

## Özgün Araştırma/Original Article

### Farklı dozlarda *Lactobacillus buchneri* ilavesinin yüksek nemli dane mısırın silolanması üzerine etkisi

#### Effect of adding different doses of *Lactobacillus buchneri* on silage of high moisture corn grain

Önder CANBOLAT<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Nilüfer/Bursa

ORCID ID: 0000-0001-7139-1334, Doç. Dr.

\*Corresponding author/Sorumlu yazar: canbolat@uludag.edu.tr

Geliş / Received : 14.07.2022

Kabul / Accepted : 13.10.2022

Çevrimiçi / Online : 07.04.2023

### Öz

**Amaç:** Bu çalışma, farklı dozlarda *Lactobacillus buchneri* (LB) ilavesinin yüksek nemli dane mısırın silolanması üzerine etkisini saptamayı amaçlamıştır.

**Materyal ve yöntem:** Araştırmanın yem materyalini yaklaşık %70 kuru madde (KM)'de hasat edilen yüksek nemli dane mısır (YNDM) oluşturmuştur. Yüksek nemli dane mısır 0 (kontrol), 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup> ve 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> koloni oluşturan birim (kob) g<sup>-1</sup> taze materyal (TM) oranında *Lactobacillus buchneri* (LB) ilave edilerek 5 grupta silolanmıştır. Her bir deneme grubu 3 tekerrür olarak 1,5 L'lik özel cam kavanozlara silolanmıştır. Silajlar 45 gün sonra açılmış ve besin madde bileşenleri saptanmıştır. Ayrıca silajların fermantasyon, aerobik stabilite, *in vitro* gaz üretimi ve sindirilebilirlik özellikleri saptanmıştır.

**Bulgular ve sonuç:** Yüksek nemli dane mısıra LB ilavesi silajların laktik asit (LA), propiyonik asit (PA) ve asetik asit (AA) ile laktik asit bakteri sayısını (LAB) önemli düzeyde artırmıştır. Buna karşın silajlara LB ilavesi pH, bütirik asit (BA), amonyak azotu (NH<sub>3</sub>N), maya ve küf miktarlarını düşürmüştür ( $p<0,05$ ). Yüksek nemli dane mısıra LB ilavesi silajların *in vitro* gaz üretimini, metabolik enerjisini (ME) ve organik madde sindirimini (OMS) olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca silajların aerobik stabilitelerini geliştirmiştir. Yüksek nemli dane mısır silajları üzerinde en etkili LB dozu 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** yüksek nemli dane mısır silajı; laktik asit bakterisi; silaj fermantasyonu; *in vitro* gaz üretimi; aerobik stabilite

### Abstract

**Objective:** This study aimed to determine the effect of adding different doses of *Lactobacillus buchneri* on high moisture corn grain silage.

**Material and method:** The feed material for the study consisted of high moisture corn grain (HMCG) harvested at approximately 70% dry matter (DM). High moisture grain corn was ensiled by adding *Lactobacillus buchneri* (LB) at a rate of 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup> and 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> colony-forming unit: (cfu) g<sup>-1</sup> of fresh material (FM). Silage groups were siloed into 1.5 L glass jars as 3 replications each. Silages were opened after 45 days and nutrient compositions were determined. In addition, the fermentation, aerobic stability, *in vitro* gas production and digestibility properties of silages were determined.

**Results and conclusion:** The addition of LB to high moisture corn grain significantly increased the lactic acid (LA), propionic acid (PA) and acetic acid (AA) and lactic acid bacteria (LAB) contents of silages. On the other hand, the addition of LB to silages decreased the pH, butyric acid (BA), ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>N), yeast and mold contents ( $p<0,05$ ). Addition of LB to high moisture corn grain positively affected *in vitro* gas production, metabolic energy (ME), and organic matter digestion (OMS) of silages. It also improved the aerobic stability of silages. The most effective dose of LB on high moisture corn grain silages was 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> cfu g<sup>-1</sup> FM.

**Keywords:** high moisture corn grain silage; lactic acid bacteria; silage fermentation; *in vitro* gas production; aerobic stability

## 1. Giriş

Mısır danesi yüksek enerji (nişasta) içeriği nedeniyle hayvan beslemede de yaygın olarak kullanılmaktadır (Ensminger vd., 1990; Junior vd., 2014; Karabulut ve Filya, 2020). Mısır danesi enerji içeriği yüksekliğine rağmen ham protein içeriği açısından düşük, besin maddeleri sindirimi açısından ise en yüksek tahılların başında gelmektedir (Keskin vd., 2018; Eren vd., 2021).

Hasat döneminde mısırın nem içeriğinin yüksek olması, depolama sırasında kurutmayı zorunlu kılmaktadır. Yüksek nem içeriği ile depolanması halinde mısır danesinde bulunan mikroorganizmaların aflatoxin ve mikotoksin oluşturma potansiyelinin arttığı, bunun da hayvan ve insan sağlığını olumsuz etkilediği bildirilmektedir (Ogunade vd., 2018).

Son yıllarda bu olumsuz durumları ortadan kaldırmak için yüksek nemli dane mısır silajı (YNDMS) üretimi bütün dünyada yaygınlaşmaya başlamıştır (Taylor ve Kung, 2002; Hoffman vd., 2011; Basso vd., 2012; Calixto vd., 2017; Kung vd., 2018). Yüksek nemli dane mısırın silolanmasının; kurutma sırasında ortaya çıkan maliyetin önüne geçilmesi, tarladan ürünün erken kaldırılması, birim alanda daha fazla ürün depolanması, ürünün daha lezzetli olması ve mekanizasyona olanak sağlaması gibi önemli avantajlara sahip olduğu bildirilmektedir (Junges vd., 2017; Naiara vd., 2019).

Yukarıda sıralanan avantajları nedeniyle YNDMS'nin yem değerini artırmak ve silolanma özelliğini geliştirmeye yönelik tüm dünyada çalışmalar yapılmaktadır (Hoffman vd., 2011; Calixto vd., 2017; Junges vd., 2017; Da Silva vd., 2018; Kung vd., 2018). Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı, silo ortamında laktik asit miktarını arttırmaya yönelik olup laktik asit bakterisi (LAB) inokulantı kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır.

