



## The Effect of Sodium Formatted Addition on the Quality of No-Cob Sweet Corn Silage

Asuman Arslan Duru<sup>1,a,\*</sup>, Behlül Sevim<sup>2,b</sup>, İlker İnal<sup>3,c</sup>, Bülent Çakır<sup>4,d</sup>, Osman Olgun<sup>5,e</sup>, Tugay Ayaşan<sup>6,f</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Uşak University, 64200, Uşak, Turkey.

<sup>2</sup>Department of Veterinary, Eski Vocational High School, University of Aksaray, 68800 Eski/Aksaray, Turkey

<sup>3</sup>Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute, Adana, Turkey.

<sup>4</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Selçuk, 42130 Selçuklu/ Konya, Turkey.

<sup>5</sup>Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute, Adana, Turkey.

<sup>6</sup>Kadirli Academy of Applied Sciences, Osmaniye Korkut Ata University, 80000 Osmaniye, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 02/11/2022 Accepted : 17/11/2022</p> <p><b>Keywords:</b> No-cob sweet corn Silage Sodium formate Silage Quality</p>	<p>This study was carried out to determine the effects of different levels of organic acid-based sodium formate (SF) addition on nutrient contents, fermentation quality, dry matter intake, digestible dry matter, and relative feed value of no-cob sweet corn silages. In the experiment, groups were formed by adding 0 % SF (control group), 1 % SF and 2 % SF to no-cob corn, and the fermentation period continued for 60 days. At the end of the study, it was determined that SF supplement decreased the dry matter, crude protein, crude oil, ADF, NDF, starch, ME, acetic acid, propionic acid, butyric acid, and ethanol contents of corn silages, whereas it increased lactic acid, crude ash, and starch levels. In addition, it was found that the pH values of the experiment silages were statistically decreased with the addition of 1 % SF; dry matter intake, digestible dry matter, and relative feed values were found to increase. At the end of the study, it was concluded that 1 % SF addition could be used because of its positive effect on the fermentation properties and dry matter intake, digestible dry matter, and relative feed values as well as pH lowering and lactic acid-increasing effect of no-cob corn silages.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(1): 118-124, 2023

## Koçansız Şeker Mısırı Silajlarının Kalitesine Sodyum Format Katkısının Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 02/11/2022 Kabul : 17/11/2022</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Koçansız şeker mısırı Silaj Sodyum format Kalite Ham besin madde</p>	<p>Bu çalışma, farklı düzeylerde organik asit temelinde dayalı sodyum format (SF) ilavesinin koçansız şeker mısırı silajlarının ham besin madde içerikleri, fermentasyon kalitesi, kuru madde tüketimi, sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değeri üzerine etkisini tespit etmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada, koçansız mısırı hasıllarına %0 SF (kontrol grubu); %1 SF ve %2 SF ilave edilerek gruplar oluşturulmuş ve 60 gün fermentasyona bırakılmıştır. Araştırma sonunda, SF katkısının mısırı silajlarının kuru madde, ham protein, ham yağ, ADF, NDF, nişasta, ME, asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit ve etanol içeriklerini azalttığı, buna karşılık laktik asit, ham kül ve nişasta düzeylerini artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca araştırma silajlarının pH değerlerinin, %1 SF ilavesiyle istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı belirlenirken; kuru madde tüketimi, sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değerlerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Araştırma sonunda, %1 SF ilavesinin koçansız mısırı silajlarının pH'sını düşürücü ve laktik asit artırıcı etkisinin yanı sıra kuru madde tüketimi, sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değerleri üzerine pozitif etkisi nedeniyle kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.</p>

<sup>a</sup> [duru.asuman@gmail.com](mailto:duru.asuman@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7290-1719>

<sup>c</sup> [behluls68@gmail.com](mailto:behluls68@gmail.com)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2996-3241>

<sup>e</sup> [ilker.inal@tarimorman.gov.tr](mailto:ilker.inal@tarimorman.gov.tr)

<sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5891-8004>

<sup>e</sup> [bulent.cakir@tarimorman.gov.tr](mailto:bulent.cakir@tarimorman.gov.tr)

<sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4672-7582>

<sup>e</sup> [oolgun@selcuk.edu.tr](mailto:oolgun@selcuk.edu.tr)

<sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3732-1137>

<sup>f</sup> [tayasan@gmail.com](mailto:tayasan@gmail.com)

<sup>f</sup> [0000-0001-7397-6483](https://orcid.org/0000-0001-7397-6483)



