



Effects of Propionic Acid Additive on the Aerobic Stability Characteristics of Total Mixed Ration

Ahmet Aslım^{1,a}, Berrin Okuyucu^{1,b}, Fisun Koç^{1,c,*}

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tekirdag Namik Kemal University, 59030 Tekirdag, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 27/08/2020 Accepted : 09/12/2020</p> <p>Keywords: Total mixed ration Propionic acid Dairy cattle Aerobic stability Feed spoilage</p>	<p>This study investigated the effects of different levels of propionic acid addition on the aerobic stability characteristics of the total mixture ration. In the study, the effects of four different levels of propionic acid-based additives (0, 1.5, 3.0, 4.5%) on storage conditions of 26°C and 30°C. Feed samples were stored for 7 days, 3 replicates for each treatment group. Chemical and microbiological parameters were analysed in feed samples during aerobic stability. Temperature values and ambient temperature in each treatment were measured and recorded through temperature sensors for 7 days. The addition of additives in the study decreased the pH, dry matter, neutral detergent fiber, and yeast contents of total mixed ration, increased crude protein, ether extract, water soluble carbohydrate, lactic acid, and lactic acid bacteria contents and prevented mold growth. As a result of the research, the addition of 4.5% propionic acid allowed the total mixed ration to remain stable at 26°C for 7 days and 30°C for 5 days.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(1): 210-216, 2021

Propiyonik Asit Katkısının Toplam Karışım Rasyonu Yemin Aerobik Stabilite Özellikleri Üzerine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 27/08/2020 Kabul : 09/12/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: Toplam karışım rasyonu Propiyonik asit Süt sığırcılığı Aerobik Stabilite Yem bozulması</p>	<p>Bu çalışmada, farklı düzeylerde propiyonik asit ilavesinin toplam karışım rasyonu yemin aerobik stabilite özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, propiyonik asit temeline dayalı katkı maddesinin dört farklı oranda ilavesinin (%0, 1,5, 3,0 ve 4,5), 26°C ve 30°C depolama koşullarında etkisi araştırılmıştır. Yem örnekleri her muamele grubunda 3'er tekerrür olmak üzere 7 gün süre ile depolanmıştır. Aerobik stabilite süresince yem örneklerinde kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelere ilişkin analizler yürütülmüştür. Her muamele grubunda sıcaklık değerleri ve ortam sıcaklığı 7 gün süreyle sıcaklık sensörleri ile ölçülüp kaydedilmiştir. Araştırmada katkı maddesi ilavesi toplam karışım rasyonu yemin pH, kuru madde, nötral çözücülerde çözünmeyen lif ve maya içeriklerini düşürmüştür, ham protein, ham yağ, suda çözünebilir, laktik asit ve laktik asit bakteri içeriklerini yükseltmiş, küf gelişimini ise önlemiştir. Araştırma sonucunda %4,5 oranında propiyonik asit ilavesi toplam karışım rasyonunun 26°C 7 gün, 30°C ise 5 gün süre ile stabil kalmasını sağlamıştır.</p>

^a ahmetaslim39@gmail.com
^c fkoc@nku.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-5920-2198>
^b <https://orcid.org/0000-0002-5978-9232>

^b berrinokuyucu25@hotmail.com ^d <https://orcid.org/0000-0001-8322-5050>



Giriş

Toplam karışım rasyonu (TKR) hayvanlara farklı kaba ve yoğun yem öğelerinin topluca tek bir karışım halinde verildiği yemleme şekli olarak tanımlanmaktadır (Kılıç ve Polat, 2002). TKR'nın önemli bir bölümü su içeriği yüksek kaba yemlerden (silaj, posa vs.) oluşmaktadır. Dolayısı ile su içeriği yüksek olan materyallerin bir araya getirilmesi TKR'yı aerobik bozulma açısından elverişli bir hale getirmektedir. Materyallerin her birinden gelen mikroorganizma yükü TKR'ya eklenmiş olmaktadır (Ashbell ve ark., 2002). Tüm bu faktörler, silajdan daha fazla TKR'da sıcaklık artışına neden olmaktadır (Kung, 1998). Özellikle sıcak havalarda mikrobiyal aktivitenin hızlanmasına bağlı olarak TKR'da sıcaklık artışı bir sorun teşkil etmektedir. Çiftlik koşullarında, TKR'nın karıştırma işleminden 12 saat sonra kızıışmanın başladığı yönünde çalışmalar mevcuttur (Kung, 2010). TKR sıcaklığının artmasının potansiyel olumsuz sonuçları; kuru madde kaybı, yem tüketiminin azalması ve bunu takiben süt üretiminde azalma şeklinde sıralanabilir (Seppälä ve ark., 2013). Bu olumsuzluklardan kaçınmak için yemlerin daha az miktarlarda ve kısa aralıklarla hazırlanması bir seçenektir. Ancak bu pratik yöntemler işgücü maliyetlerini artırması sebebi ile her zaman tercih edilmeyebilir.

