örnek daha önce altı kapatılmış olan süzgeçli cam kaplara (800 °C ısıya dayanıklı, por. 1, altı ve üstü kapaklı, 50 ml'lik Gooch krozeler) tartılmıştır. Her biri 3'er paralel olacak şekilde tartılan yem örnekleri üzerine 40 °C sıcaklıktaki pepsin + HCl çözeltisinden 30 ml ilave edilmiş ve cam kabın üst kısmı kapatılmıştır. Cam kaplar 40 °C sıcaklığa ayarlı inkübatör dolabına konmuş ve 5 saat sonra kaplar kuvvetli bir şekilde karıştırılmıştır. Cam kaplar 24 saat inkübatör dolabında kaldıktan sonra 80 °C sıcaklıktaki su banyosunda 45 dakika bekletilmiş ve nişastanın hidrolizi sağlanmıştır. Cam kaplar açılmış, içindeki çözelti vakum pompası yardımı ile süzülerek uzaklaştırılmıştır. Cam kabın içerisindeki kalıntı sıcak saf su ile yıkanmış, daha sonra alt kısmından kapatılan cam kaplara selüloz + buffer çözeltisinden 30 ml ilave edilmiştir. Üst kısmından da kapatılan cam kaplar 40 °C sıcaklıktaki inkübatör dolabında 24 saat bekletilmiştir. Bu işlem sonrası cam kapların kapakları açılmış, çözeltiler süzülmüş ve sıcak saf su ile yıkanmıştır. Süzme işleminden sonra 105 °C sıcaklıkta kurutma dolabında bir gün boyunca kurutulmuş ve tartım işlemi yapılmıştır. Cam kaplar 550 °C sıcaklıktaki kül fırınında en az 90 dakika süreyle yakılmış ve tartım işlemi gerçekleştirilmiştir. Analizler sonrası elde edilen

sonuçlardan yararlanılarak enzimde çözünen KM ve OM miktarları aşağıdaki eşitlikler yardımı ile bulunmuştur.

$$\text{Kuru madde sindirilebilirliği, \%} = [1 - ((B1 - (A1 - A0))/B1) \times 100] \quad (2.12)$$

$$\text{Organik madde sindirilebilirliği, \%} = [1 - ((A2 - A0)/(B1 - K1) \times 100] \quad (2.13)$$

A0: Ghoch krozesinin darası, g

A1: 105 °C'de kurutulduktan sonraki dara + örnek ağırlığı, g

A2: 550 °C'de yandıktan sonraki dara + örnek ağırlığı, g

B1: Analize alınan örnek miktarı, g / KM

C1: Analize alınan örnekteki kül miktarı, g / KM

Enzimatik (selülaz) yöntemde kullanılan çözeltiler; pepsin - HCl çözeltisi: 2g pepsin + 0,1 N HCl; asetat buffer çözeltisi: 5.9ml asetik asit + 1 litre destile su (çözelti A) ve 13,6g sodyum asetat + 1 litre destile su (çözelti B) hazırlandıktan sonra 400 ml çözelti A ile 600 ml çözelti B karıştırılır; selülaz buffer çözeltisi: 3,3 g selülaz enzimi (trichoderma viride; onozuka R-10, 1 U / mg aktivite) + 1 litre asetat buffer çözeltisi.

Silaj örneklerinin *in vitro* enzimatik parçalanabilirlik değerleri örneklerin proteaz enzimi ile borat fosfat tampon çözeltisinde 24 saatlik hidrolizlerinden hesaplanmıştır (Aufreere ve Cartailles, 1988). Her bir örnek için ölçümler 24 saatlik inkübasyon süreleri için 3 tekerrür şeklinde yapılmıştır. Hazırlanan enzim çözeltilerinin azot içeriğinin belirlenmesi için içinde örnek bulunmayan 2 tüp de inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonrası elde edilen süzüklerin HP miktarı Kjeldahl yöntemine göre belirlenerek ve kör numuneye göre düzeltme yapılmıştır. *In vitro* HP parçalanabilirliği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Toplam HP'in parçalanmış kısmı

$$(\%) = \text{Süzükteki HP miktarı/Yemdeki HP miktarı} \times 100 \quad (2.14)$$

2.3.15 Aerobik Bozulmaya İlişkin Analizler

Ashbell, Weinberg, Azrieli, Hen ve Horev (1991) tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak silajlar silolamanın 60. gününde açılarak 7 gün aerobik stabilite testine tabi tutulmuşlardır. Aerobik stabilitenin 7. günündeki silaj örneklerinin pH'ları ölçülmüş ve CO₂

üretimleri saptanmıştır. Ayrıca silajların içerdiği maya ve küf sayıları saptanmıştır. Araştırmada, aerobik stabilite testinin uygulanması için 1 atm ve 25 °C sıcaklıkta 24 saatteki CO₂ geçirgenlik oranı 15 – 25 mL / mil / 254 m olan stabil, aşınmaya dirençli gaz sızdırmaz özellikteki 1,5 L'lik polietilen (PET) şişeler kullanılmıştır. Bir test ünitesinin oluşturulması için pet şişe 1 L ve 0.5 L olmak üzere ikiye kesilmiştir. Şişenin kapak kısmına hava sirkülasyonunu sağlamak amacıyla 1 cm çapında delik açılıp üzeri telle kapatılmıştır. Daha sonra 0.5 L'lik kesilen kısmın üzerine yerleştirilmiştir. Silaj örnekleri (250 g) konulan PET şişeler ünitenin üst kısmına sıkıştırılmadan yerleştirilmiş ve ünitenin alt kısmında 100 mL KOH çözeltisi (%20'lik) konulmuştur. Ünite 7 gün süre ile iki ayrı sıcaklıkta bekletilmiştir. Bu sayede aerobik aktivite sonucu silaj örneklerinde oluşan ve havadan 1.5 kat daha yoğun olan CO₂ gazı altta çökerek tabanda tutulmuştur. Çözeltiden 10 mL alınarak 1 N'lik %37'lik hidroklorik asit çözeltisiyle titre edilmiştir. pH'nın 8,1 – 3,6 arasında harcanan hidroklorik asit miktarı saptanmış ve CO₂ gazı miktarı aşağıda belirtilen denkleme göre hesaplanmıştır.

$$CO_2 = 0,044 \times T \times V / (A \times TM \times KM) \quad (2.15)$$

T= Titrasyonda harcanan 1 N HCl asit miktarı (mL)

V= %20 KOH çözeltisinin toplam hacmi (mL)

A= Ünitenin alt kısmına ilave edilen KOH miktarı (mL)

TM= Taze materyalin ağırlığı (kg)

KM= Taze materyalin kuru madde miktarı (g / kg)

2.3.16 İstatistik Analizler

Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde varyans analizi, gruplar arası farklılığın belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Soysal 1998). Bu amaçla SPSS (2007) paket programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1 Araştırma Yemlerinin Silolama Öncesi Değerleri

Araştırmada kullanılan ayçiçeği bitkisine ait kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ayçiçeği bitkisinin kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları

İçerik	Miktar
pH	7,49
KM, g/kg	202,40
TK, g/kg KM	547,48
OM, % KM	91,74
HK, g/kg KM	82,61
HP, g/kg KM	99,70
HY, g/kg KM	117,89
HS, g/kg KM	235,31
SÇK g/kg KM	138,50
NDF, g/kg KM	372,71
ADF, g/kg KM	322,20
ADL, g/kg KM	77,10
Hemiselüloz, g/kg KM	50,51
Selüloz, g/kg KM	245,10
OMS, g/kg KM	715,28
KMS, g/kg KM	725,88
HPS, g/kg KM	460,28
<i>Lactobacilli</i> , log ₁₀ kob/g KM	3,03
Maya, log ₁₀ kob/g KM	5,22

KM:Kuru madde, , OMS:Organik madde sindirilebilirliği, HP: Ham protein, HK: Ham kül, NDF:Nötr deterjanda çözünmeyen lif, ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif, ADL: Asit deterjanda çözünmeyen lignin, SÇK:Suda çözünebilir karbonhidratlar, TK: Tampon kapasitesi, OM: Organik madde

Çizelgede 3.1’de de verildiği gibi, ayçiçeği bitkisinin, pH, KM, TK degeri, KM içindeki OM, HK, HP, HY, HS, SÇK, NDF, ADF, ADL, hemiselüloz, selüloz, OMS, KMS, HPS, *lactobacilli* ve maya içerikleri sırasıyla, 7,49, 202,40 g/kg, 547,48 meq NaOH/kg KM, % 91.74, 82,61 g/kg KM, 99,70 g/kg KM, 117,89 g/kg KM, 235,31 g/kg KM, 138,50 g/kg KM, 372,71 g/kg KM, 322,20 g/kg KM, 77.10 g/kg KM, 50,51 g/kg KM, 245,10 g/kg KM, 715,28 g/kg

KM, 725,88 g/kg KM, 460,28 g/kg KM, 3,03 log₁₀ kob/g KM ve 5,22 log₁₀ kob/g KM olarak bulunmuştur.

3.2 Araştırma Yemlerinin Silolama Sonrası Değerleri

3.2.1 Ayçiçeği Silajlarının Fermantasyon Özellikleri İle İlgili Bulgular

Fermantasyonun 60. gününde açılan ayçiçeği silajlarına ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.2 ile Şekil 3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., 3.6., 3.7., 3.8 ve 3.9’de verilmiştir.



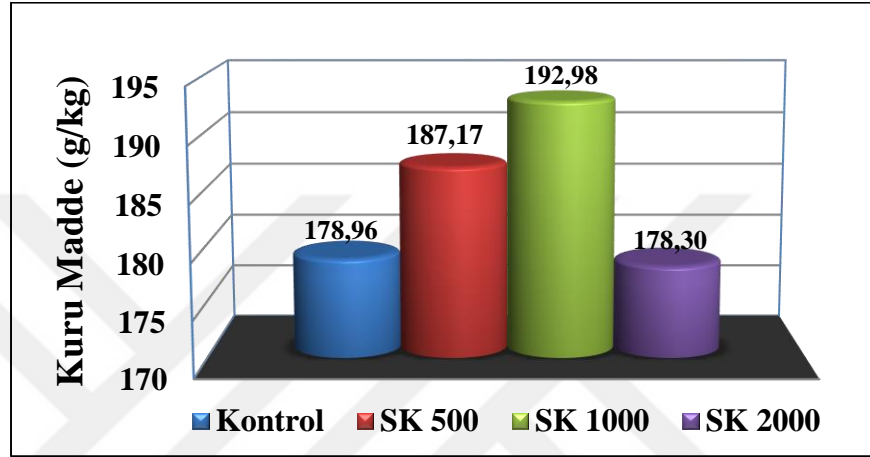
Çizelge 3.2. Fermantasyonun 60. gününde açılan silajların kimyasal analiz sonuçları (g/kg KM)

MATERYAL	KM	pH	HK	HY	HS	HP	NH ₃ -N g/kg TN	SÇK	KMK (%)
KONTROL	178,96±3,75 ^c	4,01±0,04 ^a	92,09±1,65 ^c	115,64±2,86 ^a	253,25±5,04 ^a	87,43±3,94 ^b	85,83±4,74 ^a	23,29±1,70 ^b	2,78±2,08
SK 500 (500 ml/ton)	178,30±5,53 ^c	3,98±0,08 ^a	95,04±2,90 ^b	109,52±8,55 ^{ab}	244,22±8,48 ^b	94,11±1,27 ^a	79,09±5,08 ^b	26,03±1,93 ^a	2,17±0,56
SK 1000 (1000 ml/ton)	192,98±3,79 ^a	3,86±0,06 ^b	98,41±1,29 ^a	106,87±5,20 ^b	241,76±7,66 ^b	95,69±5,47 ^a	74,65±5,58 ^{bc}	22,30±1,36 ^b	1,96±0,16
SK 2000 (2000 ml/ton)	187,17±4,80 ^b	3,87±0,04 ^b	93,52±2,81 ^{bc}	103,21±2,29 ^b	243,60±6,80 ^b	96,67±3,02 ^a	70,02±6,30 ^c	26,05±1,36 ^a	1,67±0,41
<i>P</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,005</i>	<i>0,048</i>	<i>0,002</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,374</i>

SK: Silaj koruyucusu, KM: Kuru madde, HK: Ham kül, HY: Ham yağ, HS: Ham selüloz, HP: Ham protein, NH₃-N: Amonyak azotu, TN: Total nitrojen SÇK: Suda çözülebilir karbonhidrat, KMK: Kuru madde kaybı

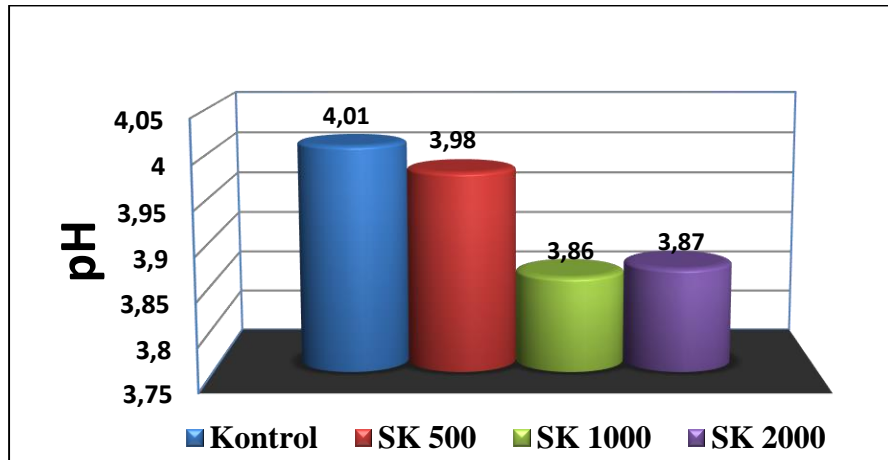
^{a-c}Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir (P<0,05).