## Giriş

Kaliteli kaba yem kaynaklarının yeterli olmaması, ruminantların beslenmesinde önemli problemlerinden biridir. Ruminantların beslenmesinde yıl boyunca yeterli kaliteli kaba yem temin edilememesi sonucunda ülkemiz hayvanlarının yeterli düzeyde beslenememesine yol açmakta, ekonomik ve sürdürülebilir hayvancılık açısından engel teşkil etmektedir (Kılıç, 2016). Ülkemizde mevcut problemin aşılmasında alternatif yem kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılarak hem kaba yeme ulaşımı kolaylaştırmada hem de işletme maliyetlerinin düşürülmesinde önemlidir. Yıl boyunca ruminant hayvanların kaba yem ihtiyacının karşılanmasında önemli bir yer tutan mısır gibi silo yemlerinin üretiminde son yıllarda önemli ölçüde artış kaydedilmiştir (Canbolat ve ark., 2016). Sonuç olarak, 2021 yılı itibarıyla 27.309.962 milyon ton mısır silajı üretimi gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2022). Ülkemizde mısır genelde hayvan yemi olarak (tanelik veya silajlık) kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sert mısır, cın mısır ve şeker mısırı da Türkiye’de az da olsa sözleşmeli olarak üretilmektedir (Turhal, 2021). Şeker mısır (*Zea mays saccharata Sturt*), mısır bitkisinin alt türlerinden birisidir. Dünya genelinde en çok Amerika’da yetiştirilmekte ve genelde taze ve dondurulmuş olarak tüketilmektedir. Bununla birlikte, taze koçan hasadından sonra geriye kalan biyokütle, silaj ya da yeşil ot olarak ruminantların beslenmesinde kullanım alanına sahiptir. İkinci ürün ekim alanlarında hızla artan şeker mısırın vejetasyon süresi kısadır. Dane yapısı bakımından diğer mısır türlerine göre farklılık göstermekte olup, süt olum döneminde hasat edildiği takdirde yüksek oranda (%4-12) şeker içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Tezel ve ark., 2020). Aerobik bozulmaya karşı hassas olan mısır bitkisinin, silolandığı ortam sıcaklığının 30°C olması durumu silaj kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Günümüzde küresel ısınmaya bağlı olarak yaşanan ısı artışları ve iklim değişiklikleri nedeniyle yeşil yemlerin kurutulması aşamasında yaşanan ciddi sorunlar göz önüne alındığında ve ülke genelinde en çok mısır silajı yapıldığı düşünüldüğü takdirde konunun önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Son yıllarda silaj yapımında kullanılan formik asit ve formik asit esasına dayalı koruyucular, silaj pH’sını kısa bir sürede düşürmektedir. Silaj pH’sı üzerine olan bu etkiyle birlikte, bu katkıların Enterobacteria, Clostridia, Listeria, maya ve küf gelişimini baskıladığı ve/veya engellediği bildirilmektedir (Filya ve ark. 2004). Ayrıca Filya (2001) formik asidin silajlarda bozulmaya neden olan mikroorganizma popülasyonlarını baskılayarak çoğalmalarını engelleyerek sağlanan hijyenik silajların

ruminantların verimlerini artırdığını belirtmiştir. Formik asit, organik asitlerin en asidik olanıdır ve bir fermentasyon inhibitörüdür. Formik asidin aşındırıcı ve zararlı özelliklerinden dolayı uygulamaları bazı problemler doğurmaktadır. Bu tür problemlerin ortadan kaldırılması için tuz türevleri geliştirilmiştir; bu türevler daha güvenli ve kullanımı daha kolay kabul edilmektedir. Silaj fermentasyon işlemi sırasında, formik asit hızla salınabilir, böylece pH’yı kısa sürede düşürüp laktik asit içeriğini artırmaktadır.

Bu araştırmada, son yıllarda alternatif silaj katkı maddesi olarak sodyum format kullanım olanakları ve şeker mısırı hasadından sonra kalan atık materyalin silolanabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, süt olum döneminde hasat edilen şeker mısırı hasılına değişik oranlarda sodyum format ilave edilerek silajların ham besin madde içerikleri, fermentasyon özellikleri, sindirilebilir kuru madde, kuru madde tüketimi ve nispi yem değerleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### *Silajların Hazırlanması ve Silolama Dönemi*

Silaj materyali olarak Adana’da özel bir işletmeden silajlık amaçlı yetiştirilen, süt olum dönemi sonunda hasat edilmiş koçansız mısır hasılı (*Zea mays*) kullanılmıştır. Silolamadan hemen önce taze mısır materyaline ait ham besin madde içeriklerine ait analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Koçansız silajlık mısırlar laboratuvar tipi silaj makinasında yaklaşık 1,5-2 cm büyüklükte parçalara ayrılmış ve homojen şekilde karıştırılarak rastgele 3 gruba ayrılmıştır. 1. grup kontrol (KNTRL) grubu olarak değerlendirilmiş ve herhangi bir katkı maddesi kullanılmamıştır. 2. ve 3. gruplara sırasıyla %1 (SF1) ve %2 (SF2) oranlarında sodyum format ilave edilmiştir.

Her bir gruptan 4 tekerrürlü olmak üzere toplam 12 adet silaj yapılmıştır. Her bir silaj grubu 1 kg olacak şekilde ayarlanmış ve muamele gruplarına %1 ve %2 seviyelerinde sodyum format ilave edilmiştir. Araştırma silajları plastik anaerob bir kapta homojen oluncaya kadar karıştırılmış ve 30×35 cm boyutlarındaki polietilen vakum poşetlerine yerleştirilmiştir. Mısır numunelerinin yerleştirildiği vakum poşetleri içerisindeki hava, vakum makinesiyle alınarak anaerobik ortam sağlanmış ve yine aynı makine ile vakum poşetlerinin ağız kısmı kapatılmıştır. Kapatma işlemi gerçekleştirildikten sonra silajlar 60 gün boyunca ortam sıcaklığı 20-25°C olan laboratuvar ortamında fermantasyona bırakılmıştır.