Bu yüzdende TKR'nın aerobik stabilitesini iyileştirmek amacı ile katkı maddelerinden yararlanma yoluna gidilmektedir. Bu amaçla yaygın olarak organik asitler ve organik asit tuzları kullanılmaktadır. Organik asitler katıldıkları yemlerde pH'yı düşürerek fermantasyonu sınırlamakta ve bunun sonucunda yemlerde kızıışmayı önlemektedirler. Diğer yandan antibakteriyel etkileri sayesinde, yemlerde maya, küf, clostridia, enterobakteri ve diğer aerobik mikroorganizmaların gelişip çoğalmasını engelleyerek yemlerin aerobik stabilitesini artırmak amacı ile kullanılırlar. Böylece yemler bozulmadan uzun süre kullanılabilir (Haque ve ark., 2012; Moriel ve ark., 2016; Sousa ve ark., 2019). Formik, propiyonik, asetik, laktik, sorbik, benzoik asit gibi birçok asit yemlerde kaliteyi ve buna bağlı olarak hayvansal verimi arttırmak amacıyla katkı maddesi olarak yüksek oranlarda kullanılmaktadır (Kılıç, 1986; Coşkun ve ark., 1998).

Bu çalışmada propiyonik asit temeline dayalı katkı maddesinin farklı oranlarda ilavesinin (0, %1,5, %3 ve %4,5), farklı ortam sıcaklıklarında TKR'nın aerobik stabilitesi üzerine etkilerinin laboratuvar koşullarında incelenmesi ve sahaya aktarılabilecek verilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Yem Materyali

Araştırmada kullanılan TKR'nın içerik ve kompozisyonuna ilişkin veriler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Katkı Maddesi

üzere üretilen ve koruyucu bir özelliğe sahip olan (KOFA® TMR) kullanılmıştır. KOFA TMR® propiyonik asit temeline dayalı bir koruyucu olup, bileşiminde 507.000 mg/kg propiyonik asit, 240.000 mg/kg sodyum propiyonat, 20.000 mg/kg sorbik asit, 20.000 mg/kg propandiol ve %25 su içermektedir.

Çizelge 1. TKR'nın içerik ve kompozisyonu
Table 1. Ingredients and composition of TMR

İçerik	% KM
Mısır silajı	24,41
Yüksek nemli dane mısır	18,23
Mısır DDGS	5,36
Arpa	3,37
Ayçiçeği küspesi	1,50
Yonca kuru otu	13,05
Kanola küspesi	5,03
Şeker pancarı posası	0,57
Saman	2,47
Ham dane ayçiçek	0,92
Soya kabuğu	0,93
Çiğit	5,89
Pirinç kepeği	3,98
Razmol	2,43
Melas	0,89
Portakal posası	3,46
Masarasyon suyu	5,12
Mermer tozu	0,62
Vitamin ve mineral premiksi	0,42
Ecomass	0,42
Tamponlayıcı	0,30
Tuz	0,21
Potasyum karbonat	0,20
Omnigen af	0,14
Toksin bağlayıcı	0,04
Canlı maya	0,04

Yemlerin Hazırlanması

Çizelge 1'de içeriği ve kompozisyonu belirtilen TKR'dan yaklaşık 80 kg laboratuvar ortamına getirilerek deneme başlangıcı için örnek alınmıştır. Daha sonra materyal kontrol (katkısız) ve propiyonik asit temeline dayalı koruyucunun 3 dozu (%1,5, %3 ve %4,5) olacak şekilde muamele gruplarına ayrılmıştır. Katkı maddesi ilavesinden sonra yem örnekleri her muamele grubunda 3'er tekerrür olmak üzere 7 gün süre ile 26°C ve 30°C sıcaklıklarda aerobik stabilite testine tabi tutulmuştur.

Kimyasal ve Mikrobiyolojik Analizler

Aerobik stabilite süresinin 0, 2., 4. ve 7. günlerinde örnekler üzerinde pH, kuru madde (KM), laktik asit (LA), suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK), laktik asit bakterileri (LAB), maya ve küf sayımları gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın 0. ve 7. gününde yemlerin besin madde kompozisyonuna ilişkin KM, ham protein (HP), ham kül (HK), ham yağ (HY), nötral çözücülerde çözünmeyen lif (NDF) ve asit çözücülerde çözünmeyen lif (ADF) analizleri yapılmıştır. Araştırmada pH, Chen ve ark. (1994), KM, HP, HK ve HY analizi Akıldız (1984), SÇK analizleri Anonim (1986), LA analizi Koç ve Coşkuntuna (2003)'nin bildirdikleri spektrofotometrik yöntem ile saptanmıştır. NDF ve ADF analizleri Van Soest ve ark. (1991) analiz yöntemine göre belirlenmiştir. LAB, maya ve küf sayımları Seale ve ark. (1990) tarafından bildirilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. LAB için besi ortamı olarak MRS Agar, maya ve küfler için Malt Ekstrakt Agar kullanılmıştır. Örneklere ait LAB sayımları 30°C de 3 günlük, maya ve küfler için 30°C de 5 günlük

sıcaklıkta inkübasyon dönemlerini takiben yapılmıştır. Yem örneklerinde aşağıdaki eşitlik kullanılarak *in vitro* metabolik enerji (ME) içerikleri hesaplanmıştır (Adams, 1994).

$$ME \text{ (Kcal/kg KM)} = 3704 - 40,27 \% \text{ ADF}$$

TKR'nın Sıcaklık Ölçümü

Aerobik stabilite süresince yem örneklerindeki sıcaklık değişimleri ve ortam sıcaklığı 7 gün süreyle 2 saatte bir hobo pentant data logger ile takip edilmiştir (Ranjit ve Kung, 2000).

