



**HAYVANCILIK İŞLETMELERİNDE KULLANILACAK OZONLU SU İLE
DEZENFEKSİYON SİSTEMİNİN TASARIM PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Özlem NARIN

**Yüksek Lisans Tezi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLÖL**

2021

T.C
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAYVANCILIK İŞLETMELERİNDE KULLANILACAK OZONLU SU
İLE DEZENFEKSİYON SİSTEMİNİN TASARIM
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Özlem NARIN

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. ERKAN GÖNÜLÖL

TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAYVANCILIK İŞLETMELERİNDE KULLANILACAK OZONLU SU İLE DEZENFEKSİYON SİSTEMİNİN TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Özlem NARIN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLÖL

Süt hayvancılığı işletmelerinde biyogüvenlik amacıyla yapılan dezenfeksiyon işlemlerinde kimyasallar yerine ozon kullanmak bu tez çalışmasının asıl konusunu oluşturmaktadır. Tezde bir ozonlu su uygulama sistemi oluşturulmuş ve dezenfeksiyon uygulamaları yapılmıştır. Oluşturulan sistem, temelde bir ozon üretici (jeneratörü), su deposu, ozonlu su pompası ve bir kontrol panosundan meydana getirilmiştir. Denemeler, TNKU Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür. Uygulama sisteminin su deposunda yapılan ozonlama işleminin 11. dakikasında maksimum konsantrasyon olan 3 ppm'e ulaşılmıştır. Ardından yıkama işlemine başlanmıştır. Yıkama işlemi aşağıdaki yüzeylerde yapılmıştır; beton zeminli (altlık kullanılmamış halde) doğum bölmesi (BZ), seramik malzeme ile kaplı sağımhane duvarı (SY), PVC plastikten üretilen buzağı kulübesinin iç yüzeyi (PY) ve kauçuk malzemeden olan inek yatağının üst yüzeyi (KY). Ozonlu su ile dezenfeksiyonun etkinliği için yüzeylerden yıkama öncesi (YÖ) ve yıkama sonrası (YS) alınan örnekler laboratuvarında analize alınmıştır. Analizlerde örneklerde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) ve Toplam Küf-Maya (TKM) sayıları tespit edilmiştir. Bulgulara göre; YÖ'de en yüksek TMAB ve en yüksek TKM, PY yüzeyinde tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bu değerler sırasıyla, 7,31 log kob/cm² ve 5,15 log kob/cm² olarak belirlenmiştir. Bu yüzeylerde YS'de 3,63 ve 2,46 gibi oldukça anlamlı bir düşüş sağlanmıştır. Diğer yıkama yüzeylerinin YÖ değerleri daha düşük olduğu için YS değerleri de arzulanan değerde düşük bulunmuştur. Tezde belirlenen tasarım parametreleri: İçine ozon uygulanan suyun deposu ve ozonlu suyun iletimini sağlayan pompa mutlaka paslanmaz çelik olmalıdır. PVC, alüminyum, sac malzeme, polyester ve dökümden imal edilecek depolar ve pompalar kısa sürede ozon tarafından korozyona tabii olacaktır. Yıkama suyunda çözünen ozon miktarı (ozon konsantrasyonu) minimum 3 ppm olmalıdır. Yıkama sırasında yüzey, ozonlu suya en az 10 s maruz kalacak şekilde uygulama yapılmalıdır.

Anahtar kelimeler: ozon, ozonlu su, biyogüvenlik, dezenfeksiyon, hayvancılık

2021, 37 Sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF DESIGN PARAMETERS OF OZONATED WATER DISINFECTION SYSTEM USED IN LIVESTOCK PRODUCTION

Özlem NARIN

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Erkan GÖNÜLOL

The main purpose of this thesis is to use ozone instead of chemicals in disinfection processes for biosecurity in dairy farms. An ozonated water application system was set up and this system was used for the disinfection. The system basically consists of an ozone generator, water tank, ozone water pump and a control panel. Trials were carried out at TNKU, Faculty of Agriculture, Experimental Farm. The maximum concentration of 3 ppm was reached after 11th minute of the ozonation in the water tank of the. Then the washing was done at the following surfaces; the concrete floor of maturity area (BZ), the ceramic wall of milking parlor wall (SY), the PVC inner surface of the calf hatch (PY) and the surface of rubber cow bed (KY). Effectiveness of disinfection with ozonated water was found out by analyzing samples that taken from the surfaces before washing (YO) and after washing (YS). Total Mesophilic Aerobic Bacteria (TMAB) and Total Mold-Yeast (TKM) of the samples were determined in lab. According to the results; the highest TMAB and the highest TCM were detected on the PY surface in YO. These were 7.31 log cfu/cm² and 5.15 log cfu/cm², respectively. A very significant decrease of 3.63 and 2.46 in YS was achieved on these surfaces. YS values were also found to be desired level since the values of other YO were much lower. Design parameters that determined at this thesis are: The tank and delivered component of the ozonated water should be made from stainless steel. Otherwise, surface such as PVC, aluminum, rubber and polyester can be corroded by in a short time. The amount of ozone dissolved in the washing water (ozone concentration) should be at least 3 ppm. During washing, the surface should be exposed to ozonated water for at least 10 seconds.

Key words: ozone, ozonated water, biosecurity, disinfection, livestock

2021, 37 Pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	iv
ŞEKİL DİZİNİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal.....	14
3.2. Yöntem	17
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	22
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	33
6. KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ	37

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1. Saf ozonun bazı özellikleri	3
Çizelge 1.2. Genel olarak ozonlamanın uygulandığı alanlardaki ozon dozajları ve temas süreleri.....	4
Çizelge 2.1. Ozonun, su sıcaklığına bağlı çözünürlüğü.....	10
Çizelge 3.1. Ozon üreticinin teknik özellikleri	16
Çizelge 3.2. ORP değerine (mV) karşılık gelen suda eriyen ozon miktarı (ppm-mg/L).....	18
Çizelge 4.1. Yüzeylerin yıkama öncesi (YÖ) ve yıkama sonrası (YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayıları (log kob/cm ²) ve istatistik analiz sonuçları.....	24
Çizelge 4.2. Yüzeylerin yıkama öncesi (YÖ) ve yıkama sonrası (YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm ²) ve istatistik analiz sonuçları	25

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Korona akım metodu ile ozonun oluşması (Ekici vd., 2006; Yıldız ve Yangınlar, 2014)	2
Şekil 3.1. Ozon uygulama sisteminin genel görünüşü ve temel parçaları (1: Ozon üretici panosu, 2: Ozonlu su deposu, 3: Ozonlu su pompası, 4: Hava deposu, 5: Hortum ve duşlama (yıkama) aparatı).....	15
Şekil 3.2. Ozon üretici panosu (1: Ozon üretici, 2: Yüksek gerilim adaptörü kartı, 3: Hava pompası, 4: Pompa anahtarı, 5: Ozon üreteç anahtarı, 6: Zamanlayıcı, 7: Sinyal lambası	15
Şekil 3.3. Suda çözünen ozon miktarının ölçümü için kullanılan pH/ORP cihazı	16
Şekil 3.4. Doğum bölmesinin yıkanması ve örnek alma	19
Şekil 3.5. Sağımhane duvarının yıkanması ve örnek alma.....	20
Şekil 3.6. Buzağı kulübelerinin yıkanması ve örnek alma	20
Şekil 3.7. İnek yataklarının yıkanması ve örnek alma.....	20
Şekil 4.1. Ozonlu yıkama suyunun ORP cihazı ile kontrolü	22
Şekil 4.2. Doğum bölmesi beton zeminin yıkama öncesi (BZ YÖ) ve sonrası (BZ YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı (log kob/cm ²).....	26
Şekil 4.3. Doğum bölmesi beton zeminin yıkama öncesi (BZ YÖ) ve sonrası (BZ YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm ²)	26
Şekil 4.4. Sağımhane seramik yüzeyin yıkama öncesi (SY YÖ) ve sonrası (SY YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı (log kob/cm ²).....	27
Şekil 4.5. Sağımhane seramik yüzeyin yıkama öncesi (SY YÖ) ve sonrası (SY YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm ²)	28
Şekil 4.6. Buzağı kulübesi plastik yüzeyin yıkama öncesi (PY YÖ) ve sonrası (PY YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı (log kob/cm ²).....	29
Şekil 4.7. Buzağı kulübesi plastik yüzeyin yıkama öncesi (PY YÖ) ve sonrası (PY YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm ²)	29
Şekil 4.8. İnek yatağı kauçuk yüzeyin yıkama öncesi (KY YÖ) ve sonrası (KY YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı (log kob/cm ²).....	30
Şekil 4.9. İnek yatağı kauçuk yüzeyin yıkama öncesi (KY YÖ) ve sonrası (KY YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm ²)	31

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BZ	: Beton zeminli (altlık kullanılmamış halde) doğum bölmesi
KY	: Kauçuk malzemedeki olan inek yatağının üst yüzeyi
PY	: PVC plastikten üretilen buzağı kulübesinin iç yüzeyi
SY	: Seramik malzeme ile kaplı sağımhane duvarı
TKM	: Toplam küf-maya sayımı (log kob/cm ²)
TMAB	: Toplam mezofilik bakteri sayımı (log kob/cm ²)
YÖ	: Yıkama öncesi
YS	: Yıkama sonrası

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamın her aşamasında bana desteklerini esirgemeyen ve ayrıca yoğun çalışmalarım sırasında sabır gösterdiği için Danışman Hocam Prof. Dr. Erkan GÖNÜLOL'a,

Denemelerim sırasında yardımı ardından laboratuvar analizlerinin gerçekleştiren Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanlarından Dr. Göksel TIRPANCI SİVRİ'ye (Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi),

Denemelerin yapılabilmesi için test ekipmanının tedariki ve lojistiği yanı sıra ozon ile ilgili bilgilerini esirgemeyen PCS Elektronik firmasına,

Denemelerin sağlıklı yürütülmesini sağlayan Tekirdağ Namık Kemal Üniversite'si Ziraat Fakültesi uygulama çiftliği sorumlularına ve çalışanlarına,

Lisans ve lisansüstü derslerini aldığım Biyosistem Mühendisliği Öğretim Elemanları ve desteklerini esirgemeyen lisans üstü öğrencilerine,

Tüm hayatım boyunca her konuda ümit verdikleri ve destek oldukları için sevgili aile üyelerim Doğukan, Şehriban ve Gökçe NARIN'e,

İsimlerini yazamadığım daha nice yardımını esirgemeyen herkese...

Teşekkürlerimi borç bilirim.