Çizelge 1. Taze koçansız şeker mısır hasılına silolama öncesi ham besin madde kompozisyonu

Table 1. Nutrient compositions of fresh no-cob sweet corn before ensiling

Parametreler	Taze Koçansız Şeker Mısır Hasılı
Kuru Madde, %	19,95
Ham Protein, % KM	8,72
Ham Yağ, % KM	2,14
NDF, % KM	50,24
ADF, % KM	34,55
Ham Kül, % KM	9,89
ME Mcal/kg	2,76
Nişasta, % KM	2,61

### **Kimyasal Analizler**

Anaerob ortamda 60 gün boyunca fermentasyona bırakılan mısır silajı numuneleri laboratuvar ortamında açılmıştır. Açılan silajlarda; kuru madde, ham protein, ham yağ, ham kül, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve nişasta analizleri yapılmıştır. Bu analizler için kitleyi temsil edecek şekilde her silajdan yaklaşık 300 g numune, sabit tartım ağırlığına gelinceye kadar etüvide (~48 h, 60°C±1) kurutulmuştur (AOAC, 1990). Bu işlem neticesinde numunelerin % kuru madde oranları tespit edilmiştir. Kurutulan numuneler, laboratuvar değirmeninde 1 mm partikül boyutlarında öğütülmüştür. Ham protein Dumas metodu ile tayin edilmiştir (AOAC 990.03). Bu metod; numunenin cihaz içerisinde bir fırında yakılması, içerisindeki tüm azot formlarının azot oksit gazlarına dönüştürülmesi, elementel azota indirgenmesi ve termal iletkenlik yöntemi ile azot miktarının tespit edilmesi esasına dayanmaktadır. Tespit edilen azot miktarı 6,25 faktörü ile çarpılarak % kuru madde de silaj örneklerinin ham protein içeriği belirlenmiştir. Ham yağ analizi eter ekstraksiyon metodu ile yapılmış ve petrol eteri çözücü olarak kullanılmıştır (AOAC, 1990). Araştırma silajlarının ham kül analizleri numunelerin 550°C kül fırınında yakılması ile yapılmıştır (AOAC, 1990). Araştırma silajlarının ADF içeriği, yağdan arındırılmış örneğin asit deterjan solüsyonunda, NDF içerikleri ise nötr deterjan solüsyonunda kaynatılmasıyla kalan kütlenin miktarının tespit edilmesi ile yapılmıştır (Van Soest, 1982). Nişasta analizi polarimetrik yöntem ile belirlenmiştir (ISO 10520).

### **Fermentasyon Özellikleri**

Vakum poşeti açıldıktan hemen sonra silajdan alınan numune miktarı %20 olacak şekilde saf su ile karıştırılmış ve filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen süzöntünün asitlik seviyesi pH metre ile ölçölmüştür (Polan ve ark., 1998). İnkübasyon sonucunda (60 gün) açılan silajlardan alınan 40 g örnek 360 ml saf su ilave edilerek blender ile karıştırılmış, elde edilen sıvı süzölmüş ve bu süzöntüden 40 ml alınarak saf su ile 400 ml'ye tamamlanmıştır. Bu sıvı filtrat, tekrar Whatman 54 filtre kâğıdından süzölerek santrifüj edilmiştir. Elde edilen örnekler analiz gününe edilene kadar -20°C'de derin dondurucuda saklanmıştır. Araştırma silajlarının laktik asit içeriklerini belirlemek için Lepper'in kısaltılmış metodu kullanılmış (Akyıldız 1984); asetik, propiyonik ve bütirik asit analizleri için gaz kromatografisi kullanılmıştır.

Silajların kuru madde tüketimi, sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değerleri aşağıda verilen denklemler baz alınarak hesaplanmıştır (Van Dayke ve Anderson, 2000).

$$\% \text{ Kuru madde tüketimi (KMT)} = 120 / \% \text{ NDF}$$

$$\% \text{ Sindirilebilir kuru madde (SKM)} = 88,9 - (0,779 \times \% \text{ ADF})$$

$$\text{Nispi Yem Değeri} = (\text{SKM} \times \text{KMT}) / 1,29$$

### **İstatistiksel Analizler**

Araştırma sonucunda elde edilen dataların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA) ve grupların ortalamaları arasındaki farklılıkların önem düzeylerinin kontrolünde ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

### **Bulgular ve Tartışma**

Silolamadan hemen önceki koçansız taze mısır hasılına ait ham besin madde analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Araştırmada koçansız mısır hasılına silolamadan önceki kuru madde, ham protein, ham yağ, NDF, ADF, ham kül, nişasta ve Metabolik enerji (ME) düzeyleri sırasıyla %19,95; %8,82; %2,14; %50,24; %34,55; %9,89; %2,61 ve 2,76 Mcal/kg olarak tespit edilmiştir. Filya ve Sucu (2005) taze mısır materyaline ait KM düzeyini %21,8 olarak bulurken; Okumuş (2021), taze mısır materyaline ait KM, HP, HY, HK, ADF, NDF ve ham selüloz düzeyini sırasıyla %26,61; %6,74; %2,01; %5,41; %26,68; %43,76 ve %17,08, Arslan Duru ve Kaya (2016) %32,01; %8,73, %0,93; %6,64; %31,51, %53,99 ve %27,53 olarak belirlemişlerdir. Jiang ve ark. (2020), taze mısır materyaline ait HY düzeyini %3,08 olarak saptamıştır. Mevcut çalışmadan elde edilen taze materyale ait HP değeri (%8,72), Barmaki ve ark. (2017) ile Altınçekiç ve Filya (2018)'in belirledikleri HP düzeyinden (%8,22 ve %7,2) yüksek bulunmuştur. Mısır silajının kimyasal bileşimi, hibrit türü, agronomik uygulamalar, bitki büyüme ve silolama koşulları ve bitkinin hasattaki olgunluk aşamasından etkilenmektedir (de Oliveira ve ark., 2017). Araştırma kapsamında elde edilen bulgular ile farklı araştırmacıların denemelerinde elde ettikleri bulgular arasındaki farklılıklar; araştırmalarda kullanılan mısır çeşidi, mısır hasılına koçansız olması, hasat zamanı, yetiştirilen iklim ve toprak şartlarının farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Anaerob ortamda 60 gün boyunca fermentasyona bırakılan mısır silajı numunelerinin kimyasal kompozisyonuna ait analiz sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Kontrol grubu ile 2 farklı düzeyde sodyum format katkılı mısır silajları karşılaştırıldığında, sodyum format ilavesiyle silajların kuru madde içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir. Kontrol grubunda %20,03 olan KM düzeyi, sodyum format katkısıyla %19,18-19,89 arasında değişim göstermiş, gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık saptanmıştır (P<0,001).

