

**ÇÖZELTİ PLAZMA TEKNİĞİ UYGULANAN
ÇİĞ SÜTTE FİZİKSEL, KİMYASAL
VE MİKROBİYOLOJİK DEĞİŞİMLERİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sultan OL

Danışman

Doç. Dr. Gökhan AKARCA

İkinci Danışman

Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2023

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇÖZELTİ PLAZMA TEKNİĞİ UYGULANAN ÇİĞ SÜTTE
FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK DEĞİŞİMLERİN
BELİRLENMESİ

Sultan OL

Danışman

Doç. Dr. Gökhan AKARCA

İkinci Danışman

Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2023

TEZ ONAY SAYFASI

Sultan OL tarafından hazırlanan “Çözelti Plazma Tekniği Uygulanan Çiğ Sütte Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Değişimlerin Belirlenmesi” konulu tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 12/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Gökhan AKARCA

İkinci Danışman : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN

Başkan : Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK **İmza**
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Seher ARSLAN **İmza**
Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Gökhan AKARCA **İmza**
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN **İmza**
Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Azize ATİK **İmza**
Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... Sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

Beyan ederim.

12/ 06 /2023

İmza

Sultan OL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇÖZELTİ PLAZMA TEKNİĞİ UYGULANAN ÇİĞ SÜTTE, FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Sultan OL

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gökhan AKARCA

İkinci Danışman: Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN

Süt, kimyasal bileşimi nedeniyle oldukça besleyicidir ve beslenmede önemli bir konuma sahiptir. Süt, sağım, işleme, paketlenme, dağıtım ve saklama aşamalarında hijyenik koşullar sağlanmadığı takdirde kontamine olabilmektedir. Sütün, mikrobiyal yükünü azaltarak, raf ömrünü uzatmak ve kalitesini iyileştirmek için termal ve termal olmayan teknikler kullanılmaktadır.

Geleneksel ısı işlem uygulamaları sütte besin değeri kaybına, fizikokimyasal özelliklerin olumsuz etkilerine ve uygulama esnasında gerçekleşen reaksiyonlarla bazı istenmeyen metabolitlerin oluşması neden olmaktadır. Bu çalışmada, termal olmayan teknikler içerisinde yer alan çözelti plazma tekniği uygulaması kullanılmıştır. Termal tekniklere kıyasla, mikrobiyal inaktivasyon sırasında sıcaklığın çok fazla yükselmemesi, cüzi miktarda maillard reaksiyonu, az miktarda renk değişimi, biyoyararlılığın daha fazla korunması, sütün kendine özgü yapısı ve özelliklerinin korunması amaçlanmıştır.

Bu teknikte farklı aralık, voltaj, frekans ve süre parametreleri kullanılarak, çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerde, fizikokimyasal analizlerden; °SH, pH, briks, su aktivitesi, % kuru madde, yoğunluk, renk değerleri (L*, a* ve b*) analizleri yapılırken mikrobiyolojik analizlerden; toplam maya-küf, koliform bakteri, mezofilik bakteri ile psikrofilik bakteri analizleri yapılmıştır.

Fizikokimyasal olarak incelenen örneklerde, °SH değeri 7,5 ile 9,81 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama °SH değeri 8,5 olarak belirlenmiştir. pH değeri 6,15 ile 6,85 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama pH değeri 6,5 olarak belirlenmiştir. Briks değeri 8,5 ile 10 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama briks değeri 9,04 olarak belirlenmiştir. Su aktivitesi(a_w) değeri 0,69 ile 0,83 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama su aktivitesi(a_w) değeri 0,78 olarak belirlenmiştir. % Kuru madde değeri 10 ile 14 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama % kuru madde 11,7 olarak belirlenmiştir. Yoğunluk değeri 1,025 ile 1,031 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama yoğunluk değeri 1,028 olarak belirlenmiştir. L^* değeri 96,4 ile 88,5 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama L^* değeri 92,1 olarak belirlenmiştir. a^* değeri 0,13 ile 1,81 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama a^* değeri 0,77 olarak belirlenmiştir. b^* değeri 0,44 ile 5,25 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama b^* değeri 2,2 olarak tespit edilmiştir.

Mikrobiyolojik olarak incelendiğinde örneklerde süreye bağlı, toplam maya-küf, koliform bakteri, mezofilik bakteri ile psikrofilik bakteri sayılarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Çözelti plazma tekniği ile muamele edilen çiğ süt için toplam florada ortalama $3 \log_{10}$ CFU/mL azalma sağladığı tespit edilmiştir.

2023, xvi + 228 sayfa

Anahtar Kelimeler: Çiğ süt, Çözelti plazma tekniği, Fizikokimyasal, Mikrobiyoloji

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHANGES IN RAW MILK APPLIED WITH SOLUTION PLASMA TECHNIQUE

Sultan OL

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Gökhan AKARCA

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Mehmet ÖZKAN

Milk is highly nutritious due to its chemical composition and has an important place in nutrition. Milk can be contaminated if hygienic conditions are not provided during milking, processing, packaging, distribution and storage. Thermal and non-thermal techniques are used to reduce the microbial load of milk, extend its shelf life and improve its quality.

The solution plasma technique, which is one of the non-thermal techniques applied in this research, compared to thermal techniques, the temperature does not rise too much during microbial inactivation, small amount of Maillard reaction, little color change, greater preservation of bioavailability. By ensuring that the unique structure and properties of milk are preserved, conventional heat treatment application, negative effects of many physicochemical properties of milk, especially its nutritional value, and It is aimed to eliminate the problems of the formation of some undesirable metabolites with the reactions occurring during the heat treatment.

In this technique, different parameters of interval, voltage, repetition and duration are used from the physicochemical analyzes of raw milk and solution plasma technique applied samples; While analyzing °SH, pH, brix, water activity, % dry matter, density, color values (L*, a* and b*). From microbiological analysis; total yeast-mold, coliform bacteria, mesophilic bacteria and psychrophilic bacteria were analyzed.

In the samples examined physicochemically, the °SH value varied between 7.5 and 9.81, and the average °SH value of the samples was determined as 8.5. The pH value varied between 6.15 and 6.85, and the average pH value of the samples was determined as 6.5. The brix value varied between 8.5 and 10, and the average brix value of the samples was determined as 9.04. The water activity (aw) value varied between 0.69 and 0.83, and the average water activity (aw) value of the samples was determined as 0.78. The % dry matter value varied between 10 and 14, and the average % dry matter of the samples was determined as 11,7. The density value varied between 1.025 and 1.031, and the average density value of the samples was determined as 1.028. The L* value varied between 96.4 and 88.5, and the average L* value of the samples was determined as 92.1. The a* value varied between 0.13 and 1.81, and the average a* value of the samples was determined as 0.77. The b* value varied between 0.44 and 5.25, and the average b* value of the samples was determined as 2.2.

When examined microbiologically, it was determined that there was a decrease in the number of total yeast-mold, coliform bacteria, mesophilic bacteria and psychrophilic bacteria in the samples depending on the time. It has been determined that for raw milk treated with solution plasma technique, it provides an average of 3 log reduction in total flora.

2023, xvi + 228 pages

Keywords: Raw milk, Solution PlasmaTechnique, Physicochemical, Microbiology

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Gökhan AKARCA, araştırmamda kullanılan sistemin, kurulumu, bilgilendirme desteklerinden ikinci danışmanım Sayın Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN'a her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı tüm aileme teşekkür ederim.

Sultan OL
Afyonkarahisar 2023

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR.....	4
2.1 Çiğ Sütün Tarihçesi ve Tanımı	4
2.2 Sütün Organaleptik ve Fizikokimyasal Özellikleri.....	5
2.3 Sütün Bileşenleri ve Besin Değeri	6
2.3.1 Karbonhidrat	7
2.3.2 Yağ	8
2.3.3 Protein	9
2.3.4 Vitamin ve Mineral	11
2.4 Sütün Beslenmedeki Önemi ve Sağlık İlişkisi.....	14
2.4.1 Kemik ve Diş Sağlığı	15
2.4.2 Obezite	17
2.4.3 Kalp Damar Sağlığı ve Hipertansiyon	17
2.4.4 Tip 2 Diyabet.....	19
2.4.5 Kanser	20
2.4.6 Süt Bileşenlerine İntolerans	21
2.4.6.1 Laktoz İntoleransı.....	21
2.4.6.2 Süt Proteini Alerjisi	23
2.5 Çiğ Süt Kaynaklı Mikrobiyal Tehlike	23
2.6 Çiğ Süte Uygulanan Geleneksel Termal Teknolojik Prosesler	30
2.6.1 Termizasyon.....	30
2.6.2 Pastörizasyon	31
2.7 Çiğ Süte Uygulanan Geleneksel Olmayan Termal Teknolojik Prosesler.....	38

2.7.1 Elektrikli Isıtma Yöntemleri	38
2.8 Çiğ Süte Uygulanan Termal Olmayan Teknolojik Prosesler.....	41
2.8.1 Membran Filtrasyon	41
2.8.2 Yüksek Basınç Yöntemi (High Pressure-HP)	43
2.8.3 Atımlı Işık (PulsedLight-PL)	45
2.8.4 Ultraviyole Işınlama (UltravioletRadiation-UV)	45
2.8.5 Ultrason	48
2.8.6 Işınlama	51
2.8.7 Süper Kritik Karbondioksit (Super critical Carbon Dioxide-SC-CO2)	52
2.8.8 Darbeli Elektrik Alanları	53
2.9 Çözelti Plazma Tekniği	57
2.9.1 Plazma	57
2.9.2 Çözelti Plazma Prosesi (SSP)	59
2.9.2.1 Sıvının Parçalanması	60
2.9.2.2 Yayılma	63
2.9.2.3 Kimyasal Özellikler Ve Etkileyen Parametreler	65
3. MATERYAL ve METOT	70
3.1 Materyal	70
3.1.1 Çözelti Plazma Sisteminin Kurulumu	70
3.1.2 Çiğ Süt ve Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi	71
3.1.2.1 Asitlik Tayini	71
3.1.2.2 pH	72
3.1.2.3 Briks	72
3.1.2.4 Su Aktivitesi (a_w)	72
3.1.2.5 % Kuru Madde Tayini	72
3.1.2.6 Yoğunluk	73
3.1.2.7 Renk Değerlerinin Ölçümü	74
3.1.3 Çiğ Süt ve Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Mikrobiyolojik Analizleri	74
3.1.3.1 Örneklerin Mikrobiyolojik Analizler İçin Hazırlanması	74
3.1.3.2 Maya ve Küf Sayısı	75

3.1.3.3 Toplam Koliform Bakteri Sayısı	76
3.1.3.4 Toplam Aerobik Mezofil Bakteri (TAMB) Sayısı	77
3.1.3.5 Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri (TAPB) Sayısı	77
3.2 İstatistiksel Analizler	78
4. BULGULAR	79
4.1 Çiğ Süt Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri.....	79
Çizelge 4.1 Çiğ sütün fizikokimyasal özellikleri.....	80
4.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Fizikokimyasal Özellikleri	80
4.2.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin °SH Değerleri.....	80
4.2.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin pH Değerleri	86
4.2.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Briks Değerleri	92
4.2.4 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Su Aktivitesi (aw) Değerleri	98
4.2.5 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin % Kuru Madde Değerleri	104
4.2.6 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Yoğunluk Değerleri	110
4.2.7 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Renk Analizleri.....	116
4.2.7.1 L* Değerindeki Değişmeler	116
4.2.7.2 a* Değerindeki Değişmeler	122
4.2.7.3 b* Değerindeki Değişmeler	128
4.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Mikrobiyolojik Özellikleri ...	134
4.3.1 Toplam Maya-Küf Sayıları	134
4.3.2 Toplam Koliform Bakteri Sayıları	140
4.3.3 Toplam Mezofilik Bakteri Sayıları	146
4.3.4 Toplam Psikrofilik Bakteri Sayıları	152
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	159
5.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Fiziko- kimyasal Özellikleri.	159
5.1.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin °SH Değerleri.....	159
5.1.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin pH Değerleri	160
5.1.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Briks Değerleri	163
5.1.4 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Su Aktivitesi (aw) Değerleri	164

5.1.5 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin % Kuru Madde Değerleri	165
5.1.6 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Yoğunluk Değerleri	167
5.1.7 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Renk Değerleri	169
5.1.7.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin L* Değerleri	169
5.1.7.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin a* Değerleri	170
5.1.7.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin b* Değerleri	171
5.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Mikrobiyolojik Bulgularının Değerlendirmesi	173
5.2.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Toplam Maya-Küf Sayıları	173
5.2.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Toplam Koliform Bakteri Sayıları	174
5.2.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Toplam Mezofilik Bakteri Sayıları	175
5.2.4 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Toplam Psikrofilik Bakteri Sayıları	176
5.3 Sonuçlar	180
6. KAYNAKLAR	182
ÖZGEÇMİŞ	229

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
CFU/mL	Toplam bakteri sayımının birimi
°C	Santigrat Derece
kV	Kilovolt
kHz	Kilohertz
µg/L	Mikrogram/Litre
mg	Miligram
mm	Milimetre
kcal	Kilokalori
g	Gram
g/L	Gram/Litre
°F	Fahrenheit
sn	Saniye
dk	Dakika
MHz	Megahertz
µm	Mikrometre
J/cm ²	Joule/santimetrekare
mJ/ cm ²	Milijoule/santimetrekare
W	Watt
MPa	Megapaskal
CO ₂	Karbondioksit
kV/cm	Kilovolt/santimetre
OH ⁻	Hidroksil Radikali
O ₂ ⁻	Süper Oksitanyonu
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
eV	Elektronvolt
nm	Nanometre
HCl	Hidroklorik Asit
KCl	Potasyum Klorür
KOH	Potasyum Hidroksit
Ta	Tantal
W	Tungsten
N ₂	Azot
Ar	Argon
N	Normalite
NaOH	Sodyum Hidroksit
a _w	Su Aktivitesi
v/v	Hacimce Yüzde
V	Volt
Hz	Hertz
L	Litre

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CLA	Konjuge Linoleik Asit
ESL	Raf Ömrü Uzatılmış Süt
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
HDL	Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
HF	Yüksek Hidrostatik Basınç
HIP	Yeni Cıva İçermeyen UV Lambası
HIUS	Yüksek Yoğunluklu Ultrason
HTST	Yüksek Sıcaklık Kısa Süreli Pastörizasyon
IDF	Uluslararası Sütçülük Federasyonu
IGF	İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü
IU	Uluslararası birim
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
M.Ö.	Milattan önce
MF	Mikrofiltrasyon
MPM	Polikromatik Orta Basıncılı Cıva Lambaları
MW	Mikrodalga
NF	Nanofiltrasyon
OH	Ohmik Isıtma
PCA	Plate Count Agar
PEF	Darbeli Elektrik Alan
PL	Atılımlı Işık
PMO	A Sınıfı Süt Yönetmeliği
RF	Radyo Frekansı
RO	Ters Ozmoz
SC-CO ₂	Süper Kritik Karbondioksit
SCFA	Kısa Zincirli Yağ Asitleri
SSP	Çözelti Plazma Prosesi
TAMB	Toplam aerobik mezofil bakteri
TAPB	Toplam aerobik psikrofil bakteri
UF	Ultrafiltrasyon
UHT	Ultra Yüksek Sıcaklık
UV	Ultraviyole
VRBA	Violet Red Bile Agar
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Elektrikli ısıtma yöntemlerinin şeması 39
Şekil 2.2	Saf maddeler için basınç sıcaklık diyagramı 52
Şekil 2.3	Klasik çözelti plazma kurulumu 60
Şekil 2.4	Çözelti plazma sürecindeki bozulma mekanizması 61
Şekil 2.5	(a) Çözelti plazma prosesinde su altındaki plazmanın fotoğrafı ve (b) Çözelti içinde plazma oluşumu şematik diyagramı 63
Şekil 2.6	(a) Kabarcık başlatma yapısı diyagramı; (b) silindirik filamentli deşarj genişletilmiş yapı; (c) termodinamik model diyagramı 65
Şekil 2.7	Sulu deşarj plazmasındaki aktif maddelerin kimyasal kontrast görüntüleri: (a) referans mikroskopik görüntüler; (b) elektronlar (bant geçiren dalga boyu 373-387 nm); (c) hidrojen radikali (bant geçiren dalga boyu 648-662 nm); (d) hidroksil radikali (bant geçiren dalga boyu 278-292 nm). 66
Şekil 2.8	(a) Sıvı plazma ve elektrostatik prob sisteminin şematik diyagramı ve (b) sıvı fazdaki plazmanın elektriksel çift katmanlı yapısal diyagramı 66
Şekil 3.1	Çözelti plazma tekniğinin çiğ süte uygulama esnasında sistemin fotoğrafı. 70
Şekil 3.2	Reaksiyon kabı ve elektrotların şemasal görünümü. 71
Şekil 4.1	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin °SH değerlerindeki değişim. 85
Şekil 4.2	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı °SH değerlerindeki değişim. . 86
Şekil 4.3	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin pH değerlerinin dağılımları. 91
Şekil 4.4	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı pH değerlerindeki değişim. ... 92
Şekil 4.5	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin briks değerlerinin dağılımları. 97
Şekil 4.6	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı briks değerlerindeki değişim. 98
Şekil 4.7	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerlerinin dağılımları. 103
Şekil 4.8	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı su aktivitesi (a_w) değerlerindeki değişim..... 104

Şekil 4.9	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin % kuru madde değerlerinin dağılımları.....	109
Şekil 4.10	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı % kuru madde değerlerindeki değişim.....	110
Şekil 4.11	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin yoğunluk değerlerinin dağılımları.....	115
Şekil 4.12	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı yoğunluk değerlerindeki değişim.....	116
Şekil 4.13	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerinin L* değerlerinin dağılımları.....	121
Şekil 4.14	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı L* değerlerindeki değişim. .	122
Şekil 4.15	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin a* değerlerinin dağılımları.....	127
Şekil 4.16	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı a* değerlerindeki değişim..	128
Şekil 4.17	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin b* değerlerinin dağılımları.....	133
Şekil 4.18	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı b* değerlerindeki değişim..	134
Şekil 4.19	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam maya- küf sayılarının dağılımları.....	139
Şekil 4.20	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı toplam maya- küf sayılarının değişimi.....	140
Şekil 4.21	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam koliform bakteri sayılarının dağılımları.....	145
Şekil 4.22	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı toplam koliform bakteri sayılarının değişimi.....	146
Şekil 4.23	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayılarının dağılımları.....	151
Şekil 4.24	Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı toplam mezofilik bakteri sayılarının değişimi.....	152
Şekil 4.25	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam psikrofilik bakteri sayılarının dağılımları.....	157

Şekil 4.26 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı toplam psikrofil bakteri sayılarının değişimleri	158
---	-----

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Keçi, Koyun, İnek ve İnsan sütünün ortalama bileşimi.....	7
Çizelge 2.2	Çeşitli süt türlerinin karbonhidrat ve laktoz ortalama bileşimleri	7
Çizelge 2.3	Çeşitli süt türlerin yağ ortalama bileşimleri.....	9
Çizelge 2.4	İnek sütünün protein fraksiyonu ortalama bileşimleri	11
Çizelge 2.5	İnek sütünün mineral fraksiyonu ortalama bileşimi	12
Çizelge 2.6	İnek sütünün vitamin fraksiyonu ortalama bileşimi	13
Çizelge 2.7	Pastörizasyon için öngörülen sıcaklık ve zaman değerleri	33
Çizelge 4.1	Çiğ sütün fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri	81
Çizelge 4.2	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin °SH değerleri.	81
Çizelge 4.3	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin °SH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	82
Çizelge 4.4	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin pH değerleri.....	87
Çizelge 4.5	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin pH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	90
Çizelge 4.6	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin briks değerleri.	93
Çizelge 4.7	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin briks değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	94
Çizelge 4.8	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin su aktivitesi değerleri.	101
Çizelge 4.9	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin su aktivitesi değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	101
Çizelge 4.10	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin % kuru maddedeğerleri. .	105
Çizelge 4.11	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	106
Çizelge 4.12	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin yoğunluk değerleri.....	111
Çizelge 4.13	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	112
Çizelge 4.14	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin L*değerleri.....	117
Çizelge 4.15	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin L* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	118

Çizelge 4.16	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin a* değerleri.	123
Çizelge 4.17	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin a* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	124
Çizelge 4.18	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin b* değerleri.	129
Çizelge 4.19	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin a* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	130
Çizelge 4.20	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam maya-küf sayıları.	135
Çizelge 4.21	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin maya-küf sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.....	136
Çizelge 4.22	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform bakteri sayıları.....	141
Çizelge 4.23	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform bakteri sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.	142
Çizelge 4.24	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam mezofilik bakteri sayıları.....	147
Çizelge 4.25	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam mezofilik bakteri sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.	148
Çizelge 4.26	Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam psikrofilik bakteri sayıları.....	153
Çizelge 4.27	Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam psikrofilik bakteri sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.	154

1. GİRİŞ

Beslenmenin amacı, insan organizmasının sağlığı ile ilgili besinlerin gerekli alımını sağlamaktır (Golian vd. 2018, Kubicová vd. 2019). Süt ve süt ürünleri, insanların rasyonel beslenmesinin teşviki ve sürdürülmesinin temelini oluşturan biyolojik bileşeni nedeniyle, insanların tüm yaş kategorileri için en temel gıdalardan birini temsil etmektedir. (Michaelidou 2008, Pereira, 2014). Süt, birincil bileşenleri olan proteinler, yağlar, laktoz, vitaminler ve mineraller ile çok bileşenli zengin gıda maddesidir. (Keresteš 2016, Kubicová vd. 2019, Nicklas vd. 2009).

Süt, proteinler, yağlar, laktoz, vitaminler ve mineraller gibi besinlerin kaynağı olarak sadece memeliler için değil, aynı zamanda bir dizi mikroorganizmanın gelişimi için de uygun bir ortam oluşturmaktadır. Süt, kimyasal bileşimi nedeniyle oldukça besleyicidir, nötr veya hafif asit pH'a ve yüksek neme sahiptir ve bu nedenle geniş bir yelpazede mikrobiyal gelişimi desteklemektedir. (Franco vd.1996).

Süt, sağım, işleme, paketlenme ve saklama aşamalarında hijyenik koşullar sağlanmadığı takdirde kontamine olabilmektedir. Sağım sırasında mikroorganizmalar deriden genellikle gübre, toprak veya tozla kirlenmiş meme uçlarından süte geçebilmektedir. İneklerin uygun şekilde barındırılması ve bakımı temel bir önlemdir (Santos ve Fonseca 2001). İşleme, paketlenme, dağıtım kontrolü ve saklama koşulları güvenlik açısından büyük önem taşımaktadır. Bu aşamalarda süt ürünleri patojen mikroorganizmalar nedeniyle ürünler potansiyel olarak güvensiz hale gelebilmektedir (Franco vd. 1996).

Sütün, mikrobiyal yükünü azaltarak bu karmaşık biyolojik sıvının raf ömrünü uzatmak ve kalitesini iyileştirmek amacıyla ısıtıl işlem yapılmaktadır. Sütün ısıtıl işlemi, süt endüstrisi tarafından benimsenen süt üretiminin önemli bir adımı olarak bilinmektedir. (Mc Kinnon vd. 2009). Süt bazlı ürünlerde, süt proteinlerinin işlevselliğini manipüle ederek bu tür süt ürünleri formülasyonlarının organoleptik özelliklerini iyileştirmek içinde ısıtıl işlem uygulanmaktadır. Termal teknikler; termizasyon, pastörizasyon, sterilizasyon ve UHT, geleneksel olmayan ısıtıl işlemler, elektrikli ısıtma yöntemleri

mikrodalga ısıtma, radyo frekansı ısıtma ve ohmik ısıtma) olmak üzere farklı teknikler kullanılmaktadır. (Del Angel ve Dalgleish 2006).

Isıl işlem, işleme koşullarına bağlı olarak süt protein yapısında geri dönüşü olmayan değişikliklere neden olabilmektedir. Süt, 65 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısıtıldığında, peynir altı suyu proteinleri açılmakta ve önceden gizli olan hidrofobik grupları ortaya çıkmaktadır (Croguennec vd. 2004). Açılmanın ardından peynir altı suyu proteinleri, ısı kaynaklı protein agregatları oluşturmak için kendileri ve κ -kazein ile etkileşime girebilmektedir (Donato vd. 2007, Smits ve van Brouwershaven 1980, Jang ve Swaisgood 1990). Moleküler düzeydeki bu değişiklikler, protein işlevselliği üzerinde bazen arzu edilen bazen de besin öğelerinde önemli kayıplar ortaya çıkaran bir etkiye sahip olabilmektedir. Uygulanan ısıl işlem vitamin ve mineral içeriğinde de tahrip edici etki yaratmaktadır (Singh ve Newstead 1992).

Bununla birlikte, mikrobiyolojik güvenliği sağlamak için süte ısıl işlem her zaman kullanılmamaktadır. (Del Angel ve Dalgleish 2006). Termal teknolojiler, diğer alternatif termal olmayan teknolojilere kıyasla süt ve süt ürünlerinde duyu ve besinsel bileşenlerdeki değişiklikler, teknolojik ve aşırı ısı nedeniyle ekonomik kayıpları ortaya çıkarmaktadır. Termal olmayan gıda işleme süreçleri ise süt ve süt ürünlerinin duyu ve besinsel özelliklerinde minimal değişikliklere neden olmakta ve tüketicinin düşük işlenmiş ürün talebine uygun ürün oluşturulmaktadır (Guimarães vd. 2018, Shabbir vd. 2020).

Termal olmayan teknikler arasında membran filtrasyon, yüksek basınç yöntemi, atımlı ışık, ultraviyole, ultrason, süper kritik karbondioksit, darbeli elektrik alanlar ile çözelti plazma tekniği yer almaktadır.

Bu çalışmada termal olmayan tekniklerden, sulu çözeltideki elektrohidrolik deşarj olarak sıvı ve gaz fazları arasındaki elektron ve iyon değişimi dengesi olarak tanımlanan çözelti plazma tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte farklı aralık, voltaj, frekans ve süre parametreleri kullanılarak çiğ sütün, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimleri belirlenmiştir.

Deneysel süreçte (DC) güç kaynağı bipolar 0 - 4500 V gerilim kapasitesindedir. Güç kaynağında 0-10 aralığında uygulama kademeleri yer almaktadır. Uygulanan birinci kademe voltajda 1800 V, ikinci kademedede 2250 V, üçüncü kademedede 2700 V uygulanmıştır. Darbeli 1–30 kHz frekans sağlayan doğru akım (DC) güç kaynağı ve 0–4 µs darbe genişliği ve 1 mm kalınlığında tungsten elektrotlar kullanılmıştır. Güç kaynağına bağlı ve seramik bir tüpe yerleştirilmiş 0,3 mm mesafeli 1 mm çapında iki kanallı tutucu bulunmaktadır. Tungsten elektrotlar arasındaki mesafe 1-5 mm arasında ayarlanabilmektedir. Sütün pastörizasyonu sırasında voltaj kademeleri 4-6 V, frekans 15.000- 17.000 Hz ve darbe genişliği 2,58 µs. Pastörizasyon süresi 2- 10 dakika olarak uygulanmıştır.

2. LİTERATÜR

2.1 Çiğ Sütün Tarihçesi ve Tanımı

Kayıtlara göre süt, M.Ö. 8.000-6.000 yıllarında OrtaAsya'da sığırların evcilleştirilmesi ile tanınmıştır. İngiliz Arkeolog Mellart, Çatalhöyük 'te yaptığı çalışmalarda tereyağı, peynir ve ayranın neolitik devire (M.Ö. 8.000-5.000) ait olabileceğini söylemiştir. Yine tarihi belgelere göre M.Ö. 4.000 yılında Sümerlerin sütü sağdıkları ve tereyağı ürettikleri bilinmektedir. Ancak peynir üretimi daha sonraki yıllarda görülmektedir. M.Ö. 1600 yılında Babil kralı Ammiditana yazdığı mektupta sade yağdan söz etmektedir. Ortaçağ döneminde ise birçok kültürlerde süt ve ürünleri tanrısal adak olarak sunulduğundan ve süt hayvanlarına kutsal bir saygı gösterildiğinden dolayı süte büyük bir önem verilmiştir (İnt.Kyn.1).

Türk Gıda Kodeksi tebliğ numarası 2017/20 olan Çiğ Sütün Arzına Dair Tebliği'ne göre çiğsüt; "çiftlik hayvanlarının meme bezlerinden salgılanan, 40 °C'nin üzerinde ısıtılmamış veya eş değer etkiye sahip herhangi bir işlem görmemiş süt" olarak ifade edilmiştir (Anonim 2017). Türk Gıda Kodeksi tebliğ numarası 2019/12 olan İçme Sütleri Tebliği 27/12/2011 tarihli ve 28155 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Hayvansal Gıdalar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği'ne göre ise çiğ süt; "inek, koyun, keçi, manda ve benzeri çiftlik hayvanların meme bezlerinin bir sekresyonu olup hayvanın yavrusunu beslemede kullanılan çok önemli bir gıda maddesi" olarak ifade edilmektedir. Bütün memelilerde doğumu takiben süt sekresyonu gerçekleşir (Anonim 2019a).

Süt, memelilerin neonatal dönemle beraber büyüme ve gelişmeleri için elzemdir. Büyüme ve gelişmenin yanı sıra; yapısında bulunan ve fizyolojik olarak önemli olan immünoglobulinler, enzimler, enzim inhibitörleri, büyüme hormonları, diğer hormonlar, büyüme faktörleri, antibakteriyel ajanlar gibi protein ve peptid yapılı ögeler ile yağ asitleri, vitamin ve minerallerden dolayı yaşam döngüsü içerisinde birçok önemli özelliğe sahiptir (Fox vd. 2003).

2.2 Sütün Organoleptik ve Fizikokimyasal Özellikleri

Günümüzde birçok süt türü bulunabilmektedir, ancak genel olarak “süt” terimi sadece sağlıklı hayvanlar tarafından üretilen ve doğumdan sonrası kolostrumdan tamamen arınan inek sütüne atıfta bulunmaktadır (Godden 2008). Bitkisel kaynaklı sütler, “soya sütü”, “badem sütü” vb. bitkisel kaynaklı süt ürünleri, üretildiği bitkinin adının belirtilmesi ile tanımlanmaktadır (Anonim 2007).

Tüketilen süt çeşidi toplumların kültürlerine göre değişiklik göstermektedir. Ancak ülkemizde süt denildiğinde akla ilk olarak inek sütü gelmesine karşın tüketilmekte olan sütler inek, koyun, keçi ve manda sütü olmak üzere 4 çeşittir (Besler 2006).

Çiğ sütlerde renk, tat, kıvam, koku gibi duyuşal özelliklere bakılmaktadır. Bu özelliklerin analiz edilmesindeki amaç ise sütünk aynağını belirlemek, uygun olmayan sütleri ayırt etmek, ürünün kalitesi hakkında fikir edinmek gibi sıralanabilir (Oysun 1991, Anonim 1994, Kırdar 2001).

Sütün doğal rengi süt hayvanının cinsinden ve beslenme şeklinden çok etkilenmektedir. Süt; beyaz, krem bir renkte bir gıda maddesidir. Süt rengini içerisindeki maddelerin ışığı kırması ve yansıtması etkilemektedir. Peynir üretimi sırasında süt proteini ayrılan süt sıvısının (peynir altı suyu) rengi yeşilimsi sarı, yağı alınmış sütün rengi ise daha açık soluk mavi tonlarında olmaktadır (Kırdar 2001).

Sütün bileşimindeki süt şekeri laktozun, minerallerin ve yağın da etkisi ile hafif tatlımsı bir tada sahiptir. Kuru madde oranı yüksek olan sütlerde bu tat daha yoğun hissedilmektedir. Sütteki tat ve koku, bazı aroma maddelerinin etkisi ile açığa çıkar. Taze süt içerisinde eser miktarda aseton, asetaldehit, bütirik asit ve diğer serbest asitler gibi lezzet maddeleri varlığı bilinmektedir. Meme hastalıklarında klor iyonlarının artması ve laktozun azalması sonucunda süt hafif tuzlumsu tad vermektedir. Kolostrumda globülin ve mineral madde fazlalığı, laktasyonsonunda da görüldüğü gibi süte acı, tuzlu bir tat vermektedir. Normal süt hafif kıvamlı, homojen ve akıcı bir yapıdadır (Kırdar 2001, Metin 2001).

Süt vücut sıcaklığında iken salgılandığı hayvana göre değişen çok hafif özel bir kokuya sahiptir. Ayrıca çevrenin kokusunu çok çabuk alabilen ve bu kokuyu muhafaza edebilen bir özelliğe sahiptir. Bu özellik, sütyağının koku maddelerini absorbe etmesinden kaynaklanmaktadır (Kırdar 2001).

Sütün kendine has özelliklerinden birisi de özgül ağırlığıdır (belirli sıcaklıkta birim hacmin ağırlığı). Sütün bileşiminde bulunan laktoz, protein ve mineraller nedeniyle sütün özgül ağırlığı (1,028-1,037 g/cm³) suyunkinden daha fazladır (Anonim 1994). Sütün içindeki yağ oranının artması özgül ağırlığın düşmesine, süte uygulanan ısı işlem ise özgül ağırlığın artmasına neden olmaktadır (Kırdar 2001, Metin 2001).

Sütün donma noktası (-0,55°C), içindeki bileşenler nedeniyle, suya oranla göre daha düşüktür. Sütün içine su katıldığında donma noktası suyunkine yaklaşmakta, bu nedenle bu analiz sütte hilelerin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Kırdar 2001, Anonim 1994). Aynı şekilde sütün kaynama noktası da (100,16°C) suyun kaynama noktasına göre yüksektir. Süte su eklenmesi bu noktayı düşürmektedir. Süte soda (sodyum karbonat) gibi mineral maddeler eklenmesi ise sütün kaynama noktasını daha da yükseltirken donma noktasını düşürmektedir (Anonim 1994).

Sütün kalitesini değerlendirmek amacıyla kullanılan diğer bir parametre ise asitliktir. Sütün sağımındaki asitliği % 0,135-0,2 arasında olup laktasyon siklusu, beslenme, kimyasal bileşim gibi faktörlerden değişkenlik göstermektedir. Sütün asitlik düzeyi kullanılarak sütün sağımdan işlenmesine kadar iyi koşullarda muhafaza edilip edilmediği, ısı işlemine dayanıp dayanamayacağı içine yabancı maddeler ve su katılıp katılmadığı, hayvanın hasta olup olmadığını tespit edilebilmektedir (Anonim 1994, Kırdar 2001).

2.3 Sütün Bileşenleri ve Besin Değeri

Sütün bileşimi hayvan türü, genetiği, çevre koşulları emzirme dönemi ve hayvan beslenme durumuna bağlı olarak değişmektedir (Caroli vd. 2009, Kalač ve Samková 2010). Çeşitli süt türlerin ortalama bileşenleri çizelge 2.1’de belirtilmektedir (Park vd 2007, Jandal 1996).

Çizelge 2.1 Keçi, Koyun, İnek ve İnsan sütünün ortalama bileşimi (Park vd 2007, Jandal 1996).

	Keçi	Koyun	İnek	İnsan
Yağ (%)	3,8	7,9	3,6	4,0
Laktoz (%)	4,1	4,9	4,7	6,9
Protein (%)	3,4	6,2	3,2	1,2
Enerji(kcal/100 ml)	70	105	69	68
Kalsiyum(mg/100g)	134	193	122	33
Fosfor (mg/100g)	121	158	119	43
A Vitamini (IU)	185	146	126	190
D Vitamini (IU)	2,3	0.18 (µg)	2,0	1,4

2.3.1 Karbonhidrat

Meme dokusunda sentezlenen laktoz, sütün temel karbonhidratıdır. Katkısız inek sütü ortalama %4.7 laktoz içermektedir. Yağ dışında kalan kuru maddenin %54'ünü laktoz oluşturmaktadır. Süt, az miktarda da glukoz, galaktoz ve oligosakkarit içermektedir. Glukoz ve galaktoz laktaz enziminin laktozu hidrolize etmesi ile oluşmaktadır. Endüstride laktaz enzimi kullanılarak laktozu azaltılmış ya da laktozsuz sütler üretilmektedir (Gehardt ve Thomas 2006, Miller vd. 2006). Çeşitli süt türlerinin karbonhidrat ve laktoz ortalama bileşimleri çizelge 2.2'de yer almaktadır (Sezgin vd. 2010).

Çizelge 2.2 Çeşitli süt türlerinin karbonhidrat ve laktoz ortalama bileşimleri (Sezgin vd. 2010).

Süt Türü	Laktoz(g)
Keçi	4,3
Koyun	4,6
İnek	4,7
İnsan	7,0

2.3.2 Yağ

Süt yağının ana bileşeni, bir gliserol molekülüne esterlenmiş üç yağ asidi molekülünden oluşan trigliseritlerden oluşmaktadır (süt yağının %95'inden fazlası). Süt, karbon atomu zincirinin uzunluğu (temelde kısa, orta ve uzun zincir olarak sınıflandırılır) ve çift bağ sayısı (doymuş veya doymamış) bakımından farklılık göstermektedir (Jensen 2002, Huppertz vd. 2008). Diğer gıda türleriyle karşılaştırıldığında, süt yağı, zincir uzunlukları dört karbondan yirmi karbona kadar olan çok çeşitli yağ asitlerinin yanı sıra mikrorganizmalar tarafından üretilen dallı yağ asitleri ile karakterize edilmektedir.

Süt yağında 400 den fazla yağ asidi saptanmıştır. Bütirik asit süt yağı için karakteristiktir. Doymuş yağ asitleri oranı % 70, doymamış yağ asitleri % 40 düzeyindedir. Doymamış yağ asitleri süt yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde daha fazla etkilidirler. Kısa zincirli yağ asitlerinin oranı yüksektir ve süt yağının koku ve tadını etkilemektedir (İnt.Kyn.2).

Yağ asitlerinin kimyasal özellikleri, hem sütün beslenme kalitesi (sağlıklı veya doymuş yağların diğer yönleri açısından) hem de teknolojik özellikleri için önemli sonuçlara sahiptir. Zincir uzunluğu ve doymunluk derecesi, trigliseritin erime noktasını ve dolayısıyla soğutma sıcaklığında süt yağının nihai sertliğini etkilemektedir.

Süt yağı ayrıca düşük seviyelerde mono- ve digliseridler, kolesterol, sfingolipidler ve fosfolipidler gibi küçük bileşenler içermektedir. Son zamanlarda, konjuge linoleik asit (CLA) ve kısa zincirli yağ asitleri (SCFA'lar) dahil olmak üzere sütteki bazı yağ asitlerinin bazı olası yararlı etkilerine dikkat çekilmiştir (Collomb vd. 2006, McIntosh vd. 2006, Bisig vd.2007, Chilliard vd. 2007).

Süt yağının yapısı ve bileşimi Jensen (2002) tarafından, süt yağı globüllerinin fiziksel stabilitesi ise Huppertz ve Kelly (2006), tarafından gözden geçirilmiştir. Süt yağı globülleri, içine farklı proteinlerin gömülü olduğu ve süt yağı globüllerine özgü olan çift katmanlı bir fosfolipid zardan oluşmaktadır. Bu proteinler, butirofilin ve ksantinoksidaz

enzimi gibi bazı büyük proteinleri içerir ve artan sayıda küçük protein listesi süt yağı globülleri ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Reinhardt ve Lippolis 2006, Fong vd. 2007).

Süt yağı, ruminal metabolizma tarafından oluşturulan tokoferoller, karotenoidler ve ürik asit gibi bir dizi potansiyel antioksidan maddeleri ve A, D, E, K vitaminlerini içermektedir (Ostdal vd. 2000). Süt yağı, fizyolojik değeri yüksek yağ asitlerini bünyesinde bulundurması, sindirim kabiliyetinin yüksek olması nedeniyle beslenmede önemli rol oynamaktadır (Oysun 1987, Yetişmeyen 1995).

Çeşitli süt türlerinin yağ ortalama bileşimleri çizelge 2.3’de yer almaktadır (Sezgin vd. 2010)

Çizelge 2.3 Çeşitli süt türlerin yağ ortalama bileşimleri (Sezgin vd. 2010).

Süt Türü	Yağ (%)
Keçi	4,5
Koyun	7,5
İnek	3,7
İnsan	3,8

2.3.3 Protein

Süt, genellikle insan beslenmesinde önemli bir protein kaynağı olarak kabul edilir. İnek sütü yaklaşık olarak %3,2 protein içermektedir. Protein fraksiyonu, izoelektrik pH noktasında 4,6’da çözünürlüklerine göre çözünür ve çözünmez olarak ayrılmaktadır. Çözünür proteinler olarak adlandırılan peynir altı suyu proteinleri, süt protein fraksiyonunun % 20’sini, çözünmeyen yani kazeinler ise % 80’ini temsil eder (Haug 2007, Séverin ve Wenshui 2005). Her ikisi de insan protein gereksinimleri göz önüne alındığında sindirilebilirliği ve biyoyararlığı yüksek, kaliteli proteinler olarak sınıflandırılmaktadır. (Schaafsma 2000, Boye vd. 2012). Amino asit profili iki fraksiyon arasında oldukça farklıdır, peynir altı suyu proteinleri özellikle dallı zincirli amino asitler lösin, izölösin ve valin ve ayrıca lisin amino asitlerini içerirken, kazein proteinleri ise daha yüksek histidin, metionin ve fenilalanin amino asitlerini içermektedir (Tang 2009).

Peynir altı suyu proteinlerinin fraksiyonu: β -laktoglobulin, α -laktoalbumin, immünoglobulinler, serum albumini, laktoferrin, laktoperoksidaz, lizozim ve proteoz-pepton proteinlerini içermektedir (Séverin ve Wenshui 2005).

Laktoferrin, laktoperoksidaz ve lizozim önemli antimikrobiyal özelliğe sahiptir (Jenssen ve Hancock 2009, Sisecioglu 2010). Laktoferrin, β -laktoglobulin ve α -laktoalbumin tümör gelişiminde baskılayıcı etki göstermektedir (Parodi 2007).

β -laktoglobulin önemli bir retinol taşıyıcısıdır ayrıca yağ asidi bağlama eylemleri ve antioksidan kapasiteleri bulunmaktadır. Laktoferrin demir emiliminde çok önemli bir element iken, antioksidan ve antikanserojenik etki göstermektedir (Mills vd. 2011, González - Chávez vd. 2009).

İmmünoglobulinler fraksiyonlara ayrılarak hareket edebilirler (IgG, IgA, IgM, IgD, IgE). En önemli kaynağı kolostrumdur, doğumdan sonra bebeğe bağışıklık savunması kazandırmaktadır. Kolostrumlar, süttten daha fazla immünoglobulin içermektedir (Godden vd. 2019, Politis ve Chronopoulou 2008).

Kazeinlere atfedilen ana rol, esas olarak kalsiyum, fosfor minerallerini bağlama ve taşıma kapasiteleridir. Kazein fraksiyonu α , β ve κ - kazeinleri içermektedir. Kalsiyum ve fosforu bir pıhtı oluşturarak taşıyarak midede sindirilebilirliklerini arttırmaktadır (Holt 2013).

Ek olarak, kazeinler, birkaç biyoaktif peptitin kökenini oluşturmaktadır. Kazeinler, kardiyovasküler, sinirsel, bağışıklık sistemindeki biyoaktif peptitleri oluşum eylemlerini gerçekleştirmektedir. Gastrointestinal sindirim sırasında kazeinler, antioksidanları (Fiat vd.1993, Zimecki ve Kruzel 2007), sitomodülatörleri, immünomodülatör (Politis ve Chronopoulou 2008), anti-hipertansif (Jauhiainen ve Korpela 2007) ve antitrombotik biyaktif peptitleri meydana getirmektedir (Phelan 2005). İnek sütünün protein fraksiyonu ortalama bileşimleri Çizelge 2.4'de yer almaktadır (Tang 2009, Qin vd. 2009).

Çizelge 2.4 İnek sütünün protein fraksiyonu ortalama bileşimleri (Tang 2009, Qin vd. 2009).

Protein	İnek (g/l)
Toplam kazein	26.0
α-Kazein	13.0
β-kazein	9,3
k-Kazein	3,3
Toplam peynir altı suyu	6,3
proteinleri	3,2
β-laktoglobulin	1,2
α –Laktoalbümin	0,7
İmmünoglobulin (A, Mve G)	
Serum albümin	0,4
Laktoferrin	0,1
Laktoperoksidaz	0,03
Lizozim	0,0004
Diğerleri	0,8
Proteoz-Pepton	1,2

2.3.4 Vitamin ve Mineral

Sütün mineral fraksiyonu, Kalsiyum, doğal olarak sütte fazla miktarda bulunan makro elementtir. Ortalama konsantrasyonu 1200mg kalsiyum/1 litre süttür ve bu miktar, misel ve sulu fazlar arasında dağılmaktadır. Kazein fosfoseril tortusu sulu fazdayken kalsiyum bağlayıcı olmaktadır. (Little ve Holt 2004, McGann vd. 1983).

Bu fazlar termodinamik bir dengededir, ancak pH ve sıcaklık gibi sütün fizikokimyasal koşullarında değişiklikler meydana gelirse, kalsiyum moleküllerinin bir fazdan diğerine geçişi olmaktadır. Süt, kalsiyumun yanı sıra iyi bir fosfor kaynağı olarak kabul edilmektedir. Fosfor organik ve inorganik formlarda bulunmaktadır. Organik fosfat, proteinler, fosfolipidler, organik asitler ve nükleotitler gibi organik moleküllere bağlanır ve esas olarak misel fazda bulunurken, inorganik form, iyonize olana karşılık gelmektedir. Sulu ortamda bulunan fosfat aşaması, kalsiyuma benzer şekilde, her iki form da dengededir ve dağılımları pH gibi koşullara duyarlı olduğu belirtilmektedir. Sütteki ortalama fosfor konsantrasyonu yaklaşık 950 mg/L'dir. Magnezyum çok fazla olmamasına rağmen süt ürünlerinde olduğu gibi sütte de bulunmaktadır. Kalsiyum ve fosfor da olduğu gibi, arasındaki dinamik denge misel ve sulu faz pH gibi koşullara

duyarlıdır (Gaucheron 2011). Bir litre süt, mineral alımı için diyet referansının % 29'una karşılık gelen 120 mg magnezyum sağlamaktadır (Insel 2003).

Süt ayrıca çinko ve selenyum gibi iyi bir mikro element kaynağıdır. Bir litre süt, çoğunlukla misel fazda bulunan kazein ile ilişkili olarak 3 ila 4 mg çinko sağlamaktadır (Singh 1989). Selenyum, bu oligo element için diyet referans alımının yaklaşık % 67'sini temsil eden 30 µg/L'lik bir ortalama konsantrasyonda bulunmaktadır (Anonim 2012). İnek sütünün mineral fraksiyonu ortalama bileşimi çizelge 2.5' te yer verilmiştir (Gaucheron 2001, Anonim 2012, Lindmark vd. 2003)

Çizelge 2.5 İnek sütünün mineral fraksiyonu ortalama bileşimi (Gaucheron 2001, Anonim 2012, Lindmark vd. 2003).

Mineral	mg/100g
Kalsiyum	119-124
Fosfor	93-101
Magnezyum	11-14
Potasyum	151-166
Çinko	0,4-0,6

Sütün vitamin içeriği, yağda çözünen (A, D, E, K) ve suda çözünen vitaminleri (B kompleksi ve C vitamini) içermektedir (Haug 2007, Gaucheron 2011). Sütteki yağda çözünen vitaminlerin konsantrasyonları, sütün yağ içeriğine bağlıdır, bu nedenle az yağlı ve yağsız süt çeşitlerinde daha düşük miktarda A, D, E ve K vitamini bulunmaktadır.

A vitamini özellikle büyüme, gelişme, bağışıklık ve göz sağlığında önemlidir, sütteki içeriği esas olarak yağ miktarına, dolayısıyla mevsimsel değişiklikler, hayvan yemi v.b faktörlere de bağlı olduğu belirtilmektedir (Gaucheron 2011). Tam yağlı süt genellikle iyi bir A vitamini kaynağı olarak kabul edilir, yaklaşık 172 µg/100g sağlar, ancak yağsız sütteki A vitamini içeriği 5 µg/100g kadar düşük miktarlarda bulunmaktadır (Schönfeldt vd. 2012, Lindmark vd. 2003). Özellikle çocuklarda A vitamini eksikliği nedeniyle, birkaç ülke beslenme durumunu iyileştirmek için yağı azaltılmış süt ürünlerinin yerine güçlendirilmiş ürünleri seçmeyi tercih etmektedir (Miller ve Welch 2003).

Geçmiş çalışmalarda sütte D vitamini miktarı için referans beslenme tablolarına göre 5 ve 35 IU/L dahilinde değer belirtilmiştir (Leerbeck ve Søndergaard 1980). D vitamini

eklenmiş, ticari olarak temin edilebilen tam yağlı süt, 40 ila 51 IU/100g içinde bulunmaktadır (Schönfeldt vd. 2012, Lindmark vd. 2003).

Son zamanlarda D vitamini, atfedilen bazı koruyucu eylemler göz önüne alındığında, polivalan mikro besin olarak daha fazla ilgiyi hak etmeye başlamıştır. Çalışmalar, kanserojen (Krishnan ve Feldman 2011, Mamede 2011), kardiyoprotektif (Patel ve Zhan 2012) ve immünomodülatör özelliklere sahip olduğunu öne sürmektedir (Chun 2011).

Kalsiyum emiliminde etkili olması dolayısıyla, kemik kütlesinin oluşumu ve osteoporozun önlenmesinde çok önemli olduğu belirtilmektedir (Sadat-Ali 2011).

Süt, çoğu insan için önerilen günlük alımın % 10'unu sağlayan B kompleks vitaminlerindeki zenginliğiyle ayırt edilebilmektedir. Bu vitaminler önemli enzimatik kofaktördür ve besinlerden enerji üretimi, nörotransmitter ve hormon sentezi gibi bir çok metabolik yola katılmaktadır (Insel 2003). İneksütünün vitamin fraksiyonu ortalama bileşimi çizelge 2.6'de yer verilmektedir (İnt.Kyn.2).

Çizelge 2.6 İnek sütünün vitamin fraksiyonu ortalama bileşimi (İnt.Kyn.2).

Vitamin	mg/L
A vitamini	0.35
Karoten	0.2
D vitamini	0.0008
E vitamini	1,4
K vitamini	0.035
B1 vitamini	0.43
B2 vitamini	1.7
B6 vitamini	0.48
Niasin	0.95
Folik asit	0.055
Pantotenik asit	3.6
C vitamini	18.0
Kolin	200.0

2.4 Sütün Beslenmedeki Önemi ve Sağlık İlişkisi

Sütün besin maddesi öğelerini yüksek miktarlarda içermesi nedeniyle, süt ve süt ürünlerinin tüketimi kaliteli bir beslenmenin ve sağlıklı bir diyetin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Sütteki enerjinin yaklaşık yarısının kaynağı süt yağıdır. Bu nedenle yağlı besinlerle beslenemeyen toplumlar için süt önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Süt yağları, yağda çözünen vitaminler için bir taşıyıcı görevi görmektedir. Dört yüzden fazla farklı yağ asidi içeren süt yağı, doğal yağların en karmaşık yapıda olanıdır (Månsson 2008). Bu yağ asitlerinin ortalama % 60'ı doymuş yağdır. Süt proteini insanlarca ihtiyaç duyulan tüm elzem amino asitleri içermektedir. Sütteki başlıca karbonhidrat, süt şekeri olarak da adlandırılan laktozdur.

Beslenmede süt tüketimi, elzem besin öğeleri olan kalsiyum, magnezyum, selenyum, riboflavin (B2 vitamini), B12 vitamini ve pantotenik asit ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynamaktadır. Sütte okzalatlara ve fitatlar gibi mineral emilimini engelleyici maddeler bulunmaz iken, laktoz ve bazı amino asitler gibi emilime yardımcı olan bileşenler yer almaktadır (Weaver ve Heaney 2006).

Bebeklerin büyümesinde ilk iki-üç yılın çok önemli olduğu belirtilmektedir. Büyümedeki yavaşlama, çocuk yaşta ortaya çıkabilecek hastalıklara ve algısal gelişimin geri kalmasına neden olabileceği gibi, yetişkinlikte karşılaşılan kronik hastalıkların da sebeplerinden biri olarak görülmektedir (Popkin ve Horton 2015, Hoppe vd. 2006). Bu nedenle çocukların sağlıklı büyüme ve gelişmesi bakımından süt çok önemlidir. (Eriksson 2011).

Daha fazla hayvansal gıda tüketen çocukların daha iyi büyüme, makro besin alımı, algı performansı ve motor gelişimi gösterdiği gözlemsel çalışmalarla belirlenmiştir. Bu etki, et tüketen çocuklarda süt tüketenlere göre daha belirgin olsa da, çok iyi bir B12 vitamini kaynağı olan sütün hayvansal gıdaya erişimi az olan toplumlar için elzem olduğu belirtilmektedir. Bunun yanında sütün besin öğeleri ile zenginleştirilmek için çok uygun bir taşıyıcı olduğu da kabul edilmektedir (Allen ve Dror 2011).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde 3-13 yaş arası çocukların beslenmeleri ve fiziksel özelliklerini konu alan çalışmaları değerlendiren bir meta analizde; günlük ek olarak 245 mL süt tüketiminin boy uzamasına etksi olduğu ve yıllık fazladan 0,4 cm uzama ile sonuçlandığı saptanmıştır (De Beer 2012). Aynı araştırmaya göre; kötü beslenen ve boyları olması gerekenden kısa kalan çocuklar, ek süt tüketiminin faydasını daha fazla görmüşlerdir. Araştırmanın sonuç bölümünde ise; beslenmenin süt ve süt ürünleri ile desteklenmesinin, boy uzamasına katkıda bulunduğu konusunda kanıt olduğu dile getirilmiştir (De Beer 2012).

Sütün boy uzamasına katkısı, kemik gelişiminde doğrudan yer alan kalsiyumun yanında vücudun amino asit alımını destekleyerek kemik gelişimini artıran insülin benzeri büyüme faktörü 1 (IGF-1) adlı büyüme faktörüne de bağlanmaktadır (Wiley 2012).

Her ne kadar inek sütünde IGF-1 bulunsa da bunun emilimi olmamakta, süt tüketen çocukların kanındaki IGF-1 seviyelerindeki yükselmenin, sütteki besin öğelerinin bu büyüme faktörünün üretimini teşvik etmesi yoluyla olduğu düşünülmektedir (Hoppe vd. 2006).

Dünya süt sektörünün çatı örgütü olan Uluslararası Sütçülük Federasyonu (IDF/ International Dairy Federation) tarafından Türkiye’de 2019 yılında düzenlenen dünya süt zirvesinde, 2019 yılında dünya nüfusuna göre ortalama kişi başı içme sütü tüketimi 113,7 litre olarak kabul edilmiştir. Bu miktara göre kişi başı süt tüketimi 2005 yılından bu yana %10 oranında (+ 13 kg) artmıştır. IDF tarafından hesaplanmış tüketim verilerine göre yıllık kişi başı içme sütü tüketimi en yüksek olan ülkeler 100 kg üzerindeki tüketimleri ile Avustralya, Yeni Zelanda ve bazı kuzey Avrupa ülkeleri iken bu ülkeleri yaklaşık 70 kg tüketim Amerika takip etmektedir (Anonim 2019b).

2.4.1 Kemik ve Diş Sağlığı

Süt, kalsiyum yönünden zengin ve biyoyararlılığının yüksek olduğundan kemik yoğunluğunda önemli bir rolü bulunmaktadır (Cashman 2002). Düşük kemik kütlesi, osteoporoz için ana risk faktörüdür ve büyüme sırasında elde edilen doruk kemik

kütlesinden sonraki yaşamda kemik kütlesi için, oldukça güvenilir olduğu bilinmektedir (Boot vd. 2010, Rizzoli vd. 2010). Süt tüketimi, kemik kütlesindeki koruyuculuğu ve daha yüksek bir kemik yoğunluğu ile ilişkilendirilmektedir (Kim 2013). Bu etki sadece kalsiyuma atfedilebilir, ancak kalsiyum takviyesinin tek başına kemik dokusundaki kütle etkisine ilişkin önemli tartışmalar bulunmaktadır (Cashman 2002). Aslında, Cashman (2006) sütün oldukça çeşitli mineral, biyoaktif peptitler ve CLA gibi diğer bileşenleri sağladığını ve bunların kemik kütlesinde olumlu etkiye, kırık prevalansını düşürmeye ve osteoporoz önlemeye sahip olduğunu öne sürmektedir. Yüksek biyolojik değeri olan protein gibi kemik matriksinin üretimini ve bakımını etkilemektedir. C, D ve K vitaminlerinin yanısıra bakır, manganez ve çinko gibi minerallerin kemik kütlesi üzerine etkin oldukları belirtilmektedir (Huth vd. 2006). Bununla birlikte, kalsiyum ve fosfor emilimi bazı bileşenlerden etkilenebilir protein, laktoz varlığı ve kalsiyum içindeki oranı nedeniyle sütte oldukça optimal özellik göstermektedir (Hunt vd. 2006, Kwak vd. 2012). Tüm bu etkenlerden dolayı süt alımı, küresel olarak iyi bir kemik sağlığı için tavsiye edilmektedir (Caroli vd. 2012).

Süt ürünlerini tüketmenin ve tüketmemenin kemik sağlığına faydaları ve riskleri insan hayatının evrelerine göre değişmektedir. Amerikan Sağlık Bakanlığı'nın araştırmasına göre süt, süttten elde edilen kalsiyum içeren gıdalar ve kalsiyum takviyeleri, gençlerde kemik kütlesini artırma, yaşlılarda ise kaybı yavaşlatma açısından benzer etkilere sahip, ancak süt ve süt ürünlerinden alınan kalsiyumun etkisi, kalsiyum takviyelerinin etkisine göre daha kalıcı ve önemli olduğu belirtilmektedir (İnt.Kyn.3).

Sütteki bileşenlerin diş sağlığı üzerindeki etkisi de çeşitli çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Sütün dişler üzerinde koruyucu etkisinin içerdiği kalsiyum, fosfat ve kazeinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu koruyucu etkinin mekanizması henüz tam olarak bilinmesede eldeki kanıtlar özellikle süt ve bazı süt ürünlerinin dişleri çürüklere karşı koruduğuna işaret etmektedir. WHO ve FAO raporunda da sert peynirler ve sütün diş çürüğü riskini azalttığını, sert peynirlerin ayrıca dişlerdeki aşınmayı da azalttığı belirtilmektedir (Johansson ve Lif Holgerson, 2011).

2.4.2 Obezite

Dünya genelinde en yaygın sağlık sorunlarında biri aşırı gıda tüketimi ve sonucunda kilo artışıdır. WHO 2012 raporlarına göre 1,4 milyardan fazla insan fazla kilolu olup, bunların 500 milyonu obezdir. Son verilere göre yapılan müdahaleler ve eğitim çalışmaları sonucu çocuk yaşta görülen obezite kontrol altına alınıyor gibi olsa yetişkinlerde görülen obezite oranları giderek artmaktadır. Nitekim, Arjantin, Yunanistan, İngiltere, Amerika gibi ülkelerde fazla kilolu kişilerin büyük bölümünün obez kategorisine kayacağı düşünülmektedir (Dougkas vd. 2011).

Uzun süre fazla enerji alımı obeziteye neden olabilmektedir. Ancak bazı beslenme türleri daha büyük risk taşımaktadır. Dünya çapında yürütülen çeşitli çalışmalar yüksek oranda tüketilen yağlı gıdalar, unlu mamulleri ve şekerin, tam tahıl, çeşitli sebze ve meyve ile bazı süt ürünleri tüketimine dayalı bir beslenmeye göre obezite riskini artırdığını ortaya koymaktadır (Flores vd. 2010, Sichieri 2002, Dugee vd. 2009).

2012 yılında yayınlanan ve 16 araştırmayı inceleyen bir sistematik gözden geçirme çalışması, gözlemsel kanıtların süt yağının ya da yüksek oranda yağ içeren süt ürünlerinin obeziteyi artırdığına dair bir kanıt bulunmadığını ortaya koymuştur (Kratz vd. 2013).

Kalsiyum ve D vitamini yağ hücrelerinin metabolizmasını etkileyerek yağların sindirimine yardımcı olup, yağ oluşumunu ise baskılamaktadır. Ayrıca kalsiyumun yağ asidi emilimini de azaltarak yağların doğrudan vücuttan atılmalarına neden olduğu da bilinmektedir. Ancak süt ürünleri tüketiminin kilo kaybı üzerine etkisi konusunda henüz yeterli kanıt yoktur (Caan vd. 2007).

2.4.3 Kalp Damar Sağlığı ve Hipertansiyon

Kalp damar hastalıkları, kalbi besleyen damarların hastalıklarını ve kalp romatizmasını da içeren bir dizi rahatsızlığa verilen genel addır. Kalp damar hastalıkları her yıl dünya çapında 17 milyon insanın hayatını kaybetmesine neden olmaktadır. Dünyada en fazla insanın hayatına mal olan kalp damar hastalıkları riskini artıran birçok faktör

bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak sigara kullanımı, fiziksel aktivitenin azlığı, yüksek tansiyon, toplam ve LDL kolesterolün artması, HDL kolesterolün düşmesi, kan yağlarının yükselmesi ile fazla kilo ya da obezite verilebilir. Yüksek tansiyonun her yıl 7,5 milyon insanın ölümüne neden olduğu belirtilmektedir.

Süt ve süt ürünleri içerisinde bulunan kalsiyum, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ve proteinler kalp damar hastalıklarına yönelik risk faktörlerinin etkilerini azaltabilmektedirler. Süt ürünleri kalsiyum açısından zengindirler ve rastgele kontrollü deneyleri konu alan iki meta analize göre artan kalsiyum tüketimi yüksek tansiyonun düşürülmesinde etkili olduğu belirlenmiştir (Gibson vd. 2009). Yine sütte bulunan potasyum ve süt ürünleri kaynaklı fosforun da yüksek tansiyona karşı etkili olduğu saptanmıştır (Soedamah-Muthu vd. 2011).

Süt, gastrointestinal sistem yoluyla kazein sindirimi sırasında üretilen biyoaktif peptitlerin kaynağı olarak bilinmektedir (del Mar Contreras vd. 2013). Bu peptitlerin bir çoğu, anjiyotensin dönüştürücünün doğrudan inhibe olmasına neden olmaktadır. Güçlü vazokonstriktör anjiyotensin-II'nin sentezini azaltan enzimi (Ricci vd. 2010) ve bradikinin hidrolizi (Seppov vd. 2003), ile birlikte kan basıncında düzenleyici bir rol oynamaktadır.

Hipertansiyon majör bir kardiyovasküler risk faktörüdür (Franklin vd. 2009). Beslenme alışkanlıklarının hipertansiyonun önlenmesini önemli ölçüde etkilediği ve terapötik yardımcı olarak hareket ettiği kanıtlanmaktadır. Birkaç çalışma, düşük yağlı süt ürünleri tüketimi ile hipertansiyon riski arasında önemli bir ilişki olduğunu bildirmiştir (Engberink vd. 2009, Wang vd. 2008). Aslında, süt ürünleri sıklıkla sağlıklı ve kardiyoprotektif olarak kabul edilen bir diyetle önemli diyet bileşenleri olarak kabul edilmektedir (Bazzano vd. 2003).

Süt tüketiminin olası olumsuz etkisinden bahsederken temel endişe kalp hastalığı, yüzde 70'ini temsil eden doymuş yağ içeriği ile ilişkilendirilmektedir. Süt yağında bulunan doymuş yağ asitlerinin spesifik ve çeşitli metabolik etkileri nedeniyle tam yağlı süt tüketiminden kaynaklanan tehlikeleri dikkate alan güçlü bir kanıt yoktur. Mevcut meta analizlerin çoğunluğu az yağlı süt ile tüm süt ürünleri tüketiminin kalp damar hastalıkları

riski ile ilişkili olmadığını, hatta hastalıkların azalmasında yardımcı olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu prospektif araştırmalara göre bu durum tam yağlı süt ürünleri için de geçerli olabilir (Bonthuis vd. 2010).

Diğer taraftan iki geniş prospektifkohort araştırmada az yağlı süt ürünleri tüketimi ile felç arasındaki ilişkinin ters yönde olduğu, beslenmede yer alan bir porsiyon kırmızı etin bir porsiyon az yağlı ya da tam yağlı süt ürünü ile değiştirilmesinin felç riskini azalttığı ortaya koyulmuştur (Larsson vd. 2012, Bernstein vd. 2012).

2.4.4 Tip 2 Diyabet

Tip 2 diyabet, kan şekerinin vücut tarafından olması gerektiği şekilde kullanılamaması şeklinde görülen bir rahatsızlıktır. Günümüzde tip 2 diyabet riskini artıran en önemli sebep; karın bölgesi yağlanması, hipertansiyon, yüksek kan şekeri, yüksek kan yağı ve düşük HDL kolesterol yer almaktadır. Tip 2 diyabet, aynı zamanda kalp damar hastalıkları riskini de artıran metabolik bir sendrom olduğu belirtilmektedir (Mokdad vd. 2001).

Tip II diyabet riski, en uzun kohort çalışmasından elde edilen sonuçlar, daha yüksek süt alımının azalan rölatif risk ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Elwood vd. 2007). Yapılan bir meta-analiz çalışmasında koruyucu etkinin, kalsiyum ve magnezyum açısından zengin olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Elwood vd. 2010, Gao vd. 2013).

Deneysel ve kohort çalışmalarında ayrıca yakın tarihli bir meta-analizinde, süt bileşiminde yer alan minerallerin, insülin duyarlılığı ve glikoz toleransında önemli olduğu tespit edilmektedir. Paralel olarak, bazı hipotezler süt peynir altı suyu proteinlerinin glisemik kontrol ve insülin yanıtında olduğu kadar tokluk sağlayarak aşırı gıda alımını azaltmaya ve böylece kilo alımını önlemeye yardımcı olduğu yönündedir. Ek olarak, süt proteinlerinin tokluk ve iştah kontrolüne yardımcı olduğu gösterilmektedir. (Kirii vd. 2010, Belin ve He 2007).

2.4.5 Kanser

Yapılan çalışmalarda süt tüketiminin, kanser riskinde olumlu veya olumsuz bir rolü olduğu konusunda net ve açık bir sonucu göstermemektedir, ancak bazı varsayımlar yapılabilmektedir. Bunun nedeni hastalığın karmaşık multi faktöriyel bir etiyolojisi olması ve tek bir gıdanın ve/veya besinin, kaynağındaki etkisini kanıtlamak için mevcut kanıtlar ve geliştirmelerin yeterli olmamasıdır. Süt ürünleri tüketimi, kanser de dahil olmak üzere çeşitli kronik hastalıkların önlenmesinde yer alan koruyucu bir beslenme düzeninin parçası olarak önerilen sağlıklı beslenme alışkanlığı olarak önerilmektedir (Park vd. 2009).

Süt tüketiminin kanser riskine etkisi, en sık İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü'nün(IGF-1) varlığına ve yağ içeriğinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Qin vd. (2009) tarafından yürütülen sistematik bir inceleme, sütün tüketimi, çeşitli çapraz verilere kesit çalışmalarına dayalı olarak artan IGF-1 değerleri ile ilişkilidir. Bu büyüme faktörü, meme kanseri ve prostat kanserleri riskinin artmasıyla ilişkilendirilmektedir. (Qin vd. 2004, SM 2007).

Sıklıkla karsinogenez destekleyicisi olarak tanımlanan diğer süt bileşeni yağlar; bu esas olarak deneysel verilerle desteklenmektedir (Bougnoux ve Menanteau 2005). Lipitler önemli bir enerji kaynağıdır ve sindirilmelerinin sınırlandırılması, kanser hücresinin çoğalmasını sınırlayan enerji kaynaklarını potansiyel olarak azaltmaktadır (Currie 2013). Ancak bu tam yağlı süt versiyonuna etkin bir şekilde olarak uygulanamayacağı düşünüldüğünde, bu çok basit bir mekanik yaklaşım olacağı ifade edilmektedir. Bu yaklaşım, meme kanseri (Parodi 2005) ve mesane kanseri (Mao vd. 2011) ile ilişkilendirilirken, kolorektal kanserle ve prostat (Parodi 2009) kanser formları ile ilişkilendirilmemektedir (Larsson vd. 2005). Ayrıca aşırı yağ tüketiminin androjenleri etkileyebileceğini ve östrojen üretimi, prostat ve meme karsinogenezinde etkisinin olabileceği belirtilmektedir (Lophatananon vd 2010, Zadra 2013).

Joint (2010) tarafında yapılan çalışmaya göre, gıdalarla alınan toplam yağın kanser üzerinde etkisi olduğu yönünde olası veya güvenilir kanıtlar bulunmamaktadır. Aynı

raporda doymuş yağ asitleri ve kanser arasında da ilişki kurmak için de yeterli kanıt olmadığı belirtilmektedir. Dolayısıyla süt ve süt ürünlerinin, yağ içerikleri nedeniyle, bu konuda kanser oluşturdıklarına dair ait bir kanıt bulunmamaktadır (Joint 2010).

Süt tüketiminin azaltıcı rolü tüm kanser türlerinde görülmemektedir. Epidemiyolojik kanıtlar, orta düzeyde süt tüketiminin daha düşük kolorektal kanser riski ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Murphy vd. 2013).

2.4.6 Süt Bileşenlerine İntolerans

2.4.6.1 Laktoz İntoleransı

Laktoz sütte bulunan ana karbonhidrattır, glikoz ve galaktozdan oluşan bir disakkarittir. Alfa (α) ve beta (β) olmak üzere iki izomerik formda bulunmaktadır. Sulu çözeltide dengededir ve β -galaktosidaz enzimi tarafından hidrolize edilmektedir. β -galaktosidaz enzimi, laktaz enzimi olarak da adlandırılmaktadır (Schaafsma 2008). Bu enzim ince bağırsak mukoza zarına bağlanır ve laktoz hidrolize edildikten sonra iki monosakkarit glikoz ve galaktoz Emilimi gerçekleştirerek portal ven yoluyla karaciğere taşınmaktadır (Lomer vd. 2008). Memelilerde, β -galaktosidaz aktivitesi, insanlarda aynı derecede gerçekleşmemektedir, yavruyu süttten kestikten sonra önemli ölçüde azalmaktadır. Enzim aktivitesindeki azalma yetişkinlik döneminde bile devam etmekte ve herhangi bir nedenle enzimatik bir eksiklik olduğunda, intolerans belirtileri ortaya çıkmaktadır. β -galaktosidaz eksikliğini ve laktoz intoleransını tanımlamak için kullanılmaktadır (Schaafsma 2008).

Laktoz intoleransı ilk olarak Hipokrat (MÖ 460-370) tarafından tanımlanmaktadır, ancak klinik semptomlar sadece 50 yıl önce ortaya çıkmıştır. Çalışmalar, dünya popülasyonunun %70'inin kalıcı β -galaktosidaza sahip olmadığını (Matthews 2005), ancak hepsinin laktoz intoleransı olmadığını, çünkü beslenme ve genetik vb. çeşitli faktörler, laktoz emilimini etkileyebileceğini göstermektedir (Hertzler ve Savaiano 1996, Cavalli-Sforza 1973).

Laktoz intoleransı, kolonda laktoz ve şeker fermentasyonu tarafından tetiklenen çeşitli gastrointestinal semptomlara neden olmaktadır. Karın krampları ve şişkinlik, gaz, ishal, mide bulantısı ve kusma sık görülen semptomlar arasında yer almaktadır. Fermentasyon sırasında birkaç kısa zincirli yağ asitleri, metan ve karbondioksit gibi bileşikler de oluşturmaktadır. Ayrıca, bağırsak iç basıncında artışa ve bağırsak geçiş süresinin artmasına neden olarak kabızlık semptomu neden olmaktadır. Bağırsak hareketliliğini de etkileyebileceği belirtilmektedir (Berkey vd. 2009).

β -galaktosidaz eksikliği, laktoz intoleransının doğal nedenidir ve doğumdan itibaren minimal enzim aktivitesi ile ilişkili ise konjenital; yavrunun sütten kesilmesinden sonra ortaya çıkabilen veya bir gastrointestinal hastalıktan sonra olduğu gibi enzim aktivite kaybına bağlı ise kazanılabilen birincil enzim eksikliğidir (Saavedra ve Perman 2009).

Laktoz intoleransı klasik semptomlarının yanı sıra ciddi metabolik sonuçlara neden olabilmektedir. Laktoz intoleransı olan bir kişi yüksek dozda laktoz almaya devam ederse, redüktaz NADPH tarafından yüksek seviyelerde galaktitol oluşmaktadır. Çok miktarda galaktoz körlüğe neden olabilmekte ve ölümcül sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Çünkü bu dönüşüm göz lenslerinde ve yan öral dokuda gerçekleşmektedir (Schaafsma 2008).

Yapılan çalışmalarda, laktoz intoleransının tek tedavi seçeneği, laktozlu ürünlerden kaçınmak olarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte, bazı araştırmalar, kalıcı β -galaktosidaz eksikliği olmayan bireylerin, olumsuz semptom olmaksızın günde 11 g'a kadar laktoz tüketebileceğini belirtmektedir. Ayrıca, diğer gıdalarla küçük miktarlarda ve gün boyunca kombinasyonunun laktozs indirimini iyileştirdiği de gösterilmektedir (Shaukat vd. 2010). Laktoz toleransını iyileştirmek için laktik bakteri veya spesifik probiyotik tüketimi yoluyla (Kalliomäki vd. 2010) kolon bakterilerin, metabolik aktivitelerini de uyarlanabilmektedir (He vd. 2006, 2008).

2.4.6.2 Süt Proteini Alerjisi

Genellikle çocuklarda görülen ilk gıda alerjisi olarak karakterize edilmektedir. Prevalans oranı, % 2 ile % 7,5 arasında değişmektedir (Caffarelli vd. 2010, Fiocchi vd. 2010). İnek sütü proteinine immünolojik aracılı advers reaksiyon gelişmektedir. Yeni doğan döneminde veya yaşamın ilk yıllarında görülebilmektedir. Normalde alerjik reaksiyonun sırasında havale eğiliminde olduğu ifade edilmektedir. Çocukluk ve erişkinlerde oldukça nadir görülmektedir (Fiocchi vd. 2010).

İnek sütü proteinleri alerjisinin, İmmünoglobulin E reaksiyonları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Olumsuz sonuçlar ani (IgE aracılı) veya gecikmiş (IgE aracılı olmayan) şekilde ortaya çıkmaktadır. Ani reaksiyon semptomları arasında, anafilaksi, kutanöz ürtiker, ödem, solunum atakları ve gastrointestinal sıkıntı ile kusma, ishal ve kanlı dışkı dahil semptomlar yer almaktadır (Fiocchi vd. 2010, Solinas vd. 2010). Gecikmiş reaksiyon semptomlarında ise, kutanöz, solunum ve gastrointestinal ile karakterize olduğu belirtilmektedir. Atopik dermatit, süt kaynaklı akciğer hastalığı, kronik ishal ve gastroözofageal reflü hastalığı gibi rahatsızlıklar da süt proteini alerjisine bağlı olabilir. Bu yan etkiler inek sütü alımından 1 saat ila birkaç gün sonra ortaya çıkabilmektedir. Alerjiler, başta β -laktoglobulin olmak üzere peynir altı suyu proteinleri ve kazein proteinlerinden kaynaklanmaktadır (Caffarelli vd. 2010, Fiocchi vd. 2010).

Nadir olmasına rağmen, yetişkinlikte bazı inek sütü alerjisi vakaları bulunabilmektedir ve klinik araştırmalar, semptomların çocuklarla karşılaştırıldığında oldukça şiddetli olduğunu göstermektedir. Anafilaktik şok sıklıkla görülmektedir. Ek olarak, alerjiyi provoke etmek için kullanılan gerekli dozların yan etkileri daha düşük olduğu belirtilmektedir (Lam vd. 2008).

2.5 Çiğ Süt Kaynaklı Mikrobiyal Tehlike

Sağlıklı meme bölümleri steril süt içermektedir. Bu ifade, steril sütün 272 laktasyon gününe kadar çekilebileceğini gösteren, sığır meme bezine implante edilmiş kanüller yoluyla aseptik sağım ile yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarıyla doğrulanmıştır

(Tolle ve Heeschen, 1975). Ancak, sağlıklı ortam koşulları altında da, süt akışı meme başı kanalı ağzının dış kısmından geçiyorsa, bakterilerle belirli bir kaçınılmaz kontaminasyonun olacağı açık olarak belirtilmektedir. Bu bölge her zaman farklı mikroorganizma türleri ile kontamine olmaktadır. Bu nedenle 100 ± 1000 mikroorganizma/mL sütün mikrobiyal kontaminasyonu kaçınılmaz görünmektedir. Sütteki mikrobiyal sayımlardaki herhangi bir artış, mastitis (memenin içi), meme başlarının ve memenin dış kontaminasyonu ve/veya sağım ekipmanının kontamine yüzeyleri veya depolama ekipmanının işlevselliğinden, örneğin soğutmadan kaynaklanabilmektedir (Bramley 1992).

Süt ve süt ürünleri tüketiminin besleyici ve sağlığa faydalı etkilerine rağmen çiğ süt ve pastörize edilmemiş sütlerden elde edilen ürünlerin tüketilmesiyle ilişkili potansiyel bir halk sağlığı riski bulunmaktadır (Popović-Vranješ vd. 2015). Çiğ sütte, hayvan derisinin yüzeyinde veya meme bezlerinde saprofit olarak yaşayan bakterilere ek olarak *Brucella spp*, *Salmonella spp*, *Listeria. monocytogenes*, *Escherichia. coli O157:H7*, *Campylobacter. jejuni*, *Staphylococcus. aureus*, *Yersinia. enterocolitica*, *Mycobacterium. tuberculosis*, *Mycobacterium. bovis*, *Coxiella. burnettii*, *Cryptosporidium spp*, *Shigella* gibi patojenik mikroorganizmalar bulunabilmektedir (Brady vd. 2014, Popović-Vranješ vd. 2015). Çiğ sütün besin bileşimi, gıda kaynaklı patojenlerin çoğalmas için ideal bir ortamdır. Bu nedenle çiğ süt ve süt ürünleri insanlarda gıda kaynaklı hastalıklarda sıklıkla bir enfeksiyon aracı olarak görülmektedir (David 2014, Brady vd. 2014). Çiğ süt tüketimine bağlı olarak çok sayıda epidemiyolojik salgın bildirilmiştir (Sarkar 2016).

Çiğ sütün mikrobiyal güvenliğini garanti altına almak ve raf ömrünü uzatmak için süt ısıtma işlemi tabi tutulmaktadır. Süt pastörizasyonunun halk sağlığı üzerindeki etkisi, tarihsel veriler aracılığıyla açıkça gösterilebilmektedir. 1938'den önce, ABD'deki tüm gıda ve su kaynaklı hastalık salgınlarının % 25'i sütle ilişkilendirilmektedir, oysa günümüzde sütle ilişkili bu tür salgınların yüzdesinin % 1'in altında olduğu tahmin edilmektedir (İnt.Kyn.6). 1880 ile 1907 arasında 29 süt kaynaklı salgın ABD'de her yıl ortalama olarak rapor edilmiştir. 1938'de pastörizasyonun benimsenmesiyle, süt kaynaklı hastalıklar 1973'ten 1992'ye kadar olan 19 yıllık dönemde yalnızca 46 defa rapor edilmiştir. Bu da ortalama 2,4 salgına karşılık gelmektedir (Headrick vd. 1998). ABD Hastalık Kontrol ve

Önleme Merkezlerinin (Anonim 2003) yakın tarihli bir raporu, ABD'deki süt kaynaklı salgınların büyük çoğunluğunun çiğ süt satışına izin veren eyaletlerde olduğunu göstermektedir (Langer vd. 2012). İngiltere ve Galler'de 1980 yıllarında süt kaynaklı salgınların büyük çoğunluğu çiğ süt tüketimine bağlı olduğu ifade edilmektedir. İskoçya'da, pastörize edilmemiş sütün satışının 1983'te yasaklanmasına kadar benzer bir durum mevcutken, çiğ süt tüketiminin yasaklanması ile süt tüketimine bağlı hastalıkların insidansında önemli bir düşüş sağlanmıştır. Yirminci yüzyılın ortalarında çiğ süt tüketimiyle ilişkili başlıca hastalıklar bruselloz ve tüberküloz olarak belirtilmiştir (Barrett 1986, Burt ve Wellsted 1991, Galbraith vd. 1982).

Sistemik hastalık, meme bezinde veya ilişkili lenf düğümlerinde patojenlerin lokalizasyonuna ve bunun sonucunda patojenlerin süte geçmesine neden olabilmektedir. Sığır tüberkülozu ve bruselloz, zoonotik süt kaynaklı hastalıkların klasik örnekleri olarak ifade edilmektedir. Sığırların insanlarda bu 2 hastalığın epidemiyolojisine katkısının önemli olduğu belirtilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde sığırlar arasında bu enfeksiyonları ortadan kaldırmak için çok büyük çabalar sarfedilmiştir. Programlar büyük ölçüde başarılı olmuştur ve *M. bovis* ve *B. abortus* evcil ABD sığırlarında nadiren bulunmaktadır (İnt.Kyn.4).