Haziran 2021

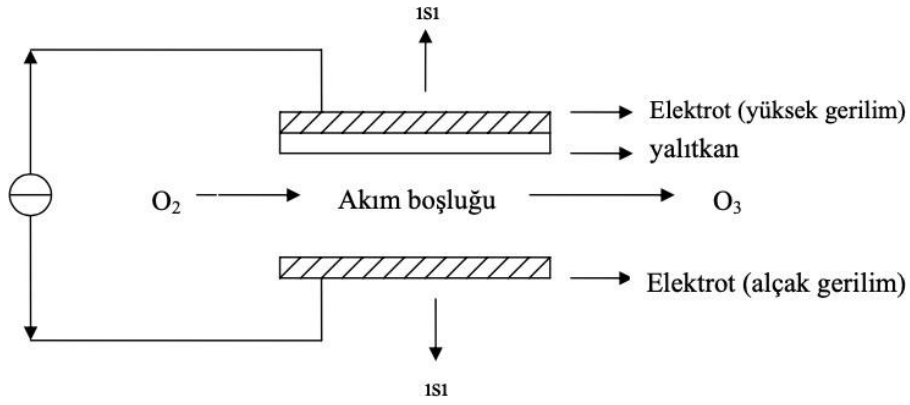
Özlem NARIN

1. GİRİŞ

Son derece karakteristik bir konu olan ozonun (O_3) yararları ilk kez 1840 yılında İsviçre’de Alman kimyacı Christian Fredrick Schönbein tarafından keşfedilmiştir. 1903-1906 yılları arasında Amerika’da bitkiler için su arıtımı alanında kullanılan ozon, 1940’larda içme suyu arıtımında kullanılmaya başlanmıştır. 1980’li yıllarda teknolojinin gelişmesiyle ozon üretiminin kolay ve nispeten ucuz olmasına paralel olarak kullanım alanları artmıştır. Ozonun Amerikan gıda endüstrisinde kullanımına Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) 2001 yılında izin vermiştir. Ozon tarımda, tarımsal ilaç kalıntılarının temizlenmesinde, soğuk hava depolarında, veterinerlik ve hayvancılıkta enfeksiyon giderilmesinde de kullanılmaktadır (Scrollavezza, Ansaloni, Polidori, 2002; Ekici, Sağdıç, Kesmen, 2006; Atgüden, 2011; Yıldız ve Yangınlar, 2014).

Ozon (O_3), oksijen molekülüne (O_2) oksijen atomunun (O) eklenmesiyle oluşan son derece kararsız bir moleküldür. Ozon, bir ozon üretici (jeneratörü) vasıtasıyla elde edilmektedir. Oksijen elektrik akımından geçirilmesi sırasında molekülü parçalanarak reaktif serbest oksijen atomuna dönüşmektedir. Serbest oksijen atomları (O), moleküler oksijenle karşılaştığında son derece kararsız olan ozon molekülü (O_3) oluşmaktadır. Ozon daha sonra hızlı bir şekilde moleküler oksijene (O_2) ve serbest oksijen atomlarına (O) dönüşmektedir (Ekici vd., 2006; Yıldız ve Yangınlar, 2014).

Üreteçler, Şekil 1’de şematik olarak gösterilen korona akım metodu ile oksijen moleküllerinin (O_2) elektrik akımından geçirilmesi yoluyla çalışmaktadır. Bu yöntemde biri yüksek akım diğeri alçak akım elektrotu olmak üzere iki adet elektrot kullanılmaktadır. Elektrotlar oksijen molekülünü ayrıştırır ve her bir oksijen atomundan bir ozon molekülü oluşur. Üreteçten hava geçirilmesi durumunda içerisindeki oksijen oranı %21 olduğu için hacmin %1-3’ü oranında ozon üretilebilmektedir. Daha fazla ozon üretimi için üreteç içinden saf oksijen geçirilmekte böylece ozon üretim oranı %6’ya çıkmaktadır. Ozon gazı, kendiliğinden oksijen atomlarına parçalanması nedeni ile depolanamamaktadır (Ekici vd., 2006; Yıldız ve Yangınlar, 2014).



Şekil 1.1. Korona akım metodu ile ozonun oluşması (Ekici vd., 2006; Yıldız ve Yangınlar, 2014)

Saf halde bulunan ozonun bazı özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Ozon suda çözünür ve diğer gazlar gibi sıcaklık arttıkça çözünürlük azalır. Yüksek enerjili bir molekül olan ozonun oda sıcaklığında yarılanma süresinin 20 dakika olduğu ve bu süre sonunda kalıntı bırakmadan oksijene parçalandığı belirtilmektedir (Ekici vd., 2006).

Çizelge 1.1. Saf ozonun bazı özellikleri (Ekici vd., 2006)

Özellik	Ozon
Formülü	O ₃
Molekül ağırlığı	48
Renk	Açık mavi
Koku	Kendine has
Sudaki çözünürlük (0 °C)	0,64
Yoğunluk (g/L)	2,144
Kaynama noktası (°C)	-111,9 ±0,3
Erime noktası (°C)	-192,5 ±0,4
Kritik sıcaklık (°C)	-12,1
Kritik basınç (atm)	54,6

Ozon güçlü bir mikrop öldürücüdür. Oksitleyici özelliği sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır. Şebeke suyunun sterilize edilmesinde, gıda maddelerinin korunmasında, hastanelerde çeşitli malzemelerin sterilizasyonu ve yaraların tedavisinde kullanılmaktadır. Dahası, ozonun mantar ve enfeksiyon hastalıklarının iyileşmesinde de büyük bir etkinlik gösterdiği yapılan çalışmalarda görülmektedir (Scrollavezza vd., 2002). Çizelge 2’de genel olarak ozonlamanın uygulandığı alanlardaki ozon dozajları ve temas süreleri verilmiştir.

Çizelge 1.2. Genel olarak ozonlamanın uygulandığı alanlardaki ozon dozajları ve temas süreleri (Scrollavezza vd., 2002)

Uygulama Alanı	Uygulama Ozon Dozu (mg/L)	Temas Süresi (min)
Şişelenmiş su (dezenfeksiyon)	0,25-1,0	5-10
Kullanma suyu (dezenfeksiyon)	1,5-3,0	5-10
Bulanıklık giderimi	0,5-1,5	3-10
Tat ve koku giderimi	1,0-5,0	5-10
Renk giderimi	2,0-10,0	15-30
Boruların sanitasyonu	1,0-3,0	5-10
Atık su	5,0-15,0	15-30

Bütün ekonomik faaliyetlerde olduğu gibi hayvancılıkta da amaç mevcut koşullarda en yüksek verimi elde etmek ve maksimum kazanç sağlamaktır. Bu bağlamda hayvancılık yaygın olarak entansif modeliyle yapılmaktadır. Bu model; yoğun iş, rutin çalışma, uzun süreli program ve planlama gerektirir. Ayrıca bu üretim şekli yüksek verimli hayvanlarda üretimin yanı sıra hayvan refahı, profesyonel besleme ve yetiştirme yönetimini gerekli kılmaktadır.

Çiftlik hayvanlarında refah, hayvanın çevresiyle uyum içerisinde olması, içinde yaşadığı çevreye fiziksel ve zihinsel acıya maruz kalmadan adapte olabilmesi sağlıklı olabilmeye halidir. Ahır içinde hayvan hareketleri, iş kolaylığı, iş etkinliği ve hijyen gibi konular dikkate alınmalıdır. Hayvan refahı ile ilgili bir diğer konu ise biyogüvenliktir. Biyogüvenlik, hastalık etkenlerinin canlıların yaşam alanlarına girişini ve yayılmasını engellemeye yönelik tedbirlerin tamamıdır (Berg, 2006). Hayvanlarda biyogüvenlik, sürü sağlığı ve verimliliğin sigortasıdır. Hastalıkların çıkışını ve yayılmasını minimize etmek için koruyucu tedbirlerin alınması gerekmektedir. İşletmelerde koruyucu tedbirler alınmaması halinde hastalıkların ortaya çıktığı ve kolaylıkla yayıldığı görülmektedir.

Biyogüvenlik uygulamalarının temeli dezenfeksiyondur. Dezenfeksiyon, yüzeylerdeki veya nesneleredeki mikropların sayısını kimyasallarla öldürerek ortadan kaldırmaktadır. Dezenfeksiyon alanları süt hayvancılığında; doğum bölmeleri, sağım ve süt odaları, yavruların barındığı alanlar, hayvan yataklık alanlarıdır (Berg, 2006).

Doğum bölmelerinde genellikle altlık olarak saman kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda samanın ekonomik değeri yükseldiği için hayvanların, beton zemin veya kauçuk zemin üzerinde doğumları yaptırılmaktadır. Doğumu tamamlanan hayvanlar bu bölmeden alındıktan hemen sonra yeni doğuma hazırlık için bu bölüm dezenfekte edilmelidir. Kimyasalların gübre deposuna karışma çekincesi nedeniyle bu işlemi suyla (mekanik temizleme) yapılmaktadır. Ancak suyla temizlemenin dezenfeksiyon işlemi yapmadığı için ortamda kalan kan ve atıklar zararlı mikropların çoğalmasına neden olmaktadır.

Sağım ve süt odalarında ıslak zeminler (seramikler) periyodik olarak dezenfekte edilmektedir. Ancak bu işlem için kullanılacak dezenfektan çeşidi ve miktarı bakımından oldukça dikkat edilmelidir. İşletmelerde ticari kaygı nedeniyle ucuz dezenfektanlar bilinçsizce kullanılabilir. Sağımhanelerde ve süt soğutma tankının bulunduğu süt odalarında insan, hayvan ve sağılan süt gibi ortamda bulunabilecek kimyasallardan kolayca etkilenecek unsurlar yoğun olarak bulunmaktadır.

Buzağılar, buzağı kulübelerinde belirli bir gelişme gösterene kadar (yaklaşık iki ay) barındırılırlar. Kulübeler boşaldıktan sonra bir sonraki buzağının sağlığı açısından dezenfekte edilmelidir. Bu işlem kimi işletmelerde hiç yapılmaz, kiminde sadece su ile yıkanır, kiminde ise dezenfeksiyon yapılır. Su ile yıkanması yeterli olmazken dezenfeksiyon uygulaması da yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı ne kadar sağlıklı yapıldığı soru işaretidir.

Büyükbaş işletmelerinde yataklık malzemesi olarak saman, talaş veya kum gibi malzemelerin kullanımı ve bunların periyodik olarak değiştirilmesi artık hemen hemen tüm işletmelerde yoğun emek ve/veya ekonomik olmadığı gerekçesiyle yapılmamaktadır. İşletmeler yataklık olarak kauçuk türevi yataklar kullanılmaktadırlar. Belirli bir süre sonra kauçuk malzemelerin özelliğinden ve ortamın sürekli nemli olmasından dolayı yüzey adeta mikrop yuvasına dönmektedir. Kauçuk yatakların ardında gübre temizleme yolu bulunduğu için bu bölgeler dezenfekte edilememektedir. Su ile temizlenmektedir. Ancak su ile temizlikle yalnızca bir miktar mikrobun uzaklaştırılması sağlanmaktadır.

Dezenfeksiyon, kümeslerde hem besi hem de yumurta tavukçuluğunda kesime gönderilen hayvanların yerine yeni hayvanlar gelmeden önce kümeslerde yapılmaktadır. Bu işletmelerde ayrıca, kuluçka bölümleri, civciv yetiştirme alanları da dezenfekte edilmektedir.

Dezenfeksiyon için kullanılan kimyasal maddelerin çeşidinin ve oranının doğru olması durumunda dahi insana ve çevreye olan zararları tartışılmazdır. Üstelik bu kimyasalların işletmedeki gübre depolarına karışması durumunda gübrenin daha sonra geri kazanımında da birçok sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, dezenfeksiyonda kullanılan kimyasalların çevre ve hayvan sağlığına olası zararları yanı sıra ekonomik açıdan da bir külfet oluşturmaktadır. Etkili bir ozon konsantrasyonu ile dezenfeksiyon yapılabilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda ozonun iodin ve klorinden daha fazla antimikrobiyal etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Ozona birkaç saniye maruz kalan spor, bakteri ve virüslerin aktivitelerini kaybettikleri belirlenmiştir (Zobel vd., 2014).