Bu araştırma, organik asit bazlı katkı maddelerinin silajların kuru madde kaybını önleyebileceği, ham besin madde içeriklerini ve fermentasyon özelliklerini iyileştirebileceği hipotezine dayanılarak hazırlanmıştır. Silajlara organik asit ilavesinin etkisi, kullanılan organik asidin bileşimi, dozu, silaj ana materyalinin parçalanma boyutu, kuru madde, ham besin madde ve suda çözünebilir karbonhidrat içerikleri ile yakından ilgilidir. Bu çalışmada, formik asidin sodyum tuzunun silaja muamelesi esnasında sulandırılması ve bunun neticesinde silo suyu ile kaybolan besin madde kaybına bağlı olarak KM kaybı oluşmasına neden olmuştur.

Formik asidin silaja muamelesi esnasında sulandırılması, bunun neticesinde silo suyu ile kaybolan besin madde kaybına bağlı olarak KM kaybı oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu konuda yapılan bir araştırmada formik asit katkısının korunga silajının KM düzeyini diğer gruplara göre istatistiki farklılık oluşturduğu görölmüş, KM düzeylerinin %28,25-3,83 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Bingöl ve ark., 2008). Jiang ve ark.

(2020), mısır silajının KM düzeyini %30,8 olarak bulurken, organik asit katkılı mısır silajının KM'sini %30,76 olarak tespit etmişlerdir.

Araştırmada silajlarının ham protein (HP) düzeyi içerikleri, katkılı gruplarda %10,46-12,02 arasında değişim göstermiş, sodyum format katkısı, HP düzeyini azaltmış, gruplar arasında da önemli bir farklılık saptanmıştır (P<0,001). Rowghani ve Zamiri (2009), mısır silajının HP düzeyini %6,27-7,37; de Oliveira ve ark. (2017), %6,13-9,73 arasında bulduklarını belirtmişlerdir. Camarasa ve ark. (2021), mısır silajının HP düzeyinin, dönemlere göre farklılık gösterdiğini ifade ederek, %25 olgunlaşma döneminde biçilen mısır silajının HP'sinin %7,3 olduğunu bildirirken; %35 olgunlaşma döneminde biçilen mısır silajının HP'sinin %6,9; %45 olgunlaşma döneminde biçilen mısır silajının HP'sinin ise %6,6 olduğunu bildirmişlerdir.

Silajlarda NDF ve ADF içerikleri, muamele gruplarında sırasıyla %44,46-50,04 ve %31,05-34,37 arasında belirlenmiş ve değişimin önemli olduğu görülmüştür (P<0,001). Koç ve ark. (2009), mısır silajının (katkısız) NDF değerlerini %50,46; 52,97; 54,49 olarak; ADF değerlerini de %22,41; 27,44 ve 28,80 olarak saptamışlar; formik asit katkısının NDF içeriğine olan etkisini önemli bulurken; ADF içeriği üzerine olan etkisinin önemli olmadığını belirtmişlerdir. Rowghani ve Zamiri (2009), mısır silajının NDF ve ADF düzeylerini sırasıyla %63,37-67,66 ve 23,80-26,60 arasında tespit ederken; Oliveira ve ark. (2018), %47,83 ve %27,48 olduğu sonucuna varmışlardır. Camarasa ve ark. (2021), mısır silajının NDF düzeyinin, dönemlere göre farklılık gösterdiğini ifade ederek, %25 olgunlaşma döneminde biçilen mısır silajının NDF içeriğinin %43,8; %35 olgunlaşma döneminde %35,1; %45 olgunlaşma döneminde ise %41,2 olduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar, ADF düzeyini ise aynı sırayla %24,8; 19,2 ve 21,9 olarak açıklamışlardır. Araştırma silajlarının NDF ve ADF içeriklerindeki düşüşe, sodyum format ilavesinin