Silo yemleri için kullanılan laktik asit bakterileri homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (McDonald vd., 1991; Muck, 2010). Bunlardan homofermantatif olanların glikolitik yolla glikoz ve diğer 6 karbonlu şekerleri laktik aside fermente (>%85) ettikleri (McDonald vd., 1991; Muck, 2010), heterofermantatif laktik asit bakterilerinin ise heksoz şekerleri (glikoz vb.) laktik asidin yanı sıra asetik asit, etanol ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi ürünlere fermente ettikleri bildirilmektedir (McDonald vd., 1991; Filya 2001; Lynch vd., 2015). Araştırmacılar kuru madde içeriği yüksek silajlarda genellikle heterofermantatif laktik asit bakterisi kültürlerini önermekte ve bu bakterilerin

siloda laktik asidin yanı sıra asetik asit de ürettikleri için silajlarda maya ve küf gelişimini önleyerek silajların aerobik stabilitelerini geliştirdiklerini bildirmektedirler (Weinberg vd., 2002; Tabacco vd., 2011; Basso vd., 2012; Da Silva vd., 2018; Kung vd., 2018).

Bu araştırmanın amacı, *heterofermantatif* laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus buchneri*'nin farklı dozlarının yüksek nemli dane mısıra ilavesinin ham besin maddeleri içeriği, *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirimi, metabolik enerji, silaj fermantasyonu ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymaktır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırmanın yem materyalini Bursa Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen DKC6492-DEKALB mısır (*Zea mays* L.) çeşidinin danesi oluşturmuştur. Bakteriyel inokulant olarak *heterofermantatif* olan *Lactobacillus buchneri* (11A44-IEUB) kullanılmıştır. İnokulanttaki laktik asit bakterisi sayısı  $4,0 \times 10^{11}$  kob/kg KM olarak bildirilmiştir. Yüksek nemli dane mısıra (YNDM) silolamak için 1,5 L'lik özel cam silolar (Weck®, Germany) kullanılmıştır. *In vitro* gaz üretim uygulanması için mezbahada kesilmiş 3 baş Merinos ırkı koçtan (55-60 kg canlı ağırlığında) rumen sıvısı alınmıştır.

### 2.2. Yöntem

#### 2.2.1. Silajların hazırlanması

Araştırmada kullanılan yüksek nemli dane mısıra sırasıyla; %0 (kontrol),  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$  ve  $10^7$  kob g<sup>-1</sup> taze materyal (TM) oranında *Lactobacillus buchneri* ilave edilerek 5 farklı silaj grubu oluşturulmuştur. *Lactobacillus buchneri* dozlarının her biri için 10 kg YNDM bir yere yayılmış ve üzerine 50 mL saf suda çözülmüş *Lactobacillus buchneri* inokulantı homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra YNDM silo kaplarına 3 tekerrür olacak şekilde silolanmış ve laboratuvar koşullarında 45 gün tutulmuştur. Bu süre sonunda silo kapları açılmış ve silajların kimyasal analizleri, mikrobiyolojik özellikleri, *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirimi, metabolik enerji (ME) ve aerobik stabilite düzeyleri saptanmıştır.

#### 2.2.2. *In vitro* gaz üretim tekniğinin uygulanması

Yüksek nemli dane mısır silajlarının *in vitro* koşullarda sindirilebilirlik ve ME düzeyinin saptanmasında Menke ve Steingass (1988) tarafından bildirilen "*in vitro* gaz üretim tekniği"

kullanılmıştır. Yönteme özel cam şırıngalara (Model Fortuna, Häberle Labortechnik, Lonsee-Ettlenschieß, Germany) kurutulmuş ve öğütülmüş yem örneklerinden 3 paralel olacak şekilde  $200 \pm 15$  mg tartılmıştır. Yemlerin inkübasyonu için özel cam şırıngalara 1/2 oranında rumen sıvısı (RS)/tampon çözelti (474 mL saf su, 0,12 mL mikro mineral çözeltisi, 237 mL tampon çözeltisi, 237 mL makro mineral çözeltisi, 1,22 mL resazurin çözeltisi ve 47,5 mL redüksiyon çözeltisi) karışımından 30 mL ilave edilmiştir (Menke vd., 1979). Bu şekilde hazırlanan cam şırıngalar  $39^\circ\text{C}$ 'de su banyosunda 3, 6, 12, 24, 48 ve 72 saat sürelerde inkübe edilmiş ve üretilen gaz miktarları ölçülmüştür. Yüksek nemli dane mısır silajlarının ham maddelerinin organik madde sindirimi (OMS) ve metabolik enerji (ME) içerikleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır (Menke ve Steingass, 1988):

$$\text{OMS, \%} = 9,00 + 0,9991 \times \text{GÜ} + 0,0595 \times \text{HP} + 0,0181 \times \text{HK}$$

$$\text{ME, MJ/kg KM} = 1,06 + 0,1570 \times \text{GÜ} + 0,0084 \times \text{HP} + 0,0220 \times \text{HY} - 0,018 \times \text{HK}$$

(GÜ (Gaz Üretimi): 200 mg KM yem örneğinin 24 saat inkübasyon süresi sonundaki net gaz üretimi, HP: ham protein, HY: ham yağ ve HK: ham kül, g/kg KM).

### 2.3. Kimyasal analizler

Yüksek nemli dane mısır silajları  $65^\circ\text{C}$ 'de etüvde 48 saat süreyle kurutulmuş ve 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülerek kimyasal analizlerde kullanılmıştır. Yemlerin kuru madde (KM) içeriği  $105^\circ\text{C}$ 'de etüvde 4 saat kurutulmuş, ham kül içeriği  $550^\circ\text{C}$ 'de 4 saat kül fırınında (Nüve) yakılarak, ham yağ analizi eter ekstraksiyonu yöntemi ile belirlenmiştir (AOAC, 2005). Ham protein analizi AOAC (2005)'de bildirildiği gibi Kjeldahl metoduna göre (Gerhardt) yapılmıştır. Yemlerin NDF ve ADF içerikleri Van Soest vd. (1991) tarafından bildirilen yöntemlere göre ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM, USA) ile belirlenmiştir. Nişasta analizi ise polarimetrik yöntemle saptanmıştır (Anonim, 2017).