Çizelge 3.2’de verildiği gibi, ayçiçeği silajlarında kontrol, SK 500, SK 1000 ve SK 2000 gruplarında KM içerikleri sırasıyla 178,98; 187,17; 192,98 ve 178,30 g/kg; pH değeri 3,86; 3,98; 4,01 ve 3,87; HK içerikleri 92,09; 95,04; 98,41 ve 93,52 g/kg KM; HY içerikleri 115,64; 109,52; 106,87 ve 103,21 g/kg KM; HS içerikleri 253,25; 244,22; 241,76 ve 243,60 g/kg KM; HP içerikleri 87,43; 94,11; 95,69 ve 96,67 g/kg KM; NH₃-N içerikleri toplam nitrojen (TN)’de 70,02; 74,65; 79,09 ve 85,83 g/kg KM; SÇK içerikleri 23,29; 26,03; 22,30 ve 26,05 g/kg KM, KMK değerleri % 1,67; 1,96; 2,17 ve 2,78 olarak bulunmuştur.



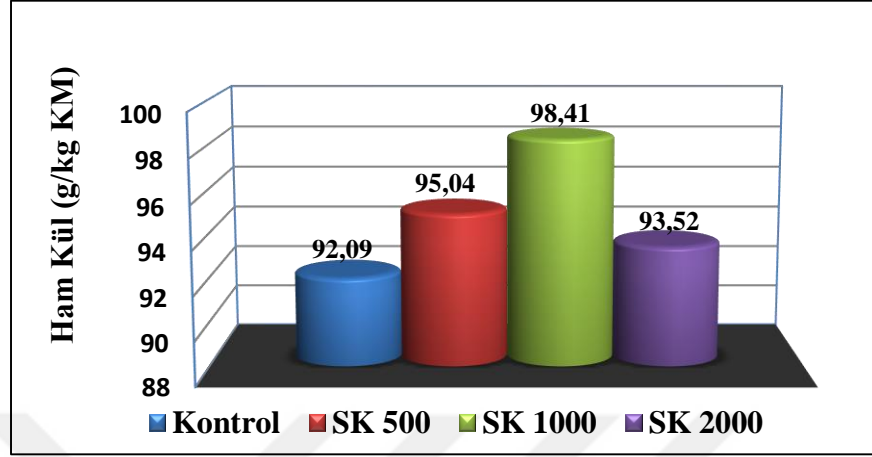
Şekil 3. 1. Silajların kuru madde değerleri

Bu çalışmada silajların KM içerikleri 178,30 g/kg ile 192,98 g/kg arasında saptanmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.1). En yüksek KM içeriği SK 1000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P < 0,001$).



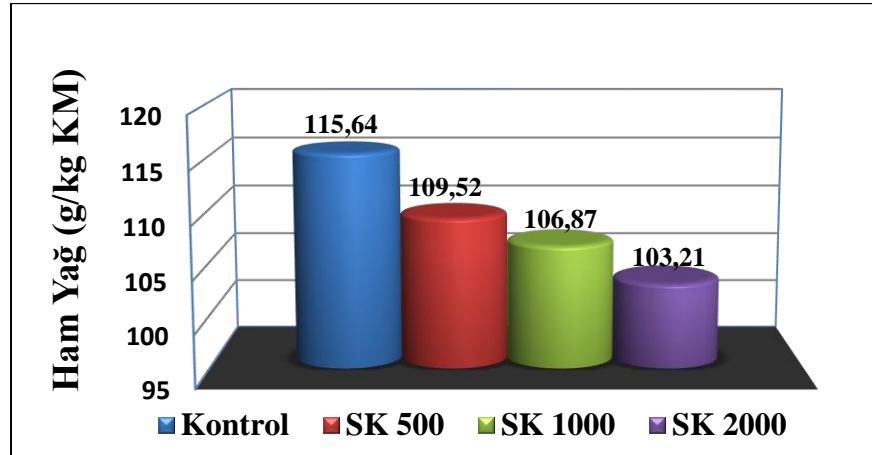
Şekil 3. 2. Silajların pH değerleri

Bu çalışmada silajların pH değerleri 3,86 ile 4,01 arasında saptanmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.2). En yüksek pH içeriği kontrol grubunda belirlenirken; SK 500, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,001$).



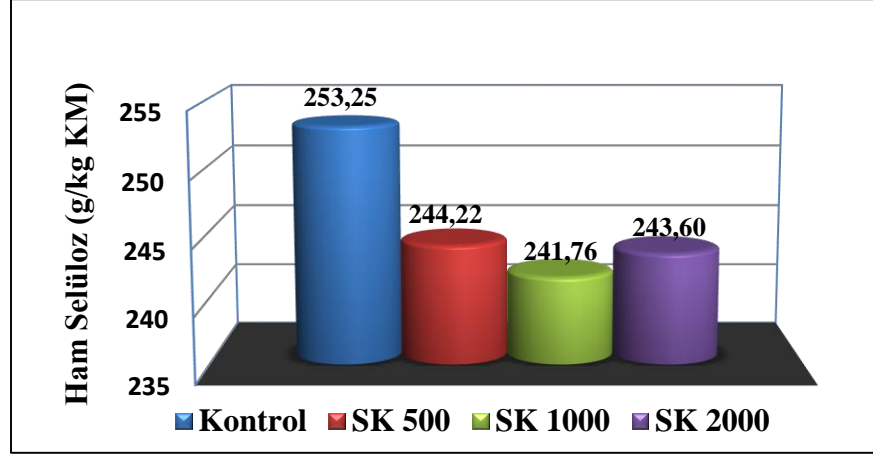
Şekil 3. 3. Silajların ham kül değerleri

Bu çalışmada silajların HK içerikleri 92,09 g/kg KM ile 98,41 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.3). En yüksek ham kül içeriği SK 1000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,001$).



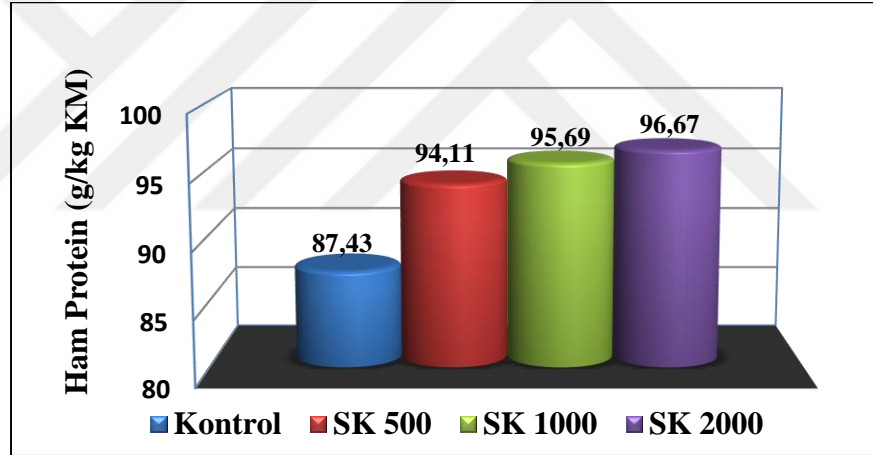
Şekil 3. 4. Silajların ham yağ değerleri

Bu çalışmada silajların HY içerikleri 103,21 g/kg KM ile 115,64 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.4). En yüksek HY içeriği kontrol grubunda belirlenirken; SK 500, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,001$).



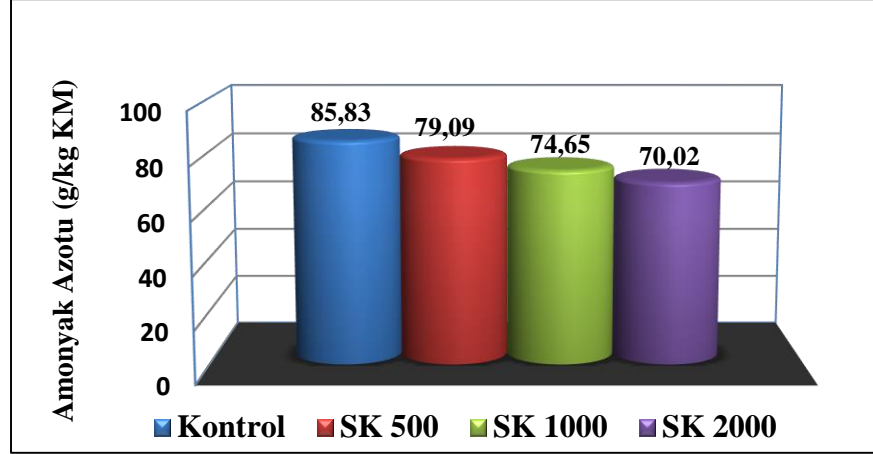
Şekil 3. 5. Silajların ham selüloz değerleri

Bu çalışmada silajların HS içerikleri 241,76 g/kg KM ile 253,25 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.5). En yüksek HS içeriği kontrol grubunda belirlenirken; SK 500, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,05$).



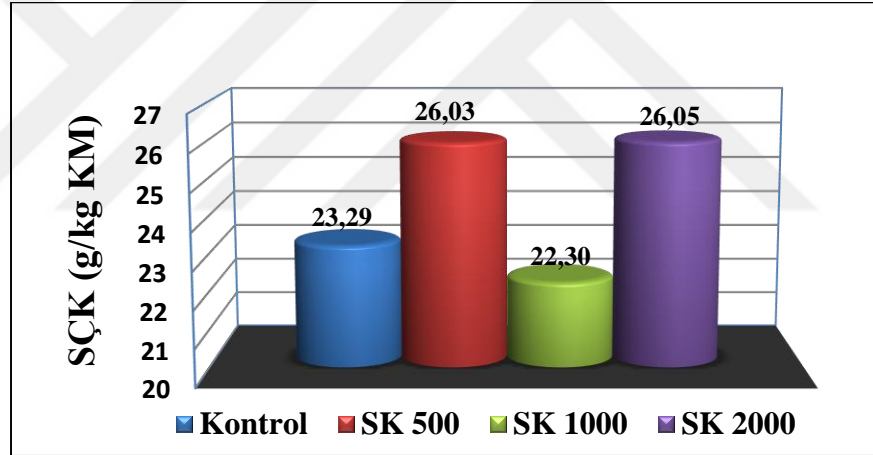
Şekil 3. 6. Silajların ham protein değerleri

Bu çalışmada silajların HP içerikleri 87,43 g/kg KM ile 96,67 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.6). En yüksek HP içeriği SK 2000 katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 1000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P>0,001$).



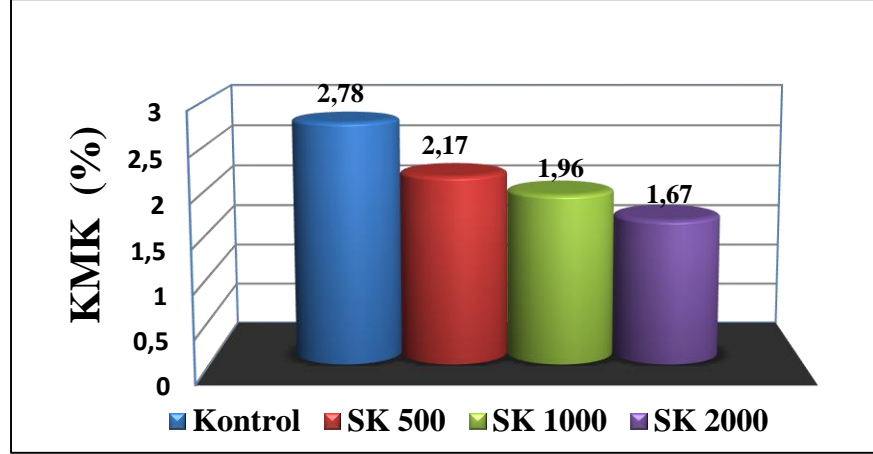
Şekil 3. 7. Silajların amonyak azotu değerleri

Silaj gruplarında en düşük $\text{NH}_3\text{-N}$ düzeyi SK 2000 (70,02 g/kg KM) grubunda saptanırken, en yüksek değer kontrol grubunda (85,83 g/kg KM) tespit edilmiştir (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.7; $P < 0,001$).



Şekil 3. 8. Silajların SÇK değerleri

Bu çalışmada silajların SÇK içerikleri 22,30 g/kg KM ile 26,05 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.8). En düşük SÇK içeriği SK 1000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 2000 silajlarında yüksek bulunmuştur ($P < 0,001$).



Şekil 3. 9. Silajların kuru madde kaybı değerleri

Ayçiçeği silajlarının fermentasyon süresince KMK %1,67 ile %2,78 arasında saptanmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.9). Altmışıncı günde açılan silaj grupları arasındaki farklılıkların önemsiz olduğu görülmüştür ($P > 0.05$).