Süt hayvancılığı işletmelerinde biyogüvenlik amacıyla yapılan dezenfeksiyon işlemlerinde kimyasallar yerine ozon kullanmak bu tez çalışmasının asıl konusunu oluşturmaktadır. Tezde bir ozonlu su uygulama sistemi geliştirilmiş ve dezenfeksiyon uygulamaları yapılmıştır. Uygulamalar, bir süt sığırcılığı işletmesinde tespit edilen yüzeylerde sürdürülmüştür. Yüzeyler; doğum bölmesinde beton zemin, sağımhanede seramik duvar, komple buzağı kulübesi ve kauçuk yataklardan belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ileride imal edilecek prototip bir sistem için gerekli ozon konsantrasyonu, yıkama süresi ve dezenfeksiyon etkinliği gibi tasarım parametreleri tespit edilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Araştırmada çeşitli gıda kaynaklı patojenlerin ve bakterilerinin saf kültürlerinin antimikrobiyel etkileri ozonlu su kullanılarak incelenmiştir. Buna göre; ozonlu su, dört gram-pozitif ve dört gram-negatif bakteri, iki maya ve *Aspergillus niger* sporlarına karşı uygulanmıştır. Araştırma sonucunda tüm uygulamalarda önemli derecede ölüm oranları tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan saf kültürler üzerinde elde edilen ozon duyarlılığı verileri, gıda ve çevre endüstrilerindeki ozon uygulamaları hakkında bir kılavuz niteliğindedir (Restaino, Frampton, Hemphill, Palnikar, 1995).

Ozon, alabalık üretiminde alabalık solungaçlarındaki heterotrofik bakteri sayısını azaltmak ve bakteriyel solungaç hastalıklarını (BGD) önlemek amacıyla kullanılmıştır. Araştırmada, 8 haftalık dönemde suya farklı oranlarda eklenen ozon ile BGD mortalitesi düşmüş ve solungaç dokusunda heterotrofik bakteri sayısında birden fazla log₁₀ azalması sağlanmıştır. Denemelerde bazı uygulamalarda beklenen sonuçların alınamama nedenleri; ozona maruz kalma süresinin kısalığına ve hızlı oksidasyon kaybına bağlanmıştır. Ozonun BGD ölümlerini önlemedeki başarısının temel nedeninin su kalitesinin iyileşmesinden kaynaklanıyor olabildiği tespit edilmiştir. Düşük ozon dozlama oranının (0,025 kg ozon/kg) kullanımının, daha yüksek dozlama oranıyla (0,036-0,039 kg ozon/kg) aynı fayda sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte, düşük ozon dozlama oranının tanklardaki toksik bir ozon üretme olasılığını düşüreceği ve aynı zamanda işletme masraflarını azaltacağı yönünde tavsiyelerde de bulunulmuştur (Bullock vd., 1997).

Marulun su, ozon gazı ve suda erimiş ozon ile 3 dakika süre ile yıkamada toplam bakteri sayısındaki düşüşün araştırıldığı çalışmada şu sonuçlar bulunmuştur; Marulun sadece su ile yıkanması ile toplam bakteri sayısı 0,74 log cfu/g azaltmıştır. Marulun ozon gazı ile uygulamaya sokulduğunda azalma 0,85 log cfu/g ve ozonlu su ile yıkamada 0,96 log cfu/g azaldığı gözlenmiştir. Yıkama süresinin 5 dakikaya uzatıldığında ozonlu su uygulamasında bakteri düşüşü 4,9 log cfu/g olmuştur. Araştırma sonucunda, ozon gazının suda eritilerek yıkama yapmanın diğer uygulamalara göre çok daha etkili olduğu saptanmıştır (Kim, Yousef, Chism, 1999).

İçme suyunun soğutularak verildiği sebil sistemlerinde ozon kullanımının su-ozon iletim hatlarındaki malzemeye etkilerinin araştırıldığı çalışmada 7 gün boyunca, günde 20 dakika ozon uygulamasıyla alüminyum, karbon çelik, bakır, 304 paslanmaz çelik ve 316 paslanmaz çelik numuneleri incelenmiştir. Buna göre tüm maddelerde ağırlık kaybı gözlemlenmiştir. En fazla ağırlık kaybı bakırda bulunmuştur. Karbon çeliğindeki ağırlık kaybının paslanmaz çeliklere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Malzemelerin elektron mikroskobu ile gözlemlerinde bakır numunelerinde derin bir çukurlaşma, karbon çeliği yüzeylerinde ise siyah çizgiler görülmüştür. Araştırma sonucunda ozonla veya ozonlu suyla temas eden yüzeylerin paslanmaz çelik olması tavsiye edilmiştir (Greene, Smith, Knight, 1999).

Ozonun bir dezenfektan olarak etkisi laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Bunun için paslanmaz çelik levhalara gıda endüstrisi için önemli olan farklı mikroorganizmalar aşılınmış ve çeşitli sıcaklıklarda ve bağlı nemde 4 saate kadar inkübe edilmiştir. Kontrollerden mikroorganizmaların hayatta kalması ve daha sonra ozona maruz kalan özdeş inkübe edilmiş plakalarla karşılaştırmalar yapılmıştır. Kontamine yüzeyler 4 saat boyunca 2 ppm ozona maruz bırakılmıştır. Bunun sonucunda organizma tipine bağlı olarak 7,56 ila 2,41 log değerlerinde değişen mikrobiyal canlılıkta bir azalma görülmüştür. Test edilen tüm mikroorganizmalar için, canlılıktaki bu kayıp, kontrol numunelerinde gözlemlenenden önemli ölçüde daha yüksek ($P < 0,05$) tespit edilmiştir. Gram-negatif bakteriler, gram-pozitiflere göre ozona daha duyarlı ve test edilen maya suşuna göre daha hassas bulunmuştur. Araştırmada ozonun organik materyal içerisindeki bakteri ve mayalara olan etkileri incelemek için UHT süt ve et suyu numunelerinde de denemeler yapılmıştır. Süt, 4 saat boyunca 2 ppm ozona maruz bırakılmasıyla, bakteri canlılığında 5,64 ila 1,65 log değerleri arasında bir azalma izlenmiştir. Her ne kadar bu azalma organik materyalin yokluğunda elde edilenden önemli ölçüde daha az olsa da, ozon olmadan gözlemlenenden önemli ölçüde daha büyüktür. Et suyunda ozon uygulaması sonucunda süte nazaran mikroorganizma sayılarında daha az bir azalma tespit edilmiştir ancak hayatta kalan gram-negatif organizmaların sayısı, ozonsuz uygulamalara göre önemli ölçüde azalmıştır. Hem süt hem de et suyunun ozonla teması sonucunda 1 log birimden daha az maya hücresi yok edilmiştir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre; yeterli temizlik sonrasında ozon uygulamasının etkili bir dezenfektan olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Moore, Griffith, Peters, 2000).

Araştırmada, klinik mastitisli ineklerin iltihaplı bölgelerine ozon uygulaması yapılmış ve tedavinin etkileri değerlendirilmiştir. Ozon, bir ozon jeneratörü vasıtasıyla meme başı aparatı yardımıyla süt kanalına infüze edilmiştir. Denemeler akut klinik mastitisli 19 Holstein ineğin, ozon ile tedavi edilen 15 inek ve antibiyotik ile tedavi edilen 4 inek şeklinde iki gruba

ayrılmasıyla gerçekleştirilmiştir. İneklerin sistemik ve lokal klinik bulguları not edilmiş, California Mastitis testi, mastitisli memeden elde edilen sütün elektriksel iletkenliği ve somatik hücre sayılarına bakılmıştır. Araştırma sonucunda ozon ile tedavi edilen ineklerin %60'ında (9/15) herhangi bir antibiyotiğe ihtiyaç duyulmadan iyileştiği tespit edilmiştir. Ozon tedavisi yönteminin etkili, güvenli ve ekonomik olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca bu yöntemin süte ilaç kalıntısı gibi hiçbir riski olmamasının da oldukça önemli bir sonuç olduğu vurgulanmıştır (Nagahata ve Ogata 2000).

Ozonun gaz ve sulu çözeltilerinin gıda ürünlerine etkilerinin incelendiği derlemede, ozon güçlü bir antimikrobiyal madde olarak tanımlanmış ve ardından şunlar açıklanmıştır: Ozon molekülleri uygulandığı gıda ürününün hücre içi enzimlerine, hücre zarfı, spor örtüleri veya viral kapsidlerin bileşenleri ile reaksiyona girerek mikroorganizmaları hızla etkisiz hale getirmektedir. Ozon, UV veya H₂O₂ kombinasyonlarıyla en dirençli mikroorganizmalarda bile etkili gelişmiş oksidasyon süreçleri (AOP'ler) ile sonuçlanmaktadır. Ancak, gıda maddelerinde AOP uygulamaları henüz geliştirilmemiştir. Gıda ürünlerinde ozon uygulamasında ozon, hızlı bir şekilde ayrışarak kalıntı bırakmamaktadır. Buna göre ozon, gıda ürünlerinde, gıda işleme ekipmanlarında ve gıda ile temas eden tüm yüzeylerde ortamı dekontamine etmek için uygundur (Khadre, Yousef, Kim, 2001).

Bazı uygulamalarda veterinerler, hastalıklara önlemek ve hayvanlarının büyümesini teşvik etmek için yemlere antibiyotik uygulaması yapmaktadırlar. Bu antibiyotikler hayvandan idrar, dışkı ve gübre ile atılmaktadır. Gübre depoları antibiyotik ve antibiyotiğe dirençli bakteri rezervuarı haline dönüşmektedir. Şu anda bu durumun önlenmesi için bir düzenleme veya kontrol mekanizması bulunmamaktadır. Bu çalışmada, domuz gübre depolarındaki bakterilerine karşı klor, ultraviyole ışık ve ozonun dezenfeksiyon potansiyeli belirlenmiştir. Araştırma sonucunda 30 mg/L'lik bir klor dozunun numunelerde 2,2-3,4 log bakteri azalmasını sağladığı, ancak klor dozunun artırılmasıyla bile klora dirençli bakteri varlıkları etkilenmemiştir. Ultraviyole ışık etkili bir bakteriyel dezenfektandır ancak yüksek enerji gereksinimleri nedeniyle ekonomik olarak uygun değildir. 100 mg/L'lik bir ozon dozunda ise bakterilerin 3,3-3,9 log'u etkisiz hale getirilmiştir. Çalışma sonucunda ozon uygulaması tavsiye edilmiştir (Macauley, Qiang, Surampalli, Mormile, 2006).

Ozon, keskin ve karakteristik bir kokusu olan bir gazdır. Havada yüksek konsantrasyonlarda rengi mavi olurken, düşük konsantrasyonlarda renksizdir. Ayrıca, havadan daha hafiftir. Havadaki ozon moleküllerinin yarı ömrü nispeten uzundur. Suda erimiş ozonda ise suyun organik madde içeriğine bağlıdır. Diğer bir deyişle: organik madde konsantrasyonu ne kadar düşük olursa, ozon yarılanma ömrü de o kadar düşük olmaktadır. Ozon suda oksijenden on kat daha iyi çözünür ve su sıcaklığındaki artışla çözünürlüğü azalır. Denemede, ozonun su sıcaklığına bağlı çözünürlüğü Çizelge 2.1'deki gibi olduğu vurgulanmıştır (Wysok, Uradzinski, Gomolka-Pawlicka, 2006).