Silajların pH'sı dijital pH metre cihazı (Sartorius PB-20, Goettingen, Germany) ile ölçülmüş, amonyak azotu ( $\text{NH}_3\text{N}$ ) içerikleri AOAC (2005)'ye göre yapılmış ve sonuçlar toplam silaj azotunun %'si olarak verilmiştir. Asetik, propiyonik ve bütirik asit içerikleri gaz kromatografi cihazı (Agilent Technologies 6890N, kolon özellikleri: Stabilwax-DA, 30 m, 0,25 mm ID, 0,25  $\mu\text{m}$  df. Max. temp:  $260^\circ\text{C}$ . Cat. 11023) (Wiedmeier vd. 1987) ile laktik asit analizi spektrofotometrik yöntemle (Barker ve

Summerson, 1941), suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) içerikleri ise fenol sülfürik asit yöntemine (DuBois vd., 1956) göre belirlenmiştir.

Silajların laktik asit bakterileri, maya ve küf sayımları Seale vd. (1990) tarafından bildirilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Buna göre ekim ortamı olarak LAB için MRS agar, maya ve küfler için malt ekstrakt agar kullanılmıştır. Örnekler için LAB, maya ve küf sayımları  $30^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 3 günlük inkübasyon dönemlerini takiben yapılmıştır. Örneklerde saptanan LAB, maya ve küf sayıları koloni oluşturan birim (*colony-forming unit: cfu*) ( $\text{Log}_{10}$  kob  $\text{g}^{-1}$  TM) olarak verilmiştir. Silajların aerobik stabilitesi ise Ashbell vd. (1991) tarafından bildirilen yöntemle yapılmıştır.

### 2.4. İstatistiksel analizler

Araştırmadan elde edilen veriler arasındaki farklılıkların saptanmasında varyans analizi (SAS 2004), görülen farklılıkların önem seviyelerinin belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır (Snedecor ve Cochran, 1976).

## 3. Araştırma bulguları ve tartışma

### 3.1. Yüksek nemli dane mısır silajının besin madde bileşimi

Yüksek nemli dane mısır silajının ham besin maddeleri bileşimi saptanmış ve Çizelge 1'de verilmiştir.

Silajlara LB ilavesi bazı ham besin maddeleri bileşimini önemli düzeyde etkilemiştir ( $p < 0,05$ ). Silajların KM içerikleri %69,73 ile %70,25 arasında değişmiş ve KM içerikleri arası farklılıklar önemsiz bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). Ham protein içerikleri ise %8,89 ile %9,73 arasında değişmiştir. En yüksek HP %9,73 ile  $10^7 \log_{10}$  kob  $\text{g}^{-1}$  TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısıra LB ilavesi silajların HP içeriğini geliştirmiştir. Benzer bulgu YNDMS ile çalışan Basso vd. (2012)'nin sonuçlarıyla da ortaya konmuştur. Araştırmada kullanılan YNDMS'nin HP içeriği Basso vd. (2012)'nin bildirmiş olduğu sonuçlardan (%10,17-10,96) düşük (%64,5 KM), Junior vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları sonuçlardan (%7,60) ise yüksek saptanmıştır. Silajlara LB ilave dozu artışına bağlı olarak, silajların nişasta içerikleri %69,47 ile %74,39 arasında değişmiştir. Silajlara LB ilavesinin artışı nişastayı daha fazla fermente ederek, silajların nişasta içeriğinin önemli düzeyde düşmesine neden olmuştur ( $p < 0,05$ ). En fazla düşüş  $10^7 \log_{10}$  kob  $\text{g}^{-1}$  TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Bunun temel nedeni YNDMS'ye ilave edilen LB

miktarının artışına bağlı olarak nişastanın fermantasyonundan dolayı kayba uğraması ile açıklanabilir. Araştırmadan elde edilen nişasta miktarı, Kung vd. (2014)'nin sonuçları (%71,40-74,72) ile Junior vd. (2014)'nin (%74,69)

sonuçlarına benzer bulunmuştur. Hoffman vd. (2011)'nin YNDMS'da bildirmiş oldukları nişasta (%65,4-69,1)'değerinden ise daha yüksek olduğu saptanmıştır.

**Çizelge 1.** Yüksek nemli dane mısır silajlarının kimyasal bileşimleri, (KM'de)

| Besin unsurları                           | <i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log <sub>10</sub> kob g <sup>-1</sup> TM |                     |                    |                    |                    | *SH   |
|---|--|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|   | 0 (kontrol)  | 10 <sup>4</sup>     | 10 <sup>5</sup>    | 10 <sup>6</sup>    | 10 <sup>7</sup>    |       |
| Kuru madde, %                             | 70,25  | 69,98               | 69,77              | 69,75              | 69,73              | 0,337 |
| Organik maddeler, %                       | 98,37  | 98,36               | 98,36              | 98,34              | 98,35              | 0,023 |
| Ham protein, %                            | 8,89 <sup>e</sup>  | 9,09 <sup>d</sup>   | 9,31 <sup>c</sup>  | 9,56 <sup>b</sup>  | 9,73 <sup>a</sup>  | 0,047 |
| Ham kül, %                                | 1,63   | 1,64                | 1,64               | 1,66               | 1,65               | 0,022 |
| Ham yağ, %                                | 4,07 <sup>b</sup>  | 4,04 <sup>b</sup>   | 4,01 <sup>b</sup>  | 4,04 <sup>b</sup>  | 4,21 <sup>a</sup>  | 0,051 |
| Nişasta, %                                | 74,39 <sup>a</sup>   | 72,92 <sup>b</sup>  | 71,36 <sup>c</sup> | 71,05 <sup>c</sup> | 69,47 <sup>d</sup> | 0,278 |
| Nötr deterjan lif (NDF), %                | 14,60 <sup>a</sup>   | 13,98 <sup>ab</sup> | 13,89 <sup>b</sup> | 13,62 <sup>b</sup> | 13,40 <sup>b</sup> | 0,376 |
| Asit deterjan lif (ADF), %                | 3,67 <sup>a</sup>  | 3,64 <sup>a</sup>   | 3,59 <sup>a</sup>  | 3,44 <sup>b</sup>  | 3,14 <sup>c</sup>  | 0,043 |
| Suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK), g/kg | 23,32 <sup>a</sup>   | 20,33 <sup>b</sup>  | 16,18 <sup>c</sup> | 15,52 <sup>d</sup> | 12,69 <sup>e</sup> | 0,244 |