3.2.2 Ayçiçeği Silajlarının Organik Asit Özellikleri ile İlgili Bulgular

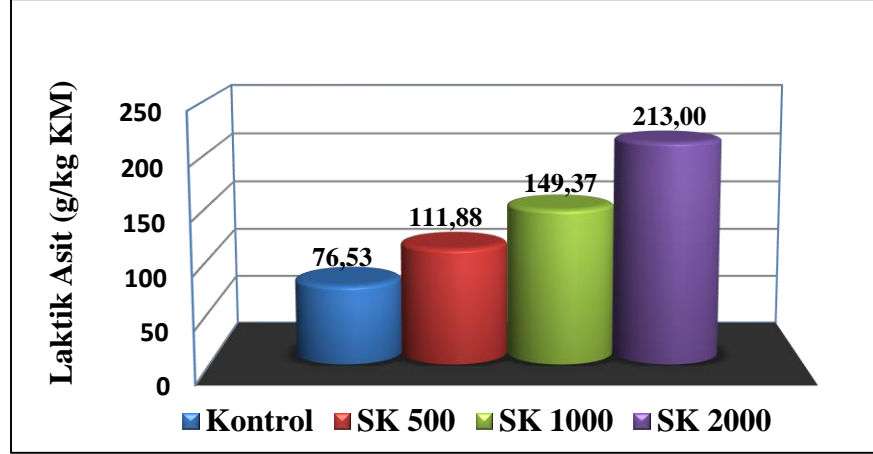
Fermentasyonun 60. gününde açılan ayçiçeği silajlarına ait organik asit analiz sonuçları Çizelge 3.3 ile Şekil 3.10., 3.11 ve 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Fermentasyonun 60. gününde açılan silajların organik asit analiz sonuçları (g/kg KM)

MATERYAL	LA	AA	PA	BA
KONTROL	76,53±4,50 ^d	13,47±1,57 ^c	0,69±0,07 ^c	0,00
SK 500 (500 ml/ton)	111,88±8,06 ^c	14,00±0,97 ^{bc}	0,82±0,04 ^b	0,00
SK 1000 (1000 ml/ton)	149,37±4,56 ^b	15,63±1,17 ^b	1,00±0,09 ^a	0,00
SK 2000(2000 ml/ton)	213,00±12,14 ^a	23,96±2,21 ^a	0,84±0,08 ^b	0,00
<i>P</i>	<0,001	<0,001	<0,001	0

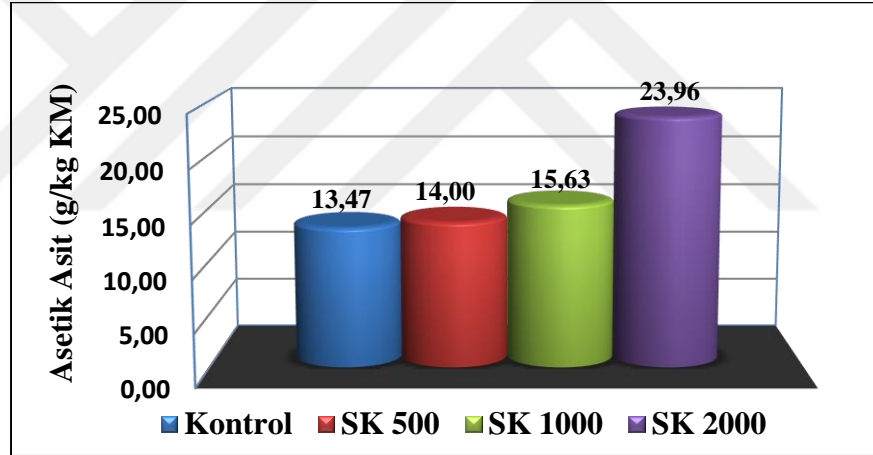
LA: Laktik asit, AA:Asetik asit, PA: Propiyonik asit, BA: Bütirik asit
^{a-d}Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir ($P < 0,05$).

Çizelge 3.3’de verildiği gibi, ayçiçeği silajlarında silajlarında kontrol, SK 500, SK 1000 ve SK 2000 gruplarında LA içerikleri sırasıyla 76,53; 111,88; 149,37 ve 213,00 g/kg KM; AA değeri 13,47; 14,00; 15,63 ve 23,96 g/kg KM; PA içerikleri 0,69; 0,82; 1,00 ve 0,84 g/kg KM olarak bulunmuştur. Silajlarda BA oluşmamıştır.



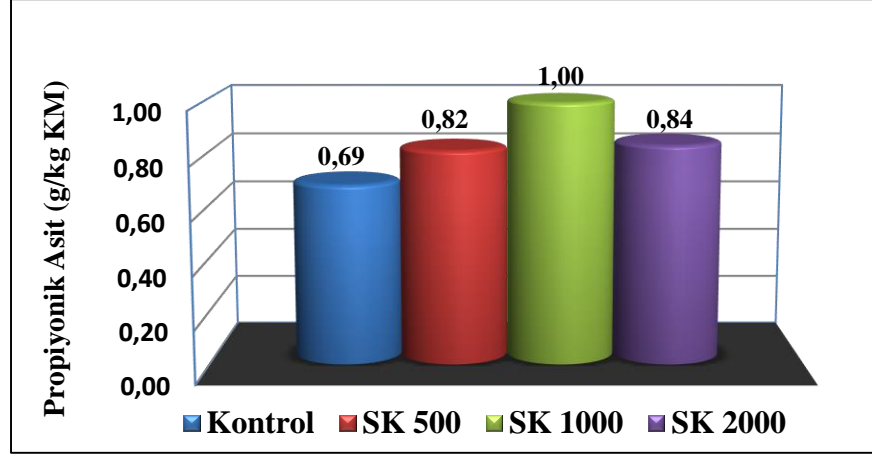
Şekil 3. 10. Silajların laktik asit değerleri

Bu çalışmada silajların LA içerikleri 76,53 g/kg KM ile 213,00 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.3 ve Şekil 3.10). En düşük LA içeriği kontrol grubunda belirlenirken; SK 500, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,001$).



Şekil 3. 11. Silajların asetik asit değerleri

Bu çalışmada silajların AA içerikleri 13,47 g/kg KM ile 23,96 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.3 ve Şekil 3.11). En yüksek AA içeriği SK 2000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 1000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,001$).



Şekil 3. 12. Silajların propiyonik asit değerleri

Bu çalışmada silajların PA içerikleri 0,69 g/kg KM ile 1,00 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.3 ve Şekil 3.12). En yüksek PA içeriği SK 1000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,001$).

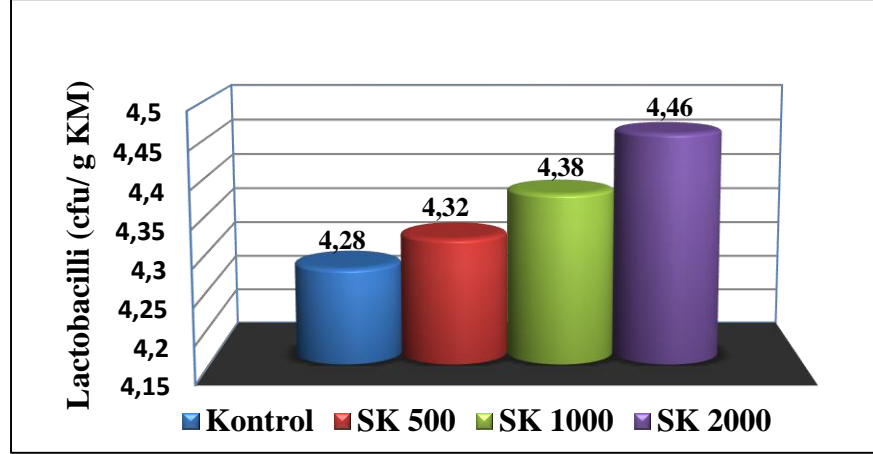
3.2.3 Ayçiçeği Silajlarının Mikrobiyolojik Özellikleri İle İlgili Bulgular

Fermantasyonun 60. gününde açılan ayçiçeği silajlarına ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 3.4, ile Şekil 3.13., 3.14'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Fermantasyonun 60. gününde açılan silajların mikrobiyoloji sonuçları (\log_{10} kob/g KM)

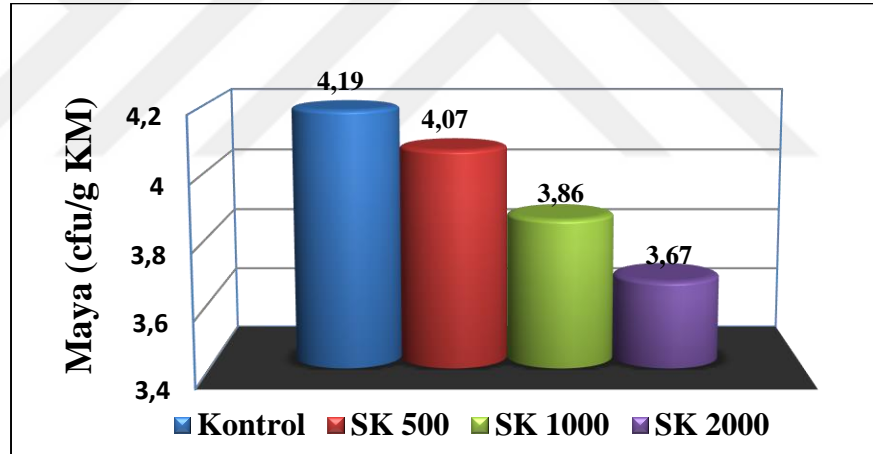
MATERYAL	<i>Lactobacilli</i>	Maya	Küf
KONTROL	4,28±0,01 ^d	4,19±0,03 ^a	0,00
SK 500 (500 ml/ton)	4,32±0,01 ^c	4,07±0,03 ^b	0,00
SK 1000 (1000 ml/ton)	4,38±0,02 ^b	3,86±0,08 ^c	0,00
SK 2000 (2000 ml/ton)	4,46±0,01 ^a	3,67±0,04 ^d	0,00
<i>P</i>	<0,001	<0,001	0

^{a-d}Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir ($P<0,05$).



Şekil 3. 13. Silajların *Lactobacilli* sayıları

Bu çalışmada silajların *Lactobacilli* içerikleri 4,28 log₁₀ kob/g KM ile 4,46 log₁₀ kob/g KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.4 ve Şekil 3.13). En yüksek *Lactobacilli* sayısı SK 2000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 1000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur (P<0,001).



Şekil 3. 14. Silajların maya sayıları

Bu çalışmada silajların maya sayıları 3,67 log₁₀ kob/g KM ile 4,19 log₁₀ kob/g KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.4 ve Şekil 3.14). En düşük maya içeriği SK 2000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 1000 silajlarında önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (P<0,001).

3.2.4 Ayçiçeği Silajların Hücre Duvarı Bileşenleri

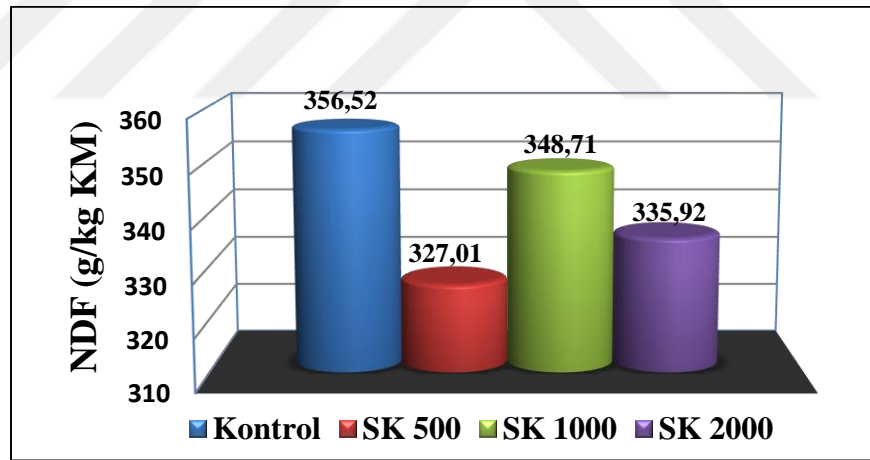
Fermantasyonun 60. gününde açılan ayçiçeği silajlarının hücre duvarı bileşenlerine ait sonuçları Çizelge 3.5, ile Şekil 3.15., 3.16., 3.17., 3.18 ve 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.5. Silajların hücre duvarı bileşenlerine ait sonuçlar (g/ kg KM)

MATERYAL	NDF	ADF	ADL	HSEL	SEL
KONTROL	356,52±8,38 ^a	316,48±9,58 ^a	63,31±6,64 ^a	40,05±5,23 ^b	253,17±5,78
SK 500 (500 ml/ton)	327,01±5,33 ^c	299,80±4,80 ^b	54,95±5,47 ^{bc}	27,22±3,50 ^a	244,85±4,06
SK 1000 (1000 ml/ton)	348,71±7,48 ^a	307,28±12,34 ^{ab}	61,44±2,88 ^{ab}	41,43±7,15 ^b	245,85±13,57
SK 2000 (2000 ml/ton)	335,92±6,61 ^b	299,70±7,11 ^b	48,82±9,02 ^c	36,23±10,48 ^b	250,88±7,83
<i>P</i>	<i><0,001</i>	<i>0,011</i>	<i>0,003</i>	<i>0,010</i>	<i>0,305</i>

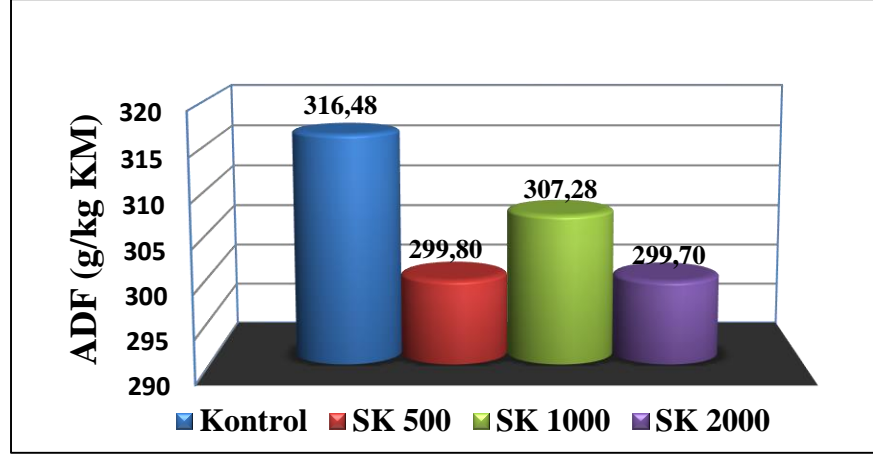
NDF:Nötr deterjanda çözünmeyen lif, ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif, ADL: Asit deterjanda çözünmeyen lignin,HSEL. Hemiselüloz, SEL: Selüloz

^{a-c}Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir (P<0,05).



