

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TAZE BAHARATLARIN MİKROBİYAL İNAKTİVASYONUNDA PLAZMA
AKTİVE SU (PAS) UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Büşra GÜLENÇ MERMUTLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

ARALIK 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TAZE BAHARATLARIN MİKROBİYAL İNAKTİVASYONUNDA PLAZMA
AKTİVE SU (PAS) UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Büşra GÜLENC MERMUTLU
(506211525)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Pervin Başaran AKOÇAK

ARALIK 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**APPLICATION OF PLASMA ACTIVATED WATER (PAW) IN MICROBIAL
INACTIVATION OF FRESH SPECIES**

M.Sc. THESIS

**Büşra GÜLEŇ MERMUTLU
(506211525)**

Department of Food Engineering

Food Engineering Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Pervin Başaran AKOCAK

DECEMBER 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 506211525 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Büşra GÜLENÇ MERMUTLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TAZE BAHARATLARIN MİKROBİYAL İNAKTİVASYONUNDA PLAZMA AKTİVE SU (PAS) UYGULAMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Pervin BAŞARAN AKOCAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Evren DEMİRCAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Sehban KARTAL
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : 26 Kasım 2024
Savunma Tarihi : 24 Aralık 2024



ÖNSÖZ

Tezimde bilgi ve tecrübesi ile yoluma ışık tutan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Pervin BAŞARAN AKOÇAK hocama, plazma cihazının temininde ve plazma üretiminde yardımcı olan İstanbul Üniversitesi'nden Prof. Dr. Sehan KARTAL ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nden Prof. Dr. Tamer AKAN'a, laboratuvarındaki çalışmalarında her zaman yardımcı olan Araş. Gör. Dilara DEVECİOĞLU'na, attığım her adımda yanımda olan ve bilgisini benimle paylaşan arkadaşım Emel ÖZDEMİR'e, spektrofotometrik analizlerde desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Evren DEMİRCAN'a ve Araş. Gör. Elif Feyza AYDAR'a, bölüm hocalarına ve asistanlarına teşekkürlerimi sunuyorum.

Maddi ve manevi desteklerinden dolayı başta annem, babam ve ağabeyim olmak üzere aileme, ayrıca bu zorlu süreçte varlığını her zaman yanımda hissettiğim eşime şükranlarımı sunuyorum.

Kasım 2024

Büşra GÜLENC MERMUTLU
(Gıda Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR.....	3
2.1 Taze Baharatlar	3
2.1.1 Kekik.....	5
2.1.2 Biberiye	6
2.1.3 Nane	7
2.1.4 Fesleğen	8
2.1.5 Maydanoz.....	9
2.1.6 Dereotu.....	10
2.1.7 Defne.....	11
2.1.8 Stevia.....	12
2.2 Plazma Aktive Su (PAS)	12
2.2.1 PAS üretimi.....	13
2.2.2 PAS uygulamasının inaktivasyon mekanizması	15
2.2.3 PAS uygulamasının gıdalarda mikrobiyal güvenliğe ve kaliteye etkisi ...	17
2.2.3.1 PAS uygulamasının gıdalarda mikrobiyal güvenliğe etkisi	17
2.2.3.2 PAS uygulamasının gıdalarda kaliteye etkisi.....	27
3. MATERYAL VE METOT	39
3.1 Bakteri Suşlarının Hazırlanması.....	39
3.2 Taze Baharatların Satın Alınması.....	39
3.3 Çalışma Yöntemi.....	39
3.3.1 Soğuk plazma uygulaması	41
3.3.2 İnokülasyon	41
3.3.3 PAS uygulaması.....	41
3.4 Analizler	42
3.4.1 Mikrobiyal analizler	42
3.4.2 Fizikokimyasal analizler	42
3.4.2.1 Su aktivitesi.....	42
3.4.2.2 pH analizi	43
3.4.2.3 Çözünür katı madde miktarı (Brix°).....	43
3.4.2.4 Nem miktarı	43
3.4.3 Spektrofotometrik analizler.....	44
3.4.3.1 Toplam fenolik madde miktarı.....	44

3.4.3.2 Toplam klorofil miktarı	44
3.4.3.3 Antioksidan aktivite	45
3.4.3.4 Toplam antosiyanin miktarı	45
3.4.4 Raf ömrü.....	46
3.4.5 İstatiksel analiz.....	46
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1 Mikrobiyal Analiz Sonuçları	47
4.1.1 Taze baharatların toplam canlı inaktivasyonunda PAS etkisi	47
4.1.2 Taze baharatların <i>P. syringae</i> spp. inaktivasyonunda PAS etkisi	53
4.1.3 Tüm ürün mikrobiyal analiz sonuçları	62
4.2 Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	65
4.2.1 Su aktivitesi	65
4.2.2 pH.....	65
4.2.3 Çözünür katı madde miktarı (Brix°).....	66
4.2.4 Nem miktarı.....	67
4.3 Spektrofotometrik Analiz Sonuçları.....	68
4.3.1 Toplam fenolik madde miktarı	68
4.3.2 Toplam klorofil miktarı.....	69
4.3.3 Antioksidan aktivite	70
4.3.4 Toplam antosiyanin miktarı	72
4.4 Raf Ömrü	72
5. GELECEK PERSFEKTİFİ VE SINIRLAMALAR	75
6. SONUÇ.....	77
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ	95

KISALTMALAR

Kob	: Koloni oluşturan birim
PAÇS	: Plazma Aktive Çeşme Suyu
PAİS	: Plazma Aktive İçme Suyu
PAS	: Plazma Aktive Su
Pv.	: Suř (pathovars)
Spp.	: Bir cinse ait türler (species pulural)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: PAS uygulamasının taze yeşil yapraklı sebzelerin mikrobiyal güvenliğine etkisi.	19
Çizelge 2.2: PAS uygulamasının taze meyvelerin mikrobiyal güvenliğine etkisi.....	23
Çizelge 2.3: PAS uygulamasının diğer gıdaların mikrobiyal güvenliğine etkisi.....	26
Çizelge 2.4: PAS uygulamasının yeşil yapraklı sebzelerin kalite özelliklerine etkisi.	29
Çizelge 2.5: PAS uygulamasının taze meyvelerin kalite özelliklerine etkisi.	33
Çizelge 2.6: PAS uygulamasının diğer gıdaların kalite özelliklerine etkisi.	36
Çizelge 4.1: PAS uygulamasının taze baharatların su aktivitesi üzerine etkisi (aw). ..	65
Çizelge 4.2: PAS uygulamasının taze baharatların pH değeri üzerine etkisi.	66
Çizelge 4.3: PAS uygulamasının taze baharatların çözünür katı madde miktarına etkisi (Brix°).	66
Çizelge 4.4: PAS uygulamasının taze baharatların nem miktarı üzerine etkisi (%)..	67
Çizelge 4.5: PAS uygulamasının taze baharatların toplam fenolik içeriğinin üzerine etkisi (mg gallik asit/g örnek).....	68
Çizelge 4.6: PAS uygulamasının taze baharatların klorofil miktarının üzerine etkisi (mg/kg).	69
Çizelge 4.7: PAS uygulamasının taze baharatların antioksidan aktivesi üzerine etkisi (umol trolox/g örnek).	70
Çizelge 4.8: PAS uygulamasının taze baharatların antosiyanin miktarı üzerine etkisi (mg siyanidin-3-glukozid/100 g örnek).....	72



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: 2023 yılı baharat ticaretinde önce ülkeler (% ton).	4
Şekil 2.2: Yıllara göre Türkiye'nin baharat ihracatı (ton).	4
Şekil 2.3: Yıllara göre Türkiye'nin kekik ihracatı (ton).	6
Şekil 2.4: Yıllara göre Türkiye'nin biberiye ihracatı (ton).	7
Şekil 2.5: Yıllara göre Türkiye'nin nane ihracatı (ton).	8
Şekil 2.6: Yıllara göre Türkiye'nin maydanoz ihracatı ton).	10
Şekil 2.7: Yıllara göre Türkiye'nin defne yaprağı ihracatı (ton).	11
Şekil 2.8: PAS uygulamasının inaktivasyon mekanizması.	16
Şekil 3.1: Bu çalışmada izlenecek adımların şematik diyagramı.	40
Şekil 3.2: Soğuk plazma cihazı ve uygulama.	40
Şekil 3.3: Dökme plak yöntemiyle ekim yapılan besiyerler.	42
Şekil 3.4: Su aktivitesi ölçüm cihazı (Protimeter, PLC, İngiltere).	43
Şekil 3.5: Spektrofotometre (Biotek Synergy HTX Multimode Reader).	44
Şekil 4.1: Defne yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).	47
Şekil 4.2: Fesleğen yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).	48
Şekil 4.3: Kekik yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).	49
Şekil 4.4: Dereotu yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).	49
Şekil 4.5: Biberiye yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).	50
Şekil 4.6: Maydanoz yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).	51
Şekil 4.7: Nane yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).	52
Şekil 4.8: Stevia yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).	52
Şekil 4.9: Defne yüzeyinde <i>P. syringae</i> spp. miktarı (log kob/g).	54
Şekil 4.10: Fesleğen yüzeyinde <i>P. syringae</i> spp. miktarı (log kob/g).	55
Şekil 4.11: Kekik yüzeyinde <i>P. syringae</i> spp. miktarı (log kob/g).	56
Şekil 4.12: Dereotu yüzeyinde <i>P. syringae</i> spp. miktarı (log kob/g).	57
Şekil 4.13: Biberiye yüzeyinde <i>P. syringae</i> spp. miktarı (log kob/g).	58
Şekil 4.14: Maydanoz yüzeyinde <i>P. syringae</i> spp. miktarı (log kob/g).	59
Şekil 4.15: Nane yüzeyinde <i>P. syringae</i> spp. miktarı (log kob/g).	60
Şekil 4.16 : Stevia yüzeyinde <i>P. syringae</i> spp. miktarı (log kob/g).	61
Şekil 4.17: Taze baharatların yüzeyinde 0. günde ve 14. günde toplam canlı inaktivasyonu (log kob/g).	62
Şekil 4.18: 10^4 (A) ve 10^6 (B) başlangıç yükünde taze baharatların yüzeyinde 0. günde ve 14. günde <i>P. syringae</i> spp. inaktivasyonu (log kob/g).	63
Şekil 4.19: Taze baharatların 0., 7. ve 14. gündeki görünimleri.	73



TAZE BAHARATLARIN MİKROBİYAL İNAKTİVASYONUNDA PLAZMA AKTİVE SU (PAS) UYGULAMASI

ÖZET

Plazma teknolojisi, son yıllarda gıdalarda uygulanan ısıl olmayan teknolojilerden biridir. Plazma; yüklü parçacıklar, elektrik alanları ultraviyole (UV) fotonlar ve reaktif türlerden oluşan iyonize bir gazdır. Alternatif bir metot olarak plazma, suya uygulandığında plazma tarafından üretilen reaktif türler ve parçacıklar, su molekülleri ile etkileşime girer ve Plazma Aktive Su (PAS) olarak adlandırılan kimyasal olarak değiştirilmiş bir su ortaya çıkar. Bu suyun mikrobiyal inaktivasyonu genel olarak kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan reaktif türlerin, hücrenin oksidatif strese girmesine yol açmasıyla açıklanabilmektedir.

Bu tez ile birlikte, raf ömrü kısa olan taze baharatların raf ömrünü arttırmak, gıda endüstrisinde kullanılan kimyasal dezenfeksiyonlara alternatif bir metot geliştirmek ve PAS uygulamasının daha geniş alana yayılmasını sağlamak amaçlanmıştır. Bu kapsamda su olarak ticari bir içme suyu ve çeşme suyu 15 dakika boyunca laboratuvar ölçekli bir cihazda plazma işlemine tabi tutulmuştur. Taze baharatlardan defne yaprağı, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia örnekleri 10 dakika boyunca daldırma yöntemiyle plazma ile aktive edilmiş içme suyu (PAİS) ve çeşme suyu (PAÇS) ile muamele edilmiştir. Örneklerin doğal mikroflorası hakkında bilgi sahibi olmak için toplam canlı sayımı yapılmıştır ve buna ek olarak *Pseudomonas syringae* spp. spreyleme yöntemiyle örneklerle inoküle edilmiştir. Taze baharatlar 14 gün boyunca depolanmıştır ve kalite de meydana gelen değişimler kaydedilmiştir. Mikrobiyal analizler plazma uygulamasının hemen sonrasında ve depolamanın 14. gününde tekrar edilmiştir. Doğal mikrofloranın inaktivasyonu için PAÇS uygulaması, PAİS uygulamasına göre tüm yüzeylerde daha etkili olmuştur. Uygulamadan hemen sonra inaktivasyon miktarı taze baharatların yüzeyi için 0.28-2.11 log kob/g arasında kaydedilmiştir. En başarılı sonuç PAÇS uygulamasıyla dereotu örneğinde 2.11 log kob/g olarak gözlemlenmiştir. Mikrobiyal inaktivasyon 14. günün sonunda da korunmuş ve kontrol örnekleri ile uygulama örnekleri arasındaki fark 0.53-1.46 log kob/g arasında seyretmiştir. *P. syringae* spp. için ise 10^4 ve 10^6 olarak iki farklı inokülasyon yükü kullanılmıştır. 10^4 inokülasyonda uygulamadan hemen sonra taze baharatların yüzeyi için inaktivasyon miktarı 0.48-1.90 log kob/g arasında kaydedilmiştir. En başarılı sonuç PAİS uygulamasıyla nanede 1.90 log kob/g olarak gözlemlenmiştir. 14. günde kontrol örnekleri ile uygulama örnekleri arasındaki fark ise 0.42-1.58 log kob/g arasında seyretmiştir. 10^6 inokülasyonda uygulamadan hemen sonra taze baharatların yüzeyi için inaktivasyon miktarı 0.50-2.01 log kob/g arasında kaydedilmiştir. En başarılı sonuç PAİS uygulamasıyla fesleğende 2.01 log kob/g olarak gözlemlenmiştir. 14. günde kontrol örnekleri ile uygulama örnekleri arasındaki fark ise 0.44-2.11 log kob/g arasında seyretmiştir. PAİS uygulaması, doğal mikrofloraya zıt bir şekilde PAÇS uygulamasından daha iyi inaktivasyon etkinliği sağlamıştır.

PAİS ve PAÇS uygulaması taze baharatların fizikokimyasal özelliklerinden su aktivitesi, pH, çözünür katı madde miktarı, nem miktarı ve antosiyanin miktarı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişime sebep olmamıştır. Toplam fenolik madde miktarı ise tüm baharat yüzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artma göstermiş, aynı şekilde antioksidan aktivite de genel olarak artmıştır fakat bu artış kekik, fesleğen ve biberiye örneklerinde anlamlı bulunmuştur. Toplam klorofil miktarı ise defne örneği hariç anlamlı bir etki göstermemiştir.

Özet olarak, PAS uygulaması taze baharatların özelliklerinde olumsuz bir etki göstermeyerek raf ömrünü uzatmıştır. Kontrol örneklerinin depolama sırasında mikrobiyal yükleri hızlı bir şekilde artış gösterirken, uygulama örnekleri görüntü ve mikrobiyal kalite olarak daha stabil bir şekilde kalmıştır. Bu durum PAS uygulamasının taze baharatların raf ömrünü arttırmak için kullanılma potansiyeli olduğunu göstermektedir.



APPLICATION OF PLASMA ACTIVATED WATER (PAW) IN MICROBIAL INACTIVATION OF FRESH SPECIES

SUMMARY

Turkey is one of the richest countries in the world in terms of medicinal and aromatic plants. Fresh spices are products with export potential due to their intense flavors and positive health effects. They have positive health effects such as antioxidant effects, reducing cholesterol and diabetes, facilitating digestion and fighting infection. The high initial microbial load and rapid deterioration of quality characteristics due to harvesting and collection conditions make fresh spices highly perishable with limited shelf life, causing serious losses in terms of economy. In particular, *Pseudomonas syringae* spp. infects fresh spices causing various symptoms such as leaf spots, rotting and wilting. In order to prevent losses, chlorine or other chemicals are commonly utilized during the washing processes of fresh produce in the food industry. These chemicals pose a risk to human health and may fail to neutralize the microbial load. also there are concerns that certain chemicals might contribute to the development of clinical antibiotic resistance in pathogens. In order to increase the shelf life of fresh spices and have a positive impact on the economy, it is very important to develop alternative technologies to thermal and chemical treatments that negatively affect quality characteristics and human health.

Plasma technology is one of the non-thermal technologies applied in foods in recent years. Plasma is an ionized gas consisting of charged particles, electric fields, ultraviolet (UV) photons and reactive species. As an alternative approach, when plasma is introduced to water, the reactive species and particles generated by the plasma interact with the water molecules, leading to a chemically modified water known as Plasma Activated Water (PAW). The microbial inactivation of this water can generally be explained by the reactive oxygen species produced as a result of chemical reactions, causing oxidative stress to the cell. Reactive oxygen and nitrogen species (RONS) generated by the plasma are identified as bactericidal agents. PAW offers the benefits of flexibility and safety, enabling the plasma effect to be applied to the plant surface. For this reason, PAW application has a high potential to be a substitute for various chemicals and disinfectants used in post-harvest washing, especially in fresh produce.

With this thesis, it is aimed to increase the shelf life of fresh spices with short shelf life, to develop an alternative method to chemical disinfectants used in the food industry and to spread PAS application to a wider area. In this context, commercial drinking water and tap water were subjected to plasma treatment in a laboratory scale device for 15 minutes. Fresh spice samples of bay leaf, basil, thyme, oregano, dill, rosemary, parsley, mint and stevia were treated with plasma-activated drinking water (PADW) and tap water (PATW) by immersion method for 10 minutes. To obtain information on the natural microflora of the samples, total viable counts were made and *P. syringae* spp. were inoculated on samples by spraying. Fresh spices were stored

for 14 days and quality analysis were performed. Microbial analyses were repeated immediately after treatment and on the 14th day of storage. For the inactivation of natural microflora, the PATW treatment was more successful than the PADW treatment on all surfaces. The amount of inactivation immediately after treatment was recorded between 0.28-2.11 log CFU/g for the surface of fresh spices. The most successful result was 2.11 log CFU/g for the dill sample with PATW treatment. Inactivation was maintained at the end of the 14th day and the difference between the control and treatment samples was between 0.53-1.46 log CFU/g. For *P. syringae* spp. two different inoculation loads, 10^4 and 10^6 , were used. At 10^4 inoculation, the inactivation amount for the surface of fresh spices immediately after the application was recorded between 0.48-1.90 log CFU/g. The most successful result was observed as 1.90 log CFU/g in mint with PADW treatment. On day 14, the difference between control and treatment samples was between 0.42-1.58 log CFU/g. In 10^6 inoculations, the inactivation amount for the surface of fresh spices immediately after treatment was recorded between 0.50-2.01 log CFU/g. The most successful result was observed as 2.01 log CFU/g in basil with PADW treatment. On day 14, the difference between control and treatment samples was between 0.44-2.11 log CFU/g. In contrast to the natural microflora, PADW treatment provided better inactivation efficiency than PATW treatment.

PADW and PATW treatment did not cause statistically significant changes in the physicochemical properties of fresh spices such as water activity, pH, soluble solids, moisture content and anthocyanin content. Total phenolic content increased significantly on all spice surfaces and antioxidant activity also increased in general, but this increase was significant in thyme, basil and rosemary samples. Total chlorophyll content did not show a significant effect except for the bay leaf sample.

In summary, PAS treatment did not have a negative effect on the properties of fresh spices and extended their shelf life. While the microbial loads of the control samples increased rapidly during storage, the treatment samples remained more stable in terms of appearance and microbial quality. This indicates that PAW treatment has the potential to be used to increase the shelf life of fresh spices.

1. GİRİŞ

Taze yeşil yapraklı sebzeler, dengeli bir beslenmeyle uyumlu olan besin değeri ve sağlıklı imajı nedeniyle küresel olarak yüksek talep görmektedir (Dimitrakellis ve diğ, 2021). Çoğu taze ürün minimum düzeyde işlendiğinden ve genellikle çiğ olarak tüketildiğinden dolayı patojen kontaminasyonu ciddi bir risk yaratabilir (Olaimat ve Holley, 2012). Taze baharatlar, kontaminasyon konusunda ciddi risk potansiyeli taşıyan yerlerde yetiştirmek ve kurutulmaktadır. Bu durum ürünleri kontaminasyona karşı savunmasız halde bırakmakta ve raf ömrünün kısa olmasına neden olmaktadır. İhraç rolü olan bu ürünlerin raf ömrünün kısa olması depolama açısından problem yaratmakta ve ülke ekonomisine olumsuz yansımaktadır (Oğur ve Ateş, 2018). Bu durumun önüne geçmek için, gıda endüstrisinde patojenlerin ve bozulmaya neden olan bakterilerin sayısını azaltmak için taze ürünlerin yıkama adımlarında klor veya diğer kimyasallar kullanılmaktadır (Berardinelli ve diğ, 2016). Bu kimyasal maddeler, insan sağlığı için potansiyel tehlike oluşturabilmektedir ve bu kimyasallardan bazılarının patojenlerde klinik olarak antibiyotik direncinin gelişmesinde etkili olabileceği konusunda endişeler söz konusudur (Xiang ve diğ, 2019). Isıl işlemler veya zararlı kimyasallar içermeyen alternatif teknolojiler, bozulmaya veya gıda zehirlenmesine neden olan mikrobiyal gelişimi en aza indirmek için değerli seçenekler olma potansiyeline sahiptir (Soni ve diğ, 2021).

Plazma teknolojisi, son yıllarda gıdalarda uygulanan ısı olmayan teknolojilerden biridir (Yüksel ve Karagözlü, 2017). Soğuk plazma; yüklü parçacıklar, elektrik alanları, ultraviyole (UV) fotonlar ve reaktif türlerden oluşan iyonize bir gazdır. Bu reaktif türler arasında, plazma tarafından üretilen reaktif oksijen ve nitrojen türleri (RONS), mikrobiyal hücrelerde oksidatif strese neden olabilen ve DNA, proteinler ve lipitlere zarar verebilen bakterisidal ajanlar olarak kabul edilir (Ma ve diğ, 2015). Bununla birlikte, gıda ürünlerinin düzensiz yüzey topoğrafyası, mikroorganizmalar için çok sayıda gizli yer sağlamakta ve durum soğuk plazmaya karşı dirençlerini arttırmaktadır (Xiang ve diğ, 2020). Alternatif olarak, mikroorganizmalar sıvı bir ortamda plazma-sıvı etkileşimleri yoluyla inaktive edilebilmektedir (Dimitrakellis ve

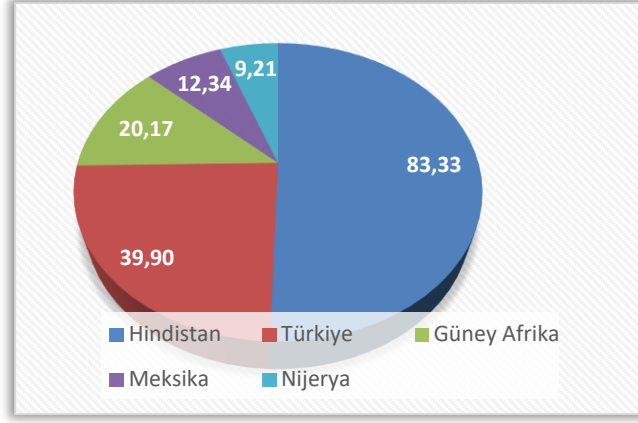
diğ, 2021). Plazma tarafından üretilen parçacıklar, su molekülleri ile etkileşime girer ve Plazma Aktive Su (PAS) olarak adlandırılan benzersiz bir biyokimyasal reaktif kimya karışımı üreten çeşitli kimyasal reaksiyonları tetikler (Zhao ve diğ, 2020). Plazmayı doğrudan gıdaya uygulamak yerine PAS kullanılması, gıda yüzeylerinde eşit dağılım, hassas dokulara zarar verme riskinin azaltılması, farklı partiler arasında tutarlı işlem, geniş bir ürün yelpazesine uygunluk, minimum kalıntı, daha az mevzuat engeli ve daha kolay kullanım gibi avantajlar sunar (Dimitrakellis ve diğ, 2021). PAS, ürünlerde herhangi bir kalıntı kimyasal bırakmadığından ve bazı geleneksel kimyasal dezenfektanlara kıyasla daha çevre dostu kabul edildiğinden, taze baharatlar için klorlu suda yıkamaya umut verici bir alternatif sunabilir (Laurita ve diğ, 2021).

Bu tez ile birlikte, yetiştirdikleri yerlerden dolayı raf ömrü kısa olan taze baharatların raf ömrünü arttırmak, gıda endüstrisinde kullanılan kimyasal dezenfeksiyonlara alternatif bir metot geliştirmek ve PAS teknolojisinin daha geniş alana yayılması amaçlanmaktadır. Bu tez kapsamında, kekik, biberiye, nane, fesleğen, maydanoz, dereotu, defne yaprağı ve stevia'ya PAS uygulanarak bu uygulamanın doğal mikroflora yanında *Pseudomonas syringae* spp. hücrelerinde inaktivasyon etkinliği incelenmiştir. Ayrıca ürünlerin uygulama öncesi ve sonrası su aktivitesi, pH, çözünür katı madde miktarı, nem miktarı, toplam antosiyanin miktarı, toplam klorofil miktarı, toplam fenolik madde ve antioksidan miktarı analiz edilmiştir. Depolanan ürünler, belirli günlerde fotoğraflandırılmış ve kontrol örneğine göre analiz sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR

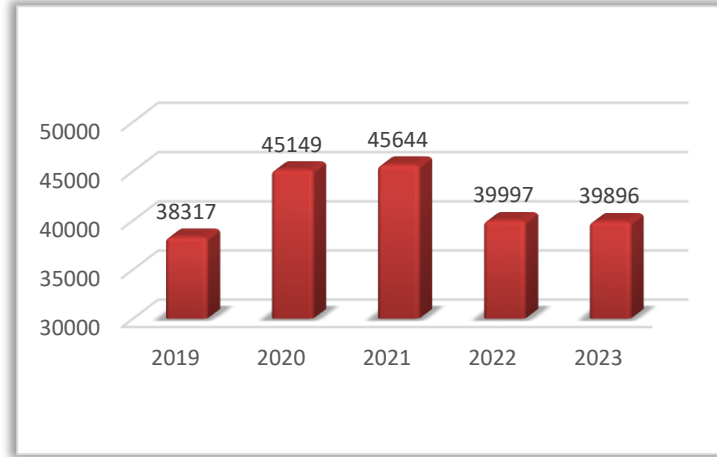
2.1 Taze Baharatlar

Türkiye, tıbbi ve aromatik bitkiler bakımından, dünyanın zengin ülkelerinden birisidir. Asya ve Avrupa kıtaları üzerinde bulunan coğrafi konumu, geniş bir alanı kaplamakla birlikte, farklı toprak ve iklim özellikleri, zengin bitki çeşitliliği ve tarımdaki yüksek potansiyeli bitki ticaretinin önde gelen ülkelerinden biri olmasına neden olmuştur (Şenyiğit ve diğ, 2021). Taze baharatlar ise yoğun tatları ve sağlığa olumlu etkileriyle beraber bu pazarda önemli bir yer almaktadır (Santos ve diğ, 2014). Baharat ve baharat içerikli gıdaların tüketiminin sağlık açısından antioksidan etki, kolesterolü ve diyabeti azaltma, sindirimi kolaylaştırma, enfeksiyonla mücadele gibi olumlu etkileri bulunmaktadır (Duru ve diğ, 2019). Türkiye, Ballıbabagiller (*Lamiaceae*) familyasına ait bitkiler için önemli bir gen merkezi konumundadır. Bu familya, ülkede 45 cins, 546 türe ve toplamda 731 taksona kadar çeşitlilik göstermektedir (Başer, 1994). Bu biyolojik zenginlik, Türkiye'nin taze baharat ticaretinde dünya genelinde güçlü bir yer edinmesine katkı sağlamaktadır. Ticari amaçla doğadan toplanan 347 türün varlığı da bu önemi desteklemektedir (Özçatalbaş, 2018). Taze baharatların antimikrobiyal ve antioksidan etkili bileşikleri genelde esansiyel yağ kısmında bulunmaktadır. Bu bileşiklerce zengin olan familyaların başında ise biberiye, fesleğen, kekik ve nanenin de yer aldığı *Lamiceae* familyası gelmektedir (Pişkin, 2007). Türkiye'nin doğal florasında yer almayan Stevia, son yıllarda yüksek ihracat potansiyeli nedeniyle tarımı yaygınlaşan bir bitki türüdür ve *Asteraceae* familyasına aittir (Özçatalbaş, 2018). Dereotu ise çok eski dönemlerden beri yetiştirilen, maydanozgillerden (*Apiaceae*) olan tek yıllık bir bitkidir (Polatçı ve Taşova, 2017). Maydanoz da dereotu gibi *Apiaceae* familyasından olan, iki yıllık; ilk yıl yeşil aksamını, ertesi yıl ise çiçek ve tohum oluşturan bir bitkidir (Üstüner, 2022). Defne ise, maki florasından olan, *Lauraceae* familyasına ait bir bitkidir (Özer ve diğ, 2019). Dünya baharat ticaretinde Türkiye, Hindistan'dan sonra ikinci ülkedir. 2023 yılında toplam baharat ticareti Hindistan için 83334 ton, Türkiye için ise 39896 ton olarak kaydedilmiştir. Bu iki ülkeyi ise sırasıyla Güney Afrika, Meksika ve Nijerya takip etmektedir (TradeMap, 2023) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: 2023 yılı baharat ticaretinde önce ülkeler (% ton).

Türkiye'nin baharat ihracatı, 2019, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yılında sırasıyla; yaklaşık 38317, 45149, 45644, 39997 ve 39896 ton olarak kaydedilmiştir. Baharat ihracatı 2021 yılında pik yapmış, 2022 ve 2023 yılında kısmen azalarak fakat hala hatırı sayılır bir şekilde devam etmiştir (TradeMap, 2023) (Şekil 2.2). Türkiye, 2023 yılında baharat ticaretinden 126022 \$ gelir elde etmiştir. İhracat yapılan ülkelerin başında yaklaşık 32458 \$ ve 10649 \$ ile Amerika Birleşik Devletleri ve Çin gelmektedir. Bu ülkeleri ise 8824 \$ ve 6449 \$ ile Almanya ve Tayland takip etmektedir (TradeMap, 2023).



Şekil 2.2: Yıllara göre Türkiye'nin baharat ihracatı (ton).