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05). \*SH: standart hata; TM: taze materyal

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesi NDF, ADF içeriklerini önemli düzeyde düşürmüş ve sırasıyla; %13,40-14,60, %3,14-3,67 arasında değişmiştir. Silajlara artan dozlarda LB ilavesinin silo ortamında mikrobiyal fermantasyonu artırarak (Çizelge 3) hücre duvarları bileşenlerini sindirmesi sonucunda azaldığı söylenebilir (Basso vd., 2012; Ferraretto vd., 2014; Calixto vd., 2017). Araştırmada saptanan NDF ve ADF Junior vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları %13,74 ve %3,13 ile benzer, Basso vd. (2012), Ferraretto vd. (2014) ve Calixto vd. (2017)'nin bildirmiş oldukları sonuçlardan ise yüksek bulunmuştur.

Farklı dozlarda LB ile silolanmış YNDMS'nin SÇK içeriği 12,69 ile 23,32 g/kg KM arasında değişmiş ve deneme grupları arası farklılıklar önemli bulunmuştur (p<0,05). Yüksek nemli dane

mısıra artan dozlarda LB ilavesinin SÇK içeriğini düşürmesi, SÇK'ların büyük oranda uçucu yağ asitlerine dönüşmesi ile açıklanabilir (Çizelge 3). Silajların SÇK içerikleri KM düzeyinin artışına bağlı olarak artmıştır. Araştırmada bulunan SÇK içeriği YNDMS'ye farklı dozlarda LB kullanan Kung vd. (2001)'nin bildirmiş olduğu %5,96-7,75'den daha düşük saptanmıştır. Kung vd. (2007)'nin YNDMS'nin aerobik stabilitesini artırmak için LB kullandığı denemede bildirdikleri %1,35 SÇK'dan ise yüksek bulunmuştur.

### 3.2. Yüksek nemli dane mısır silajının mikrobiyolojik özellikleri

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin silajların mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi saptanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Yüksek nemli dane mısır silajlarının mikrobiyolojik özellikleri

| Unsurlar                         | <i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log <sub>10</sub> kob g <sup>-1</sup> TM |                    |                    |                    |                   | *SH   |
|----------------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------|
|                                  | 0 (Kontrol)  | 10 <sup>4</sup>    | 10 <sup>5</sup>    | 10 <sup>6</sup>    | 10 <sup>7</sup>   |       |
| LAB, log <sub>10</sub> kob/g TM  | 6,87 <sup>e</sup>  | 7,64 <sup>d</sup>  | 8,59 <sup>c</sup>  | 9,23 <sup>b</sup>  | 9,75 <sup>a</sup> | 0,167 |
| Maya, log <sub>10</sub> kob/g TM | 3,17 <sup>a</sup>  | 2,82 <sup>ab</sup> | 2,66 <sup>b</sup>  | 1,74 <sup>c</sup>  | 1,60 <sup>c</sup> | 0,195 |
| Küf, log <sub>10</sub> kob/g TM  | 1,67 <sup>a</sup>  | 0,67 <sup>ab</sup> | 0,67 <sup>ab</sup> | 0,67 <sup>ab</sup> | 0,33 <sup>b</sup> | 0,577 |

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05). \*SH: standart hata TM: taze materyal; LAB: laktik asit bakterileri

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi silajların mikrobiyolojik özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir (p<0,05). Laktik asit bakterisi (LAB) sayısı LB dozunun artışına bağlı olarak artmış; 9,75 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM ile en yüksek 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır. Araştırmada saptanan LAB sayısı Kung vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları 7,95 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> ile benzer bulunurken, Agma Okur vd. (2022)'nin bildirmiş oldukları 2,723 ve 4,303 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup>'dan daha yüksek

saptanmıştır. Bu durum denemede kullanılan mısır çeşidi farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Silajlara LB ilavesi silajların maya ve küf miktarını önemli düzeyde düşürmüştür (p<0,05). Maya ve küf sayısının düşmesi üzerinde en etkili LB dozu 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM olmuştur. Araştırmadan elde edilen bulgular LAB fermantasyon ürünlerinin (laktik asit, asetik asit) silajlardaki maya ve küf gelişimini önlediğini bildiren Weinberg vd. (2002) ve Kung vd. (2018)'nin bildirdikleri sonuçlarla

benzer bulunmuştur. Araştırmada saptanan maya miktarı Basso vd. (2012)'nin bildirmiş oldukları 1,341-6,700 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> ile Kung vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları 3,55 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> ile aynı sınırlar içerisinde; Hoffman vd. (2011)'nin bildirmiş oldukları 8,85 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup>'den düşük bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısır silajlarının

küf içeriği ise Kung vd. (2014)'nin bildirmiş oldukları 3,76 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup>'den düşük saptanmıştır.

### 3.3. Yüksek nemli dane mısır silajının fermantasyon özellikleri

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin silajların fermantasyon özellikleri üzerine etkisi saptanmış ve Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Yüksek nemli dane mısır silajlarının fermantasyon özellikleri