İstatistiksel Analizler

Çalışma, propiyonik asit uygulamasının 4 düzeyi (%0, 1,5, 3,0, 4,5) ve depolama sıcaklığının 2 düzeyi (26°C ve 30°C) olacak şekilde 4×2 faktöriyel deneme desenine uygun olarak planlanmıştır. Muameleler arası farklılığın belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Steel ve Torrie, 1980). İstatistiksel analizler, SAS paket programı (Sürüm 6.0) kullanılarak yapılmıştır (SAS, 2005).

Bulgular

Çizelge 2'de TKR'nın başlangıç materyaline ilişkin analiz sonuçları verilmiştir. Başlangıç materyaline ilişkin değerler sırası ile pH, LA, SÇK, LAB ve maya içerikleri 4,77, 44,52 g/kg KM, 17,81 g/kg KM, 3,96 kob/g KM, 3,74

kob/g KM olarak saptanmıştır. Araştırmada başlangıç materyallerinde küf tespit edilmemiştir.

Araştırmanın 7. gününde TKR'nın ham besin madde değerleri Çizelge 3'de sunulmuştur. Propiyonik asit ilavesi TKR'nın HP (30°C P2 grubu hariç), HY, ADF değerlerini arttırmış, HK ve NDF içeriklerini ise düşürmüştür (P<0,001). Özellikle katkı maddesinin %4,5 oranında ilave edilmesinin bu konuda daha etkili olduğu görülmektedir. Farklı ortam sıcaklığı yem örneklerinin HP, HY, ADF (P1 hariç) değerini arttırmış, NDF içeriklerini ise düşürmüştür (P<0,001). ME içeriklerinin özellikle P1 gruplarında diğer muamele gruplarına göre önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir (P<0,001).

Propiyonik asit ilavesi, TKR'nın pH değerini (2. gün hariç) önemli düzeyde azaltmıştır (P<0,01). pH değeri üzerinde depolama sıcaklığı sadece 4. günde etkili olmuş, 30°C depolanan yemlerin pH değerleri daha yüksek tespit edilmiştir (P<0,01; Çizelge 4).

Propiyonik asit ilavesi ve depolama sıcaklığı yemlerin KM düzeyini etkilememiştir (P>0,05; Çizelge 5).

Propiyonik asit ilavesi TKR'nın SÇK değerini (7. gün hariç) önemli düzeyde arttırmıştır (P<0,01). SÇK değeri üzerinde depolama sıcaklığı da etkili olmuş, 30°C depolanan yemlerin SÇK değerleri daha düşük tespit edilmiştir (P<0,01; Çizelge 6).

Propiyonik asit ilavesi TKR'nın LA değerleri önemli düzeyde arttırmıştır (P<0,01). LA değeri üzerinde depolama sıcaklığı da etkili olmuş, 30°C depolanan yemlerin LA değerleri daha düşük tespit edilmiştir (P<0,01; Çizelge 7).

Çizelge 2. Aerobik stabilite başlangıcında TKR'nın kimyasal ve mikrobiyolojik analiz değerleri

Table 2. Chemical and microbiological analysis values of TMR at the beginning of aerobic stability

Parametreler	Değer
pH	4,77
LA, g/kg KM	44,52
SÇK, g/kg KM	17,81
LAB, kob/g KM	3,96
Maya, kob/g KM	3,74
Küf, kob/g KM	0,00

KM: Kuru madde, LA: Laktik asit, SÇK: Suda çözünebilir karbonhidrat, LAB: Laktik asit bakterisi, kob: koloni oluşturan birim

Çizelge 3. Aerobik stabilitenin 7. gününde TKR'nın ham besin madde değerleri (%KM)