Çizelge 2.1. Ozonun, su sıcaklığına bağlı çözünürlüğü (Rice, Michael, Wade Miller, Archibald, 1981)

Sıcaklık (°C)	Çözünürlük (L ozon/ L su)
0	0,640
15	0,456
27	0,270
40	0,112
60	0,000

Antibiyotiğe dirençli mikroorganizmaların giderek yaygınlaşmaları ve oluşturdukları olumsuz etkiler nedeniyle kontaminasyon kaynağında yok edilmesi gereklidir. Bu sorunun kaynağı tetM genini ve onun konakçısı *Escherichia coli* HB101'i uzaklaştırmak için sentetik olarak kontamine edilmiş inek gübrelerine Fenton ve ozon oksidasyon işlemleri uygulanmıştır. İşlemlerin etkinliği, *E. coli* HB101 sayımı ve tetM geninin PCR amplifikasyonu ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, gübre asitleştirilmeden 50 mM H₂O₂ ve 5 mM Fe²⁺ lik bir Fenton reaktif dozu ile %56,60 bakteriyel inhibisyona (0,36log azalmasına karşılık gelen) ulaşıldığını göstermektedir. İnek gübresinin içerdiği yüksek organik içeriğe rağmen, gübre bulamacına uygulanan 3,125 mg ozon/g ile ozonlama işlemi %98,50 bakteriyel inaktivasyona (1,83log azalmasına karşılık gelir) neden olmuştur. PCR çalışmasında tetM geninin bant yoğunluğunun, artan dozda Fenton reaktifi ve uygulanan ozon ile yavaş yavaş azalığı ortaya konmuştur. Bununla birlikte, gübre içindeki bakteriyel kirliliği tamamen ortadan kaldırmak için önemli ölçüde yüksek dozlarda oksidanlar gereklidir (Cengiz, Uslu, Balcıoğlu, 2010).

Patenti alınmış bir ozon uygulama sisteminin uygulama yöntemi ve sistemin detayları açıklanmaktadır. Sistemde ozonlanmış su çiftlik ortamında çeşitli yüzeyleri, ekipmanları ve hayvanları dezenfekte etmek ve temizlemek için kullanılabilmesi belirtilmiştir. Hayvanların, püskürtücü memeler kullanılarak dezenfekte edilebileceği belirtilmiştir. Ozonlu suyun hayvan ayak banyolarında da kullanılabilmesi vurgulanmıştır. Buna göre ayak küveti önüne ayrı bir ön daldırma sistemine ozonlanmış suyun uygulanabileceği açıklanmıştır. Ozon uygulama sisteminin günlük kullanılan tüm ekipman ve bunların bileşenlerine zarar vermeden dezenfekte amacıyla güvenle kullanılabilmesi belirtilmiştir. Tüm ekipmanı ve zemin yüzeylerini sterilize eder. Sistemde, ozon üretim seviyesinin ayarı, uygulama sonrası temizlik, ozonlanmış su seviyesi, mevcut ozonlu sudaki ozon konsantrasyon miktarı, drenaj sisteminin kontrolü ve kullanım şeklinin tümünün bir elektronik kartta kontrol etme seçenekleri mevcuttur (Heacox 2011).

Kronik yaraların tedavisi güçtür ve bakteriyel çevresel kontaminasyon enfeksiyonun kontrolünü zorlaştırmaktadır. Bu gibi durumlarda ozon kullanımını etkisi ölçülmüştür. Çalışmanın amacı, düşük dozda gaz halinde ozon/oksijen karışımının petri kaplarında yetiştirilen patojenik bakterileri yok edip etmediğini belirlemektir. Bakterilerin tamamını yok edilmesi için gerekli minimum dozu belirlemek için farklı konsantrasyonlarda ozon kullanılmıştır. Araştırma sonucunda en düşük ozon dozunun bile antimikrobiyal etkenlere karşı

bilinen dirençli olan potojenik bakterilerinin büyümesini tamamen inhibe etmiştir (Fontes vd., 2012).

Aktif oksijen olarak bilinen ozon (O_3), antimikrobiyal etkisi güçlü bir dezenfektandır. Güneşin ultraviyole ışını ve yıldırım anında ortaya çıkan elektrik arkları ile oluşan ozon, dünyanın etrafında koruyucu kalkan olarak mevcuttur ve canlıları güneşin radyasyon etkisine karşı korur. Gıda endüstrisinde doğrudan gıda ile temas eden veya dolaylı olarak gıdaların işlenmeleri sırasında kullanılan suların bakteriyolojik dezenfeksiyonu ve kimyasal arıtımında ozonlama alternatif koruma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Derlemede, klasik dezenfektanlara alternatif bir yöntem olarak ozon uygulamalarının gıda sanayinde etkileri değerlendirilmiştir (Savaş, Tavşanlı, Gökğözoğlu, 2014).

Mikrobiyolojik olarak güvenli çiğ süt üretimi için ön koşul, çiftliklerde uygun hijyen uygulamalarıdır. Derlemenin süt çiftliklerinde ozon kullanımı bölümünde aşağıdaki konular üzerinde durulmuştur. Ozonun, virüsler, bakteriler, mayalar, küfler ve protozoalar dahil çok çeşitli mikroorganizmalara karşı aktif ve güçlü bir oksitleyici ajan olduğu göz önüne alındığında, süt çiftliklerinde de kullanımı çeşitli neden ve amaçlarla olabilir. Sabit süt sağım sistemlerinde ineklerden sağılan sütün soğutma tankına iletiminde kullanılan boru hatları her sağımdan sonra temizlenmelidir. Günümüzde sistemlerin temizlik ve dezenfeksiyon işlemleri büyük bir miktarda enerji harcanarak ısıtılan su ve kimyasallar kullanılarak yapılmaktadır. Ozon kullanımı ile sıcak su için gerekli enerji maliyetleri ve kimyasalların maliyetleri tamamen ortadan kaldırılabilir. Patenti alınmış ozon uygulama sistemi ile 0,04-1,2 ppm seviyelerinde ozonlu su kullanılarak sağım ekipmanları ve çeşitli yüzeyler temizlemek ve dezenfekte etmek için kullanılmıştır. Sağım öncesinde ineklerin arka bacakları, memesi ve meme başları ozonlu su ile yıkanması ile birçok hijyenik problem kolaylıkla önlenabilmektedir. Ozon, süt üretiminde en pahalı ve en yaygın hastalık olan sığır mastitisinin tedavisinde de başarıyla kullanılmıştır. Akut klinik mastitisli ineklerin her iltihaplı meme çeyreğine 6-30 mg ozon verildiğinde, hasta hayvanların %60'ının antibiyotik verilmeden tamamen iyileştiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar, ozon tedavisinin çiğ sütte antibiyotik kalıntısı bırakmadan mastitisin tedavisi için güvenli, etkili ve ucuz bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır. Süt çiftliklerinde ozonun bir başka kullanım alanı ise; barınak içerisindeki havada bulunan patojenleri ve gübre kokusunu ortadan kaldırmak içindir. Bunun için barınak içerisindeki havaya çok düşük konsantrasyonlarda ozon gazı verilmektedir (Varga ve Szigeti 2016).

Hijyen uygulamalarındaki yüksek etki ve kalıntı bırakmaması nedeniyle ozon, çiftlik hijyeni ve biyogüvenlik için etkili bir dezenfektandır. Araştırmanın iki temel amacı vardır. 1) Süt sığırcılığında gübre bazlı patojenler (MBP) ile kontamine olmuş bazı yüzeylerde (plastik, metal, naylon, kauçuk ve ahşap) farklı çalışma koşullarında suda erimiş ve gaz formundaki ozon ile bu patojenlerin ihibasyon yeteneğinin belirlenmesi. 2) Suda erimiş ozonun mikrobiyal yükü inhibe etme kapasitesinin belirlemektir. 4 ppm'deki sulu ozon çözeltisi MBP'yi 2 dakika içerisinde (sırasıyla 6.1 ve 5.1 log) güvenli bir seviyeye düşürmüştür. Bununla birlikte, 4 dakika boyunca 9 ppm'de gaz halinde ozon, MBP sayısında 3.3 log azalmaya neden olmuştur. MBP'yi naylon ve kauçuk yüzeylerde sırasıyla 2 ve 8 dakika içerisinde güvenli seviyeye (6.0 ve 5.4-log'a) düşürmek için 9 ppm'lik sulu ozon yeterli bulunmuştur. Karmaşık yüzeylerde 9 ppm'ye kadar hem sulu hem de gaz halinde ozon, MBP'yi güvenli bir seviyeye indirememiştir (sırasıyla 3.6 ve 0.8 log). Araştırma sonucunda 4 ppm sulu ozon çözeltisi ve 2 dakika boyunca 9 ppm gaz ozon uygulaması, MBP'yi düzgün ve orta derecede pürüzlü yüzeylerde güvenli bir seviyeye indirmek için etkili bir yöntem olarak kullanılabilirdiği ortaya konmuştur. (Megahed, Aldridge, Lowe, 2018).

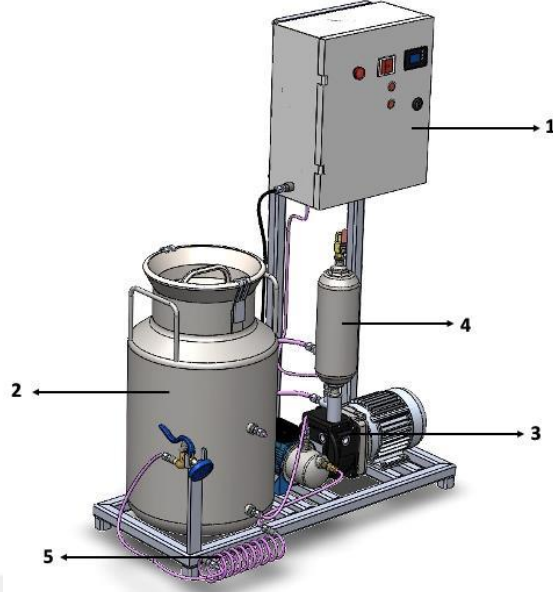
Gıda işleme endüstrisinde mikrobiyal gıda güvenliği ve kalite konuları büyük önem taşımaktadır. Gıda işleme endüstrisinde kullanılan dezenfektan dahil olmak üzere çeşitli antimikrobiyal etkenler, gıdanın kalitesini ve mikrobiyolojik güvenliğini sağlamalıdır. Ayrıca toksik ara ürünler yoluyla sağlığı tehlikeye atmamalıdır. Ozon molekülü, mikroorganizmaları yok etmek için güçlü bir oksidan ve etkili bir temsilcidir. Çalışmanın amacı, taze ve kuru soğanda mikrobiyal popülasyonu azaltmak için ozon uygulamasıdır. Araştırmada, ozon konsantrasyonunun ve temas süresinin belirlenmesine odaklanılmıştır. Buna göre temas süreleri 1, 3 ve 5 dakikadır. Konsantrasyonlar ise 0,3, 0,5 ve 1 ppm olarak uygulanmıştır. Log CFU/g azalması açısından işlem öncesi ve sonrası ortalama en yüksek sayı hesaplanmıştır. Ozonun etkileri, çiğ soğan, DHO, KO, MN, GR ve SP için üç farklı uygulama süresine (1,3 ve 5 dakika) göre üç farklı konsantrasyonda (0,3, 0,5 ve 1 ppm) deneysel olarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda 1 ppm konsantrasyonda ve 3 dakikalık uygulama süresinde mikrobiyal popülasyonun çoğu yok olmuştur. 5 dakikalık uygulama süresinde ise mikrobiyal popülasyon tamamen yok olmuştur. (Agnihotri, Borse, Bhandarkar, Subramaniam, Bhardwaj, 2018)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

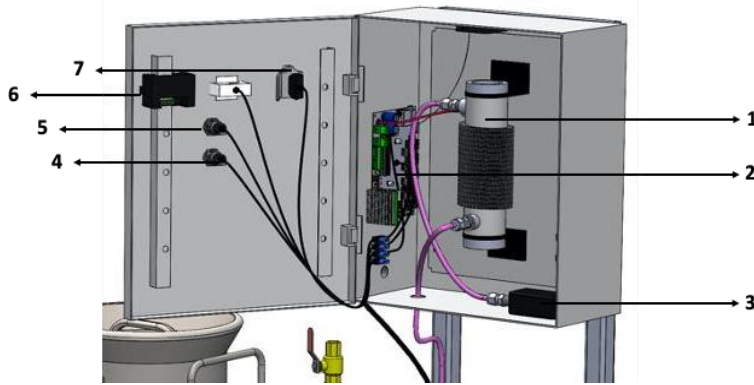
Ozonlu suyun hazırlanacağı ve bu sıvının uygulamasını gerçekleştirecek test ekipmanı bu çalışmanın asıl materyalidir. Tezde ayrıca materyal olarak, uygulanan ozonlu su içerisindeki ozon konsantrasyonunu tespit etmek için pH/ORP ölçüm cihazı ve yıkama örneklerinin analizi için gerekli sarf malzemeler kullanılmıştır.