| Unsurlar                          | <i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log <sub>10</sub> kob g <sup>-1</sup> TM |                    |                    |                    |                    | *SH   |
|-----------------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                                   | 0 (Kontrol)  | 10 <sup>4</sup>    | 10 <sup>5</sup>    | 10 <sup>6</sup>    | 10 <sup>7</sup>    |       |
| pH                                | 4,74 <sup>a</sup>  | 4,37 <sup>b</sup>  | 4,11 <sup>c</sup>  | 3,99 <sup>c</sup>  | 3,85 <sup>d</sup>  | 0,044 |
| Laktik asit, g/kg KM              | 55,80 <sup>d</sup>   | 60,28 <sup>d</sup> | 63,56 <sup>c</sup> | 68,38 <sup>b</sup> | 72,04 <sup>a</sup> | 0,780 |
| Asetik asit, g/kg KM              | 4,66 <sup>d</sup>  | 6,01 <sup>c</sup>  | 6,45 <sup>b</sup>  | 6,70 <sup>b</sup>  | 8,00 <sup>a</sup>  | 0,508 |
| Propiyonik asit, g/kg KM          | 1,21 <sup>e</sup>  | 1,45 <sup>d</sup>  | 1,54 <sup>c</sup>  | 1,65 <sup>b</sup>  | 1,78 <sup>a</sup>  | 0,033 |
| Bütirik asit, g/kg KM             | 0,67 <sup>a</sup>  | 0,60 <sup>b</sup>  | 0,54 <sup>c</sup>  | 0,50 <sup>c</sup>  | 0,41 <sup>d</sup>  | 0,026 |
| Etanol, g/kg KM                   | 4,96 <sup>a</sup>  | 4,87 <sup>a</sup>  | 4,46 <sup>a</sup>  | 3,62 <sup>b</sup>  | 3,02 <sup>b</sup>  | 0,369 |
| Amonyak azotu (NH <sub>3</sub> N) | 7,61 <sup>a</sup>  | 5,74 <sup>b</sup>  | 5,37 <sup>c</sup>  | 4,82 <sup>d</sup>  | 4,22 <sup>e</sup>  | 0,150 |

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05). \*SH: standart hata TM: taze materyal; NH<sub>3</sub>N: amonyak azotu (NH<sub>3</sub>N toplam N'in %'si olarak verilmiştir).

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi silajların fermantasyon özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir (p<0,05). Silajların pH'sı deneme gruplarına göre 3,85 ile 4,74 arasında değişmiştir. Silaj pH'sı üzerine LB düzeyinin etkisi incelendiğinde en yüksek pH, LB ilave edilmeyen kontrol YNDMS'de, en düşük ise 3,85 ile 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Silajlara LAB ilavesinin silo ortamında laktik, asetik, ve propiyonik asit üretimini artırarak silo yemlerinin pH'larının düşmesine neden olduğu görüşleriyle (Stefanie vd., 2011; Kung vd., 2018), araştırma sonuçları benzer bulunmuştur. Araştırmada saptanan pH değeri bulguları Ferraretto vd. (2014) ve Ağa Okur vd. (2022)'nin bulguları ile uyumlu, Hoffman vd. (2011)'nin sonuçlarından yüksek bulunmuştur.

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi laktik asit (LA) düzeyini önemli düzeyde etkilemiş ve artırmıştır (p<0,05). Laktik asit içeriği en yüksek 72,04 ile 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta, en düşük ise 55,80 g/kg KM ile LB ilave edilmeyen kontrol grubunda saptanmıştır. Silajlara LB ilave dozuna bağlı olarak LA üretimi artmıştır. Araştırmada saptanan LA düzeyi, YNDMS ile çalışan Basso vd. (2012)'nin bildirmiş oldukları 31,1-39,0 g/kg KM'den yüksek bulunmuştur. Bu durumun silo ortamında kullanılan silo katkı maddesinden ve mısır çeşidinden kaynaklandığı söylenebilir. Silo ortamına LAB ilavesinin LA üretimini artırdığı yapılan birçok çalışmada ortaya konmuştur (McDonald vd.,1991; Taylor ve Kung 2002; Muck, 2010; Calixto vd., 2017; Da Silva vd., 2018).

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi asetik asit (AA) propiyonik asit (PA) ve etanol düzeyini artırmış, bütirik asit (BA) ve amonyak azotu (NH<sub>3</sub>N) düzeyini ise önemli düzeyde düşürmüştür (p<0,05). Heterofermantatif laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus buchneri* YNDMS'da AA üretimini artırmış ve deneme gruplarına göre sırasıyla; 4,66 ile 8,00 g/kg KM arasında değişmiştir. Araştırmada saptanan AA düzeyi Basso vd. (2012)'nin farklı seviyelerde *Lactobacillus buchneri* (LB) kullanarak saptadıkları 3,4-4,2 g/kg KM'den daha yüksek saptanmıştır.

Silajların PA içeriği LB dozunun artışına bağlı olarak artmış ve en yüksek PA 1,78 g/kg KM 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır. Araştırmada saptanan PA miktarı Basso vd. (2012)'nin bildirdikleri 0,1-0,3 g/kg KM'den daha yüksek bulunmuştur. Silajların BA içeriği LB dozu artışına bağlı olarak düşmüştür. En düşük değer ise 0,41 g/kg KM ile 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır. Silajlara LB kültürlerinin ilavesi silo ortamında LA ve AA miktarını artırmış ve pH'yı düşürmüştür (Çizelge 3). Bu durum silo ortamında BA üreten bakteri sayılarını sınırlayarak BA miktarını sınırlandırmıştır (Soderholm vd., 1988; McDonald vd.,1991; Calixto vd., 2017).

Yüksek nemli dane mısır silajının NH<sub>3</sub>N içeriği LB dozu artışına bağlı olarak 4,22 ile 7,61 g/kg Toplam Azot (TA) arasında değişmiştir. En düşük NH<sub>3</sub>N 4,22 g/kg TA ile 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır. Laktik asit bakteri ilavesinin silajlarda NH<sub>3</sub>N'nu düşürdüğü Taylor ve

Kung, (2002), Hoffman vd. (2011), Kung vd. (2018) ile Da Silva vd. (2018)'da yapmış oldukları çalışmalarla da ortaya konmuştur. Araştırma bulguları da yapılan çalışmalarla benzer bulunmuştur.