Pseudomonas ve ilgili cinsler, çok çeşitli olağan dışı bileşikleri parçalayabilen aerobik, gram-negatif toprak bakterileridir. Genellikle gelişmeleri için yüksek su aktivitesine ihtiyaç duyarlar ve 5.4'ten düşük pH'larda inhibe edilirler (Rawat, 2015). Minimal teknolojik işlemler; hava, toprak, su, böcekler, hayvanlar, işçiler, hayvanlar, hasat ve

taşıma ekipmanlarından kaynaklanan kontaminasyonu gideremeyebileceğinden dolayı taze tüketilen ürünlerde patojen kontaminasyonu insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır (Adebayo-Tayo ve diğ, 2012). Taze baharatların pH'ı *Pseudomonas* türlerinin gelişemeyeceği bir aralıkta değildir ve pektinolitik aktiviteleri bu ürünlerin esmerleşme olayından sorumlu olan bakteriler olmasına yol açmaktadır (Raposo ve diğ, 2017). *P. syringae* suşları, yaprak lekeleri ve yanıklar, meyvelerde yumuşak çürümeler, solgunluklar ve aşırı büyümeler gibi çeşitli semptomlara neden olarak taze baharatları enfekte eder (Pérez-Martínez ve diğ, 2008). Bir bitki patojeni olarak, konak bitkilerin fotosentez ürünlerini kullanmaya adapte olmuştur (Morris ve diğ, 2007).

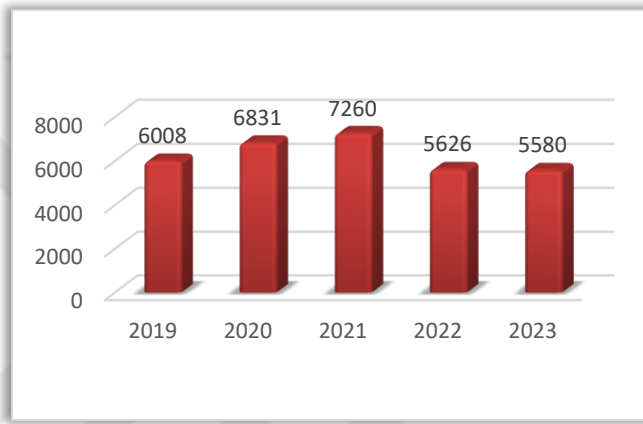
Hasat ve toplama koşulları nedeniyle oluşan yüksek ilk mikrobiyal yük ve kalite özelliklerin hızlı bozulması, taze baharatları sınırlı raf ömrüyle son derece bozulabilir hale getirmektedir (Dimitrakellis ve diğ, 2021). İhraç potansiyeli oldukça yüksek olan bu ürünlerin raf ömrünü çoğaltmak ve ekonomiye olumlu etki sağlamak için, kalite özelliklerini ve insan sağlığını olumsuz etkileyen termal ve kimyasal işlemlere alternatif çözümler bulmak ise oldukça fazla önem taşımaktadır (Soni ve diğ, 2021).

2.1.1 Kekik

Kekik bitkisi *Lamiaceae* familyasında yer almakta olup, çimenlik tarla kıyılarında, orman kenarlarında, çayırarda ve toprak sıcaklığının fazla olduğu kayalık ve dağlık bölgelerde yetişir (Ertürk ve diğ, 2010). Türkiye'de kekik bitkisine ait *Thymus*, *Origanum*, *Satureja*, *Tymbra* ve *Coridothymus* isimli beş cins bulunmaktadır. En çok bulunan tür ise 39 tür ile *Thymus* cinsidir (Bozdemir, 2019). *Origanum* türleri dünya kekik ticareti için önemli bir yere sahiptir ve %90 oranında Akdeniz bölgesinde yayılış gösterir (Başer, 2021). Kekik, taze veya kurutulup baharat olarak kullanılabilir. Bunun dışında bitkisel çaylar ve antiseptik özelliklerinden dolayı, kimyasallara alternatif olarak gıda endüstrisinde kullanılma potansiyeli vardır. Bunun dışında uçucu yağı ise gıda, ilaç ve kozmetik endüstrisinde aroma verici olarak kullanılabilir (Calín-Sánchez ve diğ, 2013). Ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve ticareti yapılan kekik türlerinin ortak özelliği uçucu yağ içermeleri ve bu uçucu yağların ana bileşenlerinin timol ve karvakrol olmasıdır. Bu maddeler kekiğe kendine özgü kokusunu veren ve antioksidan özellik kazandıran fenolik bileşiklerdir (Akbal, 2013). Antioksidan özelliğinin yanı sıra bedeni güçlendirmek, kalp çarpıntısını kesmek ve kandaki şeker miktarını arttırmak gibi sağlığa olumlu etkileri vardır. Solunum yollarını steril etmede,

diş ağrılarında, iştah açmada, ishalde sağlık alanında kullanılmaktadır. Gargara, öksürük şurupları, pastil ve mantar ilaçlarının yapımında da büyük rol oynamaktadır (Bozdemir, 2019).

Kekik ticaretinde, Türkiye öncü bir ülkedir ve dünya kekik ticaretinin yaklaşık %80'inini sağlamaktadır (Yolcu ve Soydaş, 2024). Türkiye 2023 yılında kekik ihracatından toplam 13276 \$ gelir elde etmiştir. En çok ihracat yapılan ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Polonya gelmektedir. Türkiye'de 2019, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla 6008, 6831, 7260, 5626 ve 5580 ton kekik ihraç edilmiştir (TradeMap, 2023) (Şekil 2.3).



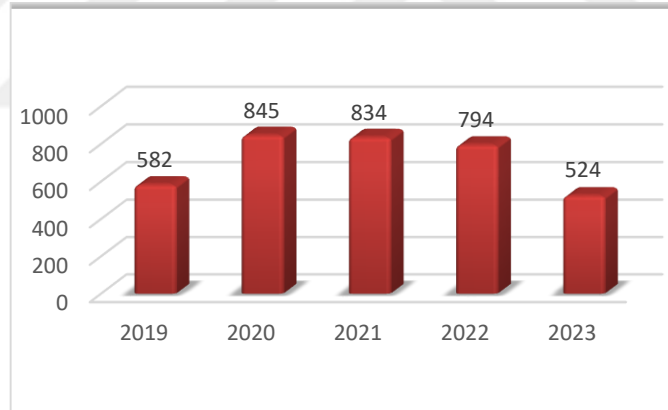
Şekil 2.3: Yıllara göre Türkiye'nin kekik ihracatı (ton).

2.1.2 Biberiye

Tıbbi ve aromatik bitkilerden bir tanesi olan biberiye, Avrupa ve Amerika'da antioksidan olarak kullanıma sunulan tek ticari bitki olmasıyla öne çıkmaktadır (Ayanoğlu ve diğ, 2016). Biberiye, 50-100 cm boyunda, çalı görünümüne sahip, soğukta yaprağını dökmeyen çok yıllık bir bitkidir (Aysel, 2008). Türkiye'nin batı ve güney sahillerinde, özellikle Mersin ve Adana çevresinde, maki bitki örtüsünün bir parçası olarak, orman boşluklarında, tarlalarda ve üzüm bağlarında yaygın olarak görülmektedir (Basmacıoğlu Malayoğlu, 2010). Türkçede kuşdili olarak da bilinen biberiye *Lamiaceae* familyasının bir üyesidir ve tek cinsi *Rosmarinus officinalis*'tir (Odabaş Serin ve diğ, 2017). *Lamiaceae* familyasının üyeleri, içerdiği uçucu yağdan dolayı antibiyotik ve baharat olarak kullanıldıkları, tıp ve kozmetik alanında da yer buldukları için ekonomik bir öneme sahiptir (Taştan ve diğ, 2022). Biberiye, kozmetik endüstrisinde kolonya, losyon ve şampuan yapımında kullanılmaktadır (Soycan Önenç ve Açıkgöz, 2005). Biberiye uçucu yağının antifungal, antioksidan, antitumör ve

sitotoksik aktiviteleri bulunmaktadır (Çınar ve diğ, 2022). Biberiyede yer alan uçucu yağlar, ağırlıklı olarak monoterpenler, seskiterpenler ve diterpenler gibi terpen hidrokarbonlarla, bunların oksijen türevleri olan alkoller, esterler, aldehitler ve ketonlardan oluşur (Yeşilbağ, 2018). Bitkide öne çıkan fenolik diterpenler arasında ise karnosol, karnosik asit ve rosmarinik asit bulunmaktadır (Soycan Önenç ve Açıkgöz, 2005). Uçucu yağları oluşturan bileşiklerin çoğu antioksidan, antimikrobiyal ve antifungal özellik gösterirler (Cunedioğlu ve Üremiş, 2018). En güçlü antioksidan etkiye karnosik asit sahiptir ve bu etki karnosoldan üç kat, BHT ve BHA'dan yeni kat fazladır (Soycan Önenç ve Açıkgöz, 2005).

Biberiye tıbbi ve ekonomik öneminden dolayı Türkiye için ihrac potansiyeli yüksek olan bir bitkidir (Karık ve Tunçtürk, 2019). Türkiye 2023 yılında biberiye ihracatından toplam 2070 \$ gelir elde etmiştir. En çok ihracat yapılan ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Japonya gelmektedir. Türkiye'de 2019, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla 582, 845, 834, 794 ve 524 ton biberiye ihrac edilmiştir (TradeMap, 2023) (Şekil 2.4).



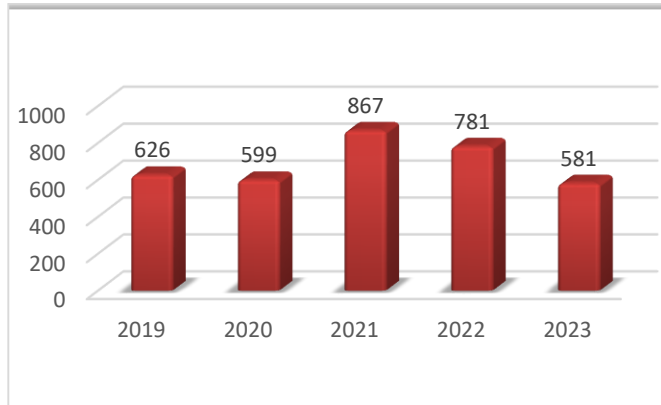
Şekil 2.4: Yıllara göre Türkiye'nin biberiye ihracatı (ton).

2.1.3 Nane

Nane, *Lamiaceae* familyasının *Mentha* cinsine ait, çok yıllık, 30-150 cm boyunda ve içerdiği eterik yağlar, mentol ve tanen bakımından büyük öneme sahip olan güzel kokulu otsu bir bitkidir. Türkiye'de *M. arvensis* L., *M. piperita* L., *M. spicata* L., *M. pulegium* L., *M. aquatica* L., *M. longifolia* L. ve *M. suaveolens* Ehrh. olmak üzere 7 türü mevcuttur (Yılmaz ve Taşkaya, 2021). Nane yağı; karvon, limonen ve 1,8- sineol içermektedir (Oktay ve Artık, 2021). Karvon, ekonomik bir bileşiktir ve tatlandırıcı, koku verici, inhibitör olarak ve tıp alanında kullanılmasının yanı sıra antimikrobiyal

etkiye de sahiptir (Başyigit ve Çam, 2017). *M. piperita* dünyada uçucu yağından en çok yararlanan nane türüdür (Büyükbayraktar, 2014). Türkiye’de daha çok baharat olarak kullanılan ve uçucu yağı karvon bakımından zengin tür olan *M. spicata* türünün kültürü yapılmaktadır ve bu üretimin çoğu baharat olarak tüketilmektedir (Can ve Katar, 2020). *M. arvensis* ve *M. piperita* türlerinin uçucu yağlarında yüksek miktarda mentol bulunması nedeniyle, bu bitkiler Çin, ABD ve Hindistan gibi ülkelerde tarımsal üretim için tercih edilmektedir. Karvon bakımından zengin olan *M. spicata* ve *M. gracilis* türleri ise baharat olarak kullanımlarının yanı sıra, özellikle gıda, sakız ve temizlik ürünleri üretiminde de yaygın şekilde değerlendirilmektedir (Dualı, 2010). Ilıman iklimleri seven nane, taban suyu yüksek olan yerlerde ve sulanabilen kurak bölgelerde yetiştirilmektedir (Büyükbayraktar, 2014). Nane bitkisi, tıbbi özellikleri arasında spazm giderici, gaz söktürücü, serinletici ve uyarıcı etkileriyle dikkat çekmektedir. Ayrıca, baharat olarak ve bitki çayları formunda yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Özgüven ve Çalışkan, 1999).

Yetiştiriciliği yapılan *M. spicata*, *M. arvensis* ve *M. piperita* türleri büyük ekonomik öneme sahiptir (Demirer Durak ve diğ., 2022). Türkiye 2023 yılında nane ihracatından toplam 2139 \$ gelir elde etmiştir. En çok ihracat yapılan ülkeler arasında Almanya, Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere gelmektedir. Türkiye’de 2019, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla 626, 599, 867, 781 ve 581 ton nane ihraç edilmiştir (TradeMap, 2023) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Yıllara göre Türkiye’nin nane ihracatı (ton).

2.1.4 Fesleğen

Fesleğen, *Lamiaceae* familyasına ait, kökeni İran, Güney Asya ve özellikle Hindistan’a dayanan, hoş kokulu bir bitkidir. Genellikle Akdeniz ve sıcak iklim bölgelerinde doğal olarak yetişen fesleğen, özellikle Fransa, İtalya ve İspanya’da da

kültürü yapılmaktadır (Karakuzu, 2015). Gıda endüstrisinde, baharat olarak veya uçucu yağıyla alkolsüz içecekler, fırın ürünleri, şekerlemeler, dondurmalar, sirkeler, et ve çeşni ürünlerinde kullanıldığı gibi, parfümeri sektöründe de yer almaktadır (Erken ve diğ., 2009). Tıp alanında ise baş ağrısı, kaygı ve böbrek yetmezliği gibi rahatsızlıkların tedavisinde tercih edilmektedir (Yaldız ve Çamlıca, 2020). Fesleğen ya da reyhan olarak bilinen *Ocimum basilicum* L. türü, Türkiye'de doğal olarak yetişmemekle birlikte, özellikle Batı ve Güney Anadolu'da bahçelerde yetiştirilmektedir (Karaca ve diğ., 2017). *Ocimum* türleri içinde fesleğen en fazla ekonomik öneme sahip olan ve kimyasal olarak geniş varyasyon gösteren bitkidir. Zengin bir kimyasal varyasyon göstermesi onun linalool, sitral, metil sinamat vb. gibi bazı bileşenlerin elde edilmesinde rol oynamasına neden olmuştur (Yaldız ve diğ., 2017). Fesleğenin yaprak uçucu yağı öjenol, ürosolik asit, karvakrol, linalool, limatrol, karyofilen içerir. Bunun yanında tohum uçucu yağı ise yağlı asitler ve sitosterolden zengindir (Barcın Güzeldere, 2022). Fesleğen bitkisi, insan beslenmesinde özellikle protein sentezi ve hastalıklara karşı direnci artıran temel enzim sistemlerinde önemli bir rol oynayan mikro besin maddelerini içermektedir (Daşgan ve diğ., 2022).

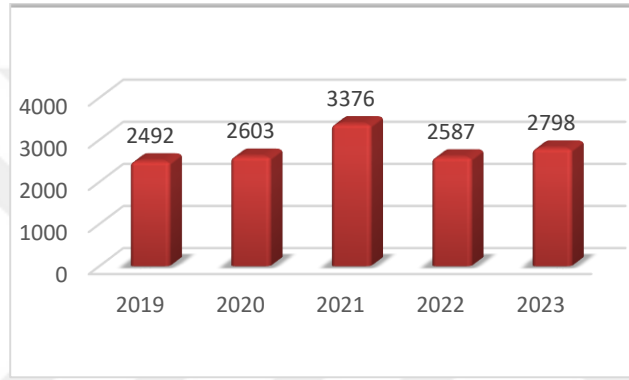
Türkiye'de fesleğen yetiştiriciliği daha çok baharat ve süs amaçlı yapılmakta, ticari potansiyeli yeterince değerlendirilmemektedir (Yaldız ve diğ., 2017).

2.1.5 Maydanoz

Maydanoz, *Apiaceae* familyasına ve *Petroselinum* cinsine ait iki yıllık bir kültür bitkisidir. Maydanoz olarak bilinen *P. crispum* kullanım alanları en geniş olan sebze türüdür ve insan beslenmesinde taze, kurutulmuş ve garnitür olarak kullanımı oldukça yaygındır (Üstüner, 2022). Maydanozun özellikle kanser ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkileri, içerdiği çeşitli antioksidanlardan ve askorbik asit gibi antioksidan vitaminlerden kaynaklanmaktadır (Polatçı ve Aksüt, 2020). Gıda maddesi ve baharat olarak kullanımının yanı sıra, ilaç ve parfümeri sanayinde de kullanılmaktadır (Saatçı Mordoğan ve diğ., 2018). Maydanoz ve özellikle tohumları önemli oranda eterik yağ içermektedir. Yapraklarında limonen, öjenol gibi uçucu yağlar, miristisin, luteolin gibi flavonoidler, furanokumarin, sabit yağ ve oleoresin, protein, klorofil ve glikozit; köklerinde ise uçucu yağ, şeker, müsilağ ve glikozit bulunmaktadır. Yaprakları ayrıca vitamin, demir, potasyum, kükürt, kalsiyum,

magnezyum ve klorin yönünden zengindir (Altunbaş ve Türel, 2009). Ülkemizde en çok üretim Hatay ilinde gerçekleştirilmektedir (Tok ve Kurt, 2019).

Kökeni Akdeniz olarak kabul edilen maydanozun yaprağı yenilen sebzeler arasında önemli bir yeri vardır ve ekonomik anlamda ticari maydanoz üretimi de gün geçtikçe artmaktadır (Varhan ve Bozkurt, 2021). Türkiye 2023 yılında maydanoz ihracatından toplam 1846 \$ gelir elde etmiştir. En çok ihracat yapılan ülkeler arasında Romanya, Polonya ve Bulgaristan gelmektedir. 2019, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla, 2492, 2603, 3376, 2587 ve 2798 ton maydanoz ihraç edilmiştir (TradeMap, 2023) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Yıllara göre Türkiye'nin maydanoz ihracatı (ton).

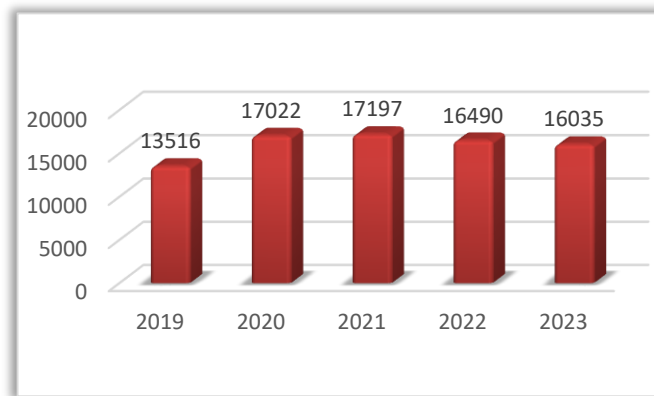
2.1.6 Dereotu

Dereotu olarak bilinen *Anethum graveolens*, Apiaceae familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. Kökeni Asya olarak kabul edilen dereotu, Akdeniz havzasında da doğal olarak yetiştiğinden, en önemli üretici ülkeleri Hindistan ve Pakistan'dır. Ülkemizde ise doğal olarak yetişmesinin yanı sıra, bahçelerde de sık sık yetiştirilen bir bitkidir (Bezli, 2020). Dereotu uçucu yağı gıda ve içeceklerle aroma vermek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Uçucu yağı karvon, limonen ve önemli miktarda α -fellandren içermektedir (Elik ve diğ., 2014). Dereotu aromatik bir bitkidir ve çorbaları, sosları, salata ve deniz ürünlerini tatlandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılır. Bunun dışında antik çağlardan beri hint alternatif tıpi ilaçlarında kullanılmaktadır (Yaldız ve Çamlıca, 2019). Dereotunun ayrıca antibakteriyel, antioksidan, kolesterol düşürücü etkileri de vardır (Ekin ve diğ., 2024).

2.1.7 Defne

Defne bitkisi, eski zamanlardan beri lezzet arttırıcı gıda maddesi, ağrı kesici ve iltihap azaltıcı ilaç olarak kullanılmaktadır (Yılmaz ve Oral, 2022). Defne bitkisi antiseptik özelliğinden dolayı bütün vücut parazitlerine ve özellikle mantar hastalığına karşı etkilidir. Hücreleri yenileyerek genç bir görünüm kazandırma özelliği de vardır (Özer ve diğ, 2019). Bunların dışında defne meyvesindeki antosiyanin gıda, ilaç ve kozmetik sanayisinde doğal boyar madde olarak kullanılmaktadır (Karık ve diğ, 2015). Ek olarak, yaprağı ve meyvesinden elde edilen defne yağı ve kremi; şampuan ve sabun yapımında kullanılmaktadır (Reyhanoğlu ve Özcan, 2021). Defne uçucu yağın ana bileşeni ise 1.8-sineol olarak bilinmektedir (Kılıç Pekgözlü ve diğ, 2018). Türkiye’de hem iç pazarda bulunan hem de ihracata yönelik toplanan defne türü, Akdeniz defnesi olarak bilinen *Lauris nobilis*’tir ve yağışı yeterli, nemli ve güneşli iklimlerde gelişmektedir (Yılmaz ve Çiftçi, 2021). Akdeniz defnesi, ağaçlık ya da bodur durumunda, bazen 10 m’ye kadar uzayabilen yuvarlak tepeli, sık dallı ve yaprak dökmeyen bir ağaçtır (Karık ve diğ, 2015). Her zaman yeşil olduğundan dolayı Antik Yunan mitolojisinde ölümsüzlük sembolü olarak yer almaktadır (Gökşen ve diğ, 2022). Türkiye’de Hatay’dan başlayarak Kuzeydoğu Karadeniz’e kadar bütün kıyılarda, küme ve gruplar halinde yayılış gösterir (Şafak ve Okan, 2004).

Defne, Türkiye’nin iç ve dış pazarında önemli bir yere sahiptir, iç pazarda özellikle Hatay ilinin sembolü haline gelmiştir (Koçer ve Ayanoğlu, 2021). Türkiye 2023 yılında defne yaprağı ihracatından toplam 49128 \$ gelir elde etmiştir. En çok ihracat yapılan ülkeler arasında Çin, Tayland ve Amerika Birleşik Devletleri gelmektedir. Türkiye’de 2019, 2020, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla, 13516, 17022, 17197, 16490 ve 16035 ton defne yaprağı ihraç edilmiştir (TradeMap, 2023) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Yıllara göre Türkiye’nin defne yaprağı ihracatı (ton).

2.1.8 Stevia

Stevia rebaudiana Bertoni, Paraguay ve Brezilya'da yetişen yabani, küçük bir çalı türüdür. Bazı türleri 2300-2900 m'ye kadar ulaşabilen ama genellikle 60-90 cm boyunda olan, nemli ortamları seven ve kökeni Güney Amerika olarak kabul edilen bir bitkidir (İnanç ve Çınar, 2009). Stevia tatlandırıcısı, sakkaroz göre 250-300 kat daha fazla tatlı olması özelliği nedeniyle tüm sıcak-soğuk içeceklerde, reçel, komposto, muhallebi vb. gibi kaynatılarak pişirilen yiyeceklerde, pasta, kek gibi unlu mamullerde ve şekerleme sanayide sıklıkla kullanılmaktadır (Kondak ve diğ, 2016). Steviol glikozitler, stevia bitkisine tatlı tadını veren bileşenlerdir ve bu bileşenler yalnızca stevia türünün iki üyesinde bulunur. Genellikle tropikal iklimlerde yetişen stevia, Türkiye'de doğal olarak yayılmamaktadır; ancak Akdeniz iklimine sahip bölgelerde üretimi yapılmaktadır (Güler, 2019). Stevia yaprakları, steviol glikozitlere ek olarak antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip fenolik bileşikler, C vitamini, karotenoidler ve klorofilleri yüksek miktarda içerirler ve yaprak ekstresi doğal antioksidan olarak kullanabilme potansiyeline sahiptir (Karagöz ve Demirdöven, 2017).

2.2 Plazma Aktive Su (PAS)

Plazma, son yıllarda çeşitli uygulamalar için kullanılan yeni teknolojilerden biridir. Plazma maddenin dördüncü hali olarak da bilinmektedir. Kovalent bağları kırmak ve bazı reaksiyonları başlatmak için yeterli enerjiye sahip elektronlar, iyonlar, radikaller, aktif türler ve UV radyasyonu gibi çok çeşitli parçacıklar içermektedir (Mir ve diğ, 2016). Fakat plazma teknolojisi, bitkilerin üzerinde eşit bir şekilde hareket etmek için yeterince esnek değildir. Ayrıca uygunsuz uygulamalar sonucu bitki yüzeyine zarar verebilmektedir (Guo ve diğ, 2021). Suyun plazma maruz kalması durumunda, RONS ve diğer aktif türler su arayüzüne geçer, kimyasal olarak değiştirilmiş bir su olan PAS ortaya çıkar. Suda çözünen bu maddeler nispeten kısa ömürlü olduğu için de suda kalıntı gibi bir durum söz konusu değildir (Lin ve diğ, 2019). RONS ve düşük pH'ın birlikte çalışması sonucu ise PAS uygulamasının bakterisidal etkisi ortaya çıkar (Chamorro ve diğ, 2023).

Taze baharatlar, genellikle yüksek kontaminasyon riski taşıyan dere yatakları ve tarlalar gibi alanlarda kurutulmaktadır. Baharattaki mikroflora, ürünlerin raf ömrünü kısaltmakta, bozulmaya ve tüketicilerin gıda kaynaklı hastalık geçirmesine sebep

olmaktadır (Nasar-Abbas ve Halkman, 2003). PAS, plazma işleminin etkisini sağlamak ve doğrudan bitkiler üzerinde hareket etmek için esneklik ve güvenlik avantajlarına sahiptir (Guo ve diğ, 2021). Taze ürünler için bazı dezenfeksiyon yöntemleri, ürünlerde kalıntı bırakabilen ve tüm mikrobiyal yükleri etkisiz hale getirmek için yeterli olmayabilen klor çözeltileri gibi kimyasal maddelerin kullanımını içerir (Bermúdez-Aguirre ve diğ, 2013). PAS, ürünlerde herhangi bir kalıntı kimyasal bırakmadığından ve bazı geleneksel kimyasal dezenfektanlara kıyasla daha çevre dostu kabul edildiğinden, taze baharatlar için klorlu suda yıkamaya umut verici bir alternatif sunabilir (Laurita ve diğ, 2021).

2.2.1 PAS üretimi

Soğuk plazmanın üretimi için çeşitli yöntemler kullanılır; bunlar arasında elektrik alanları, manyetik alanlar, mikrodalga frekansları ve radyo frekansları bulunmaktadır. Korona deşarjları, atmosferik plazma jeti ve dielektrik bariyer deşarjı da soğuk plazma üretimi için kullanılabilir (Asghar ve diğ, 2022). Plazma üretiminin en yaygın yöntemi, harici bir elektrik alanı kullanılarak nötr bir gazın elektriksel olarak yüklenmesini içeren elektrik alanlarıdır. Plazmadaki enerji, diğer parçacıklarla çarpışarak elektrik alanda bulunan yüklü taşıyıcıların ivmelenmesiyle birleşir (Özdemir ve diğ, 2024). Tüm bu deşarjların başlatılması ve sürdürülmesi, belirli elektrik veya elektromanyetik alanların etkisiyle elektronların çarpışmasıyla gerçekleşir (Asl ve diğ, 2021).

Dielektrik bariyer deşarj ile plazma, iki metal elektrot arasına uygulanan yüksek voltaj ile üretilir. Elektrotlardan biri veya her ikisi de polimer, cam, kuvars veya seramik gibi dielektrik bir malzeme ile kaplanmıştır (Özdemir ve diğ, 2024). Dielektrik bariyer deşarj, düzgün ve kararlı plazma üretme yeteneğine sahiptir. Bu deşarjı sürdürmek için ise 50 Hz ile 1 MHz arasında değişen frekanslara ve 1-100 kV arasında voltajlara ihtiyaç vardır (Mastanaiah ve diğ, 2013). Ancak her plazma kaynağının ve cihazının kendine özgü avantajları ve dezavantajları olduğunu söylemek mümkündür. Dielektrik bariyer deşarj, büyük bir elektrot yüzey alanına sahiptir ve reaktif türleri etkili bir şekilde suya aktarabilir fakat plazma üretmek için gaza uygulanan elektrik alanı, yüksek enerjili elektronlar üretmek için güçlü olmalıdır (Malahlela ve diğ, 2024).

Plazma jet cihazı, iki eş merkezli elektrot ve elektrotlar arasından geçirilen bir gaz veya gaz karışımından oluşur. İç elektrot yüksek frekansa maruz bırakılır ve elektrotlar

arasında 100-250 V seviyesinde bir potansiyel fark oluşturularak gaz ve gaz karışımının iyonize olması sağlanır (Özdemir ve diğ, 2024). Uygulama kolaylığı, küçük plazma boyutlarına uyumluluğu ve dar boşluklara nüfuz edebilme özellikleri gibi avantajları mevcuttur fakat bununla birlikte yüksek sıcaklıklara ulaşabildiğinden dolayı numuneye zarar verebilmektedir (Aydın ve diğ, 2023).

Korona deşarjı ile üretilen plazma, bir elektrot çevresinde yüksek voltaja sahip elektrik alanının oluşturulmasıyla, çevresindeki gazların atomlarındaki veya moleküllerindeki elektronları iyonize eden plazma ifade eder. Tasarımının basit ve nispeten az maliyetli olması gibi avantajları mevcuttur fakat homojen özelliklere sahip olmaması nedeniyle tekdüze uygulama yapılmasını sınırlar (Özdemir ve diğ, 2024).