Table 3. Nutrient analysis values (DM%) of TMR on day 7th of aerobic stability

Sıcaklık Muameleler	Parametreler ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)							
	KM	HP	HY	HK	NDF	ADF	ME (Kcal/kg)	
Başlangıç materyali	99,10	17,08	4,39	7,28	39,55	22,85	2530,29	
26°C	Kontrol	99,04±0,04	16,78±0,06 ^e	3,88±0,04 ^f	7,49±0,01 ^e	46,36±0,01 ^a	24,91±0,01 ^c	2453,60±0,53 ^c
	P1	99,09±0,02	17,22±0,03 ^b	4,22±0,03 ^d	7,69±0,01 ^{cd}	44,29±0,03 ^b	24,25±0,07 ^e	2478,17±2,63 ^a
	P2	98,88±0,01	17,07±0,03 ^c	3,97±0,01 ^e	7,75±0,07 ^c	39,72±0,01 ^e	26,97±0,01 ^a	2376,91±0,53 ^f
	P3	98,95±0,02	17,33±0,04 ^a	4,42±0,03 ^b	8,00±0,01 ^a	41,00±1,41 ^d	26,26±0,01 ^b	2403,34±0,53 ^c
30°C	Kontrol	99,15±0,02	16,94±0,06 ^d	3,79±0,01 ^g	8,02±0,03 ^a	42,97±0,01 ^c	24,69±0,01 ^d	2461,79±0,53 ^d
	P1	99,18±0,05	17,02±0,00 ^{cd}	4,26±0,03 ^d	7,67±0,01 ^d	36,95±0,01 ^f	20,59±0,02 ^f	2614,62±0,79 ^b
	P2	99,02±0,08	16,61±0,01 ^f	4,34±0,06 ^c	7,93±0,01 ^b	37,17±0,02 ^f	26,96±0,03 ^a	2377,28±1,05 ^f
	P3	98,66±0,14	17,30±0,01 ^{ab}	4,64±0,03 ^a	7,93±0,01 ^b	39,95±0,01 ^{de}	24,75±0,07 ^d	2459,56±26 ^e
P değerleri								
Sıcaklık (S)	Ö.D	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Propiyonik asit (P)	Ö.D	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
SXP	Ö.D	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

KM: Kuru madde, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HK: Ham kül, NDF: Nötr çözücülerde çözünmeyen lif, ADF: Asit çözücülerde çözünmeyen lif, ME: Metabolik enerji, Ö.D: Önemli değil, P1: %1,5 Propiyonik asit, P2: %3,0 Propiyonik asit, P3: %4,5 Propiyonik asit, ^{a,b,c,d,e,f} Aynı sütunda bulunan farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,001)

Çizelge 4. Aerobik stabilite süresince TKR'nın pH değerleri

Table 4. pH values of TMR during aerobic stability

Gün	Sıcaklık	Muameleler				SH	P değerleri		
		Kontrol	P1	P2	P3		Sıcaklık (S)	Propiyonik asit (P)	SXP
2.	26°C	4,70	4,66	4,67	4,60	0,02	Ö.D	Ö.D	Ö.D
	30°C	4,72	4,70	4,67	4,70				
4.	26°C	5,00 ^{bc}	4,75 ^d	4,78 ^d	4,74 ^d	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
	30°C	6,85 ^a	5,05 ^b	4,85 ^{cd}	4,77 ^d				
7.	26°C	6,34 ^a	5,55 ^b	5,24 ^b	5,03 ^b	0,20	Ö.D	<0,01	<0,01
	30°C	6,83 ^a	5,64 ^b	5,23 ^b	5,20 ^b				

P1: %1,5 Propiyonik asit, P2: %3 Propiyonik asit, P3: %4,5 Propiyonik asit, SH: Standart hata, Ö.D. Önemli Değil, ^{a,b,c,d} Aynı satırda bulunan farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

Çizelge 5. Aerobik stabilite süresince TKR'nın % KM değerleri

Table 5. DM % values of TMR during aerobic stability

Gün	Sıcaklık	Muameleler				SH	P değerleri		
		Kontrol	P1	P2	P3		Sıcaklık (S)	Propiyonik asit (P)	SXP
2.	26°C	56,56	54,32	57,74	57,13	1,32	Ö.D	Ö.D	Ö.D
	30°C	60,01	58,21	58,38	56,42				
4.	26°C	58,21	57,48	60,74	58,07	2,14	Ö.D	Ö.D	Ö.D
	30°C	62,78	60,57	57,82	62,78				
7.	26°C	60,21	59,48	61,74	58,09	1,53	Ö.D	Ö.D	Ö.D
	30°C	64,78	62,57	59,12	63,88				

P1: %1,5 Propiyonik asit, P2: %3 Propiyonik asit, P3: %4,5 Propiyonik asit, SH: Standart hata, Ö.D. Önemli Değil

Çizelge 6. Aerobik stabilite süresince TKR'nın SÇK değerleri (g/kg KM)

Table 6. WSC values of TMR during aerobic stability (g/kg DM)

Gün	Sıcaklık	Muameleler				SH	P değerleri		
		Kontrol	P1	P2	P3		Sıcaklık (S)	Propiyonik asit (P)	SXP
2.	26°C	2,06 ^f	4,78 ^d	7,07 ^b	8,12 ^a	0,24	<0,01	<0,01	<0,01
	30°C	2,47 ^f	3,77 ^e	5,15 ^d	6,23 ^c				
4.	26°C	2,86 ^e	3,66 ^d	6,05 ^c	7,87 ^a	0,22	<0,01	<0,01	<0,01
	30°C	2,66 ^e	2,90 ^e	4,31 ^d	6,75 ^b				
7.	26°C	11,58 ^a	5,16 ^{bc}	7,29 ^b	13,35 ^a	0,94	<0,01	<0,01	<0,01
	30°C	4,96 ^{bc}	3,01 ^c						