antimikrobiyal etkisinin zararlı mikroorganizmaların gelişimini engellemesi nedeniyle fermentasyonu hızlandırıp, silo yemindeki laktik asit bakterileri ve diğer bazı anaerobik bakterilerin sayılarının artmasına bağlı olarak silajların NDF ve ADF parçalanabilirliğini hızlandırmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Silajların ham yağ içerikleri gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş sodyum format katkısı, ham yağ düzeyinde bir azalmaya neden olmuştur (P<0,001). Rowghani ve Zamiri (2009), mısır silajının ham yağ düzeyini %1,67-3,00 arasında bulurken, çalışmamızda bu değer %1,54-2,37 arasında tespit edilmiştir. Silajlara sodyum format katkısı ham kül ve nişasta oranında önemli bir artışa neden olmuştur (P<0,001). Katkı yapılmayan kontrol grubunda %9,82 olan ham kül düzeyi, sodyum format katkılı gruplarda sırasıyla %11,46 ve %15,20 olarak saptanmıştır. Silajlarda ham kül değeri, silajın kirliliği ve fermentasyon seyri önemli bir kriterdir. Siloya oksijen girişi olduğunda, fermentasyonun seyri olumsuz şekillenir hem bitki solunumu devam ettiğinden bitkideki karbonhidratlar parçalanır ve laktik asit bakterileri için gereksinim duyulan karbonhidrat varlığı silo yeminde yeterince bulunmaz hem de silajlarda istenmeyen Proteolitik ve Sakkarolitik Clostridialar gibi zararlı mikroorganizmalar uçucu yağ asitlerini ve suda çözünebilir karbonhidratları substrat olarak kullanırlar. Bunun yanında bitkide proteoliziz de gözlemlenir. Bu reaksiyon sonucunda, silo içerisinde ham kül oranı artmaktadır (Pettersen, 1988). Araştırma silajlarında, fermentasyon özellikleri dikkate alındığında (Çizelge 3), fermentasyon olumlu şekillendiği istenilen silaj kalitesine ulaşılabildiği söylenebilir. Silajların ham kül içeriklerinde artışın katkı maddesi olarak kullanılan sodyum formatın ilavesinden kaynaklanabilir. Sonuç olarak, sodyum format ilave edilen her düzeyin ham kül değerlerindeki artış, bu fenomeni destekler niteliktedir.

Çizelge 2. Farklı düzeylerde sodyum format ilave edilen koçansız şeker mısırı silajlarının ham besin madde içerikleri  
Table 2. Nutrient contents of no-cob sweet corn silages with sodium formate added at different levels

Parametreler*	KNTRL	SF1	SF2	P Değeri
Kuru Madde %	20,03 <sup>a</sup> ±0,01	19,18 <sup>c</sup> ±0,01	19,89 <sup>b</sup> ±0,01	0,001
Ham Protein % KM	12,02 <sup>a</sup> ±0,01	10,46 <sup>b</sup> ±0,25	10,48 <sup>b</sup> ±0,02	0,001
Ham Yağ % KM	2,37 <sup>a</sup> ±0,01	1,76 <sup>b</sup> ±0,03	1,54 <sup>c</sup> ±0,01	0,001
Ham Kül % KM	9,82 <sup>c</sup> ±0,04	11,46 <sup>b</sup> ±0,04	15,20 <sup>a</sup> ±0,04	0,001
Nişasta % KM	2,11 <sup>c</sup> ±0,05	3,66 <sup>b</sup> ±0,03	3,86 <sup>a</sup> ±0,03	0,001
ADF % KM	34,37 <sup>a</sup> ±0,38	33,38 <sup>a</sup> ±0,31	31,05 <sup>b</sup> ±0,01	0,001
NDF % KM	50,04 <sup>a</sup> ±0,14	46,03 <sup>b</sup> ±0,57	44,46 <sup>b</sup> ±0,27	0,001
ME (Mcal/kg)	2,77 <sup>a</sup> ±0,02	1,73 <sup>b</sup> ±0,01	1,71 <sup>b</sup> ±0,01	0,001

\*c: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farkı göstermektedir (P<0,001), KNTRL: Kontrol grubu; SF1, Sodyum format %1; SF2; Sodyum format %2

Çizelge 3. Sodyum format katkılı koçansız şeker mısırı silajlarının fermentasyon özellikleri  
Table 3. Fermentation characteristics of sodium formate added no-cob sweet corn silages

Parametreler	KNTRL	SF1	SF2	P Değeri
Laktik Asit (g/kg)	3,07 <sup>c</sup> ±0,207	3,54 <sup>a</sup> ±0,113	3,23 <sup>b</sup> ±0,170	0,001
Asetik Asit (g/kg)	35,52 <sup>a</sup> ±1,87	13,30 <sup>b</sup> ±0,37	8,79 <sup>b</sup> ±0,08	0,001
Propiyonik Asit (g/kg)	1,51 <sup>a</sup> ±0,25	0,88 <sup>ab</sup> ±0,02	0,80 <sup>b</sup> ±0,05	0,03
Bütirik Asit (g/kg)	4,07 <sup>a</sup> ±0,58	0,27 <sup>b</sup> ±0,03	0,74 <sup>b</sup> ±0,06	0,001
Etanol (g/kg)	24,54 <sup>a</sup> ±0,63	5,31 <sup>b</sup> ±0,19	3,48 <sup>c</sup> ±0,09	0,001
pH	4,92 <sup>a</sup> ±0,01	4,14 <sup>c</sup> ±0,01	4,32 <sup>b</sup> ±0,01	0,01

\*c: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farkı göstermektedir (P<0,001). \*c: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farkı göstermektedir (P<0,05). KNTRL: Kontrol grubu; SF1, Sodyum format %1; SF2, Sodyum format %2

Çizelge 4. Farklı düzeylerde sodyum format ilave edilen mısır silajlarına ait kuru madde tüketim, sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değerleri, %

Table 4. Dry matter intake, digestible dry matter, and relative feed values of corn silages with sodium formate added at different levels, %

Parametreler	KNTRL	SF1	SF2	P Değeri
KMT	2,40 <sup>a</sup> ±0,01	2,61 <sup>b</sup> ±0,03	2,70 <sup>a</sup> ±0,02	0,0001
SKM	62,12 <sup>b</sup> ±0,30	62,90 <sup>b</sup> ±0,24	64,71 <sup>a</sup> ±0,01	0,0001
NYD	115,46 <sup>c</sup> ±0,41	127,10 <sup>b</sup> ±1,63	135,35 <sup>a</sup> ±0,84	0,0001

<sup>a-c</sup>: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farkı göstermektedir (P<0,0001). KNTRL: Kontrol grubu; SF1, Sodyum format %1; SF2, Sodyum format %2. KMT: Kuru madde tüketimi; SKM: Sindirilebilir kuru madde; NYD: Nispi yem değeri.