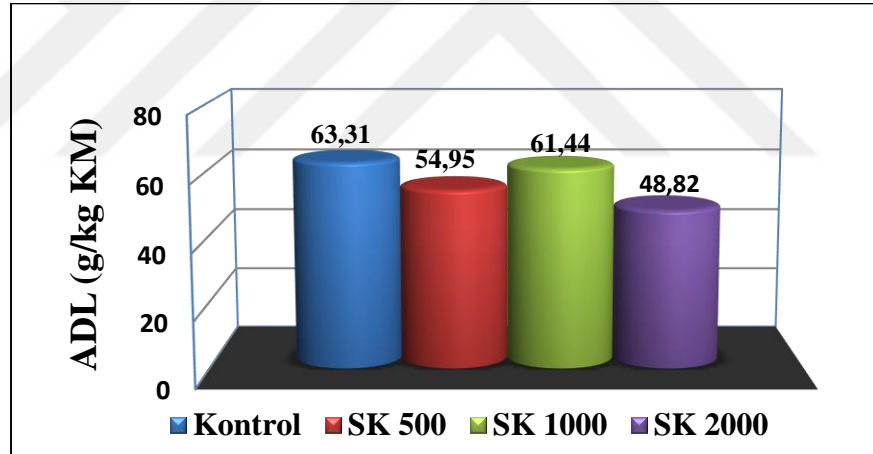
Şekil 3. 15. Silajların NDF değerleri

Bu çalışmada silajların NDF içerikleri 327,01 g/kg KM ile 356,52 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.5 ve Şekil 3.14). En düşük NDF içeriği SK 500 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (P<0,001).



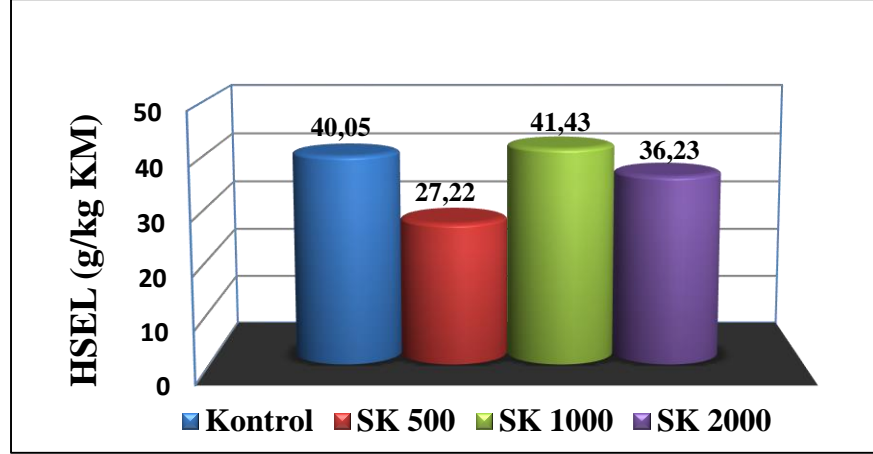
Şekil 3. 16. Silajların ADF değerleri

Bu çalışmada silajların ADF içerikleri 299,70 g/kg KM ile 316,48 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.5 ve Şekil 3.16). En düşük ADF içeriği SK 2000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol ve SK 1000 silajlarında önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P < 0,001$).



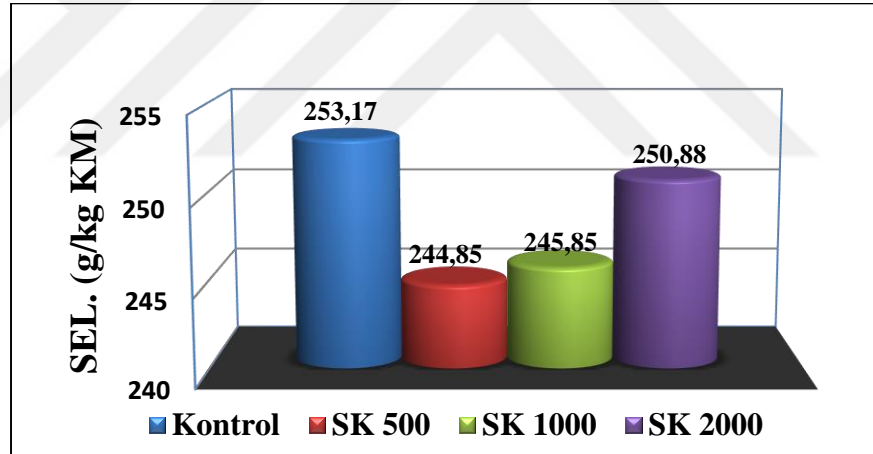
Şekil 3. 17. Silajların ADL değerleri

Bu çalışmada silajların ADL içerikleri 48,82 g/kg KM ile 63,31 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.5 ve Şekil 3.17). En düşük ADL içeriği SK 2000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 1000 silajlarında önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P < 0,001$).



Şekil 3. 18. Silajların hemiselüloz değerleri

Bu çalışmada silajların HSEL içerikleri 27,22 g/kg KM ile 41,43 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.5 ve Şekil 3.18). En düşük HSEL içeriği SK 500 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P < 0,001$).



Şekil 3. 19. Silajların selüloz değerleri

Bu çalışmada silajların SEL içerikleri 244,85 g/kg KM ile 253,17 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.5 ve Şekil 3.19). Ayçiçeği silajlarında katkı kullanımının SEL içerikleri üzerindeki etkileri önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$).

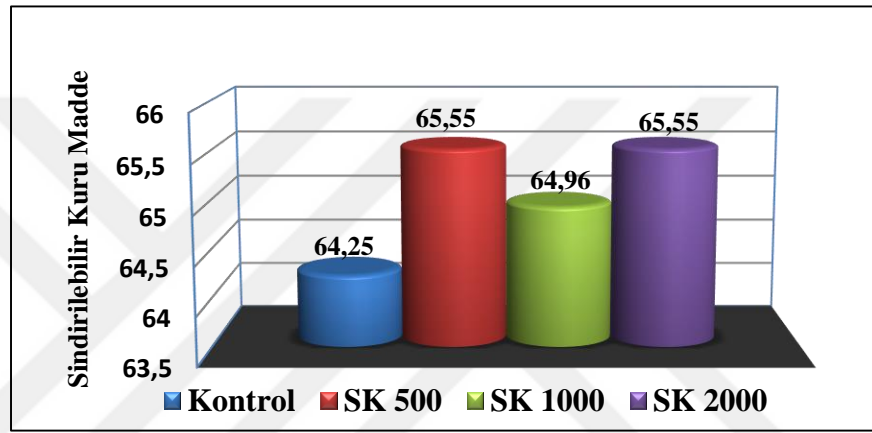
3.2.5 Ayçiçeği Silajlarının Nispi Yem Değeri İle İlgili Bulgular

Fermantasyonun 60. gününde açılan ayçiçeği silajlarının hücre duvarı bileşenlerine ait sonuçları Çizelge 3.6, ile Şekil 3.20., 3.21 ve 3.22'de verilmiştir

Çizelge 3.6. Silajların nispi yem değerine ait sonuçlar (%)

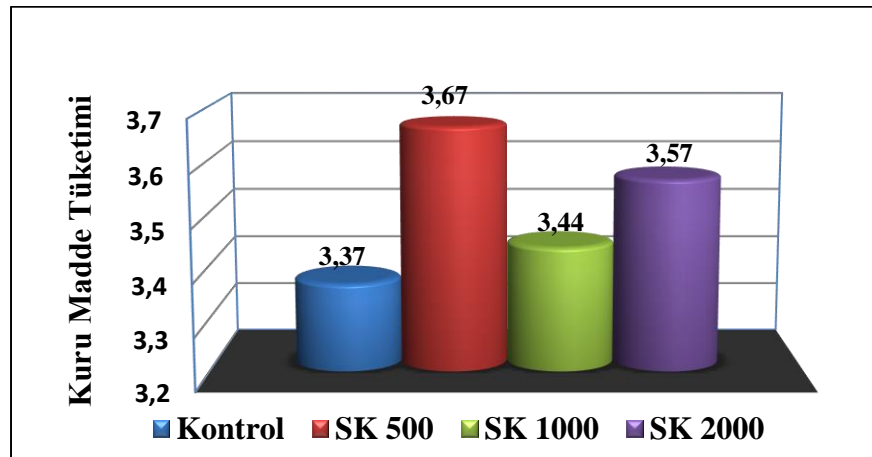
MATERYAL	SKM	KMT	NYD
KONTROL	64,25±0,75 ^b	3,37±0,08 ^c	167,70±5,72 ^b
SK 500 (500 ml/ton)	65,55±0,37 ^a	3,67±0,06 ^a	186,46±3,91 ^a
SK 1000 (1000 ml/ton)	64,96±0,96 ^{ab}	3,44±0,07 ^c	173,36±6,04 ^b
SK 2000 (2000 ml/ton)	65,55±0,55 ^a	3,57±0,07 ^b	181,54±3,66 ^a
<i>P</i>	0,011	<0,001	<0,001

SKM: sindirilebilir kuru madde; KMT: kuru madde tüketimi; NYD: nispi yem değeri
^{a-c}Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir (P<0,05).



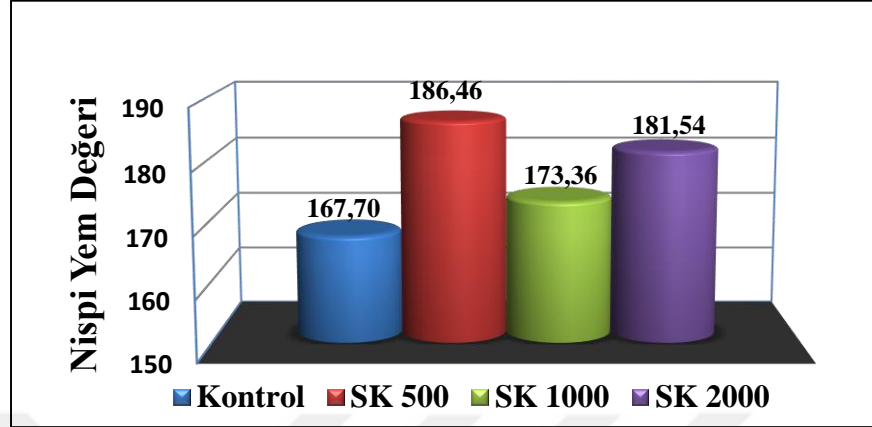
Şekil 3. 20. Silajların SKM değerleri

Bu çalışmada silajların SKM içerikleri %64,25 ile %66,55 arasında saptanmıştır (Çizelge 3.6 ve Şekil 3.20). En düşük SKM içeriği kontrol grubunda belirlenirken; SK 500, SK 1000 ve SK 2000 düzeyinde katkı kullanılan silajlarda önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (P<0,001).



Şekil 3. 21. Silajların KMT değerleri

Bu çalışmada silajların KMT içerikleri % 3,37 ile % 3,67 arasında saptanmıştır (Çizelge 3.6 ve Şekil 3.21). En düşük KMT içeriği kontrol grubunda belirlenirken; SK 500, SK 1000 ve SK 2000 düzeyinde katkı kullanılan silajlarda önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,001$).



Şekil 3. 22. Silajların NYD değerleri

Bu çalışmada silajların NYD içerikleri 167,70 ile 186,46 arasında saptanmıştır (Çizelge 3.6 ve Şekil 3.22). En düşük NYD içeriği kontrol grubunda belirlenirken; SK 500, SK 1000 ve SK 2000 düzeyinde katkı kullanılan silajlarda önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,001$).

3.2.6 Ayçiçeği Silajların Besin Madde Sindirilebilirlikleri

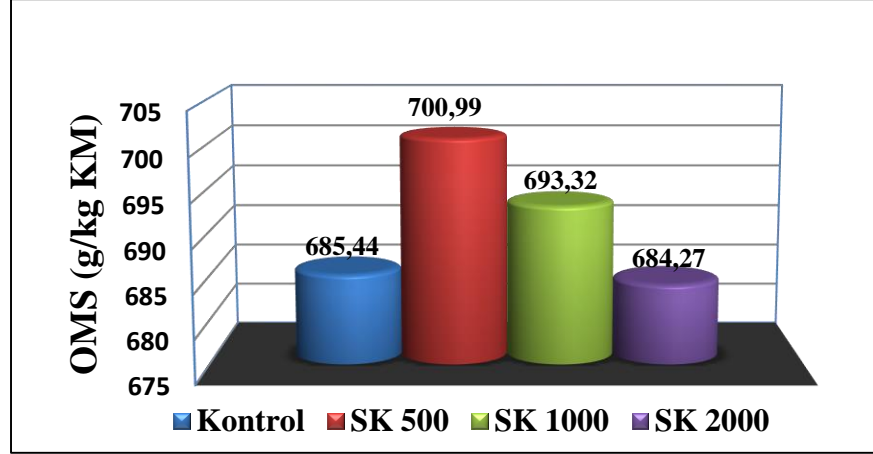
Fermentasyonun 60. gününde açılan ayçiçeği silajlarının besin madde sindirilebilirlikleri ve metabolik enerji değerlerine ait sonuçları Çizelge 3.7, ile Şekil 3.23., 3.24., 3.25 ve 3.26'da verilmiştir

Çizelge 3.7. Silajların besin madde sindirilebilirlikleri ait sonuçlar (g/ kg KM)

MATERYAL	OMS	KMS	HPS	ME
KONTROL	685,44±10,56	712,74±9,96	514,41±16,97 ^{ab}	11,61±0,12
SK 500 (500 ml/ton)	700,99±7,47	727,42±7,75	540,63±21,88 ^a	11,83±0,13
SK 1000 (1000 ml/ton)	693,32±11,03	721,69±9,03	481,46±36,23 ^b	11,78±0,13
SK 2000 (2000 ml/ton)	684,27±20,03	712,91±18,25	513,04±25,56 ^{ab}	11,60±0,27
<i>P</i>	0,132	0,127	0,008	0,075

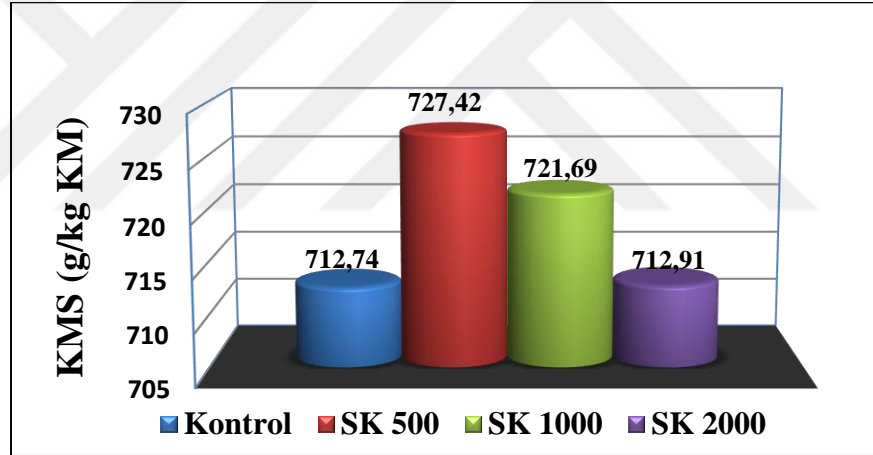
KMS: Kuru madde sindirilebilirliği, OMS: Organik madde sindirilebilirliği, HPS: Ham Protein sindirilebilirliği, ME: Metabolik enerji

^{a-b}Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir ($P<0,05$).