P1: %1,5 Propiyonik asit, P2: %3 Propiyonik asit, P3: %4,5 Propiyonik asit, SH: Standart hata, Ö.D. Önemli Değil, ^{a,b,c,d,e,f} Aynı satırda bulunan farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Çizelge 7. Aerobik stabilite süresince TKR'nın LA değerleri (g/kg KM)

Table 7. LA values of TMR during aerobic stability (g/kg DM)

Gün	Sıcaklık	Muameleler				SH	P değerleri		
		Kontrol	P1	P2	P3		Sıcaklık (S)	Propiyonik asit (P)	SXP
2.	26°C	36,45 ^{aac}	42,73 ^a	38,66 ^{aa}	42,59 ^a	2,31	<0,01	<0,01	<0,01
	30°C	13,39 ^e	34,26 ^{acd}	28,01 ^d	29,30 ^{cd}				
4.	26°C	22,13	30,39	23,57	31,28	3,66	Ö,D	<0,05	Ö,D
	30°C	22,80	31,67	37,67	38,33				
7.	26°C	29,35 ^a	28,46 ^a	29,54 ^a	36,22 ^a	2,85	<0,01	<0,01	<0,01
	30°C	7,19 ^a	4,83 ^a	29,42 ^a	31,82 ^a				

P1: %1,5 Propiyonik asit, P2: %3 Propiyonik asit, P3: %4,5 Propiyonik asit, SH: Standart hata, Ö.D. Önemli Değil, ^{a,b,c,d,e} Aynı satırda bulunan farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

Yemlerin Mikrobiyolojik Özellikleri

Araştırmada değişik düzeylerde kullanılan propiyonik asit ilavesi aerobik stabilitenin 2. ve 4. gününde TKR'nın LAB'ını kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürürken (P<0,01), 7. günde (P3 hariç) artmasına sebep olmuştur. LAB değeri üzerinde depolama sıcaklığı da etkili olmuş, 30°C depolanan yemlerin (P3 hariç) LAB değerleri daha düşük tespit edilmiştir (Çizelge 8).

Araştırmada değişik düzeylerde kullanılan propiyonik asit ilavesi 7 günlük depolama dönemi sonunda TKR'nın maya değerini kontrol grubuna göre önemli düzeyde

düşürürken (P<0,01), en düşük maya değeri %4,5 düzeyinde propiyonik asit katılan gruplarda gerçekleşmiştir. Maya değeri üzerinde depolama sıcaklığı da etkili olmuş, 30°C depolanan yemlerin maya değerleri daha düşük tespit edilmiştir (Çizelge 9).

Araştırmada değişik düzeylerde kullanılan propiyonik asit ilavesi 7 günlük aerobik stabilite süresince TKR'nın küf gelişimini tamamen önlemiştir (P<0,01), küf gelişimi üzerinde depolama sıcaklığının herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir (Çizelge 10).

TKR'nın sıcaklık verileri

Araştırma süresince sıcaklık sensör verilerine ilişkin ortalama değerler Çizelge 11'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde aerobik bozulmanın en geç (P3) grubu yemlerde gerçekleştiği ve özellikle 26°C'de 7 günlük sürede yemlerin stabil kaldığı tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Gerek organik asit gerekse organik asit temeline dayalı katkı maddelerinin en önemli özellikleri, yemlerde asit bir ortam yaratarak fermentasyonu ve fermentasyon ürünlerinin miktarını sınırlandırmalarıdır (McDonald ve ark., 1991). Araştırma sonucundaTKR'ya değişik düzeylerde katılan propiyonik asit TKR'nın pH'sını düşürerek asidik bir ortam yaratmış ve fermentasyonu sınırlandırmıştır. Araştırmada en düşük pH değeri %4,5 düzeyinde propiyonik asit ilave edilen P3 gruplarında gerçekleşmiştir.

Propiyonik asit ilavesi TKR'nın SÇK değerini (7. gün hariç) önemli düzeyde arttırmıştır. Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda artan organik asit ilavesine bağlı olarak SÇK miktarının arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar bu artışı antifungal özelliğe sahip katkı maddelerinin istenmeyen mikroorganizma gelişimini önleyerek KM ve kayıplarını azaltmasına bağlamaktadır (Da Silva ve ark., 2015; Wen ve ark., 2017; Yuan ve ark., 2017).

Propiyonik asit ilavesi TKR'nın LA değerlerini kontrol grubuna göre önemli düzeyde arttırmıştır. Bu konuda yapılan benzer bir çalışmada mısır silajına dayalı TKR'ya propiyonik asit ilavesinin LA konsantrasyonlarının, kontrol grubuna göre daha düşük olduğu bildirilmektedir (Chen ve ark. 2014). Araştırmada ki bu farklılıklar TKR'nın bileşiminden kaynaklanmış olabilir.