Araştırma silajlarının ME değeri, kontrol grubunda, diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur (P<0,001). Sodyum format ilavesiyle mısır silajlarının nişasta içerikleri artmıştır (P<0,001). Mısır silajlarının ana enerji kaynağı nişasta olup; yüksek verimli süt ineklerinin performansı için kantitatif olarak önemli bir besin maddesidir. Araştırmada silajların nişasta içerikleri sırasıyla %2,11; 3,66 ve 3,86 olarak tespit edilmiştir. Kung ve ark. (2015), mısır silajının nişasta düzeyini ortalama %3,28 olarak bulurken; Oliveira ve ark. (2018), %1,55-4,18 arasında saptamıştır.

Farklı düzeylerde sodyum format ilavesinin koçansız şeker mısır silajlarının laktik asit, asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit, etanol içerikleri ve pH değerlerine etkisi Çizelge 3'te sunulmuştur.

İnkübasyon sonucunda (60 gün) açılan silajlardan alınan örnekler organik asit analizlerine tabi tutulmuştur. Analiz sonuçları incelendiğinde, sodyum format katkılı silajlarda laktik asit içeriğinin arttığı (P<0,001); asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit ve etanol içeriklerinde ise, istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmalara neden olduğu belirlenmiştir (P<0,001).

Laktik asit, silodaki yemin bozulmadan kalmasını sağlayıcı bir özellik gösterir. Araştırma sonucunda, formik asit katkısı laktik asit düzeyini istatistiksel olarak artırmıştır. Bu araştırma sonucuna benzer olarak, formik asit katkısı, laktik asit düzeyini önemli derecede artırmıştır (Bingöl ve ark., 2008). Yapılan başka bir çalışmada mısır silajının laktik asit düzeyi %7,30 olarak saptanırken, mısır silajına formik asit katkısı laktik asit düzeyini %8,83'e yükseltmiştir (Rowghani ve Zamiri, 2009). Koç ve ark. (2009), mısır silajının (katkısız) laktik asit değerlerini %2,77-2,54 ve 4,47 olarak bulurken; formik asit katkısının laktik asit düzeyi üzerine olan etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Filya ve Sucu (2005), formik asit temelinde dayalı koruyucu ilavesinin mısır silajlarının pH, laktik asit, asetik asit, bütirik asit içeriklerini düşürdüğünü ancak etanol düzeyini arttırdığını bildirmişlerdir. Driehuis ve Van Wixselaar (1996) formik asidin mısır silajlarının laktik asit ve asetik asit içeriklerini düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Asetik asit, laktik asitten sonra silajda en yoğun olarak bulunan asittir. Yapılan bir çalışmada formik asit katkısı, asetik asit düzeyini azaltmıştır (Bingöl ve ark., 2008). Kung (2018), propiyonik asit düzeyinin KM'de %0,1'den az olması gerektiğini ifade etmiştir. Araştırma silajlarının bütirik asit düzeyleri, formik asit katkısından etkilenmiş, formik asit katkısı azaltıcı bir etki göstermiştir. Rowghani ve Zamiri (2009), formik asit katkısının bütirik asit düzeyini istatistiksel olarak etkilediğini; bütirik asit düzeyi kontrol grubunda %0,34, formik asit katkılı mısır silajında da %0,39 olarak tespit edilmiştir.

Sodyum format koçansız mısır silajlarının pH değerlerini de önemli düzeyde düşürmüştür (P<0,001). Özellikle %1 düzeyinde sodyum format ilavesiyle silajların pH değerleri 4,14 olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmaya benzer şekilde, Baytok ve ark. (2005), %0,5 düzeyinde formik asit katkısının mısır silajlarının; Cinli ve Arslan Duru (2016) havuç yapraklarının pH'sını düşürdüğünü; Lv ve ark. (2020), sodyum format ilavesiyle silajların laktik asit içeriklerinin arttığını ve pH'larının düştüğünü bildirmişlerdir. Fermentasyon sırasında oluşan pH, organik asitlerin miktarı ve kompozisyonları silaj kalitesinde en belirleyici kriterlerdir. Fermentasyonun başında silajların pH'sındaki düşüş hızı ve laktik asit içeriği iyi kalitede silaj eldesi için oldukça önemlidir. Bütirik asit bakterileri, silo yemlerinin fermentasyon aşamasında asetik asit bakterilerinin en önemli rakibidir. Bunun nedeni, bütirik asit bakterileri tarafından gerçekleştirilen bütirik asit üretimi silajlarda ciddi düzeyde besin madde kaybına sebep olmaktadır. Bu bakteriler, asetik asit bakterilerinin kullandığı karbohidratları kullanarak ihtiyaçları olan besin maddelerini ya çok azaltırlar ya da tamamen tüketmektedirler. Bu nedenle silajlarda bütirik asit istenmemektedir. Nitekim, silajlarda organik asit ve organik asit esaslı katkı maddelerinin kullanım amacı, silolanan taze materyalin pH'sını en kısa sürede düşürerek fermentasyon sonunda şekillenen son ürünlerin miktarını düşürmeleridir (Woolford 1984). Araştırmanın ana materyalini oluşturan koçansız mısırlara farklı düzeylerde sodyum format ilavesiyle silajların fermentasyon kalitesinin iyileştiği söylenebilir. Araştırma sonucunda, kuru madde kaybını önlemesi, pH değerini düşürmesi, istenen düzeyde laktik asit varlığı ve dolayısıyla bütirik asit içeriğini düşürmesi gibi temel kriterler sonucunda sodyum format katkısının araştırma silajlarında istenmeyen unsurların gelişimini engellediği sonucuna varılmıştır.