Uygulama Ekipmanı: Ozonlu su uygulama sistemi temelde bir ozon üretici (jenaratörü), su deposu, ozonlu su pompası ve bir kontrol panosundan oluşturulmuştur. Ozon uygulama sisteminin genel görünüşü ve temel parçaları Şekil 3.1’de verilmiştir. Öncelikle ozon üretiminin yapıldığı ve elektronik kontrol sistemini içeren pano (1) oluşturulmuştur. İçine suyun doldurulduğu ve ardından ozonlamanın yapıldığı depo için, paslanmaz çelik (A304) malzemeden bir süt güğümü kullanılmıştır. 60 L kapasitesindeki güğüm (2), mobil süt sağım sistemlerinde kullanılan tiptir. Ozonlu suyun depolandığı ve iletildiği tüm parçaların ozonun korozyon etkisinin en az olduğu paslanmaz çelikten olmasına dikkat edilmiştir. Süt güğümünde elde edilen ozonlu su, yine paslanmaz çelikten (A304) imal edilen ve süt basma pompası olarak kullanılan bir pompa ile basılmıştır. Pompa (3), süt sağım tesislerinde süt kabı (rezerve) altında ve sağılan sütün soğutma tankına basımında kullanılmaktadır. Pompayı tahrik eden elektrik motorunun gücü 1,1 kW ve debisi 225 L/min.’dir. Pompanın ucuna ozonlu su uygulama hortumu ve duş aparatı (5) takılmıştır. Ozonlu suyun sürekli iletimi için ayrıca bir hava deposu yerleştirilmiştir (4). Tüm bu bileşenler içi boş kare profil (10×10) şasede sabitlemiştir.



Şekil 3.1. Ozon uygulama sisteminin genel görünüşü ve temel parçaları (1: Ozon üretici panosu, 2: Ozonlu su deposu, 3: Ozonlu su pompası, 4: Hava deposu, 5: Hortum ve duşlama (yıkama) aparatı)

İçinde ozon üretme sisteminin bulunduğu kontrol panosunun genel görünüşü ve temel parçaları Şekil 3.2’de verilmiştir. Buna göre; ozon üretici (1), bir yüksek gerilim sağlayıcısına (2) bağlanmıştır. Ozon üretici için gerekli hava, bir hava pompası (3) yardımıyla sağlanmıştır. Panonun kapak kısmına pompa anahtarı (4), ozon üreteç anahtarı (5), zamanlayıcı (6) ve sinyal lambası (7) yerleştirilmiştir. Ozon üreticinin teknik özellikleri Çizelge 3.1.’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Ozon üretici panosu (1: Ozon üretici, 2: Yüksek gerilim adaptörü kartı, 3: Hava pompası, 4: Pompa anahtarı, 5: Ozon üreteç anahtarı, 6: Zamanlayıcı, 7: Sinyal lambası)

Çizelge 3.1. Ozon üreticinin teknik özellikleri

Ozon üretim kapasitesi	6 g/h (3-5 L/min. O ₂ beslemeli) 1,2 g/h (3-5 L/min. hava beslemeli)
Çalışma gerilimi	220 V
Çalışma frekansı	50 Hz
Çekilen güç (maksimum)	100 Watt
Ozon üretim yöntemi	Korona
Ozon üretici tüpü malzemesi	Seramik

pH/ORP ölçüm cihazı: Suda çözünen ozon miktarı elektronik pH/ORP ölçme cihazı ile tespit edilmiştir (Şekil 3.3.). Cihazda ORP (oksidasyon indirgenme potansiyeli) mV olarak ölçülmektedir.



Şekil 3.3. Suda çözünen ozon miktarının ölçümü için kullanılan pH/ORP cihazı

Sarf malzemeler: Yüzeiden örnek almak için steril pamuk ve swap eküvyon çubuğu, seri dilüsyon hazırlamak için bufferlı pepton suyu, bakteri sayımı için de nutrient agar (genel besiyeri) kullanıldı.

3.2. Yöntem

İmalatı tamamlanan ozonlu su uygulama sistemi denemeler için TNKU Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğine götürülmüştür. Burada cihaz şehir su şebekesine bağlanmıştır. Şebekeden gelen su bir filtrasyondan geçirilerek mineral maddelerden mümkün olduğunca arıtılmıştır. Paslanmaz çelik güğüm arıtılmış su ile doldurulduktan sonra ozon üretici çalıştırılmış ve su içerisine ozon gazı verilmiştir. Tıpkı diğer gazlarda olduğu gibi suyun sıcaklığı azaldıkça ve basıncı artıkça ozon konsantrasyonu artış gösterecektir. Denemelerde şebeke suyu sıcaklığı 18 °C ve su herhangi bir basınç altında (atmosfer basıncı hariç) tutulmamıştır. Her iki dakikada bir suyun ORP değeri ölçülerek artış gözlenmiştir. Ozonlama işleminin 10. dakikasında maksimum konsantrasyon olan 950 mV değere ulaşılmış ve bu değer zamanla sabit kalmıştır.

ORP'nin 1075 mV'a karşılık gelen ozon değeri Çizelge 3.2'ye göre yaklaşık 3 ppm'e denk geldiği tespit edilmiştir (Çatal ve İbanoğlu, 2013). Dezenfeksiyon amacıyla yapılan ozon uygulamalarında kapalı alanlarda solunan havada insan sağlığına zarar verebilecek limiti 8 saat boyunca 0,10 ppm'dir (Register, 2020). Tezde yapılan işlemlerin tamamı barınak koşullarında devamlı hava sirkülasyonu olan bölgelerdir. Bu nedenle yıkama yapan personelin zararlı boyutta ozona maruz kalması olmamıştır.

Çizelge 3.2. ORP değerine (mV) karşılık gelen suda eriyen ozon miktarı (ppm-mg/L) (Çatal ve İbanoğlu, 2013)

orp	ozon	orp	ozon	orp	ozon	orp	ozon
100	0	875	1	1125	3,5	1375	6
200	0,04	900	1,25	1150	3,75	1400	6,25
300	0,08	925	1,5	1175	4	1425	6,5
400	0,13	950	1,75	1200	4,25	1450	6,75
500	0,16	975	2	1225	4,5	1475	7
600	0,2	1000	2,25	1250	4,75	1500	7,25
700	0,22	1025	2,5	1275	5	1525	7,5
750	0,25	1050	2,75	1300	5,25	1550	7,75
800	0,39	1075	3	1325	5,5	1575	8
860	0,5	1100	3,25	1350	5,75	1600	8,25

Çiftlikte dezenfeksiyon için belirlenen yüzeyler şunlardır;

- Doğum bölgesinde beton zemin
- Sağımhane duvarlarında seramik yüzey
- Buzağı kulübelerinde plastik (pvc) yüzey
- İnek yataklarında kauçuk yüzey

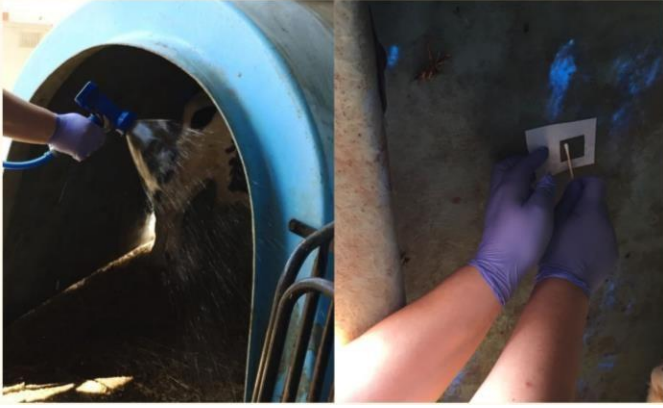
Yüzeyler 10 saniye boyunca ozonlu su ile yıkanmıştır. Bu süreden daha uzun süreli yıkama ile daha etkin bir dezenfeksiyon sağlanabileceği ancak pratikte uygulamasının zor olacağı düşünülmüştür. Yıkama etkinliğinin tespiti amacıyla yıkama öncesi ve yıkama sonrası 3'er tekerrürlü ıslatılmış swab (örnek alma yöntemi) ile örnekler alınmıştır. Yüzeylerin yıkanması ve ardından örneklerin alınmasına ilişkin şekiller Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Doğum bölgesinin yıkanması ve örnek alma



Şekil 3.5. Sağımhane duvarının yıkanması ve örnek alma



Şekil 3.6. Buzağı kulübelerinin yıkanması ve örnek alma



Şekil 3.7. İnek yataklarının yıkanması ve örnek alma

Mikrobiyolojik değerlendirme için Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı ve Toplam Küf-Maya Sayımı gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin mikrobiyel değerlendirmesi için TNKU, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Mikrobiyoloji Laboratuvarında analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda Toplam Mezofilik Bakteri Sayımı (TMAB) ve Toplam Küf-Maya Sayımı (TKM) tespit edilmiştir;

Toplam Mezofilik Bakteri Sayımı (TMAB): TMAB'yi belirlemek için aseptik şartlarda alınan numunelerden gerekli dilüsyonları hazırlanarak Plate Count Agar'a (Merck 1.05463) yayma pak tekniğine göre ekimleri yapılmıştır. 32 °C de 48 saat inkübasyon sonrası koloni sayımı yapılmış ve Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı hesaplanmıştır. Bütün ekimlerin paraleli yapılmıştır (Clark, Brazis, Fowler, Johns, Nelson, 1978).

Toplam Küf-Maya Sayımı (TKM): Yüzeylerden alınan örneklerin toplam küf-maya analizi için hazırlanan uygun dilüsyonlardan %10 tartarik asit ilave edilerek pH'sı 3,5 olan Potato Dextrose Agar'a yayma plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. 24 °C de 5 gün süren inkübasyon sonrası koloni sayımı yapılarak Toplam Küf-Maya Sayısı hesaplanmıştır (Beuchat, 1979).