Propiyonik asit ilavesi yemlerin LAB içerikleri kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. TKR'nın düşük pH'sı LAB çalışmasını bir miktar engellemiştir. Diğer yandan yemin içerisindeki bu düşük pH'lı asidik ortamda maya ve küf gelişimi de engellenmiş olup, propiyonik asit katılan TKR'nın içerdiği söz konusu mikroorganizma popülasyonları kontrol silajından daha az düzeyde olmuştur. Benzer şekilde Filya ve Sucu (2005) formik asit temeline dayalı bir koruyucunun mısır ve sorgum silajlarının LAB, maya ve küf sayılarını kontrol grubu silajlara göre düşürdüğünü saptamışlardır. Nitekim Potkanski ve ark. (2000) formik asidin buğdaygil-baklagil karışımı silajların hijyenik yapılarını ve silaj kalitesini geliştirdiğini belirlemişlerdir. Filya ve Sucu (2005) mısır,

sorgum ve buğday silajlarında formik asit temeline dayalı bir katkı madde kullanımının söz konusu silajların fermentasyon özelliklerini etkilemediğini saptarken, silajların aerobik stabiliteelerini artırdığını saptamışlardır.

Pahlow ve ark. (2003)'de TKR'nın maya sayısının (3-5 log₁₀ kob/g) düzeyinde olduğunu ve yüksek oranda maya sayısının yüksek sıcaklıklarda aerobik stabiliteyi düşürdüğünü bildirmişlerdir Araştırma sonuçları dikkate alındığında özellikle yüksek sıcaklıklarda 2. ve 4. gün kontrol grubunda maya içeriğinin yüksek bulunması bu konuda ki sonuçları destekler niteliktedir.

Araştırma materyalini oluşturan TKR'nın önemli bir bölümü mısır silajı ve yüksek nemli dane mısırdan oluşmaktadır. Mısır materyal olarak kolay silolanabilir yem grubundadır. Ancak mısırın silolanmasını kolaylaştıran faktörler, aerobik stabilite açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Aerobik stabilite bir yemin sıcaklığının yükselmeden stabil kaldığı süre olarak tanımlanmaktadır. Buradaki değerlendirmede yemlerin sıcaklıklarının ortam sıcaklığının +2°C yükselmesi dikkate alınarak değerlendirme yapılmaktadır. Silajlarda ve TKR'nın sıcaklığının yükselmesi yemin aerobik stabilitesinin bozulduğunun bir göstergesidir. Nitekim yemlerdeki mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak sıcaklık artışları olmakta ve bu özellikle yüksek sıcaklıklarda yemin depolanması daha da zorlaşmaktadır (Uriarte, 2001; Koç ve ark., 2009; Wilkinson ve Davies, 2012). Araştırmada 7 günlük periyotta 26°C özellikle %4,5 oranında propiyonik asit ilavesi yemlerin stabil kalmasında etkili olmuştur. 30°C ise yine artan propiyonik asit ilavesine bağlı olarak 120 saate yani 5 gün süre ile yemler stabilitesini korumuştur. Bu konuda yapılan benzer bir çalışmada propiyonik asit ilave edilmiş yemlerin aerobik stabilite süresinin 360 saatten daha fazla olduğu belirlenmiştir (Zhang ve ark., 2015).

Sonuç olarak, araştırmada kullanılan propiyonik asit temeline dayalı katkı maddesi TKR'nın aerobik stabilite süresini kontrol grubu silajlara göre olumlu yönde etkilemiştir. Yemin pH, KM, NDF, LAB ve maya içeriklerini düşürmüş, HP, HY, SÇK ve LA içeriklerini yükseltmiş, küf gelişimini ise önlemiştir. Bu çalışmanın koşullarında 26°C sıcaklıkta %4,5 oranında propiyonik asit ilavesi TKR'nın 7 günden daha uzun süre 30°C sıcaklıkta ise 5 gün süre ile stabil kalmasında etkili olmuştur. Ekonomik kullanımı dikkate alındığında ise, tona maliyeti 2 TL olan katkı maddesinin %1,5 oranında ilavesinin uygun doz olduğu söylenebilir.

Çizelge 8. Aerobik stabilite süresince TKR'nın LAB değerleri (kob/g KM)

Table 8. LAB values of TMR during aerobic stability (cfu/g DM)

Gün	Sıcaklık	Muameleler				SH	P değerleri		
		Kontrol	P1	P2	P3		Sıcaklık (S)	Propiyonik asit (P)	SXP
2.	26°C	4,21	4,09	4,50	4,02	0,12	Ö.D	Ö.D	Ö.D
	30°C	4,22	4,33	3,97	4,25				
4.	26°C	4,68 ^{ab}	4,53 ^{abc}	4,55 ^{abc}	4,01 ^c	0,18	Ö.D	<0,01	<0,05
	30°C	4,87 ^a	4,59 ^{abc}	4,64 ^{ab}	4,09 ^{bc}				
7.	26°C	5,68 ^{ab}	6,02 ^a	5,94 ^a	4,35 ^c	0,18	<0,01	<0,01	<0,01
	30°C	4,15 ^c	4,59 ^c	5,83 ^a	5,24 ^b				