M. bovis ve *B. abortus*'un aksine, günümüzde asemptomatik ABD sığır ve keçilerinin sütünde yaygın olarak bulunan veya çevresel kaynaklardan süte kontamine eden başka organizmalar bulunmaktadır. Bunlar arasında *C. burnetii*; *Listeria* türleri; *M. avium* alt türü *paratüberküloz*; *Kampilobakter* türleri; *E. coli* dahil koliformlar; ve *S. enterica* gibi organizmalar yer almaktadır (Hutchinson vd. 1985, Liravd. 2004). Sığır, bu organizmaların önemli bir rezervuarı olabilmektedir fakat klinik olarak sağlıklı kalır ve optimuma yakın süt üretimini sürdürebilmektedir. Örneğin, *C. burnetii* Q hummasının nedensel ajanı, sığırlarda klinik hastalığın önemli bir nedeni olmamakla birlikte, Birleşik Devletler'deki çiftliklerde toplanan havuzlanmış sütteki prevalansının PCR analizlerine göre % 94 olduğu rapor edilmiştir (Kim vd. 2005). Benzer şekilde, ABD Tarım Bakanlığı'nın 2007 tarihli bir süt ürünleri araştırmasında, tüm ABD süt sığırcılığı sürülerinin en az % 68'inin, geviş getiren hayvanların kronik, ilerleyici bir gastroenteriti olan Johne hastalığının nedensel ajanı olan *M. avium* alt türü *paratuberculosis* ile enfekte

olduğunu tahmin edilmektedir (Anonim 2008b). *M. avium* alt türü *paratüberküloz* ile insanlarda benzer bir durum olan Crohn hastalığı arasındaki ilişki tartışılrsa da, zoonotik potansiyelin mevcut olduğu belirtilmiştir (Feller vd. 2007, Waddell vd.2008).

Başta enfekte hayvanların itlafını, çiftliklerde süt toplamak için soğutmalı dökme tankların kurulmasını ve pastörizasyonun başlatılmasını içeren sürü sertifika programları aracılığıyla gelişmiş ülkelerdeki hastalıkların önlenmesi için çalışmalar yapılmıştır (Griffiths 2010, Angulo vd. 2009). Geçmişte pastörizasyon koşulları, daha önce sütte bulunan en ciddi patojenik bakteriler arasında yer alan ve nispeten ısıya dayanıklı sporojenik olmayan bir bakteri olan *M. tuberculosis*'in yok edilmesine dayalı olarak standardize edilmiştir (Walstra1999).

Günümüzde pastörizasyon standartları, bilinen en ısıya dayanıklı süt kaynaklı zoonotik patojen olan *C. burnetii*'nin yok edilmesine dayanmaktadır (Stabelvd. 2001). Son 30 yılda, *C. jejuni*, *L. monocytogenes* ve *E. Coli* suşu O157 (veya daha genel verositotoksin üreten patojenik *E. coli*) ile enfeksiyon da dahil olmak üzere önceden tanınmayan birkaç gıda kaynaklı bakteriyel enfeksiyon, insan morbidite ve mortalitesinin önemli nedenleri olarak ortaya çıkmıştır (Angulo vd. 2009). Günümüzde çoğunlukla çiğ sütte bulunan patojenler, *C. jejuni*, *Salmonella spp.*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, patojenik *E. colive* *Y. enterocolitica* olarak belirtilmiştir (Spreer 1998, Walstra vd. 1999).

Türk Gıda Kodeksi tebliğ numarası 2017/20 olan Çiğ Sütün Arzına Dair Tebliği çiğ sütün perakendeciler tarafından son tüketiciye arzına ilişkin kuralları kapsamaktadır. Tebliğ kapsamında; son tüketiciye arz edilecek çiğ süt, sadece “Hastalıktan Ari İşletmeler” için sağlık sertifikasına sahip, Bruselloz ve sığır tüberkülozundan ari süt üreten hayvancılık işletmeleri tarafından arz edilecektir. Çiğ inek sütü için toplam bakteri sayısı her mL’de 100.000’in altında, somatik hücre sayısı ise her mL’de 400.000’in altında olmalıdır. Bu tebliğde süt üreten hayvancılık işletmesi merkez kabul edilerek 200 kilometrelik yarı çap içerisinde yer alan sabit yerde konumlandırılmış otomatik satış makineleri veya bakkal, market vb. Yerel perakendecilerde son tüketicilere sunulacaktır. Hazır ambalajlı olarak üretilen çiğ sütler ise 500 km’lik yarı çap içerisinde son tüketiciye sunulacaktır kuralı bulunmaktadır. Satış için hazır ambalajlı olarak sunulan çiğ sütün ambalajında tüketiciyi

bilgilendirme amacıyla bilgiler bulunmak zorundadır. Bu tebliğ ile çiğ süt kalitesinin artması temel hedef olarak seçilmiştir (Anonim 2017).

Avrupa'da, çiğ inek sütü için mevcut düzenleyici mikrobiyal kriterler, spesifik şartları belirleyen 853/2004 sayılı Yönetmelikte (EC) şart koşulduğu gibi toplam canlı bakteri sayısı için (30 C'de) 100.000 cfu/mL ve somatik hücreler için 400.000 cfu/mL'dir. Gıda maddelerinin hijyeni ile ilgili hijyen kuralları yönetmeliğinde, üretim hayvanlarının sağlık gereksinimleri ve süt üretim işletmelerindeki hijyen gereksinimleri (örneğin, tesis ve ekipman, sağım sırasında hijyen, toplama ve taşıma, personel hijyeni) de belirlenmektedir. Genel olarak, ‘‘insan tüketimine yönelik çiğ süt, Genel Gıda Yasası'nın (Yönetmelik (EC) 178/2002) gerekliliklerini karşılamalı ve patojen içermemelidir’’ olarak ifade edilmektedir. Hijyen alanındaki gelişmeler rutin olarak 20.000 cfu (toplam flora)/mL'den daha az mikroorganizma içeren çiğ inek sütü üretimi ile sonuçlanmış olsa da bu çiğ sütün patojenlerden arınmış olduğunu garanti etmeyeceği ifade edilmiştir (De Reu vd. 2004). Gelişmiş ülkelerde bildirilen insan salgınlarının %1-6'sında enfeksiyon aracı olarak süt tanımlanmıştır (De Buyser vd. 2001, İnt.Kyn.5, Gillespie vd. 2003, Headrick vd. 1998, Lee ve Middleton 2003). Farklı sanayileşmiş ülkelere gelen gıda kaynaklı hastalık raporlarına genel bir bakış, süt ve süt ürünlerinin toplam bakteriyel gıda kaynaklı salgınların % 1 ila %5 'inde rol oynadığını, % 39,1'inin süte, % 53.1'inin peynire ve % 7,8'inin diğer süt ürünlerine atfedildiğini göstermektedir (De Buyser vd. 2001).

Çiğ süt veya bunlardan yapılan ürünlerin, tüketimine bağlı *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.*, *E. coli* O157:H7, *Y. enterocolitica* ve *L. monocytogenes* ile *S. aureus* insanlarda en sık görülen salgınlardır (Barrett 1986, De Buyser vd. 2001, Galbraith vd. 1982, Gillespie vd. 2003, Lee ve Middleton, 2003, Oliver vd. 2009). Bir insan salgınının kaynağı olarak sadece çiğ süt tüketimi göz önüne alındığında, esasen üç mikroorganizma sıklıkla rapor edilmektedir, yani azalan raporlama sıklığı sırasına göre *Campylobacter spp.*, *Salmonella spp.* ve insan patojenik verositotoksijenik *E. coli* (*E. coli* O157:H7 vepatojenik *E. coli*) (Griffiths 2010, Oliver vd. 2005, Vogt vd. 1990) *L. monocytogenes* ve *S. aureus*'un çiğ inek sütü tüketimine bağlı salgınlar açısından önemi çok düşük olarak belirlenmiştir. *L. monocytogenes* için çiğ inek sütü tüketimine ilişkin sadece iki insan vakası rapor edilmiştir ve her ikisi de Avrupa dışında ortaya çıkmıştır. Çiğ inek sütündeki

S. aureus enterotoksinleriyle ilgili hiçbir insan vakası/salgın bildirilmemiştir. Her iki patojenin gelişimi, mevcut ortak flora tarafından çiğ sütle sınırlıdır, buna karşın listeriosis nispeten yüksek bir bulaşıcı doz ile karakterize edilir ve *S. aureus*, insanlar için tehlikeli boyutta enterotoksin üretebilmesi için yüksek sayıda olması gerekmektedir. Bununla birlikte, her iki patojen de, yetersiz pişirilmiş patates püresi gibi gıda müstahzarlarında veya yemeklerde çiğ süt kullanıldığında gıda zehirlenmesi kaynakları olarak rapor edilmiştir (Jørgensen vd. 2005). Pastörizasyon sürecindeki eksiklikler veya pastörizasyon sonrası hatalı ekipman, kötü hijyen ve/veya insan hatası kontamisyona neden olur (Anonim 2003, Dalton vd. 1997, De Buyservd. 2001, Fleming vd. 1985, Schuchat vd.1991).

Halk sağlığı etkisi ile ilgili olarak, çiğ süt tüketildikten (kontamine) sonra bir hastalığın gelişimi, mikroorganizmanın patojenitesi (veya toksisitesi), alınan mikroorganizmaların sayısı, enfektif dozu ve tüketicinin sağlık durumu gibi bir dizi faktöre bağlı olduğu belirlenmiştir (D'Aoust 1989, Lund ve O'Brien 2011). Sağlıklı genç yetişkinler de dahil olmak üzere herkes etkilenebilmektedir. En çok risk altındaki kişiler çocuklar, yaşlı kişiler, hamile kadınlar ve bağışıklığı zayıf kişiler olarak belirlenmiştir (Griffiths, 2010). Süt kaynaklı bir enfeksiyonun sonuçları, ishal, kusma, mide bulantısı gibi yaygın semptomlarla görülmektedir. Ancak kişilerin belirli bir yüzdesi ateş, karın krampları vb., Guillain-Barré sendromu gibi daha şiddetli klinik semptomlar gelişebilmektedir. Örneğin, reaktif artrit (*Campylobacter spp.*) ve hemolitik üremik sendromu (HUS) (*E. coli* O157:H7) veya uzun süreli, bazen kronik komplikasyonlar, ve hatta ölüm gerçekleşebilmektedir. *Campylobacter spp.*, *Salmonella spp.*, insan patojeni *E. coli* ve *L. monocytogenes* çiğ sütte sıklıkla karşılaşılan patojenler için sırasıyla. 1'den 4'e kadar bir ölçekte önem derecesi puanı (en ciddi için 4 etkisi) varsayılarak ilgili salgınlar için 3, 3, 4 ve 4 puanları ile patojenlerin önem derecesi ifade edilmiştir (Claeys vd. 2013).

Çiğ süt tüketimine bağlı son hastalık salgınları, 2005'ten bu yana, pastörize edilmemiş süt veya süt ürünlerinin tüketimiyle ilişkili olan, salmonelloz, kampilo bakteriyoz ve *E. coli* O157:H7 enfeksiyonu dahil olmak üzere çeşitli hastalık salgınları rapor edilmiştir. 2005'in sonunda, Oregon ve Washington eyaletlerinde çoğunlukla 14 yaşından küçük çocuklar arasında 18 *E. coli* O157:H7 enfeksiyonu vakası meydana

gelmiştir. Yaşları 1-13 arasında değişen beş hasta, 4'ü hemolitik üremik sendromlu hastaneye kaldırılmıştır. Laboratuvar ve risk faktörü analizleri, vakaları Washington'daki bir inek paylaşım programına katılan bir mandıradan alınan çiğ sütle ilişkilendirilmiştir (Denny vd. 2008). 2007' de 29 *S. enterica* serotip Typhimurium vakası enfeksiyon, Pennsylvania'da çiğ süt veya çiğ süt ürünleri tüketimi ile ilişkilendirilmiştir. Çiftlikteki tüketicilere çiğ süt satan bir mandıradan izole edilen bir *S. typhimurium* suşu, PFGE tarafından vaka hastalarından izole edilen salgın suşu ile eşleşmiştir. 29 vaka hastasının 16'sı 7 yaşından küçük olduğu ifade edilmiştir (Lind vd. 2008). 2007'nin sonunda Kansas'ta 2 ayrı kampilobakteriyoz salgınında en az 87 kişi hastalanmıştır. Her iki salgında da hastalık çiğ süt veya çiğ süt ürünleri tüketimi ile ilişkilendirildi 2008'de California'da bir kampilobakteriyoz salgını, inek paylaşımı programı yürüten bir çiftlikten sağlanan pastörize edilmemiş sütün tüketimi ile ilişkilendirilmiştir. Hastalardan biri sonuç olarak Guillain-Barre sendromu geliştirmiştir (Angulo vd. 2009).

Çiğ inek sütü insan sağlığı açısından önemi olan gıda kaynaklı patojenlerin bir kaynağı olabileceği açıkça görülmektedir. Tüketiciler için riskin gerçek ve hatta çiğ sütün sıklıkla tüketilmesi durumunda yüksek olarak kabul edilebileceği ifade edilmektedir. Çiğ süt tüketiminin oluşturduğu risk, ısıtma işlemi önemli ölçüde azaltılabilir ve hatta ortadan kaldırılabilir. Uygulanan sıcaklık zaman koşullarına bağlı olarak, termizasyon, pastörizasyon, sterilizasyon ve UHT (ultra yüksek sıcaklık) gibi ısıtma işlem uygulamaları ile birlikte ısıtma işlemi alternatif birçok yeni teknikler ile farklı mikrobiyal hedeflere yönelik ve mikrobiyal inaktivasyon sırasında yüksek sıcaklıklara çıkmaması, daha az maddelerde reaksiyonu, daha az renk değişimi, besin değerlerinin daha fazla korunması, sütün kendine özgü fiziksel ve kimyasal değerlerinin korunması, bu metodun uygulama maliyetinin daha düşük olduğundan ve uygulanabilirliğin kolay olduğu geleneksel ısıtma işlemi göre daha avantajlı olan termal olmayan farklı sonuçlar veren teknikler gerçekleştirilmektedir.

2.6 Çiğ Süte Uygulanan Geleneksel Termal Teknolojik Prosesler

2.6.1 Termizasyon

Termizasyon, süte bir dizi alt pastörizasyon uygulamasıdır. Termizasyon, süt bileşenlerine minimum ısı hasarı ile bozulma bakterilerinin sayısını önemli ölçüde azaltır ve lezzette değişikliğe neden olmaz. Başlangıçta, termizasyon peynir yapımından önce sütün ısıl işlemi olarak geliştirilmiştir. 57–68 °C'de 10–20 saniye süreyle termizasyon, psikrotrofik bakteri florasını yok etmeyi ve starter kültürlerde tanıtılan laktik asit bakterilerinin çoğalması için uygun bir ortam sağlamayı amaçlamaktadır. 1970'lerde, çiğ sütün soğukta saklanması yaygın bir uygulama haline geldiğinde, çiğ sütün mandıra fabrikalarına tesliminde veya çiftliklerdeki toplama alanları arasında termizasyonu ile muhafaza kalitesini genişletmek için bir fikir geliştirilmiştir. Termize edilmiş ve hemen soğutulan süt 3 gün daha soğukta saklanabilmektedir, çünkü termizasyon, düşük sıcaklıklarda bozulmadan sorumlu ısıya dayanıksız psikrotrofik mikroflorayı önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu mikroorganizmalar düşük sıcaklıklarda ısıya dayanıklı proteinazlar, lipazlar ve fosfolipazlar üretmektedir. Gram pozitif organizmalar termizasyonla yok edilemeyebilmektedir. Örneğin 65°C'de 10 saniye süreyle termizasyon, *Bacillus cereus* sporları aktivite edebilmektedir. 62–68 °C'de 15 saniye süreyle termizasyon yaygın olarak uygulanmaktadır. İşlem, standart 15 s bekletme süresi kullanılarak sütün pastörizasyonu için tasarlanmış bir plakalı ısı eşanjöründe rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir. Alt pastörizasyon sıcaklıklarında (20 saniye – 10 dakika 55– 65 °C) ısıl işlem, yoğurt ve kuark gibi kültürlü süt ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için de kullanılmıştır.

Sütün soğuk depolanması sırasında psödomonadlar tarafından üretilen hücre dışı proteinazlar ve lipazlar, ultra yüksek sıcaklıkta (UHT) sterilizasyon daha yatta kalmaktadır, ancak 55– 65 C'de > 70–80 C'deki sıcaklıklardan daha az ısıya dayanıklı olduğu ifade edilmiştir. Sütün UHT sterilizasyonundan önce veya sonra bu enzimleri inaktive etmek için düşük sıcaklıkta inaktivasyon (5 dakika veya daha uzun süre 60°C) önerilmiştir.

L-fukosidaz 50–60°C'de termizasyon işlemi için uygun bir enzimdir. Bu enzim somatik hücrelerden kaynaklanmaktadır ve 62 °C'de, aktivitesinin % 90'ı 15 saniye içinde kaybolmaktadır (Rukke vd. 2016).

Esasen teknolojik nedenlerle sadece soğutulmuş sütün raf ömrünü uzatmak için gerçekleştirilen bir ön işlem olan termizasyon (57- 68 °C / 15-20 s), ortak florada (örn. Micrococcus, koliformlar, Pseudomonas, Flavobacterium, Enterobacter, Aeromonas, Alcaligenes, vb.), ancak tüm vejetatif patojenlerin inaktivasyonunu garanti etmemektedir (Claeys vd. 2013).

Termizasyonun sütün raf ömrünü güvenli bir şekilde uzatabilmek için güvenilir bir yöntem olduğu, etkileri kanıtlarla destekli bir seri deney ile gösterilmiştir (Robinson 1990).

2.6.2 Pastörizasyon

Gıdaların ısıyla korunması muhtemelen ateşin keşfinden beri insan tarafından uygulanmaktadır. Sütü ısıyla muhafaza etme ve bebekleri beslemeden önce sütü ısıtmak William Dewest tarafından tavsiye edilmiştir (Hall ve Trout 1968).

Pasteur deneylerini gerçekleştirmeden 40 yıl önce Gail Borden'ın sütün kaynama noktasına kadar ısıtılması ve çabuk soğutulmasının, bozulma eğiliminin azalttığını belirlemiştir ayrıca 1853'te sütün vakum altında ısıtılması ve yoğunlaştırılması ve ardından muhafazası için şeker eklenmesi işleminin patentini almıştır. Süte pastörize ısıtma işlemin ilk uygulaması, bebeklere verilen şişelenmiş sütü pastörize eden, Soxhlet tarafından yapılmış olabileceği ifade edilmektedir. Gerber ve Wieske (1903), 1888 yılında pastörize süte 1 saat boyunca 65 °C'de şişelerde ısıtma işlemi uygulamışlardır.

İlk ticari pastörizatör 1882'de Almanya'da yapılmıştır; ticari ölçekte pastörizasyon 1880'lerin ortalarında Danimarka ve İsveç'te hızla yaygın bir uygulanma haline gelmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) ticari olarak işletilen ilk süt pastörizatörü olduğu düşünülen, 1893'te New York'ta Bloomville şehrinde kurulmuştur. ABD'de sütün geniş

çapta ısıtma işlemi karşı şiddetli itirazlar olmuştur ve yöntem, süt işletmecileri tarafından sütün raf ömrünü artırmanın bir yolu olarak kabul edilmesine rağmen, tartışma uzun yıllar devam etmiştir. Sütün erken ticari pastörizasyonu genel olarak kabul edilmemiştir ancak birçok şirket işlemi gizli benimsemiştir (Pegram 1991).

Tifo, difteri, kızıl, tüberküloz, şarbon ve şap hastalığı gibi sütle bulaşan birçok hastalık 1900'den önce tespit edilmiştir, ancak sütteki patojenik mikroorganizmaların yok edilmesiyle ilgili bilgiler çok sınırlı yer almaktadır. Örneğin Smith (1989), *M. tuberculosis*'in 60°C'ye ısıtılmış sütte 15 dakikada öldürüldüğünü bildirmiştir.

Russel ve Hastings (1900), *M. tuberculosis*'in 60 °C'de 10 dakikada kapalı bir ticari pastörizatörde öldürüldüğünü bildirmiştir. Bu verilere dayanarak imha sağlamak için sütün 60 °C'de 20 dk ısıtılması önerilmiştir.

1883 ile 1906 arasında *M. tuberculosis*'in termal zamanı hakkında literatürde en az 26 rapor yer almaktadır (North 1925). Bildirilen süreler ve sıcaklıklar 50 °C ila 100 °C ve 1 dakika ila 6 saat arasında değişmektedir. North (1925), tarafından ayrıca sütü pastörize etmek için zaman-sıcaklık kombinasyonları için en az 31 öneri tavsiyenin 1890 ile 1927 arasında ortaya çıktığı belirtilmiştir. Süt kaynaklı hastalıkların önlenmesi için 1924'te ABD Halk Sağlığı Hizmeti, devlet ve yerel süt kontrol kuruluşları tarafından gönüllü olarak benimsenmesi için Standart Süt Yönetmeliği olarak bilinen bir yönetmelik geliştirmiştir. Bu süt yönetmeliği "A Sınıfı Süt Yönetmeliği" (PMO) olarak adlandırılmakta ve yönetmeliğe uygun şekilde uyulması konusunda idari ve teknik detaylar sunmaktadır. Yönetmeliğe göre "pastörizasyon", "pastörize" ve benzeri terimler, süt veya süt ürününün her partikülünü, uygun bir şekilde tasarlanmış ve çalıştırılan ekipmanla, Çizelge 2.7' de belirtilen sıcaklık ve süre kombinasyonlarının herhangi birinde gerçekleştirilen ısıtma işlemi olarak tanımlanmaktadır (İnt. Kay.7). Kuzey ve Park (1927), tarafından *M. tuberculosis*'in sütteki termal ölüm sürelerine ilişkin değişken raporlar çalışmalarıyla açıklığa kavuşturulmuştur. Birkaç araştırmacının daha önceki raporlarını doğrulayan ve sütte *M. tuberculosis*'in yok edilmesi için geniş bir güvenlik marjı sağlamak için 61,1 °C 30 dakika tavsiyesini ortaya koymaktadır (Kuzey ve Park 1927).

Çizelge 2.7 Pastörizasyon için öngörülen sıcaklık ve zaman değerleri (İnt. Kay.7)

Sıcaklık	Zaman
63°C (145°F) *	30 dk
72°C (161°F) *	15 sn
89°C (191°F)	1.0 sn
90°C (194°F)	0.5 sn
94°C (201°F)	0.1 sn
96°C (204°F)	0.05 sn
100°C (212°F)	0.01 sn

* Süt ürününün yağ içeriği %10 ya da daha fazla ise veya toplam %18 ya da daha fazla katı madde içeriyorsa veya ilave edilmiş tatlandırıcılar içeriyorsa belirtilen sıcaklık 3°C (5°F) artırılmalıdır.

Tutucu yöntemi (sütün 30 dk boyunca 63,5 °C'ye ısıtılması) en yaygın kullanılan yöntem olmasına rağmen, yeni ekipman tasarımları örneğin, plakalı ısı eşanjörleri yapılmıştır ve yüksek sıcaklık kısa süreli (HTST) pastörizasyon yöntemleri olarak kullanılmak üzere uygulanmıştır. Pastörizasyon standartları artık 1938 gibi geç bir tarihte kurulmuş olmasına rağmen, süt kaynaklı hastalıklarla enfekte gıda ve kontamine su ile ilişkili hastalıkların yaklaşık %25'inden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Anonim 1995).

M. tuberculosis'in yok edilmesini sağlamak için ilk pastörizasyon işlemlerinin yeterliliği, 65,5°C'nin üzerindeki sıcaklıklar için minimum süreler bildirilmediğinden, North ve Park tarafından sağlanan verilerden tahmin etmenin zor olduğu belirtilmiştir. *M. tuberculosis*'in daha yüksek sıcaklıklarda ve daha kısa sürelerde termal ölüm süreleri hakkında ek veriler sağlayan birkaç rapor ortaya çıkmıştır. Örneğin Workman (1941), 17 insan ve sığır tüberküloz bakterisi suşu, 74 *Brucella abortus* suşu, 218 insan suşu ve 186 sığır streptokok suşu üzerinde çalışmıştır (Workman 1941). Laboratuvarda, tüm bu organizmaların 160 ° F'de (71,1 °C) 15 sn. boyunca ısıtıldığında tamamen yok edildiği bildirilmiştir. (Westhoff 1978).

Q ateşinden sorumlu riketsiya olan *C. burnetii*'nin tanımını izleyen araştırma, bu organizmanın çiğ sütteki varlığını ayrıntılı olarak açıklamıştır. Kaliforniya'da Q ateşinin erken araştırmaları, organizmanın *M. tuberculosis*'ten daha fazla ısıya dayanıklı ve olduğunu minimum standartlara göre işlenmiş pastörize süt izole edilebileceğini

göstermiştir (RJ ve WL 1949). Enright vd (1957) tarafından, daha sonraki çalışmaları, çiğ sütte çok sayıda *Q* humması organizması mevcut olsaydı, bazılarının pastörizasyonda 143 °F (61,7 °C) sıcaklıkta 30 dakika boyunca hayatta kalabileğini göstermiştir. Bu çalışma, halk sağlığı hizmetinin pastörizasyon standartlarını 30 dakika boyuca 145 °F (62,8 °C) artırılması önerisine yol açmıştır. O zaman Sıvı tam yağlı sütte bulunandan daha fazla yağ içeren ürünler veya ilave şeker içerenler pastörize edildiğinde, ek bir 5 °F (3 °C) eklenmesini önerisi yapılmıştır. Günümüzde pastörizasyon standartları, *C. Burnetii*'nin yok edilmesine dayanmaktadır.

Kells ve Lear (1950) tarafından, *M. tuberculosis*'in termal ölüm zaman eğrisi güncellendiğinde, sonuçlar *z* değerlerinin (*z* değeri termal yıkım eğrisinin bir log çevrimi geçmesi için gereken sıcaklık olduğunu) göstermiştir. Bu organizmanın üç suşundan 4,8 °C (8,6 °F) ile 5,2 °C (9,4 °F) arasında değişmektedir: bu değerler daha önce hesaplanan verilerden yaklaşık 12 °F (6,6 °C) *z* değerinden oldukça düşük hesaplanmıştır. Kells ve Lear (1950), pastörizasyon standardının 61,7 °C'de yaklaşık 28,5 dakika ve 71,7 °C yaklaşık 14 saniyelik bir güvenlik marj sağladığı sonucuna varmıştır.

Türk Gıda Kodeksi tebliğ numarası 2019/12 olan İçme Sütleri Tebliği'ne göre pastörizasyon; çiğ süte en az 72 °C'de 15 saniye uygulanan kısa süreli yüksek sıcaklık veya en az 63 °C'de 30 dakika uygulanan uzun süreli düşük sıcaklık veya eşdeğer etkiyi sağlayan diğer zaman-sıcaklık koşullarının kombinasyonunu içeren ve bu uygulamalardan hemen sonra alkali fosfataz testi yapıldığında ürünlerin negatif reaksiyon gösterdiği işlemi olarak ifade edilirken tebliğde pastörize süt pastörizasyon işlemi uygulanarak üretilen ve üretiminden hemen sonra 6 °C'yi geçmeyecek sıcaklığa soğutulan içme sütünü, olarak ifade edilmektedir (Anonim 2019a).

Pastörizasyon, sütteki patojen mikroorganizmaların vejetatif formlarının tamamını inhibe ederek, diğer mikroorganizmaların sayısını azaltmak ve sütün raf ömrünü uzatmak için gerçekleştirilmektedir (David 2014). Pastörizasyon uygun şekilde yapılmadığında (uygun zaman ve uygun sıcaklıklarda) patojen mikroorganizmalar inhibe edilemeyebilmektedir. Bununla birlikte pastörizasyon daha sonra meydana gelebilecek, örneğin gıdaların taşınması sırasında ortaya çıkabilecek kontaminasyona karşı koruma sağlayamamaktadır.

Pastörizasyondan sonraki uygun gıda işleme uygulamaları ve süt ürünlerinin uygun bir sıcaklıkta muhafaza edilmesi kontaminasyon riskini azaltmaktadır (Langer vd. 2012). Pastörizasyon öncesi ve sonrasında sütün mikrobiyal kontaminasyonunu azaltmaya yönelik alınan tedbirler potansiyel hastalık kaynaklarını daha da azaltmaktadır (Costard vd. 2017).

Çiğ sütün ısıtılmasında uygulanan sıcaklığın şiddet ve sürekliliğine göre pastörizasyon yöntemleri şöyle sıralanabilir;

1. Düşük ısı derecesinde uzun zaman (LTLT)X yöntemi; 63-66°C'de 30 dakika.
2. Yüksek ısı derecesinde kısazaman (HTST)XX yöntemi; 78-80° C'de 40-60 saniye.
3. Kısa süre ısıtma; 71-74°C'de 40 saniye.
4. Yüksek derecede pastörizasyon; 85°C'de 10-15 saniye (Kiermeier ve Lechner 1974).

Süt pastörizasyonunda yararlanılan ekipmanların çok çeşitli olmalarına karşın, çalışmaları bazı genel ilkelere dayanmaktadır. Küçük ekipmanlarla pastörizasyonların yapıldığı LTLT yönteminde ısıtma sistemi, şişelerde yapılan pastörizasyon hariç pastörizasyon kazanlarının kendi yapılarında bulunmaktadır. Örneğin depo cidarları, depo içindeki dönen bir helezyon veya bir karıştırıcı ısıtma sistemi görevini yapmaktadır. Büyük pastörizasyon düzenlerinden oluşan HTST yönteminde ısıtma düzeni dışarda olup, ısıtma işlemi genellikle ince bir metal plakanın bir yüzeyinden soğuk su, diğer yüzeyinden de sıcak su geçirmek ilkesine göre yapılmaktadır. Bu şekilde, süt yüzeyinde kaymak birikimi önlenmekte ve süt sıcaklığının kontrolü daha iyi yapılmaktadır. Bir HTST yöntemi olan "Vakum pastörizasyon" yöntemi ise en son olarak geliştirilmiştir ve bu düzende süt yüksek basınçlı su buharıyla ısıtılmakta ve vakum odalarında soğutulmaktadır (Farral 1958)

Eşzamanlı pastörizasyon ve sterilizasyon için daha yüksek sıcaklıkların kullanılması gerekmektedir. Geleneksel HTST sistemler (dolaylı ısıtma sistemleri), süte doğrudan buhar enjeksiyonu veya sütün bir buhar atmosferine enjekte edildiği buhar infüzyonu şeklindeki doğrudan ısıtma sistemleri, minimum zaman-sıcaklık üzerindeki sıcaklıklarda kullanılmıştır vebakteriyel yükü daha da azaltmak için önceden belirlenmiş koşullar kurulmuştur. Seçilen zaman ve sıcaklık kombinasyonu, işlemin ultra yüksek sıcaklık

(UHT) pastörizasyon işlemi mi yoksa UHT sterilizasyon işlemi mi olduğunu belirlemektedir. Pastörizasyon koşullarında UHT altında pastörize edilen süt, ısıl işleminden sonra soğutulmalıdır. UHT sterilizasyon işlemi sadece patojenik bakterileri değil, aynı zamanda ısıya en dayanıklı bakteri formları olan bakteri sporları yok etmektedir. Sonuç olarak, bu şekilde sterilize edilen ve aseptik koşullarda paketlenen süt ürünleri 6 ay veya daha uzun süre ortam sıcaklıklarında saklanabilmektedir (Holsinger vd. 1997).

2.6.3 Sterilizasyon ve UHT (Ultra High Temperature) Uygulaması

Sterilizasyon, mikroorganizmaların basınçlı ekipman (otoklavlar veya imbikler) kullanılarak genellikle 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tamamen yok edilmesidir. Bakteri sporlarının ısıya karşı direnci farklı olduğundan, sterilizasyon sıklıkla en azından bir tedavi anlamına gelmektedir (Deak 2014).

Türk Gıda Kodeksi tebliğ numarası 2019/12 olan İçme Sütleri Tebliği'ne göre sterilizasyon; oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün üretmek amacı ile normal depolama şartlarında bozulmaya neden olacak tüm mikroorganizmaları ve sporlarını yok eden hermetik ambalajlı ürüne, en az 115 °C'de 13 dakika veya 121 °C'de 3 dakika gibi uygun zaman sıcaklık kombinasyonunda, yüksek sıcaklıkta uzun süreli uygulanan ısıl işlemi olarak ifade edilirken tebliğde sterilize süt; ambalajlı süte sterilizasyon işlemi uygulanarak üretilen içme sütü olarak ifade edilmektedir (Anonim 2019a).

Patojenik *C. botulinum* sporlarını ve spor oluşturan bozulma mikroorganizmalarının çoğunu büyük ölçüde inaktive etmek için 15 dakika boyunca 121 °C (250 °F) ıslak ısı veya eşdeğeri uygulanmaktadır. Sterilizasyon ayrıca, gıdanın her parçasının yeterli ısıl işleme tabi tutulması gerektiği anlamına gelmektedir. Bu nedenle, sterilizasyon işleminin genel ısı tahribatı etkisinin belirlenmesinde gıda yoluyla ısı transferinin yavaşlığı da dikkate alınmalıdır. Ancak pratikte sterilizasyona tabi tutulan bir ürün steril olmayabilmektedir. Mutlak sterilitiyi takiben üstel ölüm oranı ilkesine ulaşamadığından (tüm mikroorganizmalar ortadan kaldırılmamaktadır), hayatta kalma olasılığı kabul

edilebilir bir dereceye kadar en aza indirilmelidir. Bu, 12D kavramı olarak adlandırılan ($^{\circ}\text{F}=2.5\text{dk}$ ısıtılma işleme eşdeğer) C. Botulinum sporlarının 10–12 kısım hayatta kalması için ayarlanmaktadır (Deak 2014).

Sterilizasyon işleminde ısıya en dayanıklı mikroorganizma olan B. stearothermophilus'un yok edilmesi amaçlanmaktadır. İşlem sırasında vejetatif hücreler ve hatta sporlar bile inaktive olmakta ve enzimlerin bir kısmı etkisiz hale gelmektedir. Dolayısıyla, sterilize edilen süt, pastörize edilenlere oranla daha uzun süre dayanmakta, buna ek olarak aseptik paketlenme yapıldığında aylarca saklamak mümkün olabilmektedir (Altun vd. 2002).

Sterilizasyon yöntemlerinden biri olan UHT işleminde ürünün dayanıklı hale getirilmesi ve soğutma istemeksizin depolanabilmesi için, 138–154 $^{\circ}\text{C}$ arasında 2–8 saniye süre ile ısıtılma işlemi uygulanmaktadır. Türkiye standartlarında bu değer 135–150 $^{\circ}\text{C}$ 'de 2–6 saniye olarak verilmiştir (Altun vd. 2002).

Türk Gıda Kodeksi tebliğ numarası 2019/12 olan İçme Sütleri Tebliği'ne göre ultra yüksek sıcaklık (UHT); 135 $^{\circ}\text{C}$ 'den az olmayan kısa süreli yüksek sıcaklıkta sütün sürekli akışını içeren, aseptik koşullarda kapatılmış ambalajların oda sıcaklığında muhafaza edilmesi halinde, üründe canlı mikroorganizma veya gelişim kabiliyetine sahip sporların olmamasını sağlayan ısıtılma işlemi olarak ifade edilirken tebliğde, UHT süt; UHT işlemi uygulandıktan sonra aseptik koşullarda ambalajlara dolum yapılarak üretilen içme sütü olarak ifade edilmektedir (Anonim 2019a).

Çiğ süttten UHT süte en belirgin değişme, mikroorganizma ve enzim içeriği olarak belirtilmiştir. UHT sütün mikrobiyal niteliğinin büyük ölçüde çiğ süte bağlı olması doğal olarak görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre özellikle proteolitik ve psikrofilik bakteri miktarları tamamen çiğ süt gruplarına bağlı olmakta ve proteoliz miktarını da etkilemektedir. Isıl işlem sonrası proteaz aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir (Kantar ve Şahan 1989).

UHT sütte depolamayı sınırlayıcı faktörlerden en önemlisi spor yapan bakteriler olarak ifade edilmiştir. Ayrıca psikrotrofik mikroorganizma enzimleri, yağ seperasyonu, sedimentasyon diğer sorunlar arasında yer almaktadır (Kanar ve Şahan 1989).

Sterilize sütte spor yapan aerob mikroorganizmanın çoğunluğu *Bacillus* cinsine girmektedir. Çiğ sütün spor içeriği ile sterilize edilmiş son ürünün depolanma süresi arasında bir ilişki bulunsada UHT bozukluklarının daha çok ısıl işlem sonrası kontaminasyona bağlı olduğu bildirilmektedir. *Bacillus* türünün 130 °C'de 5 saniye dayanabilen ısıya dirençli proteaz salgıladığı ve aynı enzimin kuvvetli proteolitik aktivite gösterdiği kanıtlanmıştır. Böylece bu grupta olan mikroorganizmaların önemi bir kat daha artmıştır (Kanar ve Şahan 1989).

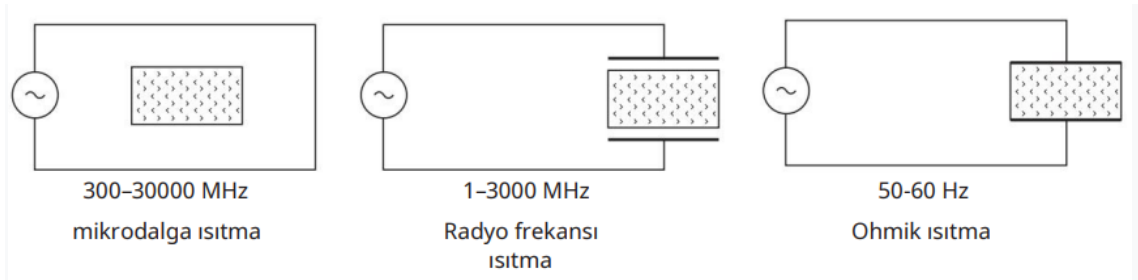
Çiğ sütün uzun süre düşük sıcaklıkta bekletilmesi psikrofilik bakterilerin üremesine ve gelişmelerine neden olmaktadır. Taze sütte bulunan psikrotrofilik bakterilerin salgıladığı proteazlar sütün bozulması yanında tat ve koku hatalarına da neden olmaktadır. Ayrıca UHT sütte jelleşmeye ve acı tada neden olmaktadır. Psikrotrofilik mikroorganizmaların büyük bir kısmı ısıya duyarlıdır ve pastörizasyon sırasında yıkıma uğramakta fakat oluşan enzimler; yağ globül membranının (fosfolipazlar), süt yağının (lipazlar) ve süt proteininin (proteazlar) parçalanmasına neden olmaktadır. Bu enzimlerin ısıya dirençli olmaları ve aktivitelerinin UHT işlemine bile dayanabilmeleri UHT sütte sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Kanar ve Şahan 1989).

2.7 Çiğ Süte Uygulanan Geleneksel Olmayan Termal Teknolojik Prosesler

2.7.1 Elektrikli Isıtma Yöntemleri

Geleneksel ısı sterilizasyonu yöntemleri, genellikle gıda maddesinde istenmeyen besin kayıplarına ve organoleptik değişikliklere neden olmaktadır. Elektrikli ısıtma yöntemleri, kalite özelliklerinin daha iyi korunmasını sağlayan sterilizasyon için yeni olanaklar sunmaktadır. İki tip elektrikli ısıtma yöntemi bilinmektedir. Bu ısıtma yöntemleri doğrudan ve dolaylı yöntem olarak belirtilmektedir. Doğrudan yöntem durumunda, elektrik akımı doğrudan gıdaya iletilmektedir (ohmik ısıtma, OH veya elektrik dirençli

ısıtma olarak adlandırılır). Dolaylı elektro-ısıtma ile elektrik enerjisi önce elektromanyetik radyasyona dönüştürülmektedir, sonrasında ürün içinde ısı üretmektedir. Bu yöntemler mikrodalga (MW) ve radyofrekans (RF) ısıtma yöntemleridir. (Şekil 2.1) (Marravd. 2009, Ramaswamy ve Tang2008).



Şekil 2.1 Elektrikli ısıtma yöntemlerinin şeması (Marra vd. 2009, Ramaswamy ve Tang 2008).

OH'de ürün, içinden düşük frekanslı (50 ila 60 Hz) bir elektrik akımının aktarıldığı bir çift elektrot ile doğrudan temas halinde yerleştirilmektedir. Moleküllerin elektrik iletimine karşı direnci nedeniyle ısı üretilmektedir. Dolaylı yöntemler, dipol dönüşü veya iyonik polarizasyonun bir sonucu olarak indüklenen moleküler titreşim ile dielektrik malzemelerin ısınmasıyla sonuçlanan elektromanyetik dalgaların- MW (300 MHz ve 300 GHz) ve RF (3 kHz–300 MHz) çok daha yüksek salınım frekanslarını uygulamaktadır. Elektrik alanının değişen polaritesi, sürtünmesi üründe ısı oluşturan iyonların salınımını zorlamaktadır. Dipolar su moleküllerinin hareketi, MW'nin daha yüksek frekansları nedeniyle esas olarak ısınmaya katkıda bulunmaktadır. OH, termal olmayan etki, hücre zarında düşük frekanslarda (60 Hz) bile meydana gelebilen, hücre zarında yükler oluşturan elektroporasyon olarak ifade edilmektedir (Lebovka vd. 2005).

OH ve RF sadece endüstriyel amaçlar için kullanılırken, MW çok yaygın olarak yurt içinde uygulanmakta ve ticari uygulama da bulmaktadır. ABD'de MW'nin iki frekans bandı tahsis edilmiştir. 915 MHz bandı yalnızca endüstriyel ısıtma için kullanılmaktadır ve 2450 MHz bandı hem endüstride hem de ev tipi mikrodalga fırınlarda kullanılmaktadır. Düşük frekans seviyeleri nedeniyle, RF dalgaları MW'den daha büyük bir penetrasyon derinliğine sahiptir ve bu nedenle daha büyük boyutlu gıdalarda daha iyi uygulama bulabilmektedir. RF radyasyonu ayrıca hasat sonrası tedavi ve meyvelerin

dezenfekte edilmesi için de düşünülmektedir. RF ısıtma, meyve suları ve süt gibi sıvı gıdaların sürekli akışlı işlenmesi için de geçerli olduğu ifade edilmektedir (Deak 2014). Mikrodalga uygulamasının süt ve ürünlerinde kullanımı ile yapılan çalışmalar tamamen sütün pastörizasyonu ve sterilizasyonu gerçekleştirme yönünde yapılmaktadır (Turgut 2016).

Thompson ve Thompson (1990) tarafından yapılan bir çalışmada, standart ev tipi 2450 MHz mikrodalga fırında çiğ keçi sütünün toplam bakteri sayısının, sütün duygusal özelliklerine zarar vermeden etkili bir şekilde 6 logaritma birim kadar azaltılabildiğini ve bu sütün raf ömrünün 7 güne kadar kalite özelliklerini koruyarak uzadığını bildirmişlerdir.

Dehghan vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise inek sütü mikrodalga MW (2450 MHz ve 540 Watt) ve klasik HTST (Alfa-Laval) metodu ile pastörize edilerek bazı süt bileşenleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Süt örnekleri MW ve HTST metoduyla 85 °C'de 15 saniye ısıtılma işlemine tabi tutulmuş ve hemen buz banyosunda soğutulmuştur. Süt örneklerinin MW ve HTST ile yeterli pastörize oldukları fosfataz testi ve koliform analiziyle belirlenmiştir. Her iki pastörizasyon metodunda sütlerin protein ve yağ oranları çiğ süttten farklı çıkmamıştır. Araştırmacılar altı serbest aminoasit (aspartik asit, glutamik asit, glisin, histidin, arginin ve lizin) miktarı üzerine her iki pastörizasyon metodunun etkisini araştırıp sonuçta glutamik asit, glisin ve arginin miktarı bakımından pastörizasyon metotları arasında bir farklılık olmadığını, aspartik asit miktarının çiğ sütle ve MW metoduyla karşılaştırıldığında HTST metodunda önemli derecede azaldığını, lizin miktarının ise çiğ sütteki miktarıyla karşılaştırıldığında MW metodunda azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda süt örneklerinin asitlik değerleri üzerinde iki pastörizasyon metodunun bir etkisini olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmada yine proteinlerin çözünürlükleri üzerine pastörizasyon metotlarının etkisi önemsiz bulunmuştur. Proteinlerin çözünürlükleri çiğ süte göre doğal olarak azalmış fakat bu azalma önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak ısı uygulaması bakımından iki metot arasında hiçbir farklılık görülmediğini bu nedenle mikrodalga ısıtmanın güvenle HTST metodu yerine kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Ohmik ısıtmanın sıvı gıdalara uygulanabilir olduğu, oldukça hızlı ve homojen ısıtma sağlaması nedeniyle alternatif pastörizasyon yöntemi olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Besin öğeleri ve kalite özelliklerine etkileri konusunda çalışmalar hala devam etmektedir. Ancak ohmik ısıtma sırasında kıvam özelliklerindeki değişim konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Icier ve Bozkurt 2011, Icier ve Tavman 2006, Icier ve Bozkurt 2011, Yıldız vd. 2009, Iqbal vd. 2019). Sürekli akış koşulları altında, hızlı ısıtma ve yüksek penetrasyon kabiliyetine sahip olmasından dolayı RF ısıtmanın sıvı gıdaların ısıtılmasında alternatif bir metot olarak kullanımına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Marra vd. 2009).

Awuah vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, laminar akış koşullarında sütte bulunan patojen mikroorganizma olan *Listeria* ve *E. coli* hücrelerinin inaktivasyonu için en uygun koşulları belirleyebilmek amacıyla 2 kW, 27.12 MHz RF aplikatörü kullanmıştır. Toplamda 55.5 s gibi kısa bir süre içerisinde *Listeria* hücrelerinde 5 log, *E. coli* hücrelerinde ise 7 log azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir (1200W güç değerinde ve aplikatör tüp çıkış sıcaklığı 65 °C). Gerçekleştirilen bu çalışma RF ısıtmanın, uygulanan güç düzeyi ve akış koşulları göz önünde bulundurulmak suretiyle, sütün pastörize edilmesinde etkin bir biçimde kullanılabileceğini göstermektedir.

2.8 Çiğ Süte Uygulanan Termal Olmayan Teknolojik Prosesler

2.8.1 Membran Filtrasyon

Süt ve süt ürünlerinde kullanılan membranlar iki farklı fazı birbirinden ayıran yapılardır. Gözenek çaplarına göre mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters ozmoz (RO) olarak gruplanırlar. Ters ozmoz (RO) bakteri içeriğini azaltmak için MF, protein moleküllerini sıvıdan ayırmak için UF ve RO, suyu uzaklaştırarak çözeltileri konsantre etmek ve sıvıları demineralize etmek için kullanılmaktadır (Bransvd. 2004).

MF, 0,1 ila 20 µm büyüklüğündeki moleküllerin membranlar tarafından tutulmasını içeren prensiplere dayanmaktadır (Rosenberg 1995). MF, kolloidal partiküller, kazein miselleri, serum protein agregatları ve süt yağ globülleri, somatik hücreler, mikroorganizmalar gibi biyolojik olarak elde edilen materyalleri ayırmak için

kullanılmaktadır (Yetişmeyen ve Yıldız 2006). MF, genellikle süspansiyonların konsantrasyonunda kullanılan bir saflaştırma işlemi olarak ifade edilmektedir. Değişen ve gelişen teknoloji ile MF, sütteki bakteri içeriğini daha düşük sıcaklıklarda özelliklerine zarar vermeden azaltması açısından membran prosesinde büyük bir avantaja sahip olduğu belirtilmiştir (El Shibiny vd. 1994).

Mikroorganizmalar içeren bir süspansiyon (yaklaşık 108 cfu/mL) üzerine 0.2 µm gözenek çapına sahip bir membran kullanılarak MF uygulamasının mikroorganizmaları süspansiyonda tuttuğu tespit edilmiştir (Madec vd. 1992)

Yağsız sütte bakterilerin tutulması üzerine yapılan bir çalışmada, sütteki toplam bakterilerin % 99,10-99.90 oranında, *B. cereus* sporlarının > % 99.95 oranında tutulduğu ve bakteri sporlarının %99.95 oranında tutulduğu belirlenmiştir. Fermente laktat >%98,40'ta tutulmuştur (Pedersen 1992).

Baktöfugasyonla karşılaştırıldığında, MF'nin genellikle bakterileri ve sporlarını ayırmada daha etkili olduğu bulunmuştur (TeGiffel ve Van Der Horst 2004, Brans vd. 2004). Kazein içeriğini artırmak için uygulanan MF'nin serum proteinlerinin fonksiyonel ve duyuusal özelliklerinin kalitesini arttırdığı bildirilmiştir (Saboya ve Maubois 2000).

Mikrofiltrasyon ile pastörizasyon uygulanan süt örnekleri raf ömürleri açısından birbirleriyle karşılaştırıldığında, mikrofiltre sütlerin daha uzun raf ömrüne sahip olduğu saptanmıştır (Avalli vd. 2004). Bu yüzden, farklı teknolojilerin uygulanmasıyla, buzdolabı sıcaklığında muhafaza edildiğinde pastörize süttten daha uzun raf ömrüne sahip süt olarak tanımlanan raf ömrü uzatılmış süt (Extended Shelf Life- ESL) üretiminde mikrofiltrasyon uygulaması tercih edilebilmektedir. ESL sütün üretiminde mikrofiltrasyon uygulaması dışında yüksek ısıl işlem (özellikle UHT), yüksek hidrostatik basınç, darbeli elektrik alanları, baktöfugasyon gibi farklı teknolojiler de uygulanabilmektedir ancak en yaygın pastörizasyon-mikrofiltrasyon kombinasyonu kullanılmaktadır (Doll vd. 2017, Ünver ve elik 2017). Uygulama tekniğe bağlı olarak değişmekle birlikte ESL sütün raf ömrü +4 °C'de 20 gün ila 90 gün arasında olabilmektedir (Doll vd. 2017, Lorenzen vd. 2011).

2.8.2 Yüksek Basınç Yöntemi (High Pressure-HP)

HP yöntemi, genellikle 100 MPa ile 1000 MPa arasında, özellikle de 100 MPa ile 600 MPa arasında basınç uygulamasını kapsayan bir uygulama olup (Yetim vd. 2003, Hajósvd. 2004, Özlü ve Atasever 2007), yöntemin esası materyali çevreleyen suyun sıkıştırılması prensibine dayanmaktadır (Mañas ve Pagán 2005, Zorba ve Kurt 2005).

HP, serbest enerjiyi artıran hidrostatik basınca dayanmaktadır (Heinz ve Buckow, 2010, Goyal vd. 2013, Naik vd. 2013) ve partiler halinde çalışmaktadır (Huang vd. 2014). Sistem bir basınç odası, basınçlandırma sistemi ve bir sıcaklık odası (destek ünitesi) içermektedir (Naik vd. 2013, Pal vd. 2015).

HP uygulamasında işlem süresi kısadır ve aynı zamanda enerjiden de tasarruf edilmektedir. Sistemde istenen basınca ulaşıldığında pompa durdurulmakta ve valfler kapatılmaktadır bu sayede enerji tasarrufu edilmektedir. Sistemde oluşan basınç başka bir enerji girişine ihtiyaç duyulmaksızın muhafaza edilmektedir (Crehan vd. 2000, Öz ve Kaya 2006). Bu basıncın uygulanması ile sütün bileşiminde bulunan kazein misellerinin yapısı bozulmakta (Needs vd. 2000, Özcan ve Kurtuldu 2011), α -laktoalbumin ve β -laktoglobulinin denatürasyonu oluşmakta, sütün mineral madde dengesi değişmekte (Özcan ve Kurtuldu 2011) ve süt yağının kristalizasyonu sağlanmaktadır (Buchheim vd. 1996, Özcan ve Kurtuldu 2011).

HP yöntemi ürünlerin tadını olumsuz etkilememekte ve mikroorganizmaların aktivitelerini durdurucu etki göstermektedir (Voigt vd. 2012). HP yöntemi, gıdanın organoleptik özelliklerinde değişimlere yol açarken (Ross vd. 2003), gıdaların raf ömrünün uzatılması ve gıdalarda basınç uygulaması sonrasında bozucu mikroorganizmaların inaktivasyonuna da sağlamaktadır (Linton vd. 2004, Tülek ve Filizay 2006). HP uygulaması ile patojen olan ve gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmaların hücre/hücre zarını etkileyerek hücrenin ölümüne yol açtığı bildirilmiştir (Pereda vd. 2007). HP uygulaması sırasında basınç, süre ve sıcaklık gibi faktörler, mikroorganizmaların zarar görmesini sağlamaktadır (Patterson ve Kilpatrick

1998, Mussa vd. 1999, Moerman vd. 2001, Ramaswamy vd. 2003, Ramaswamy vd. 2009).

Süt endüstrisinde HP'yi ticarileştirmek için, tekli ve karma sistemlerde proteinler üzerindeki etkisini anlamak bir ön koşul bulunmaktadır (Devi vd. 2013). Sürecin işlevselliğini açıklayan ilkeler aşağıda belirtilmiştir:

- i. Le Chatelier ilkesi (Naik vd. 2013, Barba vd. 2015).
- ii. Mikroskobik Sıralama Prensibi (Naik vd 2013, Balasubramaniam vd. 2015).
- iii. İzostatik ilke (Naik vd. 2013, Huang vd.2020).

Sütte, 3 dakika boyunca 600 MPa'lık basınç, *L. monocytogenes*, *E. coli* ve *Salmonella* spp. mikroorganizmalarında 5 log'dan fazla azalma sağlamıştır (Stratakos vd. 2019). Spesifik süreç mikrobiyal indirgeme için etkili olsa da, tek başına kullanıldığında sporlar üzerinde hiçbir etkisi bulunmamakta veya sınırlı etkisi olduğu belirtilmiştir (Mújica-Paz vd. 2011, Penchalaraju ve Shireesha, 2013, Balasubramaniam vd. 2015, Ginsau 2015, Stratakos vd. 2019, Huang vd. 2020). Sporların basınca karşı yüksek direnci, korteksin çoklu katmanlarına ve düşük su aktivitesine bağlı olabilir (Parekh vd. 2017).

Mikroorganizmaların yanı sıra, HP enzimleri inaktive edebilmektedir (Mújica-Paz vd. 2011, Ginsau, 2015, Chughtai vd. 2021) ve sonuç olarak, ürün raf ömrü boyunca organoleptik profilini koruyabilmektedir (Mújica-Paz vd. 2011, Smithers ve Augustin, 2012). Örneğin, Alkalın fosfataz enzimini 800MPa'da 8 dakika boyunca etkisiz hale getirebilmektedir (Pal vd. 2015).

HP'nin vitaminler ve uçucu bileşikler gibi düşük moleküler ağırlıklı moleküller üzerindeki etkisinin minimal olduğu belirtilmiştir (Heinz ve Buckow, 2010, Naik vd. 2013, Huang vd. 2014, Barba vd. 2015, Pal vd, 2015, Chughtai vd. 2021).

2.8.3 Atımlı Işık (PulsedLight-PL)

PL uygulaması termal olmayan, radyasyonlu ışık ile yapılan, kullanılan ürünün içeriğine ve yüzeyine zarar vermeden antimikrobiyal etki sağlayan ve gıdalarda FDA (Food and Drug Administration)’nın da kullanımına izin verdiği bir sterilizasyon yöntemi olarak kullanılabilmektedir (Brown 2007).

PL yönteminde; infrared bölgeye yakın olan, UV bölgedeki geniş spektrumlu dalga boyları (200–1000 nm) kullanılmaktadır (Wekhof 2000, Gómez-López vd. 2005, Said vd. 2010, Oms-Oliu vd. 2010). Sterilize edilecek bir yüzey yaklaşık olarak 0,01–50 J/cm² enerji yoğunluğuna sahip en az 1 atımlı ışığa maruz bırakılır, bu durumda 170–2600 nm arasında değişen dalga boyu dağılımının kullanılması gerekmektedir. Atımların süresi 1 µs ile 0,1 s arasında değişerek saniyede 1–20 flaş uygulanmaktadır (Barbosa-Canovas vd. 1998). PL yöntemi gıdalarda bozucu mikroorganizmalar üzerinde çok geniş bir antimikrobiyal etki göstermektedir (Rowan vd. 1999, Gómez-López vd. 2005, Lasagabaster vd. 2011, Fernández vd. 2012, Artíguez vd. 2012). Mikroorganizmaların PL uygulamasına gösterdikleri hassasiyet de değişmektedir. Örneğin, küf sporlarının direncinin bakterilere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Anderson vd. 2000, Takeshita vd. 2003, Koutchma 2009).

Protein ve yağ içeriği yüksek olan süt gibi sıvı gıdalarda PL yöntemi dekontaminasyon için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Krishnamurthy vd. 2007, Artíguez vd. 2012).

2.8.4 Ultraviyole Işınlama (UltravioletRadiation-UV)

UV, güneşten gelen bir radyant enerji şekli olarak tanımlanmaktadır. Görünmez olan UV, görünür ışık spektrumunda mor skalanın yanında yer almaktadır. Dalga boyu 100 nm ile 400 nm arasında olup üç kısma ayrılmaktadır. 100-280 nm dalga boyu arasında kalan ultraviyole UV-C olarak adlandırılmaktadır. Özellikle 250-270 nm dalga boyu arasında olan UV ışınlarının bakteri ve virüslere karşı maksimum germisidal etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Bintsis vd. 2000, Anonim 2000).

UV ışınlarının mikrobiyel inaktivasyon mekanizması, DNA'nın UV ışığı absorbe etmesiyle ilişkili olduğu ifade edilmektedir. UV ışığı, aynı DNA zincirinde bulunan komşu pirimidin nükleotid bazlarının (timin, sitozin) çapraz bağlanmasına neden olmaktadır. Bu mutant bazlardan dolayı karşı taraftaki purin bazlarına bağlanan hidrojen bağlarının oluşumu zarar görmektedir. Böylece DNA transkripsiyonu ve replikasyonu engellenerek hücre fonksiyonları tehlikeye girmekte ve hücre ölümü gerçekleşmektedir (Miller vd. 1999). UV uygulamasıyla mikrobiyel inaktivasyon, ürünün renk ve partikül özellikleri, mikroorganizma yükü, sıvı ürünlerde akış özelliği, UV uygulanma şiddeti ve süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Bintsis vd. 2000). UV uygulamasının en önemli avantajı mikroorganizmaların inaktivasyonunun ısıl işlemin kullanılmamasıdır (Sastry vd. 2000).

Literatürde çeşitli meyve sularında (Gachovska vd. 2008, Keyser vd. 2008) mikroorganizma inaktivasyonu için ısıl işleme alternatif olarak UV uygulaması üzerine birçok çalışma bulunmasına rağmen süt gibi opak sıvı gıdalar üzerine yapılmış çalışmalar sınırlı sayıda yer almaktadır. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), meyve suyunda UV ile ilgili uygulamalarda 253.7 nm ışın yayan düşük basınçlı civa lamba kullanılmasının ve sıvı akış hızının turbulent akış olarak minimum 2.200 Reynold sayısında olmasının güvenli olabileceğini belirtirken süt ve süt ürünlerinde UV uygulaması ile ilgili herhangi bir bilgi verilmemektedir (Anonim 2001).

Matak vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, 107 kob/mL *L. monocytogenes* inoküle edilmiş taze keçi sütlerinde yaptıkları bir çalışmada, CiderSure 3500 UV cihazı ile kümülatif olarak 15.8 ± 1.6 mJ/cm² dozunda UV uygulamanın *L. monocytogenes*'te 5 log azalma meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Reinemann vd. (19) ise, taze inek sütüne 1.5 kJ/L UV uygulamasının toplam canlı organizma sayısında 3 log azalma meydana getirdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, laboratuvar düzeyinde ve pilot düzeyde UV uygulamaları arasında toplam aerobik mezofilik, koliform ve psikrofil bakteri sayılarında görülen azalmalar bakımından önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Ancak, yüksek doz UV uygulamasının süt ve ürünlerinde duysal açıdan problem yaratabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Alticvd. (2007), tarafından yapılan çalışmada, yağlı ve yarım yağlı inek sütleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, sütlere 1000 mJ/ mL dozunda UV uygulamasının, tüberküloz etmeni olarak kabul edilen *M. avium* subsp. *paratuberculosis* sayısında 0.5-0.1 log düzeyinde azalma meydana getirdiğini belirlemişlerdir. Ancak bu azalmanın pastörizasyon işleminde sağlanan 4 log düzeyindeki azalmadan daha düşük olduğunu ve UV kullanımının söz konusu mikroorganizma üzerine etkisinin sınırlı olduğunu belirtmişlerdir.

Krishnamurthy vd. (2007), yaptıkları bir çalışmada, SteriPulse® -XL 3000Pulsed UV sistemini kullanarak sütte *Staphylococcus aureus* inaktivasyonu için optimum vurgulu (pulsed) UV uygulama koşullarını belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar, yaklaşık 8-9 log/mL düzeyinde *S. aureus* inoküle edilmiş sütlerde UV uygulamasıyla lamba uzaklığına bağlı olarak 0.55-7.26 log azalma sağlanabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmada, süt akış hızı 20 mL/dk, içerisinde sütün ilerlediği kuartz camın UV lambasından 8 cm uzakta olduğunda tek sirkülasyonda, 11 cm olduğunda ise iki sirkülasyonda tam *S. aureus* inaktivasyonunun sağlandığı belirtilmiştir.

Reinemann vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada ise, taze inek sütüne 1,5 kJ/L UV uygulamasının toplam canlı organizma sayısında 3 log'luk bir azalma meydana getirdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, laboratuvar düzeyinde ve pilot düzeyde UV uygulamaları arasında toplam aerobik mezofilik, koliform ve psikrofil bakteri sayılarında görülen azalmalar bakımından önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Sistemin etkinliği olarak organoleptik profil, kullanılan ekipman, dozaj, maruz kalma ve geçişlerden kaynaklı etkilenmektedir. Örneğin sistemin lambası, gıdaların UV-C ile işlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. HIP lambası (yeni cıva içermeyen UV lambası) ve polikromatik orta basınçlı cıva lambaları (MPM) kullanıldığında 4 gün boyunca 4°C'de saklanan sütte proteinlerin çökeldiğini göstermiştir. Aynı çalışmada, cıva lambaları için umut verici bir alternatifin darbeleri UV lambaları olduğu sonucuna varmışlardır. (Orlowska vd. 2013)

2.8.5 Ultrason

Ultrason, insan işitme frekansının (> 20 kHz) üzerindeki ses dalgalarını ifade etmektedir (Arvanitoyannis vd. 2017). Ultrasonların gıda işlemede uygulanması, dalganın frekans aralıklarına göre düşük frekanslı (16–100 kHz) ve yüksek frekanslı ultrason (100 kHz-1 MHz) olarak ikiye ayrılmaktadır.

Yüksek yoğunluklu ultrason (HIUS) esas olarak süt ürünlerinin işlenmesi için incelenmektedir. Bağımsız bir teknoloji olarak ultrasonlar, düşük sıcaklıklarda mikroorganizma sayılarını azaltmada etkili değildir, bu nedenle ultrasonların termal olmayan bir teknoloji olarak kullanımı, süt ürünlerinde iyi çalışılmış bir alan olmadığı ifade edilmiştir (Khanal vd. 2014, Guimarães vd. 2018). Isıl işlem uygulanmadan veya kontrollü düşük sıcaklıkta (Gao vd. 2014, Khanal vd. 2014), ultrason uygulamasına ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Marchesini vd. 2015). Süt işleme için artan sıcaklıklar ve ultrasonik yoğunluklar, duysal ve fizikokimyasal özelliklerde değişikliklere neden olabilmektedir (Marchesini vd. 2015, Guimarães vd. 2018). Süt ürünlerinde HIUS'un ana uygulamaları homojenizasyon, emülsifikasyon, laktoz kristalizasyonu, ekstraksiyon, hidroliz ve mikrobiyal inaktivasyonu içermektedir (Guimarães vd. 2018).

Sütte ultrason tekniğindeki itici güç, sıvı sütün içinden geçen ultrasonik dalgaların neden olduğu akustik kavitasyon olduğu ifade edilmiştir. Dalgaların boyutu ardışık döngülerde büyür ve sonunda akustik kavitasyon kabarcıkları üretmektedir. Gıda sistemindeki moleküller arasındaki çekici kuvvetlerin genişlemesiyle çok kısa sürede (milisaniye ölçeğinde) binlerce kabarcık oluşmakta ve şiddetli bir çökme meydana gelmektedir (Chandrajith vd. 2018). Ultrason eyleminin üç farklı mekanizması bulunmaktadır, yani:

- i. Hücrelerin içinde veya yakınında kavitasyon kabarcıklarının çökmesi sırasında oluşan basınç gradyanlarının neden olduğu hücre duvarının mekanik hasarı,
- ii. Hücre içindeki mikro akış,
- iii. Kavitasyon sırasında hücre duvarının yapısı ile etkileşime girerek parçalanmasına neden olan kimyasal bileşiklerin oluşumu (Hernández-Hernández vd. 2019).

Sabit bir dalga frekansı göz önüne alındığında, HIUS'un verimliliğini etkileyen ana faktörler arasında uygulanan güç, işleme süresi ve gıda sıcaklığının bir sonucu olan işlem yoğunluğu vardır (Guimarães vd.2021).

Yağsız sütte *E. aerogenes*'in düşük frekanslı (20 kHz) ve yüksek frekanslı (850 kHz) ultrasonikasyon kullanılarak etkisizleştirilmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. (Gao vd. 2014). Düşük frekanslı ultrason uygulaması için, log azalmasının sonikasyon süresindeki artışla doğrusal olarak azaldığı bulunmuştur. Yüksek frekanslı ultrason, 60 dakika boyunca 50 W kadar yüksek güçler kullanıldığında bile sütteki *E. aerogenes*'i etkisiz hale getirilememiştir Marchesini vd. (2015) tarafında yapılan çalışmada, sekiz farklı ultrason amplitüdü (%70 ve %100) ve süre (50, 100, 200 ve 300 s) kombinasyonunun öldürücü kapasiteleri için *E. coli*, *Ps. fluorescens*, *Staphylococcus aureus* ve *Debaryomyces hansenii* değerlendirilmiştir. En güçlü uygulama (%100 x 300 s), *D. hansenii*, *P. fluorescens* ve *E. coli* için popülasyonda 4.61, 2.75 ve 2.09'luk bir azalma gerçekleşmiştir. *S. aureus*'un en güçlü tedaviye dirençli olduğu ve yalnızca alakasız bir log azalması gösterdiği bulunmuştur.

Bu sonuçlar, ultrasonların dekontaminasyon etkisinin bakteri tipine ve frekans, güç ve tedavi süresi gibi işlem parametrelerine bağlı olduğunu göstermektedir. Yapılan birçok çalışmalar sonucunda, kontrollü düşük sıcaklık kullanılarak tek başına uygulanan ultrason teknolojisinin mikroorganizma sayısını etkili bir şekilde azaltmak ve gıda güvenliğini sağlamak için yeterli olmadığını vurgulamaktadır (Guimarães vd. 2021). Ayrıca, düşük sıcaklıklar ve hafif ultrasonik yoğunluklar, mikroorganizmaların büyümesini ve aktivitesini uyarmaya olanak sağlamıştır (Pagnossa vd. 2020). Bu nedenle, hücre zarlarının fizikokimyasal özelliklerini etkileyen ve kavitasyon etkilerini iyileştiren, mikrobiyal inaktivasyonu artıran ısı veya basınç ile ultrasonların birleştirilmesi önerilmektedir (Silva, 2020, Guimarães vd. 2021, Akdeniz ve Akalın 2022).

Süt işleme teknolojisi olarak uygulanan ultrason, sütteki lipid oksidasyonunda artışa neden olmaktadır (Marchesini vd. 2015). Yarım yağlı koyun sütünün ultrasonikasyonu (20 kHz, 78 ve 104 W/4–8 dak<69°C), protein ve serbest amino asit profillerini etkilememektedir (Balthazar vd. 2019).

Ultrason uygulaması, probiyotik gıda ürünlerinin geliştirmesi ile daha da genişlemektedir. Birçok alışma, sütün fermentasyonunda HIUS uygulaması araştırılmış ve probiyotik kùltür aktivitesinde bir artışa ve bunun sonucunda fermentasyon sùresinde azalma sağladığı dikkat çekmiştir. Etkisi, HIUS uygulaması, β -galaktosidaz salan, trans galaktosilasyonu hızlandıran ve laktoz hidroliz fermentasyonunu hızlandıran bakteriyel probiyotik hücrelerdeki değişikliklerle bağlantılı olduğu ifade edilmektedir (Huang vd. 2019, Asaithambi vd. 2021).

şu anda, diğer faktörler (numune hacmi, sıcaklık, ürün tipi) sonuçları büyük ölçüde etkilediğinden, her uygulama için ideal ultrasonik güçler veya genel olarak tedavi parametreleri bulunmamaktadır. Genel olarak, ultrason teknolojisinin probiyotik gıdaların geliştirilmesi için umut verici bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Asaithambi vd. 2021, Guimarães vd. 2021).

Daha uzun işlem süreleri için uygulanan yüksek yoğunluklu ultrason, sütteki mikrobiyal yükü azaltma potansiyeline sahip olsa da işlem belirli koşullar altında kötü kokular üretebilmektedir. Riener vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, sütün uzun süreli sonikasyonunun (400 W akustik güç çıkışı, frekans 24 kHz, işlem süresi 2,5–20 dakika, sıcaklık 45°C) bir "kauçuk" aromadan sorumlu olabilecek uçucu organik bileşiklerin oluşabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu bileşikleri hem doymamış yağ asidi hidroperoksitlerinin ayrışmasından kaynaklanan serbest radikal kaynaklı lipid oksidasyonu hem de kavitasyon kabarcıkları içindeki piroliz reaksiyonları ile ilişkilendirmiştir. Kötü tatların oluşumuna bağlı olarak sütün duyusal bozulması Marchesini vd. (2015) tarafından da gözlemlenmiştir.

Ultrason yeşil bir teknoloji olarak kabul edilmektedir (Alves de Aguiar Bernardo vd. 2021). Basitlik ve ölçek büyütme gibi süreç gereksinimlerini karşıladığı bildirilmektedir (Chemat ve Khan 2011, Kadam vd. 2015, Arvanitoyannis vd. 2017). Chemat ve Khan'a (2011) göre ultrasonun standart ısııl işleme göre avantajlarından biri önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Süt uygulaması için endüstride ultrason kullanımının sürekli bir akış sistemi (CFS) olarak gerçekleşmesi muhtemel olabileceği ifade edilmektedir. Bir

buz banyosu, ısı eşanjörü ve iki dönüştürücü ile birleştirilmiş bir ultrasonik reaksiyon hücresinden oluşturulabilmektedir (Alves de Aguiar Bernardo vd. 2021).

2.8.6 Işınlama

Gama ışınları, X ışınları ve hızlandırılmış elektron ışınları, gıdaların korunması için kullanılan iyonlaştırıcı radyasyon kaynakları olarak belirtilmektedir. Süt ürünlerine uygulanan ışınlama, patojenleri veya içerisinde bulunan tüm mikroorganizmaları yok etmede büyük bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Bir çalışmada ortamdaki 1012C. botulinum sporunun öldürülmesi için 45 kGy ışınlama dozu kullanılmıştır. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda radyasyonun patojenik ve toksin üreten mikroorganizmaların azaltılmasındaki etkinliğinin (peynirlerin ışınlaması ile ilgili çalışmalarda dikkate alınmıştır) *L. monocytogenes*, patojenik *E. coli*, Salmonella, Clostridium, Staphylococcus (mikotoksinler) olduğu bildirilmiştir. Camembert peynirlerinin 2.5 kGy'ye kadar olan dozlarda gama ışınlaması ile tedavisi için Brucella ve mikobakteri (sağlık açısından) kabul edilebilir bulmuşlardır (Anonim 2003).

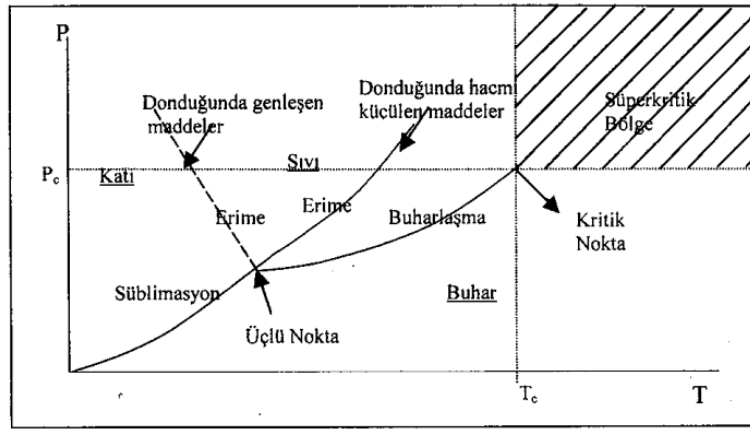
L. monocytogenes inoküle edilmiş taze üretilen yumuşak peynir altı suyu peyniri, için 2-4 kGy dozları etkili bir şekilde kullanılmış ve bakteri sayısında azalma görülmüştür (Tsiotsias vd. 2002). Ayrıca, kızarmış-dondurulmuş peynir toplarının ışınlaması, ışınlamanın 3 kGy dozu mikrobiyolojik güvenliği sağlamak için başarılı bir yöntem olarak gösterilmiştir (Lee vd. 2005). Baky vd. (1986) tarafından yapılan çalışmada, gama ışınlanmış peynir sütünün toplam bakteri sayısında ve spor oluşturucularında sırasıyla %98,98 ve % 95,77 oranında bir azalma kaydetmiştir. Süt ürünleri, azotla modifiye edilmiş atmosferde -78 °C'de 40 kGy'lik bir dozda ışınlamaya maruz bırakılarak, ciddi derecede bozulmuş bağışıklık sistemi hastaları için mikrobiyolojik olarak güvenli diyet gıdaları üretiminde tanıtılmıştır (Dong vd. 1989).

Kim vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada gama ışınlamasının 3 kGy'nin üzerindeki dozlarda vanilyalı dondurmanın tat ve tadında olumsuz değişikliklere neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Kim vd. (2007), 3 kGy'den daha az radyasyona sahip dondurma üretimine nane veya narenciye aromasının eklenmesinin, hassas tüketiciler için güvenliği

artırabileceğini ve uygun duyu kaliteyi koruyabileceğini göstermiştir. Hashisaka vd. (1990) tarafından yapılan çalışmada ise, süt ürünlerinin -78°C 'de 40 kGy gama ışımasına maruz bırakılmasının renk veya dokuda çok az değişiklikle sonuçlandığını, ancak genel kabul edilebilirliği ve karakteristik lezzetleri, artan kötü tat seviyeleri nedeniyle genel olarak azaltmaktadır.

2.8.7 Süper Kritik Karbondioksit (Super critical Carbon Dioxide-SC-CO₂)

Maddenin bir kritik sıcaklığı (T_c) ve kritik basıncı bulunmaktadır. Maddenin kritik sıcaklığı ve basıncı, gaz ve sıvı fazlarının bir arada bulunabildiği en yüksek sıcaklık ve basınç olarak ifade edilmektedir. Maddeler katı, sıvı ve gaz olarak üç gruba ayrılmaktadır. Ancak maddeye, kritik sıcaklığının ve kritik basıncının üzerinde koşullar uygulandığında Süper Akışkan olarak adlandırılan dördüncü bir gruba geçmektedir (McHugh ve Krukonis 1990). Şekil 2.2’de saf maddeler için basınç sıcaklık diyagramında super kritik bölge taralı olarak gösterilmiştir (Çengel ve Boles 1996).



Şekil 2.2 Saf maddeler için basınç sıcaklık diyagramı (Çengel ve Boles 1996).

SC-CO₂ yöntemi, yeşil metot olarak bilinen ($31,1^{\circ}\text{C}$ 'lik kritik bir ısı ve 7,38 MPa'lık bir kritik basınç kullanılarak) yöntem olarak ifade edilmektedir (Liu ve Shen 2007, Muljana vd. 2009, Xu vd. 2011). SC-CO₂ yöntemi; geleneksel ısı uygulama metotlarından gıdanın kalitesinin korunmasını en az kayıpla sağlayan, eşsiz bir metot olduğu belirtilmiştir. (Alavi vd. 1999, Manoi ve Rizvi 2008, Xu vd. 2011). Yayınlarında, SC-CO₂ yönteminin uygulanmasıyla mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerinde farklı hipotezler yer

almaktadır (Nakamura vd. 1994, Enomoto vd. 1997, Dillow vd. 1999, Fabroni vd. 2010). Ancak yine de inaktivasyon mekanizmasının nasıl gerçekleştiği tam olarak bilinmemektedir. Son yıllarda, Garcia-Gonzalez vd. (2007) tarafından bakterilerin ölüm evresinde SC-CO₂ yönteminin nasıl etkili olduğuna dair bir model önerilmiştir. Bu model aşağıdaki aşamaları içermektedir (Fabroni vd. 2010):

- i. Sıvı fazda basınçlı CO₂ çözeltisinin uygulanması
- ii. Hücre membranında değişimler
- iii. Hücre içi pH'da azalma
- iv. Hücre içi pH'daki azalmadan dolayı hücre metabolizmasının enzim inhibisyonunda anahtar rolü oynamak
- v. Metabolizma üzerine CO₂ ve HCO₃⁻ moleküllerinin inhibitör etkisi
- vi. Hücre içi elektrolit dengesinin bozulması
- vii. Hücre ve hücre membranından hayati önemi olan bileşiklerin uzaklaştırılması.

Mayalar üzerinde basınçlı CO₂'nin etkisiyle ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır (Isenschmid vd. 1995, Debs-Louka vd. 1999, Erkmen 2003, Güneş 2005, Spilimbergo vd. 2009, Spilimbergo vd. 2010, Čolnik vd. 2012). *S. cerevisiae* mayasının 40 °C'de; 130, 70 ve 60 dakikalardan sonra 5–7.5 ile 10 MPa'lık basınçlı CO₂ uygulaması ile inaktivasyonunun gerçekleştiği Erkmen (2002) tarafından tespit edilmiştir.

2.8.8 Darbeli Elektrik Alanları

Darbeli elektrik alanları (PEF) teknolojisi, gıdalardaki istenmeyen patojen ve bozulmaya neden olan bakterileri etkisiz hale getirebilen bir koruma yöntemi olarak ifade edilmektedir (Barbosa-Cánovas ve Sepúlveda 2005, Góngora-Nieto vd. 2002, Jin vd. 2009). Bu yeni yaklaşımın, sıvı ürünleri duysal ve besinsel özelliklerini etkilemeden pastörize etme yeteneğine sahip olduğu iddia edilmektedir. Bir dizi araştırmacı (Bendicho vd. 2002, Martín Belloso vd. 1997, Raso vd. 1998, Reina vd. 1998, Sepúlveda vd. 2009) PEF'in büyük bir güce sahip olduğuna dikkat çekmiştir. Süt (Walkling-Ribeiro vd. 2009, Craven vd. 2008) ve meyve suları (Walkling-Ribeiro vd. 2008) gibi sıvı ürünler için bir koruma işlemi olarak PEF teknolojisi karşılaşılan yüksek işlem maliyetleri nedeniyle,

termal işlemlerin PEF ile kullanılması, etkinliğini artırmak ve maliyetleri azaltmak için bir strateji olarak önerilmiştir (Hülshager vd. 1981, Jayaram vd.1991-1992, Zhang vd. 1994, Sepúlveda vd. 2006).

Süt endüstrisinde PEF uygulamasına farklı süt ürünlerinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisine ilişkin son verilerin az olduğu belirtilmektedir. İnek sütü, en sık PEF işlemine tabi tutulan gıda ürünü olarak ifade edilmektedir (Soltanzadeh vd. 2020). Bununla birlikte, PEF'in peynir altı suyu (Simonis vd. 2019) peynir altı suyu proteini formülasyonları (Schottroff vd. 2019) veya keçi sütü (Mohamad vd. 2020) gibi diğer süt ürünlerini nasıl etkilediğine dair bazı sonuçlar bulunmaktadır.

Bugüne kadar, mikroorganizmaların PEF ile indüklenen inaktivasyonunun mekanizması net olarak tanımlanmamıştır. Bununla birlikte, mikropların yok edilmesi ve inaktivasyonu ile ilgili yaygın olarak kabul edilen ve araştırılan fenomen, hücre zarlarının elektroporasyonudur (Buckow vd. 2014). PEF uygulaması transmembran potansiyelinde değişikliğe neden olmakta ve mikrobiyal hücre membranlarının zarında gözenek oluşumunu başlatmaktadır. Hücre içeriğinin çevrelerine yayılmasıyla sonuçlanarak canlı hücrelerin ölümüne yol açabilmektedir. Tipik bir PEF sistemi, bir uygulama odası ve bir yüksek voltajlı puls üreticinden oluşmaktadır. İki elektrot (yüksek voltaj ve topraklanmış elektrot) arasındaki odaya sıvı bir ürün pompalanarak, birkaç milisaniye boyunca uygulanan $\sim 15\text{--}60$ kV/cm yüksek voltajlı elektrik alanlarının (1-100 μs) elektrik darbelerine maruz bırakılmaktadır (Hernández -Hernández vd. 2019, Alirezalu vd. 2020). Elektrik alan uygulandığında, akım gıda örneğine akmakta ve yüklü moleküllerin varlığından dolayı her noktaya aktarılmaktadır (Shabbir vd. 2021). Kare dalga darbeleri (monopolar, bipolar) ve üstel olarak azalan darbeler, PEF uygulama sırasında üretilen en yaygın dalga şekilleri olarak kullanılmaktadır. Daha etkili hücresel hasara neden olan hücre zarı boyunca bir yükün tersine dönmesine neden olan bipolar kare dalga darbeleri ile daha iyi öldürücü etkinin elde edilebileceği bildirilmektedir (Sharma vd. 2014b). Elektrik alan kuvvetine, uygulama süresine ve darbe sayısına bağlı olarak hücre hasarı geri döndürülebilmekte veya geri döndürülemez olabilmektedir. Ölümcül etki ancak geri dönüşü olmayan elektroporasyon ile elde edilebilmektedir.