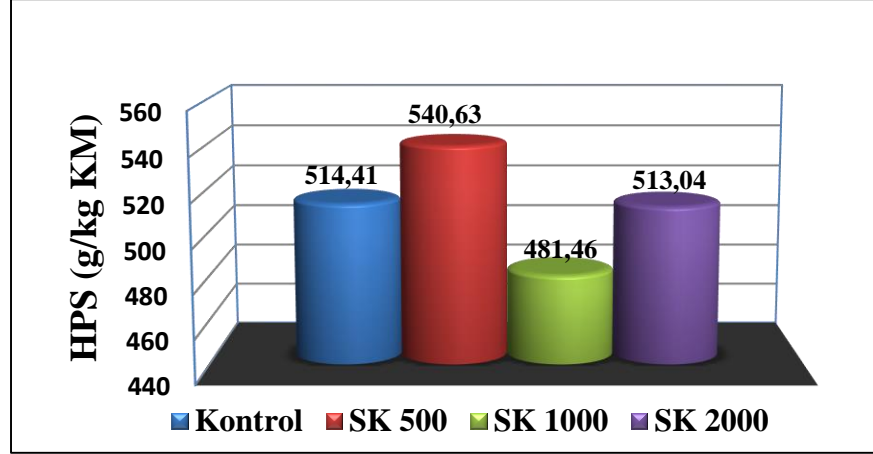
Şekil 3. 23. Silajların OMS değerleri

Bu çalışmada silajların OMS içerikleri 684,27 g/kg KM ile 700,99 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.7 ve Şekil 3.23). Ayçiçeği silajlarında katkı kullanımının OMS içerikleri üzerindeki etkileri önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).



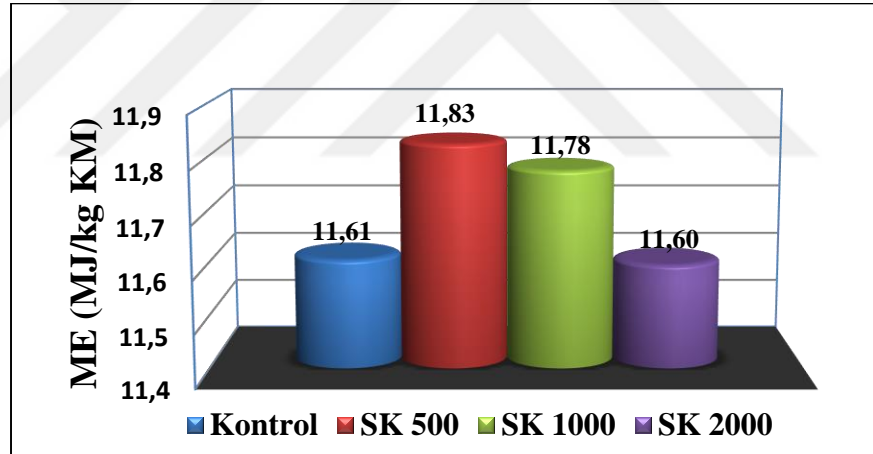
Şekil 3. 24. Silajların KMS değerleri

Bu çalışmada silajların KMS içerikleri 712,74 g/kg KM ile 727,42 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.7 ve Şekil 3.24). Ayçiçeği silajlarında katkı kullanımının KMS içerikleri üzerindeki etkileri önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).



Şekil 3. 25. Silajların HPS değerleri

Bu çalışmada silajların HPS içerikleri 481,46 g/kg KM ile 540,63 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.7 ve Şekil 3.25). En yüksek HPS içeriği SK 500 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında daha düşük bulunmuştur ($P>0,01$).



Şekil 3. 26. Silajların ME değerleri

Bu çalışmada silajların ME içerikleri 11,60 MJ/kg KM ile 11,83 MJ/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.7 ve Şekil 3.26). Ayçiçeği silajlarında katkı kullanımının ME içerikleri üzerindeki etkileri önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

3.2.7 Ayçiçeği Silajların Aerobik Stabilite Testi Değerleri

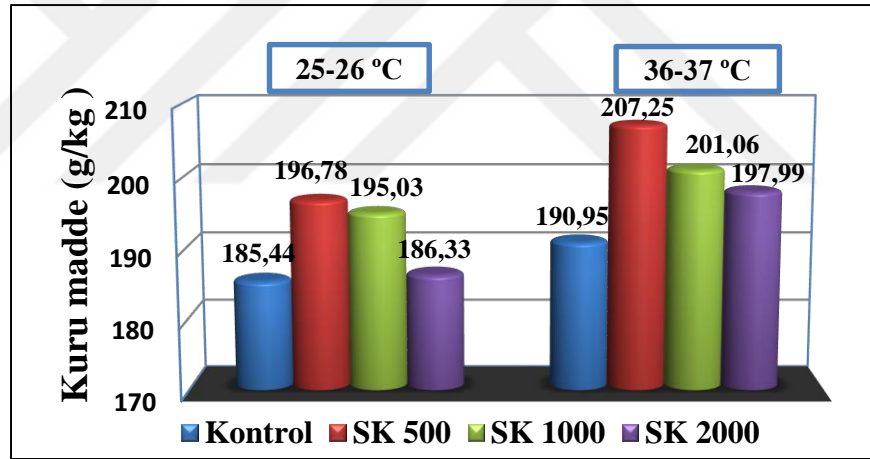
Silolamanın 60. gününde açılan silajlara ait 7 günlük 25-26 °C ve 36-37 °C olmak üzere iki farklı sıcaklık ortamındaki aerobik stabilite testi sonuçları Çizelge 3.8, ile Şekil 3.27., 3.28., 3.29 ve 3.30'da verilmiştir.

Çizelge 3.8. Silajların aerobik stabilite test sonuçları (g/ kg KM)

ORTAM	MATERYAL	KM	pH	CO ₂	MAYA	KÜF
25-26 °C	KONTROL	185,44±1,28 ^d	3,97±0,01 ^e	11,56±0,38 ^a	5,96±0,01 ^b	0,00
	SK 500 (500 ml/ton)	196,78±1,13 ^{bc}	4,11±0,02 ^c	8,82±0,15 ^d	5,86±0,01 ^d	0,00
	SK 1000 (1000 ml/ton)	195,03±2,45 ^{bc}	4,16±0,01 ^b	10,54±0,14 ^{bc}	5,42±0,02 ^f	0,00
	SK 2000 (2000 ml/ton)	186,33±1,92 ^d	4,01±0,01 ^d	7,87±0,33 ^e	4,98±0,01 ^h	0,00
36-37 °C	KONTROL	190,95±5,00 ^{cd}	3,97±0,01 ^e	11,97±0,25 ^a	6,02±0,03 ^a	0,00
	SK 500 (500 ml/ton)	207,25±1,05 ^a	4,16±0,01 ^b	9,80±0,26 ^c	5,89±0,01 ^c	0,00
	SK 1000 (1000 ml/ton)	201,06±1,43 ^{ab}	4,22±0,01 ^a	10,81±0,26 ^b	5,64±0,01 ^e	0,00
	SK 2000 (2000 ml/ton)	197,99±1,47 ^{bc}	4,03±0,01 ^d	9,87±0,18 ^c	5,17±0,02 ^g	0,00
<i>P</i>		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

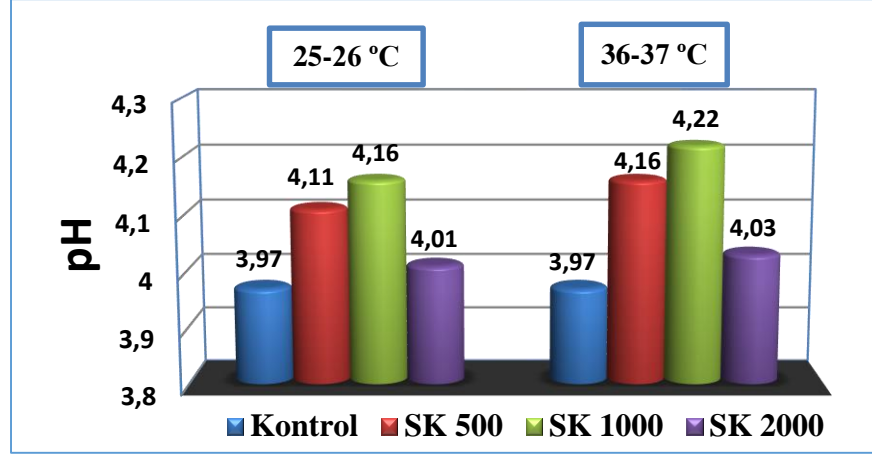
KM: Kuru madde, CO₂: Karbondioksit

^{a-d}Aynı sütunda bulunan farklı harfler önemlidir (P<0,05).



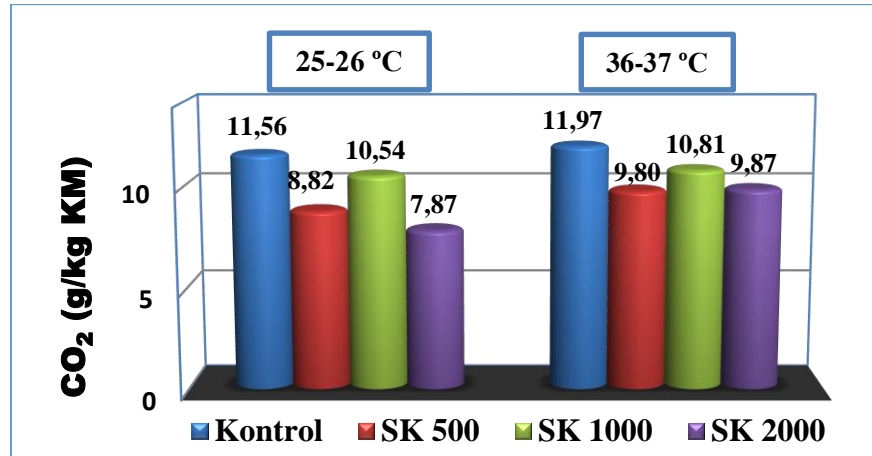
Şekil 3. 27. Silajların aerobik stabilite sonrası KM değerleri

Bu çalışmada silajların aerobik stabilite sonrası KM içerikleri sırasıyla 25-26 °C ve 36-37 °C sıcaklıkta 185,44 g/kg ile 196,78 g/kg; 190,95 g/kg ile 207,25 g/kg arasında saptanmıştır (Çizelge 3.8 ve Şekil 3.27). 25-26 °C en yüksek KM içeriği SK 500 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur (P<0,001). 36-37 °C en yüksek KM içeriği SK 500 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur (P<0,001).



Şekil 3. 28. Silajların aerobik stabilite sonrası pH değerleri

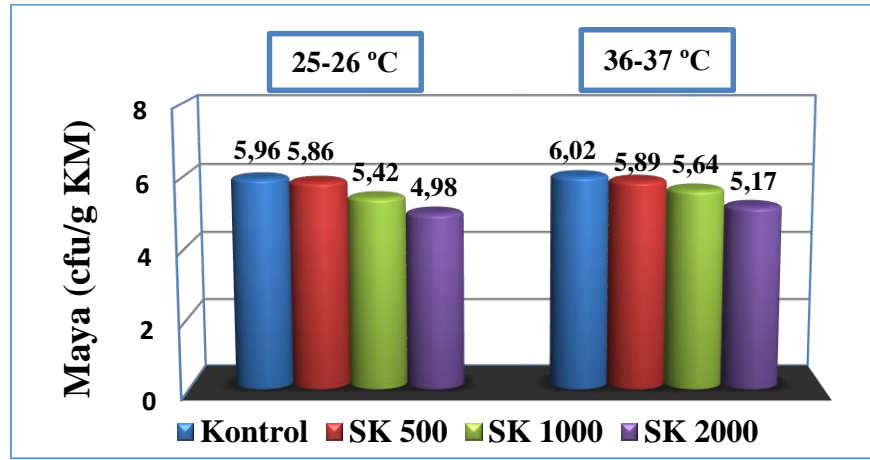
Bu çalışmada silajların aerobik stabilite sonrası pH içerikleri sırasıyla 25-26 °C ve 36-37 °C sıcaklıkta 3,97 ile 4,16; 3,97 ile 4,22 arasında saptanmıştır (Çizelge 3.8 ve Şekil 3.28). 25-26 °C en yüksek KM içeriği SK 1000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,001$). 36-37 °C en yüksek KM içeriği SK 1000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,001$).



Şekil 3. 29. Silajların aerobik stabilite sonrası CO₂ değerleri

Bu çalışmada silajların aerobik stabilite sonrası CO₂ içerikleri sırasıyla 25-26 °C ve 36-37 °C sıcaklıkta 7,87 g/kg KM ile 10,81 g/kg KM; 9,80 g/kg KM ile 11,97 g/kg KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.8 ve Şekil 3.29). 25-26 °C en düşük CO₂ içeriği SK 2000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 1000 silajlarında önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,001$). 36-37 °C en düşük CO₂ içeriği SK500 düzeyinde katkı

maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 1000 ve SK 2000 önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,001$).