İstatistiksel Analiz: Laboratuvarda tespit edilen verilerin ortalamalarının karşılaştırılması SPSS Ver17 istatistik paket programında t testi (paired samples test) uygulanarak yapılmıştır.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Ozonun da tıpkı diğer gazlar gibi sıvı içinde erimesi, sıvının sıcaklık değeri düştükçe artmaktadır. Denemelerde suya, daha sonra geliştirilmesi planlanan ozon uygulama sisteminde de şebeke suyunun kullanılması planlandığı için ekstradan soğutulma işlemi uygulanmamıştır. Şebeke suyu sıcaklığı 18 °C olarak tespit edilmiştir. Gazların sıvı içinde çözünmesinin basınç altında daha fazla olması ilkesi de yine aynı gerekçelerle bu çalışmada uygulanmamıştır. Denemelerde ozon, atmosfer basıncındaki suda eritilmiştir.

Depo şebeke suyu ile doldurulmuş ve ardından ozon üretici çalıştırılmıştır. Birer dakika arayla ORP cihazındaki değer kontrol edilmiştir (Şekil 4.1). Değerde yükseliş gördükçe ozonlama işlemi devam etmiştir. Yaklaşık 11 dakika sonra ORP cihazındaki değerin 1328'e (3 ppm) ulaşmasının ardından suda maksimum ozon konsantrasyonuna ulaşılmıştır. Scrollaveza vd (2002) çalışmalarında, genel olarak ozonlamanın uygulandığı alanlardaki ozon dozajları ve temas sürelerinin verildiği çalışmada dezenfeksiyon amaçlı su için 3,0 ppm değeri uygun olduğunu önermişlerdir. Yıkamanın etkinliği için ozonlu su basma hortumunun ucuna duş aparatı takılmıştır.



Şekil 4.1. Ozonlu yıkama suyunun ORP cihazı ile kontrolü

Her ne kadar Scrollavezza vd. (2002) tarafından tam bir dezenfeksiyon için 5-10 dakikalık temas süresi vurgulanmış olsa da bu geliştirilmek istenen sistemin pratik çalışma koşullarında mümkün görünmemektedir. Çiftlik çalışanlarının sabit halde (aynı yıkama çapında) 5-10 dakika durmaları mümkün değildir. Pratikte bu işlemin 10 saniye gibi sürede yapılabileceği tespit edilmiştir. Yıkama rutini belirlendikten sonra belirlenen yüzeylerin ozonlu su ile yıkama işlemlerine başlanmıştır (Şekil 4.2).

Yıkama yüzeyleri aşağıda sıralanmıştır;

- Beton zeminli (altlık kullanılmamış halde) doğum bölmesi (BZ)
- Seramik malzeme ile kaplı sağımhane duvarı (SY)
- PVC plastik üretilen buzağı kulübesinin iç yüzeyi (PY)
- Kauçuk malzemeden olan inek yatağının üst yüzeyi (KY)

Ozonlu su ile yıkamanın etkinliğini tespit etmek için yıkama öncesi (YÖ) ve yıkama sonrası (YS) yüzeylerden Şekil 4.3'te görüldüğü gibi örnekler alınmış ve bu örnekler mikrobiyolojik analize tabi tutulmuştur. Analizlerde örneklerde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) ve Toplam Küf-Maya (TKM) sayıları tespit edilmiştir.

Yüzeylerin yıkama öncesi (YÖ), yıkama sonrası (YS) TMAB ve TKM sayıları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de belirtilmiştir. Çizelgelerde ayrıca, YÖ ve YS farkı yanı sıra iki grup sayısal verilerin anlamlı olarak farklılık gösterip göstermemesi için yapılan t-testi değerleri de verilmiştir. Laboratuvar analizlerinde $2 \log \text{ kob/cm}^2$ den daha küçük okuma yapılamamaktadır. Bu nedenle tabloda $<2,00$ olarak gösterilen değerler istatistik analizlerde 2 olarak alınmıştır. <2 olarak okunan örneklerde tam bir dezenfeksiyonun yapıldığı kabul edilebilir.

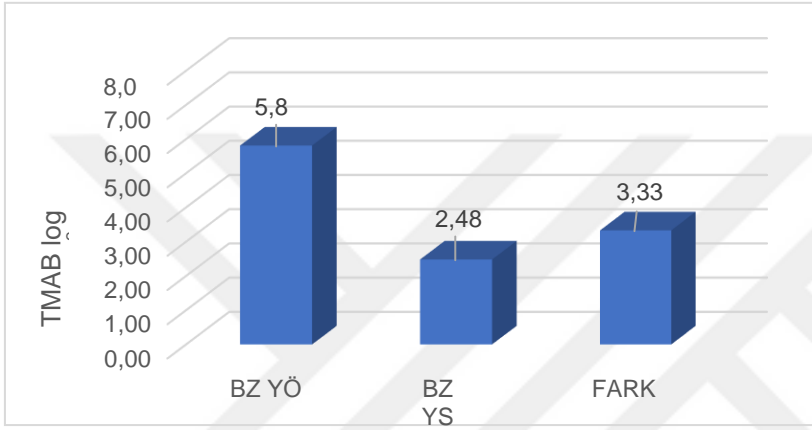
Çizelge 4.1. Yüzeylerin yıkama öncesi (YÖ) ve yıkama sonrası (YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayıları (log kob/cm²) ve istatistik analiz sonuçları

Yıkama Yüzeyi	YÖ TMAB (log kob/cm²)	YS TMAB (log kob/cm²)	FARK	<i>t</i>-testi
Beton Zemin (BZ)	5,81	2,48	3,33	4,661 (p<0,05)
Seramik Yüzey (SY)	4,49	<2,00	2,49	6,713 (p<0,05)
Plastik Yüzey (PY)	7,31	3,63	3,68	11,620 (p<0,05)
Kauçuk Yüzey (KY)	6,72	2,40	4,32	7,506 (p<0,05)

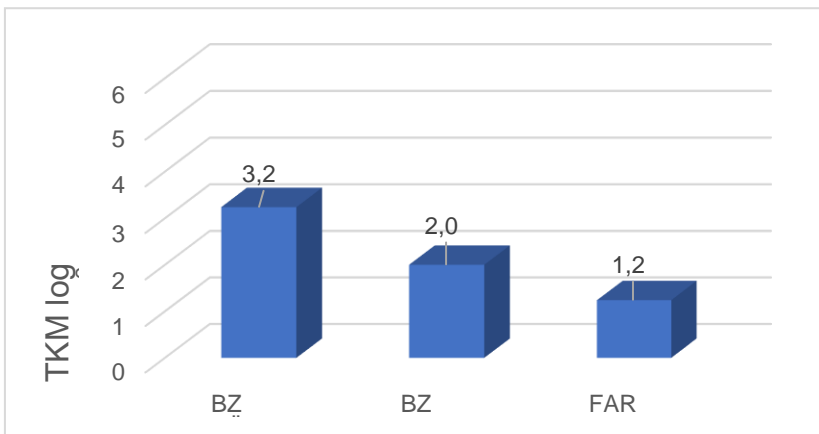
Çizelge 4.2. Yüzeylerin yıkama öncesi (YÖ) ve yıkama sonrası (YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı ($\log \text{kob}/\text{cm}^2$) ve istatistik analiz sonuçları

Yıkama Yüzeyi	YÖ TKM ($\log \text{kob}/\text{cm}^2$)	YS TKM ($\log \text{kob}/\text{cm}^2$)	FARK	<i>t</i>-testi
Beton Zemin (BZ)	3,21	<2,00	1,24	45,033 (p<0,05)
Seramik Yüzey (SY)	3,54	<2,00	1,54	8,499 (p<0,05)
Plastik Yüzey (PY)	5,15	2,46	2,49	12,856 (p<0,05)
Kauçuk Yüzey (KY)	3,85	<2,00	1,85	26,751(p<0,05)

Buna göre doğum bölgesindeki beton zeminde (BZ), yıkama öncesinde (YÖ) 5,81 log kob/cm² olarak ölçülen TMAB değeri yıkama sonrasında (YS) 2,48 log kob/cm²'e düşmüştür. Fark, 3,3 log kob/cm² bulunmuştur (Şekil 4.2). YÖ ve YS farkını belirlemek için yapılan t-testinde önemli fark olduğu gözlenmiştir (t=4,661, p<0,005). TKM, YÖ'de 3,21 log kob/cm², YS'de <2 log kob/cm² ve fark 1,24 log kob/cm² olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3). TKM'deki azalış da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (t=45,033, p<0,05).



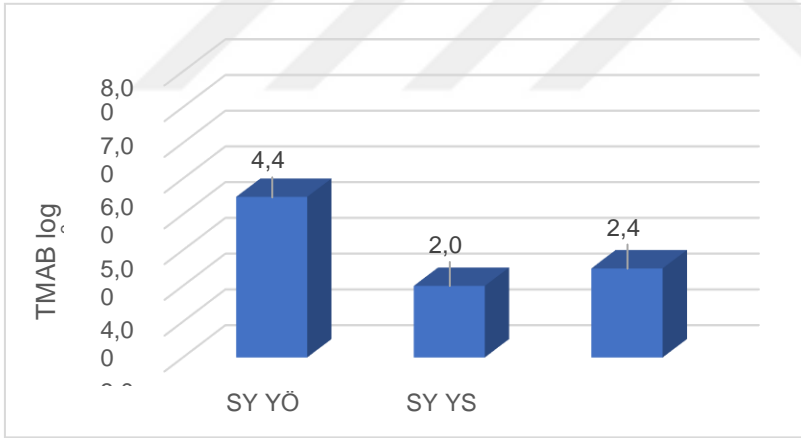
Şekil 4.2. Doğum bölgesi beton zeminin yıkama öncesi (BZ YÖ) ve sonrası (BZ YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı (log kob/cm²)



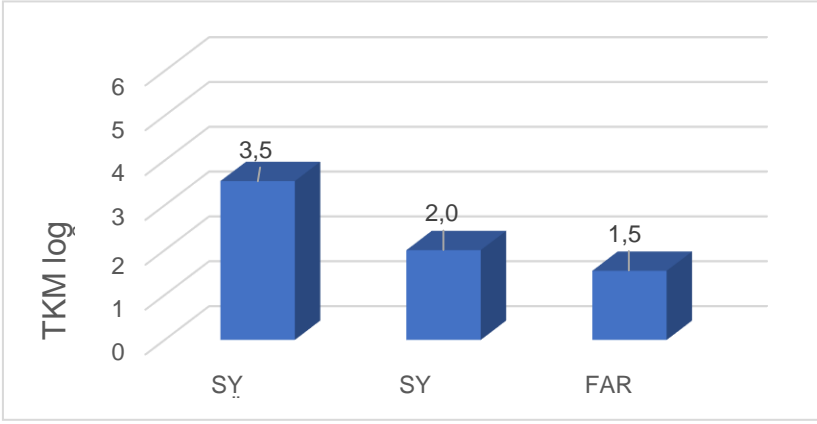
Şekil 4.3. Doğum bölgesi beton zeminin yıkama öncesi (BZ YÖ) ve sonrası (BZ YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm²)

Doğumhane her doğumdan sonra suyla yıkanmakta doğum atıkları ve kan temizlenmektedir. Beton zemin suyla ve sık sık yıkanmasına rağmen yüzeyin pürüzlü olması sebebiyle tam bir mekanik temizlik yapılamamaktadır. Nitekim yıkama öncesi TMAB değeri yüksek bulunmuştur. Ozonlu yıkama sonrası ise TMAB ve TKM’de oldukça olumlu sonuçlar sağlanmıştır. Doğum bölmelerinin atıkları barınaklardaki gübre depolarına doğru olduğu için çoğu işletme buranın dezenfeksiyonunda kimyasal kullanmaya çekinmektedir. Oysa ozonla yıkamada hem dezenfeksiyon sağlanabilmekte hem de kimyasal kullanımının önüne geçildiği görülmüştür.