PEF'in potansiyel uygulama hedefi olarak süt, PEF'in yaygın patojenler üzerindeki etkisinin ilişkili olduğu birçok araştırma makalesinin konusu olmuştur (Walkling-Ribeiro vd. 2011, Zhao vd. 2013, Sharma vd. 2014a), gıda kaynaklı hastalıklar değerlendirilmiştir. Tek başına PEF teknolojisinin uygulanmasının, termal pastörizasyona kıyasla daha düşük mikrobiyal inaktivasyona yol açtığı doğrulanmıştır. PEF ile süt uygulamasının etkinliği, uygulama sırasında bakteri hücresinin koruyucusu olarak görev yapabilen yağ ve proteinlerin (kazein) varlığı nedeniyle sınırlı olduğu belirtilmektedir (Sharma vd 2014a).

Walkling-Ribeiro vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, 2105 µs için 16 kV/cm'lik ilgili elektrik alan gücü ve uygulama süreleri için yağsız inek sütünün (doğal süt mikroorganizmaları ile aşılınmış) mikrobiyal yükünde 2.0, 2.1, 2.3 ve 2.5 log 10 CFU/mL azalma kaydedilmiştir, 1454 µs için 20 kV/cm, 983 µs için 30 kV/cm ve 612 µs için 42 kV/cm elektrik alan gücü uygulanmıştır. Bu etki, girişte 16 °C'den PEF odasına kadar ve çıkışta 40-49 °C'ye kadar değişen süt sıcaklığı için 1,5 µs'lik bir darbe genişliğine sahip monopolar üstel bozulma darbeleriyle gerçekleştirilmiştir. PEF ile muamele edilmiş sütün 10 °C'ye soğutulmasından sonra numuneler toplanmıştır. PEF ile karşılaştırıldığında, aynı çalışmalarda yürütülen termal pastörizasyon (24 s için 75 °C), 4,6 log 10 CFU/mL süt mikroflora inaktivasyonu ile sonuçlanmıştır.

Zhao vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, 35 °C'den daha düşük sıcaklıkta kare dalga darbelerinin (200 Hz darbe tekrarlama hızı ve 2 µs darbe genişliği) etkinliğini araştırarak, ölümcül şekilde yaralanmış mikrobiyal hücrelerin (*E. coli*, *S. aureus* ve *L. monocytogenes*) aşılınmış tam yağlı sütün PEF işleminden sonra, elektroporasyonun vejetatif bakteri sayısını etkili bir şekilde azaltmak için yeterli olmadığını göstermiştir. Ayrıca, PEF stresi altında ölümcül şekilde yaralanan mikrobiyal hücrelerin oranı, bakteri tipine ve uygulama süresine bağlı olduğu ifade edilmektedir. Çalışmada Zhao vd. (2013) tarafından, 200 µs için 30 kV/cm'de PEF ile *L. monocytogenes*'in 2 log 10'dan daha az azalma olan en dirençli suş olduğunu gözlemlemiştir. Oysa aynı uygulama parametreleri *S. aureus*'un yaklaşık 2,8 log 10 döngü azalmasına ve >3 log 10 döngü *E. coli*'de azalma sağlamıştır. Özetle, Gram negatif hücrelerin PEF uygulamasına daha duyarlı olduğu belirtilmiştir. Aynı hücrelerin daha yüksek derecede inaktivasyonu, 600 µs'den sonra elde

edilen maksimum inaktivasyon seviyesi (*E. coli* için ~5 log 10 döngü azalma) ile 200 ve 600 µs arasındaki zaman aralığında uygulanan PEF uygulaması (30 kV/cm) ile elde edilebilmektedir).

Süt kalitesini korumak ve raf ömrünü uzatmak için enzimatik aktivitenin kontrolü, süt PEF işlemine tabi tutulurken büyük önem taşımaktadır. PEF tarafından indüklenen enzimlerdeki değişiklikler, enzim tipi, yapısı, kofaktörlerin varlığı veya denatürasyon derecesi gibi faktörlerden etkilenebilmektedir. PEF eylemiyle ilişkili ana etki, enzimin konformasyonundaki değişiklik olarak ifade edilmektedir (Alirezalu vd. 2020). Bununla birlikte, sınırlı mikrobiyal azalmaya benzer şekilde, endojen süt enzimleri (alkalin fosfataz ve laktoperoksidaz), düşük sıcaklıklarda PEF'den önemli ölçüde etkilenmemektedir (Buckow vd. 2014, Sharma vd. 2014b, Mc Auley vd. 2016).

PEF işleminin sütün duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi bu tarihe kadar geniş çapta çalışılmamıştır. Son on yılda bu konuyla ilgili yayınlanmış birkaç araştırma makalesi bulunmaktadır. Gaz kromatografisi/kütle spektrometrisi (GC-MS) (Zhang vd. 2011) ile değerlendirilen sütün uçucu profilleri üzerindeki PEF'in etkilerine ve kolorimetrik analiz ile incelenen aynı ortamdaki renk değişikliklerinin değerlendirilmesi (McAuley vd. 2016) çalışmaları bulunmaktadır.

Darbeli elektrik alan uygulaması, mikroorganizma/enzim inaktivasyonu ve biyoaktif bileşiklerin geri kazanılması için gıda işlemede uygulanabilen çevre dostu bir teknoloji olarak kabul edilmektedir (Li ve Farid 2016). Bununla birlikte, standart pastörizasyona kıyasla sonuçlara ulaşmak için enerji talebini azaltmak ve PET'i rekabetçi teknoloji olarak endüstriyel seviyeye aktarmak için PEF ekipmanında daha fazla gelişmenin gerekli olduğu belirtilmektedir (Alirezalu vd. 2020). PEF teknolojisinin pilot ölçekten endüstriyel ölçeğe kolayca yükseltilemeyecek kadar karmaşık olduğu ifade edilmektedir (Arshad vd. 2020). PEF işleminin aynı miktarda sıvı gıdayı işlemek için membran filtrasyonu ve ultraviyole radyasyon veya hatta geleneksel bir ısı işlem gibi diğer gelişen teknolojilere kıyasla daha pahalı olduğu belirtilmektedir (Alirezalu vd. 2020).

2.9 Çözelti Plazma Tekniğı

2.9.1 Plazma

Plazma maddenin dördüncü hali olarak tanımlanmaktadır. Yeryüzünde atmosferik bir durumda, katı, sıvı ve gaz halleri daha yaygın bulunmaktadır. Plazma durumu esas olarak güneş, yıldızlar, bulutsular vb. dahil olmak üzere evrende bulunmaktadır. 1928'de Langmuir, "plazma" terimini serbest elektronların ve iyonların eşit sayılarda bir arada bulunduğu iyonize bir gaz olarak tanımlamıştır (Langmuir 1928). Buna göre, plazmanın yarı-nötr bir gaz olarak bilinmesini sağlayan, neredeyse ihmal edilebilir bir uzay yüküne karşılık gelmektedir. Bununla birlikte, nötr gazları iyonize etmek için yeterli enerji (örneğin, termal ve elektrik enerjileri) sağlanarak yapay plazma yeryüzünde oluşturulabilmektedir. Plazmalar pozitif ve negatif iyonlar, elektronlar, serbest radikaller, fotonlar, metastabillerin yanı sıra uyarılmış ve nötr atomlar ve moleküllerden oluşmaktadır (Rezaei vd. 2019). Plazmaların sınıflandırılması farklı parametrelere (örneğin elektron ve gaz sıcaklığı, basınç, termodinamik denge ve iyonizasyon derecesi) bağlı olarak değişmektedir.

Yapay plazma, (i) termal denge plazması ve (ii) termal olmayan denge plazması olarak sınıflandırılmaktadır (Horikoshi ve Serpone 2017, Yui ve Banno 2017). Termal denge plazması, güçlü bir elektrik gücüyle ve genellikle 5 kPa'dan fazla gaz basıncı altında üretilmektedir. Gaz ve elektron sıcaklıkları hemen hemen eşittir. Öteyandan, termal olmayan denge plazmasında gaz sıcaklığı elektron sıcaklığından daha düşüktür (Horikoshi ve Serpone 2017). Termal olmayan denge plazması, bir vakum sistemi altında yeterli enerji verilerek indüklenebilmekte; bununla birlikte, geçici elektrik veya elektrostatik deşarjlar uygulanarak atmosferik basınç ortamında da üretilmektedir. Sonuç olarak, termal olmayan denge plazması birkaç potansiyel uygulama sunmuştur. Gaz fazındaki yapay plazmalar, ağırlıklı olarak hem vakum hem de atmosferik koşullar ve sıcaklıklar dahil olmak üzere çok çeşitli çalışma basınçları altında araştırılmaktadır. Çeşitli gazlar (örneğin, Ar, N₂, O₂, H₂, ve karışımlar) amaçlara bağlı olarak plazmaları oluşturmak için uygulanmaktadır (Tendero vd. 2006, De Geyter vd. 2014, Taghvaei vd. 2014). Plazmadan teorik olarak iyonize gazlar olarak bahsedilmesine

rağmen, plazma katı formda (yani, bir kafes noktası etrafında hareket eden serbest elektronların toplu salınımı tarafından indüklenen plazmon oluşumu) ve sıvı formda (plazmanın oluşumu, sıvılarda darbeli elektrik boşalması gibi) olabilmektedir. (Horikoshi ve Serpone 2017, Šunka vd. 2001, Thagard vd. 2009). Aynı şekilde, gaz fazındaki plazmalar gibi, elektrotlar üzerinde yeterince yüksek bir elektrik alanı sağlayarak, sıvıların elektriksel bozulmasına yol açan plazma doğrudan sıvı fazda üretilebilmektedir. Son birkaç yılda, gaz fazlı plazmalarla birlikte sıvı fazlı plazmalar geliştirilmiştir. Sıvı fazlı plazmalar, örneğin hidroksil radikali ($\text{OH}^\cdot$), süper oksitanyonu (O_2^-) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) reaktif türlerin etkili bir üretimini indüklemeye yetenekleri nedeniyle, esas olarak atık su arıtma ve su arıtma için bir teknoloji olarak odaklanmıştır. (Horikoshi ve Serpone 2017, Sato vd. 1996, Malik vd. 2001). Bu reaktif türler, sudaki organik kirlilikleri ve bakterileri güçlü bir şekilde oksitleyebilmekte ve ayrıştırabilmektedir (Malik vd. 2001, Takai 2008).

Bununla birlikte, gaz fazındaki plazma ile karşılaştırıldığında, sıvı fazdaki plazma hala gelişmemiş bir alana sahip olduğu belirtilmektedir. Şimdiye kadar, sıvı fazdaki plazma ile ilgili birkaç inceleme yapılmıştır. Örneğin, Lewis vd. (1994) tarafından yapılan çalışmada, dielektrik sıvılardaki elektrik sürecini vurgulanmaktadır. Locke vd. (2006), su arıtımı için denge dışı plazmasını gözden geçirmektedir. Jiang vd. (2014), atık su arıtımı için sıvı deşarjını özetlemektedir. Saito ve Akiyama (2015), sıvı içinde plazma yoluyla nanomateryal sentezini özetlemektedir. Horikoshi vd. (2017), nanomalzeme sentezlerini ve sıvı plazma ile atık su arıtımını vurgulanmaktadır. Saito vd. (2017), çözelti plazma işlemi ile nanoparçacıkların ve karbon nanomalzemelerin sentezini gözden geçirilmektedir. Vanraes vd. (2018), sıvıların plazma fiziği çalışması sağlamaktadır. Watthanaphanit ve Saito (2017), inorganik malzemelerin sentezi, modifikasyonu ve doğal polimerlerin işlenmesi için çözelti plazma işleminin uygulamalarını göstermektedir. Li vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, elektrokatalitik performans üzerine çözelti plazması tarafından sentezlenen karbon bazlı katalizörler önerilmektedir Yonezawa vd. (2018), sıvı içinde mikro dalga kaynaklı bir deşarj yoluyla nanopartiküllerin sentezine odaklanmaktadır. Nomin vd. (2021), sıvılarda deşarjlar kullanılarak elektroerozyonu ile nanomalzemelerin sentezi tanımlanmaktadır. Choukourov (2019) ve Chokradjaroen vd. (2021) tarafından yapılan çalışmalarda, doğal

polimerleri modifiye etmek için çözelti plazması işlemi uygulanmaktadır. Çalışmaların çoğu esas olarak sıvı fazda plazma uygulamasını tanımlamaktadır.

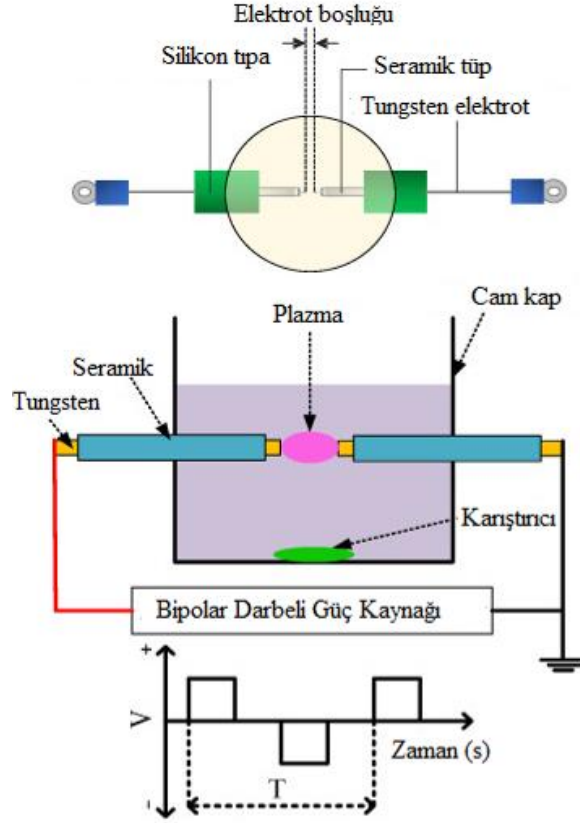
2.9.2 Çözelti Plazma Prosesi (SSP)

Sıvı fazlı plazmaların elektrot geometrik yapısı ve faz desenleri dört gruba ayrılmaktadır: (Sulaimankulova vd. 2019),

- i. İki elektrot arasında doğrudan elektrik boşalması
- ii. Elektrotlar ve çevreleyen elektrolitin yüzeyi arasında temaslı elektrik boşalması,
- iii. Harici gaz enjeksiyonlu karışabilir elektrik deşarjı,
- iv. Özel uyarma elektrik deşarjı (yani radyo frekansı, mikro dalga ışıması veya lazer ablasyonu).

Bu bölümde, çeşitli terimlerle sunulan sıvı faz altında iki elektrot arasındaki doğrudan deşarjı tanımlanmaktadır. Örneğin, sıvı plazma (doğru akım kullanılarak kablodan plakaya konfigürasyon) (Kaneko vd. 2017, Senthilnathan vd. 2014), sıvı içinde darbeli plazma (darbeli voltaj kullanılarak çubuktan çubuğa konfigürasyon) (Sulaimankulova vd. 2019), ve çözelti plazması (pinden pine ve telden plakaya konfigürasyonlar, bipolar darbeli voltaj) (Panomsuwan vd. 2016, Yu vd. 2020) olarak ayrılmaktadır. Bu terimler deneysel kurulumlarına, elektrik güç kaynaklarına ve elektrot konfigürasyonlarına göre verilmektedir. Terimi pin-to-pin olan elektrot konfigürasyonlu çözelti plazma işlemi (SPP) açıklanmaktadır. Pin-to-pin elektrot konfigürasyonlu SPP ilk olarak Takai ve Saito'nun çalışmaları tarafından önerilmektedir (Takai 2008, Saito vd. 2009). SPP'de plazma, uygulamasına bağlı olarak kısa bir mesafede (0,2–1 mm) sıvıların altına daldırılmış bir çift elektrot arasında doğrudan aşağıdaki Şekil 2.3'de (Sudare vd. 2016) gösterildiği gibi boşaltılmaktadır. Güç kaynakları bipolar darbeli yüksek voltaj kaynağıdır. Darbeli voltajın kullanılması deşarj akımını azaltabilmektedir. Bir dereceye kadar, elektrottan termal emisyonu nedeniyle ark deşarjı olasılığını azaltmakta ve ikincil elektron emisyonu tarafından üretilen taşıyıcıların sayısını arttırmakta, böylece deşarj oluşumunun stabilitesini arttırmaktadır. SSP'I kullanan çoğu çalışma, işleme koşullarına ve elde edilen ürünlerin özellikleri ve performansına odaklanmaktadır. SSP'te

meydana gelen fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar karmaşıktır ve nadiren rapor edilmektedir.



Şekil 2.3 Klasik çözelti plazma kurulumu (Sudare vd. 2016).

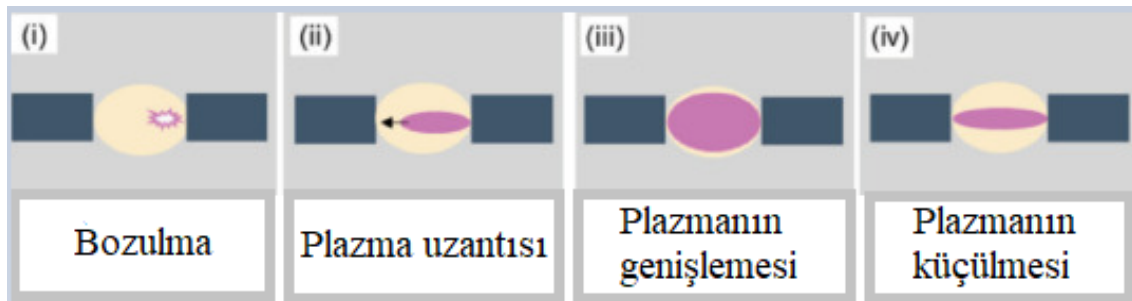
Her ne kadar elektrik boşalması sıvı fazda onlarca yıldır çalışılmış ve sayısız ilgili uygulamada kullanılmıştır, özellikle pin-to-pin elektrot konfigürasyonlu bipolar darbeli DC kaynaklı SPP için üretim ve parçalanma mekanizması hala çalışılmaktadır. Diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerle birlikte parçalanma ve yayılma dahil olmak üzere adım adım plazma oluşumundan bahsedilmektedir.

2.9.2.1 Sıvının Parçalanması

Elektrik bozulması, plazma kaynaklı reaksiyonlar için en önemli mekanizmalardan biri olduğu ifade edilmektedir. Önerilen bazı elektrik arıza mekanizmaları arasında, kabarcık ve elektronik mekanizmalar en çok çalışılan mekanizmalardır ve şu anda makul

mekanizmalar olarak kabul edilmektedir (Saito ve Akiyama 2015, Horikoshi ve Serpone 2017, Saito vd. 2017, Vanraes ve Bogaerts 2018, Yonezawa vd. 2018).

Elektrik arızası genellikle bir elektron çığıyla ilgili olduğu belirtilmektedir. Önceki çalışmaların çoğu, sıvılar durumunda farklı olan gaz fazındaki bir deşarjda elektrik arızasından bahsetmiştir (Maksimov 2014). Bunun nedeni, sıvı fazın, nispeten düşük bir elektrik alanında iyonlaşma ve ayrışmayı engelleyebilen daha yüksek bir moleküler yoğunluğa sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, birkaç araştırmacı tarafından, bozulmadan önce önemli sayıda baloncuğun doğal olarak oluştuğunu bulunmuştur. Bozulmadan önce, elektrotların ucundaki sıvı moleküller genellikle gaza dönüşmekte, bu da farklı elektrot konfigürasyonu ile daha önceki çalışmalarda da bulunmaktadır (Bruggeman vd. 2016). Bu olgu, iletken bir çözelti yoluyla sağlanan akımın meydana getirdiği ve termal enerji üreten, çözeltinin gaza buharlaşmasına ve daha sonra kabarcıklara neden olan Joule ısıtma etkisinden kaynaklanmaktadır (Takeuchi vd. 2020). Örneğin, sulu çözelti durumunda, H_2 ve O_2 oluşturulabilmektedir. Yani faz değişimi sıvı fazdan gaz fazına geçiş gerçekleşmektedir. Çözölmeyi kolaylaştırmak için sadece Joule ısıtmasıyla oluşan kabarcıklar olmamakla birlikte aynı zamanda argon, nitrojen, helyum ve hidrojen gazları da çözeltiye dahil edilebilmektedir (Averin vd. 2019). Argon'un ana plazma türevli ürünleri etkilemediği, ancak deşarjın ateşlenmesini desteklediği öne sürölmüştür. Kabarcıklar, Townsend deşarj teorisi ile açıklanabilen gaz deşarjı ile sıvı deşarjı arasında bir bağlantı olarak çok önemli bir rol oynamaktadır. Kabarcık mekanizmasına göre çözelti plazmasının oluşumu Şekil 2.4 (i)-(iv)'de (Sudare vd. 2016) gösterilmektedir.

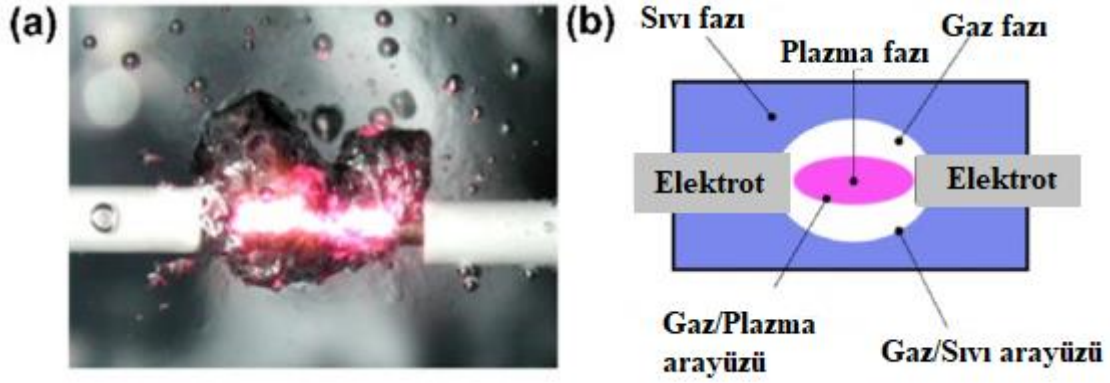


Şekil 2.4 Çözelti plazma sürecindeki bozulma mekanizması (Sudare vd. 2016).

Bir çözeltiye daldırılan elektrotlar arasına bir darbe voltajı uygulandığında, belirli bir eşiğin ötesinde bir bozulma meydana gelmekte ve bir plazma üretilmektedir (Şekil 2.4 (i)). Üretilen plazma, elektrotlar arasında flama benzeri bir modelde yayılmaktadır (Şekil 2.4 (ii)). Boşalma uzadığında, plazmanın uzamsal boyutu büyümektedir (Şekil 2.4 (iii)) Genel olarak plazma elektronlar, iyonlar ve nötrler içermektedir.

Uygulanan voltaj elektronları anında hızlandırırken, iyonlar kütle farkı nedeniyle yavaş hızlandırmaktadır. Bununla birlikte, voltaj sürekli olarak uygulanmakta, iyonların hareketi daha yoğun hale gelmekte ve elektronlar, iyonlar ve nötr parçacıklar arasındaki enerji alışverişi nedeniyle plazma termal dengeye ulaşmaktadır. Bu olay, malzemelerin aşırı ayrışmasına, elektrotların hızlı aşınmasına ve SSP'de çözelti sıcaklığının yükselmesine yol açmaktadır. Bu olayı önlemek için, voltajın sağlanması, sıcaklığın yükselmesinden önce durdurulur ve bu da plazmanın büzülmesine yol açmaktadır (Şekil 2.4 (iv)). Sonuç olarak, denge dışı plazma kararlı bir şekilde üretilmektedir. Bipolar darbeli güç kaynağı, sıcaklığın yükselmesini önlemeye ve plazmanın dengesiz plazma olmasını sağlamaya yardımcı olabilecek anahtar olduğu belirtilmektedir.

SP sürecindeki deşarjın kapalı bir görüntüsü, şematik bir görüntü ile birlikte Şekil 2.5 (a)'da gösterilmektedir. Çözelti plazması, plazma fazı, gaz fazı ve sıvı faz dahil olmak üzere üç fazi içermektedir. Çözelti içinde plazma oluşumu Şekil 2.5 (b)'de gösterilmektedir. Bu nedenle çözelti plazma, gaz/plazma arayüzü ve gaz/sıvı arayüzü olan ara yüzey karakterlerine sahiptir. Bu arayüzler kimyasal reaksiyonlar için önemli olduğu belirtilmektedir (Averin vd. 2019).



Şekil 2.5 (a) Çözelti plazma prosesinde su altındaki plazmanın fotoğrafı ve (b) Çözelti içinde plazma oluşumu şematik diyagramı (Kang vd. 2013).

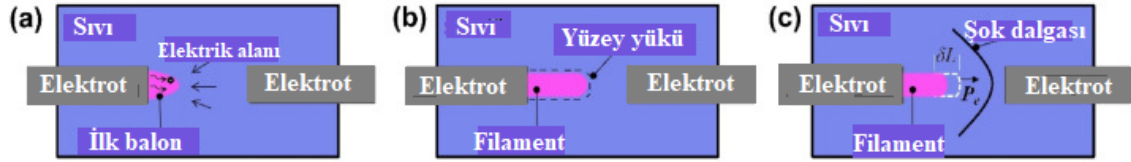
Yarı iletken yaklaşımı, sıvıdaki bozulma için önerilen başka bir mekanizma olarak belirtilmektedir (Vanraes ve Bogaerts 2018). Elektronların sıvı içindeki iç hareketini tanımlamaktadır. Bu mekanizmada sıvı genellikle elektronik, optik ve termodinamik özelliklere sahip yarı iletkenler olarak görüntülenmektedir (Ge vd. 2013). Örneğin suda çözünmüş elektronlar su molekülleri ile çevrilidir. Su, 9.8 eV'lik bir bant aralığına sahip olduğundan, yarı iletken olarak hareket edebilmekte ve elektron ve transferi için kanallar sağlayabilmektedir. Elektrik alanı uygulandığında elektronlar bir yönde hareket etmekte ve delikler oluşmaktadır. Su molekülü gözönüne alındığında, verilen elektrik enerjisi suyun değerlik bandındaki elektronları uyararak sudaki elektronlara dönüşecektir. Çok sayıda elektron hızla uyarıldığında, plazma oluşmaktadır. Elektronik ve fotonik süreçler çok kısa zaman aralıklarında gerçekleşmekte; bu nedenle, moleküllerin difüzyonu ihmal edilebilmektedir. Ayrıca plazma, organik çözücüler gibi diğer çözücüler tarafından üretilmektedir. Bununla birlikte, organik çözücülerdeki elektriksel bozulmayı önermenin zor olduğu belirtilmekte; birkaç faktörün (örneğin, polariteler, yoğunluk, iletkenlik, iyonlaşma potansiyeli) dikkate alınması gerekmektedir (Chokradjaroen vd. 2022).

2.9.2.2 Yayılma

Plazma, elektrik kesintisinden sonra hızla genişlemekte ve sabit enerji girildiğinde sabit bir akım haline gelmektedir (Wen vd. 2019, Fujita vd. 2014). Elektriksel bozulmanın farklı mekanizmaları önerilmiş olsa da; orta közellik, deşarj akımının yayılmasıyla

sonuçlanan, kendi kendini idame ettiren elektron ığları olasılığını sağlayan düşük yoğunluklu plazma bölgelerinin tercihli oluşumu olarak ifade edilmektedir. Bir ilk boşalmanın görünümü, boşaltma yapısını oluşturmak için boşluğun daha da genişletildiği ve muhafaza edildiği bir sonraki ana noktanın açığa çıkmasına yol açmaktadır. Ayrıca, çözeltinin sıcaklığı, basıncı, yoğunluğu, viskozitesi, bileşimi ve iletkenliği, akışın yayılması üzerinde bir etkiye sahip olduğu düşünülmesi gereken değişkenler olarak ifade edilmektedir (Devins vd. 1981). Devins vd. (1981) tarafından çeşitli koşullar altında elektrik bozulmasını ve akım yayılımı araştırılmıştır. Voltaj ve sıcaklık arttıkça buharın uzunluğunun arttığı, basıncın ise daha az etkisi olduğu bulunmuştur. Elektrostatik ve termodinamik modelleri dahil olmak üzere yakın zamanda iki akım yayılma modeli önerilmiştir. Elektrostatik model, oda sıcaklığındaki koşullar varsayılarak önerilmiştir ve esas olarak, bir pim-plaka bağlı elektrot yapısına dayalı olarak, balonun başlatılması ve silindirik deşarj filamentinin uzatılması dahil olmak üzere iki işlemden oluşmaktadır (Fridman vd. 2012). Şematik diyagramı Şekil2.6(a)-(b). 'da gösterilmiştir. Kabarcık başlangıcı, yani gaz fazı, sıvının joule ısıtması altında faz geçişi veya yüksek elektrik alanı yoğunluğu, üretilen elektroliz nedeniyle elektrik alanı ile aynı yönde olduğu belirtilmektedir. Ardından, ilk bozulma 0.1 ve 1 ns aralığında gerçekleşmektedir. Büyük ölçekli elektron çığı, negatif deşarjda geliştiiğinde gaz-sıvı ara yüzeyinde birikme eğilimi göstermektedir. Bu nedenle, elektrostatik itme elektrotlar ile gaz-sıvı arayüzü arasında aynı potansiyelin üretilmesi ve gaz-sıvı arayüzünün ileri itilmesi sonucu oluşmaktadır. Öte yandan, pozitif bir gaz-sıvı arayüzü bırakan pozitif deşarj sırasında oldukça hareketli elektronlar hızla devreye emilmektedir. Negatif deşarj gibi, elektrot ve gaz-sıvı arayüzünün aynı potansiyeli elektrostatik bir itme üretilmekte ve deşarj kanalını genişletmektedir. Elektrostatik modelde, deşarj kanalı içindeki sıcaklık değişimi dikkate alınmamaktadır. Başlangıç aşamasındaki akış kolonunun gelişimi genellikle elektrostatik kuvvetler tarafından gerçekleşse de mikro saniyenin altındaki bir zaman ölçeğinde geliştirilen bir elektron çığı, kinetik enerjinin moleküllere aktarılmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak, ısı üretilmekte; bu nedenle, termodinamik model kabul edilmektedir. Şekil2.6 (c)' da, belirli bir zamanda, sıvı moleküllerin yüksek sıcaklığından dolayı akış kolonunun ucunun buharlaştığı ve kolonun uzamasıyla sonuçlandığı varsayılmaktadır, δL ve toplam uzunluk $L + \delta L$ aşırı yüksek bir sıcaklıkta, P_e basıncı için kesin bir değer bulunmamaktadır. Bununla birlikte, sıvı ve buhar arasındaki büyük

yoğunluk farkı nedeniyle, P_e değeri yaklaşık 1 atm'ye kadar tahmin edilebilmektedir. Buna göre, P_e değeri, akış sütununun büyümesini tahrik edecek gücü sağlamaya yetecek kadar yüksek olduğu ifade edilmektedir (Fridman vd. 2012).



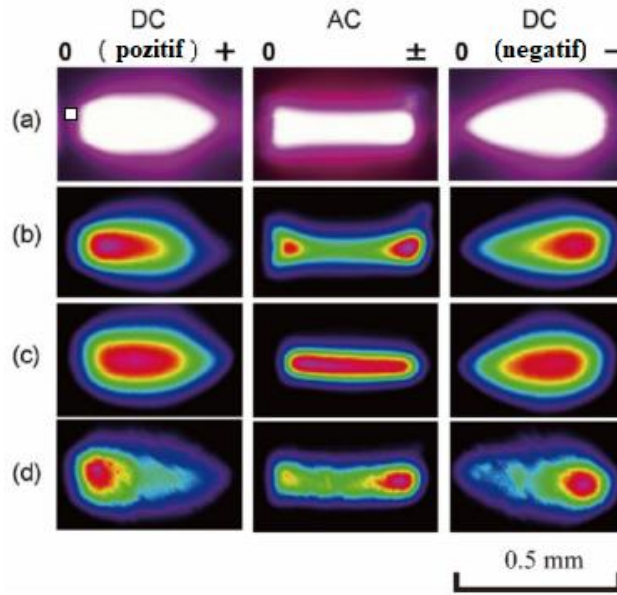
Şekil 2.6 (a) Kabarcık başlatma yapısı diyagramı; (b) silindirik filamentli deşarj genişletilmiş yapı; (c) termodinamik model diyagramı(Fridman vd. 2012).

2.9.2.3 Kimyasal Özellikler Ve Etkileyen Parametreler

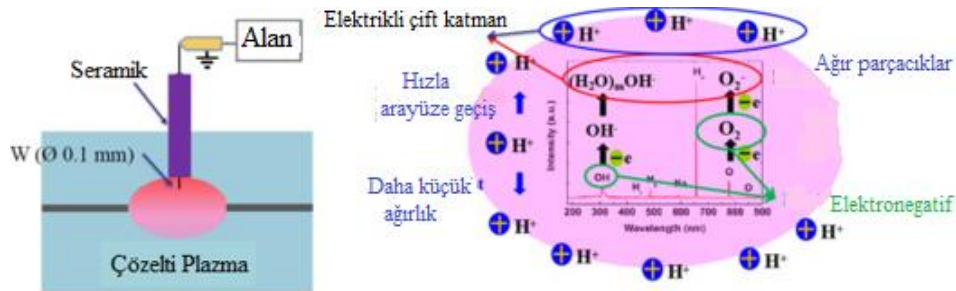
Voltaj, Şekil 2.7'de gösterildiği gibi çözelti plazma sisteminde bir çift pin elektrotta uygulanmaktadır. Plazma (gaz fazında) plazma-sıvı arayüzü ve sıvı faz dahil olmak üzere reaksiyon için üç ana alan önerilmiştir. Bir plazma oluşturulduğunda, bir dizi serbest elektron, yani ikincil elektronlar, en yüksek yoğunluğa sahip bir çözeltide (10^{17} ila 10^{20} cm^{-3}) artmaktadır. Elektron yoğunluğu ve sıcaklık, plazma kaynaklı elektrokimyasal reaksiyonlarda önemli bir rol oynamaktadır (Namihiro vd. 2007, Sueda vd. 2007, Saito vd. 2014).

Yui vd. (2017) tarafından Şekil 2.7'de gösterildiği gibi modifiye absorpsiyon mikroskobu kullanılarak sulu bir çözelti altında çözelti plazma sistemindeki ağır partiküllerin dağılımı araştırılmıştır. Bir senkron deşarj darbe güç kaynağı ve bir optik geçiş filtresi ile birleştirilmiş bir zaman kapılı optik detektör kullanılmıştır. Şekil 2.7 (b), elektron rekombinasyon prosesi tarafından üretilen ve katoda doğru hareket eden radyasyonu göstermektedir. Bu kanıt, ikincil elektronların katot tarafında verimli bir şekilde üretildiğini ve diğer parçacıklarla rekombinasyon üzerine radyasyon eden olduğu belirtilmektedir. H ve OH radyasyon dağılımları Şekil 2.7'de (c) ve (d) sırasıyla gösterilmiştir. Radyasyon dağıtım merkezlerinin ikisi de katoda doğru göç etmekte, ancak uzaysal dağılım özelliklerinin farklı olduğu belirtilmektedir. Chen vd. (2013) tarafından, Çözelti plazma sistemini araştırmak için elektrostatik prob adı verilen prob yöntemini de kullanılmıştır. Deneysel kurulum Şekil 2.8 (a)'da gösterilmektedir. Sıvıdaki deşarj

plazmasının potansiyel yapısı, elde edilen voltaj sinyali değerlendirilerek belirlenebilmektedir (Şekil 8 (b)). Sıvıdaki plazma deşarjı genellikle negatif yükler açısından zengindir ve elektron afinitelerine bağlı olarak plazma-sıvı arayüzünde çok sayıda iyon katmanı üretilmektedir. H^+ gibi pozitif parçacıklar OH^- gibi negatif iyonlara kıyasla daha düşük kütleye sahip olmakta, ara yüzeye hızlı bir şekilde göç etmektedir. Negatif parçacıklar ise plazma içinde tutulmaktadır.



Şekil 2.7 Sulu deşarj plazmasındaki aktif maddelerin kimyasal kontrast görüntüleri: (a) referans mikroskopik görüntüler; (b) elektronlar (bant geçiren dalga boyu 373-387 nm); (c) hidrojen radikali (bant geçiren dalga boyu 648-662 nm); (d) hidroksil radikali (bant geçiren dalga boyu 278-292 nm) (Yui vd. 2017).



Şekil 2.8 (a) Sıvı plazma ve elektrostatik prob sisteminin şematik diyagramı ve (b) sıvı fazdaki plazmanın elektriksel çift katmanlı yapısal diyagramı (Chen vd. 2013).

Çözelti plazmada farklı tip sulu çözeltiler altında ve farklı elektrot tipleri kullanılarak elektriksel deşarjlar ve tekrarlar sıklığı araştırılmış ve elektriksel bozulma ve reaktif türlerin oluşumu üzerindeki etkisi ortaya konmuştur (Saito vd. 2017). $\cdot\text{OH}$, sayı yoğunluğu, aynı iletkenlikte ($500\ \mu\text{S}/\text{cm}$) HCl, KCl ve KOH içeren sulu çözeltilerde tel tipi tungsten elektrotların uçları arasındaki iki kutuplu bir elektrik boşalması Miron vd. (2011) tarafından ölçülmüştür. Kırılma voltajı HCl için 920 V, KCl için 850 V ve KOH için 478 V'ta meydana gelmiştir; bu, plazma parçalanması için gereken enerjinin HCl çözeltisi için KCl ve KOH çözeltisinden daha yüksek olduğunu ima etmektedir. Ek olarak, suyun hidrojen iyonları oluşturmak üzere iyonlaşmasını ve ayrışmasını önerebilen sıvı iletkenlik ölçümü, HCl çözeltisi için nispeten daha yüksek bulunmuştur. İletkenlik arttıkça (yaklaşık $520\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 'ye kadar), boşalma daha güçlü hale gelmiştir ve ikincil salınım süreci nedeniyle metal yüzeyin aşınmasını hızlandırmıştır. İkincil salınım, elektrotların ucuna yakın elektronca zengin kılıfta iyonlardan metal elektrot yüzeyine çarpışma olasılığını artırır ve iyonların çarpışma olasılığını artırmaktadır (Langendorf ve Walker 2015, Magnusson vd. 2020).

Ayrıca, sulu çözelti ve etanol gibi organik çözücü karışımı da Takeuchi vd. (2020) tarafından araştırılmıştır (Takeuchi vd. 2020). Bozulma gecikmekte ve kararlı durum deşarjına (sabit akım) kadar gereken süre, tek başına sulu çözelti ile karşılaştırıldığında %50 etanol içeren karışım için daha uzun olduğu belirtilmektedir. Bunun nedeni, bir etanol molekülünün ($16\ \text{eV}$) iyonlaşma enerjisinin, bir su molekülününkinden ($13\ \text{eV}$) daha yüksek olmasıdır. Etanolün toplam iyonizasyon kesiti, elektron enerjisi $16\ \text{eV}$ 'den (Schmieder 1930, Szymkowski ve Mozejko 2006) daha yüksek olan sudan daha büyük olduğu ifade edilmektedir. Ancak, çözeltiye etanol ilavesi ile deşarj olasılığı ve kabarcık oluşturmak için gereken güç artmakta ve etanol ilavesiyle azalan bir deşarj başlatmaktadır. Bu, etanolün suya kıyasla daha düşük kaynama sıcaklığından kaynaklanabilmektedir. Ayrıca, etanolü solüsyonda (%50) boşaltmanın, etanol içermeyen solüsyonda elde edilenden daha küçük boyutlu kabarcıklar ürettiği, bu da deşarjların daha kolay sürdürülmesine ve daha yüksek deşarj olasılığına neden olduğu bulunmuştur.

Elektrot türleri ayrıca, çözelti plazma işleminde elektriksel bozulma ve $\cdot\text{OH}$ üretimi üzerinde önemli bir etki göstermiştir. Miron vd. (2010) tarafından, sirkülasyonlu ve sirkülasyonsuz su sistemleri ile tantal (Ta) ve tungsten (W) elektrotları kullanarak çözelti plazma prosesinde akım-voltaj karakteristiklerini ve optik emisyon spektroskopisini incelenmiştir (Miron vd. 2010). Karşılaştırıldığında, elektriksel bozulma için gereken enerji de Ta elektrotlu sistemlerde daha yüksek bulunmuştur. Tüm sistemler için akım-voltaj karakteristikleri, bir kıvılcım deşarjının özelliklerini göstermekte ve Ta elektrotlarının kullanılması durumunda ark plazmasına geçiş gözlemlenmiştir. Elektrot tiplerinin reaktif türlerin oluşumu üzerindeki etkisi sürekli olarak araştırılmaktadır. Hayashi vd. (2017), bakır (Cu) elektrotlar kullanarak sudaki elektriksel deşarjı da araştırmıştır. Optik emisyon spektrumlarında atomik Cu'nun emisyon çizgisini bulmuşlardır ve Cu atomlarının OH oluşumunu teşvik etmek için bir katalizör görevi görebileceğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca, sadece elektrot tiplerinin etkisi değil, aynı zamanda elektrotların parlatılması da Çözelti plazma için önemli bir adım olduğu ifade edilmektedir. Yui ve Banno (2017), keskinleştirmenin plazmanın uzaysal konumunun stabilitesini artırabileceğini bildirmiştir.

Frekans gibi plazma parametrelerinin, puls başına enjekte edilen enerjinin nispi miktarı ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Ne yazık ki, araştırma, sadece benzende bipolar güç kaynağı (25 ila 65 kHz) kullanılarak darbe frekansı uygulanarak gerçekleştirilmiştir, bu da karbon malzemelerinin oluşumuna yol açmaktadır (Kang vd. 2013).

Birçok araştırmacı, sulu çözeltiler altında elektrik deşarjının verimliliğini, sisteme farklı konfigürasyonlarda kabarcıklar ekleyerek arttırmaya çalışmıştır. Hayashi vd. (2017), tarafından, güçlü bir oksitleyici olan hidrojen peroksit oluşumunu ince O_2 kabarcıkları ile bipolar darbeli voltaj uygulayarak incelenmiştir. Sonuç, yüksek çözünmüş O_2 konsantrasyonunun H_2O_2 miktarını önemsiz derecede arttırdığını göstermiştir. Ayrıca, Yui ve Banno (2017) tarafından, elektrot unucunda bir doğrudan gaz enjeksiyon sistemi geliştirilmiştir. Enjekte edilen gazlar O_2 , CO_2 , N_2 ve Ar olarak belirtilmiştir. Gazların enjeksiyonu, plazmanın uzaysal dalgalanmasına neden olmaktadır. Plazmadaki elektron sayısı yoğunluğunun O_2 , CO_2 ve N_2 enjekte edilerek arttırıldığı bulunmuştur. Bunun nedeni, uygulanan voltaj ile hızlandırılabilen pozitif yüklü iyonlar ile diğer parçacıklar,

iyonlar ve katodik elektrot arasındaki artan çarpışma ile plazmadaki elektron üretiminin artmasından kaynaklı olduğu ifade edilmektedir. H₂'den daha büyük molekler ağırlıklara sahip enjekte edilen gazlar nedeniyle çarpışmanın kinetik darbeleri artmaktadır. Öte yandan, Ar gazının enjeksiyonu, elektron sayısı yoğunluğunun azalmasına neden olmaktadır. Bunun nedeni, Ar'ın O₂ (1175 kJ/mol) gibi diğer gazlarla karşılaştırıldığında 1500 kJ/mol'lük daha büyük bir iyonizasyon enerjisine sahip olan bir soy gaz olmasıdır (Banno vd. 2016).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

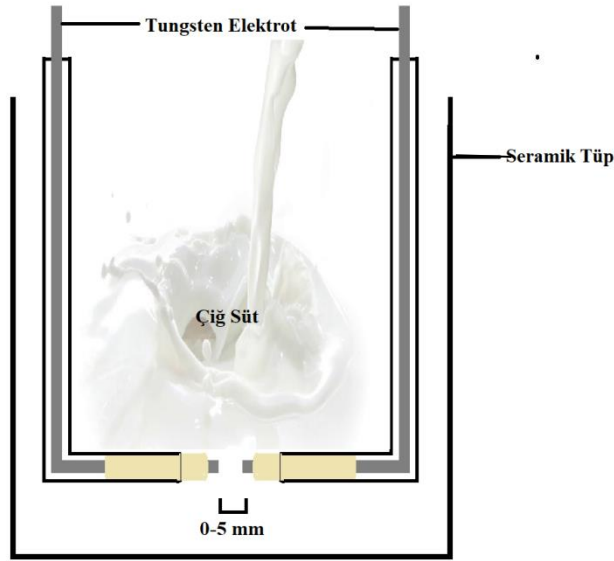
Araştırmada kullanılan çiğ süt, Afyonkarahisar il sınırları içerisindeki süt üreticisinden temin edilerek soğuk zincir sağlanarak Afyon Kocatepe Üniversite Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Mikrobiyoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir. Çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanan örnekler, analizler tamamlanıncaya kadar buzdolabında (0-4 ° C) muhafaza edilmiştir.

3.1.1 Çözelti Plazma Sisteminin Kurulumu

Plazma oluşturmak için kullanılan sistem cam reaksiyon hücresi, DC güç kaynağı ve elektrotlardan oluşmaktadır. Deneyde kullanılan güç kaynağı 0-4 kV aralığında darbeli DC gerilim sağlayabilen bir güç kaynağıdır. PEKURIS marka güç kaynağı, frekans aralığı 0- 30 kHz ve darbe genişliği 0-10 µs olan darbeli DC gerilim kaynaklarıdır. Ayrıca yüksek voltajlı bir güç kaynağı olduğu için deney sırasında deşarjdan önce uygulanan voltajı ölçmek için bir multimetreye bağlı bir yardımcı devre kullanılmaktadır. Çalışma esnasında uygulanan voltaj, darbe genişliği ve frekansı istenilen seviyelere ayarlanabilmektedir (Keçeci 2021).



Şekil 3.1 Çözelti plazma tekniğinin çiğ süte uygulama esnasında sistemin fotoğrafı.



Şekil 3.2 Reaksiyon kabı ve elektrotların şemasal görünümü.

Silindirik seramik kaplı ve 0,3 mm aralıklı iki adet 1 mm kalınlığında tungsten (W) elektrottan oluşmaktadır. Tungsten elektrotlar arasındaki mesafe 0-5 mm arasında ayarlanabilmektedir. Deney sırasında, DC güç kaynağı tarafından sağlanan voltaj, çözeltide birde şarj oluşturmak için tungsten elektrotla beslenmekte, böylece çözeltide bir kimyasal indirgeme işlemi sağlanmaktadır (Keçeci 2021).

3.1.2 Çiğ Süt ve Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

3.1.2.1 Asitlik Tayini

Çiğ süt ve Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerden cam pipet ile 25 ml alınmış ve erlenmayer içerisine koyulmuştur. %2'lik fenolftaleinçözeltisi birkaç damla eklenmiştir. İçinde 0,25 N NaOH bulunan SH° büreti ile, sabit pembe renk oluşana kadar titre edilmiştir. Titrasyon işleminin sonunda bürette harcanan NaOH miktarı skaladan okunmuştur, değer çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin SH° cinsinden asitlik değeri olarak kaydedilmiştir. (Metin ve Öztürk 2008).

3.1.2.2 pH

Çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin pH değerleri Cyberscan 300 model pH metre ile ölçülmüştür (Akarca 2013).

3.1.2.3 Briks

Çiğ sütün ve Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerinlerin briksi el refraktometresi yardımıyla tayin edilmiştir. İlk olarak refraktometre cihazı saf su ile kalibre edilmiştir. Sonrasında çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örnekler karıştırılarak homojen hale getirilmiştir ve pipet yardımıyla refraktometrenin mavi renkli camı üzerine birkaç damla örneklerden damlatılmıştır. Cihazın üstündeki şeffaf kapak üzerine kapatılarak sütün çok ince bir tabaka halinde yayılması sağlanmıştır. Sonra cihaz ışığa doğru tutulup göze dayatarak içindeki skaladan değer okunmuştur. Okunan değer kaydedilmiştir (İnt.Kyn 8).

3.1.2.4 Su Aktivitesi (a_w)

Çiğ sütün ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinlerin a_w değeri Novasina TH-500 a_w Sprint cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Akarca 2013).

3.1.2.5 % Kuru Madde Tayini

Çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin kuru madde tayini AOAC 990.20'ye göre yapılmıştır. Öncelikle örneklerin konulacağı alüminyum tartım kaplar etüvde (MMM Incucell, Almanya) 105 ± 1 °C'de 4 saat kurutumuştur. Daha sonra desikatörde soğutulmuştur. Oda sıcaklığına soğutulmuş alüminyum kapların darası hassas terazi (Rodwag PS 600/C/2) ile ölçülüp kaydedilmiştir. Daha sonra her kaba ortalama 5mL süt örneği konulmuştur. Konulan numune miktarı hassas terazi kullanılarak belirlenmiş ve kaydedilmiştir. Çiğ süt ve plazma tekniği uygulanan örnekler etüvde (MMM Incucell, Almanya) 105 ± 1 °C'de kurumaya bırakılmıştır. Numuneler 4 saat sonra çıkarılarak, desikatöre aktarılıp, soğutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra tekrar etüve

konulup 2 saat daha bekletilmiştir. Bekletilen süre sonunda tekrar desikatöre alınmış, soğutulmuş ve tekrar tartılmıştır. İki tartım arasındaki değer sabit oluncaya kadar işleme devam edilmiştir. Son olarak hassas terazide tartılan numunelerin kuru madde değerleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Anonim 2002).

$$\text{Kuru Madde (\%)} = (G3 - G1) \div (G2 - G1) \times 100 \quad (3.1)$$

Burada;

G1: Boş kurutma kabının g olarak ağırlığı,

G2: Çiğ süt ve çözelti plazma uygulanmış örnek ile birlikte g olarak kabın ağırlığı,

G3: Kurutulmuş çiğ süt ve çözelti plazma uygulanmış örnek ile birlikte kabın g olarak ağırlığını göstermektedir.

3.1.2.6 Yoğunluk

Çiğ süt ve çözelti plazma Tekniği uygulanmış örneklerin yoğunluk tayini laktodansimetre ile ölçülmüştür. Yoğunluk tayini yapılırken normal olarak ölçümün 20 C°'de yapılması gerekmektedir. Ancak bu sıcaklığın en fazla 5 C° altında veya üstünde bir sıcaklık derecesinde ölçüm yapılabilir. Bu durum söz konusu olduğunda düzeltme yapılması gerekmektedir. Sıcaklık, yüksek olduğunda her 1 C° için 0,2 LD ilave edilirken, düşük olduğunda her bir 1 C° için 0,2 LD çıkartılmaktadır. Süt örneği bir mezürenin 3/4'ü doluncaya kadar köpürmeyecek şekilde boşaltılmıştır. Temiz ve kuru bir laktodansimetre boyun bölümünden tutularak 30 bölüntüsüne kadar yavaşça süte daldırılmış ve biraz beklenilmiş tam olarak serbest bırakılmıştır. Laktodansimetre skalası sabit kaldığında skaladan değer okunmuştur. Aynı zamanda sütün sıcaklığı, laktodansimetrenin boyun bölümünde bulunan termometreden belirlenmiştir. Örneklerin sıcaklığına göre okunan değer için düzeltme yapılması gereken sıcaklıklar için düzeltme yapılmıştır. Okunan laktodansimetre derecesi önüne 1,0 rakamı getirilerek çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin yoğunluğu belirlenmiş ve kaydedilmiştir (İnt.Kyn 8).

3.1.2.7 Renk Değerlerinin Ölçümü

Gıda kalitesinin ilk izlenim, ürünün rengine göre verilmektedir. Bu nedenle renk değerlerinin doğru ölçmek işletmeler için önemlidir. Gıdaların işleme, depolanma gibi süreç sonrasında kalite değişikliklerini analiz ederken gıda kalitesinin standartlara uygunluğunun belirlenmesinde renk ölçümleri kullanılmaktadır. (Anonim 2014). Çiğ süt ve Çözeltili Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin renk değerinin ölçümü Kolorimetre (ChromaMeter Cr-400) cihazı kullanılmıştır. Renk değerleri L^* , a^* , b^* skalalarına göre belirlenmiştir. İşleme Hunter L^* , a^* , b^* kolorimetre cihazını kalibre ederek başlanmıştır. Beyaz bir kalibrasyon plakası kullanılarak kalibrasyon tamamlanmıştır (Oberg vd. 1991). Renk değerlerini elde etmek için yeterli ışık altında çiğ süt ve çözelti plazma uygulanmış örnekler düz bir yüzeye yerleştirilerek değerler okunmuştur. Okunan değerler kaydedilmiştir.

3.1.3 Çiğ Süt ve Çözeltili Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Mikrobiyolojik Analizleri

3.1.3.1 Örneklerin Mikrobiyolojik Analizler İçin Hazırlanması

Afyonkarahisar ilinde bulunan süt üreticisinden temin edilen çiğ süt numunesi steril koşullar altında 10 mL alınarak, steril stomacher torbalarına (LpItaliana Spa-174538) koyulmuştur. Üzerine 90 mL steril ringer (Merck- 115525) çözeltisinden ilave edilerek stomacher (Stomacher® 400 UK) de 2 dakika boyunca orta hızda homojen hale getirilmiştir. Elde edilen bu homojen karışım 10^{-1} dilüsyon sayılmıştır (Sekin ve Karagözlü 2004).

Hazırlanan 10^{-1} 'lik dilüsyondan steril bir otomatik pipet (Research Plus, Eppendorf, Almanya) yardımı ile 1 mL alınarak içerisinde 9 mL steril ringer (Merck, 115525, Almanya) çözeltisi bulunan cam tüp içerisine aktarılmıştır. Karıştırılarak 10^{-2} 'lik dilüsyon elde edilmiştir. Bu şekilde 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} ve 10^{-6} 'lık seri dilüsyonlar da hazırlanmıştır (Akarca 2013).

3.1.3.2 Maya ve Küf Sayısı

Maya ve küf sayısı yayma plak yöntemi ile 121°C 'de 1 atmosfer basınçta 20 dakika boyunca otoklavda sterilize edilen Potato Dexrose Agar (Merck 1.10130, PDA) besiyeri kullanılmıştır. Besiyerleri, 41- 45°C 'ye kadar soğutulduktan sonra pH 'sını 3,5± 0,1'e, ayarlamak için %10'luk steril tartaric asit kullanılmıştır (Koburger and Marth 1984).

Besiyeri, petri kutularına yaklaşık olarak 12,5 mL olacak şekilde dökülmüştür. Besiyerinin petri kutusuna eşit bir şekilde yayılması için, petri kutusu yavaşça, düz bir zeminde dairesel hareket ettirilmiştir. Besiyerinin katılaşmanı bekledikten sonra, direk olarak örneklerinden hazırlanan dilusyonlardan çift paralel olacak şekilde steril uçlu pipet yardımı ile 0,1 mL petri kutularına ekim yapılmıştır (Dokuzlu 2004).

Bir beher içerisinde % 76'lık (v/v) etil alkolde tutulan cam drigalski spatülü, bunsen beki alevinden geçirilerek alkolü uzaklaştırılmış ve sterilize edilmiştir. Sterilize edilen spatül önce petri kutusunun boş bir yerinde soğutulduktan sonra, ekimi yapılan örnekleri, petri kutusunun her yerine eşit olacak şekilde drigalski spatülü ile yayılmıştır (Dokuzlu 2004, Halkman 2005).

Besiyerlerinin inokulatu emmesi için bir süre beklendikten sonra, petri kutuları ters çevrilerek sıcaklığı 20- 25°C olan inkubatörlerde 5-7 gün inkubasyona bırakılmıştır. İnkubasyon sonunda çiğ süt ve çözültitekniki uygulanmış örneklerin besiyeri üzerinde gelişen 0,5 mm den daha büyük koloniler sayılmıştır. Hesaplama aşağıda yer alan denklem (3.2)'e göre yapılmıştır ve sonuçlar kaydedilmiştir (Dokuzlu 2004, Halkman 2005).

$$N = C \div (V \times (n1 + 0,1 \times n2) \times d) \quad (3.2)$$

Burada;

N: Gıda örneğinin 1 g ya da 1 mililitresindeki mikroorganizma sayısı

C: Sayımı yapılan tüm petri kutularındaki koloni sayısının toplamı

V: Sayımı yapılan petri kutularına aktarılan hacim (mL)

n1: İlk seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

- n2: İkinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi
d: Sayımın yapıldığı ardışık iki seyreltiden daha konsantre olanın seyrelme oranı

3.1.3.3 Toplam Koliform Bakteri Sayısı

Koliform grubu bakteri sayısı, yayma plak yöntemi yapılmıştır. Bu analizde kullanılan Violet Red Bile Agar (VRBA Merck 101406, Almanya) su banyosunda sterilize edilmiştir. Besiyeri, petri kutularına yaklaşık olarak 12,5 mL olacak şekilde dökülmüştür. Besiyerinin petri kutusuna eşit bir şekilde yayılması için, petri kutusu yavaşça, düz bir zeminde dairesel hareket ettirilmiştir. Besiyerinin katılaşması beklendikten sonra çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerden hazırlanan dilusyonlardan çift paralel olacak şekilde steril uçlu pipet yardımıyla 0,1 mL petri kutularına ekim yapılmıştır. (Dağdemir 2006).

Bir beher içerisinde % 76'lık (v/v) etil alkolde tutulan cam drigalski spatülü, bunsen beki alevinden geçirilerek alkolü uzaklaştırılmış ve sterilize edilmiştir. Sterilize edilen spatül önce petri kutusunun boş bir yerinde soğutulduktan sonra, ekimi yapılan örnekleri, petri kutusunun her yerine eşit olacak şekilde drigalski spatülü ile yayılmıştır (Dokuzlu 2004, Halkman 2005).

Örneklerin besiyeri tarafından emilmesi için bir süre beklendikten sonra, katılaşmış besiyerinin üzerine VRBA ikinci kez ilkinden 4-5 mL civarında daha az olacak şekilde dökülerek petri kutusu, düz bir zeminde dairesel hareket ettirilerek besiyerinin eşit bir şekilde yayılması sağlanmıştır. Besiyerleri katılaştıktan sonra petri kutuları ters çevrilerek 30°C'deki inkubatörlerde 24- 48 saat inkubasyona bırakılmıştır. İnkubasyon sonunda çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform grubu bakteri sayısı denklem (3.2)'e göre yapılmıştır ve sonuçlar kaydedilmiştir (Halkman 2005).

3.1.3.4 Toplam Aerobik Mezofil Bakteri (TAMB) Sayısı

Toplam aerobik mezofil bakteri sayısı, yayma plak yöntemi yapılmıştır. Bu analizde kullanılan Plate Count Agar (PCA), (Merck, 105463, Almanya) 121°C 'de 1 atmosfer basınçta 20 dakika boyunca otoklavda sterilize edilmiştir. Sterilize edilip soğutulan besiyeri petri kutularına yaklaşık olarak 12,5 mL olacak şekilde dökülmüştür (Dokuzlu 2004, Halkman 2005).

Bir beher içerisinde % 76'lık (v/v) etil alkolde tutulan cam drigalski spatülü, bunsenbeki alevinden geçirilerek alkolü uzaklaştırılmış ve sterilize edilmiştir. Sterilize edilen spatül önce petri kutusunun boş bir yerinde soğutulduktan sonra, ekimi yapılan örnekleri, petri kutusunun her yerine eşit olacak şekilde drigalski spatülü ile yayılmıştır. Besiyerlerinin inokulatu emmesi için bir süre beklendikten sonra, petri kutuları ters çevrilerek 30° C'deki inkubatörlerde aerobik koşullarda 24-48 saat süreyle inkubasyona bırakılmıştır. İnkubasyon sonunda çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin besiyeri üzerinde gelişen 0,5 mm'den daha büyük kolonilerin sayısı denklem (3.2)'e göre yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir (Dokuzlu 2004, Halkman 2005).

3.1.3.5 Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri (TAPB) Sayısı

Toplam aerobik psikrofil bakteri sayısı yayma plak yöntemi yapılmıştır. Bu analizde kullanılan Plate Count Agar (PCA) (Merck 105463, Almanya) 121 °C'de, 1 atmosfer basınçta 20 dakika süre ile otoklavda sterilize edilmiştir. Besiyeri 41-45°C'ye kadar soğutulduktan sonra petri kutularına yaklaşık olarak 12,5 mL olacak şekilde dökülmüştür (Dokuzlu 2004, Halkman 2005).

Besiyerinin petri kutusuna eşit bir şekilde yayılması için, petri kutusu yavaşça, düz bir zeminde dairesel hareket ettirilmiştir. Besiyerinin katılaşması beklenilmiştir. Ardından çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerden hazırlanan dilusyonlardan çift paralel olacak şekilde steril uçlu pipet yardımı ile 0,1 mL petri kutularına ekim yapılmıştır (Dokuzlu 2004, Halkman 2005).

Bir beher içerisinde % 76'lık (v/v) etil alkolde tutulan cam drigalski spatülü, bunsenbeki alevinden geçirilerek alkolü uzaklaştırılmış ve sterilize edilmiştir Sterilize edilen spatül önce petri kutusunun boş bir yerinde soğutulduktan sonra, ekimi yapılan örnekleri, petri kutusunun her yerine eşit olacak şekilde drigalski spatülü ile yayılmıştır. Besiyerlerinin inokulatu emmesi için bir süre beklendikten sonra, petri kutuları ters çevrilerek 4 °C'deki buzdolaplarında aaerobik koşullarda 5-7 gün inkubasyona bırakılmıştır. İnkubasyon sonunda çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin besiyerlerinin üzerinde gelişen 0,5 mm'den daha büyük koloniler sayılmıştır. Hesaplama denklem (3.2)'e göre yapılmıştır ve sonuçlar kaydedilmiştir (Dokuzlu 2004, Halkman 2005).

3.2 İstatistiksel Analizler

Çalışmada çiğ süt ve çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değerlerinin istatistiksel değerlendirmesinde varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi SPSS for Windows realses ver. 22.0 paket program kullanılarak yapılmıştır (SPSS 2008).

4. BULGULAR

Bu araştımda çiğ süte çözelti plazma tekniği uygulanmıştır. Söz konusu çözelti plazma tekniği uygulanan çiğ sütte fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler incelenmiştir. Bulunan sonuçlar istatistiksel yönden değerlendirilmiş ve bu konuda yapılan sınırlı çalışmalarla da karşılaştırılarak bulgular yorumlanmıştır.

4.1 Çiğ Süt Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Çözelti plazma tekniği uygulanacak çiğ süt örneklerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin izelge 4.1’de gösterilmektedir.

Fizikokimyasal olarak incelenen çiğ süt örneklerinde °SH değerı 7,30 ile 9,05 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama °SH değerı 7,35 olarak belirlenmiştir. pH değerı 6,31 ile 6,85 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama pH 6,77 olarak belirlenmiştir. Briks değerı 8,55 ile 10 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama briks değerı 8,97 olarak belirlenmiştir. Su aktivitesi(a_w) değerı 0,77 ile 0,87 arasında değişim göstermiş olup, ortalama su aktivitesi(a_w) değerı 0,83 olarak belirlenmiştir. % Kuru madde değerı 10,4 ile 15,6 arasında değişim göstermiş olup, ortalama % kuru madde değerı 13,34 olarak belirlenmiştir. Yoğunluk değerı 1,025 ile 1,031 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama yoğunluk 1,028 olarak belirlenmiştir. L^* değerı 90,77 ile 96,81 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama L^* değerı 94,25 olarak belirlenmiştir. a^* değerı 0,135 ile 1,53 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama a^* değerı 0,83 olarak belirlenmiştir. b^* değerı 0,325 ile 3,75 arasınd değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama b^* değerı 2,85 olarak belirlenmiştir.

Mikrobiyolojik olarak incelenen çiğ süt örneklerinin toplam, maya küf sayısı, koliform sayısı, mezofilik bakteri sayısı ve psikrofilik bakteri sayısı ortalama değerleri izelge 4.1’ belirtilmiştir.

Çizelge 4.1 Çiğ sütün fizikokimyasal özellikleri

Fizikokimyasal Özellikler	Çiğ süt
°SH	7,35±0,35
pH	6,77±0,12
Briks	8,97±0,03
Su Aktivitesi(a_w)	0,83±0,05
% Kuru Madde	13,34±0,01
Yoğunluk	1,028±0,02
L*	94,25±0,93
a*	0,83±0,93
b*	2,85±0,86
Toplam Maya-Küf Sayısı (CFU/mL)	5,62±0,88
Toplam Koliform Bakteri Sayısı (CFU/mL)	4,66±0,3
Toplam Mezofilik Bakteri Sayısı (CFU/mL)	6,3±0,79
Toplam Psikrofilik Bakteri Sayısı (CFU/mL)	5,92±0,50

4.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Fizikokimyasal Özellikleri

4.2.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin °SH Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki °SH değerleri çizelge 4.2’de, Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin °SH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin °SH değerlerindeki değişim şekil 4.1’de, parametrelere bağlı °SH değerlerindeki değişim ise şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin °SH değerleri.

	Aralık(mm)	Frekans (Hz)	Voltaj(V)	Süre(dk.)			
				2	5	7	10
1	15000	4	7,55±0,03 ^{Cc}	8,44±0,02 ^{Bb}	8,59±0,01 ^{Ba}	8,63±0,01 ^{Ca}	
1	15000	5	8,33±0,03 ^{Bd}	8,43±0,02 ^{Bc}	8,5±0,01 ^{Cb}	8,81±0,02 ^{Ba}	
1	15000	6	8,69±0,02 ^{Ac}	8,79±0,01 ^{Ab}	8,80±0,01 ^{Ab}	8,99±0,01 ^{Aa}	
1	16000	4	8,22±0,02 ^{Ad}	8,41±0,02 ^{Ac}	8,62±0,01 ^{Bb}	8,81±0,01 ^{Ba}	
1	16000	5	7,99±0,007 ^{Cd}	8,15±0,07 ^{Bc}	8,41±0,01 ^{Cb}	8,60±0,007 ^{Ca}	
1	16000	6	8,11±0,01 ^{Bd}	8,50±0,007 ^{Ac}	8,71±0,01 ^{Ab}	8,90±0,007 ^{Aa}	
1	17000	4	8,41±0,007 ^{Ad}	8,61±0,02 ^{Ac}	8,81±0,007 ^{Ab}	9,05±0,07 ^{Aa}	
1	17000	5	8,05±0,07 ^{Bd}	8,21±0,02 ^{Cc}	8,34±0,01 ^{Cb}	8,45±0,007 ^{Ca}	
1	17000	6	8,31±0,007 ^{Ac}	8,32±0,007 ^{Bc}	8,50±0,01 ^{Bb}	8,61±0,007 ^{Ba}	
3	15000	4	7,71±0,007 ^{Cd}	8,05±0,07 ^{Cc}	8,50±0,007 ^{Bb}	9,05±0,07 ^{Aa}	
3	15000	5	8,47±0,06 ^{Ad}	8,71±0,01 ^{Ac}	9,05±0,07 ^{Ab}	9,21±0,01 ^{Aa}	
3	15000	6	8,30±0,007 ^{Bc}	8,51±0,01 ^{Bb}	8,61±0,01 ^{Bb}	9,05±0,07 ^{Aa}	
3	16000	4	8,90±0,007 ^{Bd}	9,21±0,01 ^{Bc}	9,50±0,007 ^{Bb}	9,60±0,007 ^{Ba}	
3	16000	5	8,51±0,007 ^{Cd}	8,61±0,01 ^{Cc}	8,80±0,007 ^{Cb}	8,91±0,01 ^{Ca}	
3	16000	6	9,30±0,007 ^{Ad}	9,52±0,01 ^{Ac}	9,72±0,01 ^{Ab}	9,80±0,007 ^{Aa}	
3	17000	4	8,90±0,007 ^{Ad}	9,05±0,07 ^{Ac}	9,21±0,01 ^{Ab}	9,40±0,007 ^{Aa}	
3	17000	5	8,30±0,007 ^{Bd}	8,51±0,01 ^{Bc}	8,60±0,007 ^{Bb}	8,80±0,007 ^{Ba}	
3	17000	6	7,50±0,007 ^{Cc}	8,06±0,08 ^{Cb}	8,12±0,03 ^{Cab}	8,21±0,01 ^{Ca}	
5	15000	4	7,81±0,01 ^{Bc}	8,05±0,07 ^{Ab}	8,05±0,07 ^{Bb}	8,31±0,01 ^{Ba}	
5	15000	5	7,91±0,01 ^{Bd}	8,05±0,07 ^{Ac}	8,30±0,07 ^{Ab}	8,51±0,01 ^{Aa}	
5	15000	6	8,15±0,07 ^{Ab}	8,22±0,03 ^{Ab}	8,42±0,03 ^{Aa}	8,55±0,07 ^{Aa}	
5	16000	4	8,05±0,07 ^{Ac}	8,22±0,03 ^{Abc}	8,35±0,07 ^{Ab}	8,55±0,07 ^{Aa}	
5	16000	5	8,05±0,07 ^{Ac}	8,22±0,03 ^{Ab}	8,31±001 ^{Ab}	8,50±0,07 ^{Aa}	
5	16000	6	8,05±0,07 ^{Ac}	8,30±0,07 ^{Ab}	8,42±0,03 ^{Aa}	8,51±0,01 ^{Aa}	
5	17000	4	7,90±0,007 ^{Cc}	8,12±0,03 ^{Cb}	8,21±0,01 ^{Cb}	8,33±0,05 ^{Ca}	
5	17000	5	8,50±0,007 ^{Ac}	8,82±0,03 ^{Ab}	8,90±0,007 ^{Ab}	9,05±0,07 ^{Aa}	
5	17000	6	8,22±0,03 ^{Bd}	8,30±0,007 ^{Bc}	8,42±0,03 ^{Bb}	8,60±0,007 ^{Ba}	

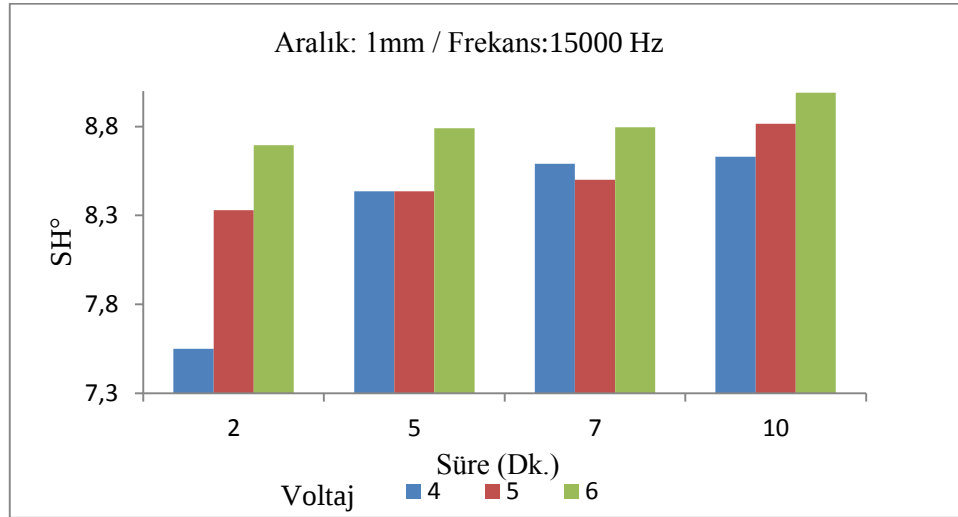
a-d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05).

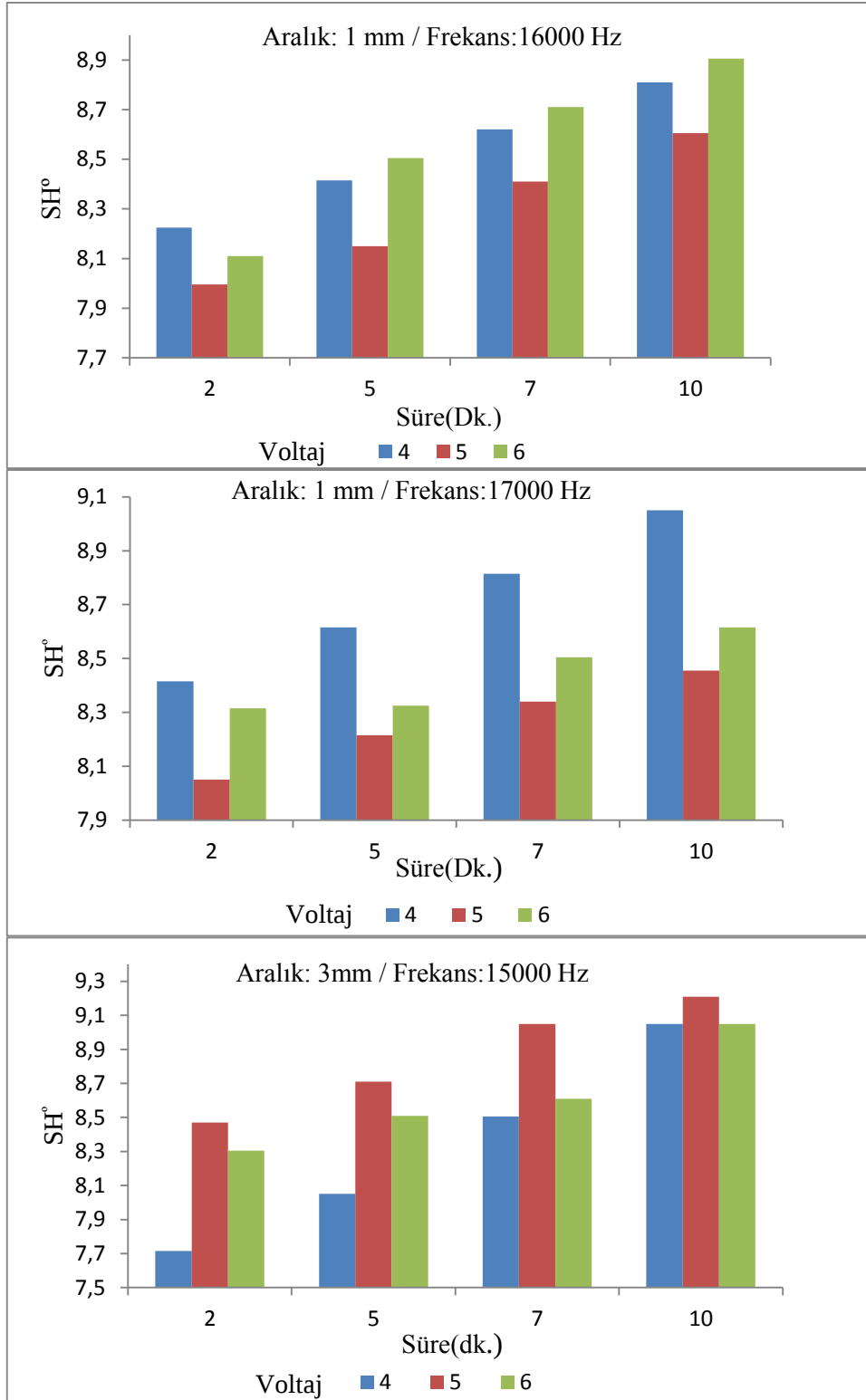
Çizelge 4.3 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin °SH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	-0.165*
Voltaj	<0.0001	0.024
Frekans	<0.0001	0.044
Süre	<0.0001	0.482**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans*Süre	<0.0001	--

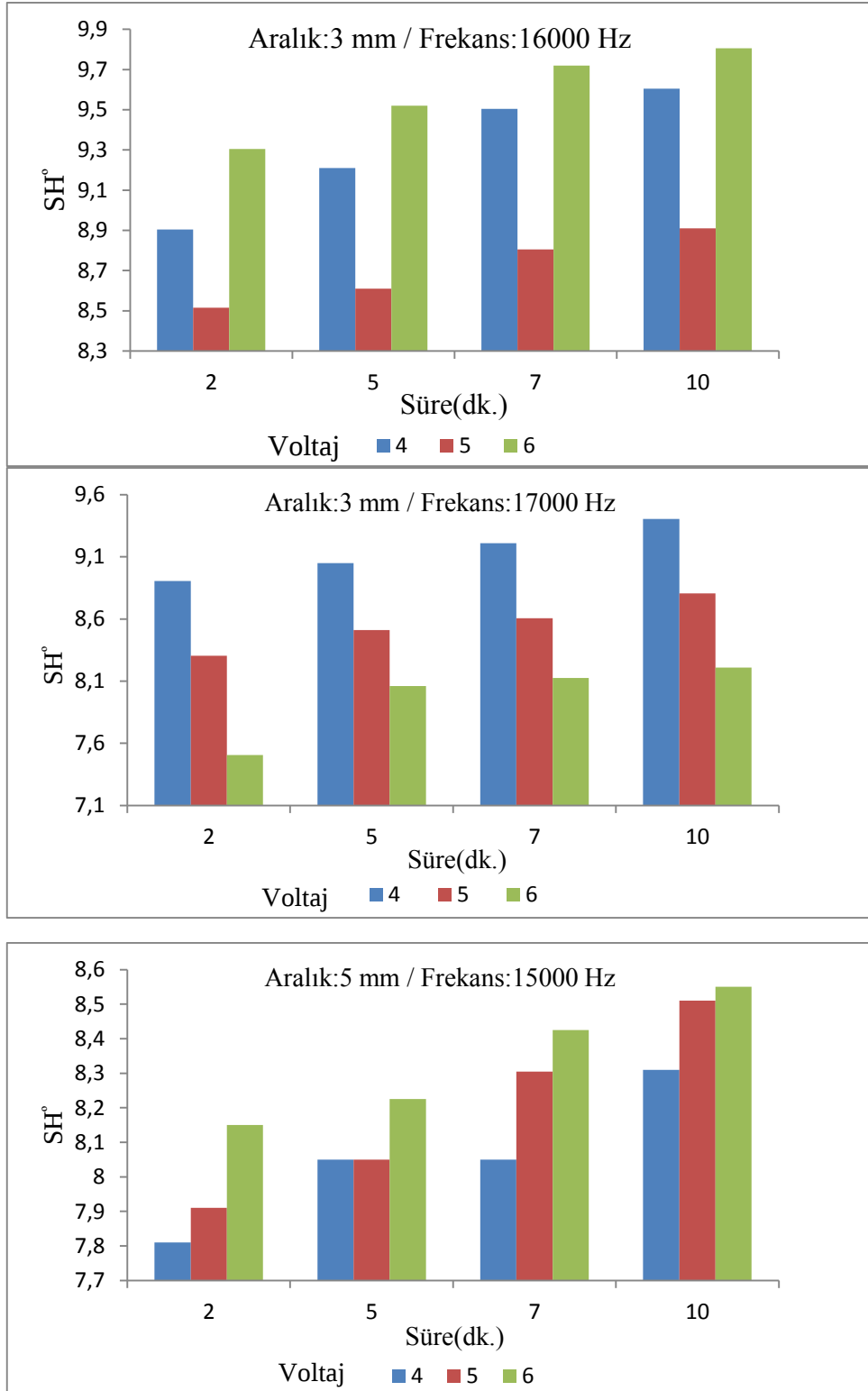
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05: İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



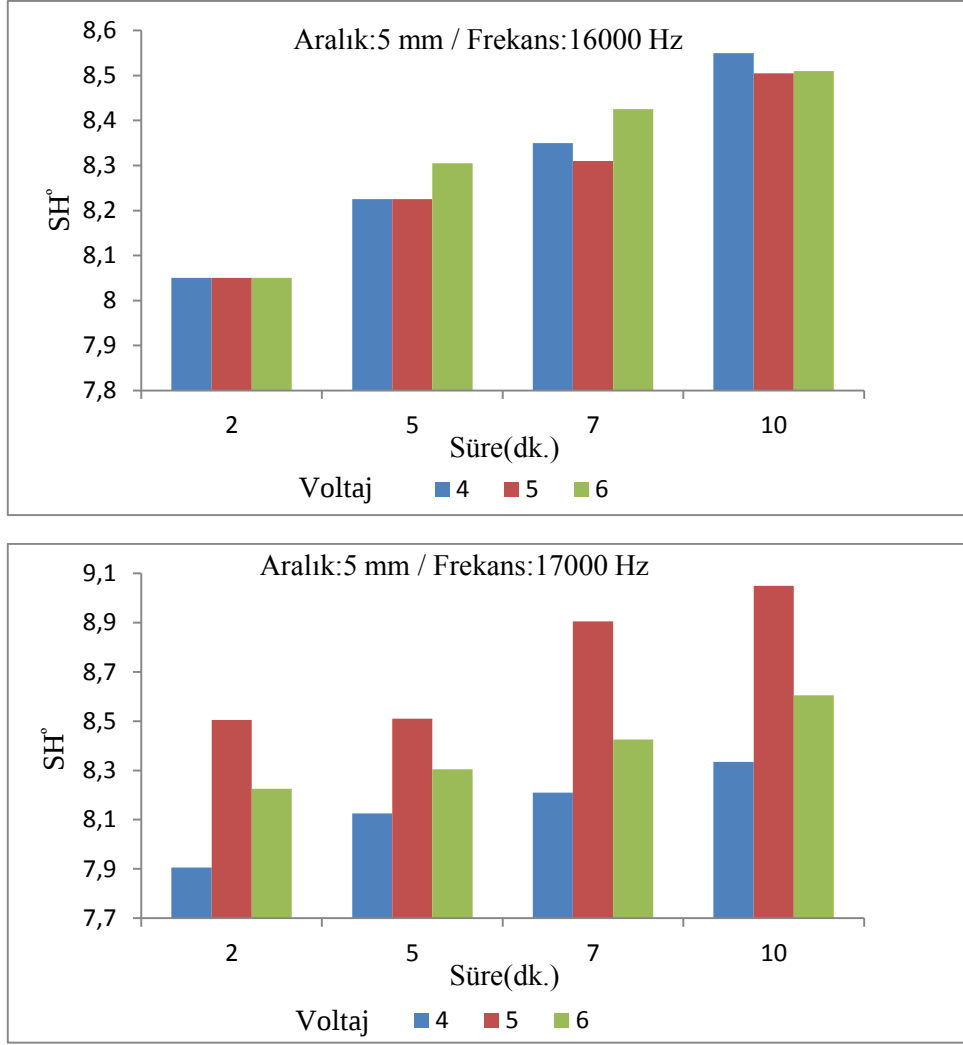
Şekil 4.1 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin °SH değerlerindeki değişim.