### 3.4. Yüksek nemli dane mısır silajının *in vitro* gaz, ME ve OMS özellikleri

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin silajların *in vitro* gaz üretimi, besin maddeleri sindirimi ve metabolik enerji içerikleri üzerine etkisi saptanmış ve Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Yüksek nemli dane mısır silajlarının *in vitro* gaz üretimi (mL), besin madde sindirimi ve metabolik enerji içerikleri

| İnkübasyon süresi, saat                            | <i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log <sub>10</sub> kob g <sup>-1</sup> TM |                     |                      |                     |                     | *SH   |
|--|--|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------|
|  | 0 (Kontrol)  | 10 <sup>4</sup>     | 10 <sup>5</sup>      | 10 <sup>6</sup>     | 10 <sup>7</sup>     |       |
| Gaz üretimi, mL                                    |  |                     |                      |                     |                     |       |
| 3  | 17,63 <sup>c</sup>   | 17,36 <sup>c</sup>  | 18,10 <sup>bc</sup>  | 18,90 <sup>b</sup>  | 20,17 <sup>a</sup>  | 0,419 |
| 6  | 42,17 <sup>c</sup>   | 43,43 <sup>bc</sup> | 43,70 <sup>abc</sup> | 46,33 <sup>ab</sup> | 47,67 <sup>a</sup>  | 1,606 |
| 12   | 59,67 <sup>b</sup>   | 60,00 <sup>b</sup>  | 60,50 <sup>b</sup>   | 61,00 <sup>b</sup>  | 62,77 <sup>a</sup>  | 0,654 |
| 24   | 66,63 <sup>c</sup>   | 67,50 <sup>c</sup>  | 68,00 <sup>c</sup>   | 70,83 <sup>b</sup>  | 72,77 <sup>a</sup>  | 0,536 |
| 48   | 74,28 <sup>c</sup>   | 75,63 <sup>c</sup>  | 76,44 <sup>c</sup>   | 78,18 <sup>b</sup>  | 81,383 <sup>a</sup> | 0,572 |
| 72   | 77,26 <sup>c</sup>   | 78,46 <sup>c</sup>  | 80,46 <sup>b</sup>   | 81,63 <sup>b</sup>  | 84,03 <sup>a</sup>  | 0,757 |
| Besin maddeleri sindirimi ve metabolik enerji (ME) |  |                     |                      |                     |                     |       |
| OMS, %   | 81,75 <sup>d</sup>   | 82,74 <sup>cd</sup> | 83,37 <sup>c</sup>   | 86,36 <sup>b</sup>  | 88,39 <sup>a</sup>  | 0,527 |
| ME, MJ/kg KM                                       | 12,49 <sup>b</sup>   | 12,55 <sup>b</sup>  | 12,64 <sup>b</sup>   | 12,68 <sup>b</sup>  | 13,06 <sup>a</sup>  | 0,112 |

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05); \*SH: standart hata TM: taze materyal; OMS: organik madde sindirimi; ME: metabolik enerji

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi *in vitro* gaz üretimini önemli düzeyde (p<0,05) etkilemiştir. İnkübasyon süresinin artışına bağlı olarak *in vitro* gaz üretimi artmış ve 72. saatteki deneme gruplarına göre 77,26 ile 84,03 mL/200 mg KM arasında değişmiştir. En yüksek *in vitro* gaz üretimi 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta saptanmıştır (84,03 mL/200 mg KM). Silajlara artan dozlarda LB ilavesi *in vitro* gaz üretimini artırmıştır. Yüksek nemli dane mısır silajının *in vitro* gaz üretimi Mc Geough vd. (2011)'nin yapmış oldukları sonuçlarla benzer bulunmuştur. Aynı şekilde *in vitro* gaz üretimi mısır danesi ile çalışan Eren vd. (2021)'nin bildirmiş oldukları (83,17-89,83 mL/200 mg KM) sonuçlarla da benzer bulunmuştur.

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi silajların OMS'yi etkilemiş ve OMS %81,75-%88,39 arasında değişmiştir (p<0,05). En yüksek OMS 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB içeren YNDMS'de saptanmıştır. Araştırmada saptanan OMS, Kung vd. (2018)'nin bildirmiş oldukları %84,61-88,11 ile benzer; aynı şekilde mısır danesi ile çalışan Qiao vd. (2015) ve Karami vd. (2018)'nin bildirmiş oldukları OMS'den de yüksek bulunmuştur.

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi ME içeriğini önemli düzeyde etkilemiştir (p<0,05). Yüksek nemli dane mısır silajlarının ME içeriği üzerine LB dozunun artışına bağlı olarak artmış ve 13,06 MJ/kg KM ile 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB içeren YNDMS'de saptanmıştır. Diğer LB dozları ise

benzer bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısır silajlarına LB inokulantı ilavesi silajların ME içeriklerini geliştirmiştir. Araştırmada YNDMS'de saptanan ME düzeyi mısır danesi ile çalışan Abaş vd. (2005), Qiao vd. (2015), Karami vd. (2018) ve Eren vd. (2021)'nin bildirmiş oldukları değerlerden yüksek bulunmuştur.

### 3.5. Yüksek nemli dane mısır silajının aerobik stabilite özellikleri

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin silajların aerobik stabilite özellikleri üzerine etkileri saptanmış ve Çizelge 5'te verilmiştir.

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi, mısır silajının aerobik ortamda pH'larını, maya ve küf sayılarını önemli düzeyde etkilemiş (p<0,05) ve silajların açıldığı zamana göre yükseltmiştir (Çizelge 3). Silajların aerobik stabilite testi süresi sonunda pH'sı deneme gruplarına göre 4,17 ile 5,57 arasında değişmiştir. Silaj pH'sı üzerine LB ilave dozu etkili olmuştur. Yüksek nemli dane mısır LB ilavesi silo ortamında laktik, asetik ve propiyonik asit üretimine neden olarak (Stefanie vd., 2011; Kung vd., 2018) silo ortamında pH'nın düşmesine ve böylece aerobik ortamdaki pH'nın düşük gerçekleşmesine neden olmuştur. Araştırmada saptanan pH değeri bulguları Hoffman vd. (2011), Ferraretto vd. (2014) ve Agma Okur vd. (2022)'nin bulguları ile uyumlu bulunmuştur.