P1: %1,5 Propiyonik asit, P2: %3 Propiyonik asit, P3: %4,5 Propiyonik asit, SH: Standart hata, Ö.D. Önemli Değil, ^{a,b,c}Aynı satırda bulunan farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

Çizelge 9. Aerobik stabilite süresince TKR'nın maya değerleri (kob/g KM)

Table 9. Yeast values of TMR during aerobic stability (cfu/g DM)

Gün	Sıcaklık	Muameleler				SH	P değerleri		
		Kontrol	P1	P2	P3		Sıcaklık (S)	Propiyonik asit (P)	SXP
2.	26°C	4,01	4,01	4,49	3,89	0,16	Ö.D	Ö.D	Ö.D
	30°C	4,02	4,36	3,92	4,24				
4.	26°C	4,61 ^{ab}	4,53 ^{abc}	4,48 ^{bc}	4,02 ^{cd}	0,18	Ö.D	<0,01	<0,01
	30°C	5,09 ^a	4,55 ^{abc}	4,49 ^{bc}	3,74 ^d				
7.	26°C	5,77 ^a	5,91 ^a	5,67 ^a	1,00 ^b	0,70	Ö.D	<0,01	<0,01
	30°C	5,27 ^{ab}	3,35 ^b	5,20 ^{ab}	3,64 ^{ab}				

P1: % 1,5 Propiyonik asit, P2: %3 Propiyonik asit, P3: %4,5 Propiyonik asit, SH: Standart hata, Ö.D. Önemli Değil, ^{a,b,c,d} Aynı satırda bulunan farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

Çizelge 10. Aerobik stabilite süresince TRK'nın küf değerleri (kob/g KM)

Table 10. Mould values of TMR during aerobic stability (cfu/g DM)

Gün	Sıcaklık	Muameleler				SH	P değerleri		
		Kontrol	P1	P2	P3		Sıcaklık (S)	Propiyonik asit (P)	SXP
2.	26°C	3,08 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	2,31	<0,01	<0,01	<0,01
	30°C	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b				
4.	26°C	3,18 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	3,66	Ö.D	<0,01	<0,01
	30°C	3,23 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b				
7.	26°C	4,00 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	2,85	Ö.D	<0,01	<0,01
	30°C	4,00 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b				

P1: % 1,5 Propiyonik asit, P2: %3 Propiyonik asit, P3: %4,5 Propiyonik asit, SH: Standart hata, Ö.D. Önemli Değil, ^{a,b} Aynı satırda bulunan farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01)

Çizelge 11. Aerobik stabilite süresince sıcaklık sensör verilerine ilişkin ortalama değerler (°C)

Table 11. Average values for temperature sensor data during aerobic stability (°C)

Sıcaklık	Muameleler	Aerobik bozulma (saat)	Sıcaklık Maksimum	Sıcaklık Minimum	Sıcaklık Ortalama
26°C	Kontrol	72	41,34	22,33	27,72
	P1	88	35,64	26,13	26,85
	P2	124	29,75	25,53	25,11
	P3	>168	25,32	22,14	23,26
30°C	Kontrol	66	46,34	23,86	33,74
	P1	84	42,40	24,25	31,18
	P2	88	36,51	23,97	30,23
	P3	120	33,22	23,77	29,00

P1: % 1,5 Propiyonik asit, P2: % 3,0 Propiyonik asit, P3: % 4,5 Propiyonik

Bilgilendirme

Bu makale Ahmet Aslın'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmada kullanılan propiyonik asit temeline dayalı katkı maddesi (KOFA® TMR) kullanımına ilişkin firma ile herhangi bir çıkar ilişkimizin olmadığını beyan ederiz.

Kaynaklar

- Adams RS. 1994. Penn State Professor Emeritus of Dairy Science, for Use in Forage and Feed-Testing Schemes. Revised.
- Akyıldız AR. 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu. A.Ü. Zir. Fak., Ankara, Ankara Üniversitesi Basımevi, Uygulama Kılavuzu, 236 s.
- Anonim. 1986. The Analysis of Agricultural Material, Reference Book: 427, 428 p, London.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Hen Y, Filya I. 2002. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 28, 261–263. DOI.org/10.1038/sj/jim/7000237.
- Chen J, Stokes MR, Wallace CR. 1994. Effects of enzyme – inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silage. J. Dairy Sci., 77 (2): 501-512. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(94)76978-2.