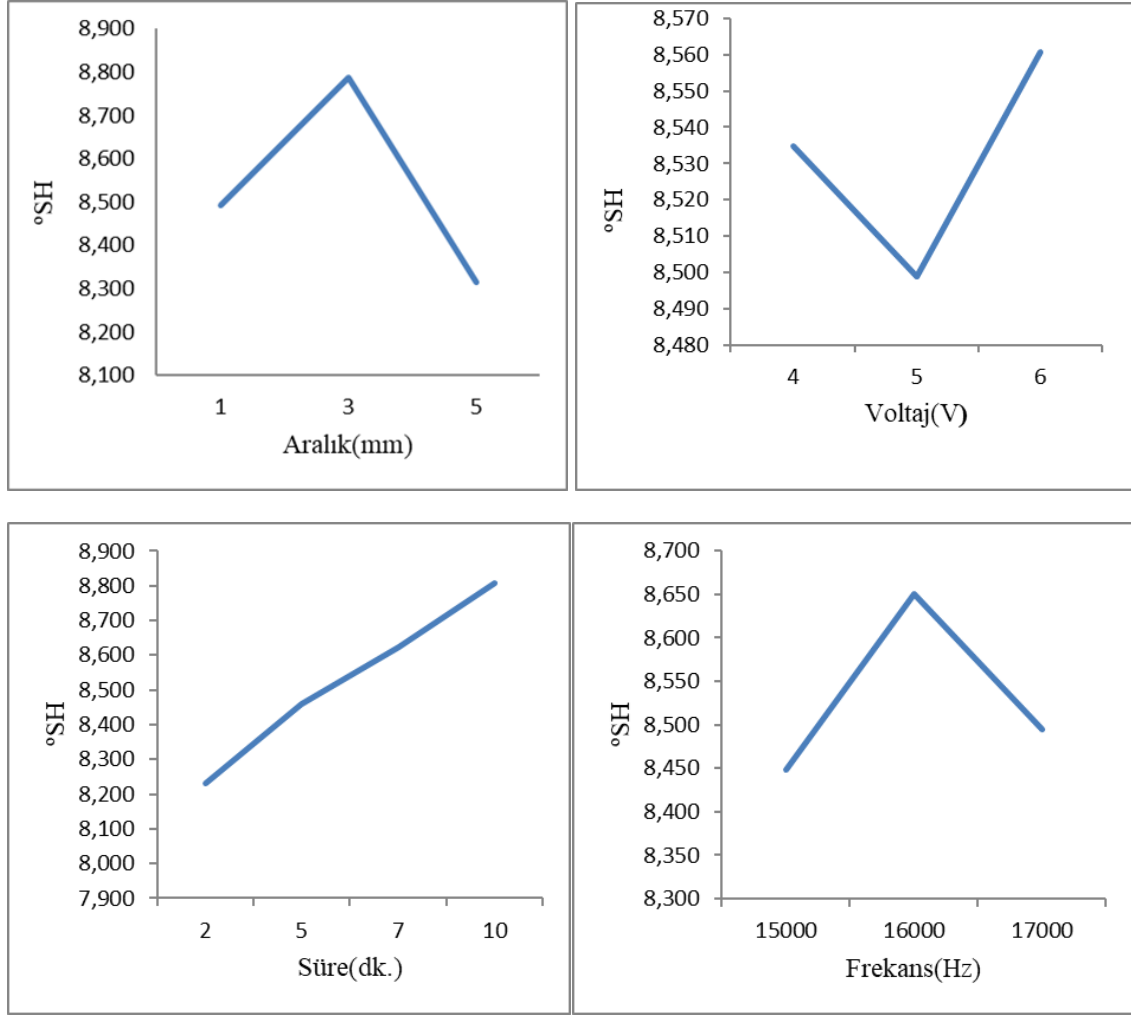
Şekil 4.2(Devam) Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerinin °SH değerlerindeki değişim.



Şekil 4.3(Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin °SH değerlerindeki değişim



Şekil 4.4(Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin °SH değerlerindeki değişim.



Şekil 4.5 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı °SH değerlerindeki değişim.

4.2.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin pH Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki pH değerleri çizelge 4.4’de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin pH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin pH değerlerindeki değişim ise şekil 4.3’de, parametrelere bağlı °SH değerlerindeki değişim ise şekil 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin pH değerleri.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	6,68±0,01 ^{Aa}	6,56±0,007 ^{Cb}	6,52±0,02 ^{Cc}	6,45±0,01 ^{Cd}
1	15000	5	6,66±0,02 ^{Aa}	6,63±0,007 ^{Ba}	6,57±0,007 ^{Bb}	6,53±0,007 ^{Bc}
1	15000	6	6,69±0,007 ^{Aa}	6,67±0,007 ^{Ab}	6,65±0,007 ^{Ac}	6,64±0,007 ^{Ac}
1	16000	4	6,71±0,01 ^{Ca}	6,66±0,02 ^{Bb}	6,46±0,01 ^{Bc}	6,39±0,007 ^{Cd}
1	16000	5	6,79±0,01 ^{Ba}	6,72±0,01 ^{Ab}	6,64±0,01 ^{Ac}	6,59±0,007 ^{Bd}
1	16000	6	6,83±0,007 ^{Aa}	6,7±0,01 ^{ABb}	6,65±0,007 ^{Ac}	6,63±0,007 ^{Ac}
1	17000	4	6,29±0,01 ^{Ca}	6,24±0,007 ^{Cb}	6,22±0,007 ^{Cb}	6,19±0,01 ^{Cc}
1	17000	5	6,72±0,007 ^{Ba}	6,71±0,007 ^{Bab}	6,69±0,007 ^{Bbc}	6,67±0,01 ^{Bc}
1	17000	6	6,81±0,007 ^{Aa}	6,80±0,007 ^{Aa}	6,80±0,007 ^{Aa}	6,80±0,007 ^{Aa}
3	15000	4	6,4±0,01 ^{Aa}	6,34±0,007 ^{Ab}	6,28±0,01 ^{ABc}	6,23±0,007 ^{Ad}
3	15000	5	6,33±0,007 ^{Ba}	6,27±0,007 ^{Cb}	6,25±0,007 ^{Bc}	6,24±0,007 ^{Ac}
3	15000	6	6,39±0,02 ^{Aa}	6,31±0,007 ^{Bb}	6,30±0,007 ^{Ab}	6,15±0,007 ^{Bc}
3	16000	4	6,35±0,007 ^{Aa}	6,34±0,01 ^{Aa}	6,29±0,01 ^{Ab}	6,16±0,007 ^{Bc}
3	16000	5	6,35±0,02 ^{Aa}	6,29±0,007 ^{Bb}	6,27±0,007 ^{Abc}	6,25±0,007 ^{Ac}
3	16000	6	6,32±0,03 ^{Aa}	6,21±0,007 ^{Cb}	6,20±0,007 ^{Bb}	6,18±0,007 ^{Bb}
3	17000	4	6,37±0,007 ^{Ca}	6,36±0,01 ^{Ca}	6,23±0,007 ^{Cb}	6,21±0,007 ^{Cb}
3	17000	5	6,72±0,02 ^{Aa}	6,59±0,007 ^{Ab}	6,59±0,007 ^{Ab}	6,56±0,007 ^{Ab}
3	17000	6	6,45±0,007 ^{Ba}	6,41±0,02 ^{Bab}	6,37±0,02 ^{Bb}	6,26±0,01 ^{Bc}
5	15000	4	6,49±0,01 ^{Ba}	6,41±0,04 ^{Bb}	6,31±0,007 ^{Cc}	6,30±0,007 ^{Cc}
5	15000	5	6,44±0,01 ^{Ca}	6,36±0,007 ^{Bb}	6,34±0,007 ^{Bbc}	6,33±0,007 ^{Bc}
5	15000	6	6,61±0,01 ^{Aa}	6,56±0,007 ^{Ab}	6,55±0,007 ^{Ab}	6,54±0,007 ^{Ab}
5	16000	4	6,65±0,01 ^{Aa}	6,62±0,007 ^{Aa}	6,62±0,007 ^{Aa}	6,53±0,02 ^{Ab}
5	16000	5	6,56±0,02 ^{Ba}	6,53±0,007 ^{Bab}	6,52±0,007 ^{Bb}	6,50±0,007 ^{ABb}
5	16000	6	6,58±0,03 ^{Ba}	6,51±0,007 ^{Bb}	6,50±0,007 ^{Bb}	6,48±0,007 ^{Bb}
5	17000	4	6,75±0,007 ^{Ba}	6,73±0,01 ^{Ba}	6,69±0,007 ^{Bb}	6,66±0,01 ^{Bc}
5	17000	5	6,70±0,02 ^{Ca}	6,63±0,007 ^{Cb}	6,58±0,007 ^{Cc}	6,57±0,007 ^{Cc}
5	17000	6	6,84±0,007 ^{Aa}	6,81±0,01 ^{Aab}	6,78±0,01 ^{Ab}	6,73±0,02 ^{Ac}

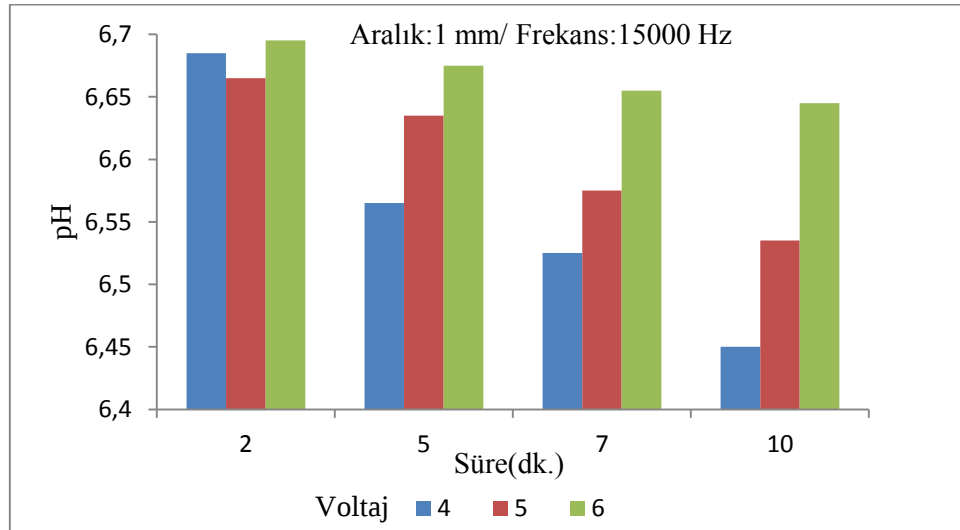
a-d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05).

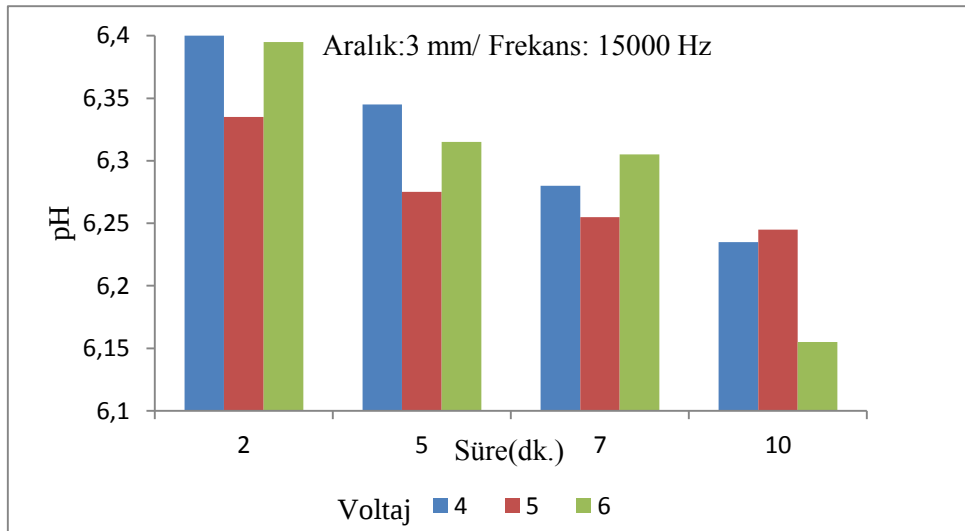
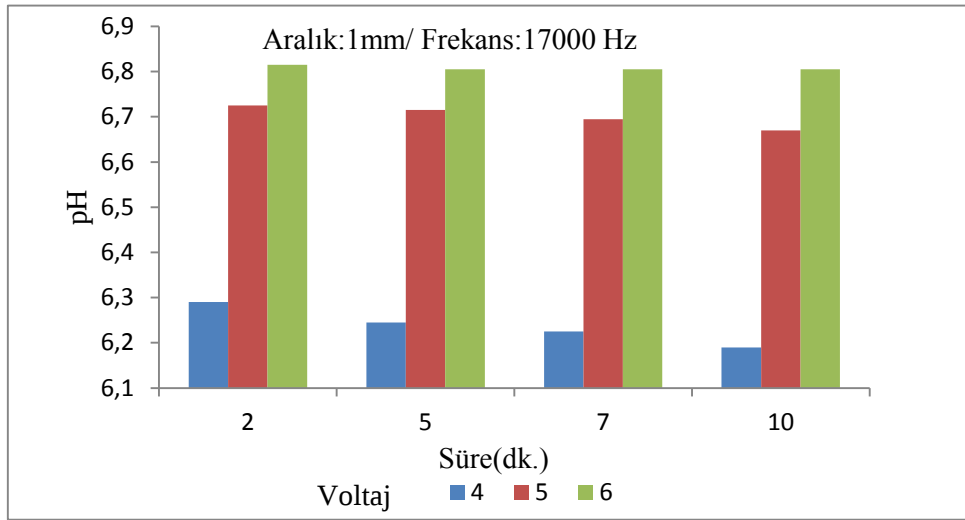
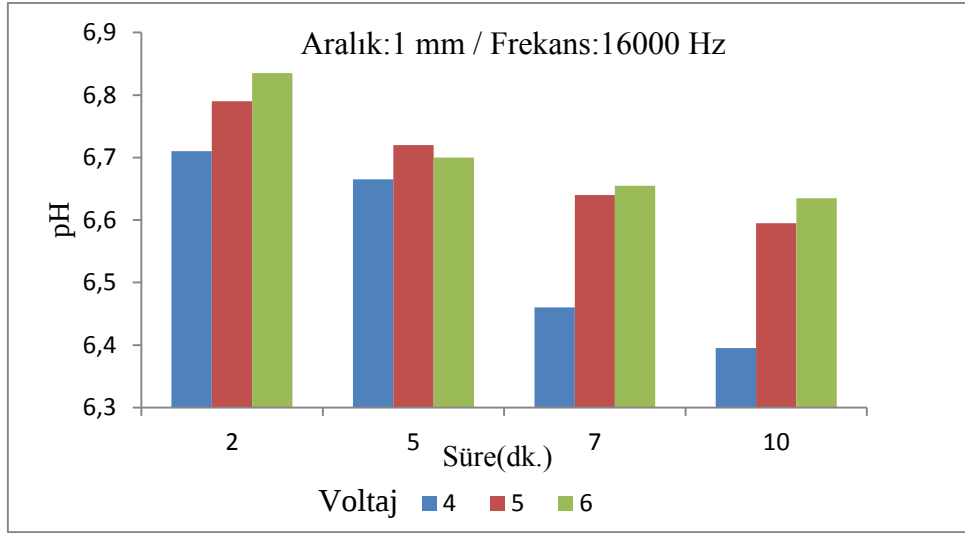
Çizelge 4.5 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin pH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	-0.98
Voltaj	<0.0001	0.242**
Frekans	<0.0001	0.271**
Süre	<0.0001	-0.265**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--

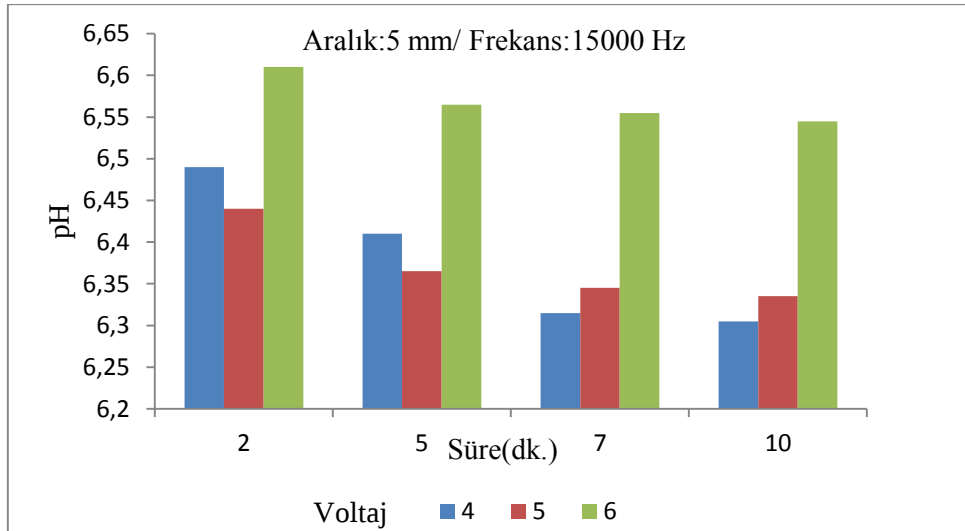
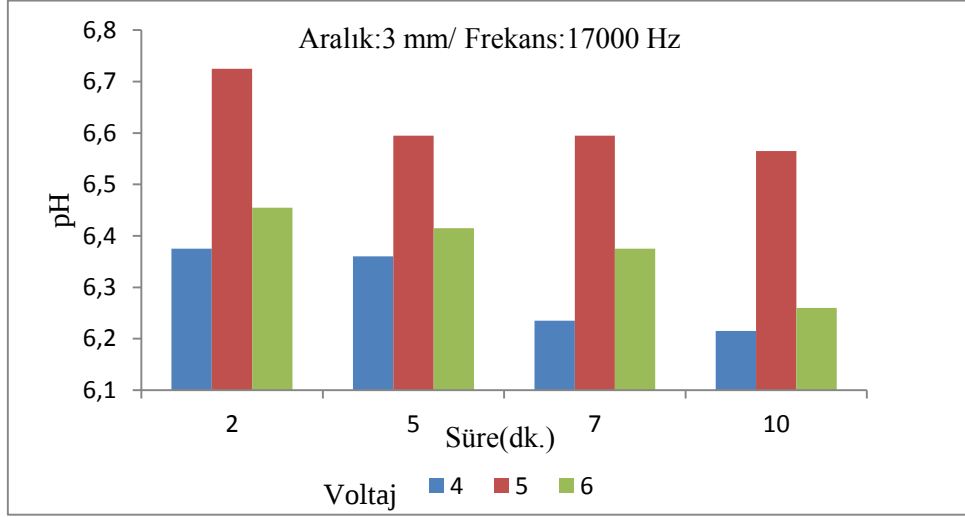
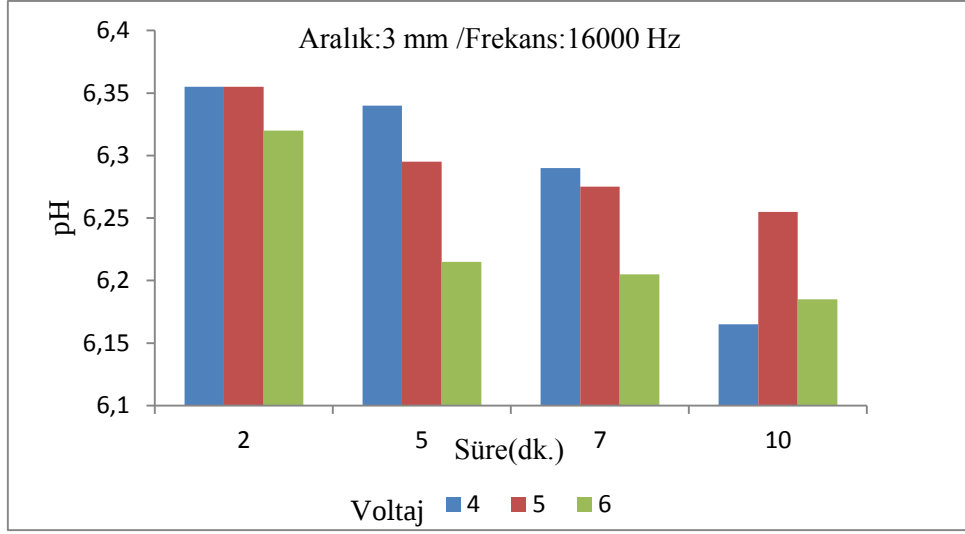
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05: İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



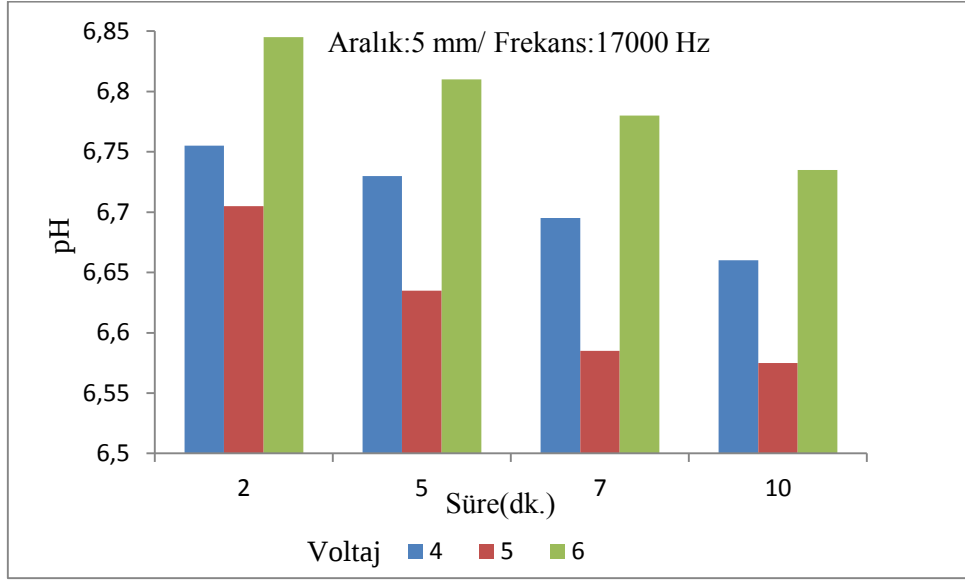
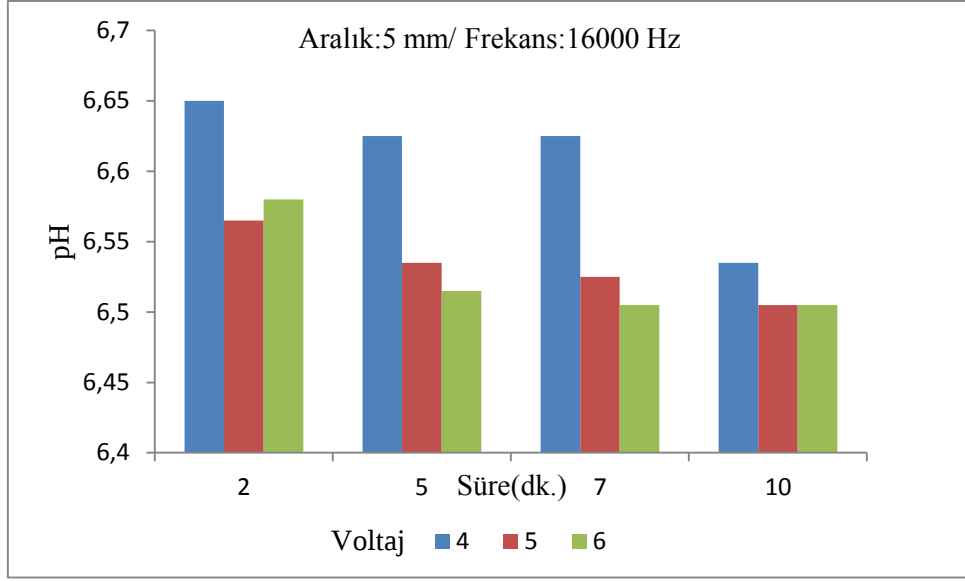
Şekil 4.6 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin pH değerlerinin dağılımları.



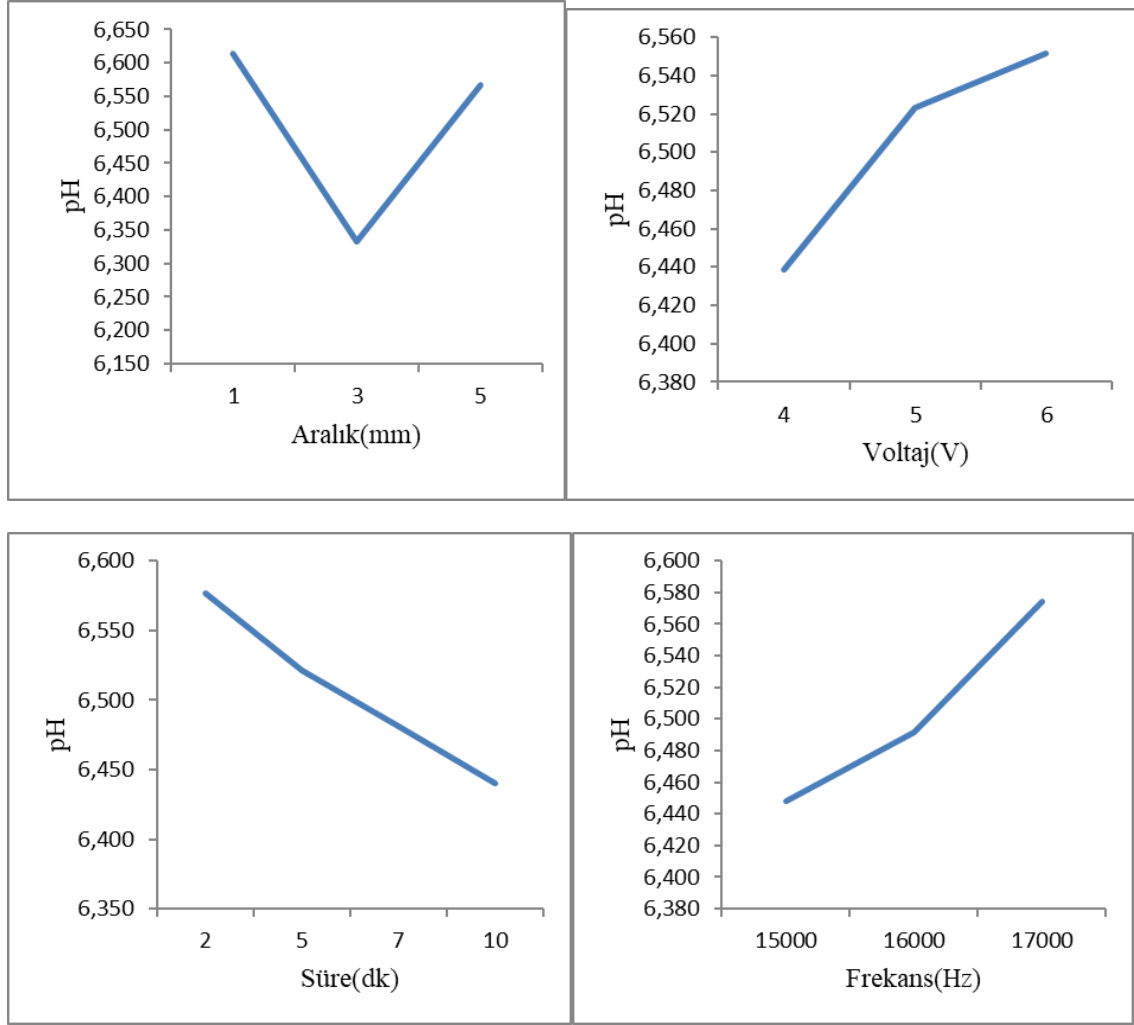
Şekil 4.7 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin pH değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.8 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin pH değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.9 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin pH değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.10 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı pH değerlerindeki değişim.

4.2.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Briks Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki briks değerleri çizelge 4.6’da, çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin briks değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin briks değerlerindeki değişim şekil 4.5’de, parametrelere bağlı briks değerlerindeki değişim ise şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin briks değerleri.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}
1	15000	5	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}
1	15000	6	9,05±0,07 ^{Aa}	9,05±0,07 ^{Aa}	9,05±0,07 ^{Aa}	9,05±0,07 ^{Aa}
1	16000	4	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}
1	16000	5	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}
1	16000	6	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}
1	17000	4	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}
1	17000	5	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}
1	17000	6	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}	8,95±0,07 ^{Aa}
3	15000	4	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
3	15000	5	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
3	15000	6	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
3	16000	4	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
3	16000	5	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}
3	16000	6	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}
3	17000	4	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}	9,3±0,00 ^{Aa}
3	17000	5	10±0,00 ^{Aa}	10±0,00 ^{Aa}	10±0,00 ^{Aa}	10±0,00 ^{Aa}
3	17000	6	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
5	15000	4	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
5	15000	5	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
5	15000	6	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
5	16000	4	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
5	16000	5	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
5	16000	6	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
5	17000	4	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}
5	17000	5	9,1±0,00 ^{Aa}	9,1±0,00 ^{Aa}	9,1±0,00 ^{Aa}	9,1±0,00 ^{Aa}
5	17000	6	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}	9±0,00 ^{Aa}

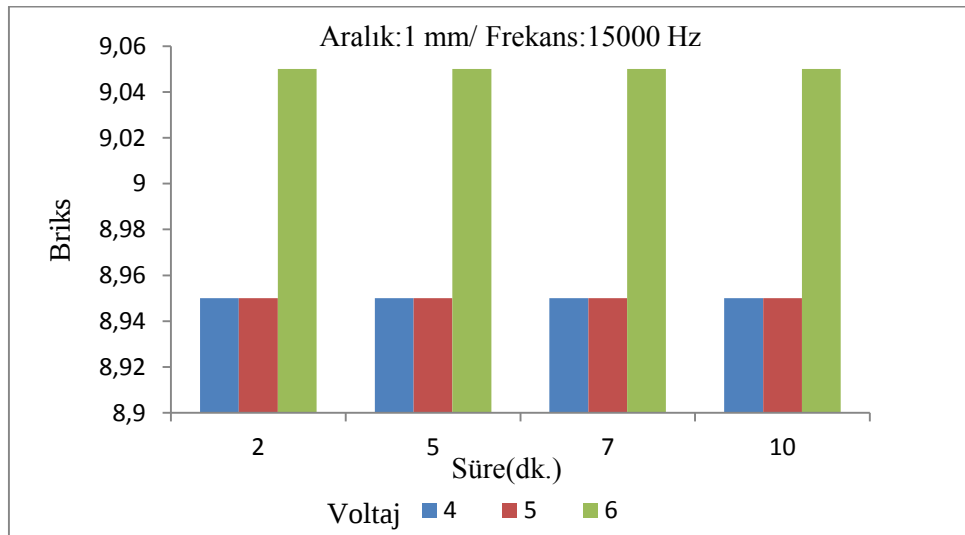
a-d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05).

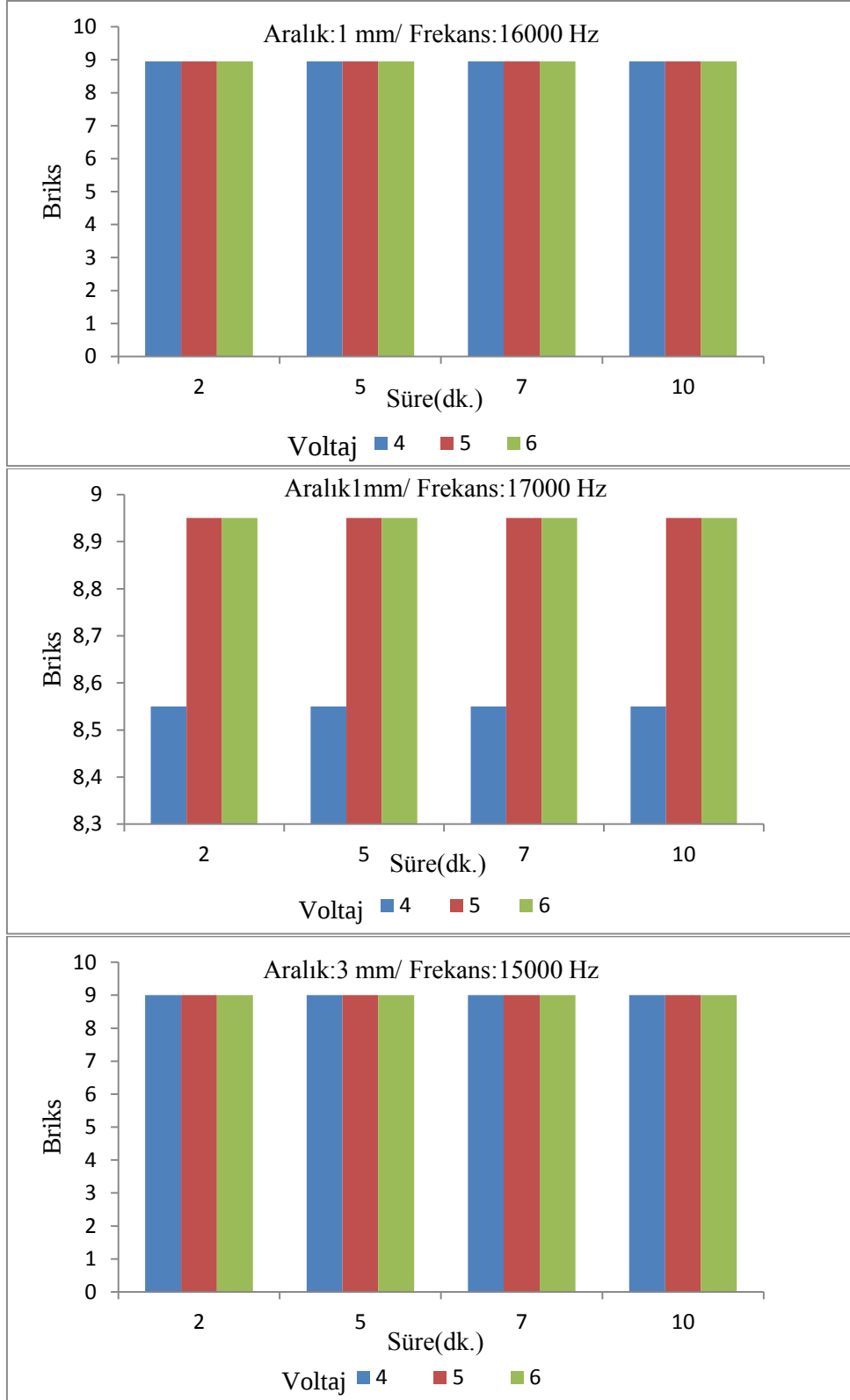
Çizelge 4.7 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin briks değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	0.165*
Voltaj	<0.0001	0.097
Frens	<0.0001	0.175**
Süre	1.000	0.000
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	1.000	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	1.000	--
Frekans * Süre	1.000	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	1.000	--
Aralık * Frekans * Süre	1.000	--
Voltaj * Frekans * Süre	1.000	--
Aralık * Voltaj * Frekans*	1.000	--
Süre		

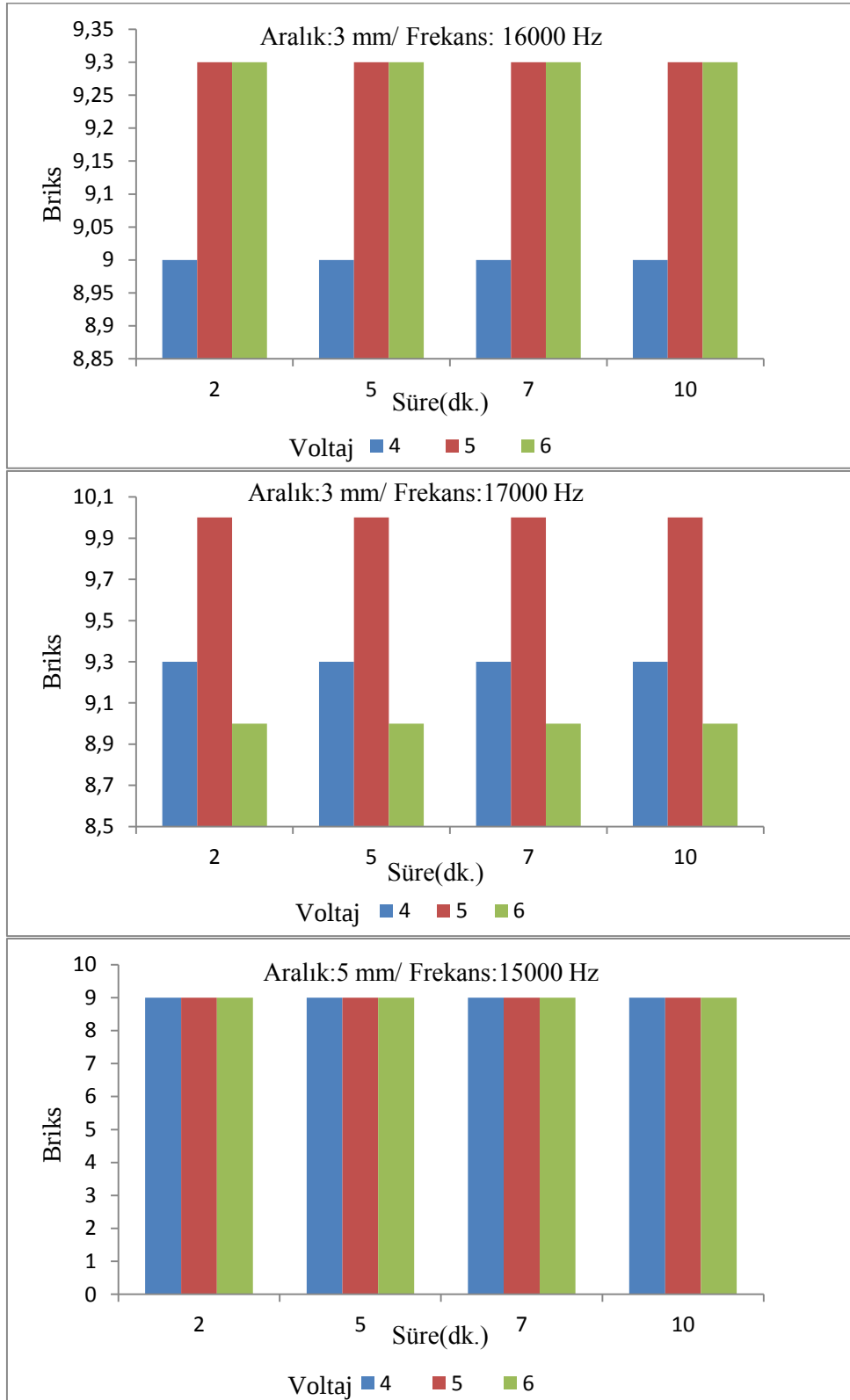
r: korelasyon katsayısı p<0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05: İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



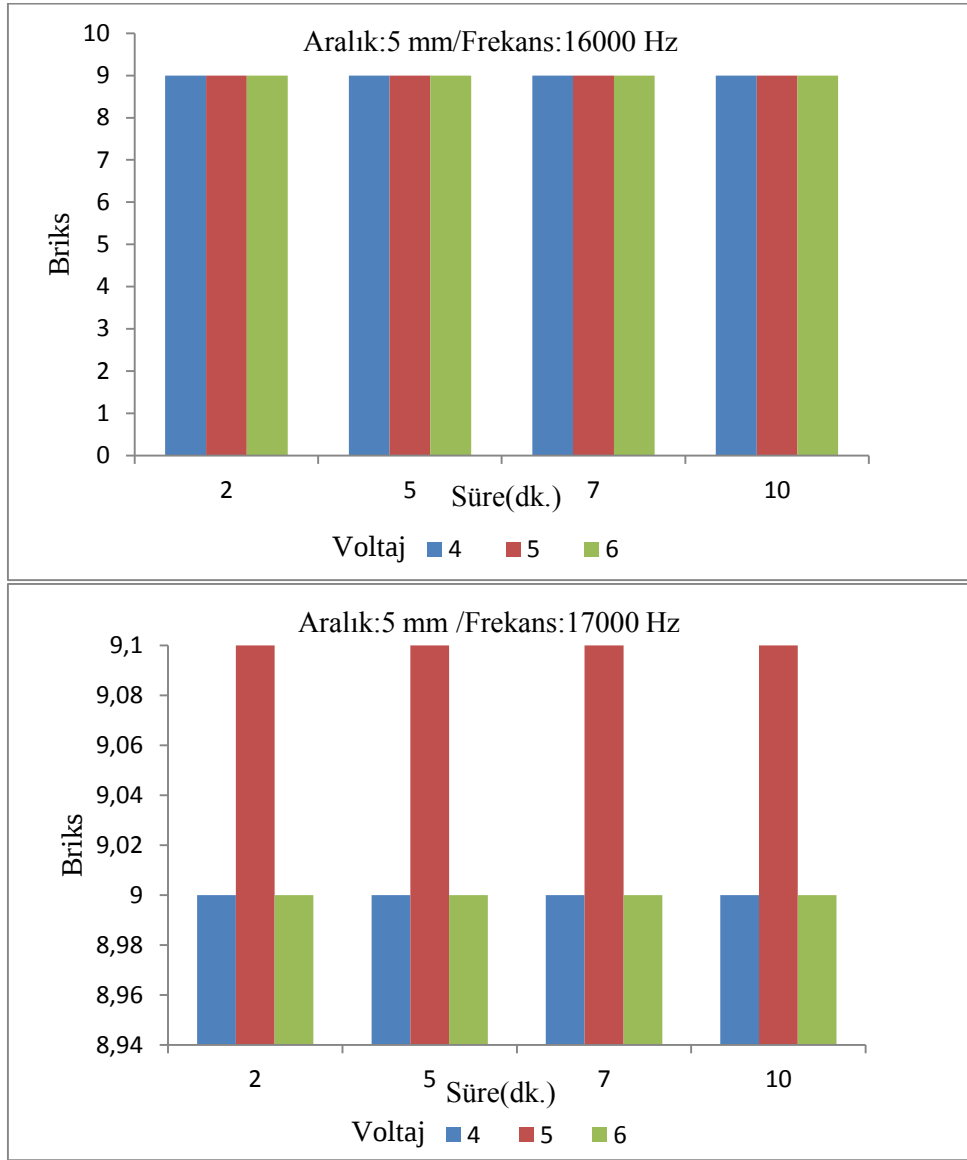
Şekil 4.11 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin briks değerlerinin dağılımları.



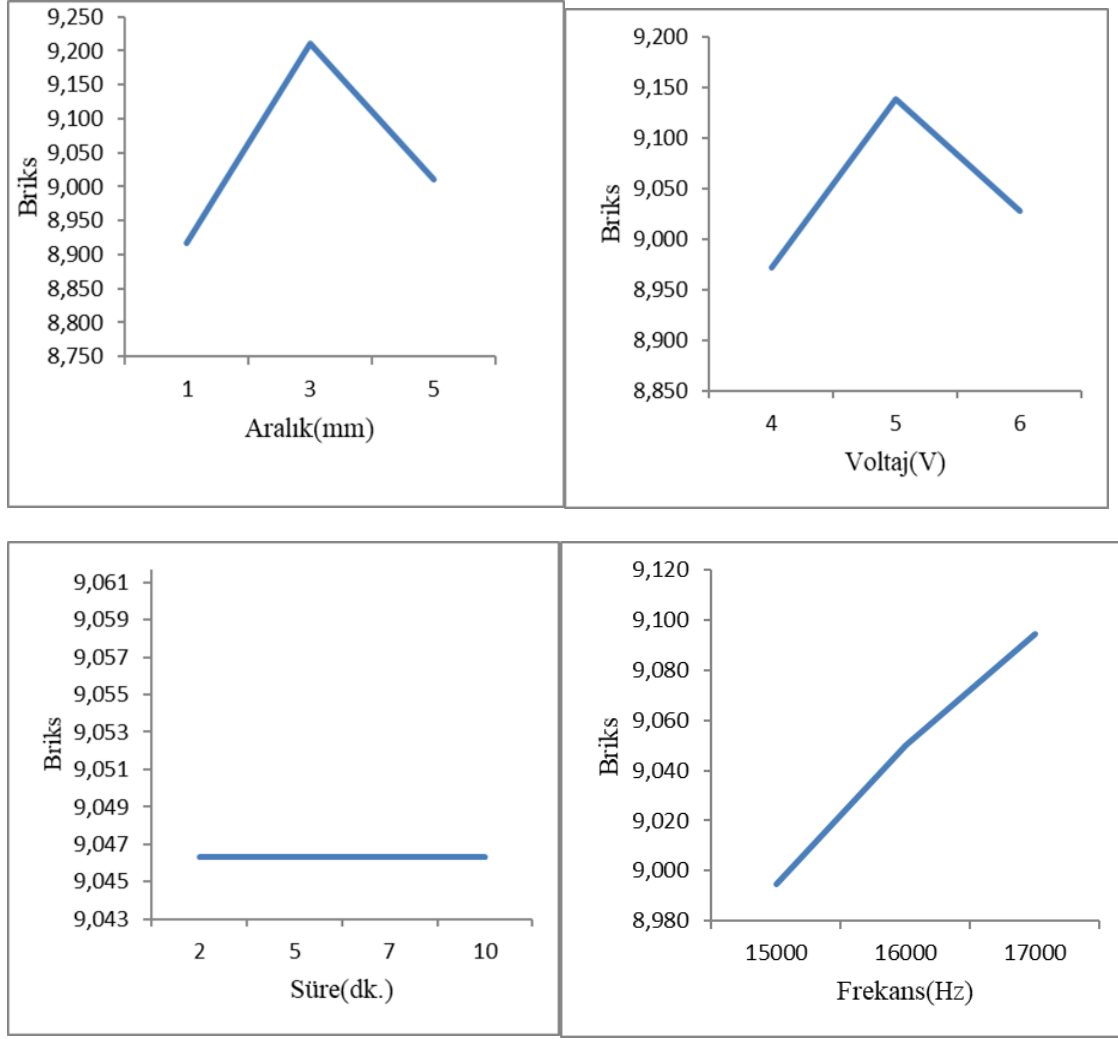
Şekil 4.12 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin briks değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.13 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin briks değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.14 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin briks değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.15 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı briks değerlerindeki değişim.

4.2.4 Çözeltili Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Su Aktivitesi (a_w) Değerleri

Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki su aktivitesi (a_w) değerleri çizelge 4.8’de çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin su aktivitesi (a_w) değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin su aktivitesi (a_w) değerlerindeki değişim şekil 4.7’de, parametrelere bağlı su aktivitesi (a_w) değerlerindeki değişim ise şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin su aktivitesi değerleri.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	0,83±0,001 ^{Aa}	0,805±0,0007 ^{Ab}	0,802±0,002 ^{Ab}	0,790±0,0007 ^{Ac}
1	15000	5	0,806±0,002 ^{Ba}	0,799±0,0007 ^{Bb}	0,796±0,001 ^{Ab}	0,783±0,002 ^{Bc}
1	15000	6	0,788±0,0007 ^{Ca}	0,786±0,0007 ^{Cab}	0,782±0,002 ^{Bb}	0,773±0,001 ^{Cc}
1	16000	4	0,811±0,0007 ^{Aa}	0,804±0,0007 ^{Ab}	0,802±0,0007 ^{Ab}	0,781±0,001 ^{Bc}
1	16000	5	0,805±0,0007 ^{Ba}	0,797±0,0007 ^{Bb}	0,796±0,0007 ^{Bb}	0,785±0,0007 ^{Ac}
1	16000	6	0,786±0,0007 ^{Ca}	0,778±0,0007 ^{Cb}	0,777±0,0007 ^{Cb}	0,776±0,0007 ^{Cb}
1	17000	4	0,797±0,0007 ^{Aa}	0,794±0,0007 ^{Ab}	0,789±0,0007 ^{Ac}	0,788±0,001 ^{Ac}
1	17000	5	0,791±0,0007 ^{Ba}	0,788±0,0007 ^{Bb}	0,784±0,001 ^{Bc}	0,768±0,0007 ^{Cd}
1	17000	6	0,790±0,0007 ^{Ba}	0,784±0,0007 ^{Bb}	0,782±0,001 ^{Bbc}	0,780±0,0007 ^{Bc}
3	15000	4	0,777±0,001 ^{Aa}	0,777±0,001 ^{Aa}	0,769±0,001 ^{Ab}	0,765±0,0007 ^{Ab}
3	15000	5	0,779±0,001 ^{Aa}	0,771±0,001 ^{Bb}	0,767±0,001 ^{ABc}	0,759±0,0007 ^{Bd}
3	15000	6	0,772±0,0007 ^{Ba}	0,768±0,002 ^{Ba}	0,764±0,001 ^{Bb}	0,759±0,001 ^{Bc}
3	16000	4	0,789±0,001 ^{Aa}	0,785±0,002 ^{Ab}	0,779±0,001 ^{Ac}	0,774±0,0007 ^{Ad}
3	16000	5	0,762±0,0007 ^{Ca}	0,759±0,001 ^{Cb}	0,753±0,0007 ^{Cc}	0,749±0,0007 ^{Ad}
3	16000	6	0,779±0,0007 ^{Ba}	0,776±0,0007 ^{Ba}	0,771±0,0007 ^{Ba}	0,729±0,0007 ^{Aa}
3	17000	4	0,775±0,0007 ^{Ba}	0,769±0,001 ^{Cb}	0,764±0,001 ^{Cc}	0,759±0,0007 ^{Bd}
3	17000	5	0,788±0,0007 ^{Aa}	0,787±0,001 ^{Aab}	0,785±0,0007 ^{Ab}	0,785±0,0007 ^{Ab}
3	17000	6	0,789±0,0007 ^{Aa}	0,777±0,0007 ^{Bb}	0,769±0,0007 ^{Bc}	0,753±0,0007 ^{Cd}
5	15000	4	0,777±0,0007 ^{Ba}	0,769±0,001 ^{Bb}	0,764±0,0007 ^{Bc}	0,759±0,0007 ^{Bd}
5	15000	5	0,787±0,0007 ^{Aa}	0,776±0,0007 ^{Ab}	0,774±0,001 ^{Abc}	0,771±0,001 ^{Ac}
5	15000	6	0,778±0,0007 ^{Ba}	0,775±0,001 ^{Ab}	0,773±0,0007 ^{Ab}	0,769±0,001 ^{Ac}
5	16000	4	0,775±0,0007 ^{Ba}	0,773±0,002 ^{Ba}	0,756±0,002 ^{Bb}	0,749±0,0007 ^{Cc}
5	16000	5	0,802±0,001 ^{Aa}	0,799±0,0007 ^{Aab}	0,798±0,0007 ^{Abc}	0,796±0,001 ^{Ac}
5	16000	6	0,803±0,001 ^{Aa}	0,798±0,003 ^{Aa}	0,799±0,0007 ^{Aa}	0,785±0,0007 ^{Bb}
5	17000	4	0,769±0,0007 ^{Ca}	0,766±0,001 ^{Cb}	0,759±0,0007 ^{Bc}	0,756±0,001 ^{Bd}
5	17000	5	0,80±0,0007 ^{Aa}	0,776±0,001 ^{Bb}	0,759±0,0007 ^{Bc}	0,757±0,0007 ^{Bc}
5	17000	6	0,788±0,001 ^{Ba}	0,787±0,001 ^{Aa}	0,785±0,001 ^{Aa}	0,785±0,001 ^{Aa}

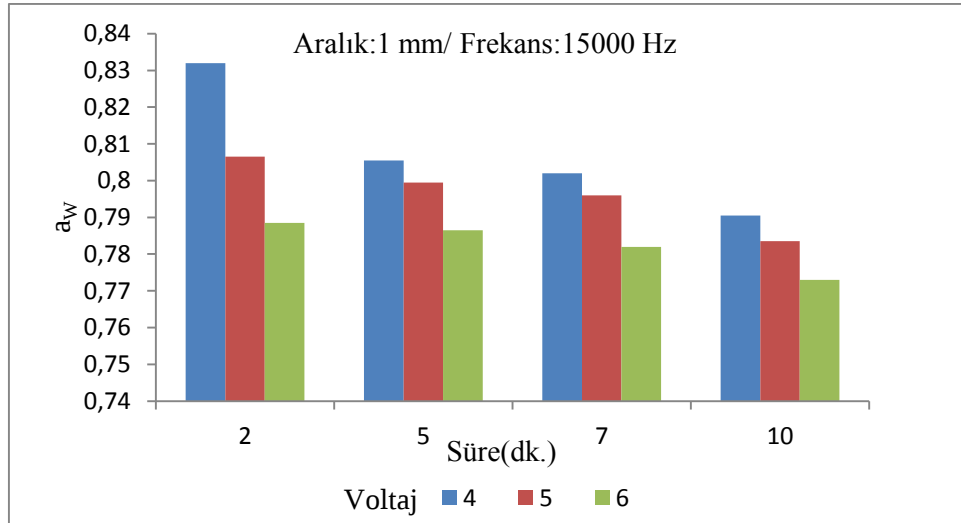
a-d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05).

A-D(↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0,05).

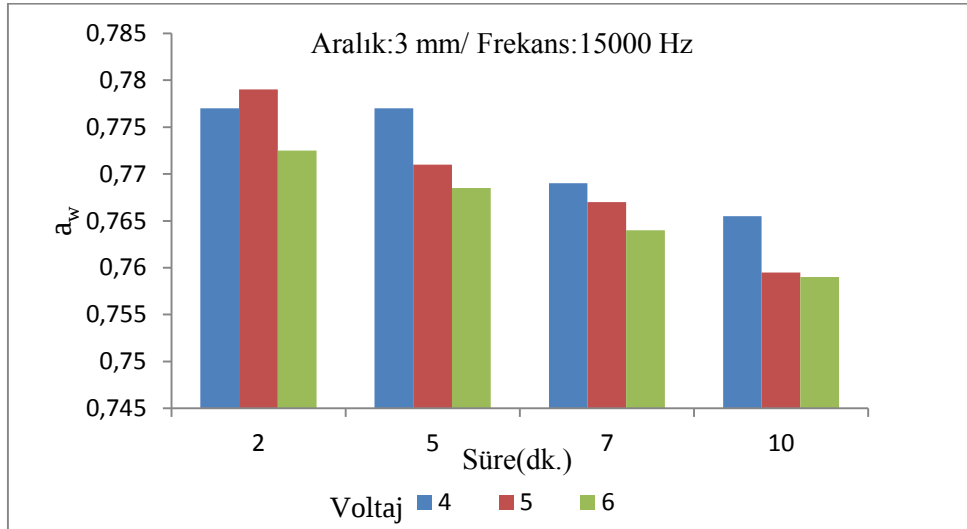
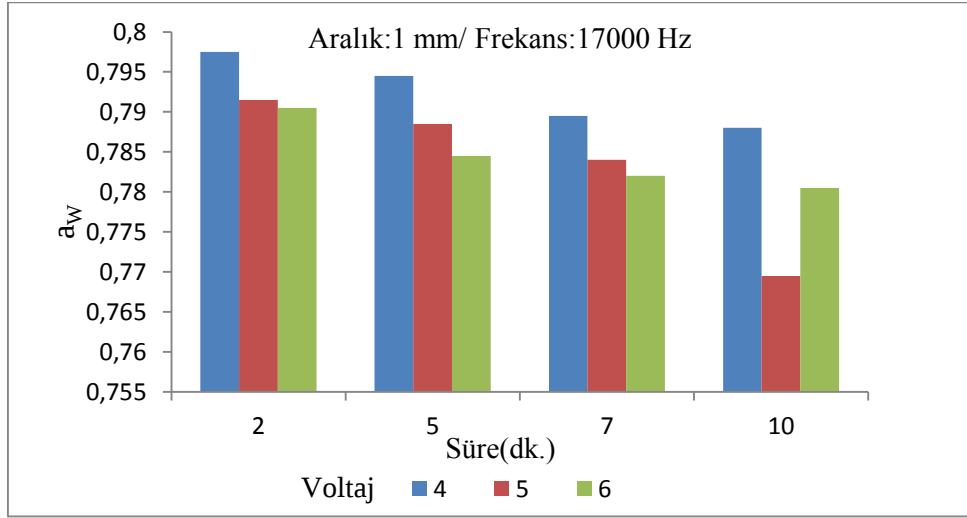
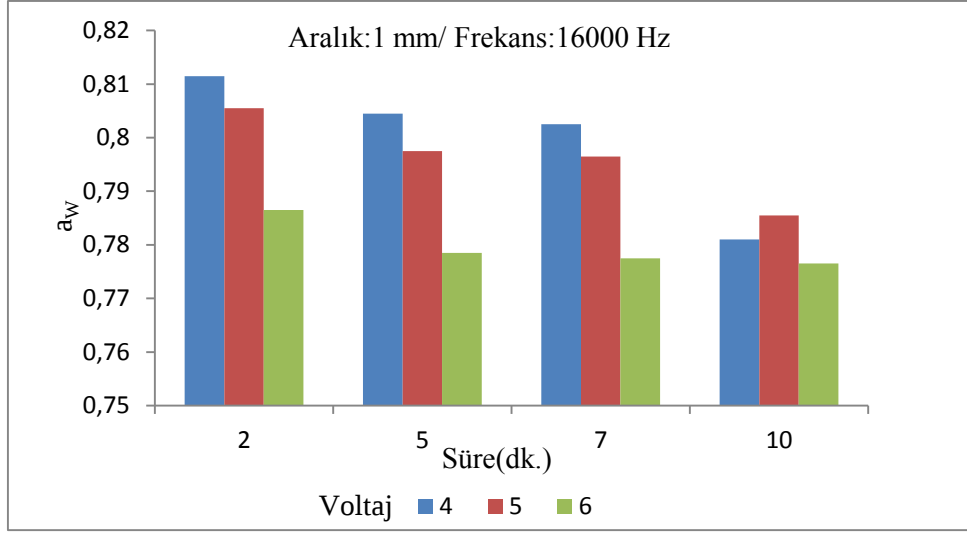
Çizelge 4.9 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin su aktivitesi değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	-0.339**
Voltaj	<0.01	-0,025
Frekans	<0.01	-0,011
Süre	<0.0001	-0,423**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	0.338	--
Voltaj * Süre	0.493	--
Frekans * Süre	0,127	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	0.135	--
Voltaj * Frekans* Süre	<0.01	--
Aralık * Voltaj * Frekans*	<0.0001	--
Süre		

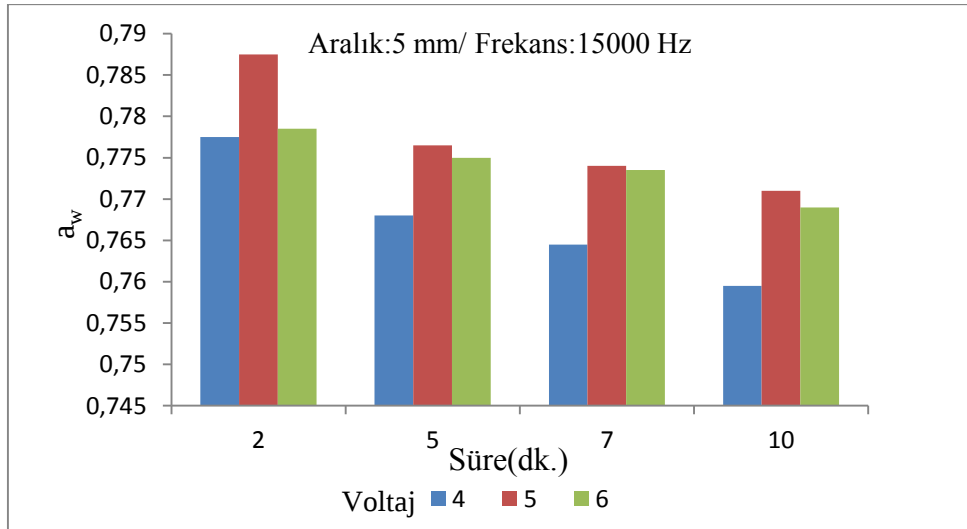
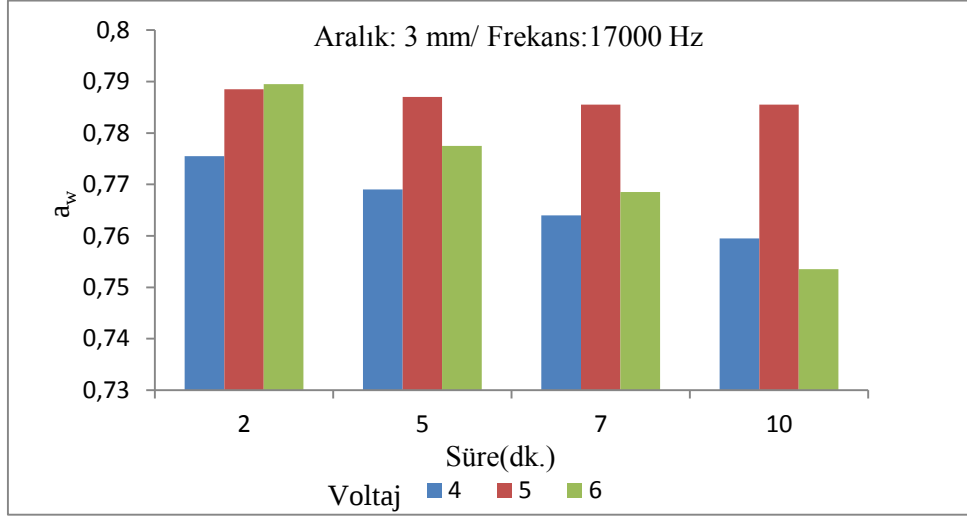
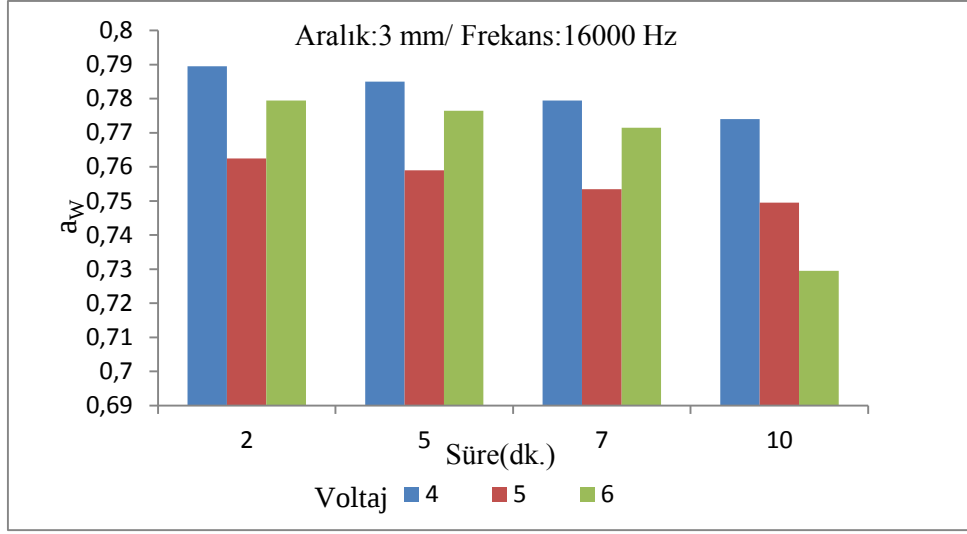
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05 : İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



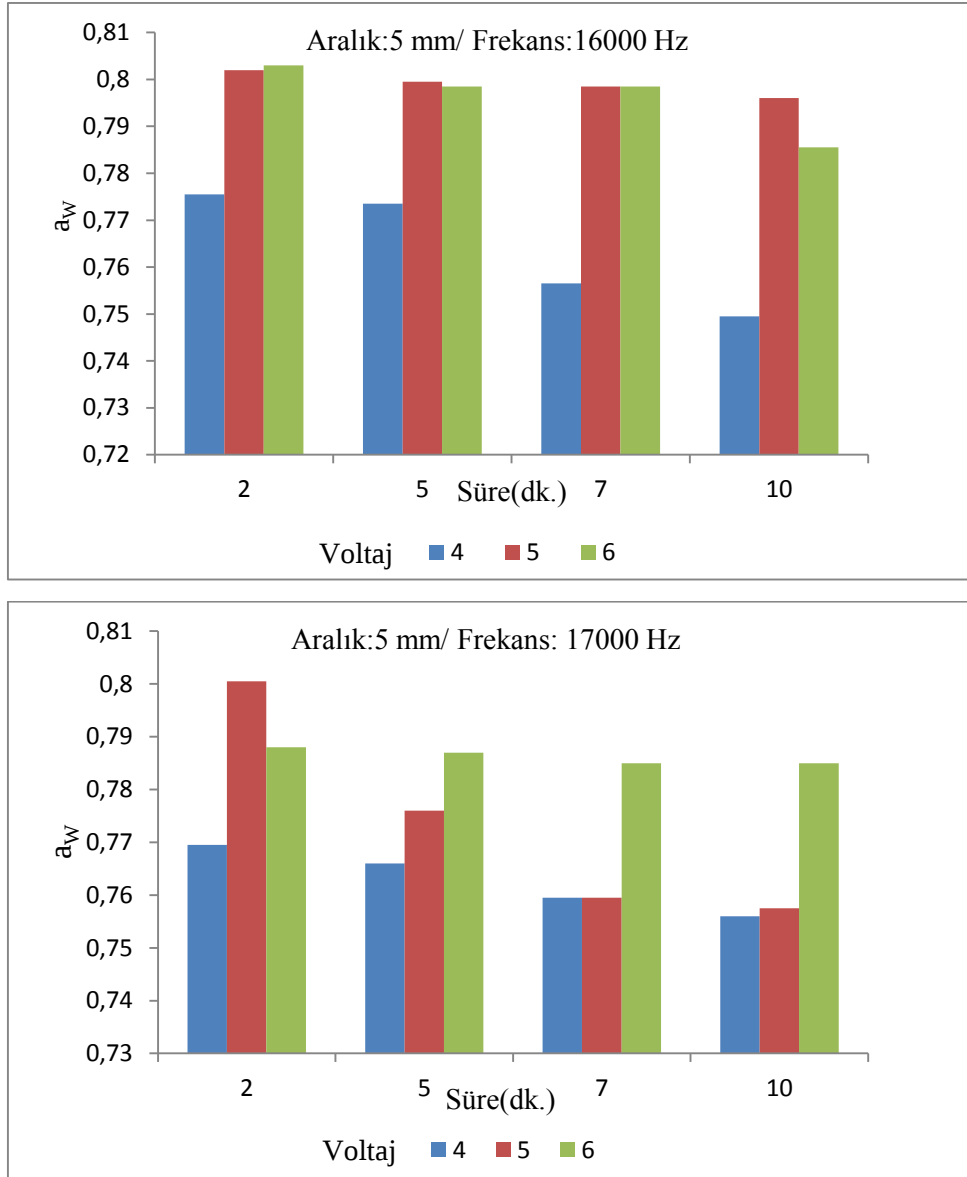
Şekil 4.16 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerlerinin dağılımları.



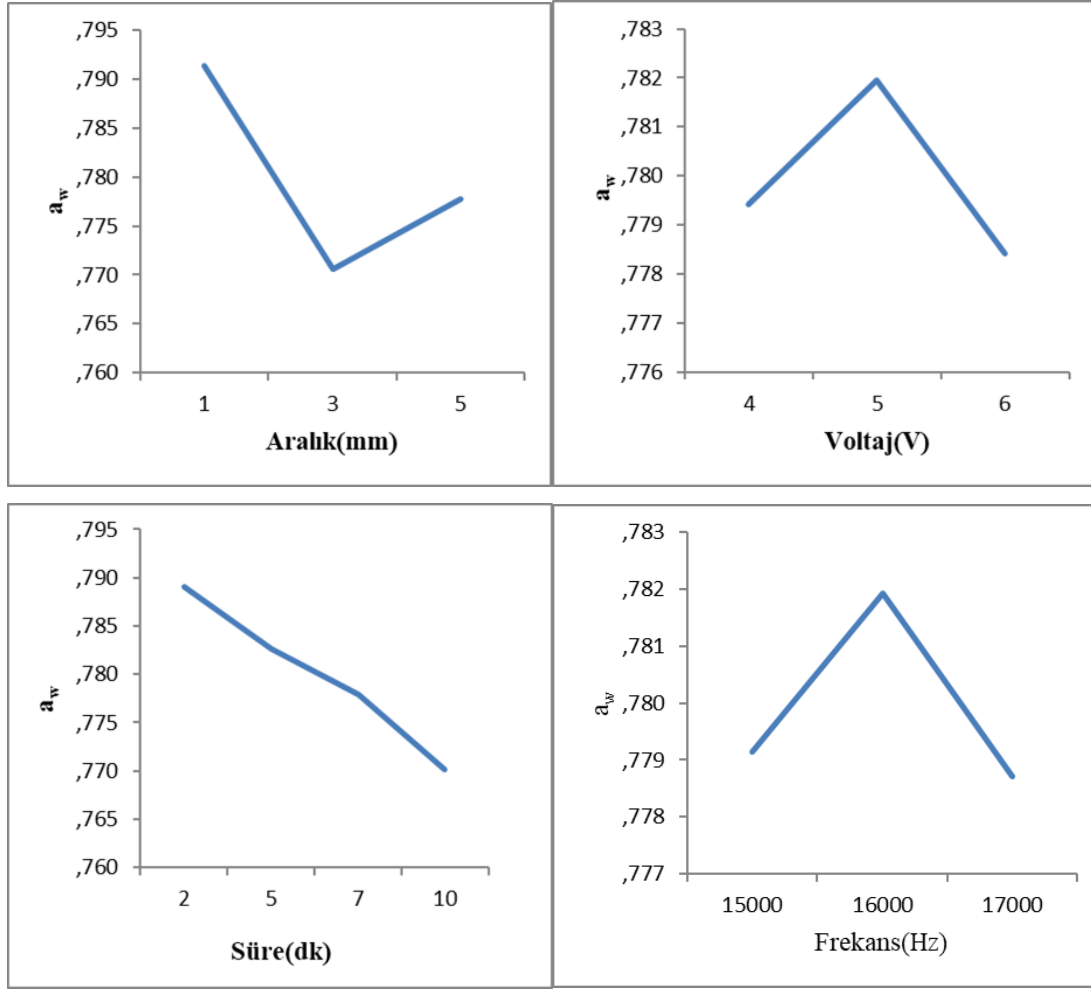
Şekil 4.17 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.18 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.19 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.20 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı su aktivitesi (a_w) değerlerindeki değişim

4.2.5 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin % Kuru Madde Değerleri

Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki % kuru madde değerleri çizelge 4.10'da Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.11'de gösterilmiştir. Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değerlerindeki değişim şekil 4.9'da, parametrelere bağlı % kuru madde değerlerindeki değişim ise şekil 4.10'da gösterilmiştir

Çizelge 4.10 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değerleri.

Arahık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	11,52%±0,0005 ^{Bd}	12,11%±0,0004 ^{Bc}	12,36%±0,0008 ^{Bb}	12,93%±0,0009 ^{Ba}
1	15000	5	14,05%±0,0004 ^{Ad}	14,26%±0,0003 ^{Ac}	14,53%±0,0002 ^{Ab}	14,76%±0,0003 ^{Aa}
1	15000	6	10,94%±0,0002 ^{Cd}	11,52%±0,0002 ^{Cc}	12,13%±0,0003 ^{Cb}	12,67%±0,0002 ^{Ca}
1	16000	4	11,95%±0,0001 ^{Bd}	12,05%±0,0001 ^{Bc}	12,26%±0,0001 ^{Bb}	12,89%±0,0002 ^{Ba}
1	16000	5	12,53%±0,0003 ^{Ac}	12,85%±0,0003 ^{Ab}	12,88%±0,0002 ^{Ab}	13,17%±0,0002 ^{Aa}
1	16000	6	10,78%±0,0004 ^{Cb}	10,96%±0,0001 ^{Ca}	11,04%±0,0002 ^{Ca}	11,05%±0,0002 ^{Ca}
1	17000	4	11,27%±0,0001 ^{Ac}	11,34%±0,0004 ^{Ac}	11,48%±0,0002 ^{Ab}	12,03%±0,0007 ^{Aa}
1	17000	5	11,2%±0,0005 ^{Ac}	11,25%±0,0002 ^{Ac}	11,52%±0,0001 ^{Ab}	11,81%±0,0002 ^{Ba}
1	17000	6	10,68%±0,0001 ^{Bc}	10,7%±0,0002 ^{Bc}	10,79%±0,0001 ^{Bb}	10,98%±0,0001 ^{Ca}
3	15000	4	10,69%±0,0002 ^{Bb}	10,71%±0,0002 ^{Bb}	10,91%±0,0002 ^{Ba}	10,94%±0,0002 ^{Ba}
3	15000	5	10,45%±0,0001 ^{Cd}	10,58%±0,0005 ^{Cc}	10,77%±0,0004 ^{Cb}	11,02%±0,0002 ^{Ba}
3	15000	6	11,37%±0,0004 ^{Ad}	11,51%±0,0002 ^{Ac}	11,64%±0,0005 ^{Ab}	11,89%±0,0002 ^{Aa}
3	16000	4	10,06%±0,0002 ^{Cc}	10,27%±0,0002 ^{Cb}	10,31%±0,0001 ^{Cab}	10,34%±0,0002 ^{Ca}
3	16000	5	10,68%±0,0002 ^{Bc}	10,68%±0,0002 ^{Bc}	10,82%±0,0004 ^{Bb}	10,95%±0,0001 ^{Ba}
3	16000	6	10,88%±0,0003 ^{Ac}	10,97%±0,0002 ^{Abc}	11,04%±0,0005 ^{Aab}	11,1%±0,0002 ^{Aa}
3	17000	4	10,84%±0,0005 ^{Cc}	10,97%±0,0002 ^{Cb}	11,04%±0,0002 ^{Cab}	11,1%±0,0004 ^{Ca}
3	17000	5	11,47%±0,0002 ^{Bc}	11,55%±0,0001 ^{Bb}	11,63%±0,0001 ^{Ba}	11,67%±0,0002 ^{Ba}
3	17000	6	11,62%±0,0003 ^{Ad}	13,07%±0,0004 ^{Ac}	13,27%±0,0004 ^{Ab}	14,07%±0,0002 ^{Aa}
5	15000	4	11,82%±0,0001 ^{Ac}	11,94%±0,0002 ^{Ab}	11,99%±0,0001 ^{Ab}	12,15%±0,0001 ^{Aa}
5	15000	5	11,26%±0,0002 ^{Bc}	11,32%±0,0004 ^{Bbc}	11,39%±0,0001 ^{Bab}	11,47%±0,0002 ^{Ba}
5	15000	6	10,52%±0,0004 ^{Cd}	10,61%±0,0002 ^{Cc}	11,01%±0,0001 ^{Cb}	11,47%±0,0004 ^{Ba}
5	16000	4	11,8%±0,0004 ^{Ac}	11,91%±0,0002 ^{Ab}	11,94%±0,0002 ^{Ab}	12,36%±0,0002 ^{Aa}
5	16000	5	11,46%±0,0002 ^{Bc}	11,57%±0,0005 ^{Bbc}	11,66%±0,0002 ^{Cab}	11,72%±0,0004 ^{Ba}
5	16000	6	11,47%±0,004 ^{Bc}	11,62%±0,0004 ^{Bb}	11,83%±0,0001 ^{Ba}	11,84%±0,0005 ^{Ba}
5	17000	4	11,56%±0,0002 ^{Ad}	11,66%±0,0004 ^{Bc}	11,79%±0,0002 ^{Bb}	11,91%±0,0002 ^{Ba}
5	17000	5	11,37%±0,0002 ^{Bb}	11,6%±0,0002 ^{Ba}	11,66%±0,0002 ^{Ca}	11,66%±0,0001 ^{Ca}
5	17000	6	11,54%±0,0002 ^{Ac}	12,7%±0,0004 ^{Ab}	13,03%±0,0002 ^{Aa}	13,05%±0,0005 ^{Aa}

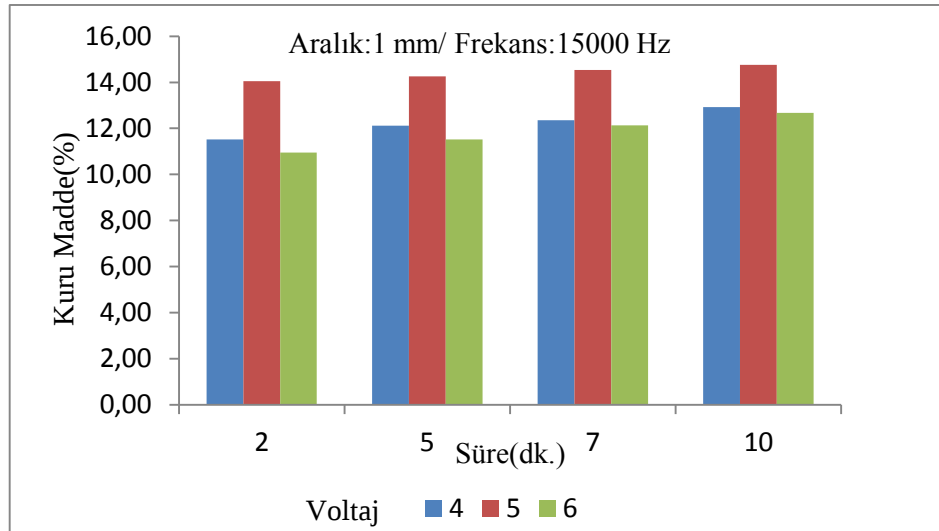
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

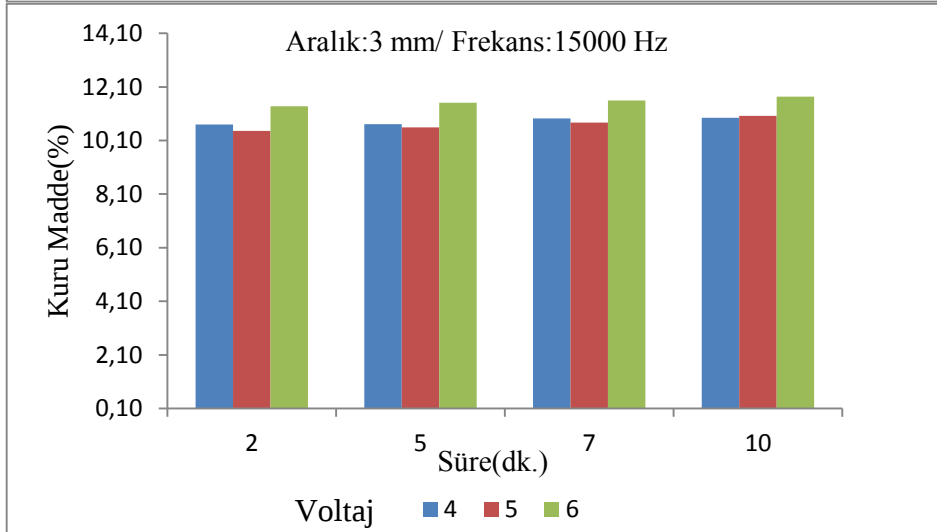
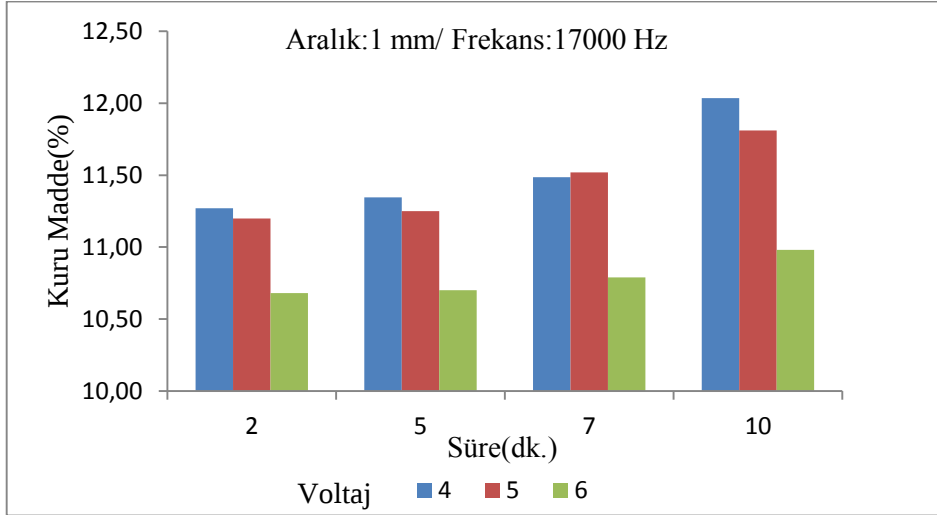
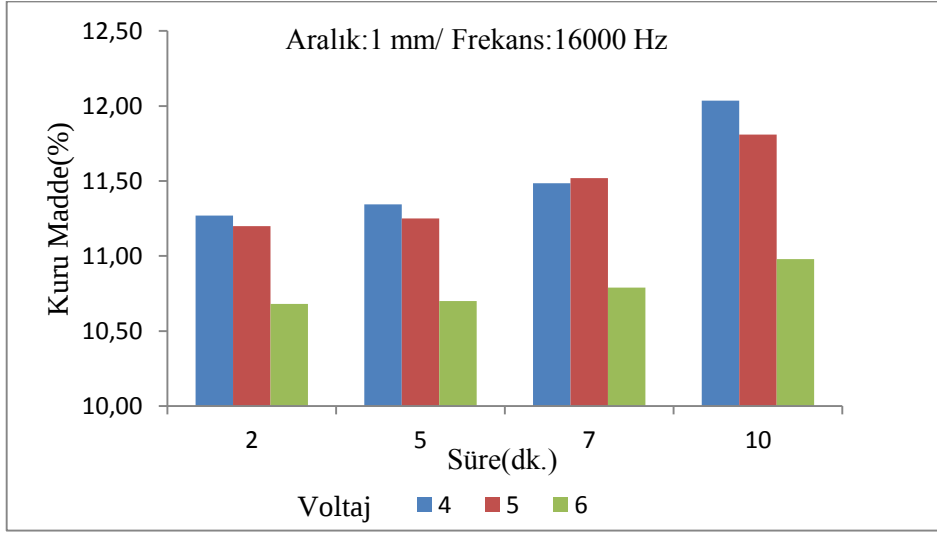
Çizelge 4.11 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	-0.145*
Voltaj	<0.0001	0.027
Frekans	<0.0001	-0.29
Süre	<0.0001	-0,254**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans* Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans* Süre	<0.0001	--

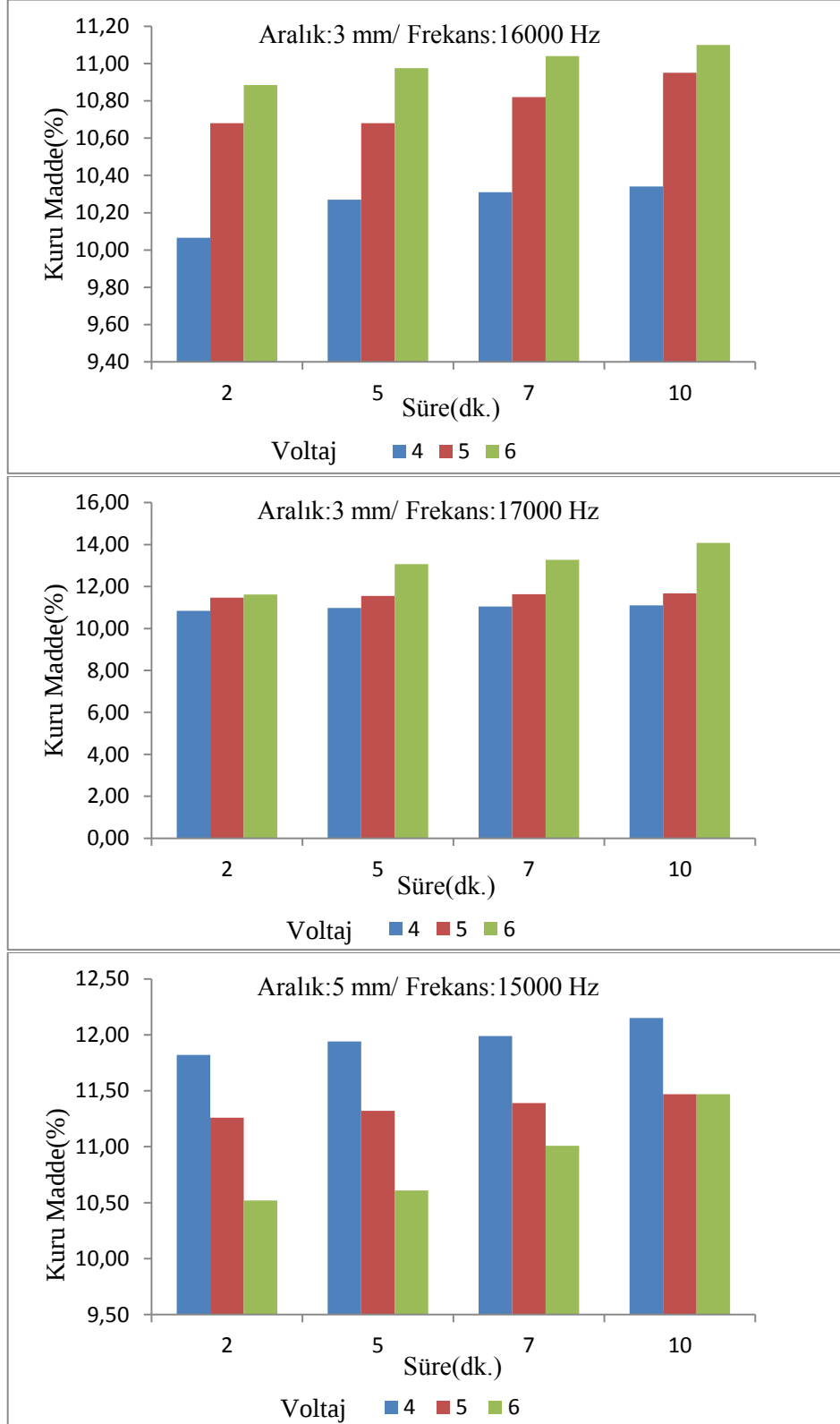
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05: İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



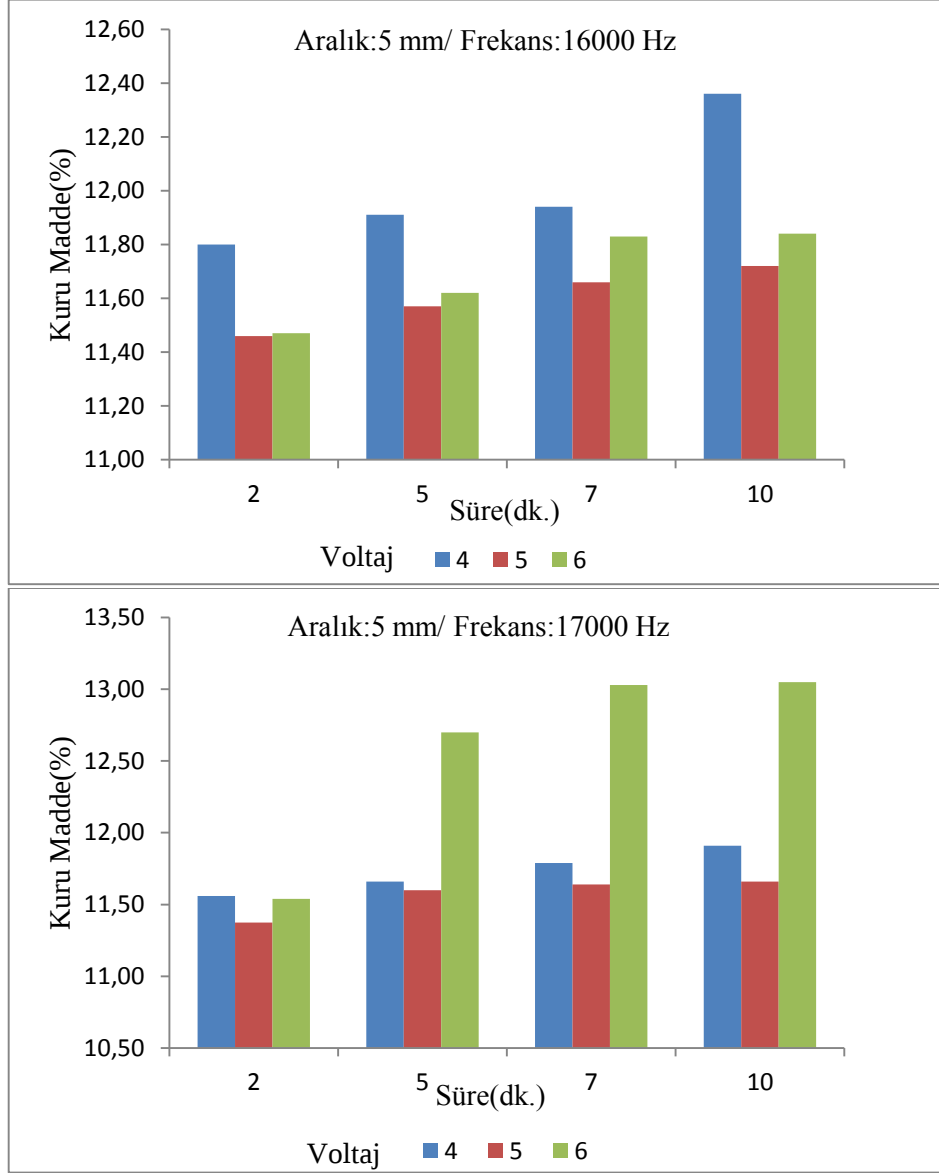
Şekil 4.21 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin % kuru madde değerlerinin dağılımları.