Şekil 3. 30. Silajların aerobik stabilite sonrası maya değerleri

Bu çalışmada silajların aerobik stabilite sonrası maya içerikleri sırasıyla 25-26 °C ve 36-37 °C sıcaklıkta 4,98 log₁₀ kob/g KM ile 5,96 log₁₀ kob/g KM; 5,17 log₁₀ kob/g KM ile 6,02 log₁₀ kob/g KM arasında saptanmıştır (Çizelge 3.8 ve Şekil 3.29). 25-26 °C en düşük maya içeriği SK 2000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 1000 önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,001$). 36-37 °C en düşük KM içeriği SK 2000 düzeyinde katkı maddesi uygulanan grupta belirlenirken, kontrol, SK 500 ve SK 1000 önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,001$).

4. TARTIŞMA

Ayçiçeği hasıllarının silolanabilmesi için en uygun biçim zamanı danelerin süt olum dönemidir. Olgunluk dönemin ilerlemesiyle birlikte yapılan silajların besin madde sindirilme dereceleri çok düşmektedir. Ancak süt olum döneminde hasat edilen ayçiçeği hasıllarının KM oranının düşük olması ve fiziksel yapısından dolayı soldurma yapılamaması silolanabilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Süt olum döneminde hasat edilen ve soldurma yoluyla yeterli KM oranının elde etmenin zor olduğu durumlarda ayçiçeğinin fermantasyon özellikleri ve aerobik stabilitesini iyileştirmek amacıyla farklı oranlarda ilave edilen sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrat içeren karışımlarının etkilerinin incelendiği bu çalışmada, hasat zamanında taze ayçiçeği hasılı 202 g/kg KM ile silolanmıştır. Silolama sırasında silajlık ürünün pH değeri, tamponlama kapasitesi, KM, SÇK ve epifitik LAB popülasyonu gibi bazı özellikler bakımından sahip olduğu değerler fermantasyonun hızını ve kapsamını etkilerler (Nkosi ve Meeske, 2010). Taze ayçiçeği hasılımın düşük KM ve epifitik LAB popülasyonları (3,03 log₁₀ kob/g) ile yüksek tamponlama kapasitesi (547 mEq/kg KM) ve pH değeri (7,49) nedeniyle başarılı bir fermantasyonu zorlaştıran kritik özelliklere sahiptir. Başlangıç materyaline ilişkin pH değeri, Ozduven, Koç ve Akay (2017) 5,74 olarak bildirmişlerdir. Araştırmamızda saptanan başlangıç pH değerinin, diğer araştırmalardan elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Yüksek SÇK oranı (138 g/kg) silolama sırasında iyi bir fermantasyon sağlamak için önerilen minimum 50 g/kg KM (Ali ve Tahir, 2021) dikkate alındığında yeterli olduğu görülmektedir.

Ayçiçeği bitkisine farklı düzeylerde SK ilave edilmesiyle genel olarak ayçiçeği silajlarının fermantasyon özelliklerini değişken düzeylerde etkilemiştir. Kontrol grubu ile katkı maddesi kullanılan gruplar arasında önemli farklılıklar oluşmuştur. Ayçiçeği bitkisine SK katılması ile silajların pH'ları önemli düzeyde azalmıştır (P<0,01). Ayçiçeği silajlarının pH değerleri Kung ve Shaver (2001)'nin bildirdikleri kaliteli bir silajda olması gereken pH değeri (pH 3,7-4,2) ile uyumlu olduğu görülmüştür. Laktik asit ve AA yoğunluklarındaki farklılıklar da silaj pH'sındaki farklılıklara katkıda bulunmuştur. Katkı maddesi kullanımındaki artışa paralel olarak silajlarda önemli ölçüde daha düşük saptanan pH derecesi, muhtemelen SK ilave edilen silajlarda LA miktarındaki artışa bağlanabilir.

Genel olarak başarılı bir silaj fermantasyonu için silolanacak taze materyalin en az 30 g/kg KM SÇK içeriğine sahip olması gerekmektedir (Jones 1995). Araştırmamızda taze materyalde saptanan SÇK miktarları, bu konuda yapılan çalışmalardan daha yüksek tespit edilmiştir (Knicky ve Spörndly 2009, Özdüven ve ark. 2017). Fermantasyon dönemi sonrası

elde edilen SÇK oranları kontrol, SK 500, SK 1000 ve SK 2000 gruplarında sırasıyla 23,29, 26,03, 22,30 ve 26,05 g/kg KM olarak bulunmuştur. Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda Knicky ve Spörndly (2009) SÇK içeriğini 1,0-2,3 g/kg KM arasında, bir başka çalışmada ise 17.1-39.3 g/kg KM olarak tespit edilmiştir (Yuan ve ark. 2017). Haigh ve Parker (1985), farklı silaj katkı maddeleri kullandıkları araştırmalarında başarılı bir fermantasyon için silaj SÇK oranının katkı maddesi kullanılmayan silajlarda 30 g/kg KM, formik asit uygulanan silajlarda ise 25 g/kg KM olarak belirlemişlerdir.

Silajların HP miktarları incelendiğinde, 87,43-96,67 g/kg KM arasında bulunmuştur. SK ilavesindeki artışa bağlı olarak ayçiçeği silajlarının HP miktarı yükseltmiştir ($P < 0.001$). Araştırmadan elde edilen veriler, Liu ve ark. (2016), Yuan ve ark. (2017) ve Silva (2018)'nin yapmış oldukları çalışmalarında da benzer bulgular elde edilmiştir. Fermantasyon sırasında bitki yapısında bulunan proteinlerin bitkisel ve mikrobiyal kökenli enzimler etkisiyle aşırı bir şekilde proteoliz (proteinlerin amonyağa kadar parçalanması) meydana gelmesi nedeniyle taze kaba yemle karşılaştırıldığında silajların protein kalitesi daha düşüktür. Yonca (*Medicago sativa* L.) silajı gibi protein içeriği yüksek bazı kaba yemlerin proteoliz nedeniyle proteinleri %80'nin üzerinde NH_3 kadar parçalandığı bildirilmektedir (Albrecht ve Muck, 1991; Winters, Cockburn, Dhano ve Merry 2000). Silaj NH_3 -N içeriği genel olarak silolama sırasında meydana gelen proteoliz olayının bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Yem proteini, geviş getiren hayvanlar tarafından yetersiz şekilde kullanılan protein olmayan N'ye (amonyak, amino asitler ve küçük peptitler) dönüştürülebilir, bu da çiftçiler için sadece yüksek ekonomik kayıplara değil, aynı zamanda çevre üzerinde N yüküne de neden olabilmektedir (Sullivan ve Zeller, 2013). Bitki proteaz enzimlerin aktiveleri pH 6 civarında optimumdur. Daha düşük pH'larda bitki proteaz enzim aktiviteleri önemli derecede azalmaktadır (Brady 1961, Finley, Pallavicini ve Kohle, 1980; McKersie, 1985). Silolamada proteolizin hızını ve derecesini çeşitli faktörler etkileyebilir (Slotner ve Bertilsson, 2006; Dunière, Sindou, Chaucheyras-Durand, Chevallier, Thévenot-Sergentet, 2013). Silaj pH'sının 4'ün altına düştüğü zaman proteolizin tamamen durduğu bildirilmiştir (Virtanen, 1993). Bu nedenle protein parçalanmasını en aza indirmede hızlı bir pH düşüşünün çok önemli bir rol oynadığı genel olarak kabul edilmiştir (McDonald vd., 1991). Bununla birlikte, yem türleri gibi diğer faktörler de silolama sırasında proteoliz derecesini güçlü bir şekilde etkileyebilir. Silajlarda pH'yı 4 civarına çekmek için pratikte bazı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan katkı maddesi organik asit ve tuzları gibi kimyasallardır (Carpintero, Henderson ve McDonald, 1979). Ayçiçeği silajlarının NH_3 -N miktarları 70,02-85,83g/kg TN arasında değişmiştir. Fermantasyonun 60. gününde SK kullanılan silajlarda NH_3 -N/TN miktarları kontrol silajına göre önemli düzeyde

daha düşük bulunmuştur ($P<0.001$). Knicky ve Spörndly (2009) ve Knicky ve Spörndly (2011)'nin düşük KM'li silajlarında sodyum benzoate, potasyum sorbat ve sodyum nitrit bazlı katkı maddesi uygulamasının kontrol silajlarına göre daha düşük $\text{NH}_3\text{-N}$ miktarı belirledikleri çalışmalarıyla, araştırmamızdan elde edilen sonuçlar uyum içerisindedir. McDonald vd. (1998) kaliteli bir silajda $\text{NH}_3\text{-N}$ miktarının 100 g/kg TN'nin altında olması gerektiği bildirilmektedirler. Bu çalışmada gerek kontrol gerekse de katkı maddesi kullanılan silajlarda $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ oranları iyi kalitede olması gereken değerler içerisinde olduğunu görülmektedir. Taze ayçiçeği hasıllarının HK ve HY içerikleri sırasıyla 82,61 ve 117,89 g/kg KM olarak saptanmıştır. Fermantasyon sonunda (60. gün) ayçiçeği silajlarının HK içerikleri 92,09-98,41 g/kg KM, HY içerikleri ise 103,21-115,64 g/kg KM arasında değişmiştir. Ayçiçeği silajlarının her üç SK dozunda da HK içerikleri kontrol silajına göre önemli düzeyde yüksek ($P<0,001$), HY içerikleri ise düşük ($P<0,005$) bulunmuştur.

En düşük LA içeriği kontrol grubunda (76,53 g/kg KM) belirlenirken, SK oranı arttıkça LA içeriği doğrusal olarak yükselerek SK 500, SK 1000 ve SK 2000 silajlarında sırasıyla 111,88, 149,37 ve 213,00 g/kg KM olarak saptanmıştır. Ayçiçeği silajlarına SK ilavesi silajların LA içeriklerini önemli düzeyde artırmıştır ($P<0,001$). Knicky ve Spörndly (2015), 500 ml/ton dozunda SK ilave edilen silajların LA içeriklerinin (41,6 g/kg KM), kontrol silajlarına (26,3 g/kg KM) göre daha yüksek buldukları sonuçlarla, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar uyum içerisindedir. Araştırma sonuçları dikkate alındığında kontrol grubuna göre SK ilave edilen silajlarda LA miktarları önceki çalışmalar ile benzer olduğunu söylenebilir (Auerbach ve Nadeau, 2013). Silajların AA içerikleri 13,47-23,96 g/kg KM arasında saptanmış ve SK oranının artışına paralel olarak AA içeriği de artış göstermiştir. Asetik asit silajın aerobik bozulmasını engelleyen bir özellik taşımaya karşın, KM kaybına, hayvan performansında azalmaya ve yem tüketiminin düşmesine yol açtığından, silaj içerisinde fazla miktarda bulunması arzu edilmez (Danner, Holzer, Mayrhuber ve Braun, 2003). Knicky ve Spörndly (2011), düşük KM'li silajlarda SK ilavesinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında 90. günde açılan silajlarda AA içeriklerini kontrol ve SK grubunda sırasıyla 36,9 ve 21,5 g/kg KM, orta KM'li silajlarda 10,8 ve 16,0 g/kg KM, yüksek KM'li silajlarda ise 26,4 ve 26,5 g/kg KM olarak saptamışlardır. Silajların fermantasyon kalitesini belirleyen AA miktarları için farklı literatürlerden elde edilen sonuçlar çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların kısmen uyum içerisinde olduğu söylenebilir. Propiyonik asit içerikleri kontrol, SK 500, SK 1000 ve SK 2000 gruplarında sırasıyla 0,69, 0,82, 1,00 ve 0,84 g/kg KM olarak bulunmuştur. Silajların PA içeriği kontrol grubundan daha yüksek bulunmuştur ($P<0,01$). Ayçiçeği silajlarının BA tespit edilememiştir. Araştırma sonuçları dikkate alındığında kontrol grubuna göre SK ilave edilen

silajlarda PA miktarları önceki çalışmalardan daha yüksek, BA miktarları ise benzer olduğunu söylenebilir (Knicky ve Spörndly 2011, Knicky ve Spörndly 2015).

Ayçiçeği silajlarının KM kaybı % 1,67 ile 2,78 arasında değişmiştir. Ayçiçeği silajlarında SK oranındaki artış oranına bağlı olarak silajların KM kaybı kontrol silajına oranla daha düşük saptanmıştır ($P<0,001$). Bu konuda yapılan benzer bir çalışmada KM kaybı 20,3-103,6 g/kg KM arasında bildirilmiş ve SK ilave edilen silajlarda KM kaybı daha düşük belirlenmiştir (Knicky ve Spörndly 2011).

Silajlarda LAB sayısı 4,28-4,46 \log_{10} kob/g KM, maya sayıları ise 3,67-4,19 \log_{10} kob/g KM arasında değişmiştir. Ayçiçeği silajlarında SK oranındaki artışa bağlı olarak silajların LAB sayıları kontrol silajına oranla daha yüksek, maya sayıları ise daha düşük saptanmıştır ($P<0,001$). Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda da SK ilave edilmiş silajlarda maya sayıları kontrol silajlarına göre daha düşük tespit edilmiştir (Auerbach ve Nadeau, 2013). Kızılišimşek, Erol, Ertekin, Dönmez ve Katrancı (2016), fermantasyonun ilerlemesiyle birlikte maya sayılarının azalabildiğini, bu durumda silajın pH değerine, organik asitlerin yoğunluğuna ve maya türüne bağlı olarak değiştiğini bildirmektedirler. Nitekim taze materyal ile karşılaştırıldığında tüm silajların maya sayılarında bir azalma gözlenmiştir. Silo ortamında küf oluşumu istenmemektedir. Silajlarda küf bulunması durumunda hayvanların yem tüketiminde azalmaya, gebe hayvanlarda düşük yapmaya ve hormonal dengesizliklere yol açabilir (Kızılišimşek ve ark. 2016). Silajlarında herhangi bir küf oluşumu gözlenmemiştir.