**Çizelge 5.** Yüksek nemli dane mısır silajlarının aerobik stabilite özellikleri

| Unsurlar                                       | <i>Lactobacillus buchneri</i> dozu, Log <sub>10</sub> kob g <sup>-1</sup> TM |                    |                    |                    |                    | *SH   |
|--|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|  | 0 (Kontrol)  | 10 <sup>4</sup>    | 10 <sup>5</sup>    | 10 <sup>6</sup>    | 10 <sup>7</sup>    |       |
| pH   | 5,57 <sup>a</sup>  | 4,74 <sup>b</sup>  | 4,49 <sup>c</sup>  | 4,37 <sup>d</sup>  | 4,17 <sup>e</sup>  | 0,013 |
| Maya, log <sub>10</sub> kob g <sup>-1</sup> TM | 5,57 <sup>a</sup>  | 4,75 <sup>b</sup>  | 4,52 <sup>c</sup>  | 3,17 <sup>d</sup>  | 2,89 <sup>e</sup>  | 0,346 |
| Küf, log <sub>10</sub> kob g <sup>-1</sup> TM  | 3,17 <sup>a</sup>  | 2,88 <sup>b</sup>  | 2,23 <sup>c</sup>  | 1,86 <sup>d</sup>  | 1,09 <sup>e</sup>  | 0,192 |
| CO <sub>2</sub> , g/kg KM                      | 42,44 <sup>a</sup>   | 28,46 <sup>b</sup> | 25,19 <sup>c</sup> | 22,35 <sup>d</sup> | 19,97 <sup>d</sup> | 0,944 |

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05). \*SH: standart hata; TM: taze materyal; KM: kuru madde; CO<sub>2</sub>: karbondioksit; LB: *Lactobacillus buchneri*

Silajlara artan dozlarda LB ilavesi ile maya sayısı 2,89 ile 5,57 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM arasında değişmiştir. En yüksek maya kontrol grubunda saptanmıştır. En düşük ise 2,89 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM ile 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Küf sayısı da LB dozu ilavesine göre önemli düzeyde düşmüştür (p<0,05). Silajların küf sayıları 1,09 ile 3,17 log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM arasında değişmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular LAB fermentasyon ürünlerinin (laktik asit, asetik asit) silajlardaki küf gelişimini önlediğini bildiren Weinberg vd. (2002), Filya (2003) ve Kung vd. (2018)'nin bildirdikleri sonuçlarla benzer bulunmuştur.

Yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda LB ilavesinin karbondioksit (CO<sub>2</sub>) üretimi üzerine etkileri önemli bulunmuştur (p<0,05). Silajların CO<sub>2</sub> üretimi üzerine LB düzeyi etkili olmuş ve LB dozunun artması CO<sub>2</sub> üretimini önemli düzeyde düşürmüştür (p<0,05). En düşük CO<sub>2</sub> üretimi 19,97 g/kg KM ile 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM LB ilave edilen grupta bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısır silajlarına LAB inokulantı eklemesi CO<sub>2</sub> üretimini düşürerek, katıldıkları silajların aerobik stabilitelerini geliştirmiştir. Silajlara eklenen LAB inokulantlarının aerobik stabiliteyi geliştirdiği Taylor ve Kung, (2002), Kung vd. (2004) ve Kung vd. (2018) tarafından da bildirilmiştir. Araştırmada saptanan sonuçlar Agma Okur vd. (2022)'nin aerobik sitabilite testi sonuçları ile uyumlu olarak bulunmuştur. Yüksek nemli dane mısır silajına LB ilavesi silajların CO<sub>2</sub> üretim miktarını düşürerek aerobik stabilitelerini geliştirmiştir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Sonuç olarak, bu araştırma yüksek nemli dane mısır silajlarına artan dozlarda *Lactobacillus buchneri* (LB) ilavesinin silajların ham besin maddeleri bileşimi, silaj fermentasyonu, laktik asit bakteri (LAB) miktarını geliştirmiştir. Ayrıca silajların *in vitro* gaz üretimi, metabolik enerji (ME), organik madde sindirimi (OMS) ve aerobik stabilitelerini de önemli düzeyde geliştirmiştir. Yüksek nemli dane mısır silajları üzerinde en etkili LB dozunun 10<sup>6</sup> ile 10<sup>7</sup> log<sub>10</sub> kob g<sup>-1</sup> TM olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmayla yüksek nemli dane mısırdan hem katkı maddeli hem de katkısız silaj yapılabileceği ortaya konulmuştur. Araştırma Türkiye'de yapılan ilk çalışmalardan birisini oluşturmaktadır. Bu alanda hem *in vitro*, hem de *in vivo* çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

#### 5. Kaynaklar

Abaş, İ., Özpınar, H., Kutay, H.C. and Kahraman, R. (2005). Determination of the Metabolizable Energy (ME) and Net Energy Lactation (NEL) Contents of Some Feeds in the Marmara Region by In vitro Gas Technique. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29:751-757.

Agma Okur, A., Gozluklu, K., Okur, E., Okuyucu, B., Koc, F. and Ozduven, M.L. (2022). Effects of apple vinegar addition on aerobic aeterioration of fermented high moisture maize using infrared thermography as an indicator. *Sensors* 2022, 22, 771. <https://doi.org/10.3390/s220307>.

Anonim, 2017. Yemlerin Resmi Kontrolü İçin Numune Alma ve Analiz Metotlarına Dair Yönetmelik. RG 21.01.2017/29955.

AOAC. (2005). Association Official Analytical Chemist. *Official Methods of Analysis* (18<sup>th</sup> ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

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

Barker, S.B., Summerson, W.H. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *Journal of Biological Chemistry*, 138, 535-554.

Basso, F.C., Bernardes, T F., de Toledo Piza Roth, A.P., Rabelo, C.H.S., Ruggieri, A.C. and Reis, R.A. (2012). Fermentation and aerobic stability of high-moisture corn silages inoculated with different levels of *Lactobacillus buchneri*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(11), 2369-2373.

Calixto, M., Jr., Jobim, C. C., Osmari, M. P., Tres, T. T. 2017. Nutritional additives in high moisture corn silage. *Revista Brasileira de Ciências*



*Agrárias*, 12(1); 105-111. doi: 10.5039/agraria.v12i1a5413

Da Silva, N.C., Nascimento, C.F., Nascimento, F.A., de Resende, F.D., Daniel, J.L.P., Siqueira, G.R. (2018). Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4158-4167. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13797>

DuBois, M., Giles, K. A., Hamilton, J. K., Rebes, P. A. and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3): 350-356.

Ensminger, M. E., Oldfield, J. E. and Heinemann, W. W. (1990). Feed and nutrition. The Ensminger Publishing Company.