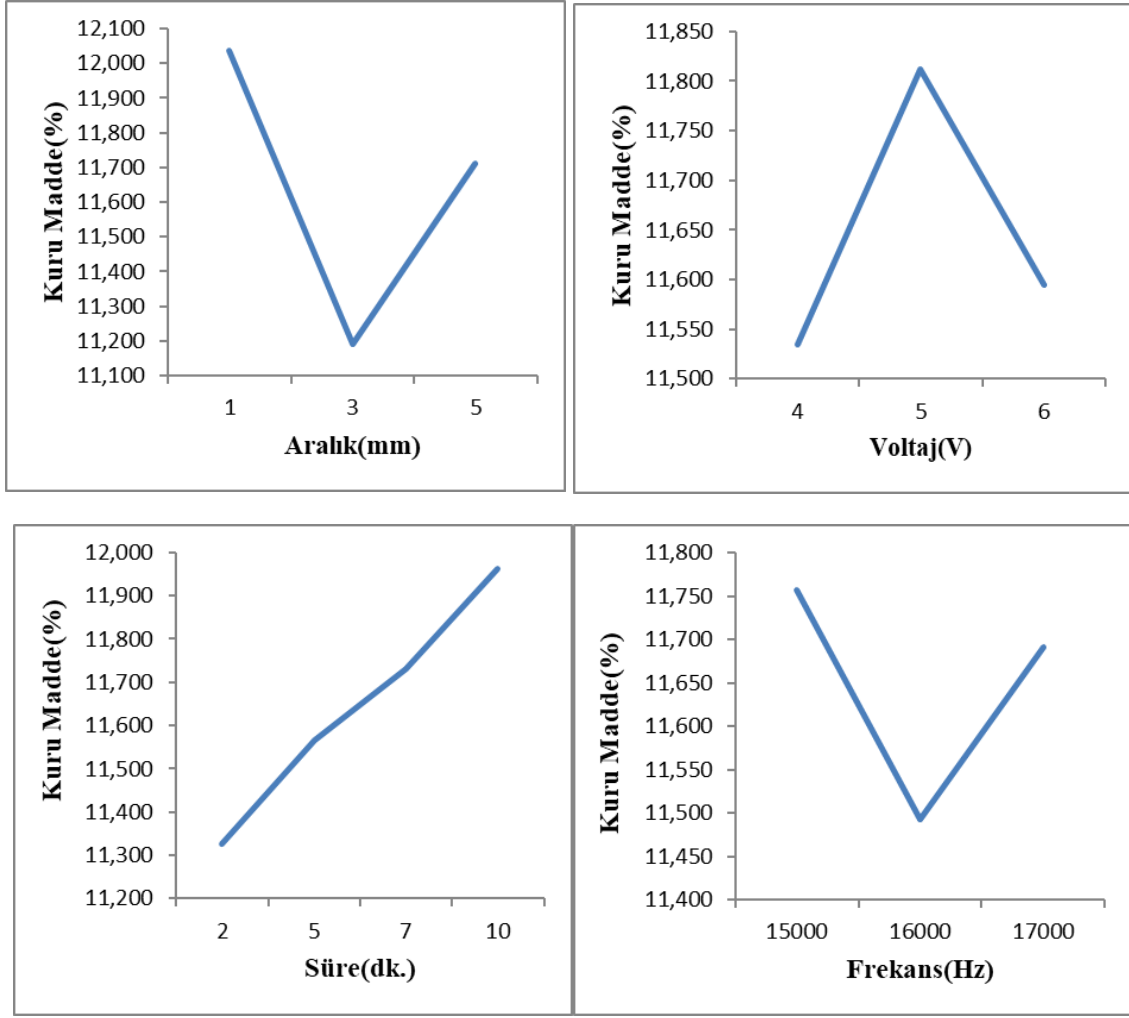
Şekil 4.22 (Devam) Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerinin % kuru madde değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.23 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin % kuru madde değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.24 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin % kuru madde değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.25 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı % kuru madde değerlerindeki değişim.

4.2.6 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Yoğunluk Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki yoğunluk değerleri çizelge 4.12’de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin yoğunluk değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.13’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin yoğunluk değerlerindeki değişim şekil 4.11’de, parametrelere bağlı yoğunluk değerlerindeki değişim ise şekil 4.12’de gösterilmiştir

Çizelge 4.12 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin yoğunluk değerleri.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}
1	15000	5	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}
1	15000	6	1,029±0,00 ^{Aa}	1,029±0,00 ^{Aa}	1,029±0,00 ^{Aa}	1,029±0,00 ^{Aa}
1	16000	4	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}
1	16000	5	1,025±0,00 ^{Aa}	1,025±0,00 ^{Aa}	1,025±0,00 ^{Aa}	1,025±0,00 ^{Aa}
1	16000	6	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}
1	17000	4	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}
1	17000	5	1,029±0,00 ^{Aa}	1,029±0,00 ^{Aa}	1,029±0,00 ^{Aa}	1,029±0,00 ^{Aa}
1	17000	6	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}
3	15000	4	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}
3	15000	5	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}
3	15000	6	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}
3	16000	4	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}
3	16000	5	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}
3	16000	6	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}
3	17000	4	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}	1,031±0,00 ^{Aa}
3	17000	5	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}
3	17000	6	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}
5	16000	4	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}
5	16000	5	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}
5	16000	6	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}	1,027±0,00 ^{Aa}
5	17000	4	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}	1,026±0,00 ^{Aa}
5	17000	5	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}	1,028±0,00 ^{Aa}
5	17000	6	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}	1,03±0,00 ^{Aa}

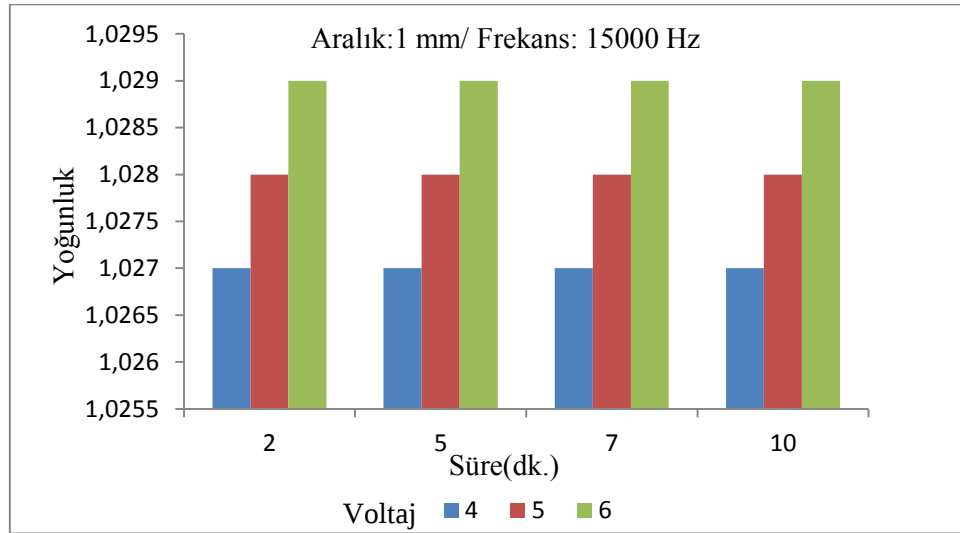
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

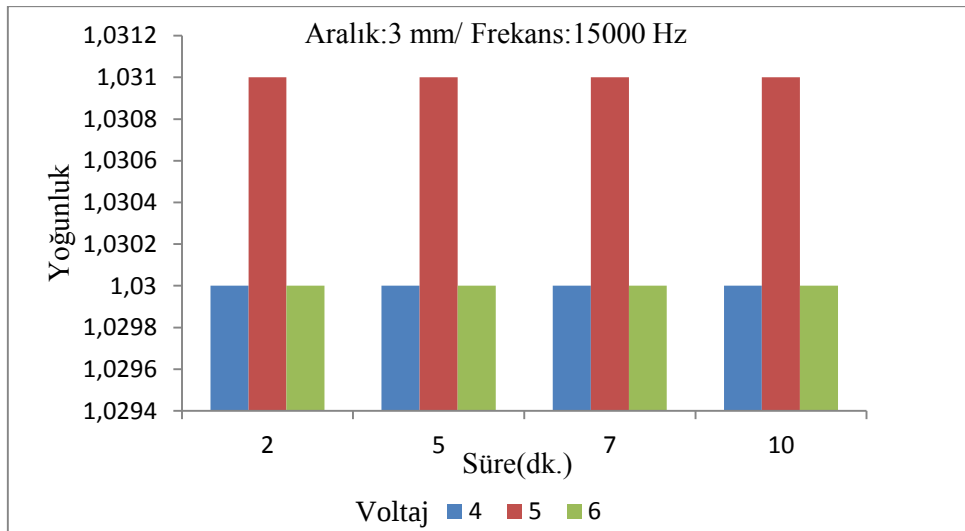
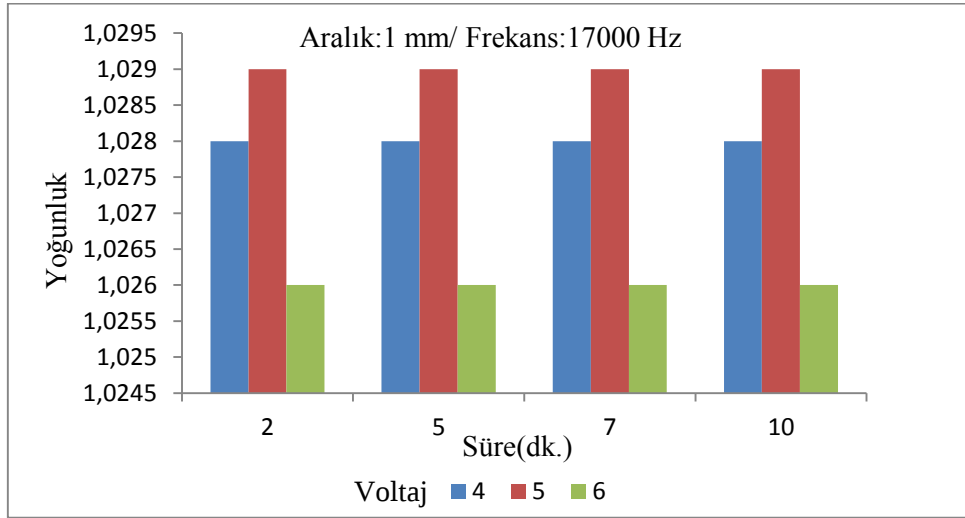
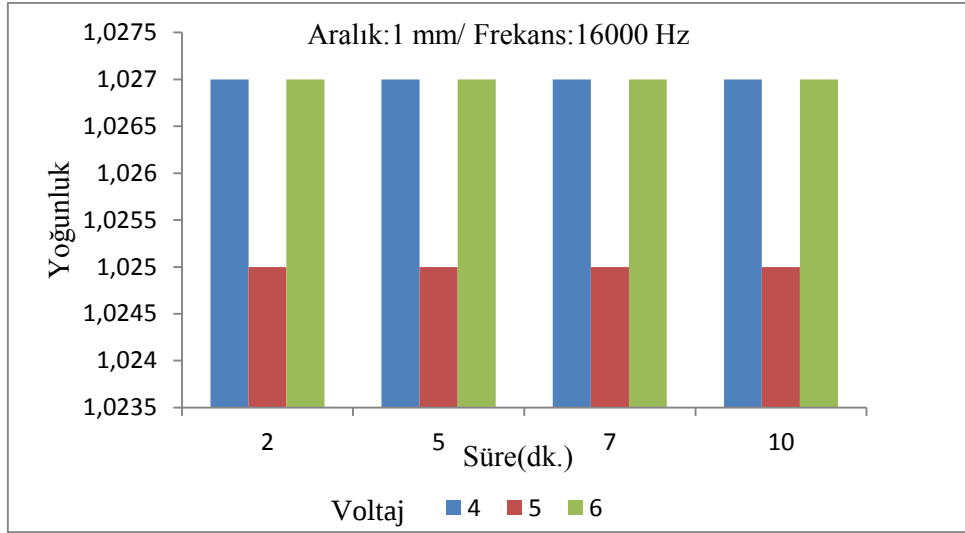
Çizelge 4.13 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	--	0.025
Voltaj	--	0.000
Frekans	--	0.000
Süre	--	0.000
Aralık * Voltaj	--	--
Aralık * Frekans	--	--
Aralık * Süre	--	--
Voltaj * Frekans	--	--
Voltaj * Süre	--	--
Frekans * Süre	--	--
Aralık * Voltaj * Frekans	--	--
Aralık * Voltaj * Süre	--	--
Aralık * Frekans * Süre	--	--
Voltaj * Frekans * Süre	--	--
Aralık * Voltaj * Frekans*	--	--
Süre	--	--

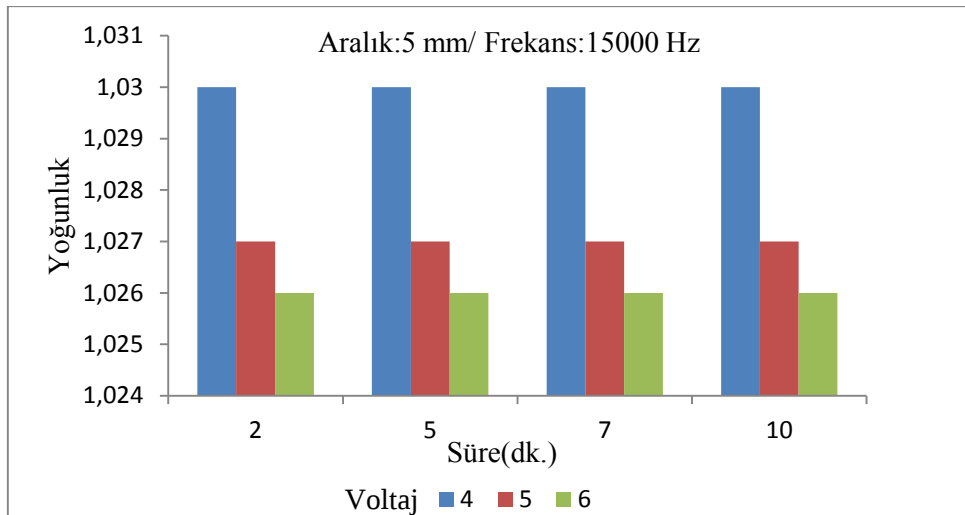
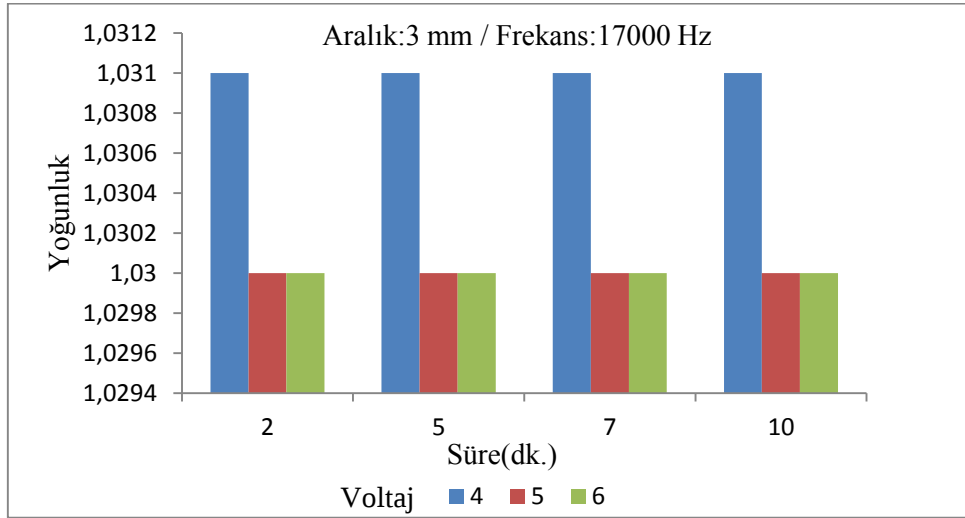
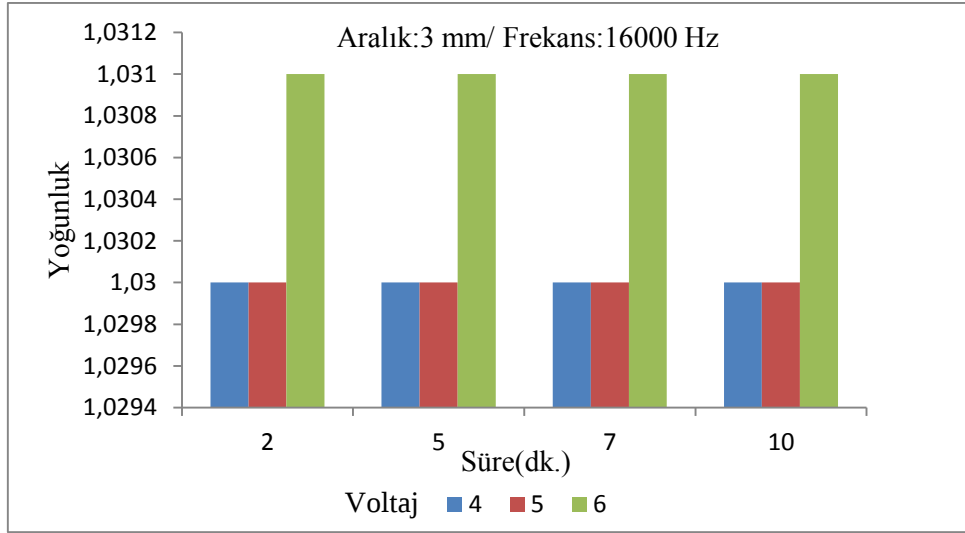
r: korelasyon katsayısı $p < 0.0001$: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, $p < 0,01$: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, $p < 0.05$: İstatistiksel olarak anlamlı, $p > 0.05$: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: $p < 0.05$; **: $p < 0,01$.



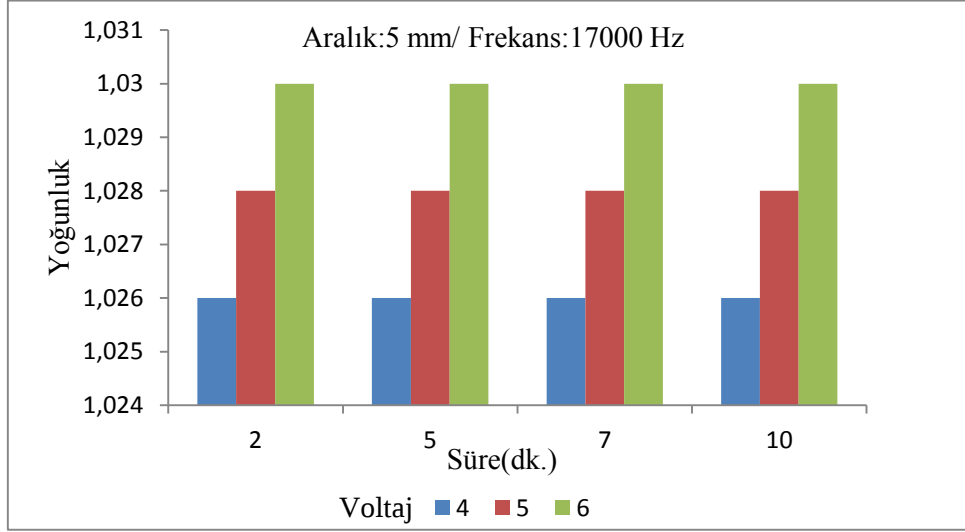
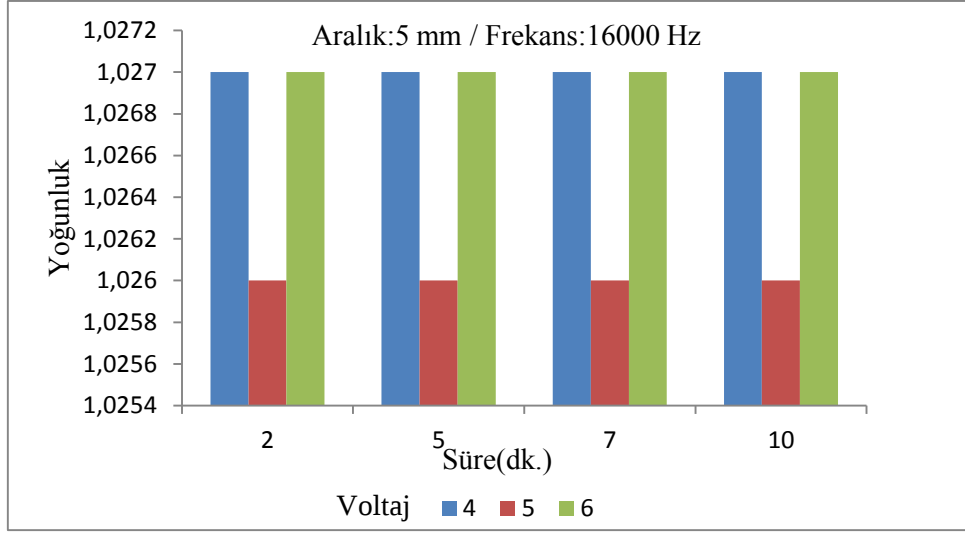
Şekil 4.26 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin yoğunluk değerlerinin dağılımları.



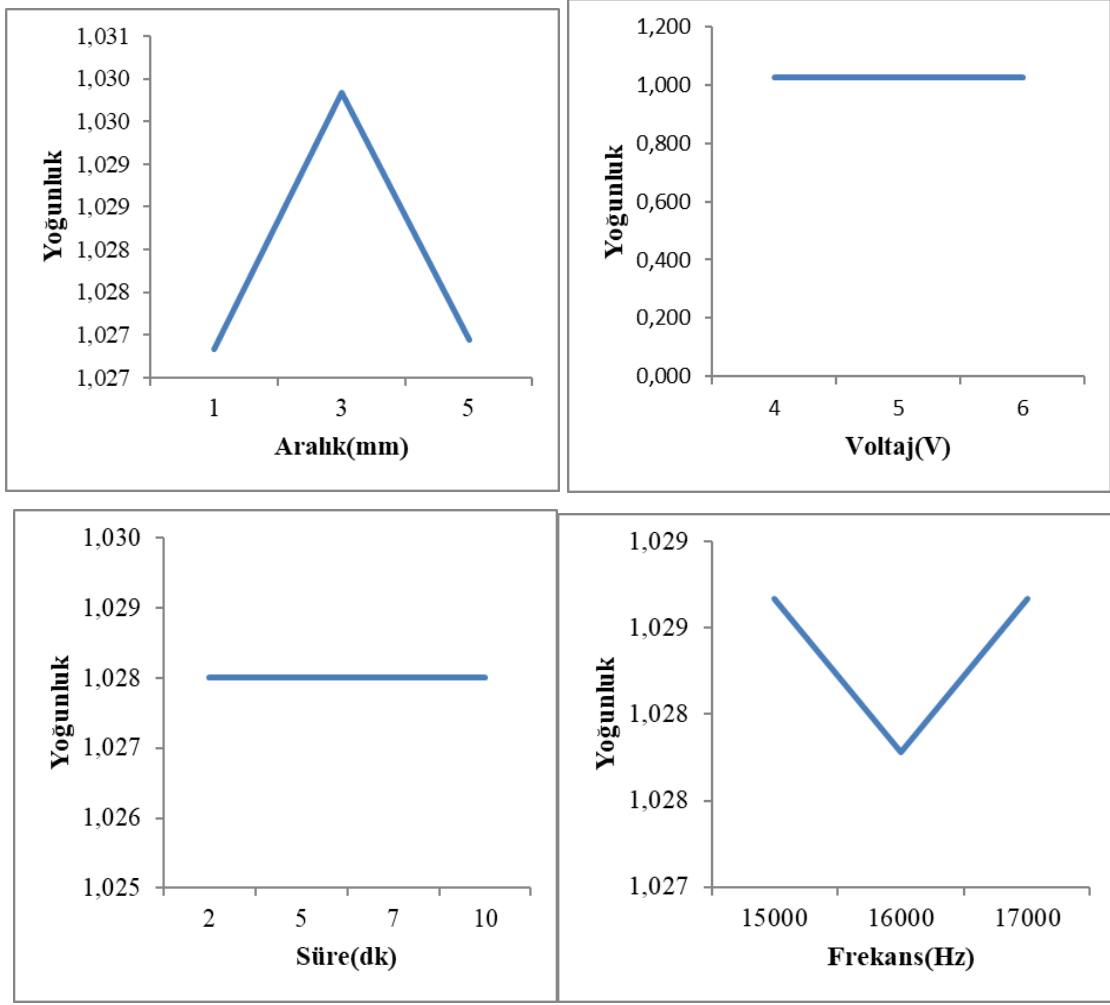
Şekil 4.27 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin yoğunluk değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.28(Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin yoğunluk değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.29(Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin yoğunluk değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.30 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı yoğunluk değerlerindeki değişim.

4.2.7 Çözeltili Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Renk Analizleri

4.2.7.1 L* Değerindeki Değişmeler

Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki L* değerleri çizelge 4.14'de çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin L* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.15'de gösterilmiştir. Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin L* değerlerindeki değişim şekil 4.13'de, parametrelere bağlı L* değerlerindeki değişim ise şekil 4.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin L*değerleri.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	94,85±0,16 ^{Aa}	93,90±0,06 ^{Ab}	93,35±0,13 ^{Ac}	93,04±0,06 ^{Bc}
1	15000	5	94,78±0,18 ^{Aa}	93,67±0,16 ^{Ab}	93,57±0,11 ^{Ab}	93,48±0,4 ^{Ab}
1	15000	6	92,72±0,098 ^{Ba}	92,54±0,07 ^{Bab}	92,25±0,12 ^{Bb}	91,81±0,19 ^{Cc}
1	16000	4	91,7±0,04 ^{Ca}	91,51±0,05 ^{Cab}	91,29±0,04 ^{Cb}	91,005±0,16 ^{Cc}
1	16000	5	93,22±0,04 ^{Aa}	93,13±0,05 ^{Aab}	92,99±0,07 ^{Abc}	92,81±0,11 ^{Ac}
1	16000	6	92,55±0,06 ^{Ba}	92,37±0,10 ^{Ba}	92,12±0,08 ^{Bb}	91,88±0,09 ^{Bb}
1	17000	4	92,02±0,05 ^{Ba}	91,81±0,11 ^{Bab}	91,57±0,11 ^{Bb}	91,26±0,09 ^{Bc}
1	17000	5	90,5±0,08 ^{Ca}	90,33±0,09 ^{Cab}	90,09±0,08 ^{Cbc}	89,93±0,09 ^{Cc}
1	17000	6	93,62±0,07 ^{Aa}	93,22±0,14 ^{Ab}	92,64±0,11 ^{Ac}	92,25±0,10 ^{Ad}
3	15000	4	95,50±0,19 ^{Ba}	94,77±0,02 ^{Bb}	93,78±0,17 ^{Bc}	92,07±0,10 ^{Bd}
3	15000	5	95,84±0,077 ^{Ba}	95,24±0,14 ^{Ab}	94,64±0,12 ^{Ac}	94,45±0,17 ^{Ac}
3	15000	6	96,36±0,16 ^{Aa}	94,83±0,19 ^{ABb}	92,58±0,14 ^{Cc}	91,79±0,10 ^{Bd}
3	16000	4	90,86±0,10 ^{Ca}	90,32±0,17 ^{Bb}	89,78±0,04 ^{Cc}	89,41±0,12 ^{Cd}
3	16000	5	93,77±0,16 ^{Aa}	91,81±0,14 ^{Ab}	91,76±0,098 ^{Ab}	89,88±0,077 ^{Bc}
3	16000	6	92,10±0,16 ^{Ba}	91,48±0,13 ^{Ab}	90,87±0,15 ^{Bc}	90,41±0,09 ^{Ad}
3	17000	4	90,78±0,15 ^{Ca}	90,37±0,17 ^{Ca}	89,61±0,16 ^{Cb}	88,90±0,12 ^{Cc}
3	17000	5	92,48±0,12 ^{Ba}	91,5±0,08 ^{Bb}	91,27±0,10 ^{Bbc}	91,22±0,05 ^{Bc}
3	17000	6	93,66±0,14 ^{Aa}	92,77±0,08 ^{Ab}	92,51±0,14 ^{Abc}	92,21±0,14 ^{Ac}
5	15000	4	93,41±0,12 ^{Aa}	92,48±0,12 ^{Ab}	92,41±0,10 ^{Ab}	89,65±0,18 ^{Bc}
5	15000	5	92,73±0,12 ^{Ba}	91,51±0,06 ^{Cb}	91,34±0,08 ^{Cb}	90,87±0,12 ^{Ac}
5	15000	6	92,43±0,16 ^{Ca}	92,04±0,10 ^{Bb}	91,74±0,12 ^{Bb}	91,29±0,09 ^{Ac}
5	16000	4	93,75±0,13 ^{Aa}	93,31±0,19 ^{Ab}	92,84±0,16 ^{Ac}	88,85±0,98 ^{Cd}
5	16000	5	92,42±0,12 ^{Ba}	92,1±0,14 ^{Ba}	91,72±0,10 ^{Bb}	91,43±0,14 ^{Ab}
5	16000	6	91,67±0,09 ^{Ca}	91,03±0,08 ^{Cb}	90,64±0,11 ^{Cc}	90,41±0,12 ^{Bc}
5	17000	4	92,54±0,16 ^{Ba}	92,34±0,11 ^{Aa}	91,87±0,08 ^{Ab}	90,19±0,09 ^{Bc}
5	17000	5	91,38±0,08 ^{Ca}	91,06±0,06 ^{Bab}	90,81±0,10 ^{Bb}	88,69±0,18 ^{Cc}
5	17000	6	93,30±0,16 ^{Aa}	92,56±0,00 ^{Ab}	91,74±0,16 ^{Ac}	91,05±0,09 ^{Ad}

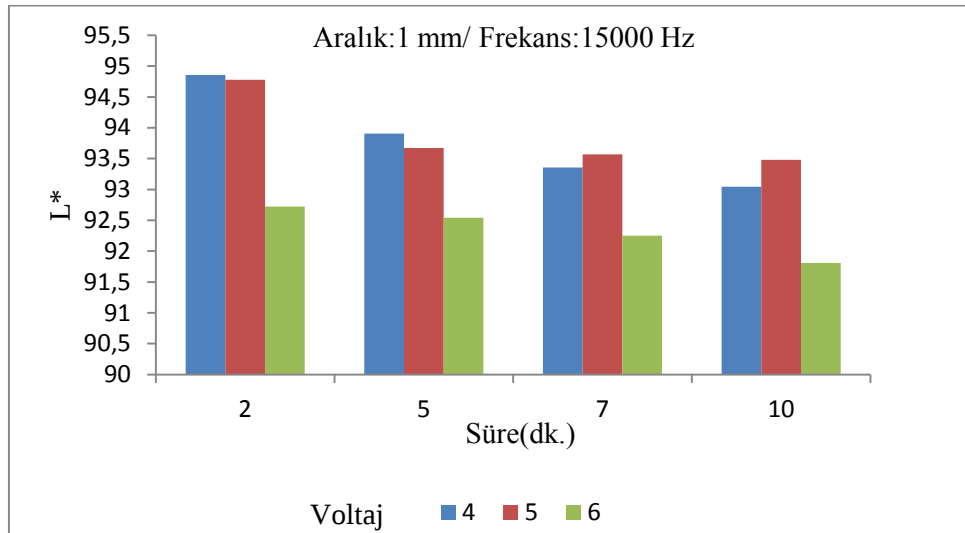
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistikse lolarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

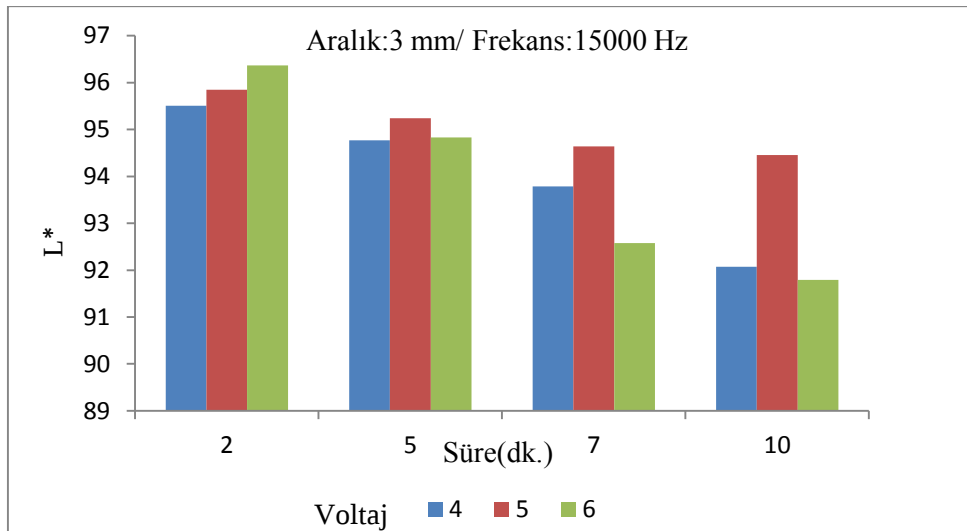
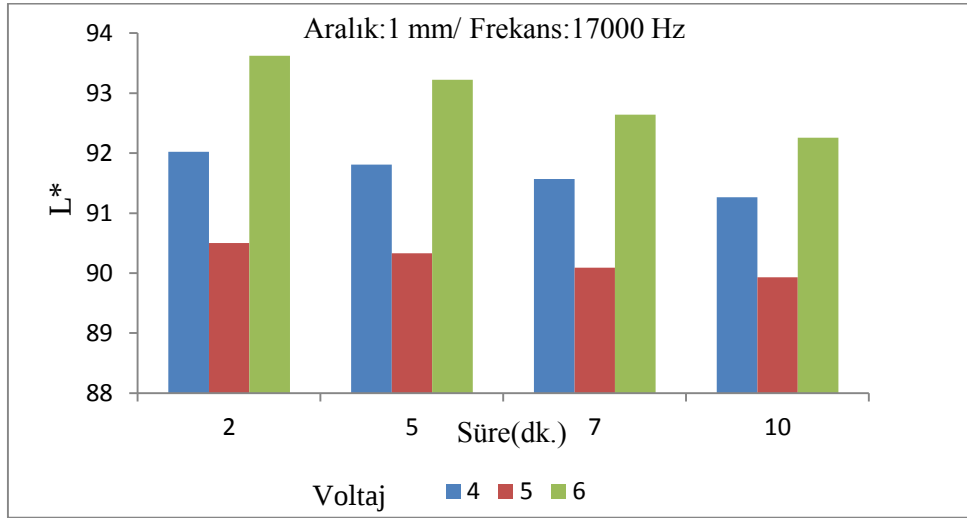
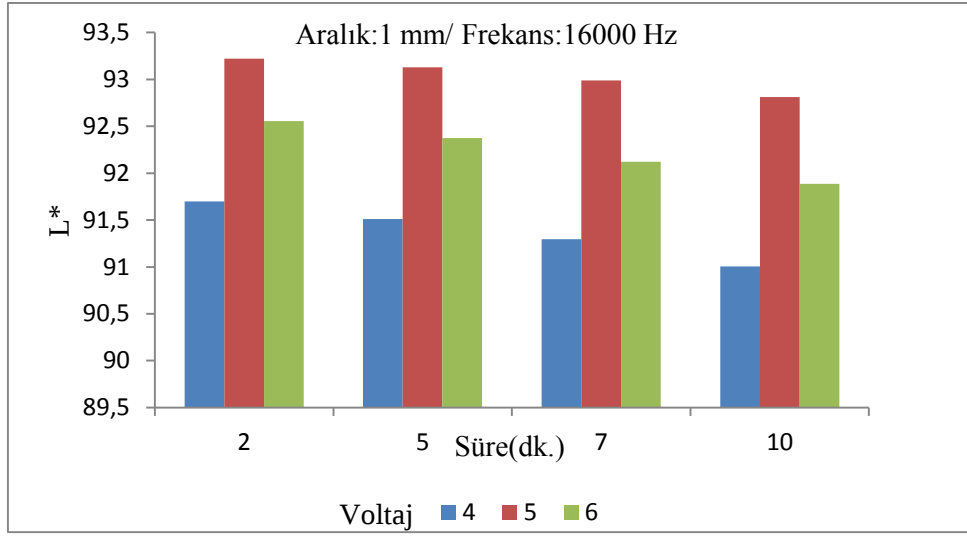
Çizelge 4.15 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin L* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	-0.195**
Voltaj	<0.0001	0,107
Frekans	<0.0001	-0.445**
Süre	<0.0001	-0.449**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans* Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans* Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans* Süre	<0.0001	--

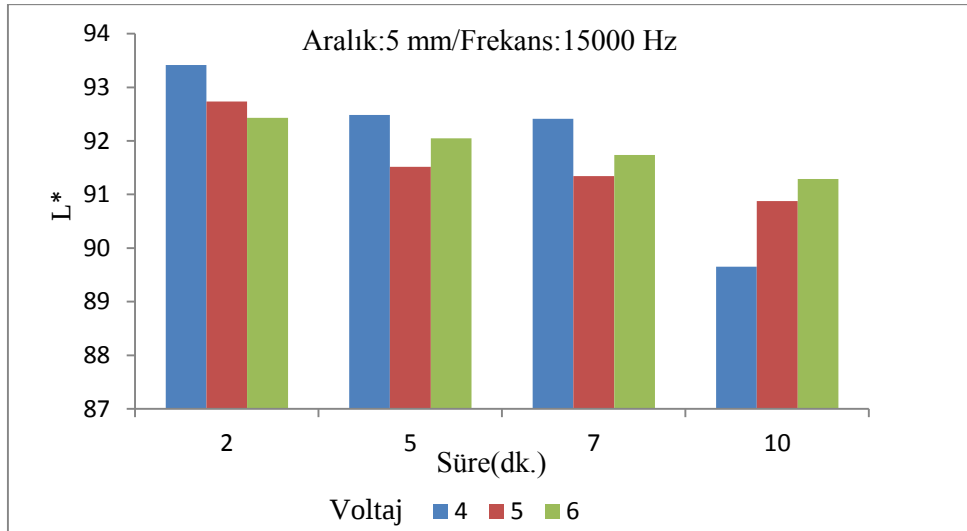
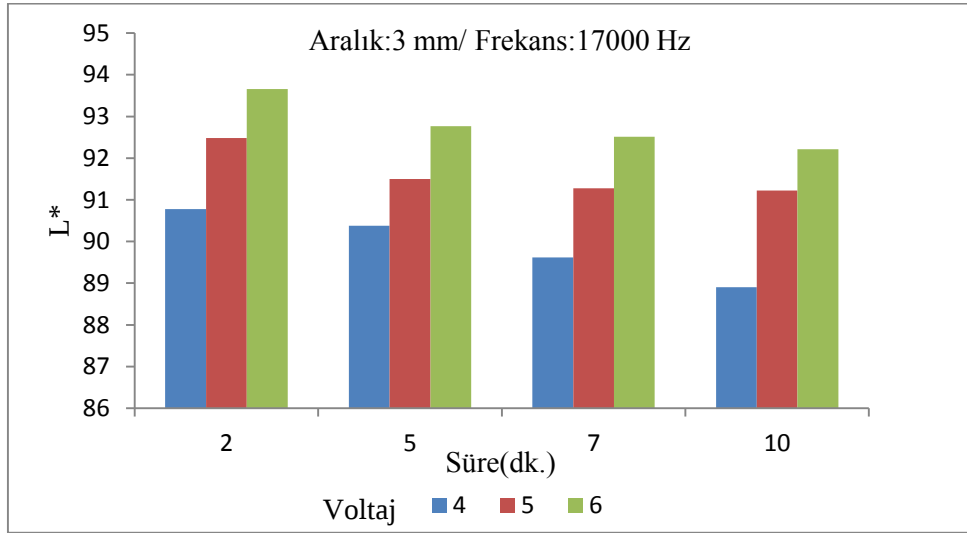
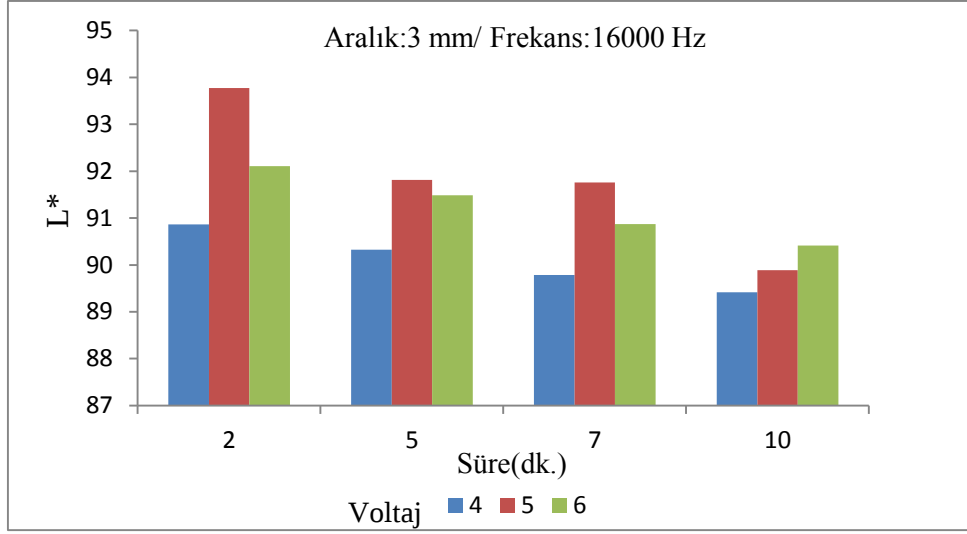
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01:İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05 : İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



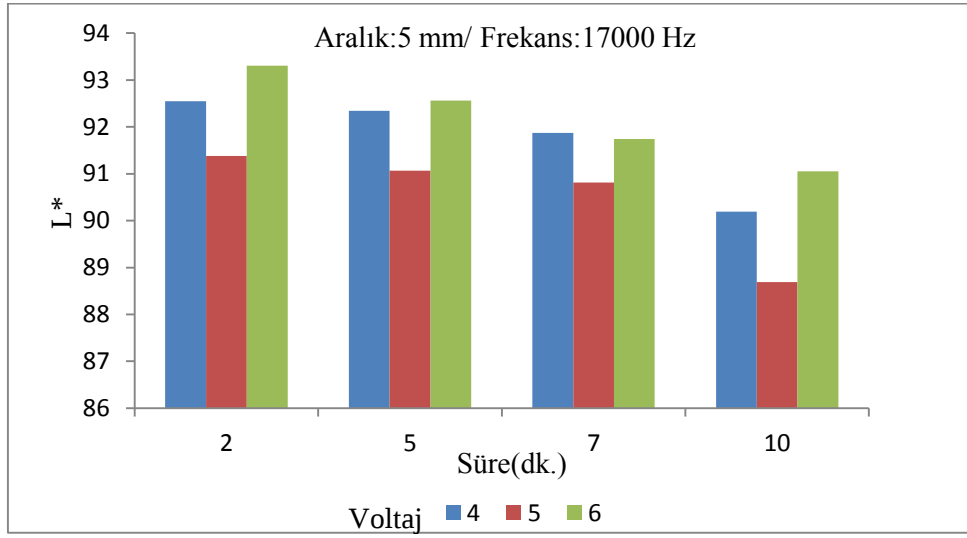
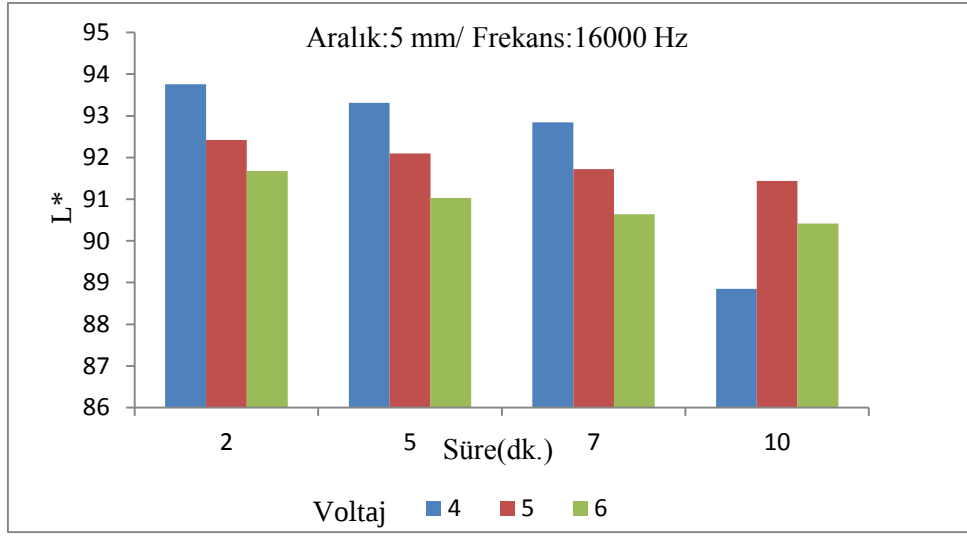
Şekil 4.31 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerinin L* değerlerinin dağılımları.



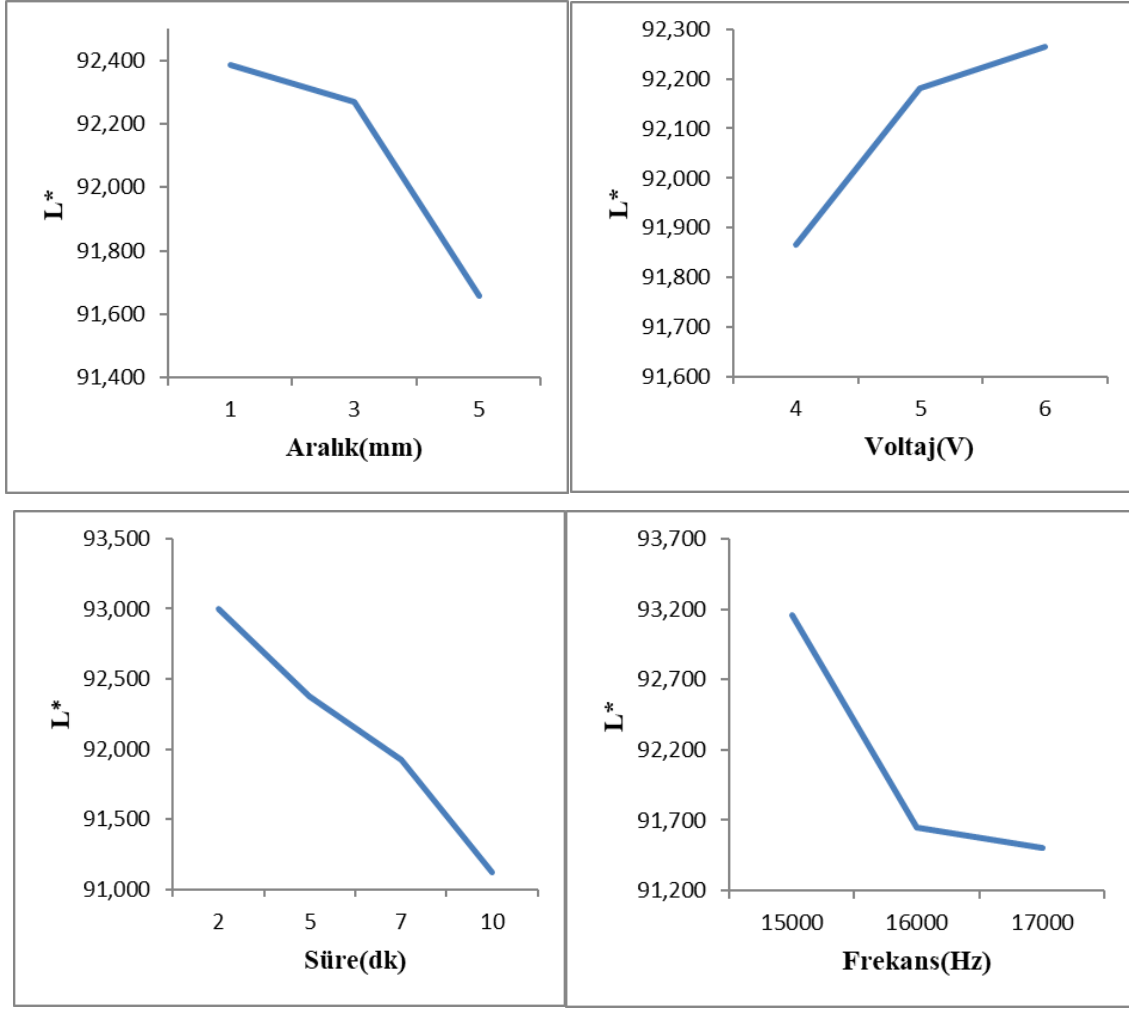
Şekil 4.32 (Devam) Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerinin L^* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.33 (Devam) Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerinin L^* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.34 (Devam) Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerinin L^* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.35 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı L^* değerlerindeki değişim.

4.2.7.2 a^* Değerindeki Değişmeler

Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki a^* değerleri çizelge 4.16'da çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin a^* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.17'de gösterilmiştir. Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin a^* değerlerindeki değişim şekil 4.15'de, parametrelere bağlı a^* değerlerindeki değişim ise şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin a* değerleri.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	1,54±0,007 ^{Ac}	1,63±0,01 ^{Ab}	1,68±0,007 ^{Aa}	1,71±0,01 ^{Aa}
1	15000	5	1,55±0,007 ^{Ac}	1,59±0,01 ^{Ab}	1,63±0,01 ^{Ba}	1,65±0,007 ^{Aa}
1	15000	6	0,46±0,007 ^{Bc}	0,52±0,02 ^{Bc}	0,58±0,007 ^{Cb}	0,68±0,02 ^{Ba}
1	16000	4	0,91±0,02 ^{Ac}	0,95±0,02 ^{Ac}	1,27±0,04 ^{Ab}	1,43±0,02 ^{Aa}
1	16000	5	0,80±0,002 ^{Bd}	0,81±0,0007 ^{Bc}	1,30±0,003 ^{Aa}	1,04±0,002 ^{Bb}
1	16000	6	0,21±0,007 ^{Cc}	0,28±0,02 ^{Cb}	0,32±0,01 ^{Bab}	0,36±0,02 ^{Ca}
1	17000	4	0,73±0,02 ^{Ac}	0,84±0,02 ^{Ab}	0,92±0,03 ^{Ab}	1,27±0,04 ^{Ba}
1	17000	5	0,56±0,02 ^{Bc}	0,6±0,03 ^{Bc}	0,81±0,04 ^{Ab}	1,52±0,02 ^{Aa}
1	17000	6	0,35±0,02 ^{Cc}	0,43±0,02 ^{Cb}	0,48±0,02 ^{Bb}	0,57±0,03 ^{Ca}
3	15000	4	1,14±0,03 ^{Aa}	1,17±0,02 ^{Aa}	1,49±0,4 ^{Aa}	1,29±0,04 ^{Ba}
3	15000	5	0,95±0,02 ^{Ba}	0,98±0,007 ^{Ba}	1,02±0,04 ^{Aa}	1,01±0,007 ^{Ca}
3	15000	6	1,19±0,007 ^{Ab}	1,19±0,007 ^{Ab}	1,22±0,01 ^{Ab}	1,47±0,02 ^{Aa}
3	16000	4	1,04±0,02 ^{Ac}	1,15±0,02 ^{Ab}	1,27±0,04 ^{Aa}	1,3±0,02 ^{Aa}
3	16000	5	1±0,01 ^{Ac}	1,06±0,03 ^{Bc}	1,19±0,02 ^{Ab}	1,31±0,04 ^{Aa}
3	16000	6	0,20±0,02 ^{Bb}	0,24±0,01 ^{Cb}	0,28±0,04 ^{Bab}	0,32±0,02 ^{Ba}
3	17000	4	0,32±0,03 ^{Ac}	0,39±0,02 ^{Abc}	0,43±0,01 ^{ABab}	0,48±0,01 ^{Ba}
3	17000	5	0,15±0,02 ^{Bb}	0,19±0,02 ^{Bb}	0,39±0,01 ^{Ba}	0,40±0,007 ^{Ca}
3	17000	6	0,18±0,02 ^{Bd}	0,28±0,04 ^{Bc}	0,46±0,02 ^{Ab}	0,83±0,007 ^{Aa}
5	15000	4	0,18±0,02 ^{Bd}	0,28±0,04 ^{Ac}	0,46±0,02 ^{Ab}	0,83±0,007 ^{Aa}
5	15000	5	0,29±0,02 ^{Ac}	0,34±0,03 ^{Abc}	0,42±0,03 ^{Ab}	0,70±0,007 ^{Ba}
5	15000	6	0,34±0,02 ^{Ac}	0,40±0,04 ^{Abc}	0,46±0,01 ^{Aab}	0,51±0,02 ^{Ca}
5	16000	4	0,45±0,01 ^{Bc}	0,66±0,03 ^{Bb}	0,73±0,02 ^{Bb}	0,99±0,03 ^{Aa}
5	16000	5	0,67±0,02 ^{Ad}	0,74±0,007 ^{ABc}	0,85±0,02 ^{Ab}	0,92±0,02 ^{Aa}
5	16000	6	0,71±0,02 ^{Ac}	0,77±0,02 ^{Abc}	0,82±0,007 ^{Ab}	0,95±0,04 ^{Aa}
5	17000	4	0,38±0,02 ^{Ac}	0,82±0,04 ^{Ab}	0,88±0,02 ^{Aab}	0,96±0,03 ^{Aa}
5	17000	5	0,21±0,03 ^{Bb}	0,22±0,03 ^{Cb}	0,27±0,04 ^{Cb}	0,44±0,02 ^{Ba}
5	17000	6	0,29±0,03 ^{ABb}	0,34±0,01 ^{Bb}	0,46±0,01 ^{Ba}	0,5±0,02 ^{Ba}

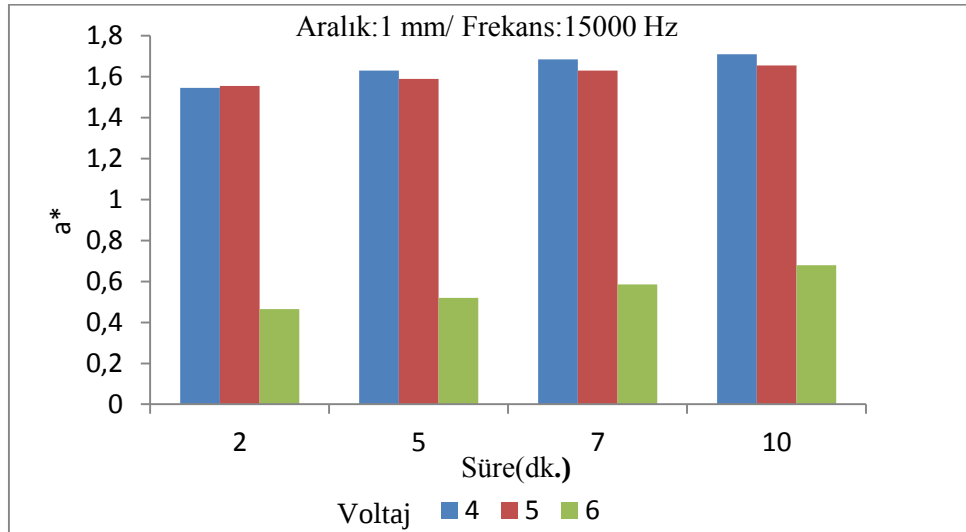
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık korelasyon analizleri gösterir (P< 0, 05).

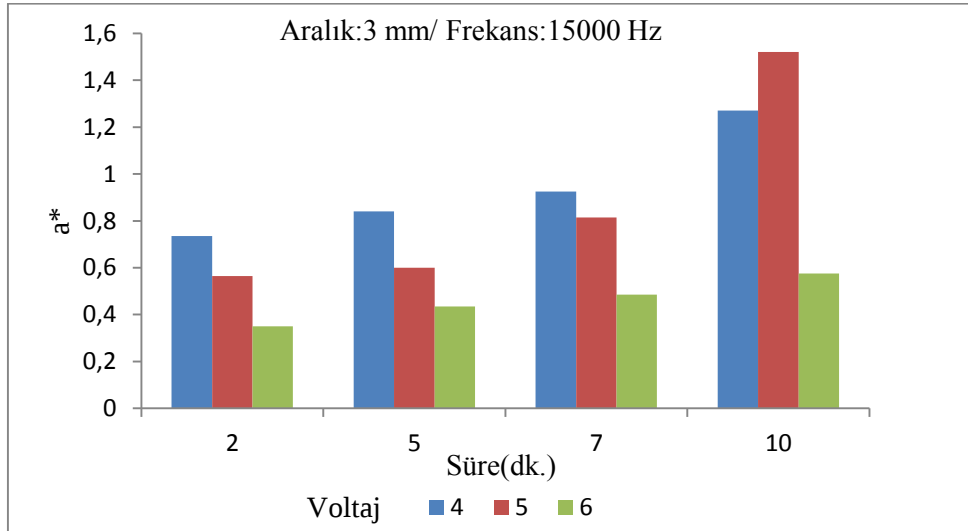
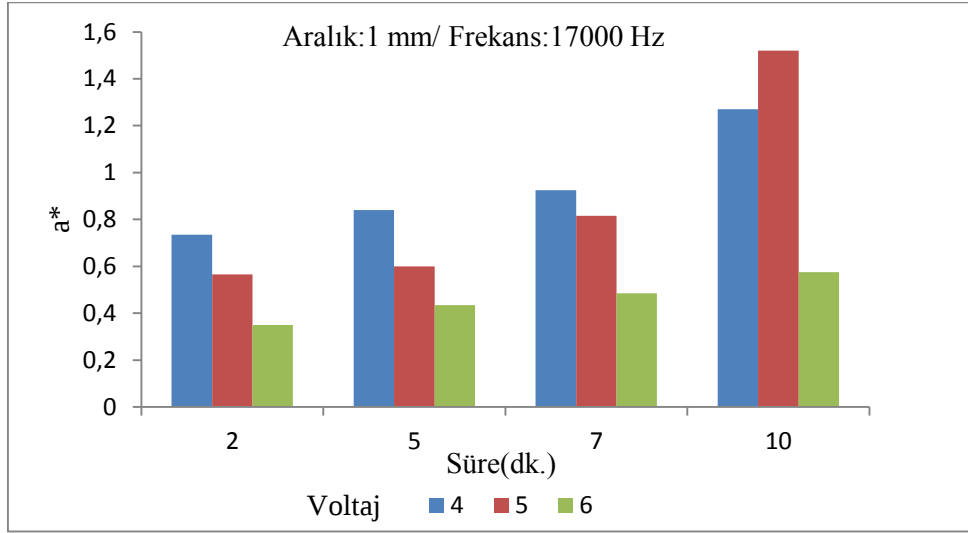
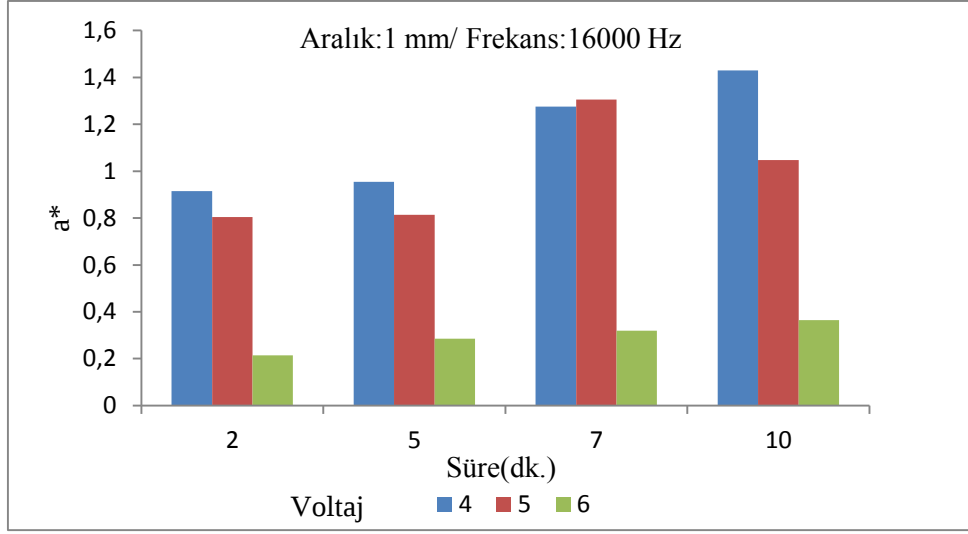
Çizelge 4.17 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin a^* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	-0.361**
Voltaj	<0.0001	-0.375**
Frekans	<0.0001	-0,399**
Süre	<0.0001	0.277**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--

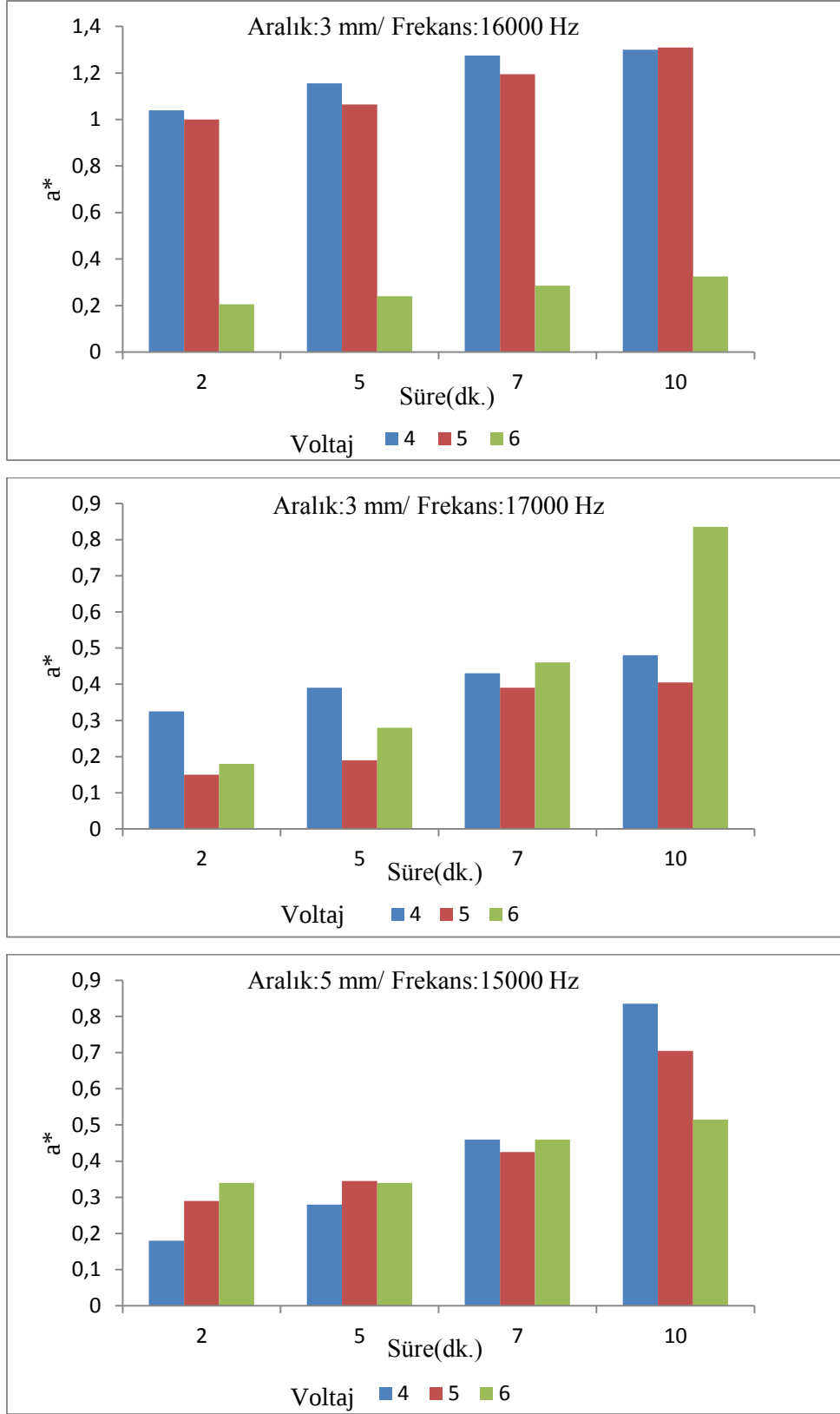
r: korelasyon katsayısı $p < 0.0001$: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, $p < 0,01$: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, $p < 0.05$: İstatistiksel olarak anlamlı, $p > 0.05$: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: $p < 0.05$; **: $p < 0,01$.



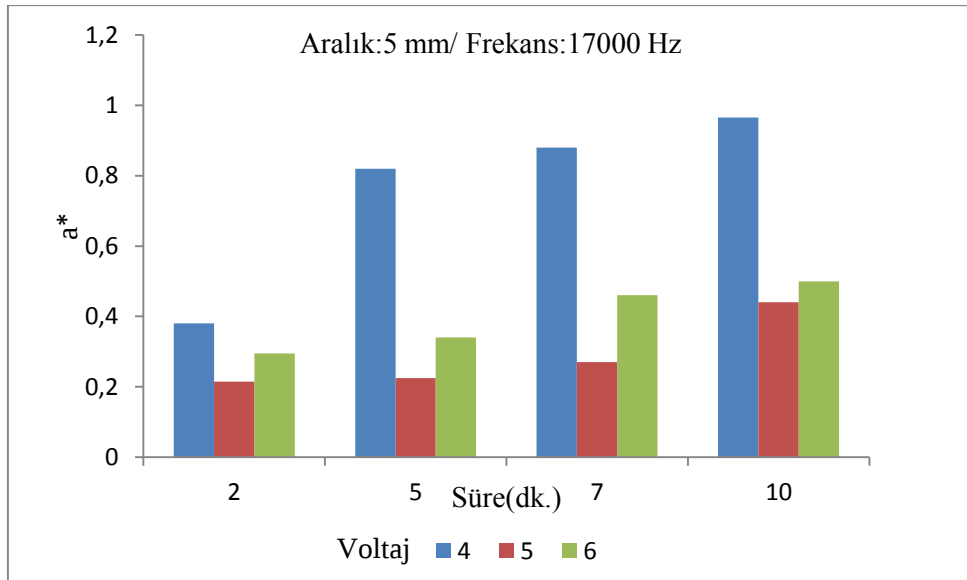
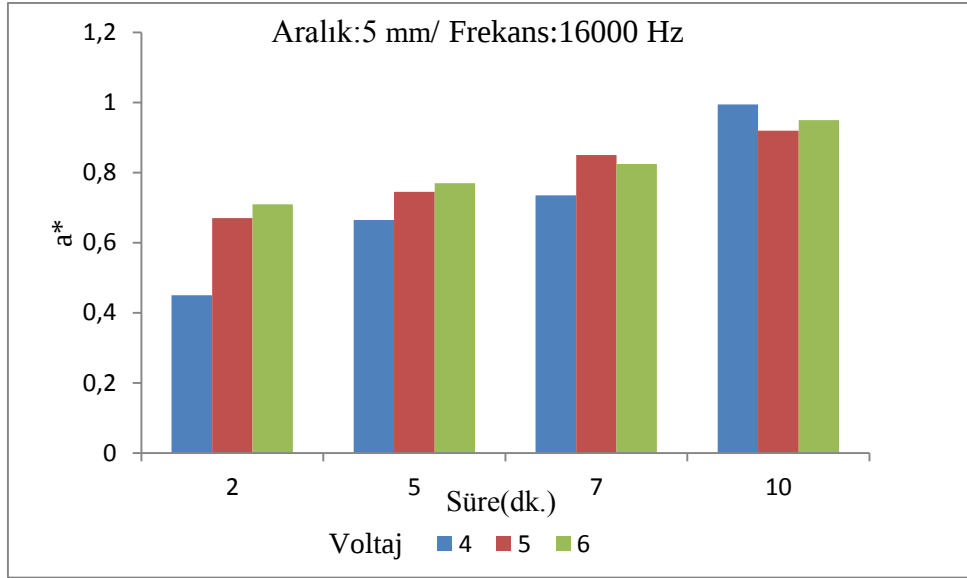
Şekil 4.36 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin a^* değerlerinin dağılımları.



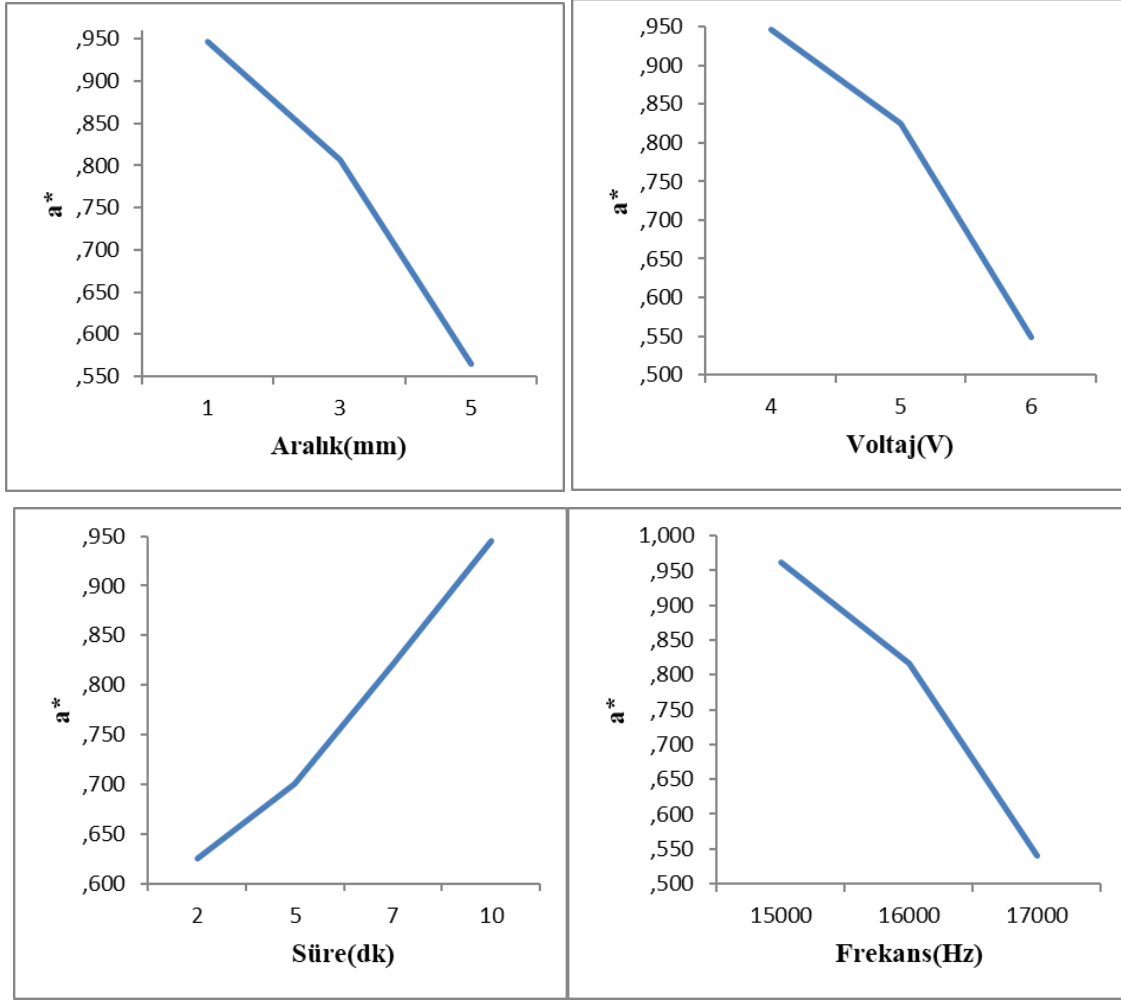
Şekil 4.37 (Devam) Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerinin a^* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.38 (Devam) Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerinin a^* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.39 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin a^* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.40 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı a* değerlerindeki değişim.