Koçansız mısır hasıllarına farklı dozlarda sodyum format katkısıyla elde edilen silajların kuru madde tüketim, sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değerleri üzerine etkisi Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde, %2 düzeyinde sodyum format ilave edilen grubun sindirilebilir kuru madde içeriğinin, kontrol ve %1 sodyum format içeren gruplara nazaran önemli düzeyde yüksek olduğu gözlemlenmiştir (P<0,001). Bununla birlikte, sodyum format ilavesi silajların kuru madde tüketimi ve nispi yem değerini önemli düzeyde artırmıştır (P<0,001). Nadeau ve ark. (2000) formik asit ilavesiyle domuz ayrığı ve yonca silajlarının kuru madde sindirilebilirliğinin arttığını; McDonald ve ark. (1991) benzer şekilde formik asit katkısıyla kuru madde tüketiminin arttığını belirtmişlerdir.

Silajlarda bütirik asit bakterileri, silaj ortamında laktik asit bakterilerinin kullandığı karbonhidratları kullanırlar ve aminoasitlerin katabolizması sonucunda yemin değerini düşürür, enerji kaybına neden olur ve ortam pH'sının artırırlar (Basmacıoğlu ve Ergül, 2002). Sodyum formatla muamele edilen gruplar kontrol grubu silajlarla kıyaslandığında, bütirik asidin çok az bulunması ve pH değerinin istenen seviyelerde bulunması iyi bir fermentasyon ortamına işaret etmektedir. Böylece sodyum formatın güçlü antimikrobiyal ve güçlü asitliği sonucu oluşan ortamın etkili olduğu söylenebilir. Sonuç olarak, silajlarda kontrol grubuna kıyasla gözlemlenen bu gelişmeler, araştırma silajlarının kuru madde tüketimi, sindirilebilir kuru madde ve nispi yem değerleri üzerine olumlu etkisini yansıtmıştır.

## Sonuç

Araştırma kapsamında kullanılan organik asit temeline dayalı sodyum formatın koçansız mısır hasıllarına etkisi belirlenmeye çalışılmış ve elde edilen veriler değerlendirildiğinde sodyum formatın mısır silajların kimyasal kompozisyonuna, fermentasyon özelliklerine ve nispi yem değerlerine olumlu etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, koçansız şeker mısır silajına katkı maddesi olarak farklı oranlarda ilave edilen sodyum formatın %1 düzeyinde kullanımının pH değerlerini düşürücü ve laktik asit artırıcı etkisi nedeniyle kullanılabilirliği söylenebilir.

## Kaynaklar

Akyıldız AR. 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 893, Uygulama Kılavuzu: 213, Ankara.

Altınçekiç E, Filya İ. 2018. Effect of using bacterial inoculant and organic acid on the aerobic stability and feed value of small bale maize silages containing low dry matter. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 6(7): 887-892. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i7.887-892>.1873

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA. ISBN: 9780935584424, 0935584420.

Arslan Duru A, Kaya Ş. 2016. Farklı Oranlardaki Zeytin Posası-Mısır Hasılı Karışımlarının Silaj Kalitesinin Belirlenmesi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(12): 1201-1206. doi: [10.24925/turjaf.v4i12.1201-1206](https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i12.1201-1206).1016.

Barmaki S, Alamouti AA, Khadem AA, Afzalzadeh A. 2018. Effectiveness of chopped lucerne hay as a moisture absorbent for low dry-matter maize silage: Effluent reduction, fermentation quality and intake by sheep. Grass Forage Sci., 73: 406–412. doi: <https://doi.org/10.1111/gfs.12343>

Basmacıoğlu H, Ergül M. 2002. Silaj Mikrobiyolojisi. Hayvansal Üretim 43(1): 12-24.

Baytok E, Aksu T, Karşlı MA, Muruz H. 2005. The Effects of Formic Acid, Molasses and Inoculant as Silage Additives on Corn Silage Composition and Ruminant Fermentation Characteristics in Sheep. Turk J. Vet. Anim. Sci., 29: 469-474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.12.013>

Bingöl NT, Karşlı MA, Bolat D, Akça İ. 2008. Vejetasyonun Farklı Dönemlerinde Hasat Edilen Korungaya İlave Edilen Melas ve Formik Asit'in Silaj Kalitesi ve İn Vitro Kuru Madde Sindirilebilirliği Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19(2): 61-66.

Camarasa JN, Auil M, Barletta PF, Bereterbide L. 2021. Aerobic stability of whole plant corn silage inoculated with a bacterial inoculant in three maturity stages. Ediciones INTA. p:1-6.

Canbolat Ö, Karasu A, Bayram G, Filya İ, Kamalak A. 2016. Farklı ekim yoğunluğunun koçansız şeker mısırı silajlarının besleme değeri, silaj kalite özellikleri ve besin madde verimi üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(1): 101-112.

Cinli H, Arslan Duru A. 2016. Havuç Yapraklarının Silolanabilme Olanaklarının Belirlenmesi. 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2016). October 26-28, 2016, Adana, Turkey.