Eren, T., Sezer, E. ve Canbolat, Ö. (2021). Farklı teknolojik işlemlerden geçirilmiş mısır dane yeminin yem değeri ve rumen fermantasyonu üzerine etkisi. 14. Ulusal Zootečni Öğrenci Kongresi, Bursa, Türkiye, 24 Nisan - 22 Mayıs 2021, ss.10-21.

Ferraretto, L. F., Taysom, K., Taysom, D. M., Shaver, R. D. and Hoffman, P. C. (2014). Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia-nitrogen, and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn samples. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 3221-3227.

Filya, I. (2001). Silaj Teknolojisi. Hakan Ofset, İzmir.

Filya, I. (2003). The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology*, 95; 1080-1086.

Hoffman, P. C., Esser, N. M., Shaver, R. D., Coblenz, W. K., Scott, M. P., Bodnar, A. L., Schmidt, R. J. and Charley, R. C. (2011). Influence of inoculation and storage time on alteration of the starch-protein matrix in high moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 94(5), 2465-2474. doi: 10.3168/jds.2010-3562.

Junges, D., Morais, G., Spoto, M. H. F., Santos P. S., Adesogan, A. T., Nussio, L. G. and Daniel, J. L. P. (2017). Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9048-9051. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12943>

Junior, P. P., Júnior, G. A. A., Costa, C., Meirelles, P. R. L., Silveira, J. P. F., Panichi, A., Silva, M. G. B., Factori, M. A., Cavasano, F. A. and Mendonça, S.A. (2014). Nutritional value of high moisture corn silage in the diet of Holstein cows. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria Zootecnia*, 66(5), 1495-1503.

Karabulut, A., ve Filya, I. (2020). Yemler bilgisi ve yem teknolojisi. U. Ü. Ziraat Fak. Ders Notları. No: 67. Bursa. 306.

Karami, M., Palizdar M.H. and Almasi M.S. (2018). The effect of different processing of corn grain on gas production kinetics and in vitro digestibility in Taleshi cows. *Livestock Science*, 9: 101-106.

Keskin, B., Akdeniz, H., Temel, S. ve Eren B. (2018). Farklı tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin besleme değerlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 15-19.

Kung, L. Jr., and Ranjit, N. K. (2001). The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. *Journal of Dairy Science*, 85(5), 1149-1155.

Kung, L. Jr., Schmidt, R. J., Ebling, T. E. and Hu, W. (2007). The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2309-2314.

Kung, L. Jr., Shaver, R. D., Grant, R. J. and Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020-4033.

Kung, L. Jr., Windle, M. C. and Walker N. (2014). The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1707-1712. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7469>

Lynch, J. P., Baah, J. and Beauchemin, K. A. (2015). Conservation, fiber digestibility, and nutritive value of corn harvested at 2 cutting heights and ensiled with fibrolytic enzymes, either alone or with a ferulic acid esterase-producing inoculant. *Journal of Dairy Science*, 98(1214-1224). doi: 10.3168/jds.2014-8768.

Mc Geough, E., O'Kiely, P., O'Brien, M., and Kenny, D.A. (2011). An evaluation of the methane output associated with high-moisture grains and silages using the in vitro total gas production technique. *Animal Production Science*, 51(7), 627-634. <https://doi.org/10.1071/AN10243>

- McDonald, P., Henderson, A. R., and Heron, S. J. E. (1991). *The Biochemistry of Silage*, 2nd ed. Chalcombe Publications, Abersytwyth, United Kingdom.
- Menke, K.H. and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183-191. doi: 10.1590/S1516-35982010001300021.
- Naiara, C. da Silva, Cleisy, F., Nascimento, Vinícius, M.A., Campos, Michele A.P. Alves, Flávio D. Resende, João L.P. Daniel, and Siqueira, G.R. (2019). Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 124-133. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.03.003>
- Ogunade, I.M. Martinez-Tupppia, C. Queiroz, O.C.M. Jiang, Y. Drouin, P. Wu, F. Vyas, D. and Adesogan, A.T. 2018. Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation, *Journal of Dairy Science*, 101(5); 4034-4059. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13788>.
- Qiao, F.Q., Wang, F., Ren, L.P., Zhou, Z.M. Meng, Q.X. and Bao, Y.H. (2015). Effect of steam-laking on chemical compositions, starch gelatinization, in vitro fermentability, and energetic values of maize, wheat and rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 14 (5). 949-955.
- SAS (2004). Statistical Analysis System. *SAS/STAT User guide, Version 9.1.2*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Seale, D.R., Pahlow, G., Spoelstra, S.F., Lindgren, S., Dellaglio, F. and Lowe, J.F. (1990). Methods for the Microbiological Analysis of Silage, Proceeding of The Eurobac Conference, 147, Uppsala.
- Snedecor, G.W. and Cochran, W. (1976). *Statistical Methods*. The Iowa State Univ. Pres. Amer. IA. USA.
- Soderholm, C. G., Otterby, D. E., Linn J. G., Hansen W. P., Johnson, D. G. and Lundquist, R. G. (1988). Addition of ammonia and urea plus molasses to high moisture snapped ear corn at ensiling. *Journal of Dairy Science*, 71(3).
- Stefanie, J. W. H., Elferink, O., Driehuis, F., Gottschal, J. C. and Spoelstra, S. F. (2011). Silage fermentation processes and their. Manipulation. FAO Electronic Conference on Tropical Silage.
- Tabacco, E., Piano, S., Revello-Chion, A. and Borreani, G. (2011). Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5589-5598. doi: 10.3168/jds.2011-4286.
- Taylor, C. C., and Kung, L. Jr. (2002). The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. *Journal of Dairy Science*, 85(6), 1526-1532.
- Van Soest, P.J.J., Robertson, J.B. and Lewis. B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Weinberg, Z. G., Ashbell, G., Hen, Y., Azrieli, A., Szakacs, G. and Filya, I. (2002). Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28, 7-11.
- Wiedmeier, R.D., Arambel, M.J. and Walters, J.L. (1987). Effect of orally administered pilocarpine on ruminal characteristics and nutrient digestibility in cattle. *Journal of Dairy Science*. 70, 284-289. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80009-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80009-7).