4.2.7.3 b* Değerindeki Değişmeler

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki b* değerleri çizelge 4.18’de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin b* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.19’da gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin b* değerlerindeki değişim ise şekil 4.17’de, parametrelere bağlı b* değerlerindeki değişim şekil 4.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin b* değerleri.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	4,82±0,08 ^{Ba}	4,34±0,31 ^{Aa}	4,18±0,40 ^{Aa}	4,11±0,14 ^{ABa}
1	15000	5	4,88±0,12 ^{ABa}	4,51±0,17 ^{Aab}	4,42±0,31 ^{Aab}	4,02±0,25 ^{Bb}
1	15000	6	5,18±0,09 ^{Aa}	4,98±0,06 ^{Aa}	4,89±0,09 ^{Aab}	4,63±0,14 ^{Ab}
1	16000	4	3,87±0,05 ^{Aa}	3,8±0,02 ^{Aab}	3,64±0,10 ^{Abc}	3,54±0,04 ^{Ac}
1	16000	5	2,33±0,07 ^{Ba}	2,14±0,05 ^{Bb}	2±0,08 ^{Bb}	1,57±0,01 ^{Bc}
1	16000	6	1,56±0,04 ^{Ca}	1,5±0,02 ^{Ca}	1,44±0,05 ^{Cab}	1,31±0,09 ^{Cb}
1	17000	4	1,94±0,06 ^{Aa}	1,83±0,07 ^{Aab}	1,68±0,04 ^{Abc}	1,56±0,05 ^{Ac}
1	17000	5	1,84±0,12 ^{Aa}	1,68±0,04 ^{Aa}	1,39±0,12 ^{Ab}	1,22±0,05 ^{Bb}
1	17000	6	2,02±0,17 ^{Aa}	1,66±0,08 ^{Ab}	1,44±0,12 ^{Ab}	1,36±0,9 ^{ABb}
3	15000	4	2,96±0,04 ^{Aa}	2,68±0,04 ^{Ab}	1,03±0,07 ^{Bc}	0,82±0,01 ^{Bd}
3	15000	5	2,04±0,07 ^{Ba}	1,96±0,02 ^{Ba}	1,60±0,007 ^{Ab}	0,87±0,03 ^{Bc}
3	15000	6	2,01±0,15 ^{Ba}	1,66±0,06 ^{Cb}	1,52±0,04 ^{Ab}	1,23±0,02 ^{Ac}
3	16000	4	1,99±0,02 ^{Ba}	1,65±0,09 ^{Bb}	1,59±0,02 ^{Bb}	1,53±0,04 ^{Bb}
3	16000	5	2,78±0,21 ^{Aa}	2,63±0,19 ^{Aa}	2,26±0,12 ^{Aab}	2,04±0,21 ^{Ab}
3	16000	6	0,93±0,04 ^{Ca}	0,71±0,09 ^{Cb}	0,58±0,05 ^{Cbc}	0,46±0,02 ^{Cc}
3	17000	4	1,49±0,04 ^{Ca}	1,24±0,09 ^{Bb}	1,09±0,04 ^{Cbc}	1,03±0,02 ^{Cc}
3	17000	5	1,9±0,07 ^{Ba}	1,9±0,08 ^{Ca}	1,58±0,08 ^{Bb}	1,5±0,02 ^{Bb}
3	17000	6	2,99±0,09 ^{Aa}	2,73±0,11 ^{Aa}	2,38±0,12 ^{Ab}	2,25±0,05 ^{Ab}
5	15000	4	3,4±0,04 ^{Aa}	3,01±0,04 ^{Ab}	2,73±0,06 ^{Ac}	2,73±0,09 ^{Ac}
5	15000	5	1,55±0,04 ^{Ba}	1,37±0,04 ^{Bb}	0,86±0,06 ^{Bc}	0,71±0,05 ^{Cd}
5	15000	6	3,6±0,21 ^{Aa}	3,1±0,09 ^{Ab}	2,64±0,14 ^{Ac}	2,02±0,06 ^{Bd}
5	16000	4	3,06±0,07 ^{Aa}	2,43±0,16 ^{Ab}	2,21±0,06 ^{Ab}	1,47±0,02 ^{Ac}
5	16000	5	1,99±0,07 ^{Ba}	1,62±0,19 ^{Bb}	0,99±0,02 ^{Bc}	0,65±0,04 ^{Bd}
5	16000	6	1,65±0,06 ^{Ca}	1,31±0,08 ^{Bb}	1,06±0,04 ^{Bbc}	0,89±0,16 ^{Bc}
5	17000	4	3,86±0,21 ^{Aa}	2,83±0,17 ^{Bb}	1,26±0,24 ^{Bc}	0,94±0,06 ^{Bc}
5	17000	5	1,55±0,04 ^{Ba}	1,31±0,04 ^{Cab}	0,92±0,24 ^{Bbc}	0,87±0,13 ^{Bc}
5	17000	6	3,61±0,09 ^{Aa}	3,40±0,07 ^{Aa}	3,07±0,11 ^{Ab}	2,75±0,13 ^{Ac}

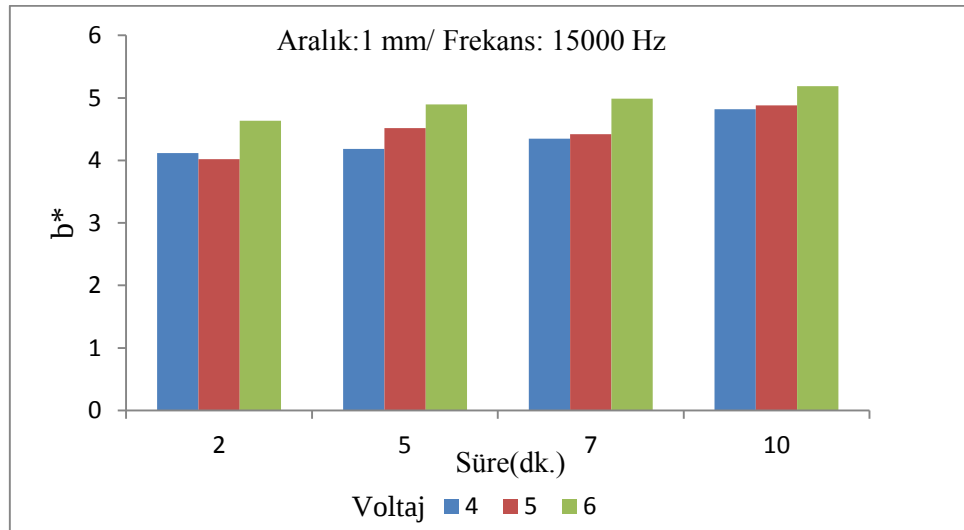
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık korelasyon analizleri gösterir (P< 0, 05).

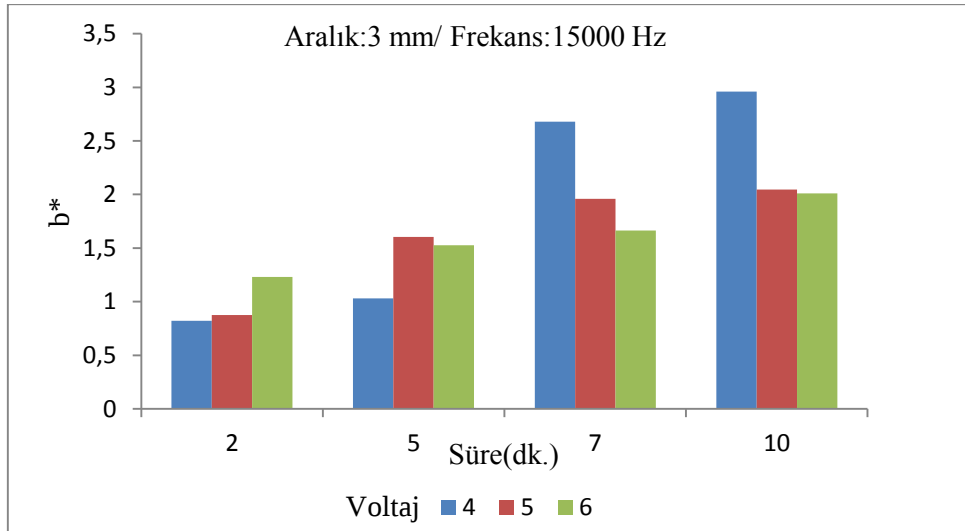
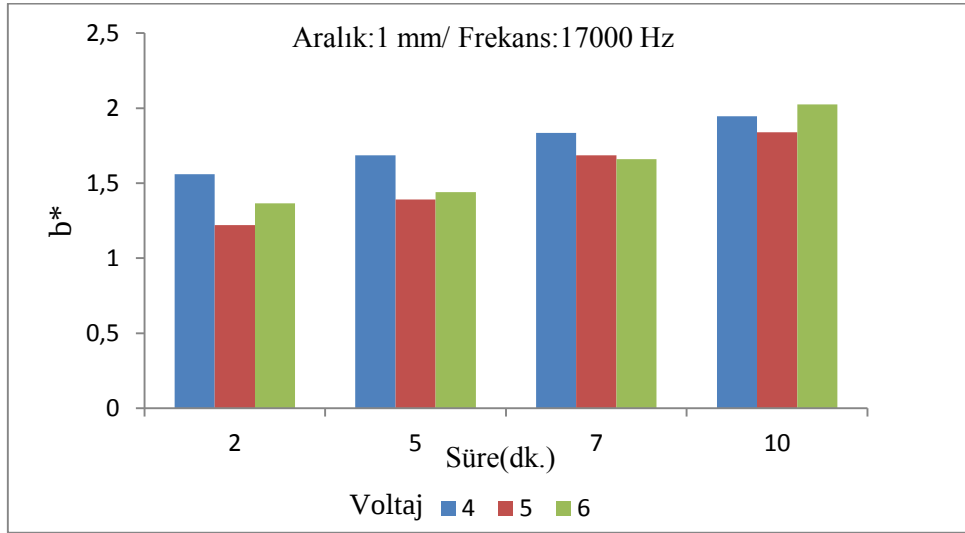
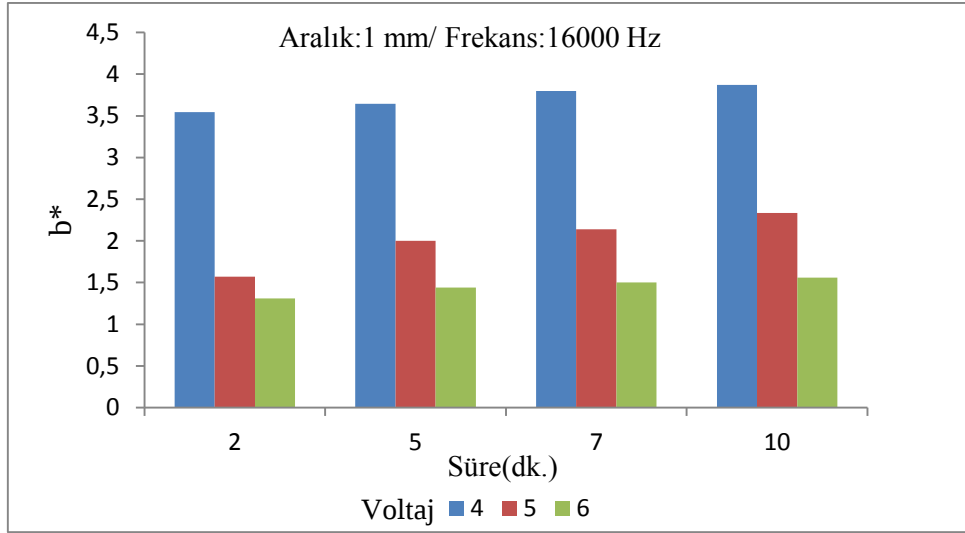
Çizelge 4.19 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin a* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	-0.290**
Voltaj	<0.0001	-0,076
Frekans	<0.0001	-0.340**
Süre	<0.0001	-0,284**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans* Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans* Süre	<0.0001	--

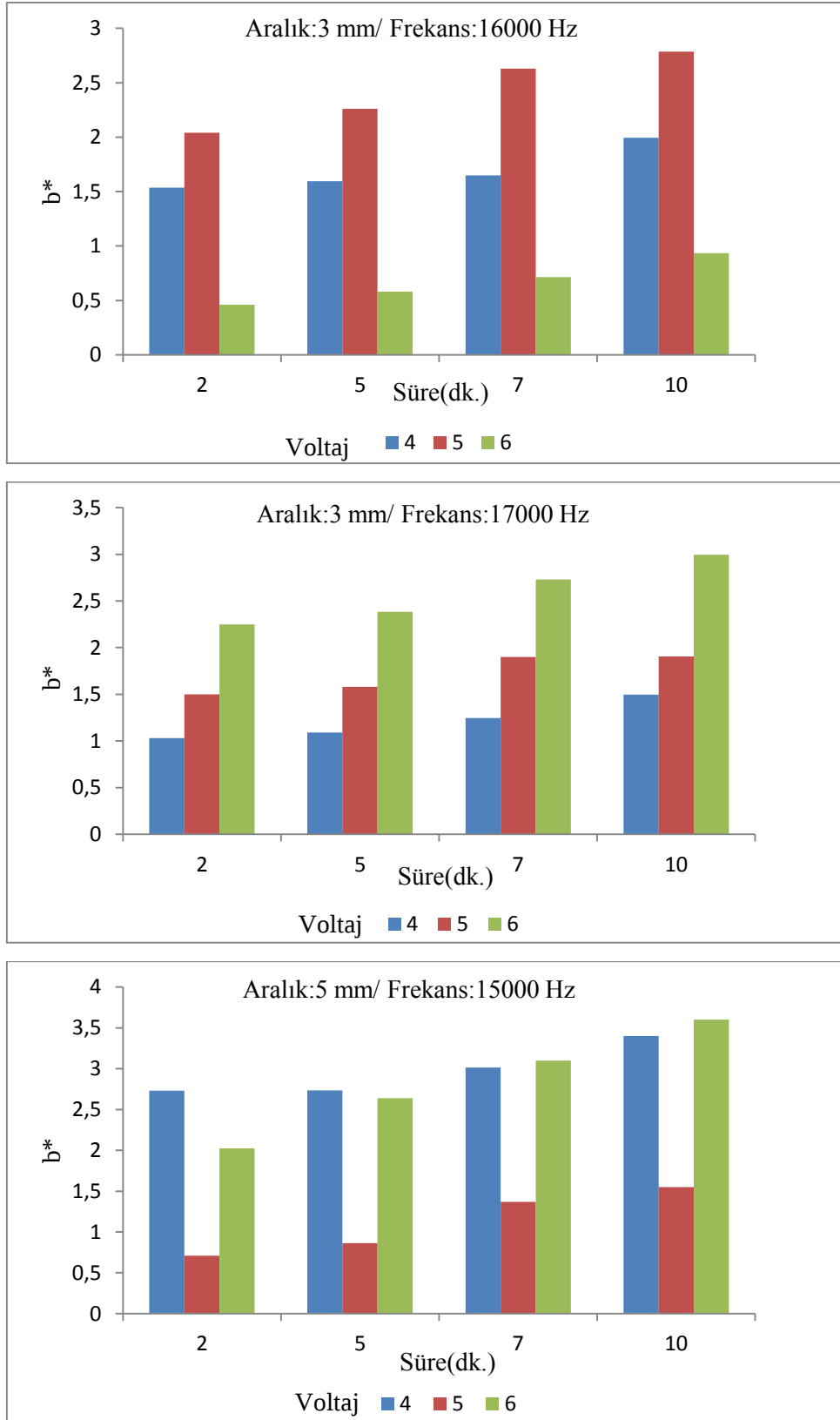
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05 : İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



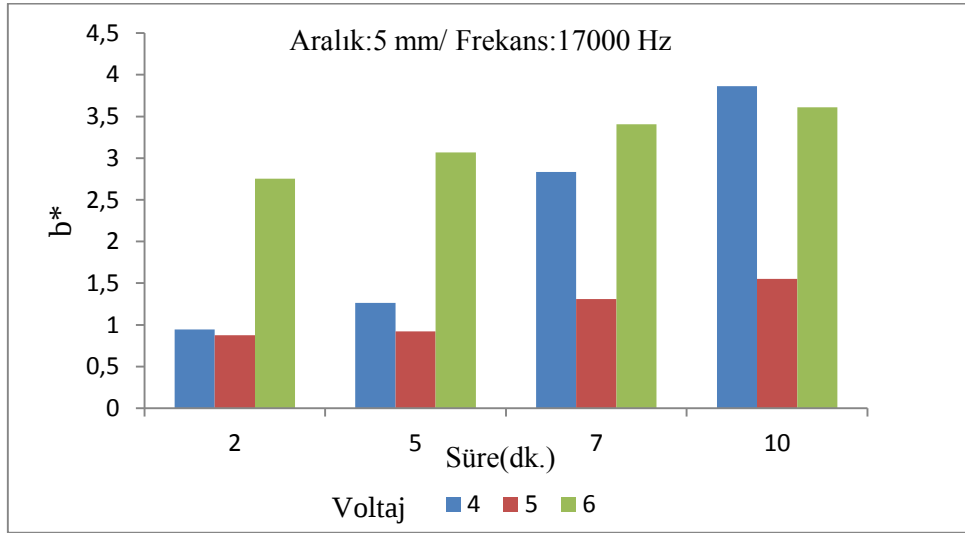
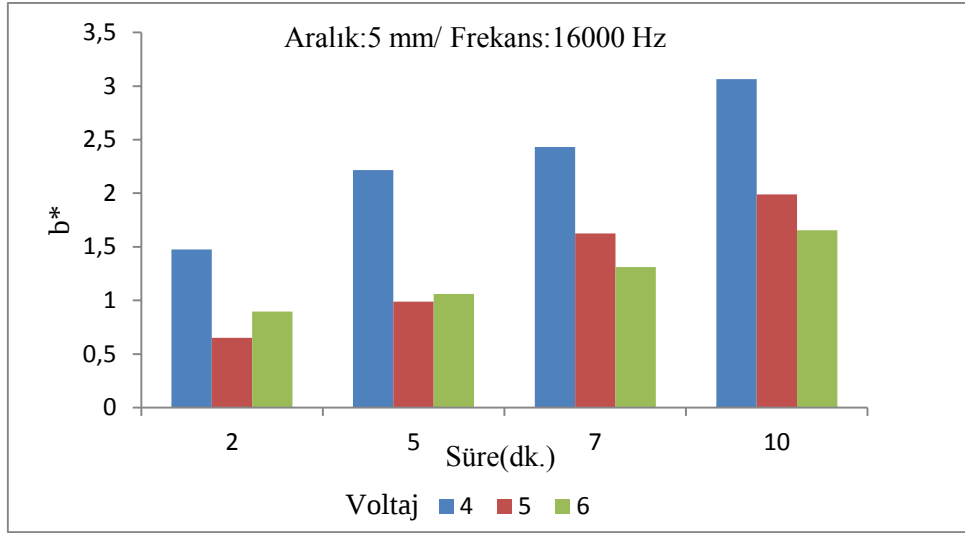
Şekil 4.41 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin b* değerlerinin dağılımları.



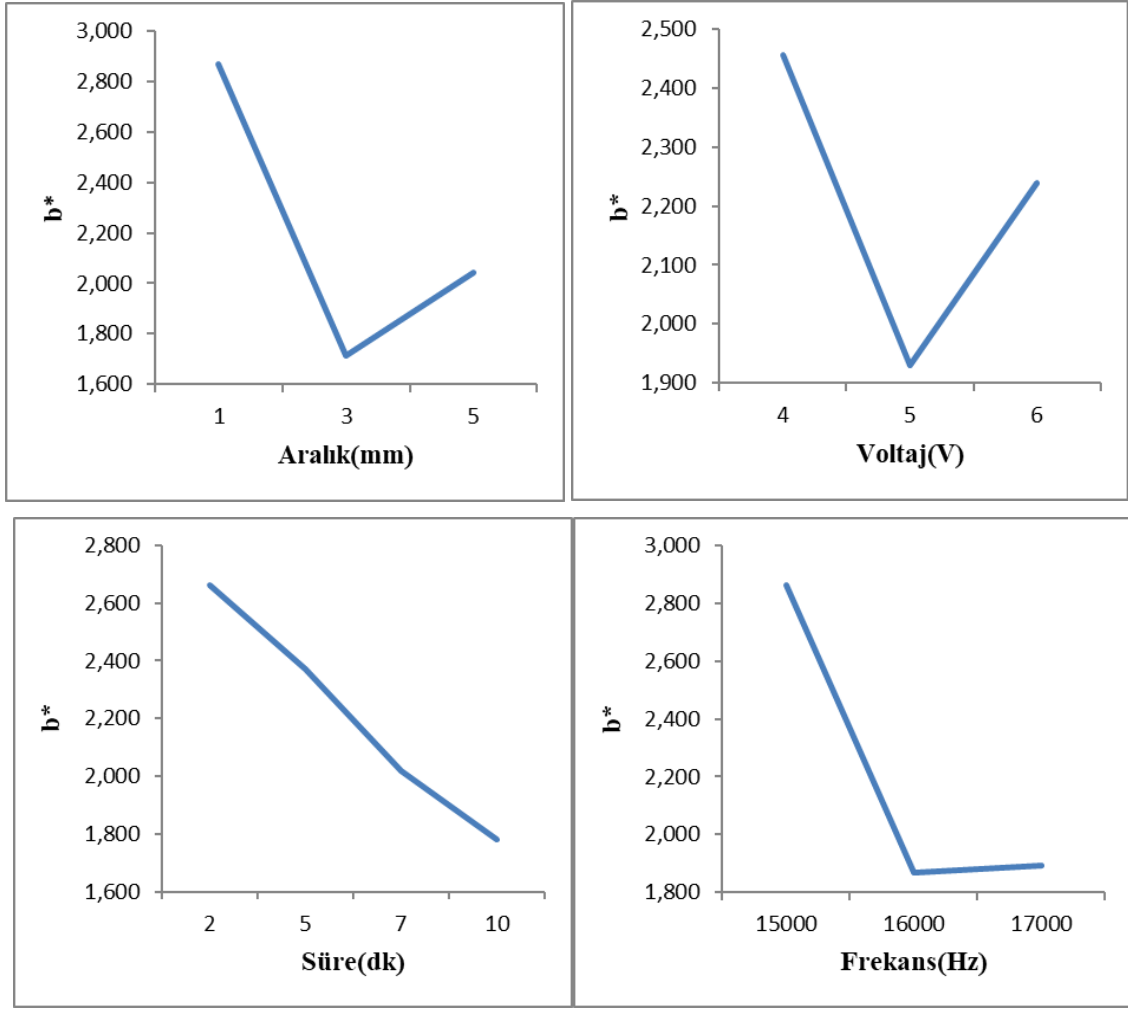
Şekil 4.42 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin b^* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.43 (Devam) Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerinin b^* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.44 (Devam) Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerinin b* değerlerinin dağılımları.



Şekil 4.45 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı b^* değerlerindeki değişim.

4.3 Çözeltili Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Mikrobiyolojik Özellikleri

4.3.1 Toplam Maya-Küf Sayıları

Çözeltili Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki maya-küf sayıları çizelge 4.20’de çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam maya-küf sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.21’de gösterilmiştir. Çözeltili plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam maya-küf sayıları şekil 4.19’da, parametrelere bağlı toplam maya-küf sayılarındaki değişim ise şekil 4.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam maya-küf sayıları.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	5,00±0,10 ^{Aa}	4,63±0,02 ^{Bb}	4,60±0,03 ^{Ab}	4,49±0,06 ^{Ab}
1	15000	5	5,13±0,01 ^{Aa}	4,95±0,06 ^{Aa}	4,67±0,00 ^{Ab}	4,38±0,12 ^{Ac}
1	15000	6	4,34±0,02 ^{Ba}	4,29±0,06 ^{Ca}	3,71±0,33 ^{Bab}	3,23±0,33 ^{Bb}
1	16000	4	6,35±0,03 ^{Aa}	6,21±0,06 ^{Aab}	6,12±0,04 ^{Abc}	6,01±0,08 ^{Ac}
1	16000	5	5,28±0,006 ^{Ba}	4,98±0,06 ^{Bb}	4,94±0,03 ^{Bb}	4,92±0,02 ^{Bb}
1	16000	6	5,48±0,57 ^{ABa}	4,83±0,11 ^{Bab}	4,77±0,03 ^{Cab}	4,58±0,06 ^{Cb}
1	17000	4	4,36±0,15 ^{Aa}	4,29±0,09 ^{Aab}	4,01±0,08 ^{ABbc}	3,95±0,06 ^{Ac}
1	17000	5	4,53±0,11 ^{Aa}	4,46±0,07 ^{Aa}	4,29±0,06 ^{Aab}	4,10±0,09 ^{Ab}
1	17000	6	3,87±0,04 ^{Ba}	3,86±0,12 ^{Ba}	3,82±0,18 ^{Ba}	3,58±0,15 ^{Ba}
3	15000	4	5,38±0,02 ^{Aa}	5,16±0,02 ^{Ab}	5,07±0,01 ^{Ac}	4,75±0,04 ^{Ad}
3	15000	5	5,36±0,01 ^{Aa}	5,13±0,04 ^{Ab}	5,05±0,02 ^{Ab}	4,83±0,08 ^{Ac}
3	15000	6	5,34±0,05 ^{Aa}	5,09±0,05 ^{Ab}	5,02±0,02 ^{Abc}	4,91±0,04 ^{Ac}
3	16000	4	5,47±0,03 ^{Aa}	5,31±0,01 ^{Ab}	5,18±0,05 ^{Abc}	5,09±0,06 ^{Ac}
3	16000	5	5,01±0,04 ^{Ba}	5,35±0,69 ^{Aa}	4,80±0,07 ^{Ba}	4,57±0,13 ^{Ba}
3	16000	6	4,69±0,11 ^{Ca}	4,60±0,15 ^{Aa}	4,60±0,08 ^{Ba}	4,50±0,19 ^{Ba}
3	17000	4	5,31±0,02 ^{Ba}	5,24±0,01 ^{Ba}	5,20±0,07 ^{Aa}	3,15±0,21 ^{Cb}
3	17000	5	5,92±0,01 ^{Aa}	5,43±0,008 ^{Ab}	5,23±0,03 ^{Ac}	5,20±0,04 ^{Ac}
3	17000	6	5,96±0,06 ^{Aa}	5,03±0,08 ^{Cb}	4,01±0,33 ^{Bc}	3,97±0,28 ^{Bc}
5	15000	4	5,66±0,06 ^{Aa}	4,22±0,21 ^{Ab}	3,95±0,35 ^{Ab}	3,90±0,00 ^{Ab}
5	15000	5	5,62±0,14 ^{Aa}	4,06±0,02 ^{Ab}	3,92±0,03 ^{Ab}	3,71±0,33 ^{Ab}
5	15000	6	4,08±0,43 ^{Ba}	3,88±0,26 ^{Aa}	3,84±0,21 ^{Aa}	3,82±0,49 ^{Aa}
5	16000	4	4,99±0,02 ^{Ba}	3,92±0,03 ^{Bb}	3,87±0,24 ^{Bb}	3,60±0 ^{Bb}
5	16000	5	6,38±0,01 ^{Aa}	6,18±0,06 ^{Ab}	6,12±0,08 ^{Ab}	0,00 ^{Cc}
5	16000	6	6,34±0,05 ^{Aa}	6,19±0,01 ^{Aab}	6,11±0,11 ^{Ab}	5,53±0,01 ^{Ac}
5	17000	4	5,71±0,08 ^{Aa}	5,55±0,08 ^{Aa}	5,50±0,08 ^{Aa}	5,09±0,20 ^{Ab}
5	17000	5	5,38±0,006 ^{Ba}	4,96±0,22 ^{Ba}	1,5±2,12 ^{Ab}	0,00 ^{Bb}
5	17000	6	4,92±0,10 ^{Ca}	4,52±0,08 ^{Ba}	4,06±0,64 ^{Aa}	0,00 ^{Bb}

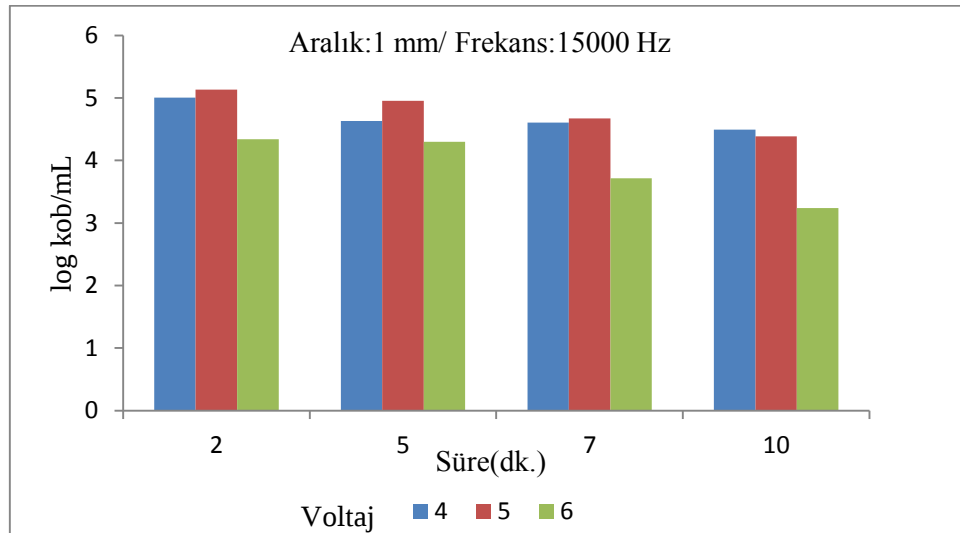
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık korelasyon analizleri gösterir (P< 0, 05).

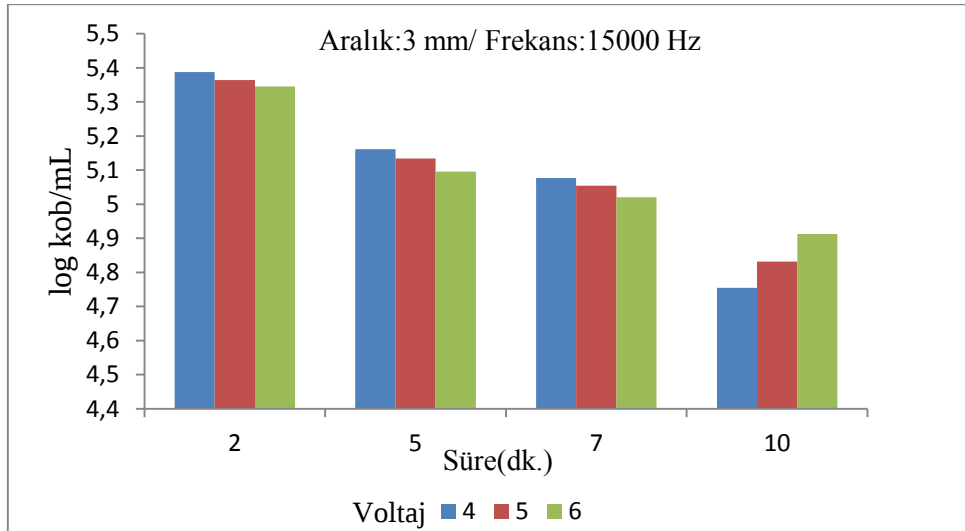
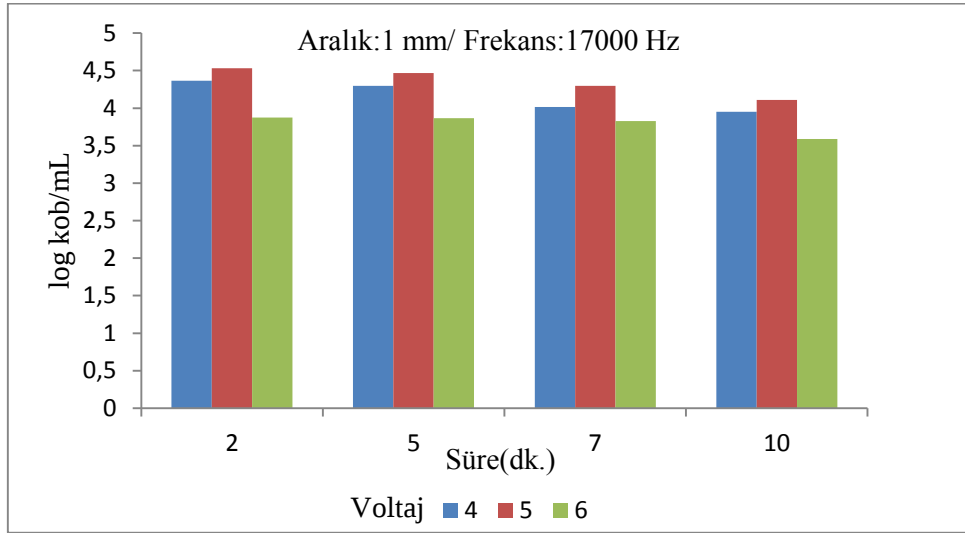
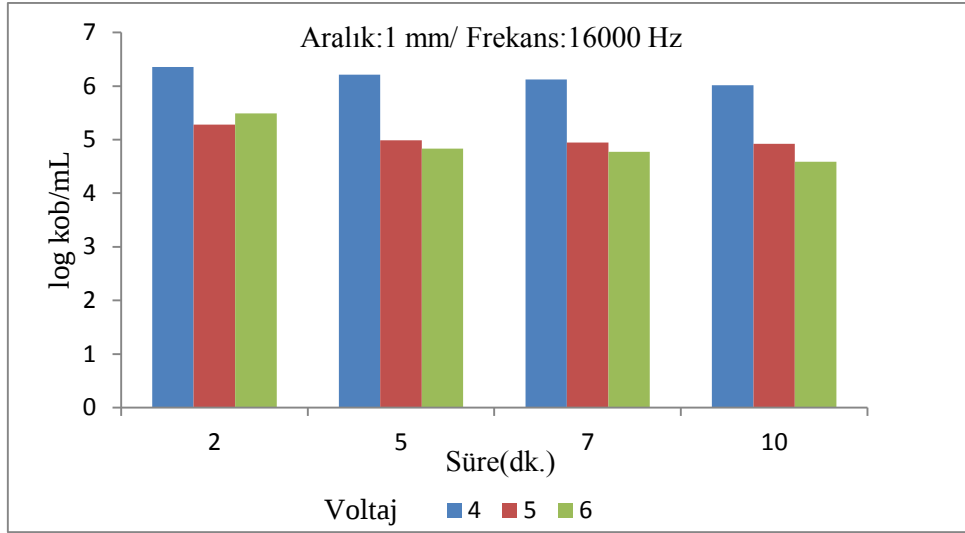
Çizelge 4.21 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin maya-küf sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	-0.099
Voltaj	<0.0001	-0,148*
Frekans	<0.0001	-0,092
Süre	<0.0001	-0.424**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--

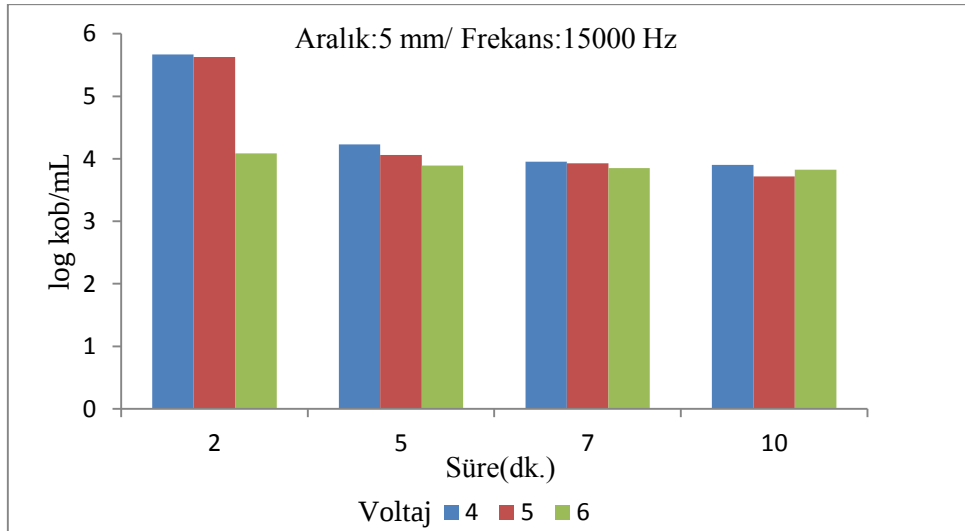
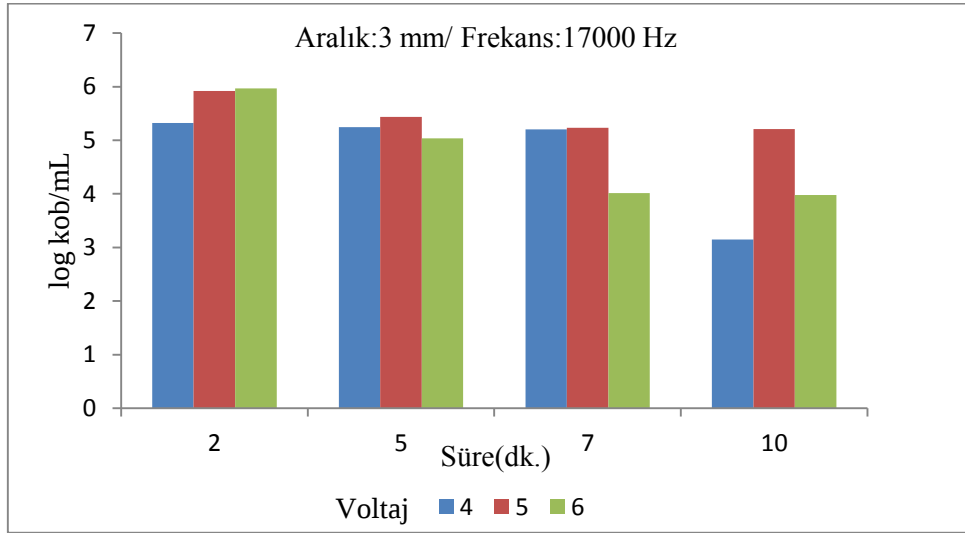
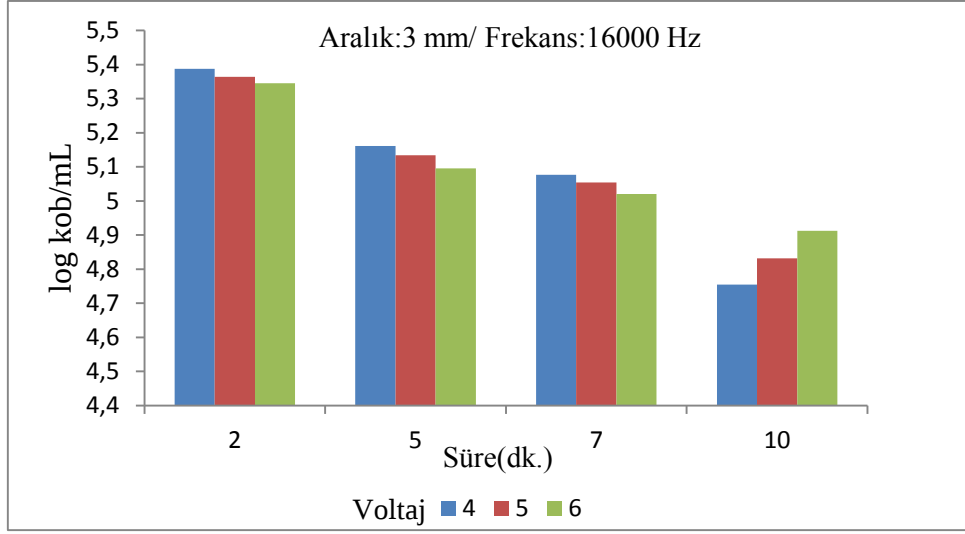
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05: İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



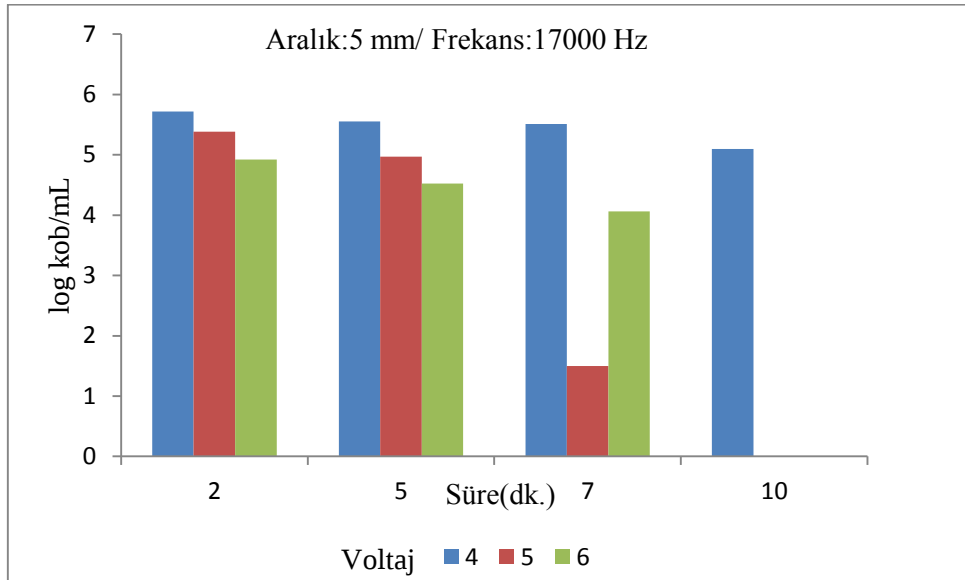
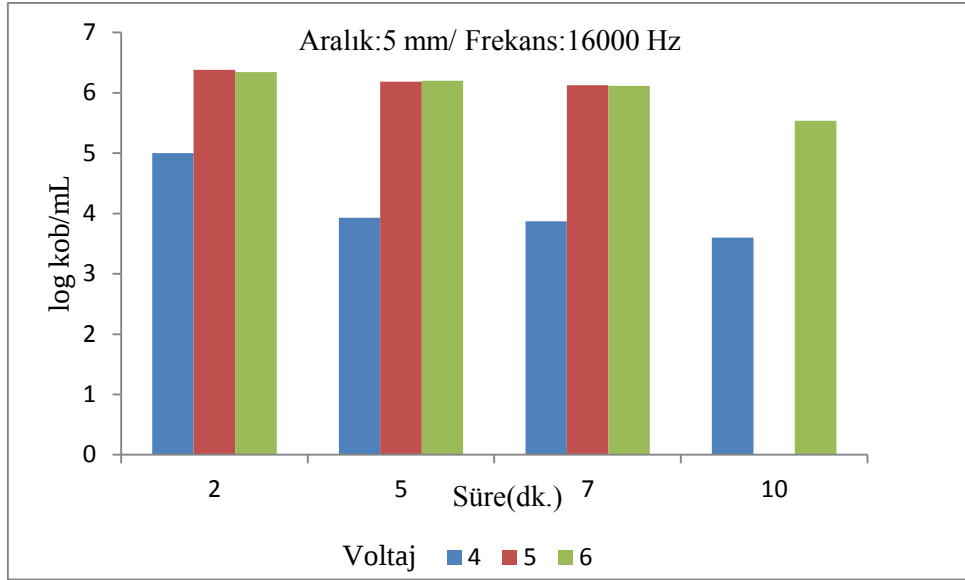
Şekil 4.46 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam maya- küf sayılarının dağılımları.



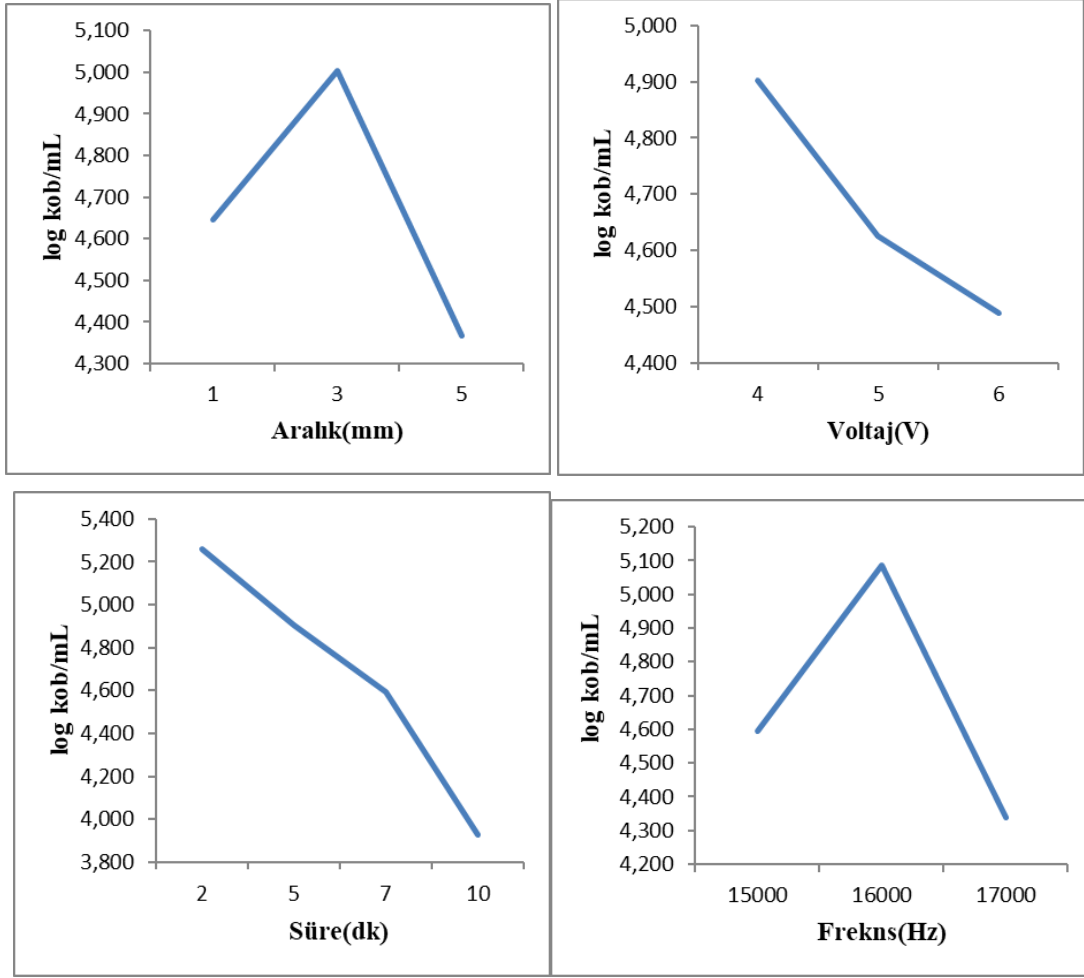
Şekil 4.47 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam maya- küf sayılarının dağılımları.



Şekil 4.48 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam maya- küf sayılarının dağılımları.



Şekil 4.49 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam maya- küf sayılarının dağılımları.



Şekil 4.50 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı toplam maya- küf sayılarının değişimi.

4.3.2 Toplam Koliform Bakteri Sayıları

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki toplam koliform bakteri sayıları çizelge 4.22’de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.23’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform bakteri sayıları şekil 4.21’de, parametrelere bağlı toplam koliform bakteri sayılarındaki değişim ise şekil 4.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform bakteri sayıları.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	4,77±0,98 ^{Aa}	1,5±2,2 ^{Ab}	0,00 ^{Bb}	0,00 ^{Bb}
1	15000	5	1,65±2,33 ^{Aa}	0,00 ^{Aa}	0,00 ^{Ba}	0,00 ^{Ba}
1	15000	6	3,30±0,00 ^{Aa}	3,23±0,33 ^{Aa}	3,15±0,21 ^{Aa}	3,15±0,21 ^{Aa}
1	16000	4	5,38±0,08 ^{Aa}	5,21±0,22 ^{Aa}	5,04±0,23 ^{Aa}	4,87±0,29 ^{Aa}
1	16000	5	4,90±0,09 ^{Ba}	4,21±0,05 ^{Bb}	4,17±0,08 ^{Bb}	4,02±0,02 ^{Bb}
1	16000	6	4,38±0,12 ^{Ca}	4,22±0,16 ^{Ba}	3,73±0,05 ^{Bb}	3,5±0,28 ^{Bb}
1	17000	4	4,14±0,04 ^{Aa}	4,09±0,07 ^{Aa}	3,89±0,07 ^{Ab}	0,00 ^{Ac}
1	17000	5	4,21±0,05 ^{Aa}	4,16±0,12 ^{Aa}	3,94±0,13 ^{Aa}	0,00 ^{Ab}
1	17000	6	3,58±0,15 ^{Ba}	3,30±0,00 ^{Ba}	1,80±2,54 ^{Aa}	0,00 ^{Aa}
3	15000	4	4,70±0,06 ^{Ba}	3,45±0,21 ^{Bb}	0,00 ^{Bc}	0,00 ^{Ac}
3	15000	5	5,58±0,04 ^{Aa}	5,51±0,13 ^{Aa}	3,80±0,14 ^{Aab}	1,5±2,12 ^{Ab}
3	15000	6	3,23±0,33 ^{Ca}	3±0,00 ^{Ba}	0,00 ^{Bb}	0,00 ^{Ab}
3	16000	4	3,95±0,06 ^{Ba}	3,94±0,13 ^{Aa}	3,85±0,36 ^{Aa}	3,72±0,17 ^{Aa}
3	16000	5	4,46±0,22 ^{Aa}	3,88±0,26 ^{Aa}	1,84±2,61 ^{Aa}	1,5±2,12 ^{Aa}
3	16000	6	4,71±0,09 ^{Aa}	3,62±0,21 ^{Ab}	3,58±0,15 ^{Ab}	3,30±0,42 ^{Ab}
3	17000	4	3,5±0,28 ^{Ba}	3,34±0,49 ^{Ba}	1,73±2,45 ^{ABa}	1,5±2,12 ^{Ba}
3	17000	5	6,24±0,06 ^{Aa}	6,24±0,07 ^{Aa}	5,89±0,02 ^{Aab}	5,49±0,29 ^{Ab}
3	17000	6	5,91±0,08 ^{Aa}	3,69±0,30 ^{Bb}	0,00 ^{Bb}	0,00 ^{Bb}
5	15000	4	5,05±0,08 ^{Aa}	0,00 ^{Bb}	0,00 ^{Ab}	0,00 ^{Ab}
5	15000	5	5,19±0,09 ^{Aa}	3,15±0,21 ^{Aab}	1,65±2,33 ^{Ab}	0,00 ^{Ab}
5	15000	6	3,34±0,49 ^{Ba}	3,30±0,42 ^{Aa}	1,65±2,12 ^{Aa}	1,5±2,12 ^{Aa}
5	16000	4	3,95±0,06 ^{Ca}	1,65±3,33 ^{Aa}	1,65±2,33 ^{Aa}	0,00 ^{Aa}
5	16000	5	5,61±0,04 ^{Aa}	5,51±0,05 ^{Aa}	5,06±0,01 ^{Aa}	0,00 ^{Aa}
5	16000	6	4,83±0,009 ^{Ba}	4,63±0,28 ^{Aa}	1,65±2,33 ^{Aab}	0,00 ^{Ab}
5	17000	4	3,88±0,40 ^{Ba}	3,53±0,08 ^{Aa}	3,42±0,59 ^{Aa}	1,5±2,12 ^{Aa}
5	17000	5	4,82±0,28 ^{Aa}	3,75±0,39 ^{Ab}	3,15±0,21 ^{Ab}	0,00 ^{Ac}
5	17000	6	4,33±0,04 ^{ABa}	3,99±0,30 ^{Aa}	3,89±0,07 ^{Aa}	0,00 ^{Ab}

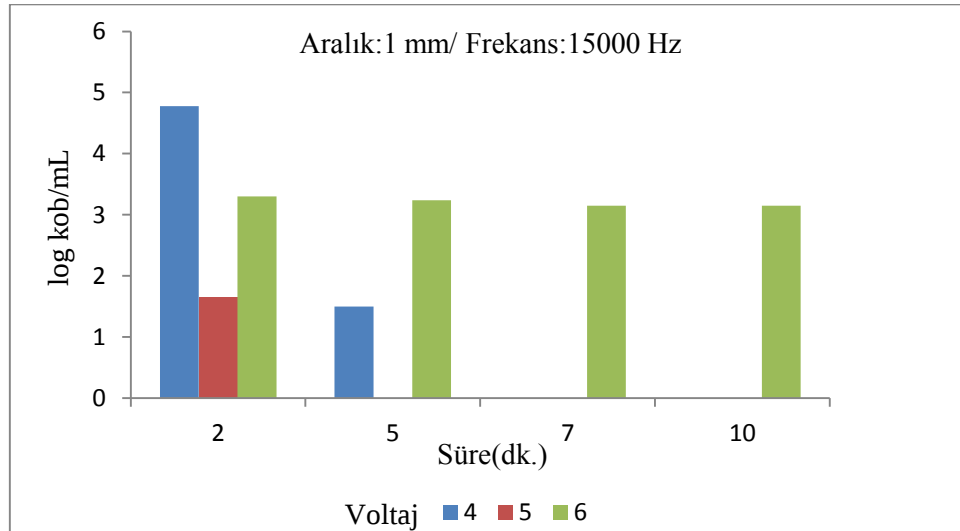
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık korelasyon analizleri gösterir (P< 0, 05).

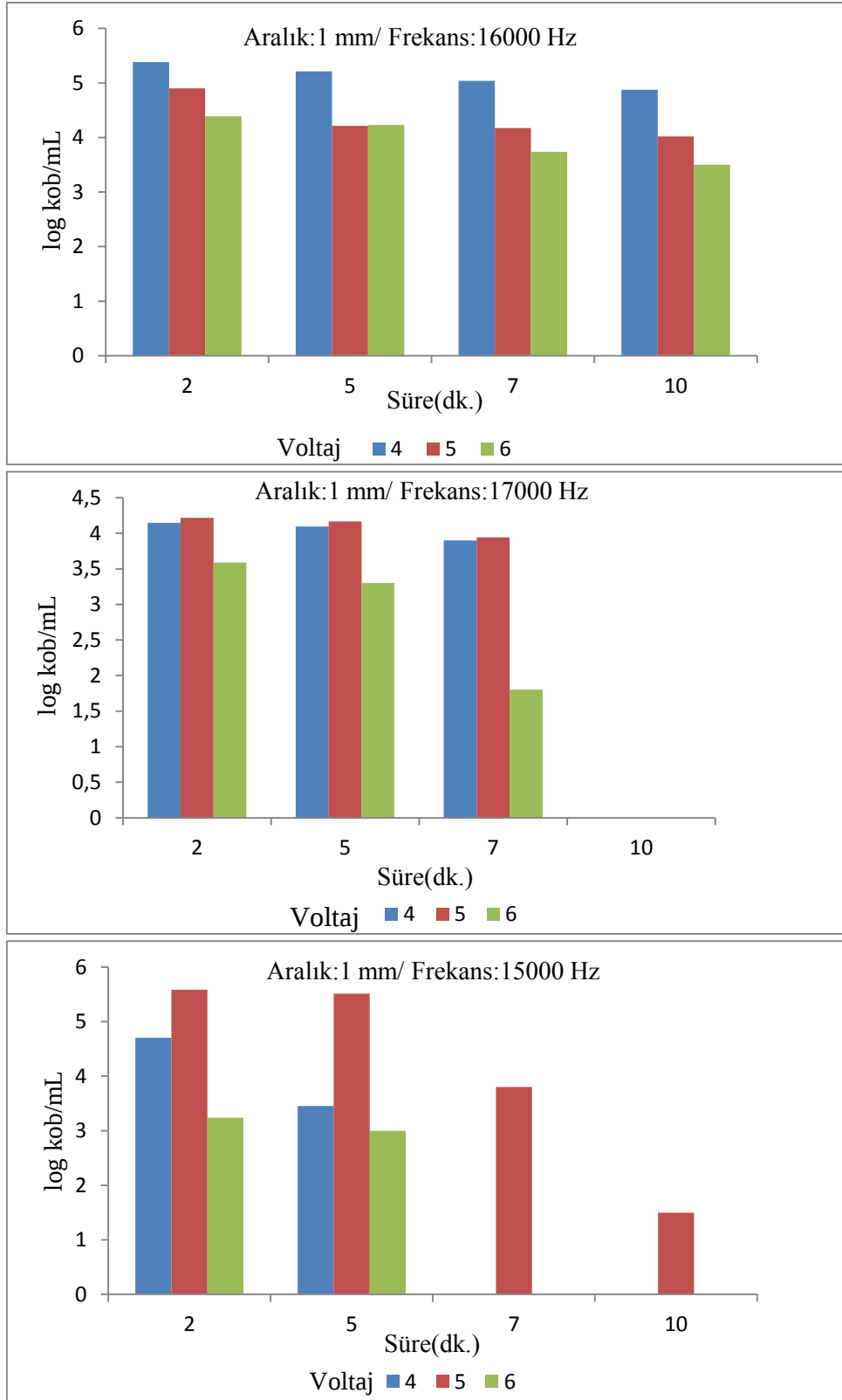
Çizelge 4.23 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform bakteri sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.01	-0.067
Voltaj	<0.0001	0.024
Frekans	<0.0001	0.208**
Süre	<0.0001	-0.578**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.05	--
Frekans* Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.01	--
Aralık * Frekans* Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans* Süre	0.093	--

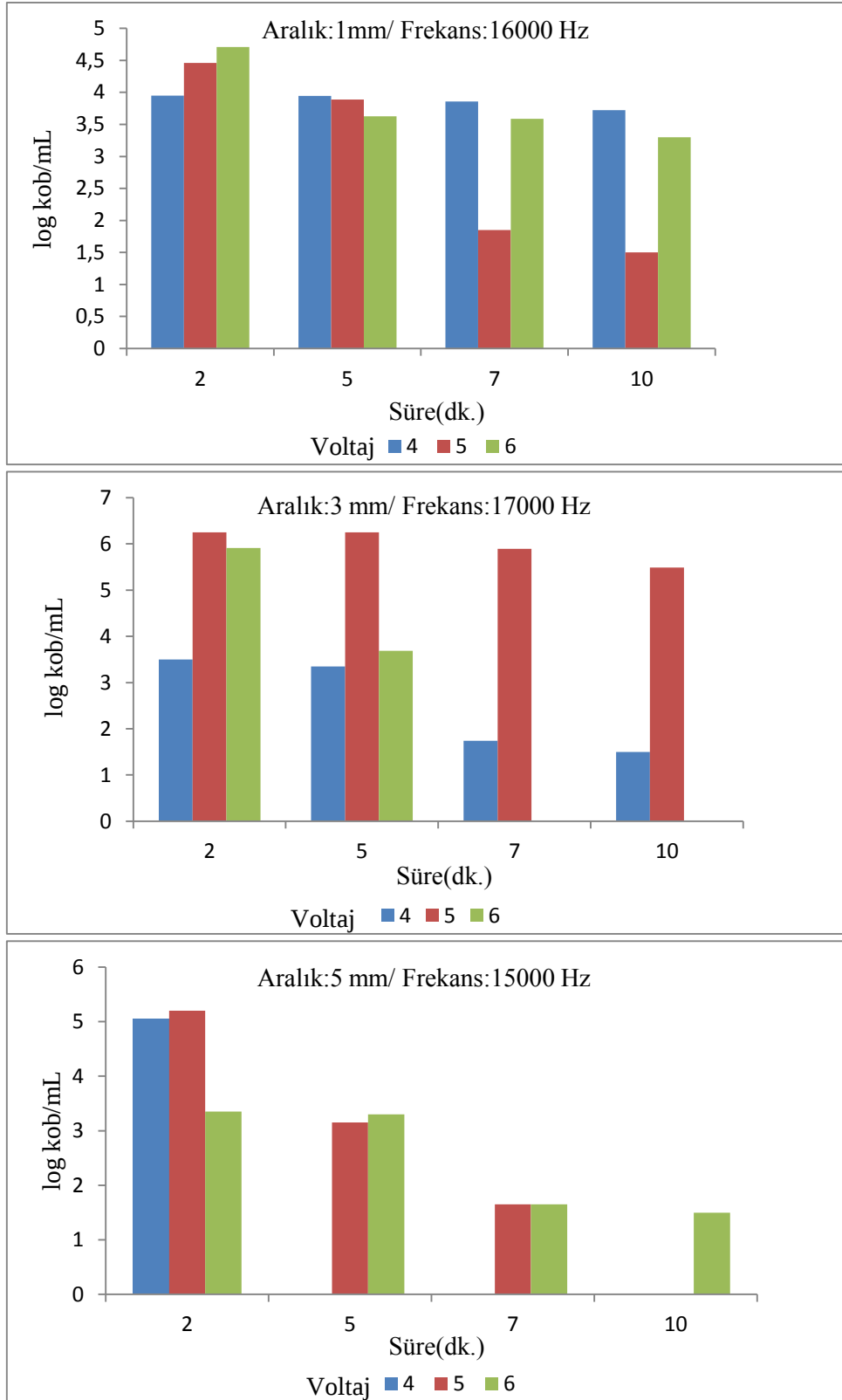
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05: İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05 ; **: p<0,01.



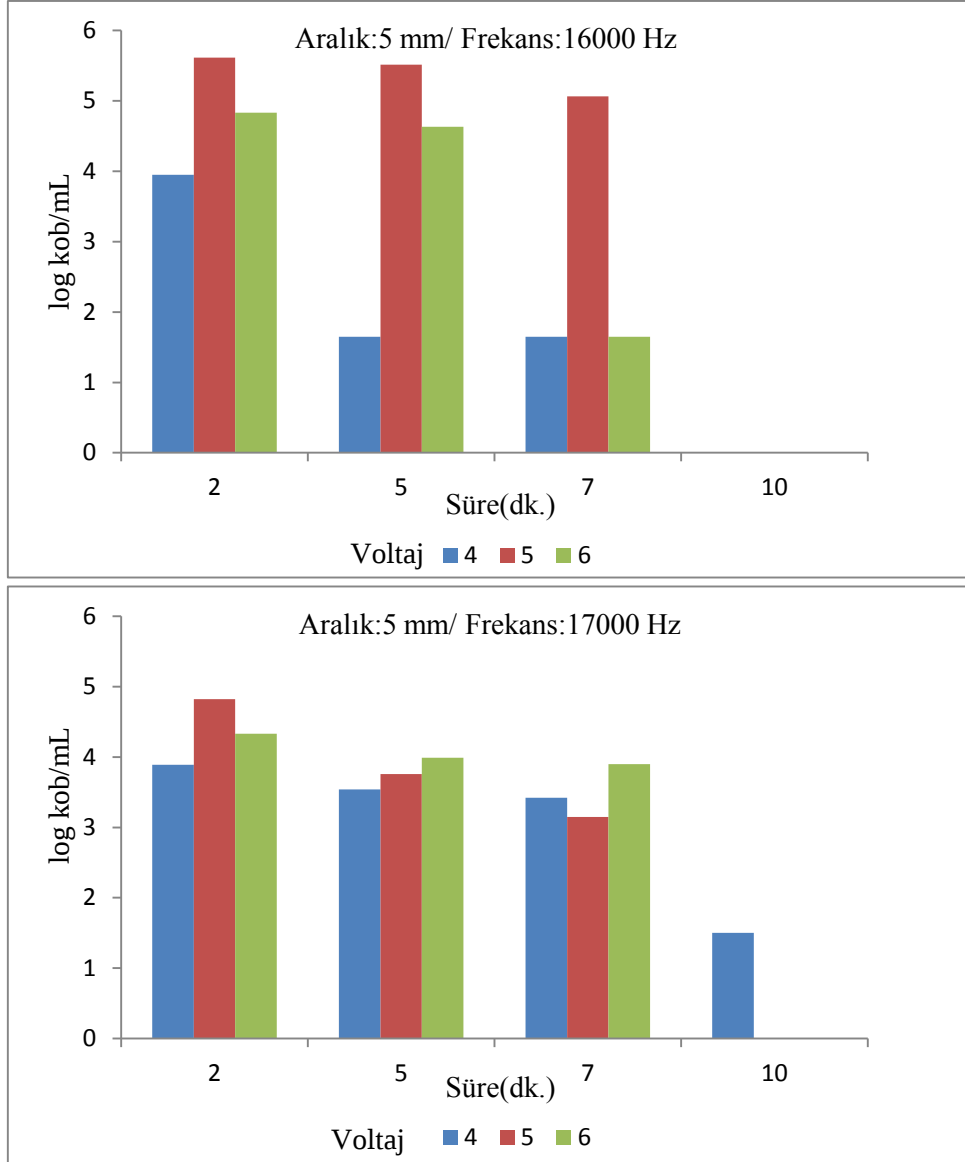
Şekil 4.51 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam koliform bakteri sayılarının dağılımları.



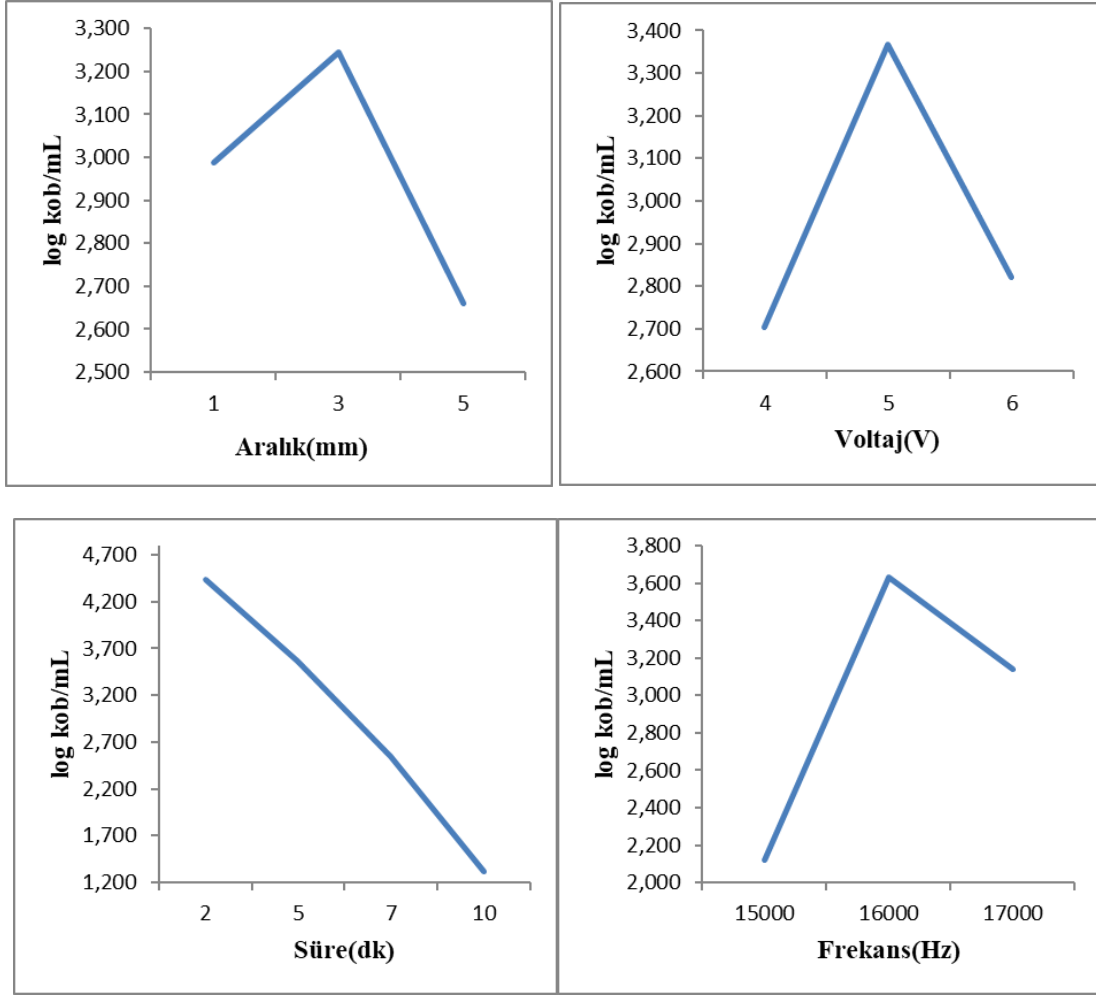
Şekil 4.52 (Devam)    zelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam koliform bakteri sayılarının dağılımları.



Şekil 4.53 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam koliform bakteri sayılarının dağılımları.



Şekil 4.54 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam koliform bakteri sayılarının dağılımları.



Şekil 4.55 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı toplam koliform bakteri sayılarının değişimi.

4.3.3 Toplam Mezofilik Bakteri Sayıları

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki toplam mezofilik bakteri sayıları çizelge 4.24’de Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam mezofilik sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.25’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam mezofilik bakteri sayıları şekil 4.23’de parametrelere bağlı toplam mezofilik bakteri sayılarındaki değişim ise şekil 4.24’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.24 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam mezofilik bakteri sayıları.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	5,81±0,007 ^{Ba}	5,75±0,006 ^{Aa}	5,49±0,007 ^{Ab}	5,30±0,04 ^{Ac}
1	15000	5	6,14±0,07 ^{Aa}	6,01±0,00 ^{Aa}	5,54±0,22 ^{Ab}	4,61±0,13 ^{Bc}
1	15000	6	4,97±0,03 ^{Ca}	4,48±0,19 ^{Bb}	3,97±0,03 ^{Bc}	3,77±0,24 ^{Cc}
1	16000	4	5,45±0,019 ^{Aa}	4,96±0,12 ^{Bb}	4,89±0,07 ^{Bb}	4,43±0,00 ^{Cc}
1	16000	5	5,34±0,21 ^{Aa}	5,32±0,02 ^{Aa}	5,30±0,11 ^{Aa}	4,95±0,13 ^{Ba}
1	16000	6	5,39±0,11 ^{Aa}	5,38±0,01 ^{Aa}	5,36±0,16 ^{Aa}	5,26±0,04 ^{Aa}
1	17000	4	4,62±0,02 ^{Aa}	4,60±0,22 ^{ABa}	4,52±0,07 ^{ABa}	4,27±0,03 ^{Ab}
1	17000	5	4,73±0,06 ^{Aa}	4,68±0,05 ^{Aa}	4,64±0,07 ^{Aa}	4,38±0,06 ^{Ab}
1	17000	6	4,62±0,22 ^{Aa}	4,47±0,09 ^{Ba}	4,39±0,07 ^{Ba}	4,31±0,16 ^{Aa}
3	15000	4	5,69±0,08 ^{Aa}	5,33±0,14 ^{Bb}	5,15±0,08 ^{Bbc}	5,01±0,04 ^{Bc}
3	15000	5	5,85±0,04 ^{Aa}	5,82±0,02 ^{Aab}	5,74±0,04 ^{Abc}	5,68±0,03 ^{Ac}
3	15000	6	5,39±0,07 ^{Ba}	4,85±0,03 ^{Cb}	4,61±0,03 ^{Cb}	3,15±0,21 ^{Cc}
3	16000	4	6,46±0,08 ^{Aa}	6,37±0,02 ^{Aa}	6,31±0,009 ^{Aa}	6,24±0,20 ^{Aa}
3	16000	5	6,15±0,20 ^{Ba}	5,99±0,04 ^{Bab}	5,93±0,02 ^{Bb}	5,48±0,10 ^{Bc}
3	16000	6	6,21±0,01 ^{Ba}	6,01±0,08 ^{Bb}	5,73±0,01 ^{Cc}	5,67±0,05 ^{Bc}
3	17000	4	6,36±0,05 ^{Aa}	6,13±0,04 ^{Aa}	4,17±0,04 ^{Bb}	3,38±0,55 ^{Bc}
3	17000	5	5,81±0,05 ^{Ba}	5,65±0,03 ^{Bab}	5,35±0,07 ^{Abc}	5,09±0,21 ^{Ac}
3	17000	6	5,93±0,06 ^{Ba}	5,43±0,16 ^{Bb}	5,13±0,15 ^{Ab}	4,63±0,11 ^{Ac}
5	15000	4	5,55±0,08 ^{Aa}	5,23±0,06 ^{Bb}	5,05±0,02 ^{Bb}	4,47±0,08 ^{Cc}
5	15000	5	6,05±0,003 ^{Aa}	6,04±0,13 ^{Aa}	5,70±0,04 ^{Ab}	5±0,02 ^{Ac}
5	15000	6	5,40±0,49 ^{Aa}	5,22±0,06 ^{Ba}	4,86±0,06 ^{Ca}	4,75±0,04 ^{Ba}
5	16000	4	6,16±0,02 ^{Ba}	5,43±0,20 ^{Bb}	5,37±0,02 ^{Bbc}	5,06±0,10 ^{Ac}
5	16000	5	6,61±0,08 ^{Aa}	6,53±001 ^{Aa}	5,56±0,001 ^{Ab}	0,00 ^{Bc}
5	16000	6	5,49±0,01 ^{Ca}	5,25±0,02 ^{Bb}	5,21±0,04 ^{Cbc}	5,04±0,13 ^{Ac}
5	17000	4	5,58±0,02 ^{Aa}	5,51±0,01 ^{Aab}	5,46±0,02 ^{Abc}	5,44±0,02 ^{Ac}
5	17000	5	5,29±0,35 ^{Aa}	4,57±0,04 ^{Cb}	3,47±0,00 ^{Cc}	3,15±0,21 ^{Bc}
5	17000	6	5,42±0,02 ^{Aa}	5,24±0,00 ^{Bb}	4,86±0,004 ^{Bc}	0,00 ^{Cd}

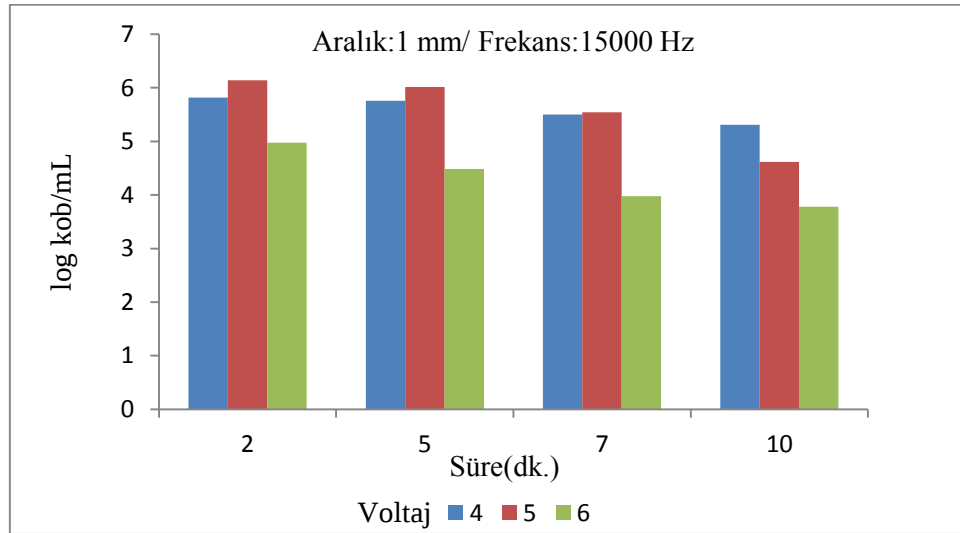
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık korelasyon analizlerigösterir (P< 0, 05).

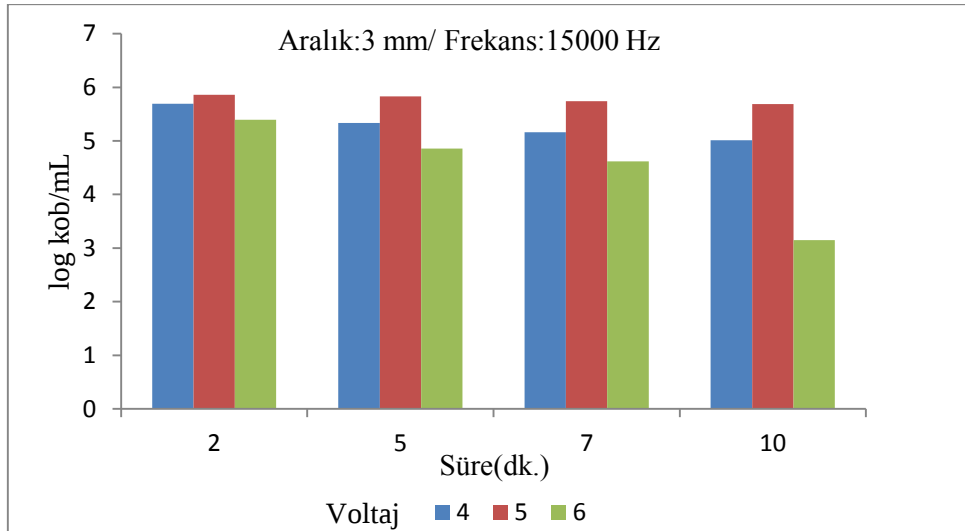
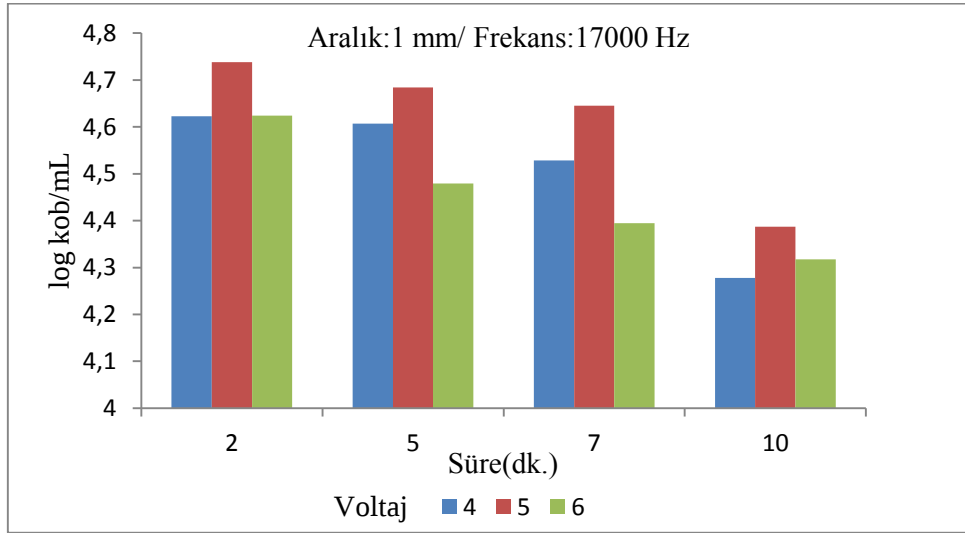
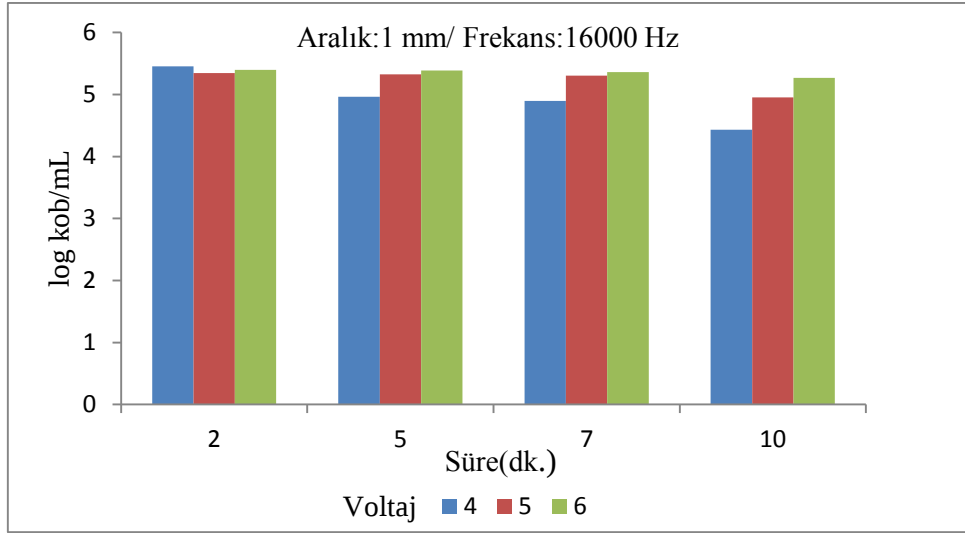
Çizelge 4.25 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam mezofilik bakteri sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	0.010
Voltaj	<0.0001	-0.172*
Frekans	<0.0001	-0.183**
Süre	<0.0001	-0.458**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans* Süre	<0.0001	--

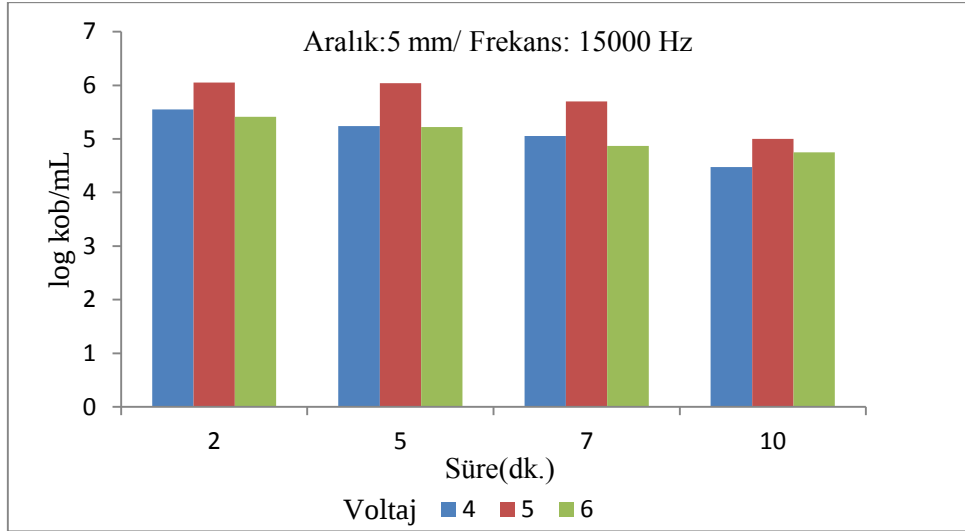
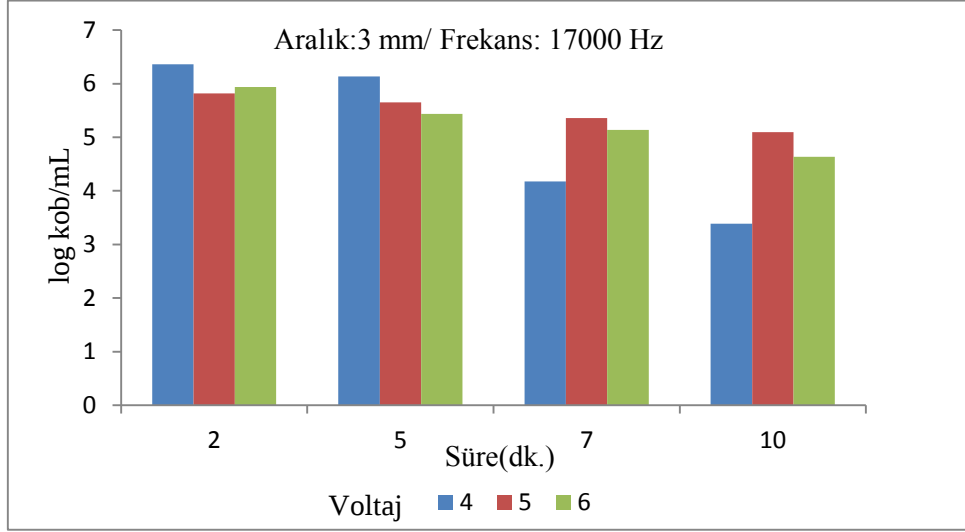
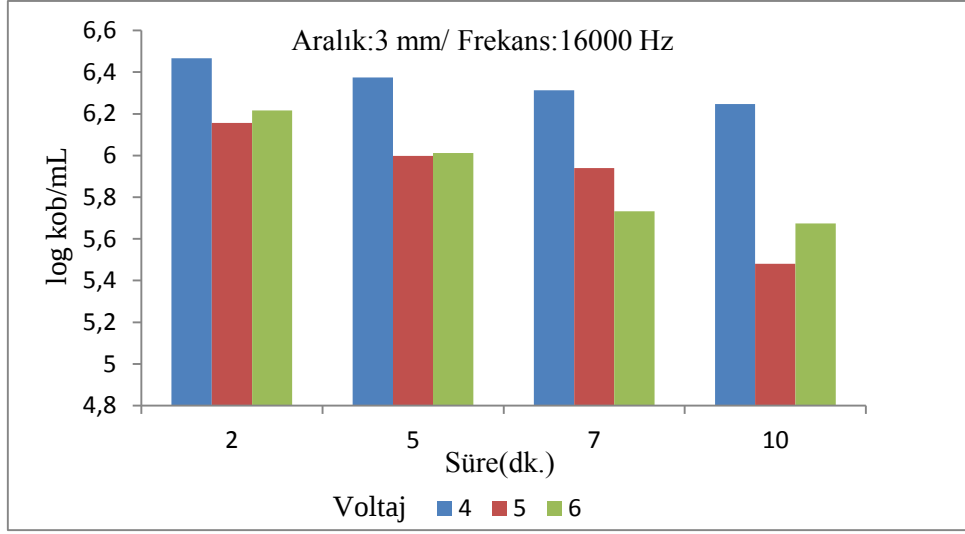
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05: İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05; **: p<0,01.