De Oliveira IL, Lima LM, Casagrande DR, Lara MAS, Bernardes TF. 2017. Nutritive value of corn silage from intensive dairy farms in Brazil. Revista Brasileira de Zootecnia, 46: 494-501. doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000600004>

Driehuis F, Van Wikselaar PG. 1996. Effects of addition formic, acetic or propionic acid to maize silage and low dry matter grass silage on the microbial flora and aerobic stability. Proc. of the XIth International Silage Conference. Aberystwyth, Wales, 8-11 September, pp. 256-257.

Filya İ. 2001. Silaj teknolojisi. Hakan Ofset, İzmir. 66:68.

Filya İ, Sucu E, Canbolat Ö. 2004. Silaj Fermantasyonunda Organik Asit Kullanımı Üzerinde Araştırmalar. Formik asit temeline dayalı bir koruyucunun çiftlik koşullarında yapılan mısır silajlarının fermentasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve in situ rumen parçalanabilirlikleri üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2): 35-45.

Filya İ, Sucu E. 2005. Silaj fermantasyonunda organik asit kullanımı üzerinde 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. Journal of Agricultural Sciences 11.01: 51-56. doi: [10.1501/Tarimbil\\_0000000487](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000487)

Jiang F, Cheng H, Liu D, Wei C, An W, Wang Y, Sun H, Song E. 2020. Treatment of Whole-Plant Corn Silage with Lactic Acid Bacteria and Organic Acid Enhances Quality by Elevating Acid Content, reducing pH, and Inhibiting Undesirable Microorganisms. Front. Microbiol. 11:593088. doi: [10.3389/fmicb.2020.593088](https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.593088)

Kılıç Ü. 2016. Kaba yem üretiminde hidroponik tarım sistemleri. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(9): 793-799. doi: [10.24925/turjaf.v4i9.793-799](https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i9.793-799).859

Koç F, Coskuntuna L, Ozduven ML, Coskuntuna A, Samli HE. 2009. The effects of temperature on the silage microbiology and aerobic stability of corn and vetch-grain silages, Acta Agriculturae Scand Section A, 59(4): 239-246. doi: [10.1080/09064700903490596](https://doi.org/10.1080/09064700903490596)

Kung JrL, Lim JM, Hudson DJ, Smith JM, Joerger RD. 2015. Chemical composition and nutritive value of corn silage harvested in the northeastern United States after Tropical Storm Irene. Journal of Dairy Science, 98(3): 2055-2062. doi: [10.3168/jds.2014-8621](https://doi.org/10.3168/jds.2014-8621)

Kung L. 2018. Silage fermentation and additives. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 26(3-4).

Lv J, Fang X, Feng G, Zhang G, Zhao C, Zhang Y, Li Y. 2020. Effects of Sodium Formate and Calcium Propionate Additives on the Fermentation Quality and Microbial Community of Wet Brewers Grains after Short-Term Storage. Animals, 10(9): 1608. doi: [10.3390/ani10091608](https://doi.org/10.3390/ani10091608)

Okumuş A. 2021. İkinci ürün mısır silajına fındık zurufu ilavesinin silaj fermantasyonu, aerobik stabilite ve in vitro gaz üretimi üzerine etkileri. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa.

Oliveira MR, Bueno AVI, Leão GFM, Neumann M, Jobim CC. 2018. Nutritional composition and aerobic stability of wheat and corn silages stored under different environmental conditions. Semina: Ciências Agrárias, 39(1): 253-260. doi: [10.5433/1679-0359.2018v39n1p253](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n1p253)

McDonald P, Henderson AR, Heron SJE. 1991. The Biochemistry of Silage. (2nd ed.). Chalcombe Publ., Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent, UK.

- Nadeau EMG, Buxton DR, Russell JR, Allison MJ, Young JW. 2000. Enzyme, bacterial inoculant and formic acid effects on silage composition of orchardgrass and alfalfa. J. Dairy Sci. 83: 1487-1502. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75021-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75021-1)
- Petterson K. 1988. Ensiling of forages: factors affecting silage fermentation and quality, Sveriges Lantbruksuniversitet, 46 p, Uppsala.
- Polan CE, Stive DE, Garrett JL. 1998. Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant, Journal of Dairy Science, 81: 765-776. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75633-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75633-4)
- Rowghani E, Zamiri MJ. 2009. The effects of a microbial inoculant and formic acid as silage additives on chemical composition, ruminal degradability and nutrient digestibility of corn silage in sheep. Iranian Journal of Veterinary Research 10.2: 110-118.
- Tezel M, Gönülal E, Arıcı RÇ, Özcan G. 2020. Konya Ekolojik Koşullarında Farklı Şeker Mısır (*Zea mays saccharata* Sturt) Genotiplerinin Verim ve Verim Komponentlerinin Belirlenmesi. Ziraat Mühendisliği. 372: 34-43. doi: 10.33724/zm.830669
- Turhal K. 2021. Türkiye'de Yıllara Göre Mısır (*Zea mays* L.) Ekim Alanları ile Verimin Mısır Üretimine Olan Etkileri. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 5(2): 418-425. doi: <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol5iss2pp418-425>
- TÜİK, 2022. Mısır (silaj). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi: 09.09.2022)
- Woolford MK. 1984. The Silage Fermentation. Marcel Dekker Inc. New York. ISBN: 9780824770396
- Van Dyke NJ, Anderson PM. 2000. Interpreting a forage analysis. Alabama cooperative extension. Circular ANR-890.
- Van Soest PJ. 1982. Analytical systems for evaluation of feeds. In: P.J. Van Soest (Editor), Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY. ISBN: 9780801427725