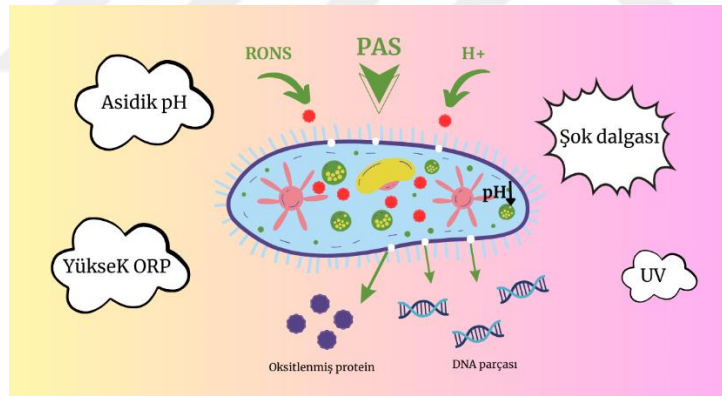
Radyo frekansı yöntemiyle plazma üretiminde, bir radyo frekansı üreticisi, iki metal elektrot ve içi gaz dolu bir ortama ihtiyaç vardır. Elektrotlardan biri radyo frekansı güç kaynağına bağlanır ve diğeri topraklanır. Elektrotlar arasında oluşan potansiyel fark gazın iyonize olmasını sağlar (Mollakhalili-Meybodi ve diğ, 2021). Mikrodalga ile plazma, yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar kullanılarak üretilir. Mikrodalga enerjisinin ürettiği ısı, gaz molekülleri tarafından emilerek gaz moleküllerinin çarpışmasını artırır ve gaz moleküllerinin iyonlaşmasına neden olur (Özdemir ve diğ, 2024). En büyük avantajı elektrota ihtiyaç duymaması ve geniş alanları dekontamine edebilme potansiyelidir (Aydın ve diğ, 2023).

Dielektrik bariyer deşarjı ve plazma jetler, daha basit tasarımları ve farklı hedefler ile işlem koşullarına uyum sağladıkları için plazma üretmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Bourke ve diğ, 2018). Plazma jet ile karşılaştırıldığında, dielektrik bariyer deşarj taze ürünler için daha uygundur çünkü RONS doğrudan kapalı pakete bırakabilir (Asghar ve diğ, 2022). PAS; su, hava ve elektrik kullanılarak üretilir (Sharma ve diğ, 2021). Suda plazma deşarjı ve su yüzeyinin üzerinde plazma deşarjı olmak üzere iki farklı üretim modunda üretilebilir. Suda plazma deşarjının enerji verimliliği sınırlamasından dolayı verimliliği arttırmak için plazma sıvı yüzeyinin üzerinden deşarj edilir ve reaktif türler sıvı fazına aktarılır (Ma ve diğ, 2015). PAS, uygulama görmemiş suya göre daha düşük pH, yüksek iletkenlik ve yüksek oksijen indirgeme potansiyeli (ORP) gösterir ve üretilen reaktif türler ile birlikte bakterisidal etki sağlar (Soni ve diğ, 2021).

2.2.2 PAS uygulamasının inaktivasyon mekanizması

PAS'yun mikrobiyal inaktivitesi genel olarak kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan reaktif türlerinin, hücrenin oksidatif strese girmesine yol açmasıyla açıklanabilmektedir (Dimitrakellis ve diğ, 2021). Gaza yüksek voltaj veya başka bir enerji girişi uygulandığında, ilk olarak reaktif türler üretilir ve gaz fazında bulunur. Daha sonra üretilen türlerin bir kısmı gaz-sıvı arayüzüne iletilir ve ardından suya nüfuz eder (Zhou ve diğ, 2020). Kullanılan gaz karışımları, oksijen (O_2), azot (N_2), hidrojen (H) ve karbon dioksit (CO_2) gibi normal atmosferik gazlar ile helyum (He) ve argon (Ar) gibi soy gazları içerebilir (Kandemir ve diğ, 2020). PAS içeriğinde bulunan reaktif türlerin türü ve konsantrasyonu, plazma oluşturmak için kullanılan gazlara ve sıvılara bağlıdır. Kimyasal ortama, voltaja ve üretim moduna bağlı olarak reaktif RONS oluşur (Thirumdas ve diğ, 2018). Sulu çözeltilerin atmosferik plazmalara maruz kalması, biyolojik olarak aktif olan ve antimikrobiyal etki gösteren hidrojen peroksit (H_2O_2), ozon (O) ve hidroksil radikalleri gibi reaktif türlerin üretilmesiyle sonuçlanır (Kutlu ve diğ, 2018). Bu reaktif türlerin oluşması gaza voltaj uygulanması ile başlar. Gaz fazında hidroksil ($OH^\cdot$) ve azot dioksit (NO_2) gibi türler oluşur ve sıvı faza aktarılır. Gaz-sıvı ara fazında ise $\bullet O_2^-$, $\bullet NO$, NO_2 , hidrojen (H), hidronyum (H_3O^+), nitroz asit (HNO_2), nitrit asit (HNO_3), H_2O_2 , peroksinitroz asit ($ONOOH$), peroksinitrit anyonlar ($ONOO^-$), peroksinitrit asit ($OONOOH$) oluşarak suyun özelliklerini değiştirir (Sharma ve diğ, 2021). Bu reaktif türler suda çözünür ve bakteri hücresine sızarak mitokondriyal solunumu inhibe ederek DNA hasarına neden olur (Xu ve diğ, 2016). Bu reaktif türlerin suda çözünmesi, pH'ı düşürülmüş, ORP ve elektriksel iletkenliği yükselmiş kimyasal olarak değiştirilmiş bir su ile sonuçlanır. pH'daki azalma, suda nitroz (N_2O) ve HNO_3 oluşumu nedeniyle meydana gelirken, yüksek ORP asidik radikaller, $ONOO^-$, H_2O_2 ve O birleşiminin bir sonucudur. Yüksek elektriksel iletkenlikten ise H^+ , NO_2 ve NO_3 gibi inorganik iyonlar sorumludur (Rathore ve diğ, 2023). Yüksek ORP, mikrobiyal hücrelerin dış ve iç zarlarına zarar verebilme potansiyeline sahiptir ve bu da PAS uygulamasının etkinliğini ortaya çıkartır. Elektriksel iletkenlik ise PAS içindeki aktif iyonların seviyesini tespit etmek için önemli bir indikatördür (Ma ve diğ, 2016). Bu iyonlar, su molekülleri ve plazma elektronları arasındaki kimyasal reaksiyonlardan türetilen RONS ve diğer reaktif kimyasal türlerin varlığıyla ilişkilendirilmektedir (Chamorro ve diğ, 2024).

İnaktivasyon mekanizmasının etkinliğini etkileyen çok fazla faktör vardır. Bu faktörlerden en önemlisi proses koşullarıdır. Kullanılan güç, voltaj, gazın türü ve akış hızı, plazmanın üretim şekli ve aktivasyon süresi oldukça önemlidir. Proses koşullarının yanında, mikroorganizmanın karakteri ve kullanılan su da çok önemlidir. Bu parametrelerin maksimum inaktivasyon almak için optimum şekilde ayarlanması gerekmektedir (Zhao ve diğ., 2020). Pemen ve diğ. (2017) tarafından yürütülen bir çalışmada, 20 dakika aktivasyon süresiyle ve 90 W güçte 0.8 log kob/g azalma tespit etmiştir. Bu azalma 120 ve 150 W güçte ise 8 log kob/g'dan fazla olarak raporlanmıştır. Qi ve diğ. (2018) tarafından yürütülen bir çalışmada ise voltajın etkisi araştırılmıştır. 6'dan 12 kV'ya kadar olan voltaj arttırımında, inaktivasyonun doğrusal olarak arttığı tespit edilmiştir. Rowan ve diğ. (2007) tarafından yürütülen başka bir çalışmada ise dört farklı çalışma gazı karşılaştırılmıştır ve *Bacillus cereus* endosporlarının inaktivasyonunun en çok oksijen gazında olduğu raporlanmıştır. Ursache ve diğ. (2014) tarafından yürütülen farklı bir çalışmada ise Gram (+) bakteri için 60 dakikadan sonra yalnızca 2.48 log kob/g azalma gözlenirken, bu azalmanın Gram (-) bakteri için 15 dakikada 5 log kob/g'dan fazla olduğu raporlanmıştır.



Şekil 2.8: PAS uygulamasının inaktivasyon mekanizması.

PAS inaktivasyon mekanizmaları dört adımda sınıflandırılabilir. İlk önce PAS'da bir dizi birincil ve ikincil reaktif oksijen türleri (ROS) üretilir, bu da pH'ın düşmesine, elektrik iletkenliğinin artmasına neden olarak mikrobiyal hücrelerde fiziksel strese neden olur. İkinci olarak, PAS'daki ROS, yalnızca hücre duvarındaki peplidoglikanın yapısını bozmakla kalmayan, aynı zamanda hücre zarı üzerinde lipit ve protein peroksidasyonunu başlatarak, zar bütünlüğünün bozulmasına, büzölmeye, çatlaklara veya gözeneklere sebep olur. Üçüncü olarak, hücreyi çevreleyen ortamdaki reaktif türler gözenekler boyunca iç ortama akar ve bu da hücre içi türlerin birikmesine yol

açar. Bu arada, PAS'daki protonlar da hücre içine akabilir ve sonuç olarak hücre içi pH düşer. Dördüncü olarak, hücre içi oksijen türleri, DNA, proteinler, lipitler ve karbonhidratlar dahil olmak üzere bileşenleri oksitleyebilir, bu da DNA'nın ve oksitlenmiş proteinlerin parçalanmasına neden olur ve hücre içi bileşenler, hücre dışına akar ve hücre bütünlüğü bozulur (Zhao ve diğ, 2020). RONS, lipit peroksidasyonu yoluyla bakteri hücre zarlarıyla etkileşime girebilir ve yapıyı bozarak sızıntı, morfoloji değişikliği, DNA hasarı ve proteinlerin işlevsel yapılarının bozulmasına neden olur (Soni ve diğ, 2021). Örnek olarak, OH⁻ hücre zarındaki lipitlere ve proteinlere zarar verebilir ve O₂ lipit oksidasyonunu tetikleyebilen yüksek bir oksidasyon potansiyeline sahiptir (Zhao ve diğ, 2021). Sonuç olarak, yapılan çalışmalarda PAS'yun inaktivasyon mekanizması genel olarak reaktif türlerin, düşük pH'ın, yüksek elektrik iletkenliğinin ve oksitlenme eğiliminin birlikte sinerjik etki yaratması ile ilgili olarak açıklanmaktadır (Şekil 2.8).

2.2.3 PAS uygulamasının gıdalarda mikrobiyal güvenliğe ve kaliteye etkisi

2.2.3.1 PAS uygulamasının gıdalarda mikrobiyal güvenliğe etkisi

PAS ile ilgili çalışmalar tıp ve tarım odaklı başlamış olsa da, gıda üzerine ilk başarılı çalışma taze çilekler üzerinde Ma ve diğ, (2015) tarafından yürütülmüş olan çalışmadır. Bu çalışmada 20 dakika plazma ile aktive eden suyla *S. aureus* inoküle edilen çilekler 15 dakika muamele edilmiş ve 2.3 log kob/g azalma kaydedilmiştir. PAS, esas olarak RONS'un neden olduğu antimikrobiyal mekanizmalar nedeniyle gıda endüstrisi için yeni bir dezenfektan olarak kabul edilmektedir (Shah ve diğ, 2023). Bununla birlikte meyve ve sebzelerin raf ömrünün arttırılması, et ve kabuklu yumurtaların dekontaminasyonu, pestisitlerin azaltılması ve et ürünlerinin kürlenmesi gibi alanlarda çalışmalar yapılmaya devam edilmektedir (Zhao ve diğ, 2019; Qian ve diğ, 2022; Lin ve diğ, 2020, Inguglia ve diğ, 2020).

PAS için inaktivasyon mekanizması oksidatif stres ve fiziksel etkiler olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir. RONS hücrelerde oksidatif strese neden olmaktadır (Zhao ve diğ, 2020). Zhang ve diğ. (2013) tarafından yürütülen bir çalışmada PAS uygulamasının *Staphylococcus aureus* hücrelerindeki etkisi incelenmiştir. Bunun sonucunda oksijen içeriğinin arttığı ve karbon içeriğinin PAS uygulamasından sonra düştüğü rapor edilmiştir. Buna benzer şekilde Shen ve diğ. (2016) tarafından yürütülen bir çalışmada *S. aureus* hücrelerini incelemek için FTIR spektrofotometresi

kullanılmış ve oksidatif streten dolayı hücrelerdeki bağların zayıfladığı rapor edilmiştir. Yusupov ve diğ. (2013) tarafından yürütülen bir çalışmada ise OH, O₃ ve H₂O₂ radikallarının peptidoglukandaki önemli bağları kırma potansiyeline sahip olduğu ve bu durumun hücrenin duvarını yok etmekle sonlandığı rapor edilmiştir. Fiziksel etkiler ise, pH, ORP, UV radyasyonu ve şok dalgaları olarak sıralanabilir. RONS oluşması pH düşmesiyle sonuçlanır ve bu da iç pH'ın düşmesine neden olur. Bu durumda hücrelerin metabolik faaliyetleri sekteye uğrar ve bunun sonucunda hücre ölümü meydana gelir (Zhao ve diğ, 2020). Lukeš ve diğ. (2008) tarafından yapılan çalışmada *Escherichia coli* hücrelerinde inaktivasyonun %30'unun UV radyasyonunun katkılarıyla gerçekleştiği rapor edilmiştir.

PAS uygulamasının özellikle taze ürünlerde hasat sonrası yapılan yıkama işleminde kullanılan çeşitli kimyasallara ve dezenfektanlara ikame bir uygulama olabilme potansiyeli çok yüksektir (Pipliya ve diğ, 2023). Yeşil yapraklı sebzeler, üretimin çeşitli aşamalarında zararlı mikroorganizmalar tarafından kontamine olmaktadır. Bu durum gıda güvenliği için risk oluşturmakta ve raf ömürlerinin kısa olmasına neden olmaktadır (Dimitrakellis ve diğ, 2021). Bu ürünlerin yüzey dekontaminasyonunda şu anda kullanılan diğer yöntemlerle kıyaslandığında, PAS üretimi nispeten basit ve ucuz bir tasarıma sahiptir, uzun bir işleme süresi gerektirmez, toksik kalıntılar üretmez ve yıkama için daha az su gerektirir (Wang ve diğ, 2022). Taze yeşil yapraklı sebzelere benzer olarak taze baharatlar ise minimum düzeyde işlem gören ve genel olarak çiğ tüketilen ürünler arasındadır (Olaimat ve Holley, 2012). Buna rağmen taze baharatlar üzerinde yapılan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Taze yeşil yapraklı sebzelerdeki işlem koşullarına bağlı olarak doğal mikroflora ve hedef patojen üzerindeki etkisi ise tablo olarak sunulmuştur (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1: PAS uygulamasının taze yeşil yapraklı sebzelerin mikrobiyal güvenliğine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Hedef Mikroorganizma	Azalma	Kaynak
Iceberg Marul	Mikrodalga tahrikli deşarj	Distile su	<i>Escherichia coli</i> NCTC 10538	2 log kob/g	Schnabel ve diğ, 2015
	Gaz: Hava	pH: ~ 1.28-1.94	<i>Pseudomonas fluorescens</i> ATCC 13525	1.8 log kob/g	
	Frekans: 2.45 GHz	Örnek miktarı: 10g	<i>Pseudomonas marginalis</i> ATCC 10844	6.1 log kob/g	
	Güç: 1.1 kV	Su miktarı: 200 µL	<i>Pactobacterium carotovorum</i> ATCC 15713	6.1 log kob/g	
	Plazma aktivasyon süresi: 5, 15, 50 s	Süre: 1, 3, 5 dk	<i>Listeria innocua</i> ATCC 33090	3 log kob/g	
Kereviz	Dielektrik bariyer deşarj	Deiyonize su	<i>Listeria monocytogenes</i> strains	0.35-0.57 log kob/g	Berardinelli ve diğ, 2016
	Gaz: Hava Voltaj: 19.15 V	pH: 3.8 Örnek miktarı: 10g Su miktarı: 150 mL Süre: 30, 60 dk			
Ispanak	Dielektrik bariyer deşarj	Distile su	Doğal mikroflora	5.0 log kob/g	Risa Vaka ve diğ, 2019
	Gaz: Hava	pH: ~ 2.3-3.4			
	Frekans: 12 kHz	Örnek miktarı: 5g			
	Voltaj: 9, 10, 11 kV	Su miktarı: 100 mL			
	Güç: 16, 26, 36 V	Süre: 2 dk			
Roka	Plazma aktivasyon süresi: 5, 12.5, 20 dk	NO ₂ ⁻ : 0.01-3 mg/L			Laurita ve diğ, 2021
	pH: 6.0	NO ₃ ⁻ : 0.5-100 mg/L			
		H ₂ O ₂ : 0.1-5.0 mM			
	Korona Plazma	Distile su	Toplam mezofilik bakteri	1.7 log kob/g	
	Gaz: Hava	pH: ~ 6.23-6.12	Psikrotrofikler	2.5 log kob/g	
	Frekans: 5 kHz	Örnek miktarı: 20g	Entero bakteri	3.0 log kob/g	
	Voltaj: 9 kV	Su miktarı: 450 mL			
	Güç: 480 V	Süre: 2, 5, 10, 20 dk			
	Plazma aktivasyon süresi: 4 dk	NO ₂ ⁻ : 30,4 ± 0,9 mg/L			
	pH: 6.7	O ₃ ⁻ : 0,3 ± 0,1 mg/L			
		H ₂ O ₂ : 4,5 ± 0,1 mg/L			

Çizelge 2.1 (devam): PAS uygulamasının taze yeşil yapraklı sebzelerin mikrobiyal güvenliğine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Hedef Mikroorganizma	Azalma	Kaynak
Marul	Dielektrik bariyer desarj Gaz: Hava Frekans: 50 Hz Voltaj: 60 kV Plazma aktivasyon süresi: 4 dk pH: 7.2	Deiyonize su pH: ~ 2.28 Su miktarı: 100 mL + 800 µL (3% H ₂ O ₂)	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC6538	4.95 log CFU/ml	Zhao ve diğ, 2021
Hindiba	Mikrodalga tahrikli desarj Gaz: Hava Frekans: 2.45 GHz Voltaj: 10 kV Güç: 4.3 kW pH: 7.8	Musluk + ClO ₂ suyu pH: ~ 2.0 Süre: 30 s H ₂ O ₂ : 5.61 mg/L NO ₂ ⁻ : 315.83 mg/L NO ₃ ⁻ : 472.8 mg/L	Doğal mikroflora	1.0-5.0 log kob/g	Schnabel ve diğ, 2021
Lahana	Plazma jet Gaz: Hava Güç: 500 V Plazma aktivasyon süresi: 1-15 dk pH: 6.11	Distile su pH: ~2.72-3.08 Örnek miktarı: 1g Su miktarı: 200 ml Süre: 2-15 dk NO ₂ ⁻ : 2000-3500 µmol/L NO ₃ ⁻ : 2000-8000 µmol/L	<i>Escherichia coli</i> ATCC 75922	1.55 log kob/g	Wang ve diğ, 2022
Bebek ıspanak	Plazma jet Gaz: Hava Plazma aktivasyon süresi: 30, 60 s	Distile su Örnek miktarı: 4g Su miktarı: 200 ml Süre: 10 dk PAS 30 dk PAS+PP	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	PAS: 1.54 log kob/g PAS+PP: 4.24-7.07 log kob/g	Liu ve diğ, 2021
Marul	Parıltı deşarj Gaz: Hava Frekans: 100 Hz Voltaj: 2 kV Plazma aktivasyon süresi: 60 dk pH: 5.2	Distile su pH: ~2.81 Örnek miktarı: 40 g Su miktarı: 1000 ml Süre: 1, 5 dk H ₂ O ₂ : 77.8 mg/L NO ₃ ⁻ : 223.4 mg/L	Doğal mikroflora	0.59 log kob/g	Chamorro ve diğ, 2023

Çizelge 2.1 (devam): PAS uygulamasının taze yeşil yapraklı sebzelerin mikrobiyal güvenliğine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Hedef Mikroorganizma	Azalma	Kaynak
Roka	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: He Frekans: 80 kHz Voltaj: 7 kV Plazma aktivasyon süresi: 1-20 dk pH: 6.6	Deiyonize su Örnek miktarı: 10 g Su miktarı: 100 ml Süre: 1, 5, 15 dk H ₂ O ₂ : 0.3 mM NO ₂ ⁻ : 0.15 mM NO ₃ ⁻ : 0.15 mM	Doğal mikroflora <i>Pseudomonas</i> spp.	1.5 log kob/g 2.75 log kob/g	Dimitrakellis ve diğ, 2021
Lahana	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 20 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 10-60 dk	Deiyonize su pH: ~4.66 Örnek miktarı: 5 g Su miktarı: 200 ml Süre: 10 dk	<i>Escherichia coli</i> ATCC 15597	3.48 log kob/g	Perinban ve diğ, 2022
Ispanak	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 20 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 10-60 dk	Deiyonize su pH: ~4.66 Örnek miktarı: 5 g Su miktarı: 200 ml Süre: 10 dk	<i>Escherichia coli</i> ATCC 15597	Tespit seviyesi altı	Perinban ve diğ, 2022
Marul	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 25.8 kHz Voltaj: 20 kV Plazma aktivasyon süresi: 0-10 dk	Distile su Örnek miktarı: 15 g Su miktarı: 700 ml Süre: 1, 3, 5 dk	<i>Pseudomonas fluorescens</i> LZB065 <i>Listeria innocua</i> NCTC 11288	Tespit seviyesi altı 2.4 log kob/g	Patange ve diğ, 2019
Dikenli kabak	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 22.5 kHz Voltaj: 295 V Plazma aktivasyon süresi: 5 dk pH: 6.5	Distile su pH: ~3.1 Süre: 3 dk	<i>Enterobacter aerogenes</i> B 199A	2.52 log kob/g	Joshi ve diğ, 2018

PAS üzerine yapılan çalışmalar taze yeşil yapraklı sebzeler için genelde marul ve ıspanak üzerine odaklanmıştır. Bunun dışında ise kereviz (Berardinelli ve diğ., 2016), roka (Laurita ve diğ., 2021; Dimitrakellis ve diğ., 2021), hindiba (Schnabel ve diğ., 2021), lahana (Wang ve diğ., 2022; Perinban ve diğ., 2022) ve dikenli kabak (Joshi ve diğ., 2018) üzerine yapılan çalışmalar da mevcuttur. Berardinelli ve diğ. (2016) tarafından kereviz üzerinde yapılan çalışmada; *L. monocytogenes* suşları üzerinde uygulama denenmiş ve maksimum azalma olarak 0.57 log kob/g olarak raporlanmıştır. Bunun dışında bu inaktivasyon miktarının sebzenin türüne, depolama süresine ve uygulama süresine bağlı olarak değişebileceğinin altını çizmişlerdir. Liu ve diğ. (2021) ıspanak üzerine yürüttüğü bir çalışmada propilparaben ile PAS uygulamasının sinerjik etkisi incelenmiş ve *E. coli* hücreleri üzerinde 7.07 log kob/g kadar önemli bir azalma sağlanmıştır. Bu durum PAS uygulamasının hurdle etkisi yaratacak başka uygulamalarla kullanılmasının oldukça iyi sonuç vereceğini kanıtlar niteliktedir. *E. coli* hücreleri için bu defa lahana üzerine yürütülen bir çalışmada Wang ve diğ. (2022), inaktivasyon etkinliğinin plazma aktivasyon süresiyle doğrusal bir ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir. Ispanak üzerine Risa Vaka ve diğ. (2019) tarafından yürütülen bir başka çalışmada ise pH'ın aktivasyon süresi ve voltaj artışı ile düştüğü raporlanmıştır. pH'ın düşmesiyle beraber ortamdaki reaktif türlerin varlığı artış göstermiş ve bu durum PAS uygulamasının daha etkin olmasını sağlayarak 20 dakika inaktivasyon süresinde toplam canlı sayısında 5.0 log kob/g gibi önemli bir azalma sağlanmasına yol açmıştır. Aynı şekilde Schnabel ve diğ. (2015) tarafından iceberg marul üzerine yapılan bir çalışmada; *E. coli*, *P. fluorescens*, *P. marginalis* gibi bakteri suşlarında 1.8-6.1 log kob/g azalma sağlandığını rapor etmişlerdir. En çok inaktivasyon etkinliği, 50 saniye plazma aktivasyon süresinde gözlemlenmiş, yazarlar aktivasyon süresiyle inaktivasyon etkinliği arasındaki doğrusal ilişkiyi belirtmişlerdir. Chamorro ve diğ. (2023) tarafından yine marul üzerine yapılan başka bir çalışmada; PAS örneklerinin depolamanın 7. gününe kadar mikrobiyal yükte önemli bir azalma sağladığını fakat 7. günden sonra etkinliğini kaybettiğini raporlamışlardır. Yine Zhao ve diğ. (2021) tarafından marul üzerindeki *S. aureus* hücreleri için yapılan başka bir çalışmada; 4.95 log kob/g gibi önemli bir azalma sağlanmış ve Gram (+) bir bakteri olan *S. aureus*'a karşı bu uygulamanın oldukça etkili olduğu raporlanmıştır.

Çizelge 2.2: PAS uygulamasının taze meyvelerin mikrobiyal güvenliğine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Hedef Mikroorganizma	Azalma	Kaynak
Çilek	Plazma jet Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 10 kHz Voltaj: 18 kV Plazma aktivasyon süresi: 10, 20 dk pH: 7.0	Deiyonize su pH: ~ 3.0 Örnek miktarı: 4 adet Su miktarı: 200 ml Süre: 5, 10, 15 dk	<i>Staphylococcus aureus</i>	1.5-2.25 log kob/g	Ma ve diğ, 2015
Elma	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 7 kHz Voltaj: 6, 8, 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 10 dk	Distile su Örnek miktarı: 100 g Su miktarı: 300 mL Süre: 5 dk	Doğal mikroflora	2 log kob/g	Liu ve diğ, 2020
Kivi	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 8 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 30 dk	Deiyonize su Su miktarı: 1 ml spreylenmiş	<i>Staphylococcus aureus</i>	1.3 log kob/g	Zhao ve diğ, 2019
Elma	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 20 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 10-60 dk pH: 6.31	Distile su pH: ~6.21-4.66 Örnek miktarı: 50 g Su miktarı: 150 ml H ₂ O ₂ : 0.71-3.01 mM O ₃ : 0.71-2.38 mg/L	Doğal mikroflora	1.32 log kob/g	Perinban ve diğ, 2022
Defne meyvesi	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 20 kHz Plazma aktivasyon süresi: 25 dk pH: 6.06	Distile su pH: ~3.60-3.53 Örnek miktarı: 3 g Su miktarı: 1600 ml Süre: 0.5, 2, 5 dk	Doğal mikroflora	1.1 log kob/g	Ma ve diğ, 2015
Armut	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 9 kHz Voltaj: 6, 8, 10 kV	Distile su Süre: 5 dk	Doğal mikroflora	0.65-0.77 log kob/g	Chen ve diğ, 2019

Çizelge 2.2 (devam): PAS uygulamasının taze meyvelerin mikrobiyal güvenliğine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Hedef Mikroorganizma	Azalma	Kaynak
Misket limonu	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 22.5 kHz Voltaj: 295 V Plazma aktivasyon süresi: 5 dk pH: 6.5	Distile su pH: ~3.1 Süre: 3 dk	<i>Enterobacter aerogenes</i> B 199A	3.8 log kob/g	Joshi ve diğ, 2018
Üzüm	Plazma jet Gaz: Hava Voltaj: 8.2 kV Plazma aktivasyon süresi: 30, 60 dk pH: 7.2	Distile su pH: ~4.1 Örnek miktarı: 8 g Su miktarı: 5 ml Süre: 30 dk	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CICC 1374	0.38-0.53 log kob/g	Guo ve diğ, 2017
Portakal	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava, O ₂ , Ar, N ₂ Voltaj: 60 kV Plazma aktivasyon süresi: 2-12 dk pH: 6.8	Deiyonize su pH: ~3.5 H ₂ O ₂ : 1.8 mg/L NO ₂ ⁻ : 3.4 mg/L NO ₃ ⁻ : 38 mg/L	<i>Penicillium digitatum</i> <i>Penicillium italicum</i>	%32	Tan ve diğ, 2024
Kamkat	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 20 kHz Voltaj: 4.5 kV Plazma aktivasyon süresi: 15-60 dk pH: 7.3	Distile su pH: ~4.2 Örnek miktarı: 7 g Su miktarı: 200 ml Süre: 30 dk	<i>Penicillium italicum</i>	0.75-3.3 log kob/g	Guo ve diğ, 2021
Limon	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 40 kHz	Minerali su Örnek miktarı: 3 adet Su miktarı: 250 ml Süre: 1, 2, 3, 4 sa O ₃ : 2.47 mg/L H ₂ O ₂ : 5.3 mg/L NO ₂ ⁻ : 2.64 mg/L NO ₃ ⁻ : 11.92 mg/L	Doğal mikroflora	%75	Rathore ve Nema, 2023

PAS üzerine yapılan çalışmalar çeşitli taze meyveler üzerinde devam etmektedir. PAS uygulamasının gıda üzerindeki etkisi Ma ve diğ. (2015) tarafından taze ilek üzerinde yapılan ilk başarılı çalışmayla birlikte incelenmeye başlanmıştır. Bu alışmada; *S. aureus* bakterisi üzerinde 2.25 log kob/g kadar önemli bir azalma kaydedilmiş ve PAS taze endüstride sıklıkla kullanılan kimyasallarla yıkamaya karşı bir alternatif olarak öne çıkmıştır. Benzer şekilde Zhao ve diğ. (2019) tarafından kivi üzerinde yapılan çalışmada; PAS ile muamele edilmiş örneklerin depolamanın 8. gününde *S. aureus* popölasyonunun kontrol örneğinden 1.8 log kob/g kadar az olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan iki çalışmada *S. aureus* hücrelerinin PAS ile başarılı bir şekilde inaktive olduğunu kanıtlar niteliktedir. Bunun dışında Joshi ve diğ. (2018) tarafından misket limonu üzerine yapılan çalışmada; *E. aerogenes* hücrelerinde 3.8 log kob/g gibi önemli bir azalma kaydedilmiş ve PAS uygulamasının çeşitli mikroorganizmalar üzerinde etkili olabileceği tezi güçlenmiştir. Toplam canlı sayımı için yapılan çalışmalarda ise Rathore ve Nema (2023) tarafından limon üzerinde yapılan çalışmada doğal mikroflorada 4 saat uygulama süresiyle %75 kadar inaktivasyon rapor edilmiştir. 4 saat uygulama süresi oldukça uzun ve endüstri açısından kullanılabilir bir süre olmamasına karşın, Liu ve diğ. (2020) tarafından elma üzerinde yapılan çalışmada 5 dakika uygulama süresiyle toplam sayıda 2 log kob/g azalma kaydedilmiştir. Tan ve diğ. (2024) tarafından yapılan çalışmada PAS uygulamasının sadece bakterilere değil, aynı zamanda küflere karşı da etkili olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada; hava, oksijen, argon ve nitrojen gazı olmak üzere 4 farklı gaz plazma gazı olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda özellikle hava ve oksijen gazının küfler üzerinde öldürücü etkisi olduğunun bunun yanında nitrojen ve argon gazının nerdeyse hiçbir öldürücü etkisi olmadığını rapor etmişlerdir. Oksijen gazının havaya göre daha fazla öldürücü etki gösterdiğini, bunun nedeninin ise oksijen gazı ile üretilen PAS içeriğinde daha fazla RONS bulunması olduğunu öne sürmüşlerdir. Küfler üzerinde yapılan başka bir çalışmada Guo ve diğ. (2021) tarafından kamkat üzerinden yürütölmüştür. Bu alışmada *P. italicum* hücrelerinde 3.3 log kob/g gibi önemli bir azalma kaydedilmiştir. Guo ve diğ. (2017) tarafından yürütölen bir başka çalışmada ise üzüm üzerinde PAS uygulamasının *S. cerevisiae* üzerinde etkisi incelenmiştir ve 60 dakika plazma aktivasyon süresinde 0.53 log kob/g kadar bir azalma kaydedilmiştir.