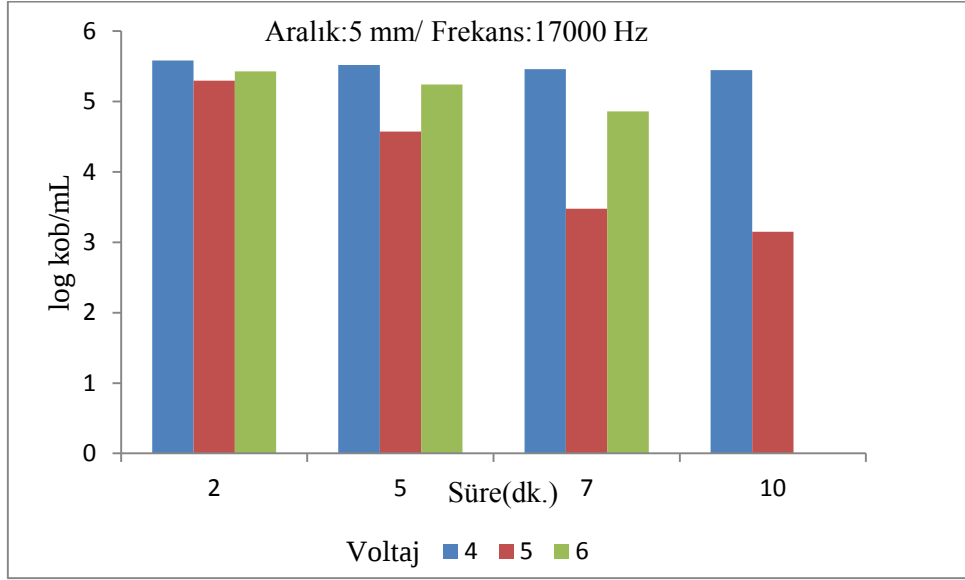
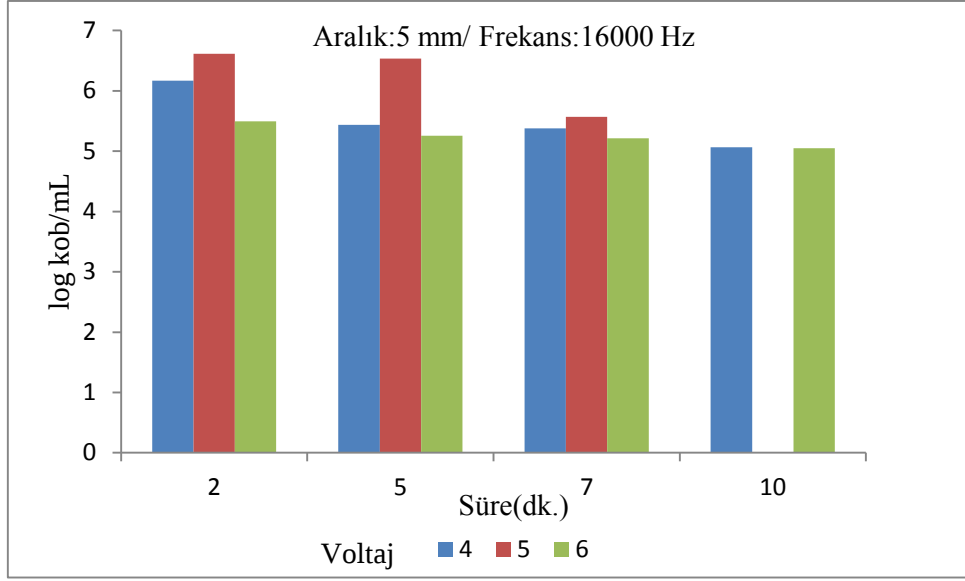
Şekil 4.56 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayılarının dağılımları.



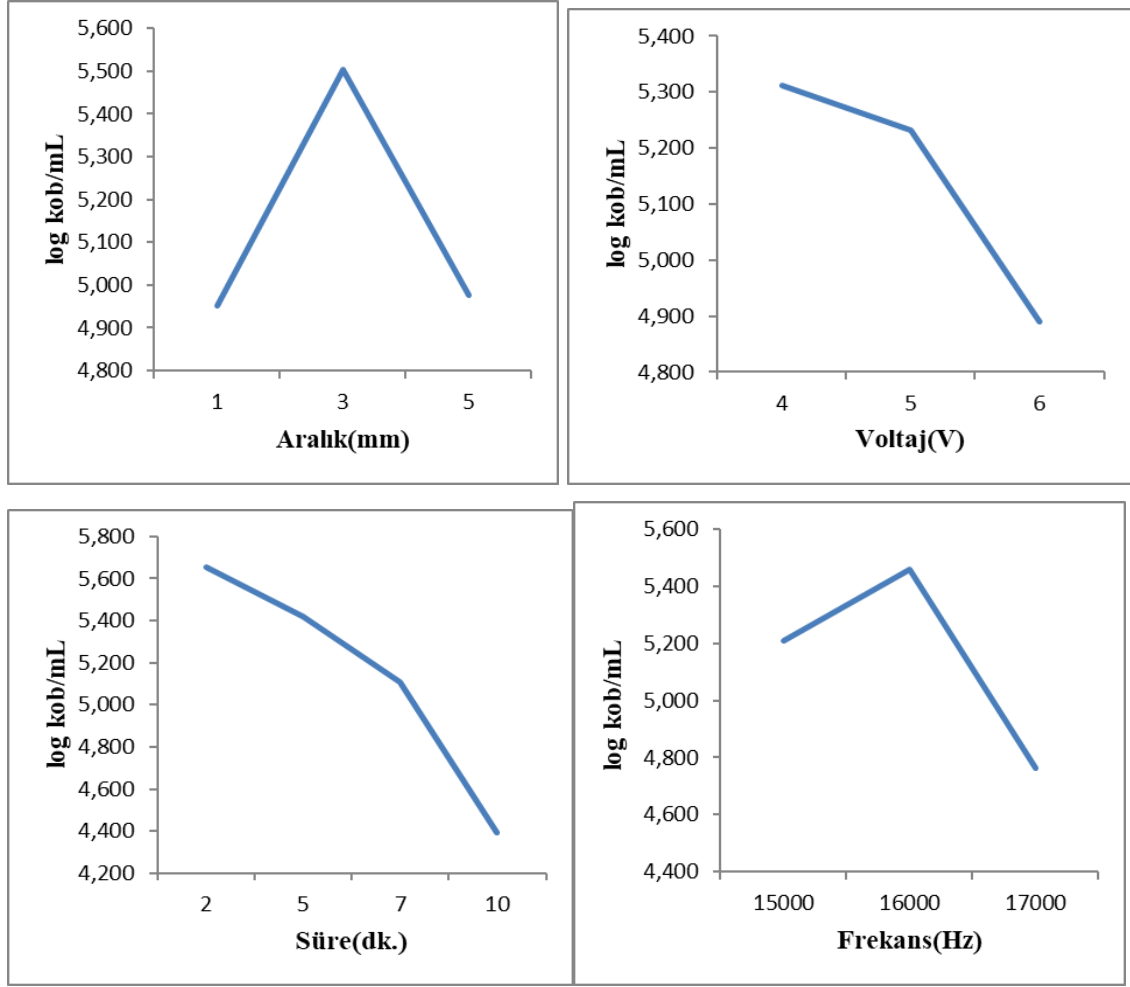
Şekil 4.57 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayılarının dağılımları.



Şekil 4.58 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayılarının dağılımları.



Şekil 4.59 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayılarının dağılımları.



Şekil 4.60 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı toplam mezofilik bakteri sayılarının değişimi.

4.3.4 Toplam Psikrofilik Bakteri Sayıları

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki toplam psikrofilik bakteri sayıları çizelge 4.26'da çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam psikrofilik sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.27'de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam psikrofilik bakteri sayıları şekil 4.25'de, parametrelere bağlı toplam psikrofilik bakteri sayılarındaki değişim ise şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.26 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam psikrofilik bakteri sayıları.

Aralık (mm)	Frekans (Hz)	Voltaj (V)	Süre(dk.)			
			2	5	7	10
1	15000	4	4,42±0,18 ^{Aa}	3,92±0,10 ^{Ca}	1,5±2,12 ^{Aab}	0,00 ^{Bb}
1	15000	5	4,79±0,08 ^{Aa}	4,68±0,05 ^{Aa}	4,66±0,08 ^{Aa}	3,58±0,15 ^{Ab}
1	15000	6	4,45±0,15 ^{Aa}	4,32±0,13 ^{Ba}	4,27±0,09 ^{Aa}	4,09±0,35 ^{Aa}
1	16000	4	5,47±0,07 ^{Ba}	5,21±0,06 ^{Cb}	4,64±0,02 ^{Cc}	4,14±0,08 ^{Bd}
1	16000	5	5,61±0,05 ^{Ba}	5,44±0,02 ^{Bab}	5,30±0,04 ^{Bb}	5,28±0,10 ^{Ab}
1	16000	6	6,28±0,01 ^{Aa}	5,99±0,01 ^{Ab}	5,89±0,09 ^{Ab}	5,50±0,05 ^{Ac}
1	17000	4	4,55±0,14 ^{Ba}	4,53±0,10 ^{Ba}	4,36±0,15 ^{Ba}	4,32±0,07 ^{Aa}
1	17000	5	4,45±0,18 ^{Ba}	4,43±0,07 ^{Ba}	4,30±0,03 ^{Ba}	4,28±0,15 ^{Aa}
1	17000	6	6,02±0,14 ^{Aa}	5,04±0,02 ^{Ab}	4,92±0,09 ^{Ab}	4,48±0,05 ^{Ac}
3	15000	4	5,01±0,03 ^{Aa}	4,89±0,05 ^{Aa}	4,69±0,08 ^{Ab}	4,41±0,07 ^{Ac}
3	15000	5	4,95±0,06 ^{Aa}	4,85±0,05 ^{Aa}	4,58±0,03 ^{ABb}	4,35±0,10 ^{Ac}
3	15000	6	4,99±0,02 ^{Aa}	4,53±0,11 ^{Bb}	4,34±0,09 ^{Bbc}	4,19±0,01 ^{Ac}
3	16000	4	4,96±0,01 ^{Aa}	4,52±0,04 ^{Ba}	4,32±0,07 ^{Ba}	1,65±2,33 ^{Aa}
3	16000	5	4,89±0,03 ^{Aa}	4,00±0,14 ^{Cb}	3,69±0,30 ^{Cbc}	3,15±0,21 ^{Ac}
3	16000	6	5,22±0,23 ^{Aa}	5,22±0,12 ^{Aa}	5,17±0,04 ^{Aa}	4,99±0,23 ^{Aa}
3	17000	4	4,39±0,02 ^{Ba}	4,27±0,39 ^{Ba}	3,99±0,55 ^{Ba}	1,5±2,12 ^{Ba}
3	17000	5	5,88±0,01 ^{Aa}	5,60±0,10 ^{Aab}	5,54±0,08 ^{Ab}	5,51±0,16 ^{Ab}
3	17000	6	5,75±0,42 ^{Aa}	5,25±0,08 ^{Aab}	5,07±0,09 ^{Ab}	4,87±0,13 ^{ABb}
5	15000	4	5,27±0,04 ^{Ca}	5,03±0,08 ^{Ba}	4,74±0,06 ^{Bb}	4,58±0,17 ^{Bb}
5	15000	5	5,48±0,01 ^{Ba}	5,45±0,04 ^{Aa}	5,38±0,05 ^{Aa}	5,00±0,02 ^{Ab}
5	15000	6	5,58±0,02 ^{Aa}	5,38±0,08 ^{Ab}	5,40±0,04 ^{Ab}	5,20±0,009 ^{Ac}
5	16000	4	5,68±0,11 ^{Ba}	5,45±0,09 ^{Cab}	5,24±0,16 ^{Cb}	4,84±0,07 ^{Bc}
5	16000	5	6,10±0,12 ^{Aa}	5,93±0,03 ^{Bab}	5,90±0,04 ^{Bb}	0,00 ^{Cc}
5	16000	6	6,36±0,10 ^{Aa}	6,3±0,009 ^{Aab}	6,29±0,01 ^{Aab}	6,19±0,03 ^{Ab}
5	17000	4	6,27±0,005 ^{Aa}	6,17±0,10 ^{Aa}	6,17±0,04 ^{Aa}	6,07±0,09 ^{Aa}
5	17000	5	5,64±0,006 ^{Ba}	5,43±0,16 ^{Ba}	0,00 ^{Cb}	0,00 ^{Cb}
5	17000	6	5,64±0,05 ^{Ba}	5,56±0,08 ^{Bab}	5,27±0,03 ^{Bab}	5,23±0,23 ^{Bb}

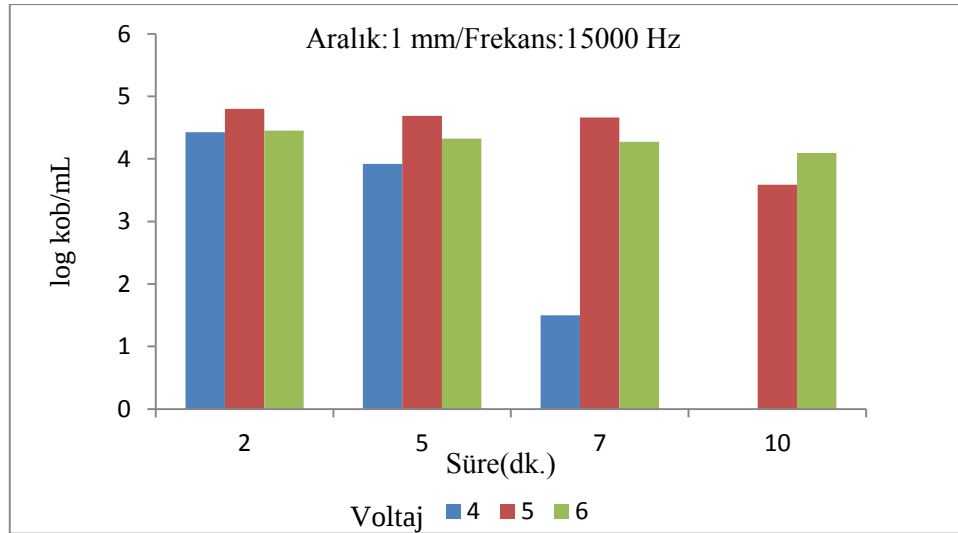
a- d (→): Aynı satırda farklı küçük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık gösterir (P< 0, 05).

A-D (↓): Aynı sütunda farklı büyük harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık korelasyon analizleri gösterir (P< 0, 05).

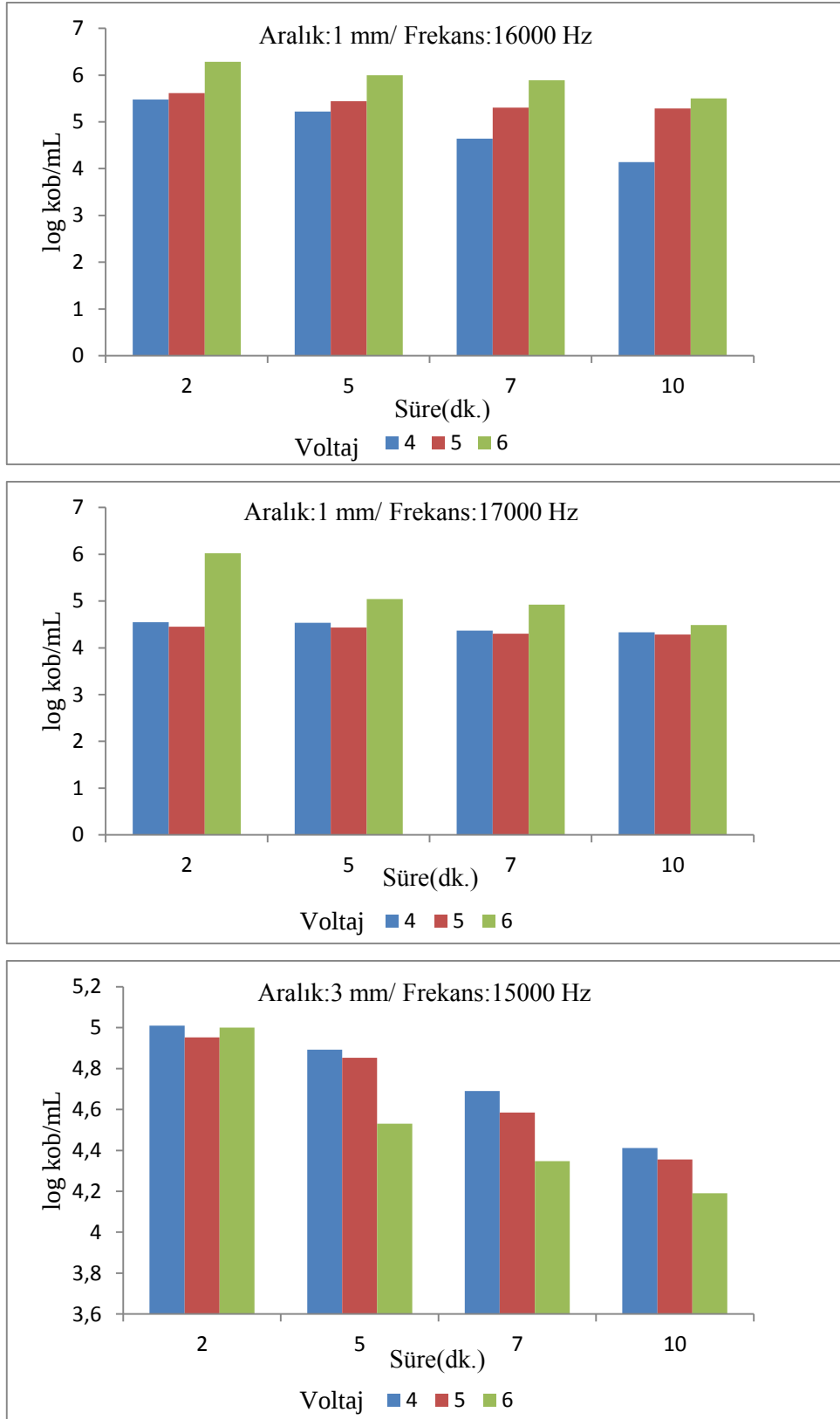
Çizelge 4.27 Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam psikrofilik bakteri sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri.

İnteraksiyon	P Değeri	r
Aralık	<0.0001	0.165*
Voltaj	<0.0001	0.242**
Frekans	<0.0001	0.068
Süre	<0.0001	-0.384**
Aralık * Voltaj	<0.0001	--
Aralık * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Süre	0.06	--
Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Voltaj * Süre	<0.0001	--
Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Süre	<0.0001	--
Aralık * Frekans * Süre	<0.0001	--
Voltaj * Frekans * Süre	<0.0001	--
Aralık * Voltaj * Frekans*	<0.0001	--
Süre		

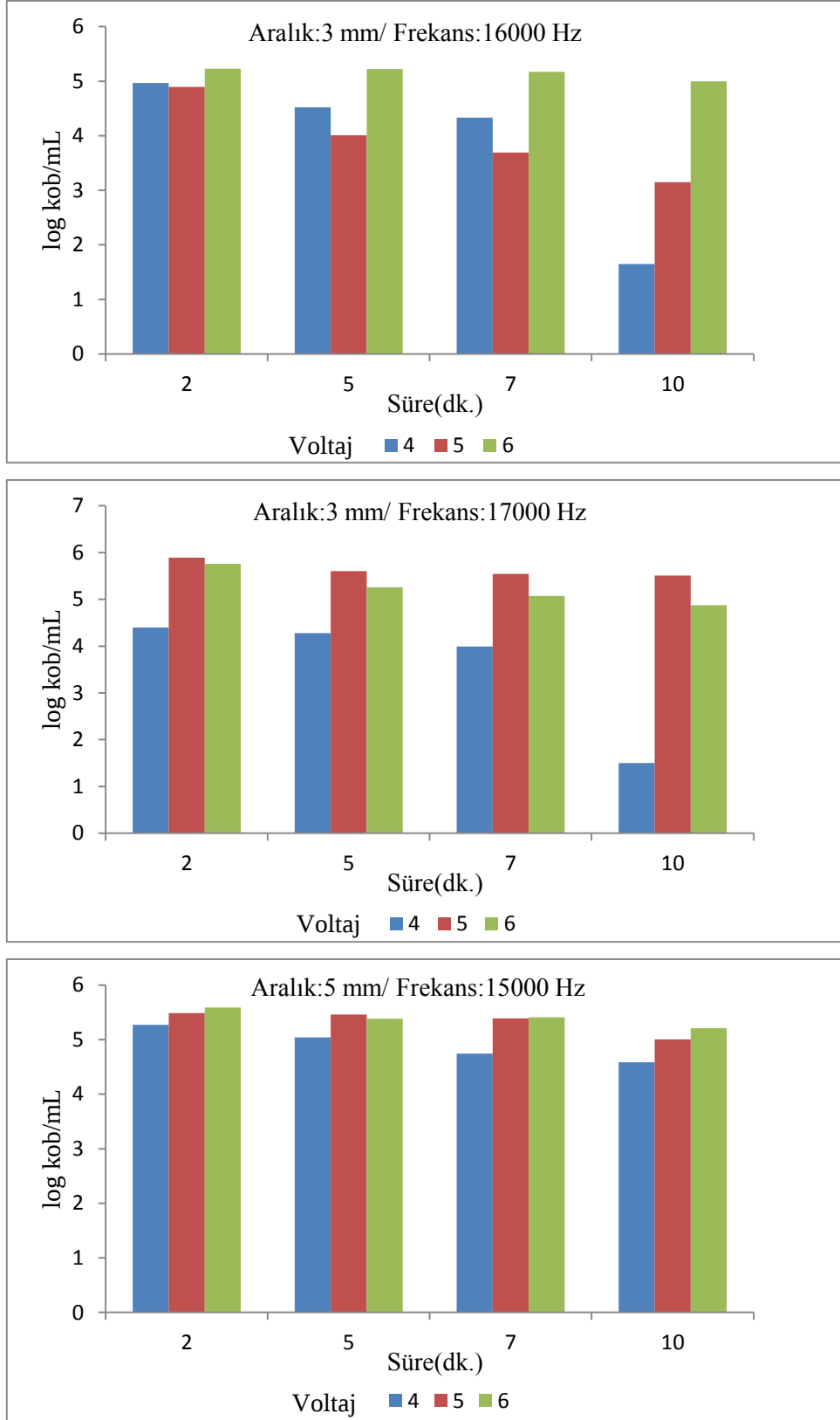
r: korelasyon katsayısı p< 0.0001: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, p<0,01: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, p<0.05: İstatistiksel olarak anlamlı, p>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil, *: p<0.05; **: p<0,01.



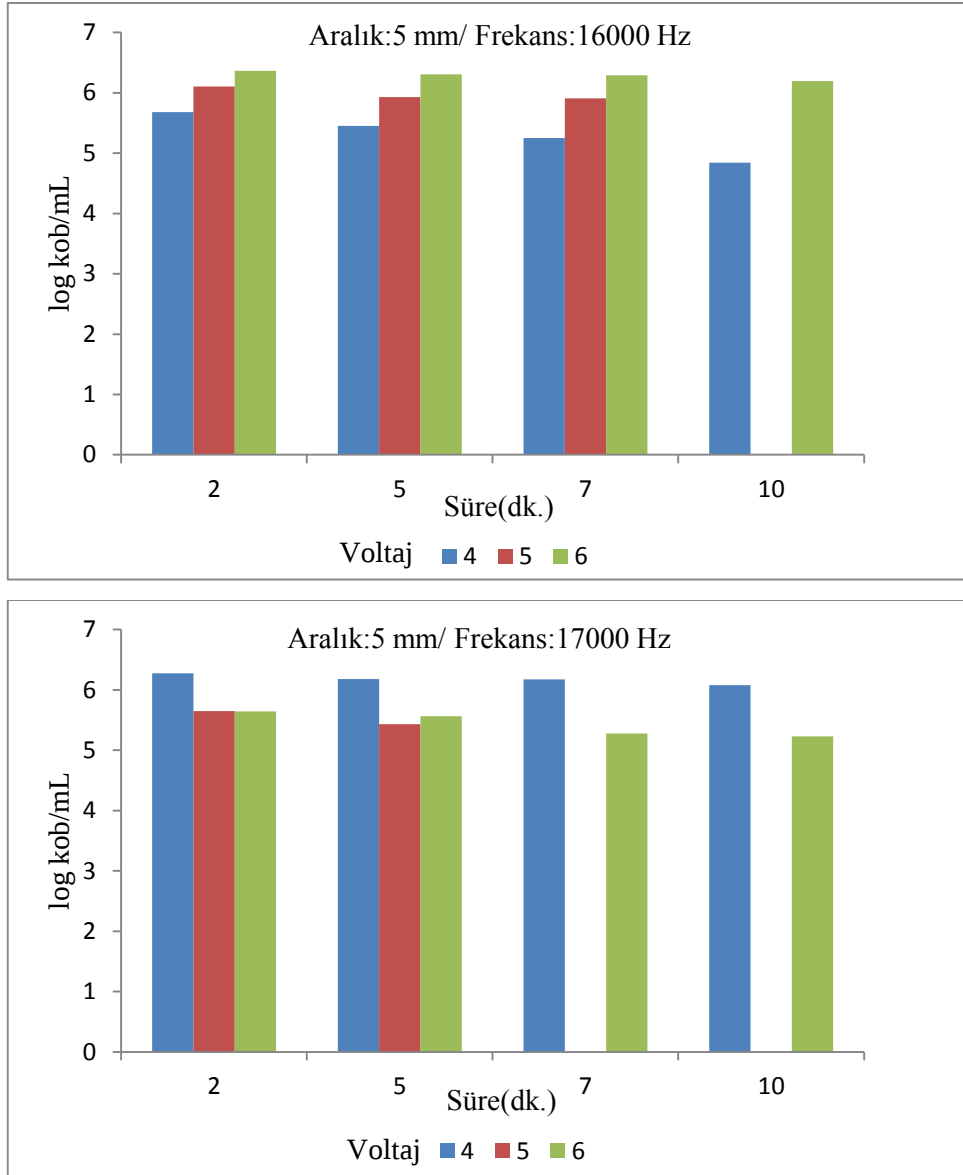
Şekil 4.61 Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam psikrofilik bakteri sayılarının dağılımları



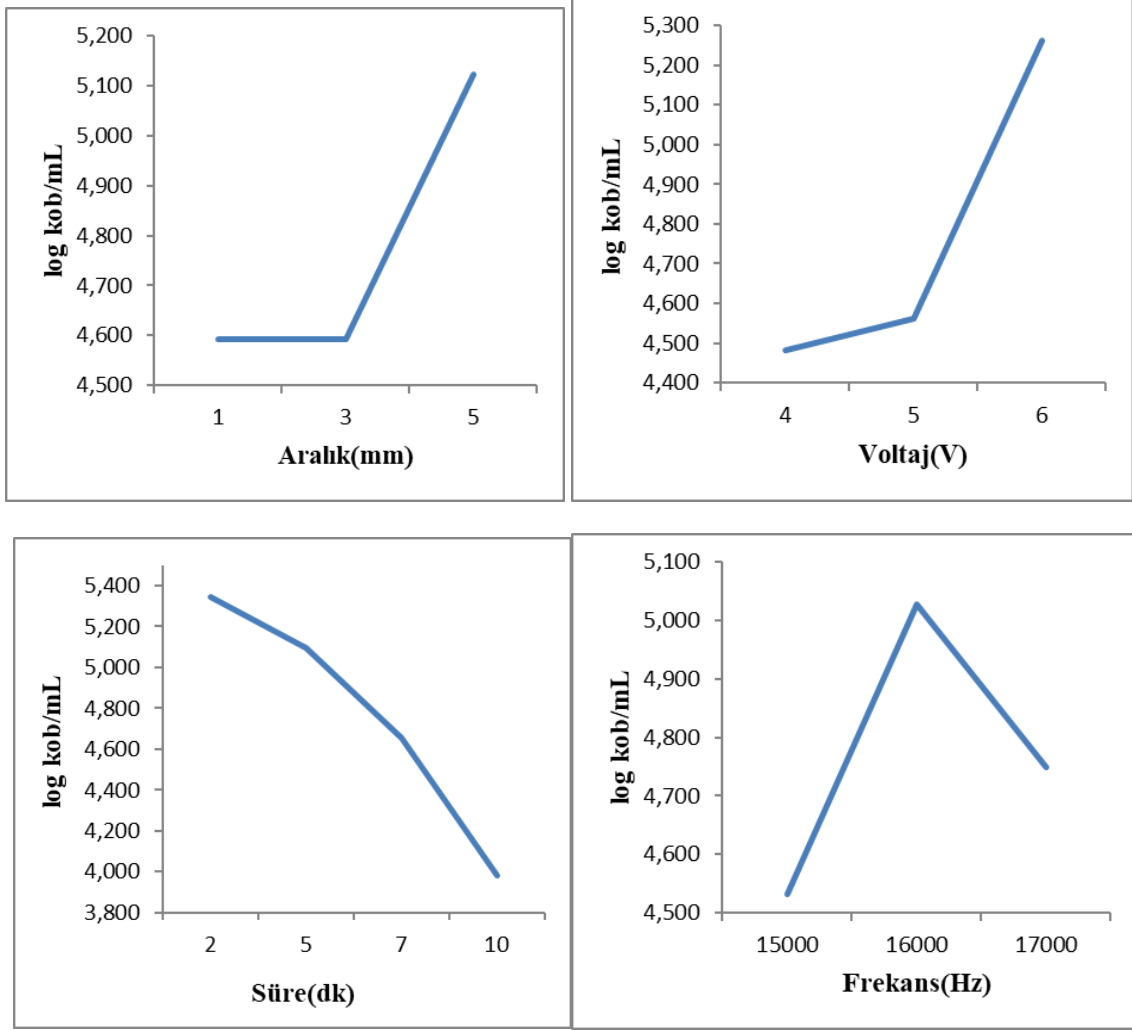
Şekil 4.62 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam psikrofilik bakteri sayılarının dağılımları



Şekil 4.63 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam psikrofilik bakteri sayılarının dağılımları



Şekil 4.64 (Devam) Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerinin toplam psikrofilik bakteri sayılarının dağılımları



Şekil 4.65 Farklı aralık, voltaj, frekans ve süreye bağlı toplam psikrofil bakteri sayılarının değişimleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Fiziko- kimyasal Özellikleri

5.1.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin °SH Değerleri

Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki °SH değerleri çizelge 4.2’de, çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin °SH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin °SH değerlerindeki değişim şekil 4.1’de, parametrelere bağlı °SH değerlerindeki değişim ise şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre °SH değeri üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralık*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca °SH değeri üzerinde süre etkileşimi pozitif yönlü çok fazla ($r:0.482$), prob aralığı etkileşimi ise, negatif yönlü fazla ($r: -0.165$) korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.3).

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı °SH değerindeki değişimleri şu şekildedir;

- *1-3 mm aralığında °SH değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *3-5 mm aralığında °SH değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *4-5 V aralığında °SH değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *5-6 V aralığında °SH değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *15000-16000 Hz aralığında °SH değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *16000-17000 Hz aralığında °SH değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *2-5-7-10 dk. uygulama süresi arttıkça °SH değerinde de artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Çözelti plazma tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj frekans ve süre parametrelerinde °SH değerindeki artışın, uygulama esnasında elektriksel ark ile, H iyonlarındaki artmasından uygulanan parametrelere bağlı süt bileşenleri ve elektrotlar arasında meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşan asidik özelliklere sahip reaktif türlere bağlı olabileceği, °SH değerindeki azalışın, uygulanan farklı parametrelere bağlı, uygulama esnasında, sütün protein yapısının parçalanmasıyla oluşan, polipeptitlerin ve süt bileşenleri ve elektrotlar arasındaki meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonlar nedeniyle oluşan bazik özelliklere sahip bileşenlerden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Sütün içindeki mineral maddeler sütün iletkenliği üzerinde en etkilidir. Süt serumundaki bazı tuzlar iyon halinde çözünürken bazıları sıcaklık ve asitliğe bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle asitliğe bağlı olarak kazein misellerindeki değişiklikler nedeniyle proteinlerin iletkenliğe katkısını açıklamak kolay olmadığı ifade edilmiştir. Tuzlara ek olarak, sütün ana bileşenleri laktoz, proteinler ve iletkenliği etkileyen süt yağı globülleri şeklindeki yağlardır. Laktoz bir yük taşımaz ve iletkenlik üzerindeki etkisi sütün asitliğini değiştirmektir (Henningsson vd. 2005).

Akarca vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada farklı periyotlar için çözelti plazma tekniği (SP) ve darbeli elektrik alan (PEF) kombinasyonu uygulaması ile muamele edilen sütün özellikleri ve probiyotik ayran içeceğinin tüketici tercihi açısından mikrobiyolojik, biyoterapötik potansiyeli ve duyu kalitesi incelenmiştir. Bu çalışmada ısı işlem ile PEF ve çözelti plazma tekniği kombinasyonu uygulamanın sütün °SH değerlerini etkilediği ve farklı zamanlarda arttığı görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen veriler çalışma bulgularına paraleldir.

5.1.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin pH Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki pH değerleri çizelge 4.4’de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin pH değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği

uygulanmış örneklerin pH değerlerindeki değişim şekil 4.3’de, parametrelere bağlı pH değerlerindeki değişim ise şekil 4.4’de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre pH değeri üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralık*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca pH değeri üzerinde voltaj etkileşimi ($r: 0, 242$) ve frekans etkileşimi ($r:0, 271$) ikisi de pozitif yönlü çok fazla, süre etkileşimi ise negatif yönlü çok fazla ($r: -0. 265$), korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.5).

Çözelti plazma tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı pH değerindeki değişimleri şu şekildedir;

- *1-3 mm aralığında pH değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *3-5 mm aralığında pH değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *4-5 V aralığında pH değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *5-6 V aralığında pH değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *15000-16000 Hz aralığında pH değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *16000-17000 Hz aralığında pH değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- * Uygulama süresi arttıkça pH değerinde de azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj frekans ve süre parametrelerinde pH değerindeki azalışın, uygulama esnasında elektriksel ark ile, H iyonlarındaki artmasından uygulanan parametrelere bağlı süt bileşenleri ve elektrotlar arasında meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşan asidik özelliklere sahip reaktif türlere, bağlı olabileceği düşünülmekte, pH değerindeki artışın, uygulanan farklı parametrelere bağlı, uygulama esnasında, sütün protein yapısının parçalanmasıyla oluşan, polipeptitlerin ve süt bileşenleri ve elektrotlar arasındaki meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonlar nedeniyle oluşan bazik özelliklere sahip bileşenlerden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

pH değeriindeki bu azalmada uygulaması sırasında H iyonlarındaki artışın etkili olduğu düşünülmektedir. Plazma tarafından üretilen, nitrik asit (HNO_3) ve nitroz asit (HNO_2) gibi asidik özelliklere sahip reaktif türler, pH düşüşünden sorumlu olduğu belirtilmektedir (Wang vd. 2022).

Asitlik ve iletkenlik arasında bir korelasyon olduğu belirtilmiştir. Elektriksel iletkenlik, esas olarak sütte çözünür tuz fraksiyonundan dolayı pH ile artmaktadır. Kazein misellerinin parçalanmasıyla, sütteki mineral miktarı artmaktadır. Yüksek pH'da kazeinin çözünmesi, kazein molekülleri arasındaki elektrik kuvvetlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, kazein misellerinin çözünmesi serum fazında toplam mineral miktarının artmasına neden olmaktadır. (Ahmad vd. 2009, Liu vd. 2017, Liu ve Guo 2008).

PEF altında işlenen süt, bileşim parametrelerinde, süt bileşenleri arasındaki etkileşimler, elektrotlardan aşınmış metal ve PEF işlemleri sırasında meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonlar nedeniyle oluşan yeni bileşiklerin oluşumu ile ilgili olabilecek bazı değişiklikler göstermiştir (Morren vd. 2003, Roodenburg vd. 2005A, 2005B). PEF ile işlenmiş gıdalarda bulunan bazı bileşikler arasında serbest oksijen, hidrojen, hidroksil, hidroperoksil radikalleri, hidrojen peroksit ve küçük elektrot malzemesi parçacıkları bulunmuştur (Morren vd. 2003, Reyns vd. 2004). Bu oluşan yeni bileşenler süütün pH'ını etkilemiştir.

Akarca vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada ısıtma işlemi ile çözelti plazma tekniği (SP) ve darbeli elektrik alan (PEF) kombinasyonu uygulaması süütün pH değerlerini etkilediği ve farklı zamanlarda azaldığı görülmüştür. Araştırmacılar tarafından verilen sonuçlar çalışma bulguları ile paralellik göstermektedir.

Hemar vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, PEF işleminin (19,6 ls için 45 kV/cm) süütün pH'ı üzerindeki etkisinin, kazein misellerinin parçacık boyutunu azaltmadığı belirlenmiştir. Ancak, PEF uygulamasının serum proteini β -laktoglobulin fraksiyonunun görülen agregasyon ve denatürasyon sıcaklığını değiştirdiği bulunmuştur. (Perez ve Pilosof, 2004, Xiang vd. 2011).

5.1.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Briks Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki briks değerleri çizelge 4.6'da, çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin briks değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin briks değerlerindeki değişim şekil 4.5'de, parametrelere bağlı briks değerlerindeki değişim ise şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre briks değeri üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*frekans, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilirken, süre, prob aralığı*süre, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralık*frekans*süre, voltaj*frekans*süre ve prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin istatistiksel olarak anlamsız ($P>0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca briks değeri üzerinde prob aralığı etkileşimi pozitif yönlü fazla ($r:0,165$), frekans etkileşimi ise pozitif yönlü çok fazla ($r:0,175$), korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.7).

Çözelti plazma tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı briks değerindeki değişimleri şu şekildedir;

- * 1-3 mm aralığında briks değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *3-5 mm aralığında briks değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *4-5 V aralığında briks değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *5-6 V aralığında briks değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *15000-16000-17000 Hz frekans değeri arttıkça briks değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *Uygulama süresi arttıkça briks değerinin sabit kaldığı görülmektedir ($P>0.05$)

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj frekans ve süre parametrelerinde briks değerindeki artışın, uygulama esnasında oluşan sıcaklık artışına ve sıcaklık artışına bağlı suda meydana gelen kayıptan kaynaklı olduğu, azalışın PEF uygulamasında olduğu gibi, serum proteini β -laktoglobulin fraksiyonunun görünen

agregasyon ve denatürasyon sıcaklığını değiştirdiği ve kazein misellerinin boyutunun küçölmesinden, uygulanan parametrelere bağlı sütün moleköler bağların kopmasıyla serbest suyun ačíęa çıkmasından, PEF işleminde sırasında elektrotlardaki bazı malzemelerin elektrodpozisyonundan, protein içeriğinin azalmasından kaynaklı olduğu düşünölmektedir.

5.1.4 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklere Su Aktivitesi (a_w) Değerleri

Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklere farklı parametrelerdeki su aktivitesi (a_w) değerleri çizelge 4.8’de Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklere su aktivitesi (a_w) değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklere su aktivitesi (a_w) değerlerindeki değişim şekil 4.7’de, parametrelere bağlı su aktivitesi (a_w) değerlerindeki değişim ise şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre su aktivitesi (a_w) değeri üzerinde prob aralığı, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilirken, süre, voltaj, frekans, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralık* frekans*süre, voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Ayrıca su aktivitesi (a_w) değeri üzerinde prob aralığı etkileşimi (r : -0,339) ve süre etkileşimi (r : -0.423), negatif yönlü ikisi de çok fazla korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.9).

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı su aktivitesi (a_w) değerindeki değişimleri şu şekildedir;

*1-3 mm aralığında su aktivitesi (a_w) değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

*3-5 mm aralığında su aktivitesi (a_w) değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

*4-5 V aralığında su aktivitesi (a_w) değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

*5-6 V aralığında su aktivitesi (a_w) değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

- *15000-16000 Hz aralığında su aktivitesi (a_w) değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *16000-17000 Hz arasında su aktivitesi (a_w) değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *Uygulama süresi arttıkça su aktivitesi (a_w) değerinde de azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj frekans ve süre parametrelerinde su aktivitesi (a_w) değerindeki azalışın uygulama esnasında oluşan sıcaklık artışına bağlı suda meydana gelen kayıptan artışın, uygulanan parametrelere bağlı sütün moleküler bağlarının kopmasıyla serbest suyun açığa çıkmasından ve PEF uygulamasında olduğu gibi, serum proteini β -laktoglobulin fraksiyonunun görünen agregasyon ve denatürasyon sıcaklığını değiştirdiği ve kazein misellerinin boyutunun küçülmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Akarca vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada ısıtma işlemi ile çözelti plazma tekniği (SP) ve darbeli elektrik alan (PEF) kombinasyonu uygulaması sütün su aktivitesini etkilemediği ($p<0.0001$) ancak soğuk depolama sırasında tüm örneklerde su aktivitesinin azaldığı belirtilmektedir.

5.1.5 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin % Kuru Madde Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki % kuru madde değerleri çizelge 4.10'da çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.11'de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin % kuru madde değerlerindeki değişim şekli 4.9'da, parametrelere bağlı % kuru madde değerlerindeki değişim ise şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre % kuru madde değeri üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralığı*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca % kuru

madde değeri üzerinde süre etkileşimi negatif yönlü çok fazla ($r:0.254$), prob aralığı etkileşimi ise, negatif yönlü fazla ($r:-0.145$) korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.11).

Çözeltili Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı % kuru madde değerindeki değişimleri şu şekildedir;

- *1-3 mm aralığında % kuru madde değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *3-5 mm aralığında % kuru madde değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *4-5 V aralığında % kuru madde değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *5-6 V aralığında % kuru madde değerinde azalış, tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *15000-16000 Hz aralığında % kuru madde değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *16000-17000 Hz aralığında % kuru madde değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *Uygulama süresi arttıkça % kuru madde değerinde de artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Çözeltili Plazma Tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj frekans ve süre parametrelerinde % kuru madde değerindeki artışın, uygulama esnasında oluşan sıcaklık artışına ve sıcaklık artışına bağlı suda meydana gelen kayıptan kaynaklı olduğu, azalışın PEF uygulamasında olduğu gibi, serum proteini β -laktoglobulin fraksiyonunun görünen agregasyon ve denatürasyon sıcaklığını değiştirdiği ve kazein misellerinin boyutunun küçülmesinden, uygulanan parametrelere bağlı sütün moleküler bağların kopmasıyla serbest suyun açığa çıkmasından, PEF işlemi sırasında elektrotlardaki bazı malzemelerin elektrodepozisyonundan, protein içeriğinin azalmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Akarca vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada ısı işlem ile çözelti plazma tekniği (SP) ve darbeleri elektrik alan (PEF) kombinasyonu uygulamasının sütün % kuru madde değerini etkilemediği ($p<0.0001$) ancak soğuk depolama sırasında tüm örneklerde % kuru madde değerinin arttığı belirtilmektedir.

5.1.6 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Yoğunluk Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki yoğunluk değerleri çizelge 4.12’de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin yoğunluk değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.13’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin yoğunluk değerlerindeki değişim ise şekil 4.11’de, parametrelere bağlı yoğunluk değerlerindeki değişim ise şekil 4.12’de gösterilmiştir.

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı yoğunluk değerindeki değişimleri şu şekildedir;

- *1-3 mm aralığında yoğunluk değerinde artış tespit edilmiştir ($P>0.05$)
- *3-5 mm aralığında yoğunluk değerinde azalış tespit edilmiştir ($P>0.05$)
- * 4-5-6 V değeri arttıkça yoğunluk değerinin sabit kaldığı tespit edilmiştir ($P>0.05$)
- *15000-16000 Hz aralığında yoğunluk değerinde azalış tespit edilmiştir ($P>0.05$)
- *16000-17000 Hz aralığında yoğunluk değerinde artış tespit edilmiştir ($P>0.05$)
- *Uygulama süresi arttıkça yoğunluk değerinin sabit kaldığı tespit edilmiştir ($P>0.05$)

Çözelti plazma tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj frekans ve süre parametrelerinde yoğunluk değerindeki artışın, uygulama esnasında oluşan sıcaklık artışına ve sıcaklık artışına bağlı suda meydana gelen kayıptan kaynaklı olduğu, azalışın PEF uygulamasında olduğu gibi, serum proteini β -laktoglobulin fraksiyonunun görünen agregasyon ve denatürasyon sıcaklığını değiştirdiği ve kazein misellerinin boyutunun küçülmesinden, uygulanan parametrelere bağlı sütün moleküler bağların kopmasıyla serbest suyun açığa çıkmasından, PEF işlemi sırasında elektrotlardaki bazı malzemelerin elektrodepozisyonundan, protein içeriğinin azalmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

PEF ile kombinasyon halinde 30-40 °C’ de işlenen sütte bu özellikte küçük bir değişiklik gözlemlendi. Yağsız çiğ sütteki yoğunluk ($1,0309 \text{ g/cm}^3$) de PEF ile işlenmiş numunelerle karşılaştırıldığında küçük farklılıklar göstermiştir yağsız süt ile yapılan tüm işlemlerde

bu değerde anlamlı bir fark ($P < 0.05$) gözlenmemiştir. Sığır sütü için bildirilen değer 1,021 ile 1,037 g/cm³ arasındadır (Neville ve Jensen 1995).

Yoğunluk sabit kalmıştır, işlemden sonra sadece küçük değişiklikler gözlenmiştir. 1,027 g/cm³'lük neredeyse sabit bir değeri sürdürmüştür ve yalnızca numuneler 30 °C'de işlendiğinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. SNF'ye gelince, işlemden sonra kontrole (8.14) kıyasla daha düşük değerler gözlenmiştir. Ancak, süt her sıcaklıkta en güçlü işlemle işlendiğinde, örnekler işlenmemiş örneklerle karşılaştırıldığında SNF'de önemli bir fark ($P < 0.05$) göstermemiştir. Yağsız çiğ sütün SNF içeriği 8,42'dir, ancak güçlü PEF işlemi altındaki bazı örneklerde, işlemekten sonra elektrotların kirlenmesi nedeniyle 8,06'ya düşmüştür. SNF'nin tümü, çiğ yağsız süttten ve tedavilerin çoğu arasında önemli ölçüde farklılık göstermiştir ($P < 0.05$). Sütteki SNF, esas olarak protein (kazein ve peynir altı suyu), karbonhidratlar (laktoz), mineraller (Ca ve P) ve riboflavin gibi bazı vitaminlerin içeriğinden yani yağsız kuru madde içeriğinden bahsetmektedir. (Bermúdez- Aguirre 2011).

PEF ile işlenmiş yağsız ve tam yağlı sütte gözlemlenen bazı yağ içeriği değerlerinin, kontrol numunesinden daha yüksek olmasının olası bir açıklaması, Süt Yağ Kürecik Membranının (MFGM) parçalanması veya elektroporasyonu ile ilgili olduğu belirtilmektedir. Sütteki yağ kürecikleri kolesterol, fosfolipitler, fosfogliseridler, lipoproteinler, glikoproteinler, enzimler (Keenan ve Patton 1995, Michalski vd. 2002) ve çevreleyen triaçilgliserollerini içeren bir zardan oluşmaktadır. MFGM kesintiye uğradığında, ortama triaçilgliseroller salınır ve yağ miktarı biraz daha yükselmektedir (Bermudez-Aguirre vd. 2008a, 2009). PEF, hücre zarını elektroporasyona tabi tutma ve içeriğini salma kabiliyeti nedeniyle ekstraksiyon ve doku parçalanması için kullanılmıştır (Gachovska vd. 2010)

Akarca vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, çiğ süte uygulanan, pastörize ve PEF ile çözelti plazma tekniği kombinasyonu ile muamele edilmiş süt örnekleri karşılaştırıldığında, PEF ve çözelti plazma tekniği kombinasyonu uygulaması (5 ve 10 dk) yoğunluk üzerinde bir etkisi olmadığı bildirilmiştir ($p>0.05$). Bu çalışmada elde edilen veriler çalışma bulgularımıza paraleldir.

5.1.7 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Renk Değerleri

5.1.7.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin L* Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki L* değerleri çizelge 4.14'de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin L* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.15'de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin L* değerlerindeki değişim şekil 4.13'de, parametrelere bağlı L* değerlerindeki değişim ise şekil 4.14'de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre L* değeri üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralık*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca L* değeri üzerinde süre etkileşimi ($r:-0.449$), prob aralığı etkileşimi ($r:-0.195$) ve frekans etkileşimi ($r:-0.445$) negatif yönlü üçü de çok fazla korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.15).

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı L* değerindeki değişimleri şu şekildedir;

1-3-5 mm aralığında L değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

4-5-6 V aralığında L değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

15000-16000-17000 Hz aralığında L değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Uygulama süresi arttıkça L değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj frekans süre parametrelerinde L* değerindeki azalışın sebebinin: uygulama esnasında ısının oluşmasına bağlı olarak sütte Maillard reaksiyonunun gerçekleşmesine ve uygulamada pH değerinin azalması, kazein ve serum proteinleri presipitasyona uğrayarak, sütte artan miktarda sediment oluşmaktadır. Böylece sütün koloidal fazındaki madde miktarı azaldığından, ışığın daha az yansıtılmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Maillard reaksiyonlarını etkileyen faktörler arasında sıcaklık değişimi, reaksiyona giren maddelerin yoğunluğu ve birbirlerine oranı, ortamın pH'sı ve su aktivitesi gibi etkenler bulunmaktadır (Rufián-Henares 2009).

Akbulut Pinar (2009), tarafından yapılan çalışmada sıcaklığın tepkime üzerine etkisi gözönüne alınarak, UHT sütlerde farklı sıcaklıklarda depolama süresi boyunca Maillard tepkime ürünleri ve antioksidan oluşumu araştırılmıştır. Çalışma sonunda renk analiz sonuçlarında L^* değerlerinde depolama süresince bir azalma olduğu saptanmıştır. Uygulanan istatistiksel analiz sonucunda UHT süt örneklerinin yağ içerikleri, depolama sıcaklığı ve süresinin ayrı ayrı, ikili ve üçlü etkileşimlerinin L^* değerleri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$)

5.1.7.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin a^* Değerleri

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki a^* değerleri çizelge 4.16'da çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin a^* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.17'de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin a^* değerlerindeki değişim şekil 4.15'de, parametrelere bağlı a^* değerlerindeki değişim ise şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre a^* değeri üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralık*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca a^* değeri üzerinde süre etkileşimi pozitif yönlü çok fazla ($r:0.277$), prob aralığı etkileşimi ($r:-0.361$), frekans etkileşimi ($r:-0.399$) ve voltaj etkileşimi ($r:-0.375$) negatif yönlü üçü de çok fazla korelatif etki göstermiştir(Çizelge 4.17).

Çözelti plazma tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı a^* değerindeki değişimleri şu şekildedir;

1-3-5 mm aralığında a değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

4-5-6 V aralığında a değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

15000-16000-17000 Hz aralığında a değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Uygulama süresi arttıkça a değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj ve frekans parametrelerinde a* değerindeki artışın, uygulama esnasında özellikle elektrotlar aralığında oluşan ısıya bağlı olarak gerçekleşen Maillard reaksiyonundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Isı ve PEP işlemi uygulanan örneklerde a* değerleri arttıkça sarılığı temsil eden b* değerlerinin azaldığı ve ısı işlem örneklerin daha kremi renkte görünmesine neden olmuştur ($p<0.001$) (Xiang vd. 2011).

Moro vd. (2001) tarafından yapılan çalışmaya göre, proteinin açılmasının, triptofan kalıntılarının sulu çözücüye maruz kalması nedeniyle floresans spektrumunda kırmızı kaymalara neden olduğunu belirlenmiştir.

PEF ile işlenmiş yağsız sütteki renk değerlerindeki belirgin farklılıklar göstermektedir. a* değeri ile ilgili olarak, sütün yeşilimsi bileşeninin bir kısmını kaybettiğini ve kırmızı bölgeye doğru ilerlediğini gösteren bir düşüş göstermiştir. a* en düşük sıcaklıklarda işlenen hemen hemen tüm numunelerde önemli ölçüde farklılık göstermiştir ($P < 0.05$). (Bermúdez- Aguirre 2011)

5.1.7.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin b* Değerleri

Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki b* değerleri çizelge 4.18'de Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin b* değeri analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.19'da gösterilmiştir. Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin b* değerlerindeki değişim şekil 4.17'de, parametrelere bağlı b* değerlerindeki değişim ise şekil 4.18'de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre b* değeri üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralık*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca b* değeri üzerinde voltaj etkileşimi ($r: -0.076$), frekans etkileşimi ($r:0.340$) ve süre etkileşimi ($r:-0.284$) üçü de negatif yönlü çok fazla korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.19).

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı b* değerindeki değişimleri şu şekildedir;

- *1-3 mm aralığında b*değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *3-5 mm aralığında b* değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *4-5 V aralığında b* değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *5-6 V aralığında b* değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *15000-16000 Hz aralığında b*değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *16000-17000 Hz aralığında b* değerinde artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- * Uygulama süresi arttıkça b*değerinde azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj ve frekans parametrelerinde b* değerindeki azalışın uygulama esnasında özellikle elektrotlar aralığında oluşan ısıya bağlı olarak gerçekleşen Maillard reaksiyonundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

PEF ile farklı sıcaklık değerlerinde işlenmiş, yağsız sütteki renk değerlerindeki belirgin farklılıklar göstermektedir. Sütün b* değeri değişmiştir 20°C'de atımdan sonra örneklerin çoğu bu değerde hafif bir artış göstermiştir. Tukey testine göre ($P < 0.05$), bu parametre en düşük sıcaklıklarda işlenen PEF sütüne kıyasla işlenmemiş süte göre farklılık göstermiştir (Bermúdez- Aguirre 2011).

5.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Mikrobiyolojik Bulgularının Değerlendirmesi

5.2.1 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Toplam Maya-Küf Sayıları

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki toplam maya-küf sayıları çizelge 4.20’de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin maya-küf sayımları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.21’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin maya-küf sayımları şekil 4.19’da, parametrelere bağlı maya-küf sayımlarındaki değişim ise şekil 4.20’de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre toplam maya-küf sayımları üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralığı*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca toplam maya-küf sayımları üzerinde süre etkileşimi negatif yönlü çok fazla ($r:-0.424$), voltaj etkileşimi ise negatif yönlü fazla ($r:-0.148$), korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.21).

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı toplam maya-küf sayıları şu şekildedir;

- *1-3 mm aralığında toplam maya-küf sayılarında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *3-5 mm aralığında toplam maya-küf sayılarında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *4-5-6 V aralığında toplam maya-küf sayılarında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *15000-16000 Hz aralığında toplam maya-küf sayılarında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *16000-17000 Hz aralığında toplam maya-küf sayılarında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *Uygulama süresi arttıkça toplam maya-küf sayılarında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

5.2.2 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Toplam Koliform Bakteri Sayıları

Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki toplam koliform bakteri sayıları çizelge 4.22’de çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.23’de gösterilmiştir. Çözelti plazma tekniği uygulanmış örneklerin toplam koliform bakteri sayıları şekil 4.21’de, parametrelere bağlı toplam koliform bakteri sayılarındaki değişim ise şekil 4.22’de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre toplam koliform bakteri sayımları üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralığı*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca toplam koliform bakteri sayıları üzerinde süre etkileşimi negatif yönlü çok fazla ($r:-0.578$), frekans etkileşimi ise pozitif yönlü fazla ($r:0.208$), korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.23).

Çözelti plazma tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı toplam koliform bakteri sayıları şu şekildedir;

- *1-3 mm aralığında toplam koliform bakteri sayısında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *3-5 mm aralığında toplam koliform bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *4-5 V aralığında toplam koliform bakteri sayısında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *5-6 V aralığında toplam koliform bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *15000-16000 Hz aralığında toplam koliform bakteri sayısında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *16000-17000 Hz aralığında toplam koliform bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *Uygulama süresi arttıkça toplam koliform bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

5.2.3 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Toplam Mezofilik Bakteri Sayıları

Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki toplam mezofilik bakteri sayımları çizelge 4.24'de Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam mezofilik sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.25'de gösterilmiştir. Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam mezofilik bakteri sayıları şekil 4.23'de, parametrelere bağlı toplam mezofilik bakteri sayımlarındaki değişim ise şekil 4.23'de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre toplam mezofilik bakteri sayıları üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralığı*frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca toplam mezofilik bakteri sayıları üzerinde süre etkileşimi negatif yönlü çok fazla ($r: -0.458$), frekans etkileşimi ($r:0.183$) ve voltaj etkileşimi ($r: -0.172$) iki de negatif yönlü fazla korelatif etki göstermiştir (Çizelge 4.24).

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı toplam mezofilik bakteri sayıları şu şekildedir;

- *1-3 mm aralığında toplam mezofilik bakteri sayısında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *3-5 mm aralığında toplam mezofilik bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *4-5-6 V aralığında toplam mezofilik bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *15000-16000 Hz aralığında toplam mezofilik bakteri sayısında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *16000-17000 Hz aralığında toplam mezofilik bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)
- *Uygulama süresi arttıkça toplam mezofilik bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

5.2.4 Çözelti Plazma Tekniği Uygulanmış Örneklerin Toplam Psikrofilik Bakteri Sayıları

Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin farklı parametrelerdeki toplam psikrofilik bakteri sayıları çizelge 4.26'da Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam psikrofilik sayıları analizine ait varyasyon ve korelasyon analizleri çizelge 4.27'de gösterilmiştir. Çözelti Plazma Tekniği uygulanmış örneklerin toplam psikrofilik bakteri sayıları şekil 4.25'de, parametrelere bağlı toplam psikrofilik bakteri sayılarındaki değişim ise şekil 4.26'de gösterilmiştir.

Varyasyon analiz sonuçlarına göre toplam psikrofilik bakteri sayıları üzerinde prob aralığı, voltaj, frekans, süre, prob aralığı*voltaj, prob aralığı*frekans, prob aralığı*süre, voltaj*frekans, voltaj*süre, frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans, prob aralığı*voltaj*süre, prob aralık* frekans*süre, voltaj*frekans*süre, prob aralığı*voltaj*frekans*süre, etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ($p<0.0001$) tespit edilmiştir. Ayrıca toplam psikrofilik bakteri sayıları üzerinde süre etkileşimi negatif yönlü çok fazla ($r: -0.384$), voltaj etkileşimi ($r:0.242$), aralık etkileşimi($r:0.165$) ise pozitif yönlü fazla korelatif etki göstermiştir(Çizelge 4.27).

Çözelti Plazma Tekniği uygulamasının, farklı parametrelere bağlı toplam psikrofilik bakteri sayıları şu şekildedir;

*1-3 mm aralığında toplam psikrofilik bakteri sayısında çok az artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

*3-5 mm aralığında toplam psikrofilik bakteri sayısında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

*4-5-6 V aralığında toplam psikrofilik bakteri sayısında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

*15000-16000 Hz aralığında toplam psikrofilik bakteri sayısında artış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

*16000-17000 Hz aralığında toplam psikrofilik bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

*Uygulama süresi arttıkça toplam psikrofilik bakteri sayısında azalış tespit edilmiştir ($P<0.05$)

Çözeltili plazma tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj frekans ve süre parametrelerinde toplam maya-küf, toplam koliform bakteri, toplam mezofilik bakteri ve toplam psikrofilik sayımlarındaki artışın, uygulama esnasında ortamda oluşan elektroporasyon ve ısıнын etkisi ile membran geçirgenliği indüklemesi bununda hücre ortamı ile besin alışverişini kolaylaştıran geçirgen yapıların oluşması, sütün yüksek protein ve yüksek yağ içeriğinden, kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Çözeltili plazma tekniği uygulamasının farklı aralık, voltaj, frekans ve süre parametrelerinde toplam maya-küf, toplam koliform bakteri, toplam mezofilik bakteri ve toplam psikrofilik sayımlarındaki azalışın sebebinin: uygulama esnasında ortamda oluşan elektroporasyon ve ısıнын etkisi ile hücre duvarındaki proteinler üzerinde etkili olmaktadır. Buna bağlı olarak fazla miktarda geçirgen yapıların oluşması ve bunun hücre membran yapısını bozmaktadır. Koliform grubu bakteriler Gr (-) bakterilerdir. Uygulama hücre duvarının dış kısmında bulunan lipopolisakkaritler tabakada bulunan yağ asitlerinin üzerinde etkili olmuş hücre duvarının bütünlüğünün bozulmasına neden olmuştur. Hücre duvarında bulunan proteinlerin yapısal olarak bozulmasına hücre geçirgenliğinin azalmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif nitrojen türleri (RNS) gibi reaktif türler, patojenlerin inaktivasyon mekanizmasında önemli oduğu belirtilmektedir (Asl vd. 2022). Plazma üretimi sırasında üretilen ROS, güçlü oksidatif strese neden olur ve hücreler enzim inaktivasyonu, lipid peroksidasyonu ve DNA bölünmesi ile hasar görmektedir. Ayrıca RNS oldukça toksiktir ve DNA'ya zarar vererek hücre ölümüne neden olabilmektedir (Heo vd. 2021). Plazma uygulaması sırasında hava plazmasındaki oksijen peroksit oluşumuna ve O*, O₂, O₃ gibi öldürücü türlerin oluşumuna neden olmaktadır. Ek olarak, yüklü parçacıkların dış hücre zarı üzerinde birikmesi, elektrostatik kuvvetler daha sonra hücre zarının yırtılmasına ve ardından hücre ölümüne neden olabilmektedir (Devi vd. 2017). Plazma sırasında üretilen UV radyasyonunun neden olduğu DNA hasarının da mikrobiyal inaktivasyonda etkili olduğu düşünülmektedir (Liao vd. 2017).

PEF teknolojisi kısa süreli yüksek voltajlı elektrik alan darbeleri bir elektrik alanı oluşmaktadır. Tüm termal olmayan teknolojilerde olduğu gibi sütün bozulmasına neden

olan patojenik mikroorganizmalar ve enzimler etkisiz hale getirilerek gıda güvenliği açısından önemli faydalar sağlanmaktadır (Alirezalu vd. 2020, Wouters vd. 2001).

Akarca vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, süt örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam koliform bakteri ve maya-küf sayımları yapılmıştır. PEF ve Çözelti Plazma Tekniği kombinasyon uygulaması pastörizasyon ile aynı etkiyi gösterirken, bakteri inaktivasyonunda süre etkili bir fark yaratmamıştır ($p < 0.0001$). PEF uygulaması ile mikrobiyal inaktivasyonu genellikle mikrobiyal membranların polarizasyonu üzerindeki etkisiyle açıklanmaktadır (Syed vd. 2017). PEF, belirli bir zamanda kısa elektrik darbelerinin indüklenmesiyle mikrobiyal hücre zarının hasar görmesine, bozulmasına veya geçirgenliğine neden olmaktadır (Koubaa vd. 2019, Wan vd. 2009).

Çalışmalar, PEF'in mikroorganizmaları metal iyonlarını emmeye zorlamak ve mikroorganizmaları mikro besin taşıyıcıları olarak kullanmak için etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir (Góral ve Pankiewicz, 2017, Pankiewicz ve Jamroz 2010). Genel olarak, bakteri hücre zarı geçirgenliği, hücre özelliklerinden boyut, şekil, yapışma, yoğunluk gibi faktörlerin yanı sıra elektroporasyon ve sıcaklık gibi faktörlerden etkilenmektedir (Rols, 2016). Tersinir elektroporasyon sürecinde, membran geçirgenliği PEF ile indüklenmektedir. Bu, genellikle hücre ortamı ile besin alışverişini kolaylaştıran “gözenekler” olarak adlandırılan geçirgen yapıların oluşmasıyla sonuçlanmaktadır (Vaessena vd. 2018).

10 dk PEF ve çözelti plazma tekniği kombinasyonu uygulanan sütte maya-küf sayısı 5 dk uygulamaya göre daha düşük iken, pastörizasyon uygulamaları ile aynı etki göstermiştir ($p < 0.0001$).

Çiğ yağsız sütün PEF uygulamasına ilişkin bazı araştırmalar bulunmaktadır (Dutreux vd. 2000, Evrendilek ve Zhang 2005, Floury vd. 2006, Michalac vd. 2003, Smith vd. 2002). Maksimum PEF ile muamele edilmiş çiğ yağsız süt için toplam floranın 1 log ila 2 log azalmasının giriş sıcaklığına, 25 veya 50°C'ye bağlı olduğu bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada PEF uygulaması ile süttten fermente tatlı üretilmiştir. Sonuç olarak, ürünün

duyusal özellikleri çok fazla etkilenmese de toplam mezofilik aerobik bakteri, küf ve maya sayısının uygulama ile azaldığı bildirilmiştir (Yeom vd. 2004). PEF teknolojisi, gıdalardaki bakteri, maya ve vejetatif hücrelerinin aktivasyonunu sağlamada oldukça etkili olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, bakteri sporları PEF'e dirençli olduğu belirtilirken, elektrik alan tarafından etkisiz hale getirilmektedir. Bu nedenle PEF uygulamaları öncelikle gıdalardaki patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara odaklanmaktadır (Syed vd. 2017).

Yaklaşık %4'lük yağ içeriğine sahip tam yağlı sütün mikrobiyal inaktivasyon konusunda dikkate alınmanın önemli olduğu belirtilmiştir, PEF tedavisinin mikrobiyal inaktivasyondaki etkinliğini azaltabilmektedir. Floury vd. (2006), proteinleri içeren ortamın karmaşıklığı nedeniyle yağsız sütte inaktivasyonun tampon çözeltiden daha yüksek olduğundan bahsetmiştir. Tam yağlı süt söz konusu olduğunda, hücreleri koruyan sadece proteinler değildir; yağ içeriği de bir yalıtkan olarak çalışabilir ve hücreleri elektrik alanından koruyabilmektedir. Birkaç inaktivasyon çalışmasında yağ, mikrobiyal inaktivasyonda önemli bir engel olarak görünmektedir (Bermudez-Aguirre ve Barbosa-C, 2008) ve Gaze'ye (2005) göre mikroorganizmaların ısı direnci, yüksek protein ve yüksek yağ içeriğinden etkilenmektedir.

PEF ile farklı sıcaklık değerlerinde işlenmiş, yağsız sütteki titreşim sırasında sıcaklığın etkisi daha yüksek sıcaklıkta tedavinin bakteriyel inaktivasyonda daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu gerçek, ısı ve PEF arasındaki sinerjistik etki nedeniyle zararın elektriksel bozulma potansiyelindeki azalmaya bağlanabilmektedir (Floury vd. 2006).

5.3 Sonuçlar

Bu araştırmada, çiğ inek sütüne 4 farklı parametrede çözelti plazma tekniğı uygulamasının örneklerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır.

Fizikokimyasal açıdan genel olarak uygulanan tüm parametrelerde süreye bağlı, SH, % kuru madde ve renk analizlerinden a* değerinde artış tespit edilirken, briks ve yoğunluk değerlerinin sabit kaldığı, pH, su aktivitesi, renk analizlerinden L* ve b* değerlerinde azalış göstermiştir. Fizikokimyasal olarak incelenen örneklerde, °SH değeri 7,5 ile 9,81 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama °SH değeri 8,5 olarak belirlenmiştir. pH değeri 6,15 ile 6,85 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama pH değeri 6,5 olarak belirlenmiştir. Briks değeri 8,5 ile 10 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama briks değeri 9,04 olarak belirlenmiştir. Su aktivitesi(aw) değeri 0,69 ile 0,83 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama su aktivitesi(aw) değeri 0,78 olarak belirlenmiştir. % Kuru madde değeri 10 ile 14 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama % kuru madde 11,7 olarak belirlenmiştir. Yoğunluk değeri 1,025 ile 1,031 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama yoğunluk değeri 1,028 olarak belirlenmiştir. L* değeri 96,4 ile 88,5 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama L* değeri 92,1 olarak belirlenmiştir. a* değeri 0,13 ile 1,81 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama a* değeri 0,77 olarak belirlenmiştir. b* değeri 0,44 ile 5,25 arasında değişim göstermiş olup, örneklerin ortalama b* değeri 2,2 olarak tespit edilmiştir.

Mikrobiyolojik olarak incelendiğinde örneklerde süreye bağlı, toplam maya-küf, koliform bakteri, mezofilik bakteri ile psikrofilik bakteri sayılarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizlerde mikrobiyal inaktivasyonun optimum parametreler aralık 5 mm, voltaj 6 V, frekans 17000 Hz ve süre 10 dk olarak belirlenmiştir. Çözelti plazma tekniğı ile muamele edilen çiğ süt için yapılan mikrobiyolojik analizlerde ortalama 3 log₁₀ CFU/mL azalma sağladığı tespit edilmiştir.

Sütün mikrobiyal olarak güvenli hale getirilmesinde şu an en etkili yöntem ısıt ışlemidir. Ancak ısıt ışlem uygulaması sütün başta besin değeri olmak üzere bir çok fizikokimyasal özelliklerini olumsuz etkilemektedir.

Sonuç olarak, uygulanan çözelti plazma tekniği, mikrobiyal inaktivasyon sırasında yüksek sıcaklıklara çıkmaması, daha az maillard reaksiyonu, daha az renk değişimi, besin değerlerinin daha fazla korunması, sütün kendine özgü fiziksel ve kimyasal değerlerinin korunması, bu metodun uygulama maliyetinin daha düşük olduğundan ve uygulanabilirliğin kolay olduğu sebeplerinden dolayı geleneksel ısıt ışleme göre daha avantajlıdır. Sıralanan avantajlar, sütün endüstrisinde çözelti plazma tekniğine olan talep ve ilgiyi daha da artıracaktır.

Çözelti plazma tekniğinde, uygulama esnasında elektrotlar arasında oluşan elektriksel ark sıcaklık artışına neden olmaktadır. Bunun önüne geçmek adına uygulamadan önce süte soğutma ışlemi uygulanarak sıcaklık artışı bir miktar önlenebilir. Ayrıca uygulanan parametreler, çalışmalar yapılarak standardize edilebilir. Çözelti plazma tekniğinin etkinliğini arttırmak için düşük sıcaklık uygulamaları ve termal olmayan uygulamalarla kombine edilerek sütün kendine özgü fizikokimyasal özellikleri koruyarak, daha etkin mikrobiyal inaktivasyon sağlanabilir.

6. KAYNAKLAR

- Ahmad S, Piot, M Rousseau, F Grongnet, J. F. Gaucheron, F. 2009, Physico-chemical changes in casein micelles of buffalo and cow milks as a function of alkalization, Dairy Science and Technology, 387-403.
- Akarca G, 2013, Kılıflanmış Sade ve Baharatlı Mozzarella Peynirinin Olgunlaşma Süresinde Değişimlerin İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 174s, Afyonkarahisar.
- Akarca G, Ozkan M, Ozcan T, 2022, The impact of combination of solution plasma processing and pulsed electric field on the viability of probiotic bacteria, microbial growth, and structure of yoghurt drink, Journal of Food Processing and Preservation, 46,
- Akbulut Pinar B, 2009, UHT sütün yağ içeriği ve depolama sıcaklığının maillard tepkime kinetiği üzerine etkisi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Akdeniz V, Akalın A S 2022, Recent advances in dual effect of power ultrasound to microorganisms in dairy industry: activation or inactivation, Critical Reviews in Food Science And Nutrition, 62, 889-904.
- Akyüz A, Ö Özkan, M, Açar Ö, 2019, Çözelti Plazma Tekniği ile Polimer Degradasyonu: Viskozitenin Online İzlenmesi, Teknik Bilimler Dergisi, 6.
- Alavi S H, Gogoi B K, Khan M, Bowman B J, Rizvi S S H, 1999, Structural properties of protein-stabilized starch-based supercritical fluid extrudates, Food Research International, 32, 107-118.
- Alirezalu K, Munekata P E, Parniakov O, Barba F J, Witt J, Toepfl S, Lorenzo J M 2020, Pulsed electric field and mild heating for milk processing: a review on recent advances, Journal of the Science of Food and Agriculture, 100, 16-24.
- Allen L H, Dror D K, 2011). Effects of animal source foods, with emphasis on milk, in the diet of children in low-income countries, Milk and Milk Products in Human Nutrition, 67, 113-130.

- Altic L C, Rowe M T, Grant I R, 2007, UV light inactivation of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in milk as assessed by fast Plaque TB phage assay and culture, Applied and Environmental Microbiology, 73, 3728-3733.
- Altun B, Besler T, Ünal S, 2002, Ankara’da satılan sütlerin değerlendirilmesi, Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi, 11, 45-55.
- Alves de Aguiar Bernardo Y, Kaic Alves do Rosario, D, Adam Conte-Junior, C, 2021, Ultrasound on Milk Decontamination Potential and Limitations Against Foodborne Pathogens and Spoilage Bacteria, Food Reviews International, 1-14.
- Anderson J G, Rowan N, J MacGregor, S J, Fouracre R A, Farish O, 2000, Inactivation of food-borne enteropathogenic bacteria and spoilage fungi using pulsed-light. IEEE Transactions on Plasma Science, 28, 83-88.
- Angulo F J, LeJeune J T, Rajala-Schultz P J, 2009, Unpasteurized milk: a continued public health threat. Clinical Infectious Diseases, 48, 93-100.
- Anonim 2003, Revision of the Opinion of the Scientific Committee on Food on the Irradiation of Food, SCF/CS/NF/IRR/24SCF European Commission Health and Consumer Protection Directorate General Brussels, Belgium.
- Anonim 2002, Solids Total in Milk, Official Methods of Analysis, Official Methods of Analysis of Official Chemists, 17th Ed. Association of Analytical Chemists, Washington, USA.
- Anonim 2014, Sakarya Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, Gıda Analizleri Uygulama Notları.
- Anonim 1994, Çiğ Süt Standardı, TS 1018 TSE, 25s.
- Anonim 1995, Drug Administration. Grade A Pasteurized Milk Ordinance (No. 229). US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Food and Drug Administration.
- Anonim 2001, FDA, U (Code of federal regulations. 21 CFR Title 21 Volume 3. 21 cfr part 179. 39. Irradiation in the production, processing, and handling of food.
- Anonim 2007, The European Council Regulation EC No 1234/2007. 2007.

- Anonim 2008a, Centers for Disease Control and Prevention, 2008, Escherichia coli 0157: H7 infections in children associated with raw milk and raw colostrum from cows California, MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report, 57, 625-628.
- Anonim 2008b, UA V, 2008, Johne's disease on US dairies, 1991–2007, Animal and Plant Health Inspection Service, Washington, DC.
- Anonim 2012, IOM. Dietary Reference Intakes, 2012.
- Anonim 2017, Türk Gıda Kodeksi Çiğ Sütün Arzına Dair Tebliği, 2017, Resmi Gazete, 27 Ocak 2017, 30050.
- Anoni, 2019a, Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği, 2019, Resmi Gazete, 27 Şubat 2019, 30699.
- Anonim, 2019b, IDF World Dairy Summit, 2019, İstanbul, 23-26 Eylül 2019.
- Arshad R N, Abdul-Malek Z, Munir A, Buntat Z, Ahmad M H, Jusoh Y M, Aadil R M, 2020, Electrical systems for pulsed electric field applications in the food industry: An engineering perspective, Trends in Food Science & Technology, 104, 1-13.
- Artíguez L, Arboleya J C, De Marañon I M, 2012, Influence of β -lactoglobulin and β -casein on *Listeria innocua* inactivation by pulsed light, International Journal of Food Microbiology, 153, 223-228.
- Arvanitoyannis I S, Kotsanopoulos K, Savva A G, 2017, Use of ultrasounds in the food industry–Methods and effects on quality, safety, and organoleptic characteristics of foods: A review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57, 109-128.
- Asaithambi N, Singh S K, Singha P, 2021, Current status of non-thermal processing of probiotic foods: A review, Journal of Food Engineering, 303, 110567.
- Asl PJ, Rajulapati V, Gavahian M, Kapusta I, Putnik P, Khaneghah AM, Marszalek 2022, Non-Thermal Plasma Technique for Preservation of Fresh Foods. A review, Food Control 134, 108560.
- Avalli A, Povolo M, Carminati D, Contarini, G. (2004). Significance of 2-heptanone in evaluating the effect of microfiltration/pasteurisation applied to goats milk, International Dairy Journal, 14, 915-921.

- Averin K A, Bilera I V, Lebedev Y A, Shakhatov V A, Epstein I L 2019, Microwave discharge in liquid n- heptane with and without bubble flow of argon, *Plasma Processes and Polymers*, 16, 1800198.
- Awuah G B, Ramaswamy H S, Economides A, Mallikarjunan K, 2005, Inactivation of *Escherichia coli* K-12 and *Listeria innocua* in milk using radio frequency (RF) heating, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6, 396-402.
- Baky A A, Farahat S M, Rabie A M, Mobasher S A, 1986, The manufacture of Ras cheese from gamma irradiated milk. *Food Chemistry*, 20, 201-212.
- Balasubramaniam V M, Martinez-Monteagudo S I, Gupta R (2015). Principles and application of high pressure-based technologies in the food industry, *Annual Review of Food Science and Technology*, 6, 435-462.
- Balthazar C F, Santillo A, Guimarães J T, Bevilacqua A, Corbo M R, Caroprese, M Albenzio M, 2019, Ultrasound processing of fresh and frozen semi-skimmed sheep milk and its effects on microbiological and physical-chemical quality, *Ultrasonics Sonochemistry*, 51, 241-248.
- Banno M, Kanno K, Yui H, 2016, Development of direct gas injection system for atmospheric-pressure in-solution discharge plasma for plasma degradation and material syntheses, *RSC advances*, 6, 16030-16036.
- Barba F J, Terefe N S, Buckow R, Knorr D, Orlie V, 2015, New opportunities and perspectives of high-pressure treatment to improve health and safety attributes of foods, A review, *Food Research International*, 77, 725-742.
- Barbosa-Cánovas G V, Sepúlveda D, 2005, Present status and the future of PEF technology, *Novel food processing technologies*, 1-44.
- Barbosa-Cánovas G V, Pothakamury U R, Gongora-Nieto M M, Swanson B G, 1999, *Preservation of foods with pulsed electric fields*, Elsevier.
- Barbosa-Cánovas G V, Pothakamury U R, Palou E, Swanson B G, 1998, Emerging technologies in food preservation, *Nonthermal preservation of foods*, 1-9.
- Barrett N J, 1986, Communicable disease associated with milk and dairy products in England and Wales: 1983–1984. *Journal of Infection*, 12, 265-272.

- Bazzano L A, Green T, Harrison T N, Reynolds K, 2013, Dietary approaches to prevent hypertension, *Current Hypertension Reports*, 15, 694-702.
- Belin R J, He K, 2007, Magnesium physiology and pathogenic mechanisms that contribute to the development of the metabolic syndrome, *Magnesium research*, 20, 107-129.
- Bendicho S, Barbosa-Cánovas G V, Martín O, 2002, Milk processing by high intensity pulsed electric fields, *Trends in Food Science & Technology*, 13, 195-204.
- Berkey C S, Colditz G A, Rockett H R, Frazier A L, Willett W C, 2009, Dairy consumption and female height growth: prospective cohort study, *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, 18, 1881-1887.
- Bermudez-Aguirre D, Mawson R, Versteeg K, Barbosa-Canovas GV, 2009, Composition properties, physicochemical characteristics, and shelf life of whole milk after thermal and thermosonication treatments, *J Food Qual* 32, 283–30.
- Bermúdez-Aguirre D, & Barbosa-Cánovas G V, 2008, Study of butter fat content in milk on the inactivation of *Listeria innocua* ATCC 51742 by thermo-sonication, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9, 176-185.
- Bermúdez- Aguirre D, Fernández S, Esquivel H, Dunne P C, Barbosa- Cánovas G V, 2011, Milk processed by pulsed electric fields: Evaluation of microbial quality, physicochemical characteristics, and selected nutrients at different storage conditions, *Journal of Food Science*, 76, S289-S299.
- Bermúdez- Aguirre D, Mawson R, Barbosa- Cánovas G V, 2008, Microstructure of fat globules in whole milk after thermosonication treatment, *Journal of Food Science*, 73, E325-E332.
- Bernstein A M, Pan A, Rexrode K M, Stampfer M, Hu F B, Mozaffarian D, Willett W C, 2012, Dietary protein sources and the risk of stroke in men and women. *Stroke*, 43, 637-644.
- Besler H, Ünal S, 2006, Ankara’da satılan sokak sütlerinin bazı vitaminler açısından değerlendirilmesi ve ev koşullarında uygulanan kaynatmanın süreye bağlı olarak vitaminlere olan etkisi, *IV Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi Bildiri Kitabı*, 134-142.