- Chen L, Guo G, Yuan X, Shimojo M, Yu C, Shao T. 2014. Effect of applying molasses and propionic acid on fermentation quality and aerobic stability of total mixed ration silage prepared with whole-plant corn in Tibet. Asian Australas. J. Anim. Sci. 27 (3): 349-356. DOI:10.5713/ajas.2013.13378.
- Coşkun B, Şeker E, İnal F. 1998. Yemler ve Teknolojisi. S.Ü. Veteriner Fakültesi Yayınları, Konya.
- Da Silva, TC, Smith ML, Barnard AM, Kung Jr L. 2015. The effect of a chemical additive on the fermentation and aerobic stability of high-moisture corn. J. Dairy Sci. 98 (12): 8904–8912. DOI:10.3168/jds.2015-9640.
- Filya İ, Sucu E. 2005. Silaj fermantasyonunda organik asit kullanımı üzerine araştırmalar. 1. formik asit temeline dayalı bir koruyucunun laboratuvar koşullarında yapılan mısır silajlarının fermentasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (1): 51-56.
- Haque MN, Chowdhury R, Islam KM, Akbar M. 2012. Propionic acid is an alternative to antibiotics in poultry diet. BJAS. 38, 115–122. doi.org/10.3329/bjas.v38i1-2.9920.
- Kılıç A, Polat M. 2002. Süt Sığırcılığında Toplam Harmanlanmış Rasyon Uygulaması ve Vücut Kondisyon Testi. Hayvansal Üretim 43(1): 1-11.
- Kılıç A. 1986. Silo yemi (Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri). Bilgehan Yayın, İzmir, (p. 68).

- Koc F, Coskuntuna L, Ozduven ML, Coskuntuna A, Samlı HE. 2009. The effects of temperature on the silage microbiology and aerobic stability of corn and vetch-grain silages. *Acta Agriculturae Scand Section*, 59: 239-246. DOI.org/10.1080/09064700903490596.
- Koç F, Coşkuntuna L. 2003. Silo yemlerinde organik asit belirlemede iki farklı metodun karşılaştırılması. *Hayvansal Üretim*, 44 (2): 37-47.
- Kung JrL. 2010. In: *Aerobic Stability of Silage*, Proc. 2010 California Alfalfa and Forage Symposium and Crop/cereal Conference. Visalia, CA, USA.
- Kung LJ, Sheperd AC, Smagala AM, Endres KM, Bessett CA, Ranjit NK, Glancey JL. 1998. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81, 1322–1330. DOI.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75695-4.
- McDonald P, Henderson AR, Heron SJE. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Second Edition. 340 p., Chalcombe Publication, Marlow, England.
- Moriel P, Piccolo MB, Artioli LFA, Santos GS, Poore MH, Ferraretto LF. 2016. Method of propionic acid-based preservative addition and its effects on nutritive value and fermentation characteristics of wet brewers grains ensiled in the summertime. *AAS*. 32, 591–597. DOI.org/10.15232/pas.2016-01513.
- Pahlow G, Muck RE, Driehuis F, Oude Elferink SJWH. 2003. Microbiology of ensiling. Page 50 in *Silage Science and Technology*. D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison, ed. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
- Potkanski AM, Kostulak-Zielinska, Selwet M. 2000. The effect of additives containing formic acid on the nutritive and hygienic value of silages made from grass- legume mixtures. *International Conference of Animal Nutrition in Tartu, Estonia*, 25-26 may, pp. 83-87.
- Ranjit NK, Kung JrL. 2000. The effect of *lactobacillus buchneri*, *lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J Dairy Sci.*, 83 (3): 526–535. DOI.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)74912-5.
- SAS. 2005. *SAS® User's Guide: Statistics*. Version 6. SAS Institute. Cary. NC. USA.
- Seale DR, Pahlow G, Spoelstra SF, Lindgren S, Dellaglio F, Lowe JF. 1990. *Methods For the Microbiological Analysis of Silage*. Proceeding of the Eurobac Conference, 147, Uppsala.
- Seppälä A, Heikkilä T, Mäki M, Rinne M. 2016. Effects of additives on the fermentation and aerobic stability of grass silages and total mixed rations. *Grass Forage Sci.* 71, 458–471. DOI.org/10.1111/gfs.12221.
- Sousa DO, Hansen HH, Nussio LG, Nadeau E. 2019. Effects of wilting and ensiling with or without additive on protein quality and fermentation of a lucerne white clover mixture. *Anim. Feed Sci. Technol.* 258, 114301. DOI.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114301.
- Steel RG, Torrie JH. 1980. *Principle and Procedures of Statistic: A Biometrical Approach*: New York: McGraw-Hill.
- Uriarte ME. 2001. *Aerobic Stability of Corn Silage*. Kansas State University Unpublished Ph.D. Thesis, Manhattan.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74:3583–3597.
- Wen AY, Yuan XJ, Wang J, Desta ST, Shao T. 2017. Effects of four short-chain fatty acids or salts on dynamics of fermentation and microbial characteristics of alfalfa silage. *Animal Feed Science Technology*. 223:141-148. DOI.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.11.017.
- Wilkinson JM, Davies DR. 2012. The aerobic stability of silage: Key finding and recent developments. *Grass and Forage Science*, 68 (1): 1-19. DOI/epdf/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.
- Yuan XJ, Wen AY, Desta ST, Wang J, 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 (6): 804-810. DOI:10.5713/ajas.16.0773.
- Zhang J, Guo G, Chen L, Li J, Yuan XJ, Yu C, Shimojo M, Shao T. 2015. Effect of applying lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality and aerobic stability of oats-common vetch mixed silage on the Tibetan plateau *Animal Science Journal* 86, 595–602. DOI: 10.1111/asj.12340.