Çizelge 2.3: PAS uygulamasının diğer gıdaların mikrobiyal güvenliğine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Hedef Mikroorganizma	Azalma	Kaynak
Tofu peyniri	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 40 kHz Voltaj: 5 kV Güç: 750 V Plazma aktivasyon süresi: 30, 60, 90 s	Distile su Örnek miktarı: 5 g Su miktarı: 300 ml Süre: 10, 20, 30 dk	Toplam mikroflora	1.26 log kob/g	Zhai ve diğ, 2019
Düğme mantarı	Plazma jet Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 10 kHz Voltaj: 18 kV Plazma aktivasyon süresi: 20 dk pH: ~ 7.3	Distile su pH: ~ 3.5 Örnek miktarı: 400 g Su miktarı: 500 ml Süre: 5, 10, 15 dk	Toplam mikroflora	1.5 log kob/g	Xu ve diğ, 2016
Ceviz içi	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 20 kHz Voltaj: 19 kV Plazma aktivasyon süresi: 80, 100, 120 s	Deiyonize su Örnek miktarı: 500 g Su miktarı: 1000 ml Süre: 15 dk	Toplam mikroflora	1.15-1.68 log kob/g	Xiao ve diğ, 2023
Yumurta	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 16 kHz Voltaj: 3 kV Güç: 40, 50, 60 V Plazma aktivasyon süresi: 10, 20, 30 dk	Reverse osmosis suyu Örnek miktarı: 1 tane Su miktarı: 100 ml	<i>Salmonella enteritidis</i> ATCC 13076	2.38-5.51 log kob/g	Lin ve diğ, 2019
Taze dana eti	Mikroplazma Gaz: Hava Frekans: 8 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 30 dk pH: 6.8	Deiyonize su pH: ~ 2.6 Örnek miktarı: 10 g Su miktarı: 1 ml H ₂ O ₂ : 116.2 mg/L NO ₂ ⁻ : 2.6 µmol/L NO ₃ ⁻ : 90.4 mg/L	Toplam mikroflora	3.1 log kob/g	Zhao ve diğ, 2020

Taze endüstri için PAS önemli bir potansiyele sahip olsa da, farklı gıdalarda yapılan çalışmalarda mevcuttur. Zhai ve diğ. (2019) tarafından tofu peyniri üzerinde yürütülen çalışmada doğal mikroflorada 1.26 log kob/g kadar azalma kaydedilmiştir. Zhao ve diğ. (2020) tarafından taze dana eti üzerine yürütülen çalışmada 1 ml PAS spreyleme yöntemiyle uygulanmış ve 30 dakika inaktivasyon süresinde doğal mikroflorada 3.1 log kob/g kadar önemli bir azalma kaydedilmiştir. Bu çalışmalar dışında düğme mantarı (Xu ve diğ, 2016), ceviz içi (Xiao ve diğ, 2023), yumurta (Lin ve diğ, 2019) üzerinde yürütülen çalışmalar mevcuttur.

2.2.3.2 PAS uygulamasının gıdalarda kaliteye etkisi

Çalışmalar daha çok mikrobiyal inaktivasyon verimliliğine odaklansa da PAS uygulamasının kalite özelliklerine etkisi de oldukça önemli bir konudur (Liu ve diğ, 2020). Minimum düzeyde işlenmiş gıdalar için fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar nedeniyle yalnızca önemsiz veya çok hafif değişikliklere yol açan teknolojiler gereklidir (Soni ve diğ, 2021). Günümüzde kullanılan termal teknolojiler ve taze endüstri için kullanılan kimyasallar gıda kalitesine zarar vermektedir. PAS uygulaması gıda kalitesine minimum zararla mikrobiyal güvenliği korumayı amaçlamaktadır fakat yine de PAS, RONS içerdiğinden dolayı biyokimyasal ve duyuşal özelliklerinde pozitif ve negatif etkiler olabilmektedir (Rahman ve diğ, 2022). Bu etkiler taze yeşil yapraklı sebzeler, meyveler ve diğler gıdalar olmak üzere üçe ayrılarak tablo olarak özetlenmiştir (Çizelge 2.4, 2.5, 2.6).

pH ve asitlik çoğu gıda için önemli faktörlerdir ve metabolik değişiklikleri gösterir. pH'daki herhangi bir değişiklik tadı, fiziksel özellikleri ve raf ömrünü etkileyebilir. Yapılan çalışmalarda PAS uygulamasının pH'da herhangi bir değişiklik yapmadığı raporlanmıştır (Laurita ve diğ, 2021; Schnabel ve diğ, 2021; Dimitrakellis ve diğ, 2021). Antioksidanlar ise besin öğelerinin ve doku, renk, tat, tazelik ve aroma gibi duyuşal özelliklerin korunmasına yardımcı olur (Herianto ve diğ, 2020). Abouelenein ve diğ. (2022) tarafından roka salatası yaprakları üzerinde yürütülen çalışmada, 20 dakikalık aktivasyon süresi boyunca antioksidan içeriğinde önemli bir artış gözlemlenmemiştir. Vitaminler ise DNA'yı hasardan korur, lipid oksidasyonunu engeller ve bağışıklık sistemini destekler (Pipliya ve diğ, 2023). Özellikle C vitaminin kolay bozulduğu ve insanlar tarafından sentezlenemediği için tüketime kadar dış

etkenlerden ve işleme koşullarından korunması oldukça önemlidir (Santos ve Silva, 2008). Xu ve diğ. (2016) tarafından yürütülen çalışmada PAS uygulamasının düğme mantarlarının C vitamini içeriğinde olumlu etki gösterdiği raporlanmıştır. Renk, aroma, görünüm ve tat, tüketici kabulünü etkileyen en temel duyuşal özelliklerdir (Pipliya ve diğ, 2023). Schnabel ve diğ. (2017) tarafından yürütülen çalışmada PAS ile muamele edilen taze kesilmiş hindiba marulunun görünüm, aroma veya tadında önemli bir değışiklik olmadığını belirtmiştir. Ancak Xu ve diğ. (2016), mantarların beyazlığında bir artış olduğunu ve bunun ROS'un oksitleyici ve ağartma etkilerinden kaynaklanabileceğini raporlamışlardır.

PAS üzerine yapılan çalışmalar oldukça umut verici olsa da kalite özelliklerinde minimum zararı sağlamak adına daha fazla çalışma yapılmalıdır. PAS uygulamasının etkinliğı çeşitli parametrelere bağıdır. Sebzenin türü, kalite özellikleri, plazmanın üretilme şekli, uygulama şekli ve süresi oldukça önemlidir. Çalışmalarda kaydedilen farklı sonuçlar genellikle parametrelerin farklı olmasıyla açıklanabilmektedir. Bu durumda PAS uygulamasının uygulanacak sebzeye göre uygulanması ve en optimum bir şekilde sağlanması önem taşımaktadır. PAS hem mikrobiyal güvenliğı tehlikeye atmayacak şekilde hem de günümüzde kullanılan teknolojilerden farklı olarak kalite üzerinde minimum değışiklik yapacak şekilde uygulanmalıdır.

Çizelge 2.4: PAS uygulamasının yeşil yapraklı sebzelerin kalite özelliklerine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Kalite Özellikleri	Sonuç	Kaynak
Iceberg Marul	Mikrodalga tahrikli deşarj Gaz: Hava Voltaj: 2.45 GHz Güç: 1.1 kV Plazma aktivasyon süresi: 5, 15, 50s pH: 6.06	Distile su pH: ~1.28 Örnek miktarı: 10g Su miktarı: 200 µL Süre: 5 dk	Görüntü	-Marulların görüntüsü 0 ve 8. günler arası kaydedilmiş, kontrol örneğine kıyasla herhangi bir farklılık saptanmamıştır.	Schnabel ve diğ, 2015
Kereviz	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Voltaj: 19.15 V	Deiyonize su pH: 3.8 Örnek miktarı: 10g Su miktarı: 150 mL Süre: 30, 60 dk	Çözünebilir katı miktarı	-Kalite özelliklerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Berardinelli ve diğ, 2016
Ispanak	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 12 kHz Voltaj: 11 kV Güç: 16, 26, 36 V Plazma aktivasyon süresi: 5, 12.5, 20 dk pH: 6.0	Distile su pH: ~ 2.3-3.4 Örnek miktarı: 5g Su miktarı: 100 mL Süre: 2 dk	Renk	-Kontrol gruplarındaki sarılık değeri istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir. Bunun yanında PAS ile muamele edilmiş örneklerin değeri 8 gün boyunca etkilenmemiştir. Uygulamadan hemen sonra PAS ile muamele edilmiş örneklerin parlaklık değeri istatistiksel olarak daha fazladır.	Risa Vaka ve diğ, 2019
Roka	Korona Plazma Gaz: Hava Frekans: 5 kHz Voltaj: 9 kV Güç: 480 V Plazma aktivasyon süresi: 4 dk pH: 6.7	Distile su pH: ~ 6.23-6.12 Örnek miktarı: 20g Su miktarı: 450 mL Süre: 2, 5, 10, 20 dk	pH, su aktivitesi, toplam fenolik ve flavonoid	-Su aktivitesi ve pH değerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. -Fenolik içeriğindeki değişiklik 5 dk ile muamele edilmiş örnekler hariç istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. 5 dk uygulamada küçük bir azalma tespit edilmiştir. -Flavonoid içeriği PAS ile muamele edilmiş örneklerde daha fazla olarak gözlenmiştir.	Laurita ve diğ, 2021

Çizelge 2.4 (devam): PAS uygulamasının yeşil yapraklı sebzelerin kalite özelliklerine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Kalite Özellikleri	Sonuç	Kaynak
Marul	Dielektrik bariyer desarj Gaz: Hava Frekans: 50 Hz Voltaj: 60 kV Plazma aktivasyon süresi: 4 dk pH: 7.2	Deiyonize su pH: ~ 2.28 Su miktarı: 100 mL + 800 µL (3% H ₂ O ₂)	Renk, vitamin C, toplam klorofil	-Kalite özelliklerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Zhao ve diğ, 2021
Hindiba	Mikrodalga tahrikli desarj Gaz: Hava Frekans: 2.45 GHz Voltaj: 10 kV Güç: 4.3 kV pH: 7.8	Musluk + ClO ₂ suyu pH: ~ 2.0 Süre: 30 s	pH, nitrit, nitrat	-Raf ömrünün arttığı rapor edilmiştir.	Schnabel ve diğ, 2021
Ispanak	Plazma jet Gaz: Hava Plazma aktivasyon süresi: 30, 60 s	Distile su Örnek miktarı: 4g Su miktarı: 200 mL Süre: 10 dk PAS 30 dk PAS+PP	Renk, klorofil, çözünebilir katı miktarı, toplam fenolik	-Renk değerlerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. -60 s aktivasyon süresiyle, klorofil, çözünebilir katı miktarı ve toplam fenolik miktarındaki değişiklik PAS ve PAS+PP uygulamaları için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Liu ve diğ, 2021
Marul	Parıltı deşarj Gaz: Hava Frekans: 100 Hz Voltaj: 2 kV Plazma aktivasyon süresi: 60 dk pH: 5.2	Distile su pH: ~2.81 Örnek miktarı: 40 g Su miktarı: 1000 ml Süre: 1, 5 dk	Sertlik, renk	-Kalite özelliklerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Chamorro ve diğ, 2023

Çizelge 2.4 (devam): PAS uygulamasının yeşil yapraklı sebzelerin kalite özelliklerine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Kalite Özellikleri	Sonuç	Kaynak
Roka	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: He Frekans: 80 kHz Voltaj: 7 kV Plazma aktivasyon süresi: 1-20 dk pH: 6.6	Deiyonize su Örnek miktarı: 10 g Su miktarı: 100 ml Süre: 1, 5, 15 dk	Renk, pH	-Renk ve pH değerlerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. -Raf ömrünün 2.5 kat arttığı rapor edilmiştir.	Dimitrakellis ve diğ, 2021
Lahana	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 20 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 10-60 dk	Deiyonize su pH: ~4.66 Örnek miktarı: 5 g Su miktarı: 200 ml Süre: 10 dk	Renk, çözünabilir katı miktarı, klorofil ve karotenoid, toplam fenolik ve flavonoid, askorbik asit	-20 ve 30 dk'lık aktivasyon süresinde kırmızılık değeri istatistiksel olarak önemli artış sergilemiştir. -10, 20 ve 30 dk'lık aktivasyon süresinde toplam çözünür katı miktarı istatistiksel olarak önemli ölçüde artış göstermiştir. -Klorofil miktarı aktivasyon süresi arttıkça azalış göstermiştir. -Karotenoid içeriğinde maksimum artış 30 dakikalık aktivasyon süresinde saptanmıştır. -45 dk'lık aktivasyon süresinde askorbik asit içeriği maksimum artış göstermiştir. -20 dk'lık aktivasyon süresinde toplam fenolik madde ve flavonoid içeriği maksimum azalış göstermiştir.	Perinban ve diğ, 2022
Ispanak	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 20 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 10-60 dk	Deiyonize su pH: ~4.66 Örnek miktarı: 5 g Su miktarı: 200 ml Süre: 10 dk	Renk, çözünabilir katı miktarı, klorofil ve karotenoid, toplam fenolik ve flavonoid	-30 ve 45 dk'lık aktivasyon süresinde kırmızılık değeri istatistiksel olarak önemli artış sergilemiştir. -10 ve 20 dk'lık aktivasyon süresinde toplam çözünür katı miktarı istatistiksel olarak önemli ölçüde azalış göstermiştir. -20 dk'lık aktivasyon süresinde klorofil içeriği maksimum azalış göstermiştir.	Perinban ve diğ, 2022

Liu ve diğ. (2021) tarafından ıspanak üzerinde yürütülen bir çalışmada; propilparaben ile PAS kombine olarak kullanılmış ve kalite özelliklerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık kaydedilmemiştir. Benzer şekilde Chamorro ve diğ. (2023) tarafından marul üzerinde yürütülen bir çalışmada PAS uygulamasının kalite özelliklerine herhangi bir olumsuz etkisi kaydedilmemiştir. Ek olarak, Schnabel ve diğ. (2021) tarafından hindiba üzerinde yapılan çalışmada kalite özelliklerinde herhangi bir değişiklik olmamasına karşın, PAS uygulamasının raf ömrünü arttırdığı belirlenmiştir. Bu çalışmalar dışında kalite özelliklerinin ufak miktarda etkilendiği çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Perinban ve diğ. (2022) tarafından ıspanak üzerinde yürütülen çalışmada klorofil miktarının azaldığı rapor edilmiştir. Bu azalmanın PAS uygulamasının neden olduğu asidik ortamdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yine Perinban ve diğ. (2022) tarafından lahana üzerinde yürütülen çalışmada askorbik asit içeriği artış gösterirken, toplam fenolik ve flavonoid içeriği azalış göstermiştir. C vitamini asidik ortamda daha stabil kalırken, alkali ortamlarda daha çabuk bozulan bir vitamin olduğu için bu durumun normal olduğu düşünülmektedir. Bunun tam tersine Laurita ve diğ. (2021) tarafından roka üzerine yürütülen çalışmada PAS ile muamele edilen örneklerde flavonoid içeriği daha fazla olarak raporlanmıştır. Aynı şekilde roka üzerinde Dimitrakellis ve diğ. (2021) tarafından yürütülen başka bir çalışmada raf ömrünün 2.5 kat arttığı belirtilmiş ve PAS örneklerinin daha fazla dayandığı raporlanmıştır.

Çizelge 2.5: PAS uygulamasının taze meyvelerin kalite özelliklerine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Kalite Özellikleri	Sonuç	Kaynak
Çilek	Plasma jet Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 10 kHz Voltaj: 18 kV Plasma aktivasyon süresi: 10, 20 dk pH: 7.0	Deiyonize su pH: ~ 3.0 Örnek miktarı: 4 adet Su miktarı: 200 mL Süre: 5, 10, 15 dk	Renk, sertlik, pH	-Kalite özelliklerindeki değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Ma ve diğ, 2015
Elma	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava, O ₂ , Ar, N ₂ Frekans: 7 kHz Voltaj: 6-10 kV Plazma aktivasyon süresi: 10 dk	Distile su Örnek miktarı: 100 g Su miktarı: 300 mL Süre: 5 dk	Sertlik, renk, çözünebilir katı miktarı, toplam fenolik ve askorbik asit, antioksidan aktivite	-Depolama aşamasında PAS uygulaması yumuşamayı geciktirmiştir. -Depolama aşamasında PAS uygulaması kararmayı geciktirmiştir. -PAS uygulamasının etkisi toplam fenolik ve askorbik asit içeriğinde ayrıca antioksidan aktivitede istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Liu ve diğ, 2020
Kivi	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 8 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 30 dk	Deiyonize su Su miktarı: 1 ml spreylenmiş	Sertlik, renk, enzimatik aktivite	-Kalite özelliklerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Zhao ve diğ, 2019
Elma	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 20 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 10-60 dk pH: 6.31	Distile su pH: 6.21-4.66 Örnek miktarı: 50 g Su miktarı: 150 ml	Renk, çözünebilir katı miktarı, sertlik, toplam fenolik	-30 dklık aktivasyon süresinde sertlik değeri istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir. -Toplam fenolik miktarında 45 ve 60 dklık aktivasyon süresinde istatistiksel olarak önemli azalma saptanmıştır. -Renk değerlerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Perinban ve diğ, 2022
Defne meyvesi	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 20 kHz Plazma aktivasyon süresi: 25 dk pH: 6.06	Distile su Örnek miktarı: 3 kg Su miktarı: 1600 ml pH: ~3.60-3.53 Süre: 0.5, 2, 5 dk	Sertlik, renk, çözünebilir katı miktarı	-Kontrol örneklerine kıyasla PAS örneklerinde meyve çürümesi gözlenmemiştir. -Sertlik kaybı kontrol örneklerinde daha fazla saptanmıştır. -PAS örneklerinde renk değerleri istatistiksel olarak olumlu bir şekilde etkilenmiştir. -Çözünebilir katı miktarı depolama sırasında PAS örneklerinde istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir.	Ma ve diğ, 2015

Çizelge 2.5 (devam): PAS uygulamasının taze meyvelerin kalite özelliklerine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Kalite Özellikleri	Sonuç	Kaynak
Armut	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 9 kHz Voltaj: 6, 8, 10 kV	Distile su Süre: 5 dk	Sertlik, çözünebilir katı miktarı, toplam fenolik, askorbik asit, antioksidan aktivite	-Çözünebilir katı miktarındaki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. -Kontrol örneklerine kıyasla, PAS örnekleri istatistiksel olarak daha sert kalmıştır. -Toplam fenolik miktarındaki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. -Antioksidan kapasite ve askorbik asit içeriği için PAS örneklerinde istatistiksel olarak önemli azalma saptanmıştır.	Chen ve diğ, 2018
Üzüm	Plazma jet Gaz: Hava Voltaj: 8.2 kV Plazma aktivasyon süresi: 30, 60 dk pH: 7.2	Distile su pH: ~4.1 Örnek miktarı: 8 g Sıvı miktarı: 5 ml Süre: 30 dk	Renk, antosiyanin miktarı	-Kalite özelliklerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Guo ve diğ, 2017
Portakal	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Voltaj: 60 kV Plazma aktivasyon süresi: 2-12 dk pH: 6.8	Deiyonize su pH: ~3.5	Renk, çözünebilir katı miktarı	-Kalite özelliklerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Tan ve diğ, 2023
Kamkat	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 20 kHz Voltaj: 4.5 kV Plazma aktivasyon süresi: 15-60 dk pH: 7.3	Distile su pH: ~4.2 Örnek miktarı: 7 g Su miktarı: 200 ml Süre: 30 dk	Renk, askorbik asit, flavonoid, karotenoid, sertlik	-Kalite özelliklerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Guo ve diğ, 2021
Limon	Dielektrik bariyer deşarj Gaz: Hava Frekans: 40 kHz	Minerali su Örnek miktarı: 3 adet Su miktarı: 250 ml Süre: 1, 2, 3, 4 sa	Renk	-PAS örnekleri, kontrol örneklerine kıyasla daha az olgunlaşma göstermiştir.	Rathore ve Kumar Nema, 2023

Taze meyveler için PAS ile yapılan çalışmalar genellikle sertlik ve renk özelliklerine odaklanmıştır. Müşteri, meyveyi ilk gördüğünde gözüne çarpan şey rengidir ve rengi kötü olan bir meyveye karşı ilgisi hemen azalır. Bunun dışında rengini beğendiği meyveyi ilk eline aldığı anda sert bir doku ile karşılaşması gerekir. Bu durumda taze meyvelerin raf ömrünü arttırmak amacıyla uygulanan uygulamanın özellikle bu iki özelliğe zarar vermemesi gerekmektedir. Buna benzer bir şekilde Rathore ve Kumar Nema (2023) tarafından limon üzerine yapılan çalışmada; PAS ile muamele edilmiş örneklerin daha az olgunlaştığı tespit edilmiştir. Bu durum ise meyvelerin rengini geç kaybetmesine ve geç yumuşamasına neden olmaktadır. Aynı şekilde Ma ve diğ. (2021) tarafından defne meyvesi üzerinde yapılan çalışmada, kontrol örneklerinde çürüme gözlenirken PAS ile muamele edilmiş örneklerde gözlenmemiştir. PAS örnekleri ayrıca kontrol örneklerine kıyasla depolama boyunca daha sert bir şekilde kalmıştır. Benzer şekilde armut üzerinde Chen ve diğ. (2018) tarafından yürütülen çalışmada PAS örneklerinin depolama boyunca daha sert kaldığı rapor edilmiştir. Bunun dışında portakal (Tan ve diğ, 2023), kamkat (Guo ve diğ, 2021), üzüm (Guo ve diğ, 2017), çilek (Ma ve diğ, 2015), kivi (Zhao ve diğ, 2019) üzerinde yürütülen çalışmalarda kalite özelliklerinde herhangi bir değişiklik raporlanmamıştır. Liu ve diğ. (2020) tarafından elma üzerinde yürütülen bir çalışmada PAS uygulaması kararmayı ve yumuşamayı geciktirmiştir. Yine elma üzerinde Perinban ve diğ. (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada 45 ve 60 dakikalık aktivasyon süresinde toplam fenolik miktarında istatistiksel olarak önemli bir azalma kaydedilmiştir. Aktivasyon süresinin artmasıyla beraber kalite özelliklerinin daha fazla etkilendiği söylenebilir. Bunun nedeninin üretilen reaktif türlerin çoğalması ve bu reaktif türlerin mikroorganizmaların makromolekülleri gibi meyvelerin makromoleküllerine zarar vermeye başlaması ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Bu uygulamadan maksimum faydayı sağlamak için optimum parametreler ile uygulamak önem arz etmektedir.

Çizelge 2.6: PAS uygulamasının diğer gıdaların kalite özelliklerine etkisi.

Ürün	Proses Koşulları	PAS	Kalite Özellikleri	Sonuç	Kaynak
Tofu peyniri	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 40 kHz Voltaj: 5 kV Güç: 750 V Plazma aktivasyon süresi: 30, 60, 90 s	Distile su Örnek miktarı: 5 g Su miktarı: 300 ml Süre: 10, 20, 30 dk	Renk	-Aktivasyon ve uygulama süresi arttıkça parlaklık seviyesi artmıştır.	Zhai ve diğ, 2019
Düğme mantarı	Plazma jet Gaz: Ar (%98) O ₂ (%2) Frekans: 10 kHz Voltaj: 18 kV Plazma aktivasyon süresi: 20 dk pH: ~ 7.3	Distile su pH: ~ 3.5 Örnek miktarı: 400 g Su miktarı: 500 ml Süre: 5, 10, 15 dk	Renk, vitamin C	-Kontrol örneklerine kıyasla PAS örneklerinde kararma gecikmiştir. -Vitamin C içeriği istatistiksel olarak önemli bir artış göstermiştir.	Xu ve diğ, 2016
Ceviz içi	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 20 kHz Voltaj: 19 kV Plazma aktivasyon süresi: 80, 100, 120 s	Deiyonize su Örnek miktarı: 500 g Su miktarı: 1000 ml Süre: 15 dk	Çözünebilir protein miktarı, ham yağ, esmerleşme derecesi	-Çözünebilir protein ve esmerleşme derecesi istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir. -Ham yağ miktarındaki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Xiao ve diğ, 2023
Yumurta	Plazma jet Gaz: Hava Frekans: 16 kHz Voltaj: 3 kV Güç: 40, 50, 60 V Plazma aktivasyon süresi: 10, 20, 30 dk	Reverse osmosis suyu Örnek miktarı: 1 tane Su miktarı: 100 ml	Tazelik, kütle kaybı	-Kalite özelliklerindeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.	Lin ve diğ, 2019
Taze dana eti	Mikroplazma Gaz: Hava Frekans: 8 kHz Voltaj: 10 kV Plazma aktivasyon süresi: 30 dk pH: 6.8	Deiyonize su pH: ~ 2.6 Örnek miktarı: 10 g Su miktarı: 1 ml	pH, TBARS, pişirme kaybı, renk	-Kontrol örneklerinin pH değeri PAS örneklerine kıyasla istatistiksel önemli bir artış göstermiştir. -TBARS değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır. -Pişirme kaybı uygulamayla birlikte azalmıştır.	Zhao ve diğ, 2020

PAS ile ilgili taze sebze meyveler dışında tofu peyniri (Zhai ve diğ, 2019), düğme mantarı (Xu ve diğ, 2016), ceviz içi (Xiao ve diğ, 2023), yumurta (Lin ve diğ, 2019), taze dana eti (Zhao ve diğ, 2020) üzerinde yürütülen çalışmalarda mevcuttur. Zhai ve diğ. (2019) tarafından tofu peyniri üzerinde yürütülen çalışmada renk istatistiksel olarak önemli bir şekilde olumlu etkilenmiştir. Aynı şekilde Xu ve diğ. (2016) tarafından düğme mantarı üzerinde yürütülen çalışmada renk değeri olumlu olarak etkilenmiş ve bunun üzerine vitamin C içeriği istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir. Bu olumlu etkilere ek olarak Zhao ve diğ. (2020) tarafından taze dana eti için yürütülen çalışmada pişirme kaybı uygulamayla birlikte azalma göstermiş fakat fazla uygulama süresi etlerde renk kaybına yol açmıştır.





3. MATERYAL VE METOT

3.1 Bakteri Suşlarının Hazırlanması

Çalışma için *P. syringae* pv. *savastanoi*, *P. syringae* pv. *phaseolicola* ve *P. syringae* spp. İstanbul Teknik Üniversitesi kültür stoklarından temin edilmiştir. Nutrient broth (NB)'de 30 °C'de 24 saat inkübe edildikten sonra tryptic soy agar (TSA) (%1,5) (Merck Millipore, Darmstadt, Almanya) besiyerine ekimi yapılmış ve tekrar 30 °C'de 48 saat inkübasyon sonrası kullanıma hazır hale gelmiştir.

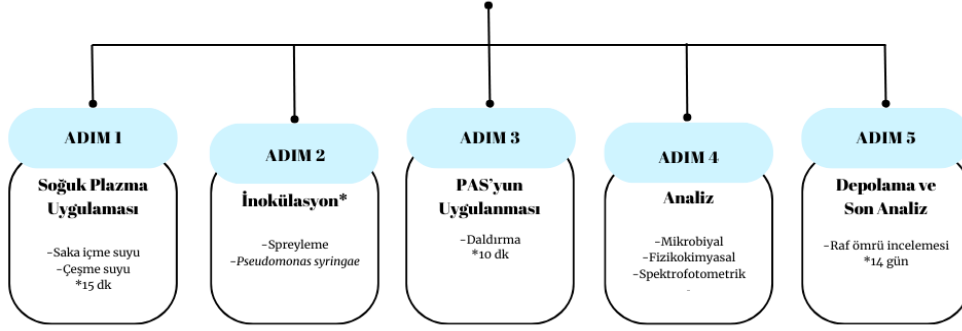
3.2 Taze Baharatların Satın Alınması

Kekik, biberiye, nane, fesleğen, maydanoz, dereotu ve defne yaprağı İstanbul'daki yerel marketlerden temin edilmiştir. Stevia ise botanik şirketlerinden online olarak satın alınmıştır. Homojen bir örnek sağlamak için, taze baharatlar saplarından ayrılmış ve sadece yeşil kısımları analiz için kullanılmıştır.

3.3 Çalışma Yöntemi

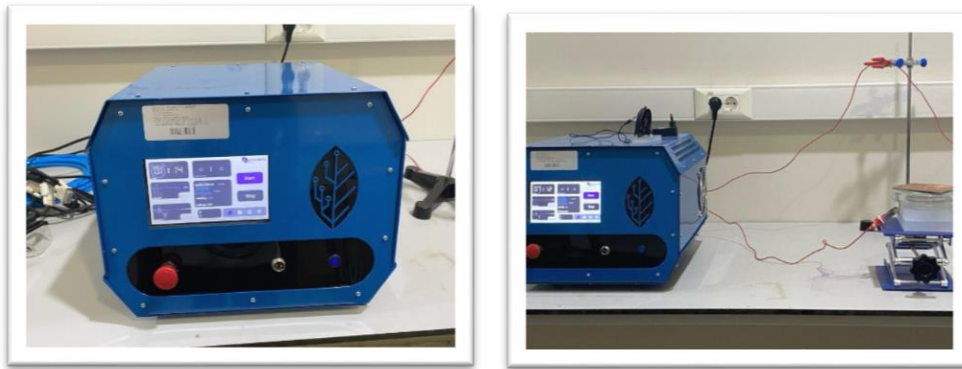
Bu tez kapsamında, PAS uygulamasının kekik, biberiye, nane, fesleğen, maydanoz, dereotu, defne yaprağı ve stevia üzerindeki etkilerini gözlemek amacıyla mikrobiyal, fizikokimyasal ve spektrofotometrik analizler gerçekleştirilmiştir.