Ayçiçeği hasıllarında 500 ml/ton ve 2000 ml/ton düzeyinde SK kullanılan silajların NDF, ADF ve ADL miktarları önemli düzeyde azalmıştır. Hemiselüloz içerikleri en düşük SK 500 düzeyinde katkı maddesi kullanılan silajlarda tespit edilirken, SEL içerikleri kontrol grubu silajlarına göre SK uygulanan silajlarda azalmış, ancak bu azalma önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Yem bitkileri için genellikle düşük ADF ve NDF içerikleri arzu edilir, çünkü bu hücre duvarı bileşenleri sindirimi zorlaştırır ve dolayısıyla yemin kalitesini azaltır. Mevcut çalışma silajlarında belirlenen ADF ve NDF içerikleri birçok araştırmacının bulguları ile benzerlik göstermiştir (Hu, Schmidt, McDonell, Klingerman ve Kung, 2009; Der Bedrosian, Nestor ve Kung, 2012). Nispi yem değeri, kaba yemin tüm değerini tanımlanmasında kullanılan bir indekstir (Henning, Lacefield ve Amaral-Philips, 2000). Tam çiçeklenme dönemindeki yoncanın değerinin 100 olarak kabul edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu değer altına düşüldükçe yem kalitesi azalmakta, yükselmesi durumunda ise yemin kalitesi artmaktadır (Moore ve Undersander 2002). Araştırmada ayçiçeği silajlarının SKM değerleri %64,25-66,55, KMT değerleri %3,37-3,67 NYD değerleri 167,70-186,46 arasında değişmiştir. Sindirilebilir kuru madde içeriklerinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek değerler ayçiçeği

hasıllarına SK 500 ve SK 2000 düzeyinde katkı maddesi kullanılan silajlarda ($P<0,01$), KMT için SK 500 silajında ve NYD için ise SK 500 ve SK 2000 silajlarında daha yüksek saptanmıştır ($P<0,001$). Ayçiçeği bitkisine farklı düzeylerde SK ilave edilen silajlarda *in vitro* KMS ve OMS kontrol grubu silajına göre artış göstermiş, ancak bu artış önemsiz düzeyde bulunurken ($P>0,05$), HPS bakımından en yüksek değer SK 500 grubunda saptanmıştır ($P<0,001$).

Aerobik stabilitenin 7. gününde ayçiçeği silajlarında KM içerikleri farklı depolama sıcaklıkları olan 25-26 °C'da en yüksek (SK 500) 196,78 g/kg, en düşük (kontrol) 185,44 g/kg, 36-37 °C'de en yüksek (SK 500) 207,25 g/kg, en düşük (kontrol) 190,95 g/kg olarak belirlenmiştir. Ayçiçeği silajlarında depolama sıcaklığı silajların KM düzeyleri üzerinde etkili olmuş ve depolama sıcaklığının artmasına bağlı olarak silajların KM değerleri de yükselmiştir. Farklı oranlarda SK ilavesi ise, silajların KM değerleri üzerinde etkili olmuş, 7. günde SK ilave edilen silajların kontrol grubuna oranla KM değerleri daha yüksek tespit edilmiştir. Aerobik stabilitenin 7. gününde 25-26 °C'de ve 36-37 °C'de depolanan ayçiçek silajlarında pH değerleri en düşük kontrol grubunda (3,97 ve 3,97) belirlenmiştir. Farklı ortam sıcaklığının silajların pH değerini önemli düzeyde etkilemezken, SK ilavesi ise silajların pH'larını önemli düzeyde artırmıştır ($P<0,001$). Aerobik stabilitenin 7. gününde 25-26 °C'de ve 36-37 °C'de depolanan ayçiçek silajlarında en yüksek CO₂ üretimi kontrol silajında (10,81 ve 11,97 g/kg KM) olarak belirlenmiştir. Ayçiçeği silajlarında depolama sıcaklığı silajların CO₂ düzeyleri üzerinde etkili olmuş ve depolama sıcaklığının artmasına bağlı olarak silajların CO₂ değerleri de yükselmiştir. Farklı oranlarda SK ilavesi ise, silajların CO₂ değerleri üzerinde etkili olmuş, 7. günde SK ilave edilen silajların kontrol grubuna oranla CO₂ değerleri daha yüksek tespit edilmiştir.

Aerobik stabilitenin 7. gününde ayçiçeği silajlarında maya sayıları farklı depolama sıcaklıkları olan 25-26 °C'da en düşük (SK 2000) 4,98 kob/g KM, en yüksek (kontrol) 5,96 kob/g KM, 36-37 °C'de en düşük (SK 2000) 5,17 kob/g KM, en yüksek (kontrol) 6,02 kob/g KM olarak belirlenmiştir. Farklı depolama sıcaklıkları silajların maya içeriklerinin artmasına neden olmuştur ($P<0,001$). Zorlu koşullar altında silajının aerobik stabilitesini iyileştirmede sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrit kombinasyonunun etkinliğini değerlendirdiği bir çalışma da, SK (3000 ml/t taze madde) ilave edilmiş mısır silajında, kontrol silajına göre daha düşük etanole, daha az maya sayısına ve daha yüksek aerobik stabiliteye sahip olduğunu belirtmektedir (Savage, Da Silva, Smith, Polukis, Pacer vd., 2016). Bununla birlikte, bazı çalışmalarda aerobik stabilite her zaman maya sayısıyla iyi bir şekilde ilişkilendirilmemiştir. Da Silva vd. (2015), yüksek nemli mısıra SK ilavesinin aerobik stabiliteyi önemli ölçüde iyileştirdiğini, ancak toplam maya sayısında önemli bir farklılık olmadığını bulmuştur. Benzer şekilde, Kleinschmit vd. (2005), sodyum benzoat veya potasyum

sorbat ve EDTA ilave edilmiş mısır silajlarındaki maya sayılarında sadece küçük sayısal azalmanın belirlendiğini, ancak elde edilen silajların havaya maruz kaldıklarında ise kontrol silajına göre belirgin şekilde daha stabil olduğunu bildirmektedirler. Teller, Schmidt, Whitlow ve Kung (2012) mısır hasıllarına potasyum sorbat (1000/t) ilave edilmesinin silaj kalitesi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, kontrol silajlarında maya sayılarını 4,41-5,26 kob/g arasında, potasyum sorbat ilave edilenlerde ise maya sayılarını 1.0 kob/g'ın altındaki seviyelere düşüğünü bildirmişlerdir. Silajların aerobik stabilitesinin düşük olması (Woolford, 1990), özellikle substrat olarak LA kullanan mayaların (Jonsson ve Pahlow, 1984) büyümesiyle ilişkilidir ve bu duruma sıcaklık artışı da eşlik etmektedir. Bu ilişki, kontrol silajlarının daha fazla maya içerdiği ve ayrıca daha düşük bir aerobik stabiliteye sahip olduğu çalışmamızda da iyi bir şekilde görülmüştür. Silajların aerobik bozulmasında başlıca etkili mikroorganizmalar olan mayaların aktivitesi ile açıklanabilir. Sonuç olarak, katkı maddeleri aerobik stabiliteyi iyileştirmiştir. Aerobik dönemde mayaların silajlarda oluşan LA ve kullanılmayan SÇK'ın fermente edilerek CO₂ üretimine yol açtığı ve aynı zamanda KM kayıplarına neden olduğunu bildirilmektedir (McDonald vd., 1991).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitritin antimikrobiyal özellikleri nedeniyle silaj koruyucusu olarak bu ürünlerin kullanılmasına olan ilgi artmıştır. Araştırmada farklı oranlarda kullanılan Sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitritin ayçiçeği silajlarının fermantasyonu özelliklerini ve aerobik stabilitesini olumlu yönde etkilemiştir. Laktik asit bakterilerinin gelişimini teşvik ederek LAB sayılarını ve etkinliğini artırmıştır. Buna bağlı olarak şekerlerin laktik aside dönüşümü artmış ortamda yüksek oranda bulunan LA, pH'yı düşürerek proteinleri parçalayan enzimleri inhibe etmiş ve proteinlerin amonyağa parçalanmasını düşürmüştür. Araştırma sonuçları, ayçiçeği hasıllarına sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitrit karışımının ilave edilerek silolanmasının fermantasyon özellikleri, aerobik stabilitesi ve yem değerini iyileştirdiği, en etkili dozun 2,00 g/kg olmakla birlikte, 0,5 g/kg ve üzerindeki dozların da uygulanabileceği söylenebilir. Ancak bu konudaki laboratuvar koşullarındaki çalışmaları desteklemek amacıyla gerek saha koşullarında gerekse de hayvan materyali üzerinde çalışmalar yapılması gereklidir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E. (2001). Yem Bitkileri. U.Ü. Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182. Vipaş A.Ş. Yayın No:58, 584 s., Bursa.
- Açıkgöz, E., Turgut, İ., ve Filya, İ. (2002) Silaj Bitkileri Yetiştirme ve Silaj Yapımı. Hasat Yayıncılık, Bursa.
- Akyıldız, A. R. (1984). Yemler Bilgisi Laboratuvar Klavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:859, 236, Ankara.
- Akyıldız, A. R. (1986). Yemler bilgisi ve teknolojisi. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 974, Ders Kitabı No:286, Ankara.
- Albrecht, K. A., and Muck, R. E. (1991). Proteolysis in ensiled forage legumes that vary in tannin concentration. *Crop Sci.*, 31:464–469.
- Alçıçek, A. (1988). İkinci Ürün ve Artıklarının Yem Değerleri Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s. 81, İzmir.
- Ali, M. F., and Tahir, M. (2021). An overview on the factors affecting water-soluble carbohydrates concentration during ensiling of silage. *Journal of Plant and Environment*, 3 (01):63-80.
- Anonim, (1986). The Analysis of Agricultural Material, Reference Book: 427, 428 p, London.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis (15th ed.). Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.
- Arioğlu, H. H. (2000). Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, Yayın No:A-70, Adana.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Azrieli, A., Hen, Y., and Horev, B. (1991). A Simple System to Determine the Aerobic Determination of Silages. *Can. Agric. Eng.*, 33: 391–395.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Hen, Y. and Filya, I. (2002). The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 28:261-263.
- Auerbach, H., Nadeau, E. (2013). Effects of chemical additives on whole-crop maize silage traits. In Proceedings of the 22nd International Grassland Congress, Sydney, NSW, Australia, 15–19 September.
- Aufrere, J. and Cartailier, D. (1988). Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. *Annales de Zootechnie*, 37(4), 255-270.
- Bolsen, K. K., Ashbell, G., and Weinberg, Z. G. (1996). Silage fermentation and silage additives-Review. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, 9:483-494.
- Brady, C.J. (1961). The leaf proteases of *Trifolium repens*. *Biochemical Journal*, 78: 631-640.

- Bremner, P.M., Preston G.K., and Fazekas de St. Groth C. (1986). A field comparison of sunflower (*Helianthus annuus*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) in a long drying cycle. I. Water extraction. *Aust. J. Agric. Res.*, 37:483–493.
- Carpintero, C. M., Henderson, A. R., and McDonald, P. (1979). The effect of some pre-treatments on proteolysis during the ensiling of herbage. *Grass Forage Science*, 34: 311-315.
- Chen, J., Stokes, M. R., and Wallace, C. R. (1994). Effects of Enzyme-Inoculant Systems on Preservation and Nutritive Value of Hay Crop and Corn Silages, *J. Dairy Sci.*, 77: 501-512.
- Da Silva, T. C., Smith, M. L., Barnard, A. M., and L. Kung, Jr. (2015). The effect of a chemical additive on the fermentation and aerobic stability of high-moisture corn. *J.Dairy Sci.*, 98:8904-8912.
- Danner, H., Holzer, M., Mayrhuber, E., and Braun R. (2003). Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69:562-567.
- Denek, N., Can, A., Tüfenk, Ş. (2004). *Mısır, sorgum ve ayçiçeği hasıllarına değişik katkı maddeleri katılmasının silaj kalitesi ve in vitro kurumadde sindirimine etkisi*. HR. Ü. Z. F. Dergisi, 2004, 8 (2): 1-10.
- Der Bedrosian, M. C., Nestor, K. E., and Kung L. Jr. (2012). The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *J. Dairy Sci.*, 95:5115–5126.
- Dumlu Gül, Z. (2014). Farklı ayçiçeği popülasyonlarının silaj performansı üzerine hasat dönemi ve katkı maddelerinin etkisi. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Dunière, L., Sindou, J., Chaucheyras-Durand, F., Chevallier, I., and Thévenot-Sergentet, D. (2013). Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Anim Feed Sci Technol.*, 182:1–15.
- Eken, H. (2004). Ayçiçeği. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, ISSN 1303-8346, Ankara.
- Ensminger, M. E., Olentine Jr, C. G. (1978). *Feeds and Nutrition. Complete*. Clovis, California.
- Ergün, A., Tuncer, Ş. D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M. K., Küçükersan, S. Şehu, A., ve Saçaklı, P. (2013). *Yemler, yem hijyeni ve teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Genişletilmiş 5. Baskı, Ankara.
- Filya, İ. (2000). *Silaj fermantasyonunda katkı maddeleri kullanımı*. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 15 (3): 118-125.
- Filya, İ. (2001). *Silaj Teknolojisi*. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.
- Filya, İ. (2005). *Silaj Yapımı, Teknolojisi ve Kullanımı*. Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi Yayınları, Hayvancılık Serisi: 8 Yetiştirici El Kitabı, Karacabey, Bursa.