Seramik malzeme ile kaplı sağımhane duvarında (SY) TMAB, yıkama öncesinde (YÖ) 4,49 log kob/cm² ve yıkama sonrasında (YS) >2 log kob/cm² bulunmuştur. Fark, 2,9 log kob/cm² çıkmıştır. (Şekil 4.4). YÖ ve YS farkını belirlemek için yapılan t-testinde farklılık önemli olduğu gözlemlenmiştir (t=6,713, p<0,05). TKM’de, YÖ’de 3,54 log kob/cm², YS’de <2 log kob/cm² ve fark 1,54 log kob/cm² olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5). TKM’deki azalış da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (t=8,499, p<0,05).



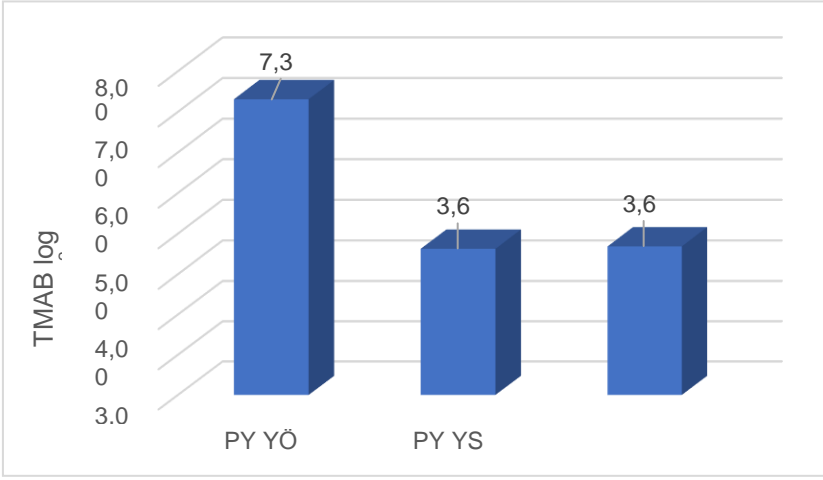
Şekil 4.4. Sağımhane seramik yüzeyin yıkama öncesi (SY YÖ) ve sonrası (SY YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı (log kob/cm²)



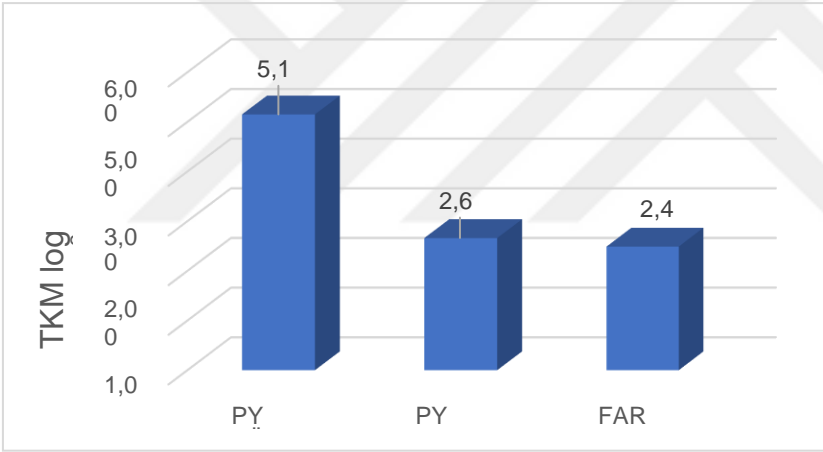
Şekil 4.5. Sağımhane seramik yüzeyin yıkama öncesi (SY YÖ) ve sonrası (SY YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm²)

Sağımhaneler süt üretim merkezleri olduğu için görece hijyen kurallarına daha titizlikle uyulmaktadır. İneklerin bulunduğu duraklar ve duvarlar neredeyse her sağımdan sonra suyla yıkanmaktadır. Bazı işletmeler bu yerleri ayrıca, haftada bir iki kez de kimyasallarla yıkamaktadırlar. Sağımhane duvarlarındaki seramik kaplamanın pürüzsüz ve devamlı yıkanması nedeniyle hem TMAB hem de TKM değerleri yıkama öncesinde diğer yüzeylere göre görece daha düşük çıkmıştır. Dolayısıyla burada yapılan ozonlu su ile temizleme işlemi ardından istenen dezenfeksiyon değerlerine (<2 log kob/cm²) ulaşılmıştır.

PVC plastikten üretilen buzağı kulübesinin iç yüzeyinde (PY) yıkama öncesinde (YÖ) 7,31 log kob/cm² bulunan TMAB, yıkama sonrasında (YS) 3,63 log kob/cm²'e düşürülmüştür. Fark, 3,68 log kob/cm²'dir (Şekil 4.6). YÖ ve YS farkını belirlemek için yapılan t-testinde önemli fark olduğu gözlenmiştir (t=6,713, p<0,005). TKM, YÖ'de 3,21 log kob/cm², YS'de <2 log kob/cm² ve fark 1,24 log kob/cm² olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.7). TKM'de de benzer şekilde değerlerdeki azalış anlamlı bulunmuştur (t=12,856, p<0,05)



Şekil 4.6. Buzağı kulübesi plastik yüzeyin yıkama öncesi (PY YÖ) ve sonrası (PY YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı (log kob/cm²)

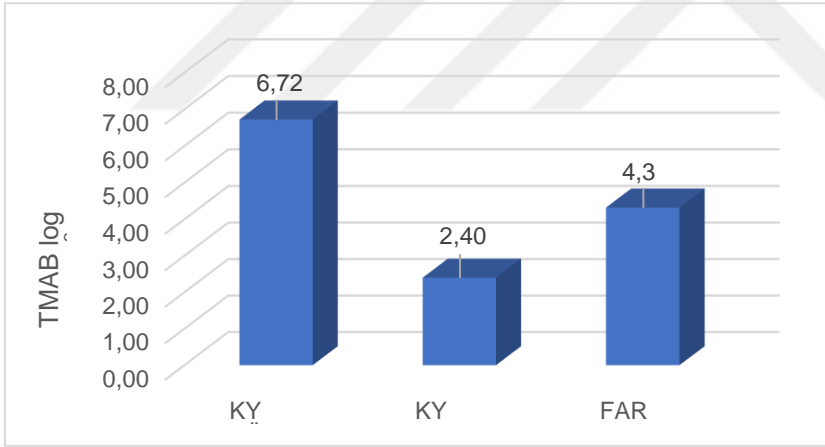


Şekil 4.7. Buzağı kulübesi plastik yüzeyin yıkama öncesi (PY YÖ) ve sonrası (PY YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm²)

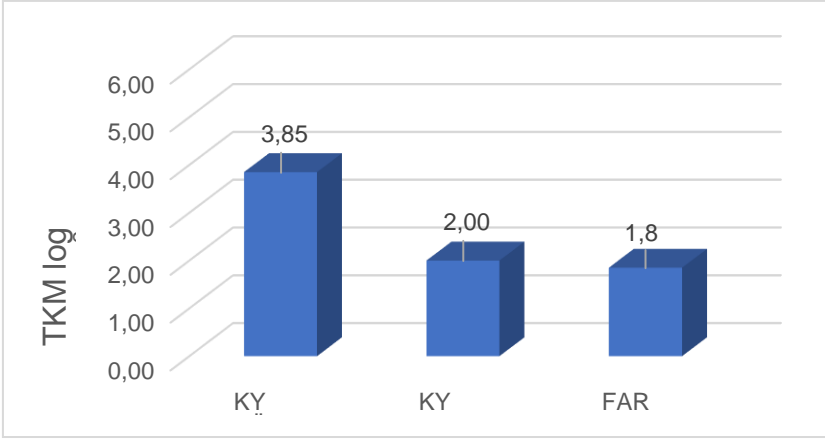
Kulübelerinde yaklaşık iki ay yaşayan buzağı yeterli büyüklüğe eriştiği zaman alınır ve yerine yeni doğan buzağı yerleştirilir. Yeni buzağı öncesinde kulübeler özellikle iç yüzeyleri dezenfekte edilmelidir. Bu işlem işletmelerde pek yapılmaz. Yapılan yerlerde de iki ayda bir yapıldığı için etkin bir dezenfeksiyondan bahsedilemez. Bu çalışmada PY’de yıkama öncesinde hem TMAB hem de TKM değerleri diğer yüzeylerde tespit edilenlerden daha yüksek bulunmuştur. Açık alan ve havadar olan bir yerde TKM’nin yüksek çıkması beklenmez. Nitekim barınak koşulları havadar olduğu için buzağı kulübesi hariç tüm yüzeylerde TKM değerleri düşük çıkmıştır. TKM’nin yıkama öncesi kulübelerde yüksek (5,15 log kob/cm²)

çıkmasının sebebini küçük hacimli yerde buzağının solunumu ile iç ortamdaki nemin fazlalaşmasıyla açıklanabilir. TMAB'nin yüksek (7,31 log kob/cm²) çıkmasının sebebini ise kulübelerin iç yüzeylerine etkin bir yıkama veya dezenfeksiyon işlemi yapılamamasındandır. İshal kaynaklı yeni doğan buzağı ölümlerinin bu denli yüksek olduğu ülkemizde bu konunun hayvan sağlığı ve yetiştirme konularında çalışan bilim insanların dikkatini çekmelidir. Yıkama sonrası hem TMAB'de hem de TKM'de azalış oldukça anlamlı olmuştur.

Kauçuk malzemeden olan inek yatağının üst yüzeyi (KY), yıkama öncesinde (YÖ) 6,72 log kob/cm² olarak ölçülen TMAB değeri yıkama sonrasında (YS) 2,40 log kob/cm²'e düşmüştür. Fark, 4,32 log kob/cm² bulunmuştur (Şekil 4.8). YÖ ve YS farkını belirlemek için yapılan t-testinde önemli fark olduğu gözlenmiştir (t=7,506, p<0,005). TKM, YÖ'de 3,83 log kob/cm², YS'de <2 log kob/cm² ve fark 1,85 log kob/cm² olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.9). TKM'deki azalış ta istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (t=45,033, p<0,05).



Şekil 4.8. İnek yatağı kauçuk yüzeyin yıkama öncesi (KY YÖ) ve sonrası (KY YS) Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) sayısı (log kob/cm²)



Şekil 4.9. İnek yatağı kauçuk yüzeyin yıkama öncesi (KY YÖ) ve sonrası (KY YS) Toplam Küf-Maya (TKM) sayısı (log kob/cm²)

İnek konforu için yatağın yumuşak ve hijyenik olması oldukça önemlidir. Saman, talaş veya kum gibi malzemeler devamlı değiştirilmesinin gereği yönetilmesi zor ve ekonomik olmamaktadır. Bu nedenle kauçuk yataklar tercih sebebidir. Çoğu işletmelerde yataklar periyodik olarak yıkanmaktadır. Yıkama suyu, doğrudan gübre çukuruna gittiği için kimyasallar kullanılmaz. Kauçuk malzeme yumuşak ve pürüzlü olması sebebiyle içinde bakteri barınması ve çoğalması oldukça kolaydır. Sadece suyla yapılan mekanik temizlikte de tam bir arınma sağlanamaz. Nitekim yıkama öncesi oldukça yüksek bulunan değer (6,72 log kob/cm²), ozonlu su ile yıkama sonrası uygun bir seviyeye (2,40 log kob/cm²) düşmüştür.