PAS uygulamasının taze baharatlar üzerinde etkilerini gözlemek amacıyla, ticari bir markanın içme suyu (Saka™) içme suyu ve İstanbul'da çeşme suyu elde edilmiştir. Bu su örneklerine her seferinde 10 ml olacak şekilde 15 dakika boyunca plazma uygulanmıştır (Şekil 3.2). Taze baharatların 1 g'ına 10 ml PAS, her iki su için ve her örnek için 10 dakika boyunca daldırma yöntemiyle uygulanmıştır. Uygulamadan sonra örnekler oda sıcaklığında kurutularak analize alınmıştır. Ürünlerin kalite analizleri ve doğal mikroflorasına ait analizler 2. adım atlanarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Bu çalışmada izlenecek adımların şematik diyagramı.

Ürünlerin doğal mikroflorası hakkında bilgi sahibi olmak için toplam canlı sayımı inokülasyon olmadan gerçekleştirilmiştir. PAS uygulamasının mikrobiyal etkinliğini gözlemlemek amacıyla hedef bakteriler olarak *P. syringae* pv. *savastanoi*, *P. syringae* pv. *phaseolicola* ve *P. syringae* spp. seçilmiştir ve bu analiz için inokülasyon spreyleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Başlangıç yükü olarak iki farklı yükle çalışılmıştır. Ürünler önlü ve arkalı olmak üzere yaklaşık 5 ml kullanılarak spreylenecek ve oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Daha sonrasında analize alınarak sonuçları kaydedilmiştir. Mikrobiyal analizlerin yanında fizikokimyasal ve spektrofotometrik analizler yapılmıştır. Analiz sonrasında ürünler 14 gün boyunca hava almayacak bir şekilde buzdolabında muhafaza edilmiş ve 0., 7. Ve 14. gün olmak üzere fotoğrafları çekilerek kontrol örneğiyle kıyaslanmıştır. 14. gün sonunda mikrobiyal analizler tekrarlanarak fotoğraflarla birlikte yorumlanmıştır.



Şekil 3.2: Soğuk plazma cihazı ve uygulama.

3.3.1 Soğuk plazma uygulaması

PAS üretimi için İstanbul Üniversitesi, Fizik Bölümü, Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Ana Bilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Sehban KARTAL ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fizik Bölümü, Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Ana Bilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Tamer AKAN'dan destek alınmıştır.

Plazma üretimi laboratuvar ölçekli bir cihazda gerçekleştirilerek, iki farklı su ile çalışılmıştır. Çalışma için klor içeriği nispeten daha az olan Saka™ içme suyu ve çeşme suyu seçilmiştir. Plazma üretim parametreleri (voltaj, frekans, süre, gaz türü vb.) değiştirilerek taze baharatlara uygulanmış ve optimum parametreler ön deneme sonuçlarına göre seçilmiştir. Ön denemeler sonucunda, voltaj 24 V, frekans 2.5 kHz ve aktive süresi olarak 15 dakika seçilmiştir. Çalışma gazı olarak atmosferik hava kullanılmıştır.

3.3.2 İnokülasyon

Her bakteri suşu (*P. syringae* pv. *savastanoi*, *P. syringae* pv. *phaseolicola* ve *P. syringae* spp.) ayrı ayrı 2'şerli olmak üzere 10 ml tryptic soy broth (TSB, Merck, Millipore, Darmstadt, Almanya) içeren tüplerde geliştirilmiştir (30°C, 48 saat). İnkübasyon sonrası bu kültürlerin hepsi tek bir tüpte karıştırıldı ve McFarland Densitometre cihazında peptonlu (%0,1) fizyolojik tuzlu (%0,85) (PFTS) olan cam tüpe steril koşullarda kontrollü bir şekilde aktarıldı ve işleme 0,5 McF olana kadar devam edildi. İşlem sonrasında cam tüpün mikrobiyolojik yükü 10^8 kob/L olarak kabul edildi. Daha sonrasında bu cam tüpten seyreltimler yapılarak başlangıç yükü 10^6 ve 10^4 kob/L olan solüsyonlar elde edildi. Bu solüsyonlar steril sprey şişelerine aseptik koşullarda aktarıldı ve inokülasyon her bir taze baharat örneklerine ön ve arkalı olmak üzere yaklaşık 5 ml olacak şekilde yapıldı. İnokülasyondan sonra ürünler oda sıcaklığında kurumaya bırakıldı ve tamamen kuruduktan sonra analize alındı.

3.3.3 PAS uygulaması

Taze baharatlar 1 g olmak üzere deney tüplerine alındı ve üzerine soğuk plazma uygulama sonrası elde edilen plazma aktive çeşme suyu (PAÇS) ve plazma aktive içme suyu (PAİS) iki ayrı şekilde 10 ml eklendi. Bu tüplerde 10 dakika boyunca bekletilen örnekler oda sıcaklığında kurumaya alındı ve tamamen kuruduktan sonra analize alındı.

3.4 Analizler

3.4.1 Mikrobiyal analizler

Dilüsyon sıvısı olarak PFTS kullanılmıştır. Bu sıvı için, 1 g pepton ve 8.5 g NaCl 100 ml su ile tamamlanmıştır. Bu sıvı 9 ml olarak gerekli sayıda cam tüplere aktarılmış ve tüpler ile birlikte otoklavda sterilizasyona alınmıştır. Sterilizasyon tamamlandıktan sonra, aseptik koşullarda 1 g örnek ve 9 ml dilüsyon sıvısı analiz poşetlerine yerleştirilmiştir. Daha sonra 260 rpm'de Stomacher'de 2 dakika boyunca homojenizasyonu sağlanmıştır. Bu torbadan 1 ml alınarak yine steril 9 ml PFTS'ye aktarılacak şekilde on kat seyreltilmiştir (bu işlem numuneye göre değişmekte olup gerektiğinde 10^6 'ya kadar seyreltilmiştir). Oluşan dilüsyondan 100 µl petrilere dökme plak yöntemi ile ekimi yapılmıştır (2 kez tekrar edilmiştir). *P. syringae* spp. kültür karışımı için Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır ve $30 \pm 2^\circ\text{C}$, 48 saat inkübe edilmiştir. Toplam canlı sayımı için de PCA besiyeri kullanılmıştır ve $37 \pm 2^\circ\text{C}$, 48 saat inkübe edilmiştir. Besiyeri üzerinde gelişen 10-300 arasındaki koloniler sayılmıştır. Tüm sonuçlar log kob/g şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 3.3: Dökme plak yöntemiyle ekim yapılan besiyerler.

3.4.2 Fizikokimyasal analizler

3.4.2.1 Su aktivitesi

PAS uygulaması öncesi ve sonrası taze baharatların su aktivitesi, su aktivitesi ölçüm cihazı (Protimeter, PLC, İngiltere) ile ölçülmüştür. Analiz 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4: Su aktivitesi ölçüm cihazı (Protimeter, PLC, İngiltere).

3.4.2.2 pH analizi

Homojen hale getirilmiş baharatlar saf su ile seyreltilmiş ve pH metre (Testo 205) ile pH ölçümü yapılmıştır. PAS uygulaması öncesi ve sonrası 3 tekrarlı olarak analiz edilmiştir. pH düşüşünü gözlemlemek için su örneklerinin soğuk plazma uygulaması öncesi ve sonrası olarak pH ölçümü de her PAS eldesinden sonra gerçekleştirilmiştir.

3.4.2.3 Çözünür katı madde miktarı (Brix°)

Çözünür katı madde miktarını tayin etmek için refraktometre (PZO-Warszawa RL3, Polonya) kullanılmıştır. Homojen hale getirilmiş taze baharatların suyu çıkarılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir. PAS uygulaması öncesi ve sonrası olarak 3 tekrarlı analiz edilmiştir.

3.4.2.4 Nem miktarı

Nem tayini için Shimadzu Moisture Analyzer MOC63u cihazı kullanılmıştır. Örneklerden 1 g alınarak hazneye koyulmuş ve değer kaydedilmiştir. Analiz 2 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

3.4.3 Spektrofotometrik analizler

Spektrofotometrik analizler; İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi bünyesinde bulunan Biotek Synergy HTX Multimode Reader cihazında gerçekleştirilmiştir.

Ekstraksiyon için; 1 g örnek 6 ml etanol ile havanda öğütülmüştür ve filtre kağıdı yardımıyla süzölmüştür. Absorbans okuması, ekstraksiyon sıvıları vortekslenerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5: Spektrofotometre (Biotek Synergy HTX Multimode Reader).

3.4.3.1 Toplam fenolik madde miktarı

Elde edilen ekstraktlardaki toplam fenolik madde miktarı, Folin Ciocalteu yöntemiyle tespit edilmiştir (Vitali ve diğ., 2009). Yöntemde standart olarak gallik asit kullanılmıştır. 100 µL ekstrakt üzerine 100 µL saf su ilave edilmiş, 1.5 ml 0.2 N Folin reaktivi ve 1.2 ml %7,5'lik Na₂CO₃ çözeltisi eklenerek 45 dakika karanlıkta bekletilmiştir. 765 nm'de absorbans ölçümü yapılarak sonuçlar gallik asit kalibrasyon eğrisi kullanılarak mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır. Seyreltimler ekstraksiyon çözeltisiyle yapılmış olup, analizler 2 tekrarlı yapılmıştır.

3.4.3.2 Toplam klorofil miktarı

Klorofil analizi için 800 µL etanol bulunan cam tüplere 200 µL ekstrakt eklenmiş, vortekslendikten sonra 663 ve 645 nm'de absorbans okumaları gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar aşağıdaki kat sayılar kullanılarak hesaplanmıştır (Rajalakshmi ve Banu, 2014). Analizler 2 tekrarlı yapılmıştır.

Klorofil a miktarı (mg/kg): $12.7 \cdot A_{663} - 2.69 \cdot A_{645}$

Klorofil b miktarı (mg/kg): $22.9 \cdot A_{645} - 4.68 \cdot A_{663}$

(A_{663} : 663 nm’de okunan absorbans değeri, A_{645} : 645 nm’de okunan absorbans değeri)

3.4.3.3 Antioksidan aktivite

Elde edilen ekstraktların antioksidan aktivite düzeyleri, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikali kullanılarak spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür (Boskou ve diğ., 2006). 0,1 mM DPPH çözeltisi oluşturmak için, 3,943 mg DPPH, 100 ml metanolde çözülmüştür. 100 µL ekstrakt üzerine hazırlanan DPPH çözeltisi eklenmiş, 10 saniye boyunca çalkalandıktan sonra 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. 517 nm’de absorbans okumaları gerçekleştirilmiştir. Standart olarak troloks kullanılmış ve sonuçlar troloks kalibrasyon eğrisi üzerinden mM troloks eşdeğeri/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır. Seyreltimler ekstraksiyon çözeltisiyle yapılmış olup, analizler 2 tekrarlı yapılmıştır.

3.4.3.4 Toplam antosiyanin miktarı

Monomerik antosiyaninler pH 1.0 değerinde renkli bir form pH 4,5 değerinde ise renksiz bir form oluştururlar. Bu prensibe göre, pH-diferansiyel metot (Çağındı, 2016) olarak bilinen kolorimetrik bir yöntem kullanılmıştır. Öncelikle deneyde kullanılmak üzere 0.025 M potasyum klorür (KCl) çözeltisinin pH değeri 1’e ayarlanmıştır ve 0,4 M sodyum asetat ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) çözeltisinin pH’ı 4.5’a ayarlanmıştır. Çözeltiler saf su ile hazırlanmıştır ve pH değerlerini ayarlamak için %37’lik hidroklorik asit (HCl) kullanılmıştır. Ekstraktlar 200 µL, çözeltiler 800 µL olacak şekilde toplam 1 ml’lik seyreltim elde edilmiştir. 15 dakika karanlıkta beklettikten sonra iki pH değerinde, 520 nm ve 700 nm olacak şekilde iki farklı dalga boyunda absorbansları okunmuştur. Çıkan absorbans değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg siyanidin-3-glukozid/100 g taze baharat şeklinde ifade edilmiştir.

Monomerik antosiyanin miktarı (mg/L): $\frac{A \cdot MW \cdot Sf \cdot 1000}{\epsilon \cdot k}$

(A: Absorbans farkı, MW: Baz alınacak antosiyaninin molekül ağırlığı, Sf: Seyreltme faktörü, ϵ : absorpsiyon katsayısı, k: spektrofotometre küveti katman kalınlığı)

3.4.4 Raf ömrü

Raf ömrü incelemesi için taze baharatlar +4 °C’de depolanmış ve hava almayacak şekilde buzdolabı poşetiyle muhafaza edilmiştir. Taze baharatların görüntüsü 0., 7. ve 14. gün olarak fotoğraflanmış ve görüntüler karşılaştırılmıştır. Mikrobiyal analizler 14. gün tekrarlanmış ve sonuçlar buna göre değerlendirilmiştir.

3.4.5 İstatiksel analiz

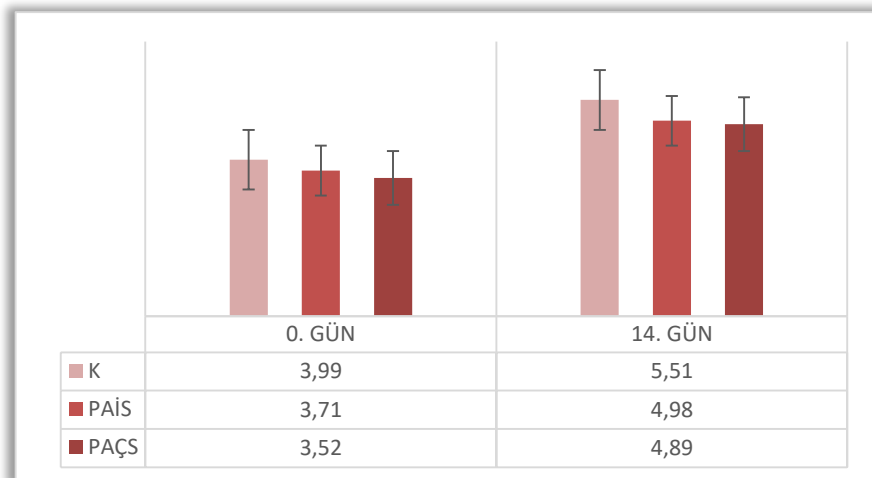
Tekrarlı ölçümlerden elde edilen veriler, Minitab 2016 kullanılarak varyans (ANOVA) analizi yapılmış ve sonuçlar ortalama değer $\pm$ standard sapma olarak ifade edilmiştir. Numunelerdeki mikrobiyal azalmalar (log kob/g) arasındaki istatistiksel farklar Microsoft Excel (Microsoft Co., ABD) kullanılarak değerlendirilmiştir. Anlamlılık güven düzeyi 0.05’tir ve $p < 0.05$ düzeyi istatistiksel olarak önemli olarak değerlendirilmiştir. Verilerin anlamlı farkını belirlemek için Tukey ve Dunnett testinden yararlanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mikrobiyal Analiz Sonuçları

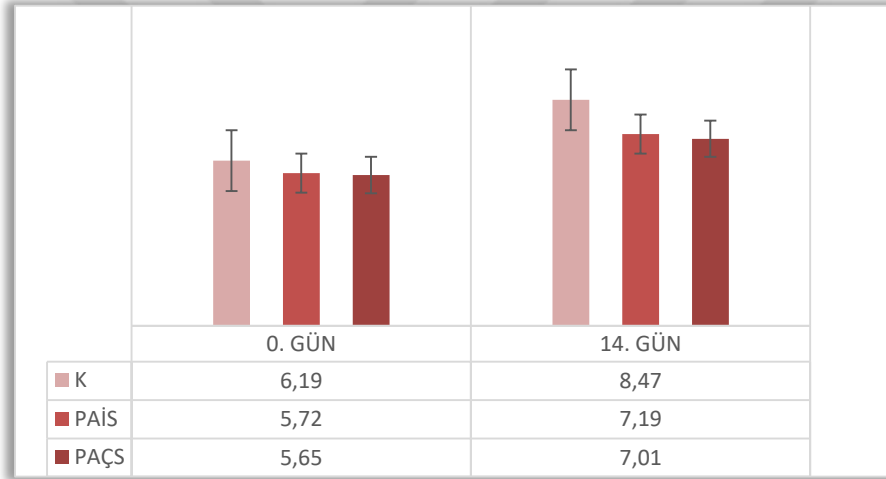
4.1.1 Taze baharatların toplam canlı inaktivasyonunda PAS etkisi

PAS uygulamasının hemen sonrasında ve depolamanın 14. gününde doğal mikroflora için toplam canlı sayımı yapılmıştır. Defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için PAİS uygulamasından hemen sonra sırasıyla; 0.28, 0.47, 0.96, 1.40, 1.06, 0.60, 1.21 ve 0.93 log kob/g azalma sağlanmıştır. PAÇS için ise bu değerler nispeten daha fazla olarak kaydedilmiştir. Defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için uygulamanın hemen sonrasında sırasıyla; 0.47, 0.54, 1.00, 2.11, 1.18, 0.69, 2.07 ve 1.09 log kob/g azalma kaydedilmiştir. PAÇS uygulamasındaki inaktivasyon etkinliğinin daha fazla olması PAS uygulamasının klor ile hurdle etkisi yaratarak mikroorganizmaları daha hızlı bir şekilde strese sokmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu değerler 14. gün defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için PAİS için sırasıyla; 0.53, 1.28, 1.30, 0.70, 1.10, 1.29, 1.17 ve 0.75 log kob/g olarak kaydedilmiştir. PAÇS için ise 0.62, 1.46, 1.40, 1.26, 1.19, 1.46, 1.29 ve 1.17 log kob/g olarak kaydedilmiştir. PAS örneklerinin kontrol örneğine kıyasla depolamada daha stabil kaldığı ve raf ömrünün gözle görülebilir bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir.



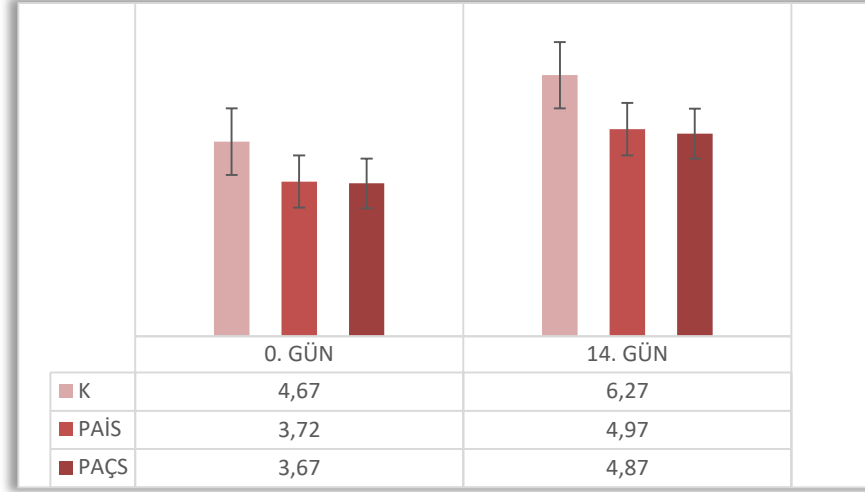
Şekil 4.1: Defne yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).

Defne yüzeyi için toplam canlı sayımı kontrol, 10 dakika PAİS ve PAÇS uygulaması olarak 3 örnek şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın hemen sonrasında kontrol örneğinde bulunan 3.99 log kob/g yük, PAİS uygulama sonrası 3.71 log kob/g'a; PAÇS uygulama sonrası ise 3.52 log kob/g'a düşmüştür (Şekil 4.1). PAİS uygulamasında toplam inaktivasyon miktarı PAİS için 0.28 log kob/g, PAÇS için ise 0.47 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde ise, PAİS ve PAÇS uygulama sonrası örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.53 ve 0.62 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14 gün içerisinde kontrol örneğindeki mikrobiyolojik yük 1.52 log kob/g olacak şekilde artış sergilemiştir. PAİS ve PAÇS örneklerinde ise, sırasıyla 1.27 log kob/g ve 1.37 log kob/g şeklinde bir artış olmuştur. Bu durumda PAİS ve PAÇS örneklerinin kontrol örneğine kıyasla daha stabil kaldığını söylemek mümkündür.



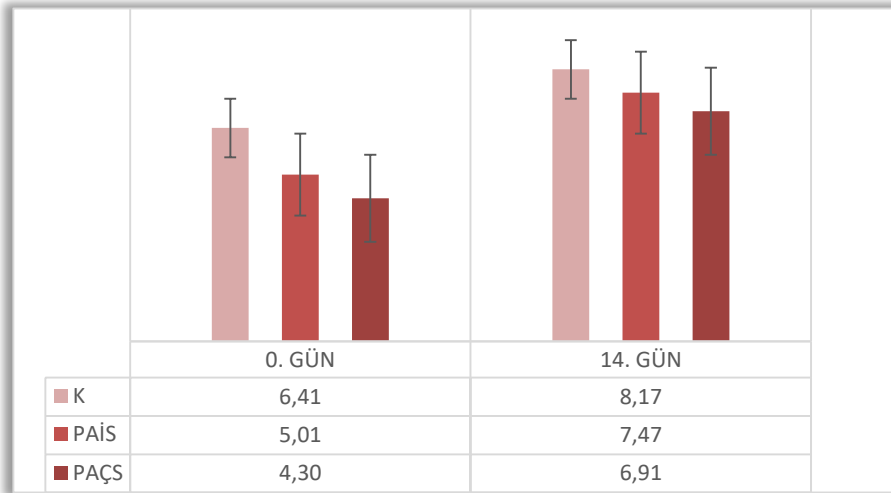
Şekil 4.2: Fesleğen yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).

Fesleğen yüzeyi için toplam canlı sayımı kontrol, 10 dakika PAİS ve PAÇS uygulaması olarak 3 örnek şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın hemen sonrasında kontrol örneğinde bulunan 6.19 log kob/g yük, PAİS uygulama sonrası 5.72 log kob/g'a; PAÇS uygulama sonrası ise 5.65 log kob/g'a düşmüştür (Şekil 4.2). PAİS uygulamasında toplam inaktivasyon miktarı PAİS için 0.47 log kob/g, PAÇS için ise 1.28 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde ise, PAİS ve PAÇS uygulama sonrası örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.28 ve 1.46 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14 gün içerisinde kontrol örneğindeki mikrobiyolojik yük 2.28 log kob/g olacak şekilde artış sergilemiştir. PAİS ve PAÇS örneklerinde ise, sırasıyla 1.47 log kob/g ve 1.36 log kob/g şeklinde bir artış olmuştur.



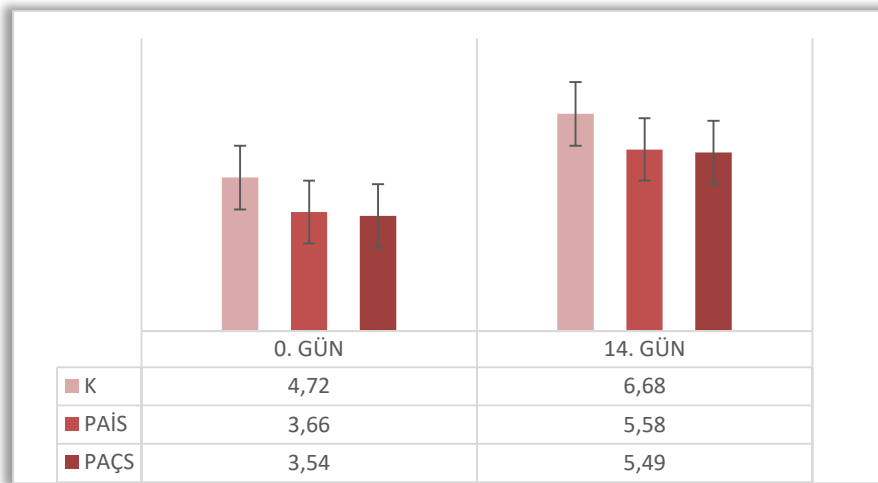
Şekil 4.3: Kekik yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).

Kekik yüzeyi için toplam canlı sayımı kontrol, 10 dakika PAİS ve PAÇS uygulaması olarak 3 örnek şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın hemen sonrasında kontrol örneğinde bulunan 4.67 log kob/g yük, PAİS uygulama sonrası 3.72 log kob/g'a; PAÇS uygulama sonrası ise 3.67 log kob/g'a düşmüştür (Şekil 4.3). PAİS uygulamasında toplam inaktivasyon miktarı PAİS için 0.95 log kob/g, PAÇS için ise 1.00 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde ise, PAİS ve PAÇS uygulama sonrası örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.30 ve 1.40 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14 gün içerisinde kontrol örneğindeki mikrobiyolojik yük 1.60 log kob/g olacak şekilde artış sergilemiştir. PAİS ve PAÇS örneklerinde ise, sırasıyla 1.26 log kob/g ve 1.20 log kob/g şeklinde bir artış olmuştur.



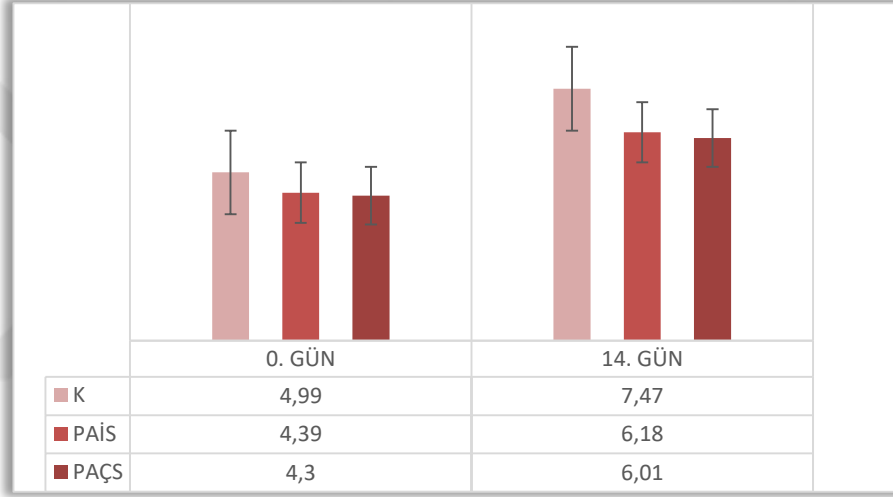
Şekil 4.4: Dereotu yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).

Dereotu yüzeyi için toplam canlı sayımı kontrol, 10 dakika PAİS ve PAÇS uygulaması olarak 3 örnek şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın hemen sonrasında kontrol örneğinde bulunan 6.41 log kob/g yük, PAİS uygulama sonrası 5.01 log kob/g'a; PAÇS uygulama sonrası ise 4.30 log kob/g'a düşmüştür (Şekil 4.4). PAİS uygulamasında toplam inaktivasyon miktarı PAİS için 1.40 log kob/g, PAÇS için ise 2.11 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde ise, PAİS ve PAÇS uygulama sonrası örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.70 ve 1.26 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14 gün içerisinde kontrol örneğindeki mikrobiyolojik yük 1.76 log kob/g olacak şekilde artış sergilemiştir. PAİS ve PAÇS örneklerinde ise, sırasıyla 2.46 log kob/g ve 2.61 log kob/g şeklinde bir artış olmuştur. Bütün taze baharat örneklerinde uygulamanın hemen sonrasında doğal mikroflora için en çok inaktivasyon gözlenen örnek PAÇS uygulaması ile dereotu olmuştur. PAÇS uygulamasıyla 2.11 log kob/g inaktivasyon sağlanmıştır. Bunun nedeninin dereotunun saçaklı yapısından dolayı suyun rahatça bütün yüzeylere ulaşabilmiş olması olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında diğer taze baharatlara ters bir şekilde depolama boyunca PAİS ve PAÇS örneklerinin mikrobiyal yükleri daha hızlı artmıştır fakat hala depolamanın 14. gününde kontrol örneklerine kıyasla mikrobiyal yükleri daha az bir şekilde kalmıştır. Uygulama örneklerinin mikrobiyal yüklerinin depolama boyunca bu şekilde artmasının nedeni dereotunun yeterli bir şekilde kurutulamadığından kaynaklanıyor olabilir. Saçaklı yapısı, kurutmayı geciktirmektedir ve bu durum örneklerin bir miktar suyla depolanmış olabileceğini düşündürmektedir. Dereotu ile depolanan bir miktar su, mikrobiyal kaliteyi depolama boyunca olumsuz etkilemiştir ve bu durum kurutmanın önemini vurgulamaktadır.



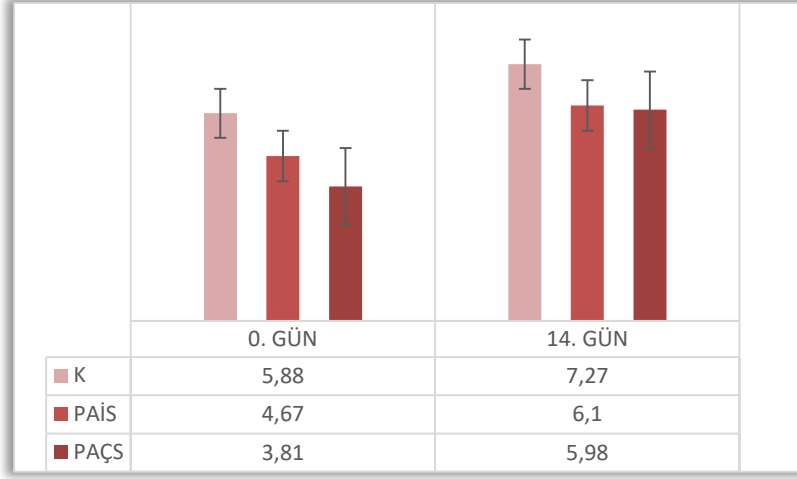
Şekil 4.5: Biberye yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).

Biberiye yüzeyi için toplam canlı sayımı kontrol, 10 dakika PAİS ve PAÇS uygulaması olarak 3 örnek şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın hemen sonrasında kontrol örneğinde bulunan 4.72 log kob/g yük, PAİS uygulama sonrası 3.66 log kob/g'a; PAÇS uygulama sonrası ise 3.54 log kob/g'a düşmüştür (Şekil 4.5). PAİS uygulamasında toplam inaktivasyon miktarı PAİS için 1.06 log kob/g, PAÇS için ise 1.18 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde ise, PAİS ve PAÇS uygulama sonrası örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.10 ve 1.19 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14 gün içerisinde kontrol örneğindeki mikrobiyolojik yük 1.96 log kob/g olacak şekilde artış sergilemiştir. PAİS ve PAÇS örneklerinde ise, sırasıyla 1.92 log kob/g ve 1.95 log kob/g şeklinde bir artış olmuştur.