- Bintsis T, Litopoulou- Tzanetaki E, Robinson R K, 2000, Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry—a critical review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 637-645.
- Bisig W, Eberhard P, Collomb M, Rehberger B, 2007, Influence of processing on the fatty acid composition and the content of conjugated linoleic acid in organic and conventional dairy products-a review. *Le Lait*, 87, 1-19.
- Bonthuis M, Hughes M C B, Ibiebel T I, Green A C, Van Der Pols J C, 2010, Dairy consumption and patterns of mortality of Australian adults, *European Journal of Clinical Nutrition*, 64, 569-577.
- Boot A M, de Ridder M A, van der Sluis I M, van Slobbe I, Krenning E P, de Muinck Keizer-Schrama S M, 2010, Peak bone mineral density, lean body mass and fractures. *Bone*, 46, 336-341.
- Bougnoux P, Menanteau J, 2005, Dietary fatty acids and experimental carcinogenesis. *Bulletin du Cancer*, 92, 685-696.
- Boye J, Wijesinha-Bettoni R Burlingame B, 2012, Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method, *British Journal of Nutrition*, 108, S183-S211.
- Bozkurt H Icier F, 2009, Rheological characteristics of quince nectar during ohmic heating, *International Journal of Food Properties*, 12, 844-859.
- Brady M T, Byington C L, Davies H, Edwards K M, Glode M P, Jackson M A, 2014, Committee on Infectious Diseases, Consumption of raw or unpasteurized milk and milk products by pregnant women and children. *Pediatrics*, 133, 175-179.
- Bramley A J, 1992, Milk hygiene and machine milking, *Machine milking and lactation*, 373-398.
- Brans G B P W, Schroën C G P H, Van der Sman R G M, Boom R M, 2004, Membrane fractionation of milk state of the art and challenges, *Journal of Membrane Science*, 243, 263-272.
- Brown A C, 2018, *Understanding food: principles and preparation*, Cengage learning.

- Bruggeman P J, Kushner M J, Locke B R, Gardeniers J G, Graham W G, Graves D B Zvereva G, 2016, Plasma–liquid interactions: a review and roadma, Plasma sources science and technology, 25, 053002.
- Buchheim, W, Schütt M, Frede E, 1996, High pressure effects on emulsified fats. In Progress in Biotechnology (Vol. 13, pp. 331-336). Elsevier.
- Buckow R, Chandry P S, Ng S Y, McAuley C M, Swanson B G, 2014, Opportunities and challenges in pulsed electric field processing of dairy products, International Dairy Journal, 34, 199-212.
- Burt R, Wellsted S, 1991, Food safety and legislation in the dairy industry, International Journal of Dairy Technology, 44, 80-86.
- Caan B, Neuhouser M, Aragaki A, Lewis C B, Jackson R, LeBoff M S LaCroix A, 2007, Calcium plus vitamin D supplementation and the risk of postmenopausal weight gain, Archives of internal medicine, 167, 893-902.
- Caffarelli C, Baldi F, Bendandi B, Calzone L, Marani M, Pasquinelli P, 2010, Cow's milk protein allergy in children: a practical guide, Italian journal of pediatrics, 36, 1-7.
- Caroli A M, Chessa S, Erhardt G J, 2009, Invited review Milk protein polymorphisms in cattle, Effect on animal breeding and human nutrition, Journal of dairy science, 92, 5335-5352.
- Caroli A, Poli A, Ricotta D, Banfi G, Cocchi D, 2011, Invited review dairy intake and bone health a viewpoint from the state of the art, Journal of dairy science, 94, 5249-5262.
- Cashman K D, 2002, Calcium intake, calcium bioavailability and bone health, British journal of Nutrition, 87, S169-S177.
- Cashman K D, 2006, Milk minerals including trace elements and bone health, International Dairy Journal, 16, 1389-1398.
- Cavalli-Sforza L L, 1973, Analytic review some current problems of human population genetics, American journal of human genetics, 25, 82.
- Çengel Y A, Boles M A, 1996, Thermodynamics: An Engineering Approach, Berbentli T, 1. Cilt, 2. Baskı.

- Chandrajith V G G, Karunasena G A D V, Vithanage R, 2018, Effect of non-thermal processing techniques on milk components and dairy products: Mini review.
- Chemat F, Khan M K, 2011, Applications of ultrasound in food technology processing, preservation, and extraction, *Ultrasonics sonochemistry*, 18, 813-835.
- Chen Q, Kaneko T, Matsuda N, Hatakeyama R, 2013, Potential structure of discharge plasma inside liquid directly measured by an electrostatic probe, *Applied Physics Letters*, 102, 244105.
- Chilliard Y, Glasser F, Enjalbert F, Ferlay A, Bocquier F, Schmidely P, 2007, Recent data on effects of feeding factors on milk fatty acid composition in cow, goat, and ewe, *Revista Argentina de Producción Animal*, 27, 197-213.
- Chokradjaroen C, Niu J, Panomsuwan G, Saito N, 2021, Insight on solution plasma in aqueous solution and their application in modification of chitin and chitosan, *international journal of molecular sciences*, 22, 4308.
- Chokradjaroen C, Wang X, Niu J, Fan T, Saito N, 2022, Fundamentals of solution plasma for advanced materials synthesis, *Materials Today Advances*, 14, 100244.
- Choukourov A, 2019, Solution plasma processing of natural polymer-based materials, 62, 4-30.
- Chughtai M F J, Farooq M A, Ashfaq S A, Khan S, Khaliq A, Antipov S, Ali Shariati M, 2021, Role of pascalization in milk processing and preservation: a potential alternative towards sustainable food processing, In *Photonics* (Vol. 8, No. 11, p. 498). MDPI.
- Chun R F, Adams J S, Hewison M, 2011, Immunomodulation by vitamin D implications for TB, *Expert review of clinical pharmacology*, 4, 583-591.
- Claeys W L, Cardoen S, Daube G, De Block J, Dewettinck K, Dierick K, Herman L, 2013, Raw or heated cow milk consumption, Review of risks and benefits, *Food control*, 31, 251-262.
- Collomb M, Schmid A, Sieber R, Wechsler D, Ryhänen E L, 2006, Conjugated linoleic acids in milk fat, Variation and physiological effects, *International dairy journal*, 16, 1347-1361.

- Čolnik M, Primožič M, Knez Ž, Habulin M, 2012, Use of supercritical carbon dioxide for proteins and alcohol dehydrogenase release from yeast *Saccharomyces cerevisiae*, *The Journal of Supercritical Fluids*, 65, 11-17.
- Costard S, Espejo L, Groenendaal H, Zagmutt F J, 2017, Outbreak-related disease burden associated with consumption of unpasteurized cow's milk and cheese, United States, 2009–2014, *Emerging infectious diseases*, 23, 957.
- Craven H M, Swiergon P, Ng S, Midgely J, Versteeg C, Coventry M J, Wan J, 2008, Evaluation of pulsed electric field and minimal heat treatments for inactivation of pseudomonads and enhancement of milk shelf-life, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9, 211-216.
- Crehan C M, Troy D J, Buckley D J, 2000, Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt, *Meat Science*, 55, 123-130.
- Croguennec T, T O'Kennedy B, Mehra R, 2004, Heat-induced denaturation/aggregation of β -lactoglobulin A and B: kinetics of the first intermediates formed, *International Dairy Journal*, 14, 399-409.
- Currie E, Schulze A, Zechner R, Walther T C, Farese Jr R V, 2013, Cellular fatty acid metabolism and cancer, *Cell metabolism*, 18, 153-161.
- Dağdemir E, 2006, Salamura Beyaz Peynirlerden İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Tanımlanması ve Seçilen Bazı İzolatların Kültür Olarak Kullanılabilme Olanakları, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 190s, Erzurum.
- Dalton C B, Austin C C, Sobel J, Hayes P S, Bibb W F, Graves L M, Griffin P M, 1997, An outbreak of gastroenteritis and fever due to *Listeria monocytogenes* in milk, *New England Journal of Medicine*, 336, 100-106.
- D'aoust J Y, 1989, Manufacture of dairy products from unpasteurized milk a safety assessment, *Journal of food protection*, 52, 906-914.
- David S D, 2014, Raw milk and the first amendment Implications for public health policy and practice, *Public Health Reports*, 129, 455-457.

- De Beer H, 2012, Dairy products and physical stature a systematic review and meta-analysis of controlled trials, *Economics & Human Biology*, 10, 299-309.
- De Buyser M L, Dufour B, Maire M, Lafarge V, 2001, Implication of milk and milk products in food-borne diseases in France and in different industrialised countries, *international journal of food microbiology*, 67, 1-17.
- De Geyter N, Morent R, 2014, Cold plasma surface modification of biodegradable polymer biomaterials. In: Dubruel P, Van Vlierberghe S, editors, *Biomaterials for Bone Regeneration*, Woodhead Publishing Cambridge, UK. pp. 202–224.
- De Reu K, Grijspeerdt K, Herman L, 2004, A Belgian survey of hygiene indicator bacteria and pathogenic bacteria in raw milk and direct marketing of raw milk farm products, *Journal of Food Safety*, 24, 17-36.
- Deak T, 2014, Thermal treatment. In *Food Safety Management*, pp. 423-442, Academic Press.
- Debs-Louka E, Louka N, Abraham G, Chabot V, Allaf K.,1999, Effect of compressed carbon dioxide on microbial cell viability, *Applied and environmental microbiology*, 65, 626-631.
- Dehghan A, Jamalian J, Farahnaky A, Mesbahi G, Moosavi-Nasab M, 2012, The effect of microwave pasteurization on some physical and chemical characteristics of milk, *International Journal of Food Engineering*, 8, 1-12.
- del Angel C R, Dalglish D G, 2006, Structures and some properties of soluble protein complexes formed by the heating of reconstituted skim milk powder, *Food Research International*, 39, 472-479.
- del Mar Contreras M, Sanchez D, Sevilla M Á, Recio I, Amigo L, 2013, Resistance of casein-derived bioactive peptides to simulated gastrointestinal digestion, *International Dairy Journal*, 32, 71-78.
- Denny J, Bhat M, Eckmann K, 2008, Outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 associated with raw milk consumption in the Pacific Northwest, *Foodborne pathogens, and disease*, 5, 321-328.

- Devi Y, Thirumdas R, Sarangapani C, Deshmukh R R, Annapure US 2017. Influence of Cold Plasma on Fungal Growth and Aflatoxins Production on Groundnuts, *Control* 77,187-191.
- Devi A F, Buckow R, Hemar Y, Kasapis S, 2013, Structuring dairy systems through high pressure processing, *Journal of Food Engineering*, 114, 106-122.
- Devins J C, Rza S J, Schwabe R J, 1981, Breakdown and prebreakdown phenomena in liquids, *Journal of applied physics*, 52, 4531-4545.
- Dillow A K, Dehghani F, Hrkach J S, Foster N R, Langer R, 1999, Bacterial inactivation by using near-and supercritical carbon dioxide, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96, 10344-10348.
- Dokuzlu C, 2004, *Gıda Analizleri*, Marmara Kitabevi Yayınları, 255s, Bursa.
- Doll E V, Scherer S, Wenning M, 2017, Spoilage of microfiltered and pasteurized extended shelf-life milk is mainly induced by psychrotolerant spore-forming bacteria that often originate from recontamination, *Frontiers in Microbiology*, 8, 135.
- Donato L, Guyomarc'h F, Amiot S, Dalgleish D G, 2007, Formation of whey protein/ κ -casein complexes in heated milk: Preferential reaction of whey protein with κ -casein in the casein micelles, *International Dairy Journal*, 17, 1161-1167.
- Dong F M, Lee C J, Rasco B A, Hungate F P, 1989, Effects of Gamma- Irradiation on The Contents of Thiamin, Riboflavin, and Vitamin B- 12 In Dairy Products for Low Microbial Diets, *Journal of food processing and preservation*, 13, 233-244.
- Douglas A, Reynolds C K, Givens I D, Elwood P C, Minihane A M, 2011, Associations between dairy consumption and body weight: a review of the evidence and underlying mechanisms, *Nutrition research reviews*, 24, 72-95.
- Dugee O, Khor G L, Lye M S, Luvsannyam L, Janchiv O, Jamyan B, Esa N, 2009, Association of major dietary patterns with obesity risk among Mongolian men and women, *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 18, 433-440.
- Dutreux N, Notermans S, Wijtzes T, Gongora-Nieto M M, Barbosa-Canovas G V, Swanson B G, 2000, Pulsed electric fields inactivation of attached and free-living

- Escherichia coli and Listeria innocua under several conditions, International Journal of Food Microbiology, 54, 91-98.
- El-Shibiny S, Reuter H, Klobes H, Schmanke E, 1994, Properties and quality of microfiltered skimmilk, Egyptian Journal of Dairy Science, 22, 177-177.
- Elwood P C, Pickering J E, Fehily A M, 2007, Milk and dairy consumption, diabetes and the metabolic syndrome: The Caerphilly Prospective Study, Journal of Epidemiology & Community Health, 61(8), 695-698.
- Elwood P C, Pickering J E, Givens D I, Gallacher J E, 2010, The consumption of milk and dairy foods and the incidence of vascular disease and diabetes: an overview of the evidence, Lipids, 45, 925-939.
- Engberink M F, Hendriksen M A, Schouten E G, Van Rooij F J, Hofman A, Witteman J C, Geleijnse J M, 2009, Inverse association between dairy intake and hypertension: The Rotterdam Study, The American journal of clinical nutrition, 89, 1877-1883.
- Enomoto A, Nakamura K, Nagai K, Hashimoto T, & Hakoda M, 1997, Inactivation of food microorganisms by high-pressure carbon dioxide treatment with or without explosive decompression, Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 61, 1133-1137.
- Enright J B, Sadler W W, Thomas R C, 1957, Thermal inactivation of Coxiella burnetii and its relation to pasteurization of milk (No. 517), US Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service.
- Eriksson J G, 2006, Early growth, and coronary heart disease and type 2 diabetes: experiences from the Helsinki Birth Cohort Studies, International Journal of Obesity, 30, S18-S22.
- Erkmen O, 2002, Note: effects of carbon dioxide pressure on Saccharomyces cerevisiae, Food Science and Technology International, 8, 361-364.
- Erkmen O, 2003, Mathematical modeling of Saccharomyces cerevisiae inactivation under high- pressure carbon dioxide, Food/Nahrung, 47, 176-180.

- Evrendilek G A, Zhang Q H, 2005, Effects of pulse polarity and pulse delaying time on pulsed electric fields-induced pasteurization of *E. coli* O157: H7, *Journal of Food Engineering*, 68, 271-276.
- Fabroni S, Amenta M, Timpanaro N, Rapisarda P, 2010, Supercritical carbon dioxide-treated blood orange juice as a new product in the fresh fruit juice market, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 477-484.
- Farral A W, 1958, *Dairy Engineering*, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
- Fatih Ö Z, Mükerrerem Kaya, Yüksek Basınç Etkin Et Kalitesi Üzerine/Yüksek Basınç Tedavisinin Et Kalitesine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37, 249-255.
- Feller M, Huwiler K, Stephan R, Altpeter E, Shang A, Furrer H, Egger M, 2007, *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* and Crohn's disease: a systematic review and meta-analysis, *The Lancet Infectious Diseases*, 7, 607-613.
- Fernández E, Artiguez M L, de Marañón I M, Villate M, Blanco F J, Arboleya J C, 2012, Effect of pulsed-light processing on the surface and foaming properties of β -lactoglobulin, *Food Hydrocolloids*, 27, 154-160.
- Fiat A M, Migliore-Samour D, Jollès P, Drouet L, Sollier C B D, Caen J, 1993, Biologically active peptides from milk proteins with emphasis on two examples concerning antithrombotic and immunomodulating activities, *Journal of Dairy Science*, 76, 301-310.
- Fiocchi A, Brozek J, Schünemann H, Bahna S L, Von Berg A, Beyer K, Vieths S, 2010, World Allergy Organization (WAO) diagnosis and rationale for action against cow's milk allergy (DRACMA) guidelines, *World Allergy Organization Journal*, 3, 57-161.
- Fleming D W, Cochi S L, MacDonald K L, Brondum J, Hayes P S, Plikaytis B D, Reingold A L, 1985, Pasteurized milk as a vehicle of infection in an outbreak of listeriosis, *New England Journal of Medicine*, 312, 404-407.
- Flores M, Macias N, Rivera M, Lozada A, Barquera S, Rivera-Dommarco J, Tucker K L, 2010, Dietary patterns in Mexican adults are associated with risk of being overweight or obese, *The Journal of Nutrition*, 140, 1869-1873.

- Floury J, Grosset N, Leconte N, Pasco M, Madec M N, Jeantet R, 2006, Continuous raw skim milk processing by pulsed electric field at non-lethal temperature: effect on microbial inactivation and functional properties, *Le Lait*, 86, 43-57.
- Fong B Y, Norris C S, MacGibbon A K, 2007, Protein and lipid composition of bovine milk-fat-globule membrane, *International Dairy Journal*, 17, 275-288.
- Fox P F, 2003, Milk proteins: general and historical aspects, In *Advanced dairy chemistry-1 protein* (pp. 1-48), Springer, Boston, MA.
- Franco B D G D M, Landgraf M, 1996, *Microbiologia dos alimentos*.
- Franklin S S, Lopez V A, Wong N D, Mitchell G F, Larson M G, Vasan R S, Levy D, 2009, Single versus combined blood pressure components and risk for cardiovascular disease: The Framingham Heart Study. *Circulation*, 119, 243-250.
- Fridman A, Yang Y, Cho Y I, 2012, Plasma discharge in liquid: water treatment and applications.
- Fujita H, Kanazawa S, Ohtani K, Komiya A, Kaneko T, Sato T, 2014, Initiation process and propagation mechanism of positive streamer discharge in water, *Journal of Applied Physics*, 116, 213301.
- Gachovska T K, Kumar S, Thippareddi H, Subbiah J, Williams F, 2008, Ultraviolet and pulsed electric field treatments have additive effect on inactivation of *E. coli* in apple juice, *Journal of Food Science*, 73, M412-M417.
- Gachovska T, Cassada D, Subbiah J, Hanna M, Thippareddi H, Snow D, 2010, Enhanced anthocyanin extraction from red cabbage using pulsed electric field processing, *Journal of Food Science*, 75, E323-E329.
- Galbraith N S, Forbes P, Clifford C, 1982, Communicable disease associated with milk and dairy products in England and Wales 1951-80, *Br Med J (Clin Res Ed)*, 284, 1761-1765.
- Gao D, Ning N, Wang C, Wang Y, Li Q, Meng Z, Li, Q, 2013, Dairy products consumption and risk of type 2 diabetes: systematic review and dose-response meta-analysis, *PloS one*, 8, e73965.

- Gao S, Hemar Y, Lewis G D, Ashokkumar M, 2014, Inactivation of *Enterobacter aerogenes* in reconstituted skim milk by high-and low-frequency ultrasound, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 2099-2106.
- Garcia-Gonzalez L, Geeraerd H, Spilimbergo S, Elst K, Van Ginneken L, Debever, J, Devlieghere F, 2007, High pressure carbon dioxide inactivation of microorganisms in foods: the past, the present and the future, *International Journal of Food Microbiology*, 117, 1-28.
- Gaucheron F, 2011, Milk and dairy products: a unique micronutrient combination. *Journal of the American College of Nutrition*, 30, 400S-409S.
- Gaze J, 2005, A review: microbiological aspects of thermally processed foods, *J Appl Microbiol* 98:1381–6.
- Ge H, Li H, Mei S, Liu J, 2013, Low melting point liquid metal as a new class of phase change material: An emerging frontier in energy area, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 331-346.
- Gehardt S E, Thomas R G, 2006, *Nutritive Value of Foods*. United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service. Home and Garden Bulletin, (72).
- Gerber N, Wieske P, 1903, Pasteurisation des flacons dans l'agrandeindustrie (pasteurisation avec agitation), *Revue Generale du Lait*, 2, 167-177.
- Gibson R A, Makrides M, Smithers L G, Voevodin M, Sinclair A J, 2009, The effect of dairy foods on CHD: a systematic review of prospective cohort studies, *British Journal of Nutrition*, 102, 1267-1275.
- Gillespie, I A, Adak G K, O'brien S J, Bolton F J, 2003, Milkborne general outbreaks of infectious intestinal disease, England, and Wales, 1992–2000. *Epidemiology & Infection*, 130, 461-468.
- Ginsau M A, 2015, High pressure processing: a novel food preservation technique, *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 9, 109-113.
- Godden S, 2008, Colostrum management for dairy calves, *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24, 19-39.

- Godden S M, Lombard J E, Woolums A R, 2019, Colostrum management for dairy calves, *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 35, 535-556.
- Golian J, Nagyová Ľ, Andocsová A, Zajác P, Palkovič J, 2018, Food safety from consumer perspective: *Health Safety, Potravinarstvo*, 12.
- Gómez- López V M, Devlieghere F, Bonduelle V, Debevere J, 2005, Factors affecting the inactivation of micro- organisms by intense light pulses, *Journal of Applied Microbiology*, 99, 460-470.
- Góngora-Nieto M M, Sepúlveda D R, Pedrow P, Barbosa-Cánovas G V, Swanson B G, 2002, Food processing by pulsed electric fields: Treatment delivery, inactivation level, and regulatory aspects, *LWT-Food Science and Technology*, 35, 375-388.
- González-Chávez S A, Arévalo-Gallegos, S, Rascón-Cruz Q, 2009, Lactoferrin: structure, function and application, *International Journal of Antimicrobial Agents*, 33, 301.
- Góral M, Pankiewicz U, 2017, Effect of pulsed electric fields (PEF) on accumulation of magnesium in *Lactobacillus rhamnosus* B 442 cells, *The Journal of Membrane Biology*, 250, 565-572.
- Goyal A, Sharma V, Upadhyay N, Sihag M, Kaushik R, 2013, High pressure processing and its impact on milk proteins: A review. *Journal of Dairy Science and Technology*, 2, 2319-3409.
- Griffiths M W, 2010, Milk production and processing In *Improving the safety and quality of milk*, Vol. 1. (p. 520). Guelph: Woodhead Publishing Limited.
- Guimarães J T, Scudino H, Ramos G L, Oliveira G A, Margalho L P, Costa L E, Cruz A G, 2021, Current applications of high-intensity ultrasound with microbial inactivation or stimulation purposes in dairy products, *Current Opinion in Food Science*, 42, 140-147.
- Guimarães J T, Silva E K, Alvarenga V O, Costa A L R, Cunha R L, Sant'Ana A S, Cruz A G, 2018, Physicochemical changes and microbial inactivation after high-intensity ultrasound processing of prebiotic whey beverage applying different ultrasonic power levels, *Ultrasonics Sonochemistry*, 44, 251-260.

- Gunes G, Blum L. K., Hotchkiss, J. H. (2005). Inactivation of yeasts in grape juice using a continuous dense phase carbon dioxide processing system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2362-2368.
- Hajós G Y, Polgár M, Farkas J, 2004, High-pressure effects on IgE immunoreactivity of proteins in a sausage batter, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5, 443-449.
- Halkman K, 2005, *Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları*, Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd. Şti. Ankara.
- Hall C W, Trout G M, 1968, Milk pasteurization.
- Hashisaka A E, Einstein M A, Rasco B A, Hungate F P, Dong F M, 1990, Sensory Analysis of Dairy Products irradiated with Cobalt- 60 at– 78° C. *Journal of Food Science*, 55, 404-408.
- Haug A, Høstmark A T, Harstad O M, 2007, Bovine milk in human nutrition—a review, *Lipids in Health and Disease*, 6, 1-16.
- Hayashi Y, Takada N, Kanda H, Goto M, 2017, Hydrogen peroxide formation by electric discharge with fine bubbles. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 37, 125-135.
- Özlü H, Atasever M, *Gıdalara Yüksek Basınç Uygulaması*, Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 2.
- He T, Priebe M G, Harmsen H J, Stellaard F, Sun X, Welling G W, Vonk R J, 2006, Colonic fermentation may play a role in lactose intolerance in humans, *The Journal of Nutrition*, 136, 58-63.
- He T, Venema K, Priebe M G, Welling G W, Brummer R. J, Vonk R J, 2008, The role of colonic metabolism in lactose intolerance, *European Journal of Clinical Investigation*, 38, 541-547.
- Headrick M L, Korang S, Bean N H, Angulo F J, Altekruse S F, Potter M E, Klontz K C, 1998, The epidemiology of raw milk-associated foodborne disease outbreaks reported in the United States, 1973 through 1992, *American journal of Public Health*, 88, 1219-1221.

- Heinz V, Buckow R, 2010, Food preservation by high pressure *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5, 73-81.
- Hemar Y, Augustin M A, Cheng L J, Sanguansri P, Swiergon P, Wan J, 2011, The effect of pulsed electric field processing on particle size and viscosity of milk and milk concentrates, *Milchwissenschaft-Milk Science International*, 66, 126.
- Henningsson M, Östergren K, Dejmek P, 2005, The Electrical conductivity of milk the effect of dilution and temperature, *International Journal of Food Properties*, 8, 15-22.
- Heo YS, Yim DG, Baek KH, Kang T, Lee YE, Kim J, Choe W, Jo C, 2021. Effect of Inkjet Printed Flexible Dielectric Barrier Discharge Plasma on Reduction of Pathogen and Quality Changes on sliced cheese. *LWT FOOD Science and Technology* 143,1-8.
- Hernández-Hernández H M, Moreno-Vilet L, Villanueva-Rodríguez S J, 2019, Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58, 102233.
- Hertzler S R, & Savaiano D A, 1996, Colonic adaptation to daily lactose feeding in lactose maldigesters reduces lactose intolerance, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 232-236.
- Holsinger, V H, Rajkowski K T, Stabel J R, 1997, Milk pasteurisation and safety: a brief history and update. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 16, 441-466.
- Holt C, Carver J A, Ecroyd H, Thorn D C, 2013, Invited review: Caseins and the casein micelle: Their biological functions, structures, and behavior in foods, *Journal of Dairy Science*, 96, 6127-6146.
- Hoppe C, Mølgaard C, Michaelsen K F, 2006, Cow's milk and linear growth in industrialized and developing countries, *Annu. Rev. Nutr.*, 26, 131-173.
- Horikoshi S, Serpone N, 2017, In-liquid plasma: A novel tool in the fabrication of nanomaterials and in the treatment of wastewaters, *RSC Advances*, 7, 47196-47218.

- Huang G, Chen S, Tang Y, Dai C, Sun L, Ma H, He R, 2019, Stimulation of low intensity ultrasound on fermentation of skim milk medium for yield of yoghurt peptides by *Lactobacillus paracasei*, *Ultrasonics Sonochemistry*, 51, 315-324.
- Huang H W, Hsu C P, Wang C Y, 2020, Healthy expectations of high hydrostatic pressure treatment in food processing industry, *ournal of Food and Drug Analysis*, 28, 1-13.
- Huang H W, Lung H M, Yang B B, Wang C Y, 2014, Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing, *Food Control*, 40, 250-259.
- Hülshager H, Potel J, Niemann E G, 1981, Killing of bacteria with electric pulses of high field strength, *Radiation and Environmental Biophysics*, 20, 53-65.
- Hunt J R, Johnson L K, Fariba Roughead Z K, 2009, Dietary protein and calcium interact to influence calcium retention: a controlled feeding study, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 1357-1365.
- Huppertz T, Kelly Al, Fox Pf, 2008, Milk fat production', in Tamime AT (ed.), *Dairy Fat and Related Products*, London, Blackwell Academic (in press).
- Huppertz T, Kelly Al, 2006, Physical chemistry of milk fat globules, in Fox PF and McSweeney PLH (eds), *Advanced Dairy Chemistry 2 (Lipids)*, 3rd edn, New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 173±212.
- Hutchinson D N, Bolton F J, Hinchliffe P M, Dawkins H C, Horsley S D, Jessop E G, Counter D E, 1985, Evidence of udder excretion of *Campylobacter jejuni* as the cause of milk-borne campylobacter outbreak, *Epidemiology & Infection*, 94, 205-215.
- Huth P J, DiRienzo D B, Miller G D, 2006. Major scientific advances with dairy foods in nutrition and health, *Journal of Dairy Science*, 89, 1207-1221.
- Icier F, Bozkurt H, 2011, Ohmic heating of liquid whole egg: Rheological behaviour and fluid dynamics, *Food and Bioprocess Technology*, 4, 1253-1263.
- Icier F, Tavman S, 2006, Ohmic heating behaviour and rheological properties of ice cream mixes, *International Journal of Food Properties*, 9, 679-689.

- Insel P, Turner E, Ross D, 2003, Nutrition. 2nd ed. Jones and Bartlett Publishers p. Jones and Bartlett Publishers.
- Iqbal A, Murtaza A, Hu W, Ahmad I, Ahmed A, Xu X 2019, Activation and inactivation mechanisms of polyphenol oxidase during thermal and non-thermal methods of food processing, Food and Bioproducts Processing, 117, 170-182.
- Isenschmid A, Marison I W, Von Stockar U, 1995, The influence of pressure and temperature of compressed CO₂ on the survival of yeast cells, Journal of Biotechnology, 39, 229-237.
- Jandal J M, 1996, Comparative aspects of goat and sheep milk, Small Ruminant Research, 22, 177-185.
- Jang H D, Swaisgood H E, 1990, Disulfide bond formation between thermally denatured β -lactoglobulin and κ -casein in casein micelles, Journal of Dairy Science, 73, 900-904.
- Jauhiainen T, Korpela R, 2007, Milk peptides and blood pressure, the Journal of Nutrition, 137, 825S-829S.
- Jayaram S, Castle G S P, Margaritis A, 1991, Effects of high electric field pulses on *Lactobacillus brevis* at elevated temperatures, In Conference Record of the 1991 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (pp. 674-681).
- Jayaram S, Castle G S P, Margaritis A 1992, Kinetics of sterilization of *Lactobacillus brevis* cells by the application of high voltage pulses, Biotechnology and Bioengineering, 40, 1412-1420.
- Jensen R G, 2002, The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000, Journal of Dairy Science, 85, 295-350.
- Jenssen H, Hancoc R E, 2009, Antimicrobial properties of lactoferrin, Biochimie, 91, 19-29.
- Jiang B, Zheng J, Qiu S, Wu M, Zhang Q, Yan Z, Xue Q, 2014, Review on electrical discharge plasma technology for wastewater remediation, Chemical Engineering Journal, 236, 348-368.

- Jin T, Zhang H, Hermawan N, Dantzer W, 2009, Effects of pH and temperature on inactivation of *Salmonella typhimurium* DT104 in liquid whole egg by pulsed electric fields, *International Journal of Food Science & Technology*, 44, 367-372.
- Johansson I, Holgerson P L, 2011, Milk and oral health, *Milk, and Milk Products in Human Nutrition*, 67, 55-66.
- Joint FAO, 2010, Who expert Consultation on Fats and Fatty Acids in human nutrition, Fat, and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation, Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.
- Jørgensen H J, Mathisen T, Løvseth A, Omoe K, Qvale K S, Loncarevic S, 2005, An outbreak of staphylococcal food poisoning caused by enterotoxin H in mashed potato made with raw milk, *FEMS Microbiology Letters*, 252, 267-272.
- Kalač P, Samková E, 2010, The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review, *Czech Journal of Animal Science*, 55, 521-537.
- Kalliomäki M, Antoine J M, Herz U, Rijkers G T, Wells J M, Mercenier A, 2010, Guidance for substantiating the evidence for beneficial effects of probiotics: prevention and management of allergic diseases by probiotics, *The Journal of Nutrition*, 140, 713S-721S.
- Kanar A, Şahan N 1989, UHT Sütte Değişmeler ve Sorunlar, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 611-615.
- Kaneko S, Mele P, Endo T, Tsuchiya T, Tanaka K, Yoshimura M, Hui D, 2017, Carbon-related materials in recognition of nobel lectures by Prof. Akira Suzuki in ICCE. Springer.
- Kang J, Li O L, Saito N, 2013, Synthesis of structure-controlled carbon nano spheres by solution plasma process, *Carbon*, 60, 292-298.
- Keçeci D, 2021, Çözelti plazma sistemi ile altın nanoparçacık sentezi (master's thesis).
- Keenan T W, Patton S, 1995, The structure of milk: Implications for sampling and storage: A. The milk lipid globule membrane, In *Handbook of Milk Composition* (pp. 5-50), Academic Press.

- Kells H R, Lear S A, 1960, Thermal death time curve of *Mycobacterium tuberculosis* bovis in artificially infected milk, *Applied Microbiology*, 8, 234-236.
- Keresteš J, Golian J, Kubek A, Strapák P, Turjanica I, Schmidt Š, Boroš V, 2016, Milk in Human Nutrition.
- Keyser M, Müller I A, Cilliers F P, Nel W, Gouws P A, 2008, Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9, 348-354.
- Khanal S N, Anand S, Muthukumarappan K, Huegli M, 2014, Inactivation of thermotolerant aerobic sporeformers in milk by ultrasonication, *Food Control*, 37, 232-239.
- Kiermeier F, Lechner E, 1973, *Milch und Milcherzeugnisse: mit 141 Tab. Parey*.
- Kim H J, Han I J, Choi J I, Song B S, Kim J H, Ham J S, Lee J W, 2008, Physicochemical and sensory characteristics of vanilla ice cream treated by gamma irradiation, *Food Science of Animal Resources*, 28, 69-75.
- Kim H J, Jang A, Ham J S, Jeong S G, Ahn J N, Byun M W, Jo C, 2007, Development of ice cream with improved microbiological safety and acceptable organoleptic quality using irradiation, *Journal of Animal Science and Technology*, 49, 515-522.
- Kim S G, Kim E H, Lafferty C J, Dubovi E, 2005, *Coxiella burnetii* in bulk tank milk samples, United States. *Emerging Infectious Diseases*, 11, 619.
- Kim S H, Kim W K, Kang M H, 2013, Effect of milk and milk products consumption on physical growth and bone mineral density in Korean adolescents, *Nutrition Research and Practice*, 7, 309-314.
- Kırdar S, 2001, *Süt ve Ürünleri Analiz Metodları, Uygulama Klavuzu, Süt Yayınları Süleyman Demirel Üniversitesi*.
- Kirii K, Iso H, Date C, Fukui M, Tamakoshi A, JACC Study Group, 2010, Magnesium intake and risk of self-reported type 2 diabetes among Japanese, *Journal of the American College of Nutrition*, 29, 99-106.
- Koburger J A, Marth E H, 1984, Yeast and Moulds. In: Speck, M L, *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA)*, Washington USA, 197-201.

- Koubaa M, Roohinejad S, Mungure T E, Mallikarjunan P, 2019, Effect of emerging processing technologies on maillard reactions, In Encyclopedia of Food Chemistry (pp. 76–82).
- Koutchma T, 2009, Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods, Food and Bioprocess Technology, 2, 138-155.
- Kratz M, Baars T, Guyenet S, 2013, The relationship between high-fat dairy consumption and obesity, cardiovascular, and metabolic disease, European Journal of Nutrition, 52, 1-24.
- Krishnamurthy K, Demirci A, Irudayaraj J M, 2007, Inactivation of Staphylococcus aureus in milk using flow- through pulsed UV- light treatment system, Journal of Food Science, 72, M233-M239.
- Krishnan A V, Feldman D, 2011, Mechanisms of the anti-cancer and anti-inflammatory actions of vitamin D, Annual Review of Pharmacology and Toxicology, 51, 311-336.
- Kubicová L, Predanocyová K, Kádeková Z, 2019, The importance of milk and dairy products consumption as a part of rational nutrition, Potravinarstvo, 13.
- Kwak H S, Lee W J, Lee M R, 2012, Revisiting lactose as an enhancer of calcium absorption, International Dairy Journal, 2, 147-151.
- Lam H Y, Van Hoffen E, Michelsen A, Guikers K, Van Der Tas C H W, Bruijnzeel Koomen C A F M, Knulst A C, 2008, Cow's milk allergy in adults is rare but severe: both casein and whey proteins are involved, Clinical & Experimental Allergy, 38, 995-1002.
- Langendorf S, Walker M, 2015, Effect of secondary electron emission on the plasma sheath, Physics of Plasmas, 22, 033515.
- Langer A J, Ayers T, Grass J, Lynch M, Angulo F J, Mahon B E, 2012, Nonpasteurized dairy products, disease outbreaks, and state laws, United States, 1993–2006, Emerging Infectious Diseases, 18, 385.
- Langmuir I, 1928, Oscillations in ionized gases, Proceedings of the National Academy of Sciences, 14, 627-637.

- Larsson S C, Bergkvist L, Wolk A, 2005, High-fat dairy food and conjugated linoleic acid intakes in relation to colorectal cancer incidence in the Swedish Mammography Cohort, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82, 894-900.
- Larsson S C, Virtamo J, Wolk A, 2012, Dairy consumption and risk of stroke in Swedish women and men, *Stroke*, 43, 1775-1780.
- Lasagabaster A, Arbolea J C, De Marañon I M, 2011, Pulsed light technology for surface decontamination of eggs: Impact on *Salmonella* inactivation and egg quality, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12, 124-128.
- Lebovka N I, Praporscic I, Ghnimi S, Vorobiev E, 2005, Does electroporation occur during the ohmic heating of food, *Journal of Food Science*, 70, E308-E311.
- Lee J W, Kim J H, Kim J H, Oh S H, Seo J H, Kim C J, Byun M W, 2005, Application of gamma irradiation for the microbiological safety of fried-frozen cheese ball, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 34, 729-733.
- Lee M B, Middleton D, 2003, Enteric illness in Ontario, Canada, from 1997 to 2001, *Journal of Food Protection*, 66, 953-961.
- Leerbeck E, Søndergaard H, 1980, The total content of vitamin D in human milk and cow's milk, *British Journal of nutrition*, 44, 7-12.
- Lewis T J, 1994, Basic electrical processes in dielectric liquids, *IEEE transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 1, 630-643.
- Li O L, Lee H, Ishizaki T, 2017, Recent progress in solution plasma-synthesized-carbon-supported catalysts for energy conversion systems, *Japanese Journal of Applied Physics*, 57, 0102A2.
- Li X, Farid M, 2016, A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies, *Journal of Food Engineering*, 182, 33-45.
- Liao X, Liu D, Xiang Q, Ahn J, Chen S, Ye X, Ding T, 2017, Inactivation Mechanisms of Non- Thermal Plasma on Microbes: A Review, *Food Control* 75, 83-91
- Lind L, Reeser J, Stayman K, Deasy M, Moll M, Weltman A, Chen T, 2008, *Salmonella* Typhimurium infection associated with raw milk and cheese consumption-

- Pennsylvania, 2007, Reprinted from MMWR, vol 56, pg 1161-1164, Jama-Journal of The American Medical Association, 299, 402-404.
- Lindmark Månsson H, 2008, Fatty acids in bovine milk fat, Food & Nutrition Research, 52, 1821.
- Lindmark-Månsson H, Fondén R, Pettersson H E, 2003, Composition of Swedish dairy milk, International Dairy Journal, 13, 409-425.
- Linton M, McClements J M J, Patterson M F, 2004, Changes in the microbiological quality of vacuum-packaged, minced chicken treated with high hydrostatic pressure, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 5, 151-159.
- Lira W M, Macedo C, Marin J M, 2004, The incidence of Shiga toxin- producing Escherichia coli in cattle with mastitis in Brazil, Journal of Applied microbiology, 97, 861-866.
- Little E M, Holt C, 2004, An equilibrium thermodynamic model of the sequestration of calcium phosphate by casein phosphopeptides, European Biophysics Journal, 33, 435-447.
- Liu D, Yu Y, Zhang J, Liu X, Wang M, Hemar Y, Zhou P, 2017, Biochemical and physico-chemical changes of skim milk during acidification with glucono- δ -lactone and hydrogen chloride, Food Hydrocolloids, 66, 99-109.
- Liu Y, Guo R, 2008, pH-dependent structures and properties of casein micelles, Biophysical Chemistry, 136, 67-73.
- Locke B R, Sato M, Sunka P, Hoffmann M R, Chang J S, 2006, Electrohydraulic discharge and nonthermal plasma for water treatment, Industrial & Engineering Chemistry Research, 45, 882-905.
- Lomer M C, Parkes G C, Sanderson J D, 2008, lactose intolerance in clinical practice—myths and realities, Alimentary Pharmacology & Therapeutics, 27, 93-103.
- Lophatananon A, Archer J, Easton D, Pocock R, Dearnaley D, Guy M, British Association of Urological Surgeons' Section of Oncology, 2010, Dietary fat and early-onset prostate cancer risk. British Journal of Nutrition, 103, 1375-1380.

- Lorenzen P C, Clawin- Rädcker I N G R I D, Einhoff K, Hammer P, Hartmann R, Hoffmann W, Devrese M, 2011, A survey of the quality of extended shelf life (ESL) milk in relation to HTST and UHT milk, *International Journal of Dairy Technology*, 64, 166-178.
- Lund B M, O'Brien S J, 2011, The occurrence and prevention of foodborne disease in vulnerable people, *Foodborne Pathogens, and Disease*, 8, 961-973.
- Madec M N, Mejean S, Maubois J L, 1992, Retention of *Listeria* and *Salmonella* cells contaminating skim milk by tangential membrane microfiltration Bactocatch process, *Le Lait*, 72, 327-332.
- Magnusson J M, Collins A L, Wirz R E, 2020, Polyatomic ion-induced electron emission (IIEE) in electrospray thrusters, *Aerospace*, 7, 153.
- Maksimov A I, 2004, Vacuum-plasma and plasma-solution modification of macromolecular compounds, Potentials and limitations, *Fibre Chemistry*, 36, 333-337.
- Malik M A, Ghaffar A, Malik S A, 2001, Water purification by electrical discharges, *Plasma Sources Science and Technology*, 10, 82.
- Mamede A C, Tavares S D, Abrantes A M, Trindade J, Maia J M, Botelho M F, 2011, The role of vitamins in cancer: a review, *Nutrition, and Cancer*, 63, 479-494.
- Manas P, Pagán R, 2005, Microbial inactivation by new technologies of food preservation, *Journal of Applied Microbiology*, 98, 1387-1399.
- Manoi K, Rizvi S S, 2008, Rheological characterizations of texturized whey protein concentrate-based powders produced by reactive supercritical fluid extrusion, *Food Research International*, 41, 786-796.
- Mao Q Q, Dai Y, Lin Y W, Qin J, Xie L P, Zheng X Y, 2011, Milk consumption and bladder cancer risk: a meta-analysis of published epidemiological studies, *Nutrition, and Cancer*, 63, 1263-1271.
- Marchesini G, Fasolato L, Novelli E, Balzan S, Contiero B, Montemurro F, Segato S, 2015, Ultrasonic inactivation of microorganisms: a compromise between lethal

- capacity and sensory quality of milk, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 215-221.
- Marra F, Zhang L, Lyng J G, 2009, Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances *Journal of Food Engineering*, 91, 497-508.
- Martin O, Qin B L, Chang F J, Barbosa- Cánovas G V, Swanson B G, 1997, Inactivation of *Escherichia coli* in skim milk by high intensity pulsed electric fields, *Journal of Food Process Engineering*, 20, 317-336.
- Matak K E, Churey J J, Worobo R W, Sumner S S, Hovingh E, Hackney C R, Pierson M D, 2005, Efficacy of UV light for the reduction of *Listeria monocytogenes* in goat's milk, *Journal of Food Protection*, 68, 2212-2216.
- Matthews S B, Waud J P, Roberts A G, Campbell A K, 2005, Systemic lactose intolerance: a new perspective on an old problem, *Postgraduate Medical Journal*, 81, 167-173.
- McAuley C M, Singh T K, Haro-Maza J F, Williams R, Buckow R, 2016, Microbiological and physicochemical stability of raw, pasteurised or pulsed electric field-treated milk, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, 365-373.
- McGann T C A, Buchheim W, Kearney R D, Richardson T, 1983, Composition and ultrastructure of calcium phosphate-citrate complexes in bovine milk systems, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 760, 415-420.
- McHugh M A, Krukonis V, 1990, Supercritical fluid extraction, *Biotechnology and Food Process Engineering*, 203-212.
- McIntosh G, Roupas P, Royle P, 2006, Cheese, omega-3 fatty acids, conjugated linoleic acid and human health, *Australian Journal of Dairy Technology*, 61, 142.
- McKinnon I R, Yap S E, Augustin M A, Hemar Y, 2009, Diffusing-wave spectroscopy investigation of heated reconstituted skim milks containing calcium chloride, *Food Hydrocolloids*, 23, 1127-1133.
- Metin M, 2001, *Süt Teknolojisi, Sütün Bileşimi ve İşlenmesi*, genişletilmiş 4. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 802s.

- Metin M, Öztürk G F, 2008, Süt ve mamülleri analiz yöntemleri, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Michaelidou A M, 2008, Factors influencing nutritional and health profile of milk and milk products, *Small Ruminant Research*, 79, 42-50.
- Michalac S, Alvarez V T J I, Ji T, Zhang Q H, 2003, Inactivation of selected microorganisms and properties of pulsed electric field processed milk, *Journal of Food Processing and Preservation*, 27, 137-151.
- Michalski M C, Cariou R, Michel F, Garnier C, 2002, Native vs. damaged milk fat globules: membrane properties affect the viscoelasticity of milk gels, *Journal of Dairy Science*, 85, 2451-2461.
- Miller D D, Welch R M, 2013, Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition, *Food Policy*, 42, 115-128.
- Miller R V, Jeffrey W, Mitchell D, Elasri M, 1999, Bacterial responses to ultraviolet light, *ASM News-American Society for Microbiology*, 65, 535-541.
- Mills S, Ross R P, Hill C, Fitzgerald G F, Stanton C, 2011, Milk intelligence: Mining milk for bioactive substances associated with human health, *International Dairy Journal*, 21, 377-401.
- Miron C, Bratescu M A, Saito N, Takai O, 2010, Time-resolved optical emission spectroscopy in water electrical discharges, *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 30, 619-631.
- Miron C, Bratescu M A, Saito N, Takai O, 2011, Optical diagnostic of bipolar electrical discharges in HCl, KCl, and KOH solutions, *Journal of Applied Physics*, 109, 123301.
- Moerman F, Mertens B, Demey L, Huyghebaert A, 2001, Reduction of *Bacillus subtilis*, *Bacillus stearothermophilus* and *Streptococcus faecalis* in meat batters by temperature-high hydrostatic pressure pasteurization, *Meat Science*, 59, 115-125.
- Mohamad A, Shah N N A K, Sulaiman A, Mohd Adzahan N, Aadil R M, 2020, Impact of the pulsed electric field on physicochemical properties, fatty acid profiling, and

- metal migration of goat milk, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14940.
- Mokdad A H, Bowman B A, Ford E S, Vinicor F, Marks J S, Koplan J P, 2001, The continuing epidemics of obesity and diabetes in the United States, *Jama*, 286, 1195-1200.
- Moro A, Gatti C, Delorenzi N, 2001, Hydrophobicity of whey protein concentrates measured by fluorescence quenching and its relation with surface functional properties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4784-4789.
- Morren J, Roodenburg B, de Haan S W, 2003, Electrochemical reactions and electrode corrosion in pulsed electric field (PEF) treatment chambers, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4, 285-295.
- Mújica-Paz H, Valdez-Fragoso A, Samson C T, Welte-Chanes J, Torres J A, 2011, High-pressure processing technologies for the pasteurization and sterilization of foods, *Food and Bioprocess Technology*, 4, 969-985.
- Muljana H, Picchioni F, Heeres H J, Janssen L P, 2009, Supercritical carbon dioxide (scCO₂) induced gelatinization of potato starch, *Carbohydrate Polymers*, 78, 511-519.
- Murphy N, Norat T, Ferrari P, Jenab M, Bueno-de-Mesquita B, Skeie G, Riboli E, 2013, Consumption of dairy products and colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC), *PloS one*, 8.
- Mussa D M, Ramaswamy H S, Smith J P, 1998, High pressure (HP) destruction kinetics of *Listeria monocytogenes* Scott A in raw milk, *Food Research International*, 31, 343-350.
- Naik L, Sharma R, Rajput Y S, Manju G, 2013, Application of high-pressure processing technology for dairy food preservation-future perspective: A review, *Journal of Animal Production Advances*, 3, 232-241.
- Nakamura K, Enomoto A, Fukushima H, Nagai K, Hakoda M, 1994, Disruption of microbial cells by the flash discharge of high-pressure carbon dioxide, *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 58, 1297-1301.

- Namihira T, Sakai S, Yamaguchi T, Yamamoto K., Yamada C, Kiyan T, Akiyama H, 2007, Electron temperature and electron density of underwater pulsed discharge plasma produced by solid-state pulsed-power generator, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 35, 614-618.
- Needs E C, Stenning R A, Gill A L, Ferragut V, Rich G T, 2000, High-pressure treatment of milk: effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation, *Journal of Dairy Research*, 67, 31-42.
- Neville M C, Jensen R G, 1995, The physical properties of human and bovine milk, In JensenRG, editor, *Handbook of milk composition*, San Diego, Calif.: Academic Press. p81–5.
- Nicklas T A, O'Neil C E, Fulgoni III V L, 2009, The role of dairy in meeting the recommendations for shortfall nutrients in the American diet, *Journal of the American College of Nutrition*, 28, 73S-81S.
- Nominé A V, Gries T, Noel C, Nominé A, Milichko V, Belmonte T, 2021, Synthesis of nanomaterials by electrode erosion using discharges in liquids, *Journal of Applied Physics*, 130, 151101.
- North C E, 1925, Development of pasteurization. In *Commercial pasteurization, Part I*. United States Public Health Service, Public Health Bulletin No. 147, Washington, DC, 20-39.
- North C E, Park W H, B, 1927, Standards for Milk Pasteurization, *American Journal of Hygiene*, 147-73.
- Oberg C J, Merrill R K, Moyes L V, Brown R J, Richardson G H, 1991, Effects of *Lactobacillus helveticus* culture on physical properties of Mozzarella cheese, *Journal of Dairy Science*, 74, 4101-4107.
- Oliver S P, Boor K J, Murphy S C, & Murinda S E, 2009, Food safety hazards associated with consumption of raw milk, Foodborne pathogens, and disease, 6(7), 793-806.
- Oliver S P, Jayarao B M, Almeida R A, 2005, Foodborne pathogens in milk and the dairy farm environment: food safety and public health implications, *Foodborne Pathogens & Disease*, 2, 115-129.

- Oms-Oliu G, Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny R, 2010, Pulsed light treatments for food preservation, A review, *Food and Bioprocess Technology*, 3, 13-23.
- Orlowska M, Koutchma T, Kostrzynska M, Tang J, Defelice C, 2014, Evaluation of mixing flow conditions to inactivate *Escherichia coli* in opaque liquids using pilot-scale Taylor–Couette UV unit, *Journal of Food Engineering*, 120, 100-109.
- Østdal H, Andersen H J, Nielsen J H, 2000, Antioxidative activity of urate in bovine milk, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5588-5592.
- Oysun G, 1987, Süt Kimyasi ve Biyokimyasi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayinlari, Yayin, (18).
- Oysun G, Süt Ürünlerinde Analiz Yöntemleri Fermantasyon 7 Ay Süre, Ege Üniversitesi Yayınları, 1991, İzmir.
- Özcan T, Kurtuldu O, 2011, Sütün raf ömrünün uzatılmasında alternatif yöntemler, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25, 119-129.
- Pagnossa J P, Rocchetti G, Ribeiro A C, Piccoli R H, Lucini L, 2020, Ultrasound: Beneficial biotechnological aspects on microorganisms-mediated processes, *Current Opinion in Food Science*, 31, 24-30.
- Pal M, Desta A, Worldemariam T, Karanfil O, Use of High-Pressure Technology on Milk and Milk Products.
- Pankiewicz U, Jamroz J, 2010, Effect of pulsed electric fields upon accumulation of magnesium in *Saccharomyces cerevisiae*, *European Food Research and Technology*, 231, 663-668.
- Panomsuwan G, Saito N, Ishizaki T, 2016, Electrocatalytic oxygen reduction on nitrogen-doped carbon nanoparticles derived from cyano-aromatic molecules via a solution plasma approach, *Carbon*, 98, 411-420.
- Parekh S L, Aparnathi K D, Sreeja V, 2017, High pressure processing: A potential technology for processing and preservation of dairy foods, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6, 3526-3535.
- Park Y W, Juárez M, Ramos M, Haenlein G F W, 2007, Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk, *Small Ruminant Research*, 68, 88-113.

- Park Y, Leitzmann M F, Subar A F, Hollenbeck A, Schatzkin A, 2009, Dairy food, calcium, and risk of cancer in the NIH-AARP Diet and Health Study, *Archives of Internal Medicine*, 169, 391-401.
- Parodi P W, 2005, Dairy product consumption and the risk of breast cancer, *Journal of the American College of Nutrition*, 24, 556S-568S.
- Parodi P W, 2007, A role for milk proteins and their peptides in cancer prevention, *Current Pharmaceutical Design*, 13, 813-828.
- Parodi P W, 2009, Dairy product consumption and the risk of prostate cancer, *International Dairy Journal*, 19, 551-565.
- Patel A, Zhan Y, 2012, Vitamin d in cardiovascular disease, *International Journal of Preventive Medicine*, 3, 664.
- Patterson M F, Kilpatrick D J, 1998, The combined effect of high hydrostatic pressure and mild heat on inactivation of pathogens in milk and poultry, *Journal of Food Protection*, 61, 432-436.
- Pedersen P J, 1992, Microfiltration for the Reduction of Bacteria in Milk and Brine, *New Applications of Membrane Processes. International Dairy Federation Special Issue 9201*, 33-50.
- Pegram T R, 1991, Public health and progressive dairying in Illinois, *Agricultural History*, 65(1), 36-50.
- Penchalaraju M, Shireesha B, 2013, Preservation of foods by high-pressure processing-a review, *Ind. J Sci. Res. Tech*, 1, 30-38.
- Pereda J, Ferragut V, Quevedo J M, Guamis B, Trujillo A J, 2007, Effects of ultra-high-pressure homogenization on microbial and physicochemical shelf life of milk, *Journal of Dairy Science*, 90, 1081-1093.
- Pereira P C, 2014, Milk nutritional composition and its role in human health, *Nutrition*, 30, 619-627.
- Perez O E, Pilosof A M, 2004, Pulsed electric fields effects on the molecular structure and gelation of β -lactoglobulin concentrate and egg white, *Food Research International*, 37, 102-110.

- Phelan M, Aherne A, FitzGerald R J, O'Brien N M, 2009, Casein-derived bioactive peptides: Biological effects, industrial uses, safety aspects and regulatory status, *International Dairy Journal*, 19, 643-654.
- Politis I, Chronopoulou R, 2008, Milk peptides and immune response in the neonate, *Bioactive Components of Milk*, 253-269.
- Popkin B M, Horton S, 2015, The nutrition transition and prevention of diet-related chronic diseases in Asia and the Pacific.
- Popović-Vranješ A, Popović M, Jevtić M, 2015, Raw milk consumption and health, *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo*, 143, 87-92.
- Qin L Q, He K, Xu J Y, 2009, Milk consumption and circulating insulin-like growth factor -I level: a systematic literature review, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, 330-340.
- Qin L Q, Xu J Y, Wang P Y, Kaneko T, Hoshi K, Sato A, 2004, Milk consumption is a risk factor for prostate cancer: meta-analysis of case-control studies, *Nutrition, and Cancer*, 48, 22-27.
- Ramaswamy H S, Jin H, Zhu S, 2009, Effects of fat, casein, and lactose on high-pressure destruction of *Escherichia coli* K12 (ATCC-29055) in milk, *Food and Bioprocess Technology*, 87, 1-6.
- Ramaswamy H S, Riahi E, Idziak E, 2003, High- pressure destruction kinetics of *E. coli* in apple juice, *Journal of Food Science*, 68, 1750-1756.
- Ramaswamy H, Tang J, 2008, Microwave and radio frequency heating, *Food Science and Technology International*, 14, 423-427.
- Raso J, Calderón M L, Góngora M, Barbosa-Cánovas G, Swanson B G, 1998, Inactivation of mold ascospores and conidiospores suspended in fruit juices by pulsed electric fields, *LWT-Food Science and Technology*, 31, 668-672.
- Reina L D, Jin Z T, Zhang Q H, Yousef A E, 1998, Inactivation of *Listeria monocytogenes* in milk by pulsed electric field, *Journal of Food Protection*, 61, 1203-1206.

- Reinemann D J, Gouws P, Cilliers T, Houck K, Bishop J R, 2006, New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality, In 2006 ASAE Annual Meeting, American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Reinhardt T A, Lippolis J D, 2006, Bovine milk fat globule membrane proteome, *Journal of Dairy Research*, 73, 406-416.
- Reyns K M, Diels A M, Michiels C W, 2004, Generation of bactericidal and mutagenic components by pulsed electric field treatment, *International Journal of Food Microbiology*, 93, 165-173.
- Rezaei F, Vanraes P, Nikiforov A, Morent R, De Geyter N, 2019, Applications of plasma-liquid systems: A review, *Materials*, 12, 2751.
- Ricci I, Artacho R, Olalla M, 2010, Milk protein peptides with angiotensin I-converting enzyme inhibitory (ACEI) activity, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 390-402.
- Riener J, Noci F, Cronin D A, Morgan D J, Lyng J G, 2009, Effect of high intensity pulsed electric fields on enzymes and vitamins in bovine raw milk, *International Journal of Dairy Technology*, 62, 1-6.
- Rizzoli R, Bianchi M L, Garabédian M, McKay H A, Moreno L A, 2010, Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly, *Bone*, 46, 294-305.
- RJ H, WL J, 1949, Q fever studies in Southern California; effects of pasteurization on survival of *C. burneti* in naturally infected milk, *Public Health Reports* (Washington, DC: 1896), 64, 499-511.
- Robinson R K, 1990, *Dairy Microbiology*, 219- 233, Elsevier Applied Science, London.
- Roodenburg B, Morren J, Berg HE, de Haan SWH, 2005a. Metal release in a stainless steel pulsed electric field (PEF) system, Part I, Effect of different pulse shapes; theory and experimental method, *Innov Food Sci Emerg* 6, 327–36.
- Roodenburg B, Morren J, Berg HE, de Haan SWH, 2005b. Metal release in a stainless steel pulsed electric field (PEF) system, Part II, the treatment of orange juice;

- related to legislation and treatment chamber lifetime, *Innov Food Sci Emerg* 6, 337–45.
- Rosenberg M, 1995, Current and future applications for membrane processes in the dairy industry, *Trends in Food Science & Technology*, 6, 12-19.
- Ross A I, Griffiths M W, Mittal G S, Deeth H C, 2003, Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms, *International Journal of Food Microbiology*, 89, 125-138.
- Rowan N J, MacGregor S J, Anderson J G, Fouracre R A, McIlvaney L, Farish O, 1999, Pulsed-light inactivation of food-related microorganisms, *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 1312-1315.
- Rufián-Henares J A, Delgado-Andrade C, Morales F J, 2009, Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry, *Food Chemistry*, 114, 93-99.
- Rukke E O, Sørhaug T, Stepaniak L, 2016, Heat treatment of milk: Thermization of milk.
- Russell H L, Hastings E G, 1900, Thermal death point of tubercle bacilli under commercial conditions, *Wisconsin Agricultural Experimental Station*, 17th Annual Report, Wisconsin.
- Saavedra J M, Perman J A, 1989, Current concepts in lactose malabsorption and intolerance, *Annual Review of Nutrition*, 9, 475-502.
- Saboyainsta L V, Maubois J L, 2000, Current developments of microfiltration technology in the dairy industry, *Le Lait*, 80, 541-553.
- Sadat-Ali M, Al Elq A H, Al-Turki H A, Al-Mulhim F A, Al-Ali A K, 2011, Influence of vitamin D levels on bone mineral density and osteoporosis, *Annals of Saudi Medicine*, 31, 602-608.
- Said N E B, Federighi M, Bakhrouf A, Orange N, 2010, Effectiveness of pulsed ultraviolet-light treatment for bacterial inactivation on agar surface and liquid medium, *Foodborne Pathogens, and Disease*, 7, 1401-1406.
- Saito G, Akiyama T, 2015, Nanomaterial synthesis using plasma generation in liquid, *Journal of Nanomaterials*, 2015.

- Saito G, Nakasugi Y, Akiyama T, 2014, Excitation temperature of a solution plasma during nanoparticle synthesis, *Journal of Applied Physics*, 116, 083301.
- Saito N, Bratescu M A, Hashimi K, 2017, Solution plasma: A new reaction field for nanomaterials synthesis, *Japanese Journal of Applied Physics*, 57, 0102A4.
- Saito N, Hieda J, Takai O, 2009, Synthesis process of gold nanoparticles in solution plasma, *Thin Solid Films*, 518, 912-917.
- Santos M V D, Fonseca L F L D, 2001, Importância e efeito de bactériaspsicrotróficas sobre a qualidade do leite, *Revista Higiene Alimentar*, 15, 13-19.
- Sarkar S, 2016, Microbiological safety concerns of raw milk, *Safety*, 24, 1-7.
- Sastry S K, Datta A K, Worobo R W, 2000, Ultraviolet light, *Journal of Food Science*, 65, 90-92.
- Sato M, Ohgiyama T, Clements J S, 1996, Formation of chemical species and their effects on microorganisms using a pulsed high-voltage discharge in water, *IEEE Transactions on Industry applications*, 32, 106-112.
- Schaafsma G, 2000, The protein digestibility–corrected amino acid score, *The Journal of Nutrition*, 130, 1865S-1867S.
- Schaafsma G, 2008, Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human nutrition, *International Dairy Journal*, 18, 458-465.
- Schmieder F, 1930, Neue Wirkungsquerschnittsmessungen an Gasen und Dämpfen, *Zeitschrift für Elektrochemie und angewandtephysikalischeChemie*, 36, 700-704.
- Schönfeldt H C, Hall N G, Smit L E, 2012, The need for country specific composition data on milk, *Food Research International*, 47, 207-209.
- Schottroff F, Gratz M, Krottenthaler A, Johnson N B, Bedard M F, Jaeger H, 2019, Pulsed electric field preservation of liquid whey protein formulations–influence of process parameters, pH, and protein content on the inactivation of *Listeria innocua* and the retention of bioactive ingredients, *Journal of Food Engineering*, 243, 142-152.

- Schuchat A, Swaminathan B, Broome C V, 1991, Epidemiology of human listeriosis, *Clinical Microbiology Reviews*, 4, 169-183.
- Sekin Y, Karagözlü N, 2004, *Food Microbiology Basic Principles and Applications for Food*, Industry Klaus Pichhardt (Translate at volume 4) Literature Publication, İstanbul, Turkey.
- Senthilnathan J, Rao K S, Yoshimura M, 2014, Submerged liquid plasma–low energy synthesis of nitrogen-doped graphene for electrochemical applications, *Journal of materials Chemistry A*, 2, 3332-3337.
- Seppo L, Jauhiainen T, Poussa T, Korpela R, 2003, A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure–lowering effect in hypertensive subjects, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77, 326-330.
- Sepulveda D R, Góngora-Nieto M M, Guerrero J A, Barbosa-Cánovas G V, 2009, Shelf life of whole milk processed by pulsed electric fields in combination with PEF-generated heat, *LWT-Food Science and Technology*, 42, 735-739.
- Sepulveda D R, Guerrero J A, Barbosa-Canovas G V, 2006, Influence of electric current density on the bactericidal effectiveness of pulsed electric field treatments, *Journal of Food Engineering*, 76, 656-663.
- Séverin S, Wenshui X, 2005, Milk biologically active components as nutraceuticals, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, 645-656.
- Sezgin E, Atamer M, Koçak C, Yetişemeyen A, Gürsel A, Gürsoy A, 2010, *Süt Teknolojileri Kitabı*.
- Shabbir M A, Ahmed H, Maan A A, Rehman A, Afraz M T, Iqbal M W, Aadil R M, 2020, Effect of non-thermal processing techniques on pathogenic and spoilage microorganisms of milk and milk products, *Food Science and Technology*, 41, 279-294.
- Sharma P, Bremer P, Oey I, Everett D W, 2014a, Bacterial inactivation in whole milk using pulsed electric field processing, *International Dairy Journal*, 35, 49-56.

- Sharma P, Oey I, Bremer P, Everett D W, 2014b, Reduction of bacterial counts and inactivation of enzymes in bovine whole milk using pulsed electric fields, *International Dairy Journal*, 39, 146-156.
- Sharma P, Oey I, Everett D W, 2014c, Effect of pulsed electric field processing on the functional properties of bovine milk, *Trends in Food Science & Technology*, 35, 87-101.
- Shaukat A, Levitt M D, Taylor B C, MacDonald R, Shamliyan T A, Kane R L, Wilt T J, 2010, Systematic review: effective management strategies for lactose intolerance, *Annals of Internal Medicine*, 152, 797-803.
- Sichieri R, 2002, Dietary patterns and their associations with obesity in the Brazilian city of Rio de Janeiro, *Obesity Research*, 10, 42-48.
- Silva F V, 2020, Ultrasound assisted thermal inactivation of spores in foods: Pathogenic and spoilage bacteria, molds and yeasts, *Trends in Food Science & Technology*, 105, 402-415.
- Simonis P, Kersulis S, Stankevich V, Sinkevicius K, Striguniene K, Ragoza G, Stirke A, 2019, Pulsed electric field effects on inactivation of microorganisms in acid whey, *International Journal of Food Microbiology*, 291, 128-134.
- Singh H, Newstead D F, 1992, Aspects of proteins in milk powder manufacture, *Advanced dairy chemistry 1: Proteins*, 2, 735-765.
- Singh H, Flynn A, Fox P F, 1989, Binding of zinc to bovine and human milk proteins, *Journal of Dairy Research*, 56, 235-248.
- Sisecioglu M, Kirecci E, Cankaya M, Ozdemir H, Gulcin I, Atasever A, 2010, The prohibitive effect of lactoperoxidase system (LPS) on some pathogen fungi and bacteria, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4, 671-677.
- SM J Y X, 2007, Milk consumption is a risk factor for prostate cancer in Western countries: evidence from cohort studies, *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 16, 467.
- Smith K, Mittal G S, Griffiths M W, 2002, Skim milk pasteurization by pulsed electrical field and antimicrobials, *Journal of Food Science*, 67, 2304-2308.

- Smith T, 1899, The thermal death-point of tubercle bacilli in milk and some other fluids, *The Journal of Experimental Medicine*, 4, 217.
- Smits P, Van Brouwershaven J H, 1980, Heat-induced association of β -lactoglobulin and casein micelles, *Journal of Dairy Research*, 47, 313-325.
- Soedamah-Muthu S S, Ding E L, Al-Delaimy W K, Hu F B, Engberink M F, Willett W C, Geleijnse J M, 2011, Milk and dairy consumption and incidence of cardiovascular diseases and all-cause mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93, 158-171.
- Solinas C, Corpino M, Maccioni R, Pelosi U, 2010, Cow's milk protein allergy, *The journal of maternal- fetal neonatal medicine: The official journal of the European Association of Perinatal Medicine, The Federation of Asia and Oceania Perinatal Societies, The International Society of Perinatal Obstetricians*, Oct;23 Suppl 3,76-9
- Soltanzadeh M, Peighambaroust S H, Gullon P, Hesari J, Gullón B, Alirezalu K, Lorenzo J, 2020, Quality aspects and safety of pulsed electric field (PEF) processing on dairy products: A comprehensive review, *Food Reviews International*, 1-22.
- Spilimbergo S, Foladori P, Mantoan D, Ziglio G, Della Mea G, 2010, High-pressure CO₂ inactivation and induced damage on *Saccharomyces cerevisiae* evaluated by flow cytometry, *Process Biochemistry*, 4, 647-654.
- Spilimbergo S, Mantoan D, Quaranta A, Della Mea G, 2009, Real-time monitoring of cell membrane modification during supercritical CO₂ pasteurization, *The Journal of Supercritical Fluids*, 48, 93-97.
- Spreer E, 1998, *Milk and dairy product technology*, Dresden: Marcel Dekker Inc, 483.
- Stabel J, Pearce L, Chandler R, Hammer P, Klijn N, Cerf O, Murphy P, 2001, Destruction by heat of *Mycobacterium paratuberculosis* in milk and milk products, *Bulletin-International Dairy Federation*, 53-61.

- Stratakos A C, Inguglia E S, Linton M, Tollerton J, Murphy L, Corcionivoschi N, Tiwari B K, 2019, Effect of high-pressure processing on the safety, shelf life and quality of raw milk, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 325-333.
- Sudare T, Ueno T, Saito N, 2016, Solution Plasma Reaction Field for Materials Synthesis, *J. MMIJ*, 132, 47-52.
- Sueda T, Katsuki S, Akiyama H, 1997, Early phenomena of capillary discharges in different ambient pressures, *IEEE Transactions on Magnetics*, 33, 334-339.
- Sulaimankulova S, Mametova A, Abdullaeva Z, 2019, Fusiform gold nanoparticles by pulsed plasma in liquid method, *SN Applied Sciences*, 1, 1-8.
- Šunka P, 2001, Pulse electrical discharges in water and their applications, *Physics of Plasmas*, 8, 2587-2594.
- Syed Q A, Ishaq A, Rahman U U, Aslam S, Shukat R, 2017, Pulsed electric field technology in food preservation: a review, *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 6, 168-172.
- Szmytkowski C, Możejko P, 2006, Electron-scattering total cross sections for triatomic molecules: NO₂ and H₂O *Optica Applicata*, 36.
- Taghvaei H, Kheirollahivash M, Ghasemi M, Rostami P, Rahimpour M R, 2014, Noncatalytic upgrading of anisole in an atmospheric DBD plasma reactor: effect of carrier gas type, voltage, and frequency, *Energy & Fuels*, 28, 2535-2543.
- Takai O, 2008, Solution plasma processing (SPP), *Pure and Applied Chemistry*, 80, 2003-2011.
- Takai O, 2014, Fundamentals and applications of solution plasma, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, 27, 379-384.
- Takeshita K, Shibato J, Sameshima T, Fukunaga S, Isobe S, Arihara K, Itoh M, 2003, Damage of yeast cells induced by pulsed light irradiation, *International Journal of Food Microbiology*, 85, 151-158.
- Takeuchi N, Kawahara K, Gamou F, Li O L H, 2020, Observation of solution plasma in water-ethanol mixed solution for reduction of graphene oxide, *Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol*, 14, 12pp.

- Tang J E, Moore D R, Kujbida G W, Tarnopolsky M A, Phillips S M, 2009, Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men, *Journal of Applied Physiology*.
- Te Giffel M C, Van Der Horst H C, 2004, Comparison between bactofugation and microfiltration regarding efficiency of somatic cell and bacteria removal, *Bulletin-International Dairy Federation*, 49-53.
- Tendero C, Tixier C, Tristant P, Desmaison J, Leprince P, 2006, Atmospheric pressure plasmas: A review, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 61, 2-30.
- Thagard S M, Takashima K, Mizuno A, 2009, Plasma chemistry in pulsed electrical discharge in liquid, *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, 34, 257-262.
- Thompson J S, Thompson A, 1990, In-home pasteurization of raw goat's milk by microwave treatment, *International Journal of Food Microbiology*, 10, 59-64.
- Tolle A, Heeschen W, 1975, aseptische Milchentzug über implantierte Dauerkatheter als Modell einer pulsierungsfreien Melktechnik und als Grundlage zum Studium der spezifischen und unspezifischen Infektionsabwehr, *Ber Landwirtschaftl. Sonderh. Ger. Fed. Repub. Minist. Ernähr. Landwirtschaftl. Forst.*
- Tong, D. G., Wu, P., Su, P. K., Wang, D. Q, Tian, H. Y. (2012). Preparation of zinc oxide nanospheres by solution plasma process and their optical property, photocatalytic and antibacterial activities. *Materials Letters*, 70, 94-97.
- Tsiotsias A, Savva I, Vassila A, Kontominas M, Kotzekidou P, 2002, Control of *Listeria monocytogenes* by low-dose irradiation in combination with refrigeration in the soft whey cheese Anthotyros, *Food Microbiology*, 19, 117-126.
- Tülek Y, Filizay G, 2011, Gıda Endüstrisinde Kullanılan Yüksek Hidrostatik Basınç Sistemleri, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12, 225-231.
- Turgut T, 2016, Süt ve Ürünlerinde Mikrodalga Uygulamaları, *Akademik Gıda*, 14, 451-457.

- Ünver N, Çelik Ş, 2017, İçme sütü üretiminde ESL (Extended Shelf Life) teknolojisinin kullanımı, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21, 247-258.
- Vaessen E M J, den Besten H M W, Patra T, van Mossevelde N T M, Boom R M, Schutyser M A I, 2018, Pulsed electric field for increasing intracellular trehalose content in *Lactobacillus plantarum* WCFS1, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 256-261.
- Vanraes P, Bogaerts A, 2018, Plasma physics of liquids A focused review, *Applied Physics Reviews*, 5, 031103.
- Vogt R L, Donnelly C, Gellin B, Bibb W, Swaminathan B, 1990, Linking environmental and human strains of *Listeria monocytogenes* with isoenzyme and ribosomal RNA typing, *European Journal of Epidemiology*, 6, 229-230.
- Voigt D D, Chevalier F, Donaghy J A, Patterson M F, Qian M C, Kelly A L, 2012, Effect of high-pressure treatment of milk for cheese manufacture on proteolysis, lipolysis, texture, and functionality of Cheddar cheese during ripening, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 23-30.
- Waddell L A, Rajić A, Sargeant J, Harris J, Amezcua R, Downey L, McEwen S A, 2008, The zoonotic potential of *Mycobacterium avium* spp. paratuberculosis. *Canadian Journal of Public Health*, 99, 145-155.
- Walkling- Ribeiro M, Noci, F, Cronin D A, Lyng J G, Morgan D J 2008, Inactivation of *Escherichia coli* in a tropical fruit smoothie by a combination of heat and pulsed electric fields, *Journal of Food Science*, 73, M395-M399.
- Walkling- Ribeiro M, Noci F, Cronin D A, Lyng J G, Morgan D J, 2009, Antimicrobial effect and shelf- life extension by combined thermal and pulsed electric field treatment of milk, *Journal of Applied Microbiology*, 106, 241-248.
- Walkling-Ribeiro M, Rodríguez-González O, Jayaram S, Griffiths M W, 2011, Microbial inactivation and shelf-life comparison of ‘cold’hurdle processing with pulsed electric fields and microfiltration, and conventional thermal pasteurisation in skim milk, *International Journal of Food Microbiology*, 144, 379-386.
- Walstra P, 1999, *Dairy technology: principles of milk properties and processes*, CRC Press.

- Wan J, Coventry J, Swiergon P, Sanguansri P, Versteeg C, 2009, Advances in innovative processing technologies for microbial inactivation and enhancement of food safety–pulsed electric field and low-temperature plasma, *Trends in Food Science & Technology*, 20, 414-424.
- Wang S, Liu Y, Zhang Y, Lü X, Zhao L, Song Y, Zhang L, Jiang H, Zhang J, Ge W, 2022, Processing Sheep Milk by Cold Plasma Tecnology: Impact nn the Microbial Inactivation, Physicochemical Characteristics, and Proyein Strucrure. *LWT FOOD Science and Technology* 153, 1-11.
- Wang L, Manson J E, Buring J E, Lee I M, Sesso H D, 2008, Dietary intake of dairy products, calcium, and vitamin D and the risk of hypertension in middle-aged and older women, *Hypertension*, 51, 1073-1079.
- Watthanaphanit A, Saito N, 2017, Solution plasma applications for the synthesis/modification of inorganic nanostructured materials and the treatment of natural polymers. *Japanese Journal of Applied Physics*, 57, 0102A3.
- Weaver C M, Heaney R P, 2006, Food sources, supplements, and bioavailability, In *Calcium in human health*, 129-142, Humana Press.
- Wekhof A, 2000, Disinfection with flash lamps, *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 54, 264-276.
- Wen X, Xue X, Liu X, Li J, Zhou Y, 2019, Propagation behavior of microsecond pulsed positive streamer discharge in water, *Journal of Applied Physics*, 125, 133302.
- Westhoff D C, 1978, Heating milk for microbial destruction: a historical outline and update, *Journal of Food Protection*, 41, 122-130.
- Wiley A S, 2012, Cow milk consumption, insulin- like growth factor- I, and human biology: a life history approach, *American Journal of Human Biology*, 24, 130-138.
- Workman T W, 1941, Short time high temperature pasteurization, *Bull. int. Assoc. Milk Dealers*, 22, 585-588.

- Wouters P C, Alvarez I, Raso J, 2001, Critical factors determining inactivation kinetics by pulsed electric field food processing, *Trends in Food Science & Technology*, 12, 112-121.
- Xiang B Y, Ngadi M O, Simpson B K, Simpson M V, 2011, Pulsed electric field induced structural modification of soy protein isolate as studied by fluorescence spectroscopy, *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 563-570.
- Xu D, Yuan F, Jiang J, Wang X., Hou Z, Gao Y, 2011, Structural and conformational modification of whey proteins induced by supercritical carbon dioxide, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12, 32-37.
- Yeom H W, Evrendilek G A, Jin Z T, Zhang, Q H, 2004, Processing of yogurt- based products with pulsed electric fields: microbial, sensory and physical evaluations, *Journal of Food Processing and Preservation*, 28, 161-178.
- Yetim H, Kesmen Z, Kayacier A, 2003, Et ensdüstrisinde yüksek basınç uygulamaları. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, Ankara, 171-186.
- Yetişmeyen A, 1995, Süt Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın no: 1420-410. Ankara.
- Yetişmeyen A, Yıldız F 2006, Use of Microfiltration in Milk Industry, In 9th Food Congress (pp. 24-26).
- Yildiz H, Bozkurt H, Icier Filiz., 2009, Ohmic and conventional heating of pomegranate juice: effects on rheology, color, and total phenolics, *Food Science and Technology International*, 15, 503-512.
- Yin C, Li J, Xu Q, Peng Q, Liu Y, Shen X, 2007, Chemical modification of cotton cellulose in supercritical carbon dioxide: Synthesis and characterization of cellulose carbamate, *Carbohydrate Polymers*, 67, 147-154.
- Yonezawa T, Čempel D, Nguyen M T, 2018, Microwave-induced plasma-in-liquid process for nanoparticle production, *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 91, 1781-1798.

- Yu F, Wang C, Li Y, Ma H, Wang R, Liu Y, & Zhang X, 2020, Enhanced solar photothermal catalysis over solution plasma activated TiO₂. *Advanced Science*, 7, 2000204.
- Yui H, Banno M, 2017, Microspectroscopic imaging of solution plasma: How do its physical properties and chemical species evolve in atmospheric-pressure water vapor bubbles, *Japanese Journal of Applied Physics*, 57, 0102A1.
- Zadra G, Photopoulos C, & Loda M, 2013, The fat side of prostate cancer, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1831, 1518-1532.
- Zhang Q, Monsalve-Gonzalez A, Barbosa-Cánovas G V, & Swanson B G, 1994, Inactivation of *E. coli* and *S. cerevisiae* by pulsed electric fields under controlled temperature conditions, *Transactions of the ASAE*, 37, 581-587.
- Zhao W, Yang R, Shen X, Zhang S, & Chen X, 2013, Lethal and sublethal injury and kinetics of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in milk by pulsed electric fields, *Food Control*, 32, 6-12.
- Zimecki M, Kruzel M L, 2007, Milk-derived proteins and peptides of potential therapeutic and nutritive value, *Journal of Experimental Therapeutics & Oncology*, 6.
- Zorba Ö, Şükrü Kurt, 2005, Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünleri kalitesi üzerine etkisi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16, 71-76.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=99794>, 09.04.2022
- 2- <http://cv.ankara.edu.tr/duzenleme/kisisel/dosyalar/01032016102734.pdf>, 17.04.2022
- 3- US Department of Health and Human Services. (2005). Dietary guidelines for Americans 2005. <https://health.gov/sites/default/files/2020-01/DGA2005.pdf>, 19.04.2022
- 4- US Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection, Service 2006 United States animal health report Agricultural information bulletin 801. September 2007. https://www.aphis.usda.gov/animal_health/animal_health_report/downloads/AHR_08/06_AHReport_508.pdf, 20.04.2022
- 5- EFSA e European Food Safety Authority. (2010). The community summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in the European Union in 2008. EFSA Journal, 8(1496), 410. <http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/1496.pdf>, 21.04.2022
- 6- FDA e Food and Drug Administration. (2011). Grade “A” pasteurized milk ordinance. Revision 2011. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, FDA. <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/Product-SpecificInformation/MilkSafety/DairyGradeAVoluntaryHACCP/default.htm>, 23.04.2022
- 7- FDA. (2017). Grade “A” Pasteurized Milk Ordinance-2017 Revision. <https://www.fda.gov/food/milk-guidance-documents-regulatory-information/national-conference-interstate-milk-shipments-ncims-model-documents>, 25.04.2022
- 8- <https://akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders%20notlari/Sut%20ve%20Urunleri%20Analizleri.pdf>, 20.12.2022