- Finley, J. W., Pallavicini, C., and Kohle, R. G. O. (1980). Partial isolation and characterization of *Medicago sativa* leaf proteases. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31: 156-161
- Goering, H.K., and Van Soest, P. J. (1983). Forage Fiber Analyses. Agricultural Handbook, No 379, Washington.
- Goes, R. H. T. B., Miyagi, E. S., Oliveira, E. R., Brabes, K. C. S., Patussi R. A., and Dambrós, C. E. (2013). Chemical changes in sunflower silage associated with different additives. *Acta Scientiarum, Animal Sciences. Maringá*, 35 (1): 29-35.
- Haigh, P. M., and Parker, J. W. G. (1985). Effect of Silage Additives and Wilting on Silage Fermentation, Digestibility and Intake and on Liveweight Change of Young Cattle. *Grass and Forage Science*, 40:429-436.
- Henning, J. C., Lacefield, G. D., and Amaral-Philips, D. (2000). Interpreting forage quality reports. Cooperative Extension Service. ID-101.
- Hıra, M. (2012). Ayçiçeği silajlarında organik asit kullanımının fermantasyon gelişimi ve aerobik stabilite üzerine etkileri. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Hu, W., Schmidt, R. J., McDonell, E. E., Klingerman, C. M., and Kung L. Jr. (2009). The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *L. plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *J. Dairy Sci.*, 92:3907–3914.
- Jones, R. (1995). Role of Biological Additives in Crop Conservation. *In: Biotechnology in the Feed Industry*, 465:479.
- Jonsson, A., and Pahlow, G. (1984). Systematic classification and biochemical characterization of yeasts growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* cultures. *Anim. Res. Dev.*, 20:7–22.
- Kaya, Y. (2003). Türkiye’deki yağlık ayçiçeği üretiminin mevcut durumu, sorunları ve çözüm önerileri. *Çine Tarım Dergisi*, 5 (43): 34-35.
- Kemp, A., Geurink, J. H., Haalstra, R. T., and Malestein, A. (1977). Nitrate poisoning in cattle. 2. Changes in nitrite in rumen fluid and methemoglobin formation in blood after nitrate intake. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 25(1): 51–62.
- Kılıç, A. (1986). Silo Yemi (Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri), Bilgehan Basımevi, Bornova-İzmir, 327 s.
- Kırtok, Y. (1998). Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaelik Basım ve Yayınevi, İstanbul, 445 s.
- Kızıllı, M., Erol, A., Ertekin, İ., Dönmez, R., ve Katrancı, B. (2016). Silaj Mikro Florasının Birbirleriyle İlişkileri, Silaj Fermantasyonu ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19 (2), 136-140.
- Kleinschmit, D. and Kung Jr, L. (2006). A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain

silages. *Journal of Dairy Science*, 89 (10), 4005-4013. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72444-4.

- Kleinschmit, D. H., Schmidt, R. J., and Kung, L. (2005). The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 88 (6): 2130–2139.
- Knicky, M., and Spörndly, R. (2009). Sodium benzoate, potassium sorbate and sodium nitrite as silage additives. *J. Sci. Food Agric.*, 89:2659–2667.
- Knicky, M., and Spörndly, R. (2011). The ensiling capability of a mixture of sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite. *J. Dairy Sci.*, 94:824-831.
- Knicky, M., and Spörndly, R. (2015). Use of a mixture of sodium nitrite, sodium benzoate, and potassium sorbate in aerobically challenged silages. *J. Dairy Sci.*, 98:5729–5734.
- Knicky, M., Wiberg, H. G., Eide, F., and Gertzell, B. (2014). *Dynamics of gas formation during ensilage*. Proceedings of the 5th Nordic Feed Science Conference.
- Koç, F., and Coşkuntuna, L. (2003). Silo Yemlerinde Organik Asit Belirlemede İki Farklı Metodun Karşılaştırılması. *Journal of Animal Production*, 44(2): 37-47.
- Kung, Jr. L, Smith, M. L., Silva, E.B., Windle, M.C., Silva, T.C. and Polukis, S.A. (2018) An evaluation of the effectiveness of a chemical additive based on sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 101 (7): 5949-5960.
- Kung, L., and Shaver, R. (2001). How Good Is Your Silage Making? *Hoard's Dairyman*, 146:597.
- Kung, L., Tung, R.S., Maciorowski, K.G., Buffum, K., Knutsen, K., and Aimutis, W.R. (1991). Effects of plant cell-wall-degrading enzymes and lactic acid bacteria on silage fermentation and composition. *Journal of Dairy Science*, 74 (12): 4284-4296.
- Kutlu, H.R. (2004). Tüm yönleriyle silaj yapımı ve silajla besleme. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü yayınları, Adana.
- Lattermae, P., and Lingvall, P. (1996). Effect of hexamine and sodium nitrite in combination with sodium benzoate and sodium propionate on fermentation and storage stability of wilted and long cut grass silage. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 26 (3): 135–146.
- Lingvall, P., and Lattermae, P. (1999). Influence of hexamine and sodium nitrite in combination with sodium benzoate and sodium propionate of fermentation and hygienic quality of wilted and long cut grass silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79 (2): 257–264.
- Liu, C., Lai, Y. J., Lu, X. N, Guo, P. T., and Luo, H. L. (2016). Effect of lactic acid bacteria inoculants on alfalfa (*Medicago sativa* L.) silage quality: assessment of degradation (in situ) and gas production (in vitro). *Journal of Integrative Agriculture*, 15(12), 2834-2841. doi:10.1016/S2095-3119(16)61424-7.

- Martins, A.D.S., Oliveira, J.R., Lederer, M.L., Moletta, J.L., Galetto, S.L., Pedrosa, V.B., (2014). Níveis de inclusão de glicerol nas silagens de milho e girassol. *Ciência Agrotecnologia*, 38(5): 497-505.
- McDonald, P., Henderson, N., and Heron, S. (1991). The biochemistry of silage. 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publishers.
- McGuffey, R. K., and Schingoethe, D. J. (1980). Feeding value of a high oil variety of sunflowers as silage to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 63 (7): 1109-1113.
- McKersie, B. D. (1985). Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. *Agronomy Journal*, 77: 81-86.
- Moore, J. E., and Undersander, D. J. (2002). *Relative Forage Quality: An alternative to relative feed value and quality index*. In "Proceedings of the 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium", 10-11 January, Gainesville.
- Muck, R. E., and Kung, L. Jr. (1997). Effects of silage additives on ensiling. Pages 187-199 in *Silage: field to feedbunk*. Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering Service. New York, US.
- Naumann, C., and Bassler, R. (1993). Die Chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Methodenbuch, Band III. 3. Erg., Verlag Naumann, Melsungen.
- Nkosi, B. D., and Meeske, R. (2010). Effects of ensiling totally mixed potato hash ration with or without a heterofermentative bacterial inoculant on silage fermentation, aerobic stability, growth performance and digestibility in lambs. *Anim Feed Sci Tech.*, 161:38-48.
- NRC (1989). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C., 157s.
- Ozduven, M.L., Koç, F., and Akay, V. (2017). Effects of bacterial inoculants and enzymes on the fermentation, aerobic stability and in vitro organic matter digestibility characteristics of sunflower silages. *Pakistan Journal of Nutrition*, 16(1):22-27.
- Ozduven, M.L., ve Öğün, S. (2006). Yaş bira posası-ayçiçeği hasılı karışım silajlarında fermentasyon özellikleri ve toklularda ham besin maddelerinin sindirilebilirliği üzerine etkileri. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 3(3): 245-252.
- Özbay, O. (2007). Silaj Yapım Tekniği. T.C Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Özdüven, M. L. (2002). Yaş Bira Posası ve Anason Posası ile Bazı Hasıllardan Elde Edilen Silajların Yem Değerlerinin Farklı Analiz Teknikleri ile Belirlenmesi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Oude Elfering, S. J. W. H., and Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of ensiling. In: D.R. Buxton, R.E. Muck, J.H. Harrison (Eds.), *Silage Science and Technology*. 1st ed. Madison, WI: American Society of Agronomy, pp. 31–94.

- Pinter, L., Burucs, Z., and Szieberth, D. (1993). The possibility of maize-soybean and maize-sunflower intercropping as a tool for improving protein content and feeding value of silage in Central-Europe Carpathian basin. *Novenytermeles* 42, 37–47.
- Polat, C., Yurtman, İ.Y., Koç, F., Coşkuntuna, L., Özdüven, M.L. (1998). Mikrobiyal katkı maddesi kullanımının I. ve 2. ürün mısır, fiğ-tahıl karışımı, ayçiçeği silajlarında fermentasyon gelişimi ve aerobik stabilite üzerine etkileri. Kesin Rapor, Tübitak, Proje No: VHAG- 1238, Tekirdağ, 79 s.
- Sarıççek, Z.B., Ayan, İ., Garipoğlu, A. V. (2002). Mısır ve bazı baklagillerin tek ve karışık ekilmelerinin silaj kalitesine etkisi. *OMÜ Ziraat fakültesi Dergisi*, 17 (3): 1-5, Samsun.
- Savage, R. M., E. B. da Silva, M. L. Smith, S. A. Polukis, K. M., Pacer, A. E. Laubach, and L. Kung, Jr. (2016). The effects of air and heat stress on the aerobic stability of silage treated with a chemical additive. *J. Anim. Sci.*, 94(Suppl. 5):327-327.
- Seale, D.R., Pahlow, G., Spoelstra, S.F., Lindgren, S., Dellaglio, F. and Lowe, J.F. (1990). *Methods for the microbiological analysis of silage*. Paper presented at the Eurobac Conference. Uppsala, Sweden. Access link: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=SE9211078>
- Sedoşoğlu, S., Sevilmiş, U. (2019). Ayçiçeği silajı. ISPEC International Conference On Agriculture And Rural Development-II, 116-122, Ukrayna.
- Seppälä A, Heikkilä T, Mäki M and Rinne M (2016). Effects of additives on the fermentation and aerobic stability of grass silages and total mixed rations. *Grass and Forage Science*, doi: 10.1111/gfs.12221.
- Silva, E. B. (2018). The effects of a combination of sodium benzoate, potassium sorbate, and sodium nitrite on the composition of the microbial community, fermentation, and aerobic stability of whole plant corn silage and high moisture corn.
- Slottner, D., and Bertilsson, J. (2006). Effect of ensiling technology on protein degradation during ensilage. *Animal Feed Science Technology*, 127, (1–2): 101–111.
- Soysal, M. İ. (1998). Biyometrinin Prensipleri (İstatistik I ve II Ders Notları), Yayın No:95, Ders Kitabı No:64, T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi, s.331, Tekirdağ.
- Spoelstra, S.F. (1983). Inhibition of clostridial growth by nitrate during the early phase of silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34 (2): 145–152.
- SPSS (2007). SPSS 15 for Windows. SPSS Inc.
- Stanojevic, D., Comic, L., Stefanovic, O., and Solujic-Sukdolak, S. (2009). Antimicrobial effects of sodium benzoate, sodium nitrite and potassium sorbate and their synergistic action in vitro. *Bulg J Agric Sci J.*, 15:307-11.
- Sullivan, M. L., and Zeller W. E. (2013). Efficacy of various naturally occurring caffeic acid derivatives in preventing post-harvest protein losses in forages. *J. Sci. Food Agric.*, 93:219–226. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5781>.

- Supelco (1998). Analyzing fatty acids by packed column gas chromatography, Sigma-Aldrich Corp, Bulletin 856, Bellefonte, PA.
- Sürmen, M., Yavuz, T., Çankaya, N., Töngel, M.Ö. (2008). Karadeniz bölgesinde hayvan besleme alışkanlıkları üzerine bir araştırma. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(1): 49-53.
- Teller, R. S., Schmidt, R. J., Whitlow, L. W., and L. Kung Jr. (2012). Effect of physical damage to ears of corn before harvest and treatment with various additives on the concentration of mycotoxins, silage fermentation, and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.*, 95:1428–1436.
- Tosun, F. (1996). *Türkiye’de kaba yem üretiminde çayır-mera ve yem bitkileri yetiştiriciliğinin dünü, bugünü ve yarını*. Türkiye III. Çayır- Mera ve Yem bitkileri Kong., 17-19 Haziran, s. 1-4, Erzurum.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri.
- Valdez, F.R., Harrison, J.H., and Fransen. S.C. (1988). Effect of feeding cornsunflower silage on milk production and rumen fermentation of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 71:2462-2469.
- Van Dyke, N.J., and Anderson, P. M. (2000). Interpreting a Forage Analysis. Alabama Cooperative Extension. Circular ANR-890.
- Virtanen, A. I. (1993). The AIV. method of preserving fresh fodder. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 1: 143-155.
- Winters, A. L., Cockburn, J. E., Dhano A, M. S., and Merry, R. J. (2000). Effect of lactic acid bacteria in inoculants on changes in amino acid composition during ensilage of sterile and non-sterile ryegrass. *Journal of Applied Microbiology*, 89:442-451.
- Woolford, M. K. (1975). Microbiological screening of the straight chain fatty acids (C1–C12) as potential silage additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26 (2): 219–228.
- Woolford, M. K. (1990). The detrimental effects of air on silage. *J. Appl. Microbiol.*, 68:101-116.
- Yavuz, T., Kır, H., Gül, V. (2020). Türkiye ve kırışehir ilinin kaba yem üretim potansiyeli; kırışehir ili örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(3), 345- 352. doi:10.19159/tutad.728119
- Yıldız, S., Erdoğan, S. (2018). Van koşullarında silajlık mısır (*Zea mays* L.) ve Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)’nin verim parametreleri ve besin madde kompozisyonuna ait kalite özellikleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(3): 280-285.
- Yıldız, C., Ozturk, I., and Erkmen, Y. (2010). Effects of chopping length and compaction values on the feed qualities of sunflower silage. *Scientific Research and Essays*, 5(15), 2051-2054.

- Yitbarek, M. B., and Tamir, B. (2014). Silage additives: Review. *Open Journal of Applied Sciences*.
- Yuan, X.J., Wen, A.Y., Wang, J., Desta, S.T., Dong, Z.H., and Shao, T. (2016). Effects of four short-chain fatty acids or salts on fermentation characteristics and aerobic stability of alfalfa (*Medicago sativa* L.) silage. *J. Sci. Food Agric.*; 98: 328–335
- Yuan, X.J., Wen, A.Y., Desta, S.T., Wang, J., and Shao, T. (2017). Effects of sodium diacetate on the fermentation profile, chemical composition and aerobic stability of alfalfa silage. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, 30: 804-810.