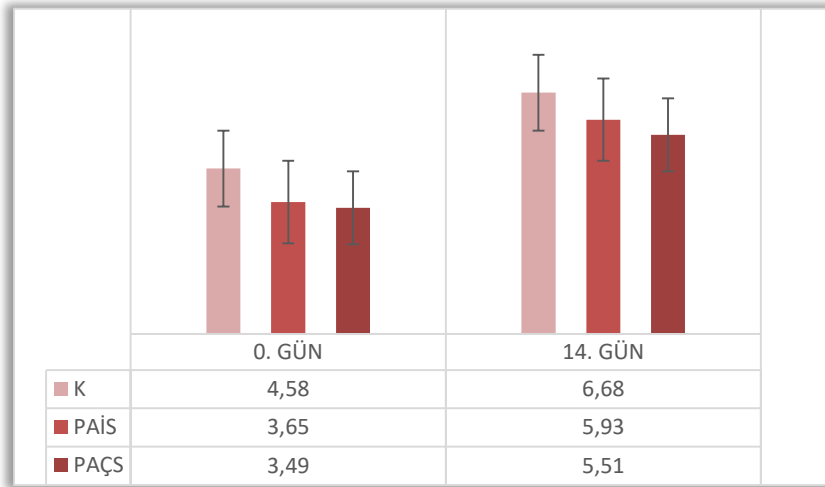
Şekil 4.6: Maydanos yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).

Maydanos yüzeyi için toplam canlı sayımı kontrol, 10 dakika PAİS ve PAÇS uygulaması olarak 3 örnek şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın hemen sonrasında kontrol örneğinde bulunan 4.99 log kob/g yük, PAİS uygulama sonrası 4.39 log kob/g'a; PAÇS uygulama sonrası ise 4.30 log kob/g'a düşmüştür (Şekil 4.6). PAİS uygulamasında toplam inaktivasyon miktarı PAİS için 0.60 log kob/g, PAÇS için ise 0.69 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde ise, PAİS ve PAÇS uygulama sonrası örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.29 ve 1.46 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14 gün içerisinde kontrol örneğindeki mikrobiyolojik yük 2.48 log kob/g olacak şekilde artış sergilemiştir. PAİS ve PAÇS örneklerinde ise, sırasıyla 1.79 log kob/g ve 1.71 log kob/g şeklinde bir artış olmuştur.



Şekil 4.7: Nane yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).

Nane yüzeyi için toplam canlı sayımı kontrol, 10 dakika PAİS ve PAÇS uygulaması olarak 3 örnek şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın hemen sonrasında kontrol örneğinde bulunan 5.88 log kob/g yük, PAİS uygulama sonrası 4.67 log kob/g'a; PAÇS uygulama sonrası ise 3.81 log kob/g'a düşmüştür (Şekil 4.7). PAİS uygulamasında toplam inaktivasyon miktarı PAİS için 1.21 log kob/g, PAÇS için ise 2.07 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde ise, PAİS ve PAÇS uygulama sonrası örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.17 ve 1.29 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14 gün içerisinde kontrol örneğindeki mikrobiyolojik yük 1.39 log kob/g olacak şekilde artış sergilemiştir. PAİS ve PAÇS örneklerinde ise, sırasıyla 1.43 log kob/g ve 2.17 log kob/g şeklinde bir artış olmuştur.



Şekil 4.8: Stevia yüzeyinde toplam canlı miktarı (log kob/g).

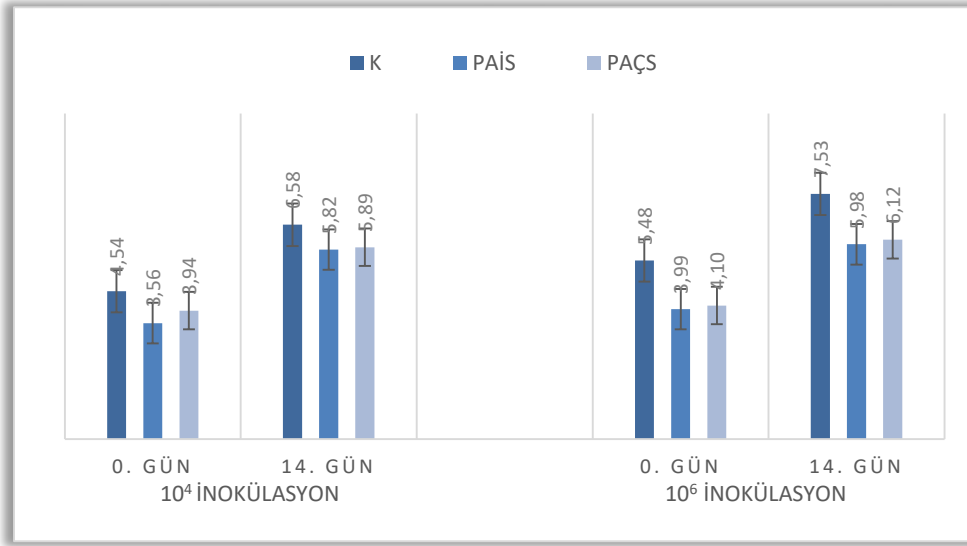
Stevia yüzeyi için toplam canlı sayımı kontrol, 10 dakika PAİS ve PAÇS uygulaması olarak 3 örnek şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın hemen sonrasında kontrol örneğinde bulunan 4.58 log kob/g yük, PAİS uygulama sonrası 3.65 log kob/g'a; PAÇS uygulama sonrası ise 3.49 log kob/g'a düşmüştür (Şekil 4.8). PAİS uygulamasında toplam inaktivasyon miktarı PAİS için 0.93 log kob/g, PAÇS için ise 1.09 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde ise, PAİS ve PAÇS uygulama sonrası örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.75 ve 1.17 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14 gün içerisinde kontrol örneğindeki mikrobiyolojik yük 2.10 log kob/g olacak şekilde artış sergilemiştir. PAİS ve PAÇS örneklerinde ise, sırasıyla 2.28 log kob/g ve 2.02 log kob/g şeklinde bir artış olmuştur.

4.1.2 Taze baharatların *P. syringae* spp. inaktivasyonunda PAS etkisi

PAS uygulamasının hemen sonrasında ve depolamanın 14. gününde hedef bakteri *P. syringae* spp. için analizler gerçekleştirilmiştir. *P. syringae* spp. bitkilerde hastalığa neden olan Gram (-) bir bitki patojenidir (Yang ve diğ., 2023). İnokülasyon spreyleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir ve 10^4 ve 10^6 olmak üzere iki başlangıç yükü kullanılmıştır.

Defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için 10^4 inokülasyonda, PAİS uygulamasından hemen sonra sırasıyla; 0.98, 1.46, 0.94, 0.87, 1.31, 0.78, 1.90 ve 0.90 log kob/g azalma sağlanmıştır. PAÇS için ise bu değerler nispeten daha az olarak kaydedilmiştir. Defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için uygulamanın hemen sonrasında sırasıyla; 0.60, 1.20, 0.87, 0.48, 1.15, 0.49, 1.80 ve 0.76 log kob/g azalma kaydedilmiştir. PAİS inaktivasyon etkinliğinin daha fazla olmasının nedeninin ise bakterinin türünden kaynaklandığı düşünülmektedir. Reaktif türler, Gram (-) bakterilere karşı daha etkilidir ve PAİS'nun pH'ının PAÇS'ndan daha düşük olması reaktif türleri daha fazla içerdiğinin kanıtı olarak kabul edilirse, *P. syringae*'nin klordan daha çok bu reaktif türlerden etkilendiğini söylemek mümkündür. Bu değerler 14. gün defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için PAİS için sırasıyla; 0.76, 1.51, 0.94, 0.88, 1.58, 1.14, 1.47 ve 0.53 log kob/g olarak kaydedilmiştir. PAÇS için ise 0.69, 1.26, 0.88, 0.45, 1.45, 0.87, 1.02 ve 0.42 log kob/g olarak kaydedilmiştir. PAS örneklerinin kontrol örneğine kıyasla depolamada daha stabil kaldığı ve raf ömrünün gözle görülebilir bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir.

Defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için 10^6 inokülasyonda, PAİS uygulamasından hemen sonra sırasıyla; 1.49, 2.01, 0.97, 0.57, 1.74, 1.46, 1.13 ve 1.69 log kob/g azalma sağlanmıştır. PAÇS için ise bu değerler nispeten daha az olarak kaydedilmiştir. Defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için uygulamanın hemen sonrasında sırasıyla; 1.55, 1.24, 0.93, 0.50, 1.57, 0.90, 1.00 ve 1.39 log kob/g azalma kaydedilmiştir. Bu değerler 14. gün defne, fesleğen, kekik, dereotu, biberiye, maydanoz, nane ve stevia için PAİS için sırasıyla; 1.38, 2.11, 0.97, 0.50, 1.37, 1.07, 1.37 ve 0.73 log kob/g olarak kaydedilmiştir. PAÇS için ise 1.41, 1.36, 0.91, 0.44, 1.25, 0.93, 1.25 ve 0.56 log kob/g olarak kaydedilmiştir.



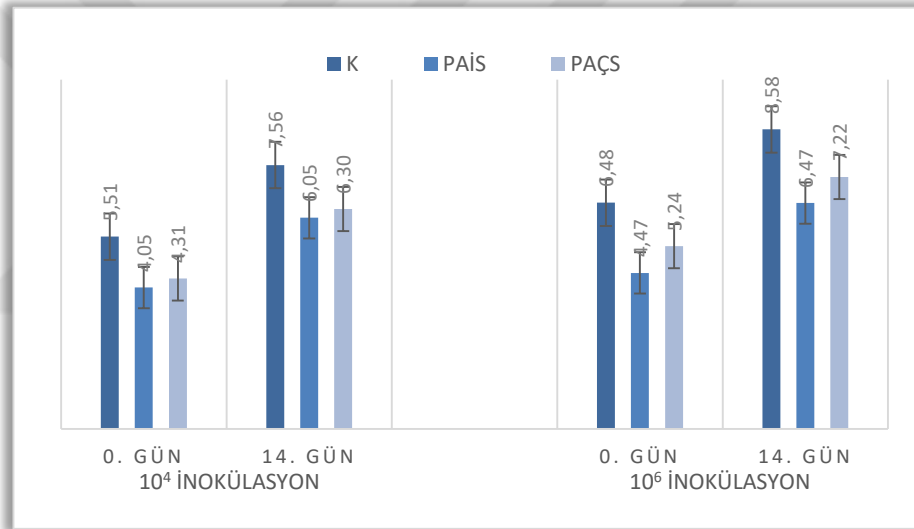
Şekil 4.9: Defne yüzeyinde *P. syringae* spp. miktarı (log kob/g).

Defne yüzeyinde *P. syringae* spp. analizi için inokülasyon öncesi ve sonrası olmak üzere iki tane kontrol örneği hesaba katılmıştır ve 10^4 ile 10^6 olmak üzere iki inokülasyon miktarı kullanılmıştır. 10 dakika PAİS ve PAÇS örnekleriyle beraber toplam 7 örnek analiz edilmiştir. 10^4 ve 10^6 başlangıç yükü için defne örneklerine sırasıyla; 1.03 ve 1.97 log kob/g bakteri inoküle edilmiştir.

10^4 başlangıç yükü için 3.51 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 4.54 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 0.98 log kob/g ve 0.60 log kob/g azalma gözlenmiştir. 4.54 log kob/g, PAİS için 3.56 log kob/g, PAÇS için 3.94 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.9). Toplam canlı sayımında PAÇS daha iyi bir inaktivasyon gösterse de, hedef bakteri için bu durumun tam tersi gözlenmiştir. Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS suyu uygulanmış örneklerde kontrol

örneğine göre, sırasıyla 0.76 ve 0.69 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 6.58 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 5.82 log kob/g ve 5.89 log kob/g *P. syringae* spp. tespit edilmiştir.

10^6 başlangıç yükü için 3.51 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 5.48 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 1.49 log kob/g ve 1.38 log kob/g azalma gözlenmiştir. 5.48 log kob/g, PAİS için 3.99 log kob/g PAÇS için 4.10 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.9). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.55 ve 1.41 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 7.53 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 5.98 log kob/g ve 6.12 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.



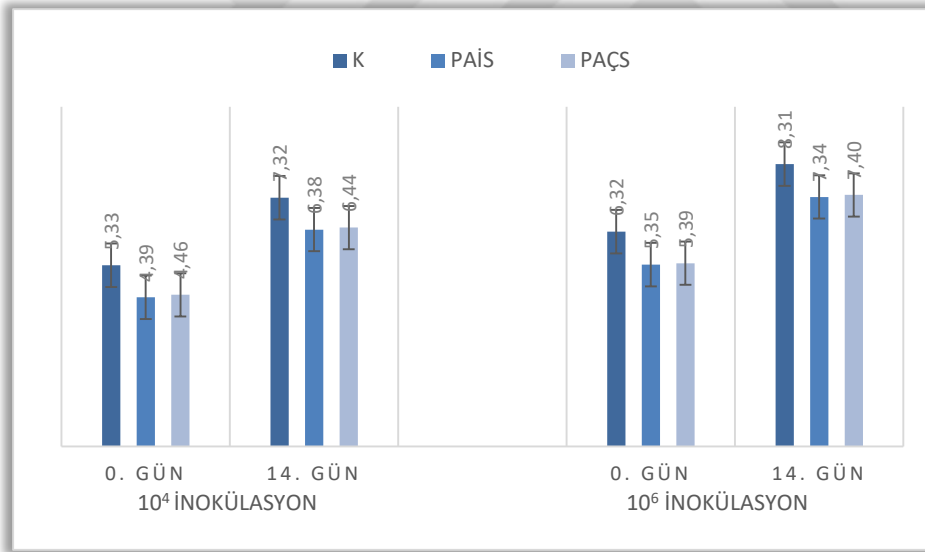
Şekil 4.10: Fesleğen yüzeyinde *P. syringae* spp. miktarı (log kob/g).

Fesleğen yüzeyinde *P. syringae* spp. analizi için inokülasyon öncesi ve sonrası olmak üzere iki tane kontrol örneği hesaba katılmıştır ve 10^4 ile 10^6 olmak üzere iki inokülasyon miktarı kullanılmıştır. 10 dakika PAİS ve PAÇS örnekleriyle beraber toplam 7 örnek analiz edilmiştir. 10^4 ve 10^6 başlangıç yükü için fesleğen örneklerine sırasıyla; 1.57 log kob/g ve 2.54 log kob/g bakteri inoküle edilmiştir.

10^4 başlangıç yükü için 3.94 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 5.51 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 1.46 log kob/g ve 1.20 log kob/g azalma gözlenmiştir. 5.51 log kob/g, PAİS için 4.05 log kob/g, PAÇS için 4.31 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.10). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.51 ve 1.26 log kob/g

fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 7.56 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 6.05 log kob/g ve 6.30 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

10^6 başlangıç yükü için 3.94 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 6.48 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 2.01 log kob/g ve 1.24 log kob/g azalma gözlenmiştir. 6.48 log kob/g, PAİS için 4.47 log kob/g PAÇS için 5.24 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.10). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 2.11 ve 1.36 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 8.58 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 6.47 log kob/g ve 7.22 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır. Nispeten PAİS örneklerinin depolama süresince daha stabil kaldığını söylemek mümkündür. Fesleğen çok hassas bir bitki olduğu için çeşme suyunda bulunan klor onu daha fazla etkileyerek dokuların parçalanmasına ve bozulmanın hızlanmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

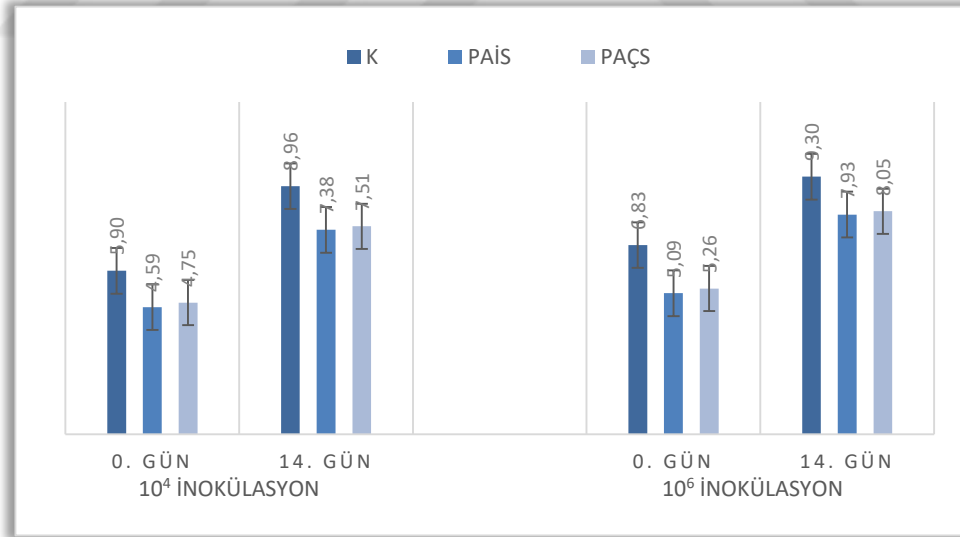


Şekil 4.11: Kekik yüzeyinde *P. syringae* spp. miktarı (log kob/g).

Kekik yüzeyinde *P. syringae* spp. analizi için inokülasyon öncesi ve sonrası olmak üzere iki tane kontrol örneği hesaba katılmıştır ve 10^4 ile 10^6 olmak üzere iki inokülasyon miktarı kullanılmıştır. 10 dakika PAİS ve PAÇS örnekleriyle beraber toplam 7 örnek analiz edilmiştir. 10^4 ve 10^6 başlangıç yükü için kekik örneklerine sırasıyla; 1.03 log kob/g ve 2.02 log kob/g bakteri inoküle edilmiştir.

10^4 başlangıç yükü için 4.30 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 5.33 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 0.94 log kob/g ve 0.87 log kob/g azalma gözlenmiştir. 5.33 log kob/g, PAİS için 4.39 log kob/g PAÇS için 4.46 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.11). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.94 ve 0.88 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 7.32 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 6.38 log kob/g ve 6.44 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

10^6 başlangıç yükü için 4.30 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 6.32 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 0.97 log kob/g ve 0.93 log kob/g azalma gözlenmiştir. 6.32 log kob/g, PAİS için 5.35 log kob/g PAÇS için 5.39 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.11). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.97 ve 0.91 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 8.31 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.34 log kob/g ve 7.40 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

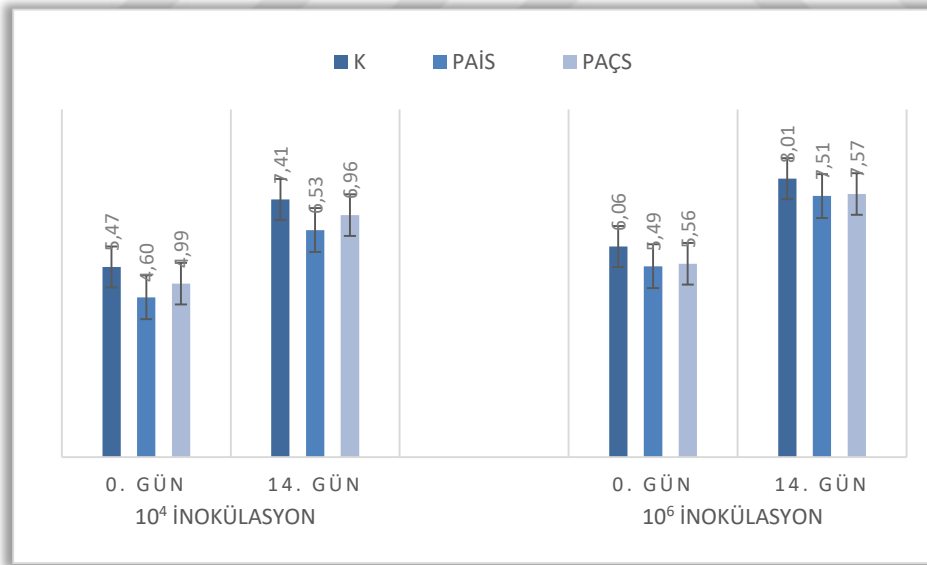


Şekil 4.12: Dereotu yüzeyinde *P. syringae* spp. miktarı (log kob/g).

Dereotu yüzeyinde *P. syringae* spp. analizi için inokülasyon öncesi ve sonrası olmak üzere iki tane kontrol örneği hesaba katılmıştır ve 10^4 ile 10^6 olmak üzere iki inokülasyon miktarı kullanılmıştır. 10 dakika PAİS ve PAÇS örnekleriyle beraber toplam 7 örnek analiz edilmiştir. 10^4 ve 10^6 başlangıç yükü için dereotu örneklerine sırasıyla; 1.43 log kob/g ve 2.36 log kob/g bakteri inoküle edilmiştir.

10^4 başlangıç yükü için 4.47 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 5.90 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 1.31 log kob/g ve 1.15 log kob/g azalma gözlenmiştir. 5.90 log kob/g, PAİS için 4.59 log kob/g PAÇS için 4.75 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.12). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.58 ve 1.45 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 8.96 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.38 log kob/g ve 7.51 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

10^6 başlangıç yükü için 4.47 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 6.83 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 1.74 log kob/g ve 1.57 log kob/g azalma gözlenmiştir. 6.83 log kob/g, PAİS için 5.09 log kob/g PAÇS için 5.26 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.12). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.37 ve 1.25 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 9.30 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.93 log kob/g ve 8.05 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

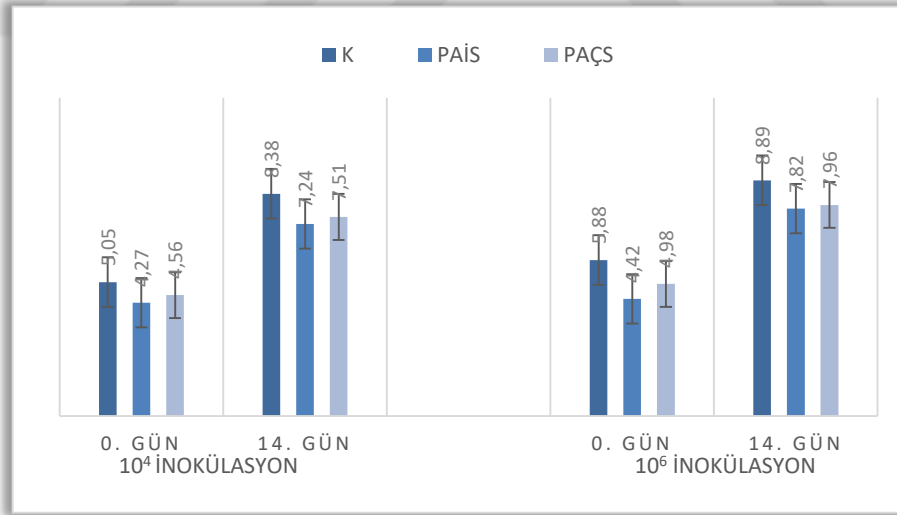


Şekil 4.13: Biberiye yüzeyinde *P. syringae* spp. miktarı (log kob/g).

Biberiye yüzeyinde *P. syringae* spp. analizi için inokülasyon öncesi ve sonrası olmak üzere iki tane kontrol örneği hesaba katılmıştır ve 10^4 ile 10^6 olmak üzere iki inokülasyon miktarı kullanılmıştır. 10 dakika PAİS ve PAÇS örnekleriyle beraber toplam 7 örnek analiz edilmiştir. 10^4 ve 10^6 başlangıç yükü için biberiye örneklerine sırasıyla; 1.47 log kob/g ve 2.06 log kob/g bakteri inoküle edilmiştir.

10^4 başlangıç yükü için 4.00 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 5.47 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 0.87 log kob/g ve 0.48 log kob/g azalma gözlenmiştir. 5.47 log kob/g, PAİS için 4.60 log kob/g PAÇS için 4.99 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.13). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.88 ve 0.45 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 7.41 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 6.53 log kob/g ve 6.93 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

10^6 başlangıç yükü için 4.00 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 6.06 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 0.57 log kob/g ve 0.50 log kob/g azalma gözlenmiştir. 6.06 log kob/g, PAİS için 5.49 log kob/g, PAÇS için 5.56 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.13). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.50 ve 0.44 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 8.01 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.51 log kob/g ve 7.57 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

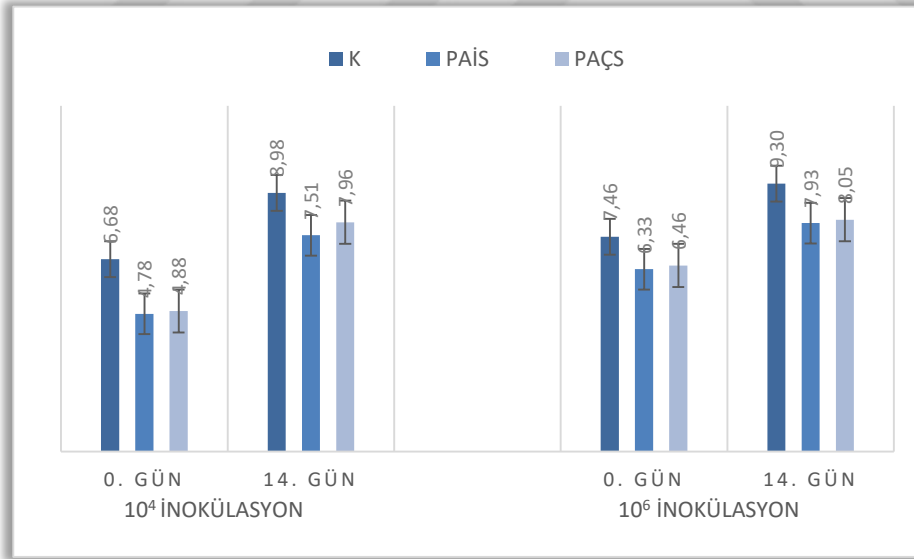


Şekil 4.14: Maydanos yüzeyinde *P. syringae* spp. miktarı (log kob/g).

Maydanos yüzeyinde *P. syringae* spp. analizi için inokülasyon öncesi ve sonrası olmak üzere iki tane kontrol örneği hesaba katılmıştır ve 10^4 ile 10^6 olmak üzere iki inokülasyon miktarı kullanılmıştır. 10 dakika PAİS ve PAÇS örnekleriyle beraber toplam 7 örnek analiz edilmiştir. 10^4 ve 10^6 başlangıç yükü için maydanos örneklerine sırasıyla; 1.13 log kob/g ve 1.44 log kob/g bakteri inoküle edilmiştir.

10^4 başlangıç yükü için 3.92 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 5.05 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 0.78 log kob/g ve 0.49 log kob/g azalma gözlenmiştir. 5.05 log kob/g, PAİS için 4.27 log kob/g, PAÇS için 4.56 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.14). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.14 ve 0.87 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 8.38 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.24 log kob/g ve 7.51 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

10^6 başlangıç yükü için 3.92 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 5.88 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulamasından sonra 1.46 log kob/g ve 0.90 log kob/g azalma gözlenmiştir. 5.88 log kob/g, PAİS için 4.42 log kob/g, PAÇS için 4.98 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.14). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.07 ve 0.93 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 8.89 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.82 log kob/g ve 7.96 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

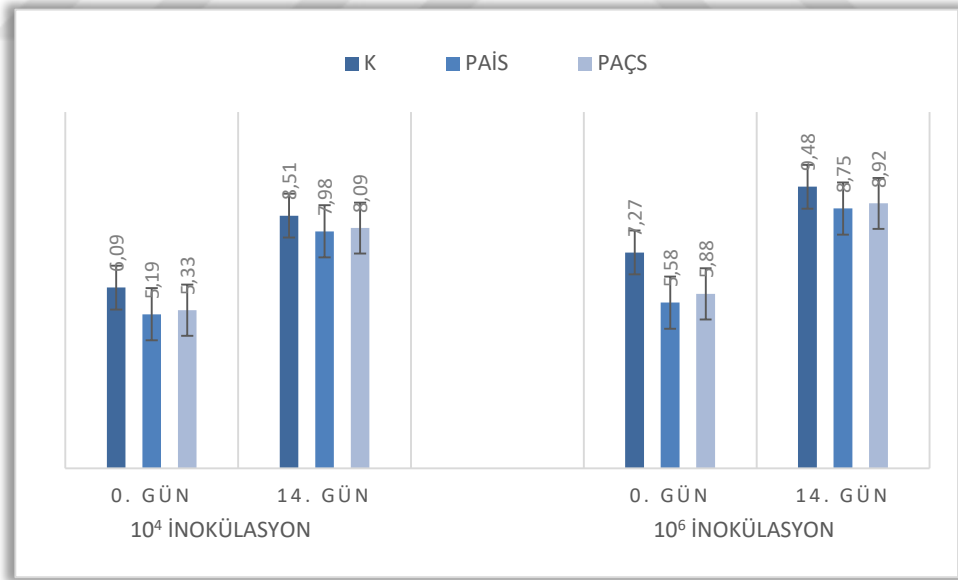


Şekil 4.15: Nane yüzeyinde *P. syringae* spp. miktarı (log kob/g).

Nane yüzeyinde *P. syringae* spp. analizi için inokülasyon öncesi ve sonrası olmak üzere iki tane kontrol örneği hesaba katılmıştır ve 10^4 ile 10^6 olmak üzere iki inokülasyon miktarı kullanılmıştır. 10 dakika PAİS ve PAÇS örnekleriyle beraber toplam 7 örnek analiz edilmiştir. 10^4 ve 10^6 başlangıç yükü için biberiye örneklerine sırasıyla; 2.00 log kob/g ve 2.98 log kob/g bakteri inoküle edilmiştir.

10^4 başlangıç yükü için 4.48 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 6.68 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 1.90 log kob/g ve 1.80 log kob/g azalma gözlenmiştir. 6.68 log kob/g, PAİS için 4.78 log kob/g, PAÇS için 4.88 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.15). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.47 ve 1.02 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 8.98 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.51 log kob/g ve 7.96 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

10^6 başlangıç yükü için 4.48 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 7.46 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 1.13 log kob/g ve 1.00 log kob/g azalma gözlenmiştir. 7.46 log kob/g, PAİS için 6.33 log kob/g PAÇS için 6.46 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.15). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 1.37 ve 1.25 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 9.30 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.93 log kob/g ve 8.05 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.