Bu tezde tasarım parametrelerinin belirlendiği hayvancılık işletmelerinde kullanılabilir bir ozonlu su uygulama sistemiyle doğrudan ilişkili akademik bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak ozonlu suyun dezenfeksiyon amacıyla gıda ve hayvancılıkta kullanımına ilişkin bazı çalışmalarda elde edilen sonuçlar bu çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Şöyle ki;

Kim ve ark. (1999), Moore (2000); Khadre ve ark. (2001); Savaş ve ark. (2014) ve Agnihotri ve ark. (2018) ozonlu suyu gıda ürünlerinin yıkanmasında kullanmışlardır. Bu çalışmalarda 3-4 ppm'lik bir ozon konsantrasyonu ile etkin bir yıkamanın yapıldığı tespit edilmiştir.

Macauley ve ark. (2006) ve Cengiz ve ark. (2010) hayvan dışkısı kökenli bakterileri laboratuvar koşullarında yüksek konsantrasyonlu (8-9 ppm) ozonlu su kullanarak öldürmüşlerdir. Megahed ve ark. (2018) bu tez çalışmasına benzer farklı yüzeylere plastik, paslanmaz çelik ve seramiğe laboratuvar koşullarında hayvan dışkısı bulaştırmış ve bunların farklı konsantrasyonlardaki ozonlu su ile yok edilme derecelerini gözlemlemişlerdir.

Heacox (2011) ve Varga ve Szigeti (2016) patentlerini aldıkları ozonlu su uygulama sistemi ile hayvan ayaklarını, memeleri ve yaraları tedavi etmek için kullanmışlardır. Her ne kadar geliştirdikleri sistemlerin yüzey temizleme için de kullanılabileceğini belirtmiş olsalar bile bu sistemlerin küçük çaplı dizayn edildiği ve bu tez çalışmasında yıkanan yüzeyler kadar büyük çapta yüzey temizleyebilmesinin oldukça güç olduğu tespit edilmiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ozonlu su uygulama sisteminin tasarım parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu tezde bir süt sığırcılığı işletmesinde farklı bölgelerde yıkama yapılmıştır. Yıkama etkinliği, yıkama öncesi (YÖ) ve sonrası (YS) alınan örneklerin laboratuvar koşullarında analizleri ile belirlenmiştir. Analizlerde örneklerde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) ve Toplam Küf-Maya (TKM) sayıları tespit edilmiştir. YÖ'de en yüksek TMAB ve en yüksek TKM, PVC plastikten üretilen buzağı kulübesinin iç yüzeyinde (PY) sırasıyla 7,31 log kob/cm² ve TKM 5,15 log kob/cm² olarak belirlenmiştir. Bu yüzeylerde yıkama sonrası 3,63 ve 2,46 gibi oldukça anlamlı bir düşüş sağlanmıştır. Diğer yıkama yüzeylerinin başlangıç değerleri (YÖ) daha düşük olduğu için YS değerleri de çok daha düşük bulunmuştur.

Bu tezde ozonlu su uygulama sistemi için tespit edilen tasarım parametreleri aşağıda sıralanmıştır.

1. İçine ozon uygulanan suyun deposu ve ozonlu suyun iletimini sağlayan pompa mutlaka paslanmaz çelik olmalıdır. PVC, alüminyum, sac malzeme, polyester ve dökümden imal edilecek depolar ve pompalar kısa sürede ozon tarafından korozyona tabii olacaktır. Ozonlu suyun iletiminde kullanılan esnek hortum ve ara bağlantı parçaları da paslanmaz çelik veya silikon malzemedен olmalıdır. Ozonlu su, PE, kauçuk gibi esnek malzemelerde de korozyona sebebiyet vermektedir.
2. Yıkama suyunda çözünen ozon miktarı (ozon konsantrasyonu) minimum 3 ppm olmalıdır. Projede bu değere yaklaşık 11 dakikada ulaşılmıştır. Su içinde çözünen ozon deneme koşullarında maksimum 3 ppm olmuştur.
3. Yıkama sırasında yüzey, ozonlu suya en az 10 s maruz kalacak şekilde düzenleme yapılmalıdır.
4. Dezenfeksiyon ve temizlik farklı kavramlardır. Ozonlu su ile dezenfeksiyon yapılmaktadır, temizlik değil. Yüzeye bulaşmış kirin temizliği için mekanik bir kuvvet gereklidir. Kir, çoğu zaman ozonlu su ile yıkamada çıkmamaktadır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre şu öneriler verilebilir;

1. Projede atmosfer koşullarında ve şebeke suyu kullanıldığı için en fazla 3 ppm'lik ozon konsantrasyonuna ulaşıldı. Projede 4-5 ppm'lik değer ulaşılabilsen çok daha etkili bir dezenfeksiyon yapılabilirdi. Tasarlanacak olan yıkama banyosunun ozon üreticisine zengin oksijen karışımı verilerek bu değerlere ulaşılabilir.
2. Yıkama işlemi bir duşlama sistemi yerine basınçlı bir sistem ile yapılması çok daha etkili olmaktadır. Böylece, basınçlı su ile temizleme işleminin de yapılması mümkün olacaktır.
3. Ayrıca ozonun bir su deposunda belirli bir seviyede çözünerek verilmesi yerine, şebeke suyunda anlık çözdürülerek verilmesi çok daha verimli olacaktır. Bunun için daha güçlü bir üreteç ve/veya üretece zengin oksijen sağlayıcı kullanılmalıdır. Böylece ozonlu su hazırlamak için vakit kaybedilmemiş olacaktır. Ayrıca bu tür uygulama sisteminde bir su deposuna da ihtiyaç duyulmaz. Bu durumda uygulama sistemi şebeke suyuna bağlı bir şekilde çalışmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Agnihotri, V., Borse, K., Bhandarkar, H., Subramaniam, V. ve Bhardwaj, S. (2018). Efficacy of ozone to reduce total viable count, yeast and mould count, coliform count and enterobacteriaceae count in raw onion and dehydrated onion products. *Plant Archives*, Vol. 18 No. 2,2018pp.2811-2821.
- Atgüden, A. (2010). *İçme sularının ozonla dezenfeksiyonunun mikrobiyal analizi* (Yüksek Lisans tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Berg, L. (2006, February, 27). *Biosecurity benefits animal welfare*. Papper presented at Alberta Chicken Producer Conferance, The Swedish Animal Welfare Agency
- Beuchat, L.R. (1979). Comparision of Acidified and Antibiotic-supplemented Potato Dextrose Agar from Three Manufacturers for its Capacity to Recover Fungi from Foods. *J Food Prot.* May 199-79; 42 (5): 427-427. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-42.5.427>
- Bullock, L. G., Summerfelt, T. S., Noble, C. A., Weber, L. A., Durant, D. M. ve Hankins, A. J. (1997). Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system I. Effects on bacterial gill disease ant heterotropic bacteria. *Aquaculture*, 2, 1-13.
- Cengiz, M., Uslu, M. O. ve Balcioğlu, I. (2010). Treatment of E. Coli HB101 and the tetM gene by fenton's reagent and ozone in cow manure. *Journal of Enviromental Management*, 7, 1-4.
- Clark, W. S., Brazis, A.R., Fowler, J. L., Johns, C.K. ve Nelson, F.E. (1978). Standard Plte Count Method. E. H. Marth (Ed.). Standard methods fort he examination of dairy products içinde (14. Bs., s. 77). *Washington, DC: American Public Health Association*. Doi: 10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004.
- Çatal, H. ve İbanoğlu, S. (2013). Effects of Ozonation on Thermal, Structure and Rheological Properties of Rice Starch in Aqueous Solution. *Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, University of Gaziantep*. Gıda 38 (2): 63-70.
- Ekici, L., Sağdıç, O. ve Kesmen, Z. (2006). Gıda Endüstrisinde Alternatif Bir Dezenfektan: Ozon. *Teknik Not. Gıda Teknolojisi Elektronik Dergi*. (1) 47-57.
- Federal Register. (2020). *Review of the Ozone National Ambient Air Quality Standards*. Erişim adresi: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-12-31/pdf/2020-28871.pdf>
- Fontes, B., Heimbecker, A. M. C., Brito, G. S., Costa, S. F., Heijden, I. M., Levin, A. S. ve Rasslan, S. (2012). Effects of lw-dose gaseous ozone on pathogenic bacteria. *Infectious diseases* 12 (1), 358.
- Greene, A. K., Smith, G. W. ve Knight, C. S. (1999). Ozone in dairy chilling water systems: effect on metal materials. *International journal of dairy technology* 52 (4), 126-128.
- Heacox, D. (2011). *Use and Generation of Ozone as a Disinfectant of Dairy Animal Tissues, Dairy Equipmnet, and Infrastructure*. U.S. Patent No. 2014/0090606 A1.
- Kim, J., Yousef A.E. ve Chism, G. W. (1999). Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. *Journal of Food Safety*, 19 (1), 17-34.

- Khadre, M. A., Yousef, A. E. ve Kim, J-G. (2001). Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. *Journal of food science* 66 (9), 1242-1252.
- Macauley, J.J., Qiang, Z., Surampalli, R. Y. ve Mormile, M. R. (2006). Disinfection of swine wastewater using chlorine, ultraviolet light and ozone. *Missouri University of Science and Technology, Scholars' Mine*, 40 (10), 2017-2026.
- Megahed, A., Aldridge, B. ve Lowe, J. (2018). The microbial killing capacity of aqueous and gaseous ozone on different surface contaminated with dairy cattle manure. *Plos One*, 1-22.
- Moore, G., Griffith, C. ve Peters, A. (2000). Bactericidal properties of ozone and its potential application as a terminal disinfectant. *Journal of Food Protection*, Vol. 63, No. 8, Pages 1100-1106.
- Nagahata, H. ve Ogata, A. (2000). Intramammary application of ozone therapy to acute clinical mastitis in dairy cows. *Theriogenolog*, 1-6.
- Restaino, L., Frampton, W. E., Hemphill, B. J. ve Palnikar, P. (1995). Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. *American Society for Microbiology*, 2-5.
- Rice, G., Michael, R., G. Wade Miller, ve Archibald, G. H. (1981). Uses of ozone in drinking water treatment. *Journal Awwa*. Vol. 73, No. 1, 1981, Pages 44-57.
- Savaş, E., Tavşanlı, H. ve Gökgözoğlu, İ. (2014). Gıda endüstrisinde ozon uygulamaları. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1-6.
- Scrollavezza, P., Ansaloni, F. ve Polidori, P. (2002). Ozonized autohemotherapy, a new method to treat dairy cow acute interdigital phlegmon. Comparison with ceftiofur and oxytetracycline. *Italian Journal Of Animal Science*, 3;211-216.
- Varga, L. ve Szigeti, J. (2016). Use of ozone in the dairy industry. *Society of dairy technology*, 158-162.
- Yıldız, P. O. ve Yangılar, F. Ozon ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları. *Journal of Science*. 3(1), 94-101.
- Wysok, B., Uradzinski, J. ve Gomolka-Pawlicka, M. (2006). Ozone as an alternative disinfectant. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, Vol. 15/56, No 1, pp. 3-8.
- Zobel, R., Matinec, R., Ivanovic, D., Rosic, N., Stancic, C. ve Zerjavici. (2014). Intrauterine Ozone Administration for Improving Fertility Rate in Simmental Cattle. *Vet Arhiv*. 84(1): 120-123.