Şekil 4.16: Stevia yüzeyinde *P. syringae* spp. miktarı (log kob/g).

Stevia yüzeyinde *P. syringae* spp. analizi için inokülasyon öncesi ve sonrası olmak üzere iki tane kontrol örneği hesaba katılmıştır ve 10^4 ile 10^6 olmak üzere iki inokülasyon miktarı kullanılmıştır. 10 dakika PAİS ve PAÇS örnekleriyle beraber

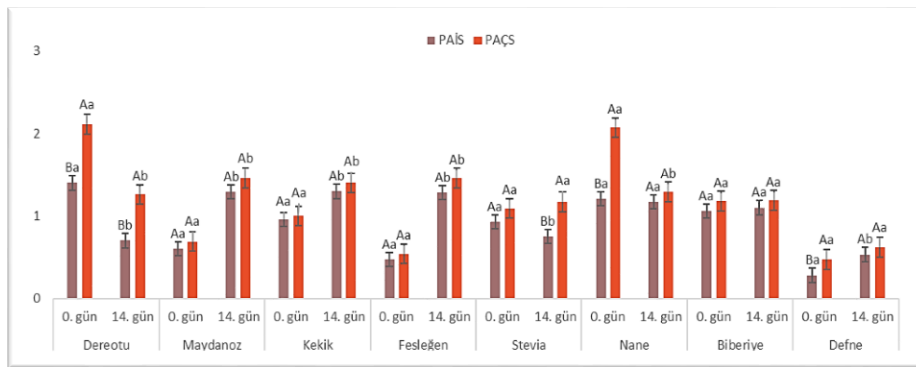
toplam 7 örnek analiz edilmiştir. 10^4 ve 10^6 başlangıç yükü için stevia örneklerine sırasıyla; 1.37 log kob/g ve 2.55 log kob/g bakteri inoküle edilmiştir.

10^4 başlangıç yükü için 4.72 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 6.09 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 0.90 log kob/g ve 0.76 log kob/g azalma gözlenmiştir. 6.09 log kob/g, PAİS için 5.19 log kob/g, PAÇS için 5.33 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.16). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.53 ve 0.42 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 8.51 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 7.98 log kob/g ve 8.09 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

10^6 başlangıç yükü için 4.72 log kob/g yüke sahip olan kontrol örneği 7.27 log kob/g yüke çıkmıştır. PAİS ve PAÇS uygulaması sonrası, 1.69 log kob/g ve 1.39 log kob/g azalma gözlenmiştir. 7.27 log kob/g, PAİS için 5.58 log kob/g, PAÇS için 5.88 log kob/g'a inmiştir (Şekil 4.16). Depolamanın 14. gününde yapılan ekimde, PAİS ve PAÇS uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre, sırasıyla 0.73 ve 0.56 log kob/g fark olduğu görülmektedir. 14. günde kontrol örneğinde 9.48 log kob/g yük bulunurken, PAİS ve PAÇS örneklerinde sırasıyla 8.75 log kob/g ve 8.92 log kob/g *P. syringae* spp. bulunmaktadır.

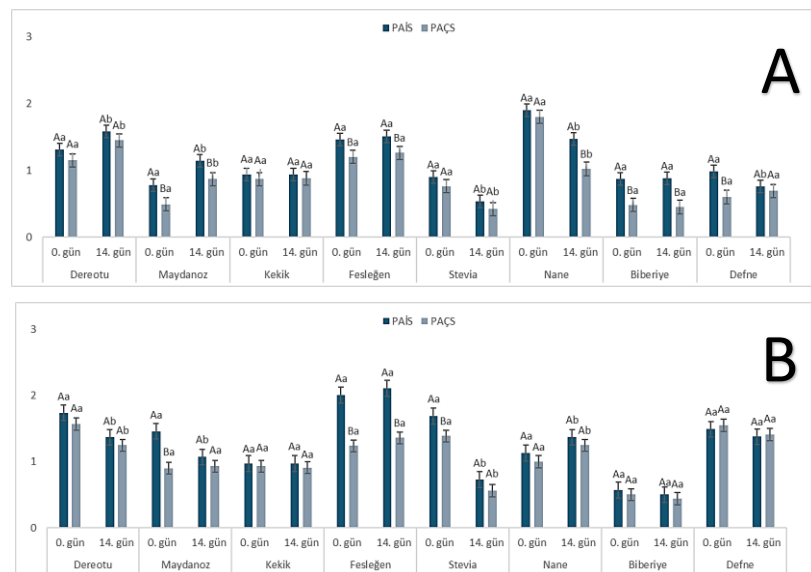
4.1.3 Tüm ürün mikrobiyal analiz sonuçları

PAS uygulamasının taze baharatların mikrobiyal güvenliğine etkisini incelemek için hem doğal mikroflora için hem de bitki hastalıklarından sorumlu olan *P. syringae* spp. inoküle edilerek analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.17: Taze baharatların yüzeyinde 0. günde ve 14. günde toplam canlı inaktivasyonu (log kob/g).

Yapılan analizler sonucunda, uygulamadan hemen sonra PAİS ve PAÇS arasındaki fark dereotu, nane ve defne için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Maydanoz, kekik, fesleğen, stevia ve biberiye için PAİS ve PAÇS arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Buna rağmen PAÇS uygulamasının, PAİS uygulamasına göre daha iyi inaktivasyon sağladığını söylemek mümkündür. Bu durum çeşme suyundaki klorun, plazma uygulamasıyla sinerjik davranış göstererek hurdle etkisi yaratmasından kaynaklanıyor olabilir. Depolamanın 14. gününde PAİS ve PAÇS arasındaki fark sadece stevia ve dereotu için anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). 0. günde taze baharatların inaktivasyon miktarı 0.28-2.11 log kob/g arasındadır. PAÇS uygulamasında maksimum inaktivasyon dereotu örneğinde 2.11 log kob/g, nane örneğinde ise 2.07 log kob/g olarak kaydedilmiştir. PAİS uygulamasında ise yine dereotu ve nane örneğinde sırasıyla 1.40 log kob/g ve 1.21 log kob/g olarak kaydedilmiştir. 14. günde ise kontrol örneğiyle uygulama örnekleri arasındaki fark 0.53-1.46 log kob/g arasındadır. Maksimum fark PAÇS uygulamasıyla maydanoz ve fesleğen örneğinde 1.46 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Sonuç olarak, 14. gün grafiğine bakıldığında kontrol örneğinin mikrobiyal yükünün depolama esnasında uygulama örneklerinden daha fazla ve daha hızlı yükseldiği görülmektedir. Dimitrakellis ve diğ. (2021) tarafından yemeye hazır roka salatası üzerinde yürütülen çalışmada, 1.5 log kob/g toplam canlı sayısında azalma sağlanmıştır. Laurita ve diğ. (2021) roka üzerinde yürütülen çalışmada da 4 dakikalık plazma aktivasyon süresi sonucu 1.7 log kob/g azalma sağlanmıştır.



Şekil 4.18: 10^4 (A) ve 10^6 (B) başlangıç yükünde taze baharatların yüzeyinde 0. günde ve 14. günde *P. syringae* spp. inaktivasyonu (B) (log kob/g).

Taze baharatlarda hedef bakteri olarak *P. syringae* spp. seçilmiştir. 10^4 ve 10^6 olmak üzere iki başlangıç yükü kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda 10^4 inokülasyon için, uygulamadan hemen sonra PAİS ve PAÇS arasındaki fark maydanoz, fesleğen, biberiye ve defne için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Dereotu, kekik, stevia ve nane için PAİS ve PAÇS arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Fakat buna rağmen PAİS uygulamasının, PAÇS uygulamasına göre daha iyi inaktivasyon sağladığını söylemek mümkündür. Bu durum bakterinin türünden kaynaklanıyor olabilir. Gram (-) bir bakteri olan *P. syringae*'nin reaktif türlere, klordan daha fazla hassasiyet göstermiş olabileceği düşünülmektedir. Depolamanın 14. gününde PAİS ve PAÇS arasındaki fark maydanoz, fesleğen ve nane için anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). 0. günde taze baharatların inaktivasyon miktarı 0.48-1.90 log kob/g arasındadır. PAİS uygulamasında maksimum inaktivasyon nane örneğinde 1.90 log kob/g, fesleğen örneğinde ise 1.46 log kob/g olarak kaydedilmiştir. PAÇS uygulamasında ise yine nane ve fesleğen örneğinde sırasıyla 1.80 log kob/g ve 1.20 log kob/g olarak kaydedilmiştir. 14. günde ise kontrol örneğiyle uygulama örnekleri arasındaki fark 0.42-1.58 log kob/g arasındadır. Maksimum fark PAİS uygulamasıyla dereotu ve fesleğen örneğinde sırasıyla 1.58 ve 1.51 log kob/g olarak kaydedilmiştir.

10^6 inokülasyon için, uygulamadan hemen sonra PAİS ve PAÇS arasındaki fark maydanoz, fesleğen ve stevia için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Dereotu, kekik, nane, biberiye ve defne için PAİS ve PAÇS arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Fakat buna rağmen PAİS uygulamasının, PAÇS uygulamasına göre daha iyi inaktivasyon sağladığını söylemek mümkündür. Depolamanın 14. gününde PAİS ve PAÇS arasındaki fark sadece fesleğen için anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). 0. günde taze baharatların inaktivasyon miktarı 0.50-2.01 log kob/g arasındadır. PAİS uygulamasında maksimum inaktivasyon fesleğen örneğinde 2.01 log kob/g, dereotu örneğinde ise 1.74 log kob/g olarak kaydedilmiştir. PAÇS uygulamasında ise dereotu ve defne örneğinde sırasıyla 1.57 log kob/g ve 1.55 log kob/g olarak kaydedilmiştir. 14. günde ise kontrol örneğiyle uygulama örnekleri arasındaki fark 0.44-2.11 log kob/g arasındadır. Maksimum fark PAİS uygulamasıyla fesleğen ve PAÇS uygulamasıyla defne örneğinde sırasıyla 2.11 ve 1.41 log kob/g olarak kaydedilmiştir.

Literatürde şu anda taze baharatlar üzerinde PAS etkisi için herhangi bir çalışma bulunmamaktadır fakat benzer sonuç taze yeşil yapraklı sebzelerde de kaydedilmiştir.

Marul üzerinde yürütülen bir çalışmada Patange ve diğ. (2019) *P. fluorescens* hücrelerini tespit seviyesi altına 10 dakika uygulamayla düşürdüklerini belirtmişlerdir. Khan ve Kim (2019) tarafından marul üzerinde yapılan çalışmada *S. typhimurium* hücreleri üzerinde 3.0 log kob/g bir azalma kaydedilmiştir.

4.2 Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.2.1 Su aktivitesi

Gıdanın sahip olduğu ve mikroorganizmalar tarafından kullanılabilen su miktarına su aktivitesi denilmektedir (Uysal Seçkin ve Taşeri, 2015). Yapılan analizler sonucunda PAS uygulamasının su aktivitesi değeri üzerine etkisi bütün taze baharatlarda istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.1: PAS uygulamasının taze baharatların su aktivitesi üzerine etkisi (aw).

Örnek	K	PAİS	PAÇS
Dereotu	0.89 ± 0.01^{Aa}	0.88 ± 0.01^{Aa}	0.88 ± 0.01^{Aa}
Maydanoz	0.88 ± 0.01^{Aa}	0.86 ± 0.04^{Aa}	0.87 ± 0.01^{Aa}
Kekik	0.89 ± 0.01^{Aa}	0.88 ± 0.03^{Aa}	0.88 ± 0.02^{Aa}
Fesleğen	0.90 ± 0.02^{Aa}	0.90 ± 0.02^{Aa}	0.89 ± 0.01^{Aa}
Stevia	0.86 ± 0.01^{Aa}	0.86 ± 0.03^{Aa}	0.87 ± 0.02^{Aa}
Nane	0.90 ± 0.02^{Aa}	0.89 ± 0.02^{Aa}	0.89 ± 0.02^{Aa}
Biberiye	0.87 ± 0.01^{Aa}	0.85 ± 0.02^{Aa}	0.87 ± 0.02^{Aa}
Defne	0.85 ± 0.01^{Aa}	0.85 ± 0.03^{Aa}	0.85 ± 0.03^{Aa}

PAS uygulamasının, taze baharatların su aktivitesi değeri üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.1). Benzer sonuç, Laurita ve diğ. (2021) tarafından roka salatası üzerinde yürütülen çalışmada da raporlanmıştır. PAS uygulamasının su aktivitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

4.2.2 pH

pH değerinin, bitkilerinin renklerinden sorumlu pigmentler üzerinde önemli bir etkisi vardır ve renk direkt olarak müşterinin satın alma talebini etkiler. Su örneklerinin plazma öncesi ve sonrası pH ölçümü yapılmıştır. Bunun sonucunda Saka içme suyu ve çeşme suyu için plazma uygulamasından sonra sırasıyla pH 7.86'dan 2.55 ± 0.05 'e ve 8.91'den 3.97 ± 0.05 'e düşmüştür. Taze baharatların tümünde PAS uygulamasının

pH üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). PAİS ve PAÇS uygulaması arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.2: PAS uygulamasının taze baharatların pH değeri üzerine etkisi.

Örnek	K	PAİS	PAÇS
Dereotu	5.85 ± 0.06^{Aa}	5.59 ± 0.12^{Aa}	5.63 ± 0.15^{Aa}
Maydanoz	5.97 ± 0.25^{Aa}	5.88 ± 0.33^{Aa}	5.83 ± 0.06^{Aa}
Kekik	6.35 ± 0.21^{Aa}	6.11 ± 0.19^{Aa}	5.92 ± 0.25^{Aa}
Fesleğen	5.73 ± 0.19^{Aa}	5.17 ± 0.03^{Aa}	5.42 ± 0.18^{Aa}
Stevia	4.67 ± 0.32^{Aa}	4.66 ± 0.16^{Aa}	4.65 ± 0.28^{Aa}
Nane	5.15 ± 0.07^{Aa}	5.00 ± 0.07^{Aa}	4.93 ± 0.47^{Aa}
Biberiye	6.03 ± 0.01^{Aa}	5.99 ± 0.01^{Aa}	5.85 ± 0.15^{Aa}
Defne	6.48 ± 0.26^{Aa}	6.21 ± 0.06^{Aa}	6.16 ± 0.19^{Aa}

PAS uygulamasının taze baharatların pH değeri üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.2). Benzer sonuç Choi ve diğ. (2019) tarafından Çin lahanası üzerinde yürütülen çalışmada da raporlanmıştır. Dimitrakellis ve diğ. (2021) tarafından roka üzerinde yürütülen çalışmada da PAS uygulamasının pH değerinde bir değişikliğe sebep olmadığı belirtilmiştir.

4.2.3 Çözünür katı madde miktarı (Brix°)

Taze baharatların tümünde PAS uygulamasının çözünür katı madde miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). PAİS ve PAÇS uygulaması arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.3: PAS uygulamasının taze baharatların çözünür katı madde miktarına etkisi (Brix°).

Örnek	K	PAİS	PAÇS
Dereotu	14.25 ± 0.35^{Aa}	15.25 ± 0.35^{Aa}	17.00 ± 1.41^{Aa}
Maydanoz	5.75 ± 1.06^{Aa}	7.25 ± 0.35^{Aa}	9.75 ± 1.77^{Aa}
Kekik	8.25 ± 0.35^{Aa}	9.25 ± 0.35^{Aa}	9.37 ± 0.18^{Aa}
Fesleğen	3.75 ± 1.06^{Aa}	5.25 ± 0.35^{Aa}	6.25 ± 0.35^{Aa}
Stevia	5.50 ± 0.71^{Aa}	6.75 ± 0.35^{Aa}	7.25 ± 0.35^{Aa}
Nane	7.00 ± 1.41^{Aa}	9.50 ± 2.12^{Aa}	10.00 ± 2.83^{Aa}
Biberiye	6.75 ± 0.35^{Aa}	7.75 ± 0.35^{Aa}	8.50 ± 0.70^{Aa}
Defne	6.50 ± 0.70^{Aa}	8.00 ± 1.41^{Aa}	8.25 ± 1.06^{Aa}

PAS uygulamasının taze baharatların çözünür katı madde miktarına herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.3). Fakat nispeten bir artışa sebep olduğunu söylemek mümkündür. Chen ve diğ. (2019) tarafından taze kesilmiş armutlarda yürütülen çalışmada, depolamanın ilk 6 günü boyunca çözünebilir katı miktarı artmıştır fakat sonra azalmaya başlamıştır. Yazarlar, depolamanın ilk günlerinde nişastanın hızlıca şekere dönüşmesinin çözünebilir katı miktarını arttırdığını fakat sonradan proteinlerin kısmi denatürasyonu ve pektin, karbonhidrat bağının aşırı seyrelmesiyle birlikte azaldığını raporlamışlardır. Benzer şekilde Perinban ve diğ. (2022) tarafından lahanaya üzerine yürütülen çalışmada PAS uygulamasının çözünebilir katı miktarını arttırdığı raporlanmıştır. Fakat bunun yanında Liu ve diğ. (2021) tarafından ıspanak üzerinde yürütülen çalışmada ise, PAS uygulamasının çözünebilir katı miktarına herhangi bir etkisi olmamıştır.

4.2.4 Nem miktarı

Nem miktarı, gıdaların muhafazası için oldukça fazla önem taşımaktadır ve ürünlerin raf ömrünü korumak için stabil bir şekilde tutmak gerekmektedir. Taze baharatların tümünde PAS uygulamasının nem miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). PAİS ve PAÇS uygulaması arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.4: PAS uygulamasının taze baharatların nem miktarı üzerine etkisi (%).

Örnek	K	PAİS	PAÇS
Dereotu	88.38 ± 0.88 ^{Aa}	85.71 ± 0.41 ^{Aa}	86.71 ± 1.82 ^{Aa}
Maydanoz	89.72 ± 0.26 ^{Aa}	89.69 ± 1.46 ^{Aa}	87.83 ± 0.59 ^{Aa}
Kekik	75.91 ± 0.13 ^{Aa}	72.86 ± 0.59 ^{Aa}	78.66 ± 3.77 ^{Aa}
Fesleğen	88.97 ± 0.67 ^{Aa}	89.84 ± 1.38 ^{Aa}	94.51 ± 3.09 ^{Aa}
Stevia	80.78 ± 2.06 ^{Aa}	81.97 ± 0.66 ^{Aa}	82.82 ± 1.02 ^{Aa}
Nane	91.48 ± 0.96 ^{Aa}	90.18 ± 1.43 ^{Aa}	87.88 ± 0.87 ^{Aa}
Biberiye	65.43 ± 1.43 ^{Aa}	70.44 ± 2.75 ^{Aa}	70.88 ± 4.21 ^{Aa}
Defne	47.53 ± 6.66 ^{Aa}	66.20 ± 5.60 ^{Aa}	59.32 ± 4.36 ^{Aa}

PAS uygulamasının taze baharatların nem miktarına herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.4). Benzer sonuç Choi ve diğ. (2019) tarafından Çin lahanası üzerinde yürütülen çalışmada da raporlanmıştır. Yazarlar, PAS uygulamasının nem miktarında herhangi bir değişikliğe sebep olmadığını belirtmiştir.

4.3 Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

4.3.1 Toplam fenolik madde miktarı

Fenolik bileşikler, bitkiler tarafından üretilen sekonder metabolitlerdir. Bu bileşikler, bitkiyi kuraklık, UV radyasyonu, patojenler ve hastalıklar gibi birçok farklı stres koşullarından korumaktadır (Çağlar ve Demirci, 2017). Yapılarından dolayı polifenol olarak adlandırılabilen bu bileşiklerin insan sağlığına çok fazla yararı vardır ve en zengin kaynakları sebze ile meyvelerdir (Bacanlı ve diğ., 2015). Bu yüzden taze endüstride bu bileşikler koruyan teknolojiler kullanmak oldukça önemlidir.

Yapılan analiz sonucunda bütün taze baharat örneklerinde PAS uygulamasının toplam fenolik içeriğine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca bütün örneklerde PAİS ve PAÇS örneklerinin arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Bütün taze baharat örneklerinde, uygulamadan fenolik madde içeriği olumlu olarak etkilenmiştir (Çizelge 4.5). PAS içeriğinde bulunan yüksek reaktif türler, doku için fizyolojik stres oluşturur ve bu türler, bitkilerde stres tepkilerinin düzenlenmesine katılan abiyotik uyarıcılar olarak hareket edebilir, bu da uygulamanın bitki dokularındaki polifenol sentezini arttırmasını açıklamaktadır (Kučerová ve diğ., 2021).

Çizelge 4.5: PAS uygulamasının taze baharatların toplam fenolik içeriğinin üzerine etkisi (mg gallik asit/g örnek).

Örnek	K	PAİS	PAÇS
Dereotu	623.53 ± 5.88 ^{Aa}	691.79 ± 3.20 ^{Ab}	637.31 ± 1.92 ^{Ac}
Maydanoz	422.40 ± 3.94 ^{Aa}	490.51 ± 3.89 ^{Ab}	458.14 ± 3.61 ^{Ac}
Kekik	725.93 ± 2.73 ^{Aa}	790.51 ± 1.47 ^{Ab}	760.30 ± 1.80 ^{Ac}
Fesleğen	475.45 ± 3.89 ^{Aa}	552.05 ± 3.86 ^{Ab}	503.33 ± 2.94 ^{Ac}
Stevia	375.13 ± 3.09 ^{Aa}	446.92 ± 3.85 ^{Ab}	409.15 ± 3.03 ^{Ac}
Nane	342.28 ± 1.94 ^{Aa}	409.74 ± 1.47 ^{Ab}	377.21 ± 2.20 ^{Ac}
Biberiye	400.13 ± 2.94 ^{Aa}	466.79 ± 3.38 ^{Ab}	416.47 ± 2.00 ^{Ac}
Defne	314.87 ± 1.47 ^{Aa}	367.12 ± 2.88 ^{Ab}	330.90 ± 3.89 ^{Ac}

PAİS örneklerinde, PAÇS örneklerine kıyasla daha fazla artış olmuştur. Bunun nedeninin ise PAİS uygulamasından örneklerin reaktif türlere daha fazla maruz kalması ve hücrelerin daha fazla strese girerek daha fazla polifenol sentezlemesi ve hücre duvarının bileşenlerinin yıkıma uğrayarak içeri salınması olduğu

düşünülmektedir. PAİS'yun pH'ı, PAÇS'ya göre daha düştüğü için reaktif türler bakımından daha zengin olduğu düşünülmektedir.

Benzer sonuçlar Abouelenin ve diğ. (2022) tarafından elma üzerinde yürütülen çalışmada da raporlanmıştır. Yazarlar, uygulama süresi arttıkça fenolik madde içeriğinin arttığını belirtmişlerdir. Bunun yanında Laurita ve diğ. (2021) tarafından roka yaprakları üzerinde yapılan çalışmada ise PAS uygulamasının 5 dakika uygulama süresi hariç toplam fenolik madde içeriğinde herhangi bir etkisi olmadığını raporlanmıştır. Bunun yanında Perinban ve diğ. (2022) tarafından lahana üzerinde yürütülen çalışmada ise 20 dakikalık aktivasyon süresinde fenolik madde içeriğinin önemli bir şekilde azaldığını raporlanmıştır.

4.3.2 Toplam klorofil miktarı

Klorofil, tüm yeşil bitkilerde hayatın devamlılığı için gerekli olan fotosentez olayının gerçekleşmesini sağlayan ve onlara doğal rengini veren renk maddesidir (Tekin ve Ersus Bilek, 2019). Taze baharatlarda en önemli kalite özelliği rengidir ve direkt olarak satın alma talebini etkiler. Hatta en yeşil ürün, en taze ürün olarak kabul edilir (Ejoh ve diğ, 2007). PAS uygulamasının taze baharatların toplam klorofil içeriğine etkisi defne örneği hariç istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.6: PAS uygulamasının taze baharatların klorofil miktarının üzerine etkisi (mg/kg).

Örnek		Klorofil a	Klorofil b	Toplam Klorofil
Dereotu	<i>K</i>	12.107 ± 1.170 ^{Aa}	13.712 ± 1.576 ^{Aa}	25.819 ± 0.444 ^{Aa}
	<i>PAİS</i>	16.177 ± 0.931 ^{Ab}	11.127 ± 1.345 ^{Aa}	27.305 ± 1.896 ^{Aa}
	<i>PAÇS</i>	14.137 ± 0.883 ^{Aab}	12.602 ± 1.804 ^{Aa}	26.739 ± 1.562 ^{Aa}
Maydanoz	<i>K</i>	14.785 ± 1.511 ^{Aa}	10.720 ± 3.407 ^{Aa}	25.505 ± 2.809 ^{Aa}
	<i>PAİS</i>	15.772 ± 0.838 ^{Aa}	11.029 ± 2.571 ^{Aa}	26.800 ± 1.869 ^{Aa}
	<i>PAÇS</i>	14.055 ± 1.987 ^{Aa}	11.786 ± 1.948 ^{Aa}	25.840 ± 2.169 ^{Aa}
Kekik	<i>K</i>	10.165 ± 0.787 ^{Aa}	7.523 ± 2.021 ^{Aa}	17.688 ± 2.350 ^{Aa}
	<i>PAİS</i>	10.617 ± 1.393 ^{Aa}	9.532 ± 3.050 ^{Aa}	20.150 ± 4.440 ^{Aa}
	<i>PAÇS</i>	11.059 ± 0.244 ^{Aa}	8.084 ± 1.171 ^{Aa}	19.143 ± 1.394 ^{Aa}
Fesleğen	<i>K</i>	13.295 ± 0.655 ^{Aa}	9.838 ± 0.684 ^{Aa}	23.133 ± 0.753 ^{Aa}
	<i>PAİS</i>	13.298 ± 0.905 ^{Aa}	10.575 ± 1.957 ^{Aa}	23.872 ± 1.914 ^{Aa}
	<i>PAÇS</i>	14.077 ± 1.733 ^{Aa}	9.418 ± 1.570 ^{Aa}	23.496 ± 0.479 ^{Aa}

Çizelge 4.6 (devam): PAS uygulamasının taze baharatların klorofil miktarının üzerine etkisi (mg/kg).

Örnek		Klorofil a	Klorofil b	Toplam Klorofil
Stevia	K	13.895 ± 1.414 ^{Aa}	12.283 ± 1.279 ^{Aa}	26.177 ± 1.416 ^{Aa}
	PAİS	15.300 ± 1.971 ^{Aa}	12.904 ± 0.976 ^{Aa}	28.204 ± 2.754 ^{Aa}
	PAÇS	15.515 ± 2.193 ^{Aa}	12.175 ± 2.053 ^{Aa}	27.690 ± 1.074 ^{Aa}
Nane	K	12.118 ± 1.550 ^{Aa}	9.633 ± 0.252 ^{Aa}	21.751 ± 1.458 ^{Aa}
	PAİS	12.499 ± 0.711 ^{Aa}	12.132 ± 1.536 ^{Aa}	24.631 ± 1.899 ^{Aa}
	PAÇS	12.991 ± 0.097 ^{Aa}	9.928 ± 0.830 ^{Aa}	22.919 ± 0.770 ^{Aa}
Biberiye	K	14.203 ± 1.386 ^{Aa}	5.319 ± 1.414 ^{Aa}	19.522 ± 2.370 ^{Aa}
	PAİS	12.463 ± 1.168 ^{Aa}	8.991 ± 3.358 ^{Aa}	21.454 ± 3.668 ^{Aa}
	PAÇS	12.808 ± 1.820 ^{Aa}	8.016 ± 1.169 ^{Aa}	20.825 ± 1.529 ^{Aa}
Defne	K	13.519 ± 1.636 ^{Aa}	11.413 ± 0.505 ^{Aa}	24.932 ± 1.740 ^{Aa}
	PAİS	16.635 ± 1.193 ^{Ab}	12.025 ± 0.644 ^{Aa}	28.660 ± 0.656 ^{Ab}
	PAÇS	16.442 ± 0.573 ^{Aab}	10.628 ± 0.957 ^{Aa}	27.070 ± 1.072 ^{Aab}

Defne örneğinin toplam klorofil miktarı PAİS uygulamasında istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir. (Çizelge 4.6). Benzer sonuç Chalise ve diğ. (2024) tarafından tarçın bitkisinin yaprakları üzerine yürütülen çalışmada raporlanmıştır. Yazarlar, özellikle 12 dakikalık uygulama süresinde klorofil tutma kapasitesinin kontrol örneğinden çok daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Than ve diğ. (2022) marul bitkisi üzerinde yürüttüğü çalışmada ise klorofil miktarının olumlu etkilendiğini belirtilmiştir.

4.3.3 Antioksidan aktivite

PAS uygulamasının içerdiği reaktif türler nedeniyle taze baharatlar antioksidan sistemin aktivitesini artırarak dirençlerini arttırabilirler (Zhao ve diğ, 2019). Yapılan analiz sonunda örneklerden kekik, fesleğen ve biberiye de uygulamanın antioksidan aktivite üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.7: PAS uygulamasının taze baharatların antioksidan aktivesi üzerine etkisi (umol trolox/g örnek).

Örnek	K	PAİS	PAÇS
Dereotu	4.376 ± 0.095 ^{Aab}	4.775 ± 0.053 ^{Aa}	4.293 ± 0.255 ^{Ab}
Maydanoz	3.534 ± 0.627 ^{Aa}	4.561 ± 0.330 ^{Aa}	4.574 ± 0.465 ^{Aa}
Kekik	2.478 ± 0.899 ^{Aa}	4.354 ± 0.042 ^{Ab}	3.815 ± 0.113 ^{Ab}
Fesleğen	1.482 ± 0.625 ^{Aa}	3.749 ± 0.631 ^{Ab}	3.960 ± 0.456 ^{Ab}

Çizelge 4.7 (devam): PAS uygulamasının taze baharatların antioksidan aktivesi üzerine etkisi (umol trolox/g örnek).

Örnek	K	PAİS	PAÇS
Stevia	3.140 ± 1.037 ^{Aa}	3.447 ± 0.498 ^{Aa}	4.648 ± 0.086 ^{Aa}
Nane	1.785 ± 0.373 ^{Aa}	2.872 ± 1.464 ^{Aa}	3.885 ± 0.088 ^{Aa}
Biberiye	2.153 ± 1.499 ^{Aa}	4.547 ± 0.263 ^{Ab}	4.144 ± 0.130 ^{Ab}
Defne	3.907 ± 0.068 ^{Aa}	4.381 ± 0.284 ^{Aa}	4.543 ± 0.470 ^{Aa}

Maydanoz, stevia, nane ve defne örneklerinde uygulamanın etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Dereotu örneğinde ise uygulamanın etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır fakat PAİS ve PAÇS örneklerinin arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Biberiye örneğinde ise sadece PAİS örneklerindeki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Biberiye ve dereotu örneğinde açık bir şekilde PAİS uygulaması antioksidan aktiviteyi olumlu bir şekilde etkilemiştir.

Bunun yanında kekik ve fesleğen örneklerinde uygulamanın antioksidan aktivite üzerinde etkisi istatistiksel olarak anlamlı bir artışa sebep olmuştur ($p < 0.05$). Fesleğen örneğinde PAÇS örnekleri antioksidan aktiviteyi daha fazla arttırmıştır fakat kekik örneğinde bunun tam tersi geçerlidir. Antioksidan aktivite değerlerinde ve uygulama arasında herhangi bir korelasyon olmamasının nedeninin bitkinin türünün farklı olması olduğu düşünülmektedir. Fakat genel olarak tablodaki değerleri yorumlamak gerekirse, uygulamanın antioksidan aktiviteye olumsuz bir etki sağlamadığını hatta olumlu bir etki sağladığını söylemek mümkündür. Dereotu, kekik ve biberiye örneklerinde PAİS uygulamasındaki artış daha fazla olurken, maydanoz, stevia, defne, nane ve fesleğen örneklerinde PAÇS uygulamasındaki artış daha fazla olmuştur (Çizelge 4.7).

Abouelenein ve diğ. (2023) tarafından yemeye hazır roka salatası üzerine yapılan çalışmada, 20 ve 10 dakika uygulama süresiyle antioksidan kapasitenin arttığı fakat 5 ve 2 dakika uygulama süresinde azaldığı raporlanmıştır. Bunun nedeninin ise hidroksil gruplarının artması ve glikozilasyonun azalması olduğunu belirtilmiştir. Benzer sonuçlar elma üzerinde Tappi ve diğ. (2018) tarafından yürütülen çalışmada da raporlanmıştır. 10 dakika uygulama süresi antioksidan aktiviteyi olumlu olarak arttırmış ve bu durumun reaktif türlerin oksidatif strese nedene olması, bunun da antioksidan üretiminin arttırdığı belirtilmiştir. Fakat bu çalışmaların yanında, Chen ve

diğ. (2018) tarafından armut üzerinde yapılan çalışmada, PAS uygulamasının antioksidan aktiviteyi istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalttığı raporlanmıştır.

4.3.4 Toplam antosiyanin miktarı

Antosiyaninler, antioksidan alımının büyük bir kısmına katkıda bulunan bir polifenol alt sınıfı olan flavonoid grubuna dahil olan ve özellikle kardiyovasküler hastalıklardan koruyucu etkileri olan, insan sağlığına yararlı olan önemli bileşiklerdir (Afacan ve Sönmezdağ, 2020). PAS uygulamasının taze baharatların antosiyanin miktarında yaptığı değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.8: PAS uygulamasının taze baharatların antosiyanin miktarı üzerine etkisi (mg siyanidin-3-glukozid/100 g örnek).

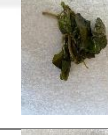
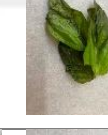
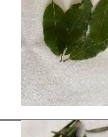
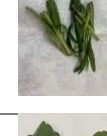
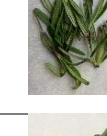
Örnek	K	PAİS	PAÇS
Dereotu	6.696 ± 2.722 ^{Aa}	8.817 ± 1.563 ^{Aa}	7.214 ± 0.428 ^{Aa}
Maydanoz	4.626 ± 0.875 ^{Aa}	4.943 ± 1.077 ^{Aa}	4.926 ± 1.138 ^{Aa}
Kekik	2.421 ± 0.840 ^{Aa}	4.075 ± 0.376 ^{Aa}	3.807 ± 2.216 ^{Aa}
Fesleğen	6.362 ± 2.247 ^{Aa}	7.364 ± 0.878 ^{Aa}	6.813 ± 1.833 ^{Aa}
Stevia	4.409 ± 1.325 ^{Aa}	4.826 ± 1.114 ^{Aa}	4.676 ± 0.438 ^{Aa}
Nane	4.074 ± 1.452 ^{Aa}	4.342 ± 0.834 ^{Aa}	4.275 ± 0.536 ^{Aa}
Biberiye	5.010 ± 0.678 ^{Aa}	5.277 ± 1.070 ^{Aa}	5.043 ± 0.730 ^{Aa}
Defne	1.753 ± 1.001 ^{Aa}	2.288 ± 0.848 ^{Aa}	2.254 ± 1.362 ^{Aa}

Uygulamanın yaptığı değişiklikler taze baharatların antioksidan aktivitesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasına karşın, yine de kontrol örneklerine kıyasla PAS uygulanmış örneklerde nispeten bir artışa neden olmuştur (Çizelge 4.8). Benzer sonuçlar Guo ve diğ. (2017) tarafından üzüm üzerinde yürütülen çalışmada elde edilmiştir. PAS uygulaması üzümlerin antosiyanin miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe sebep olmamıştır.

4.4 Raf Ömrü

Taze baharatlar 14 gün boyunca +4°C’de hava almayacak şekilde muhafaza edilmiştir ve 0. gün, 7. gün ve 14. günde fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 4.19). Görüntülere bakıldığında genel olarak PAÇS ve PAİS uygulamasından sonra taze baharatlarının görünümünün daha iyi olduğunu söylemek mümkündür. Nananın kontrol örneğinde 14. günde hafif kararmalar meydana gelmiş fakat PAİS ve PAÇS örnekleri hala yeşil

bir şekilde kalmıştır. Maydanoz örneğinde PAİS ve PAÇS örnekleri kontrol örneğine kıyasla daha yeşil kalmıştır, bunun yanında kontrol örneğinde depolama boyunca sararmalar gözlemlenmiştir. En büyük farklar ise fesleğen ve biberiye örneklerinde gözlemlenmiştir. Fesleğenin kontrol örneği 14. günde tamamen tüketilemez bir hale gelmiştir fakat PAİS ve PAÇS örnekleri bariz bir şekilde daha iyi durumdadır. Biberiyenin kontrol örneğinde ise 14. günde hafif kararmalar gözlemlenmiştir. Buna zıt olarak PAİS ve PAÇS örneklerinde herhangi bir kararma gözlemlenmemiştir.

0. GÜN			7. GÜN			14. GÜN		
K	PAİS	PAÇS	K	PAİS	PAÇS	K	PAİS	PAÇS
								
								
								
								
								
								
								
								

Şekil 4.19: Taze baharatların 0., 7. ve 14. gündeki görünüşleri.



5. GELECEK PERSPEKTİFİ VE SINIRLAMALAR

Hasat sonrası en önemli işlem adımlarından biri bu ürünlerin yıkanmasıdır. Bu işlem genellikle çeşitli kimyasallar ve dezenfektanlarla gerçekleştirilir. PAS bu işleme alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Pipliya ve diğ, 2023). PAS, RONS'un neden olduğu mekanizmalar ile mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlar ve aynı zamanda baharatlar gibi taze ürünler üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaz (Sharma ve diğ, 2021). Bunun yanında meyve ve sebzelerin raf ömrünün arttırılması, et ve kabuklu yumurtaların dekontaminasyonu, pestisitlerin azaltılması ve et ürünlerinin kürlenmesi gibi alanlarda genişlemeye devam etmektedir (Zhao ve diğ, 2019; Qian ve diğ, 2022; Lin ve diğ, 2020, Inguglia ve diğ, 2020). PAS aynı zamanda doğal gübre olarak kullanılma potansiyeline de sahiptir. Tohum çimlenmesini arttırır ve bitki büyümesini teşvik eder (Herianto ve diğ, 2020). Ek olarak, PAS toprak ve çevre üzerinde olumsuz etkileri olmadan doğal su sistemlerinde kirlilik kontrolü için potansiyel uygulamalara sahip olabilir (Gan ve diğ, 2022).

PAS uygulamasının en önemli dezavantajı, sadece yüzey dezenfeksiyonu için kullanılabilir olmasıdır. Ayrıca plazma cihazlarının karmaşıklığı ve gaz plazmasının kimyasının tam olarak bilinmemesi önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bunun yanında farklı tasarımlar farklı reaksiyon bileşiklerine yol açabilir ve bunun kontrolü oldukça zordur (Thirumdas ve diğ, 2018). PAS literatürde yapılan çalışmalarda oldukça umut verici bir alternatif olarak karşımıza çıkmakta fakat bu uygulamanın ticarileştirebilmesi ve endüstride kullanılabilir hale gelmesi için daha derine inen çalışmalar yapılmalıdır. İnaktivasyon mekanizması tam anlamıyla açığa çıkmalı, her ürün için optimum parametreler belirlenmeli, daha basit ve büyük ölçekli cihazlar üretilmeli ve reaktif türlerin kimyaları anlaşılmalıdır. Bu tez ile birlikte yapılan farklı çalışmaların ve yapılacak olan çalışmaların sonunda PAS uygulamasının özellikle taze ürünler için klorlu yıkamaya alternatif bir şekilde kullanılabileceği ve ileride gıda endüstrisinde çok önemli bir yere sahip olabileceği düşünülmektedir.



6. SONUÇ

Bu çalışmada ihraç potansiyeli olan taze baharatların PAS ile muamele edilerek mikrobiyal güvenliğinin sağlanması ve raf ömrünün bu şekilde artırılması amaçlanmıştır. Bu yüzden defne, fesleğen, kekik, biberiye, dereotu, maydanoz, nane ve stevia olmak üzere 8 farklı yüzeyde toplam canlı ve *P. syringae* spp. inaktivasyon etkinliği incelenmiştir. Ayrıca PAS uygulamasının taze baharatlar üzerinde fizikokimyasal etkileri de incelenmiştir.

PAS uygulaması, PAİS ve PAÇS olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmiş ve ürünler 10 dakika boyunca muamele edilmiştir. Analiz uygulamanın hemen sonrasında ve depolamanın 14. gününde tekrar edilmiştir. Toplam canlı inaktivasyonunda PAÇS uygulaması, PAİS uygulamasına göre bütün yüzeylerde daha başarılı olmuştur. Uygulamadan hemen sonra taze baharatların inaktivasyon miktarı 0.28-2.11 log kob/g arasındadır. En başarılı sonuç PAÇS uygulamasıyla dereotu örneğinde 2.11 log kob/g olarak kaydedilmiştir. 14. günde ise kontrol örneğiyle uygulama örnekleri arasındaki fark 0.53-1.46 log kob/g arasındadır. En başarılı sonuç yine PAÇS uygulamasıyla maydanoz örneğinde 1.46 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Hedef bakteri *P. syringae* spp. inaktivasyon etkinliğini incelemek için ise 10^4 ve 10^6 olmak üzere iki farklı inokülasyon miktarı kullanılmıştır. Hedef bakteri inaktivasyonunda PAİS, PAÇS uygulamasına göre tüm yüzeylerde daha başarılı olmuştur. 10^4 inokülasyonda 0. gün için inaktivasyon miktarı 0.48-1.90 log kob/g arasındadır. En başarılı sonuç PAİS uygulamasıyla nanede 1.90 log kob/g olarak kaydedilmiştir. 14. günde ise kontrol örneğiyle uygulama örnekleri arasındaki fark 0.42-1.58 log kob/g arasındadır. En başarılı sonuç yine PAİS uygulamasıyla dereotu örneğinde 1.58 log kob/g olarak kaydedilmiştir. 10^6 inokülasyonda 0. gün için inaktivasyon miktarı 0.50-2.01 log kob/g arasındadır. En başarılı sonuç PAİS uygulamasıyla fesleğende 2.01 log kob/g olarak kaydedilmiştir. 14. günde ise kontrol örneğiyle uygulama örnekleri arasındaki fark 0.44-2.11 log kob/g arasındadır. En başarılı sonuç yine PAİS uygulamasıyla fesleğen örneğinde 2.11 log kob/g olarak kaydedilmiştir. Toplam canlı inaktivasyonunda PAÇS uygulamasının daha etkin olma sebebinin plazma etkisinin klor ile birlikte sinerjistik

bir etki yaratarak mikroorganizmaları daha hızlı strese sokmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum *P. syringae* spp. inaktivasyonunda tam tersi olarak gözlenmiştir. PAİS uygulaması hedef bakterinin üzerinde daha iyi inaktivasyon etkinliği göstermiştir. Uygulama yapılan PAİS'yunun pH'ı 2.55, PAÇS'yunun pH'ı ise 3.97 olarak kaydedilmiştir. PAİS uygulamasının daha başarılı olma sebebi, *P. syringae* spp.'nin asidik ortamlara ürünlerin doğal mikfloralarından daha duyarlı olması olarak söylenebilir.

Taze baharatlar, uygulamadan sonra 14 gün boyunca +4°C'de hava almayacak şekilde muhafaza edilmiştir ve görüntüleri kaydedilmiştir. PAS örneklerinin depolama boyunca kontrol örneklerine kıyasla daha stabil bir şekilde kaldığı ve çürümenin geciktiği gözlemlenmiştir. Buna kanıt olarak da mikrobiyal analizler sonucunda kontrol örneklerinin mikrobiyal yüklerinin PAS örneklerine kıyasla daha fazla yükseldiği grafiklerle birlikte gösterilmiştir. PAS uygulaması örneklerin stabil bir halde kalmasını sağlamış ve raf ömrünü arttırmıştır. Mikrobiyal yüklerde elde edilen inaktivasyon etkinliği şu anda endüstri için yeterli olmasa da ekonomik olarak birçok kaybı önleyebileceği öngörülmektedir. Ek olarak, PAS uygulamasının taze endüstride kullanım alanı bulabilme potansiyelinin olduğu açıkça görülmektedir. Bu konuda daha fazla araştırma yapılması, özellikle PAS ile kombine kullanılabilecek teknolojilerin geliştirilmesi ya da PAS'yun inaktivasyon mekanizmasının açığa kavuşturularak inaktivasyon etkinliği arttırmak için yeni yöntemler ve yeni cihazlar geliştirilmesi gerekmektedir.

Taze baharatların fizikokimyasal özelliklerinden su aktivitesi, pH, çözünür katı madde miktarı, nem miktarı ve antosiyanin miktarı üzerinde PAS uygulaması istatistiksel olarak anlamlı bir değişime sebep olmamıştır. Bunun yanında bütün taze baharat örneklerinde toplam fenolik madde miktarı olumlu olarak etkilenmiştir. Toplam klorofil miktarında ise defne örneği hariç önemli bir etki kaydedilmemiştir. Defne örneğinde ise klorofil miktarı istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir. Taze baharatların antioksidan aktivitesi ise genel olarak artmış fakat bu artış kekik, fesleğen ve biberiye örneklerinde anlamlı bulunmuştur.

Sonuç olarak, PAS uygulamasının taze baharatların kalite özelliklerinde herhangi bir olumsuz değişime sebep olmadığını söylemek mümkündür. Bunun yanında depolama boyunca örnekleri stabil bir şekilde tutarak, çürümeyi ve yumuşamayı geciktirmiştir.

Taze endüstri için özellikle kimyasallarla yapılan yıkamaya alternatif bir metot olarak önemli bir etki sağlamıştır.





KAYNAKLAR

- Abouelenein, D., Mustafa, A. M., Nzekoue, F. K., Caprioli, G., Angeloni, S., Tappi, S., Castagnini, J. M., Dalla Rosa, M., & Vittori, S. (2022).** The Impact of Plasma Activated Water Treatment on the Phenolic Profile, Vitamins Content, Antioxidant and Enzymatic Activities of Rocket-Salad Leaves. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(1), 28. <https://doi.org/10.3390/antiox12010028>.
- Adebayo-Tayo, B.C., Esen, C.U., & Okonko, I. (2012).** Microorganisms Associated With Spoilage Of Stored Vegetables In Uyo Metropolis , Akwa Ibom State , Nigeria.
- Afacan, F. Ö., & Sönmezdağ, A. S. (2020).** Antosiyaninlerin Beslenmedeki Önemi ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Karya Journal of Health Science*, 1(1), 19-24.
- Akbal, Z. (2013).** Yoğurt Üretiminde Nane (*Mentha species*) ve Kekik (*Thymus vulgaris*) Ekstrelerinin Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Harran Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi.
- Altunbaş, M., & Türel, İ. (2009).** Petroselinum crispum (Maydanoz) Tohumu Uçucu Yağ Özütünün Letal Doz Düzeyleri ve Antienflamatuvar Aktivitesinin Deney Hayvanları Üzerinde Araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20(1), 21-25.
- Arda, G., & Hsu, Cl. (2023).** Preservation of Reactive Species in Frozen Plasma-Activated Water and Enhancement of its Bactericidal Activity Through pH Adjustment. *Plasma Chem Plasma Process* 43, 599–618. <https://doi.org/10.1007/s11090-023-10327-w>.
- Asghar, A., Rashid, M. H., Ahmed, W., Roobab, U., Inam-ur-Raheem, M., Shahid, A., Kafeel, S., Akram, M. S., Anwar, R. & Aadil, R. M. (2022).** An in-depth review of novel cold plasma technology for fresh-cut produce. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e16560. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16560>.
- Asl, P. J., Rajulapati, V., Gavahian, M., Kapusta, I., Putnik, P., Khaneghah, A. M., & Marszalek, K. (2021).** Non-thermal plasma technique for preservation of raw or fresh foods: A review. *Food Control*.
- Ayanoğlu, F., Başkaya, Ş., & Bahadır, N. P. (2016).** Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) Bitkisinin Uçucu Yağ Oranı, Uçucu Yağ Bileşenleri ve Antioksidan İçeriğinde Morfogenetik ve Ontogenetik Varyabilite. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1).
- Aydın, Ö. Ş., Manarga Birlik, P., & Şahan, Y. (2023).** Soğuk Plazma Uygulamasının Gıda Bileşenleri Üzerine Etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 477-498. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1251156>.

- Aysel, M.** (2008). Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve Mercanköşk (*Origanum onites* L.) Bitkilerindeki Antioksidan Potansiyelerinin Araştırılması. Ankara Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi.
- Bacanlı, M., Taner, G., Başaran, A., & Başaran, N.** (2015). Bitkisel Kaynaklı Fenolik Yapıdaki Bileşikler ve Sağlığa Yararlı Etkileri.
- Barcın Güzeldere, H. K.** (2022). Ocimum Basilicum L. ve Ocimum Sanctum Bitkilerinin Farmakolojik Etkileri. Sağlık & Bilim-2022: Medikal Araştırmalar II.
- Basmacıoğlu Malayoğlu, H.** (2010). Biberiyenin (*Rosmarinus officinalis* L.) Antioksidan Etkisi. Hayvansal Üretim, 51(2), 59-67.
- Başer, K. H. C.** (1994). Essential oils of Lamiaceae from Turkey: Recent results. *Lamiales Newsletter* (3), 6-11.
- Başer, K. H. C.** (2021). Kekik. *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 1(191), 15-31.
- Başığit, B., & Çam, M.** (2017). Püskürtmeli Kurutucu ile Nane (*Mentha piperita* ve *Mentha spicata*) Esansiyel Yağı Mikroenkapsülasyonu. *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1), 24-34. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.303125>.
- Berardinelli, A., Pasquali, F., Cevoli, C., Trevisani, M., Ragni, L., Mancusi, R., & Manfreda, G.** (2016). Sanitisation of fresh-cut celery and radicchio by gas plasma treatments in water medium. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 297-304. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.026>.
- Bermúdez-Aguirre, D., Wemlinger, E., Pedrow, P., Barbosa-Cánovas, G., & Garcia-Perez, M.** (2013). Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of *Escherichia coli* in fresh produce. *Food Control*, 34(1), 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.04.022>.
- Bezli, S.** (2020). Dereotu (*Anethum Graveolens* L.) Ekim Yöntemlerini İyileştirme Olanakları. Adnan Menderes Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi.
- Boskou, G., Salta, F. N., Chrysostomou, S., Mylona, A., Chiou, A., & Andrikopoulos, N. K.** (2006). Antioxidant capacity and phenolic profile of table olives from the Greek market. *Food Chemistry*, 94, 558-564.
- Bourke, P., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P. J., & Keener, K.** (2018). The Potential of Cold Plasma for Safe and Sustainable Food Production. *Trends in biotechnology*, 36(6), 615-626. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.11.001>.
- Bozdemir, Ç.** (2019). Türkiye’de Yetişen Kekik Türleri, Ekonomik Önemi ve Kullanım Alanları. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(3), 583-594. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.511777>.
- Büyükbayraktar, A.** (2014). Konya Ekolojik Şartlarında Farklı Azot Dozlarında Yetiştirilen *Mentha piperita* L. ve *Mentha spicata* L. Türelerinin Kurutma Yöntemlerine Göre Drog Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi.

- Calín-Sánchez, Á., Figiel, A., Lech, K., Szumny, A., & Carbonell-Barrachina, Á. A.** (2013). Effects of Drying Methods on the Composition of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Essential Oil. *Drying Technology*, 31(2), 224–235. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.725686>.
- Can, M., & Katar, D.** (2020). Mentha x piperita L. ve Mentha spicata L. türlerinde yapraktan uygulanan farklı organik gübrelerin tarımsal ve kalite özelliklerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3), 361-373. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.747347>.
- Chalise, R., Dahal, A., Basnet, S., Sharma, S., Pant, D.R., & Khanal, R.** (2024). Effect of plasma-activated water on chlorophyll retention in detached Tejpat (*Cinnamomum tamala*) leaves. *Heliyon*.
- Chamorro, J.C., Denoya, G.I., Santamaría, B., Fina, B.L., Ferreyra, M.G., Cejas, E., Rodríguez, A.E., Vaudagna, S.R., & Prevosto, L.** (2024). Effects of the Plasma-Activated Water on the Quality and Preservation of Fresh-Cut Lettuce. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 52, 1936-1946.
- Chen, C., Liu, C., Jiang, A., Guan, Q., Sun, X., Liu, S., Hao, K., & Hu, W.** (2019). The Effects of Cold Plasma-Activated Water Treatment on the Microbial Growth and Antioxidant Properties of Fresh-Cut Pears. *Food Bioprocess Technol* 12, 1842–1851. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02331-w>.
- Choi, E.J., Park, H.W., Kim, S.B., Ryu, S., Lim, J., Hong, E., Byeon, Y.S., & Chun, H.H.** (2019). Sequential application of plasma-activated water and mild heating improves microbiological quality of ready-to-use shredded salted kimchi cabbage (*Brassica pekinensis* L.). *Food Control*.
- Cunedioğlu, T., & Üremiş, İ.** (2018). Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve Sütçüler Kekiği (*Origanum minutiflorum* O. Schwarz & P.H. Davis) Uçucu Yağlarının Bazı Yabancı Ot Tohumlarının Çimlenmelerine Etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1), 24-32.
- Çağındı, Ö.** (2016). Mikrodalga Uygulamasının Kırmızı Üzüm Suyunun Antosiyanin İçeriği ile Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 14(4), 356-361.
- Çağlar, M., & Demirci, M.** (2017). Üzümsü Meyvelerde Bulunan Fenolik Bileşikler ve Beslenmedeki Önemi. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7(11), 18-26.
- Çınar, O., Tokgöz, H., Gölükcü, M., Uysal Bayar, F.** (2022). Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) Uçucu Yağ Kalite Parametrelerinin Hasat Zamanı ve Lokasyona Göre Değişimi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2), 1114-1123. <https://doi.org/10.21597/jist.1048411>.
- Daşgan, H. Y., Ceylan, E., & Dere, S.** (2022). Mikorizanın su kültürü fesleğen yetiştiriciliğinde mineral gübreleri azaltma üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 11(1), 47-56. <https://doi.org/10.29278/azd.972661>.

- Demirer Durak, E., Gülser, F., & Güneş, H.** (2022). Nanede (*Mentha multimentha* L.) kök çürüklüğüne neden olan *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı *Trichoderma* spp'nin biyolojik mücadele ve bitki gelişimindeki etkinliği. *Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Dergisi*, 10(2), 123-134. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.1178651>.
- Dimitrakellis, P., Giannoglou, M., Xanthou, Z.M., Gogolides, E., Taoukis, P., & Katsaros, G.**, (2021). Application of plasma-activated water as an antimicrobial washing agent of fresh leafy produce. *Plasma Proc. Polym.*, 18 (12), 2100030 <https://doi.org/10.1002/ppap.202100030>.
- Dualı, G.** (2010). Bazı Türk Nane (*Mentha* L.) Uçucu Yağlarının Biyolojik Aktiviteleri. Anadolu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Duru, S., Hayran, S., & Gül, A.** (2019). Gıda Amaçlı Kullanılan Baharatların Üretim, Pazarlama ve Dış Ticaret Yapısı. *Ziraat ve Su Ürünleri Araştırmaları* (pp.55-71), Ankara: Akademisyen.
- Ejoh, R. A., Nkonga, D. V., Inocent, G., & Moses, M. C.** (2007). Effect of the Method of Processing and Preservation on Some Quality Parameters of Three Non-Conventional Leafy Vegetables. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6, 128-133.
- Ekin, B., Günay, S., & Erden, Y.** (2024). Dereotu (*Anethum graveolens*) İnsan Yumurtalık Kanseri Hücre Hattı A2780 Üzerinde DNA Hasarına Neden Olmadan Hücre Ölümünü İndükler. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(2), 894-900. <https://doi.org/10.21597/jist.1345204>.
- Elik, H., Özgüven, M., & Kızıl, S.** (2014). Dereotu (*Anethum graveolens* L.)'nda Kışlık ve Yazlık Ekim Zamanlarının Herba, Meyve Mineral İçeriği ve Uçucu Yağ Bileşenleri Üzerine Etkisi. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu*.
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z.** (2021). Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(12), 1967. <https://doi.org/10.3390/antiox10121967>.
- Erken, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S., Bayram, E.** (2009). Farklı Dikim Sıklıklarının Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Bitkisinin Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 46(3), 165-173.
- Ertürk, R., Çelik, C., Kaygusuz, R., & Aydın, H.** (2010). Ticari olarak satılan kekik ve nane uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri. *Cumhuriyet Medical Journal*, 32(4), 281-286.
- Gan, Z., Zhang, Y., Gao, W., Wang, S., Liu, Y., Xiao, Y., Zhuang, X., Sun, A., & Wang, R.** (2022). Effects of nonthermal plasma-activated water on the microbial sterilization and storage quality of blueberry. *Food Bioscience*.

- Gómez, I., Janardhanan, R., Ibañez, F. C., & Beriain, M. J.** (2020). The Effects of Processing and Preservation Technologies on Meat Quality: Sensory and Nutritional Aspects. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(10), 1416. <https://doi.org/10.3390/foods9101416>.
- Gökşen, G., Eser, E., & Ekiz, H. İ.** (2022). Piyasadan Temin Edilen Defne Uçucu Yağlarının Kalite Özelliklerinin Karşılaştırılması ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Çukurova Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 37(1), 9-20. <https://doi.org/10.36846/CJAFS.2022.68>.
- Guo, D., Liu, H., Zhou, L., Xie, J., & He, C.** (2021). Plasma-activated water production and its application in agriculture. *Journal of the science of food and agriculture*, 101(12), 4891–4899. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11258>.
- Guo, J., Huang, K., Wang, X., Lyu, C., Yang, N., Li, Y., & Wang, J.** (2017). Inactivation of Yeast on Grapes by Plasma-Activated Water and Its Effects on Quality Attributes. *Journal of food protection*, 80(2), 225–230. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-116>.
- Guo, J., Qin, D., Li, W., Wu, F., Li, L., & Liu, X.** (2021). Inactivation of *Penicillium italicum* on kumquat via plasma-activated water and its effects on quality attributes. *International journal of food microbiology*, 343, 109090.
- Güler, H. D.** (2019). Biberiye, Fesleğen, Kekik, Nane ve Stevyanın Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Kurutma Yöntemlerinin Etkisi. Bursa Uludağ Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi.
- Herianto, S., Hou, C. Y., Lin, C. M., & Chen, H. L.** (2021). Nonthermal plasma-activated water: A comprehensive review of this new tool for enhanced food safety and quality. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20(1), 583–626. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12667>.
- Inguglia, E.S., Oliveira, M., Burgess, C.M., Kerry, J.P., & Tiwari, B.K.** (2020). Plasma-activated water as an alternative nitrite source for the curing of beef jerky: Influence on quality and inactivation of *Listeria innocua*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59, 102276.
- İnanç, A. L., & Çınar, İ.** (2009). Alternatif Doğal Tatlandırıcı: Stevya. *Gıda*, 34(6), 411-415.
- Joshi, I., Salvi, D., Schaffner, D. W., & Karwe, M. V.** (2018). Characterization of Microbial Inactivation Using Plasma-Activated Water and Plasma-Activated Acidified Buffer. *Journal of food protection*, 81(9), 1472–1480. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-487>.
- Jung, S., Kim, H.J., Park, S., In Yong, H., Choe, J.H., Jeon, H., Choe, W., & Jo, C.** (2015). The use of atmospheric pressure plasma-treated water as a source of nitrite for emulsion-type sausage. *Meat science*, 108, 132-7.
- Kandemir, H., Aydın, F., Güler, B., Gürel, A.** (2021). Soğuk Plazma Teknolojisi ve Tarımdaki Çeşitli Uygulama Alanları. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35(1), 217-245.

- Karaca, M., Kara, Ş. M., & Özcan, M. M.** (2017). Bazı Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Popülasyonlarının Herba Verimi ve Uçucu Yağ Oranının Belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 160-169.
- Karagöz, Ş., & Demirdöven, A.** (2018). Stevia rebaudiana Bitkisinin Tatlandırıcı, Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellikleri. *Akademik Gıda*, 16(4), 431-438. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.505522>.
- Karakuzu, E.** (2015). Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Tohumunun Ekim Olanakları. Adnan Menderes Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi.
- Karık, Ü., Çiçek, F., Tutar, M., Ayas, F.** (2015). Türkiye Defne (*Laurus nobilis* L.) Populasyonlarının Uçucu Yağ Bileşenleri. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 1-16.
- Khan, M. S. I., & Kim, Y.** (2019). Inactivation mechanism of *Salmonella* Typhimurium on the surface of lettuce and physicochemical quality assessment of samples treated by micro-plasma discharged water. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.011>.
- Kılıç-pekgözlü, A., Ceylan, E., & Çakal, Ö.** (2018). Hangisi Gerçek Defne Yaprağı Uçucu Yağı?. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 477-485.
- Koçer, O., & Ayanoğlu, F.** (2021). Dişi Defne (*Laurus nobilis* L.) Genotiplerinde Meyve Yağ Asitleri Kompozisyonlarının Belirlenmesi. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik Ve Tasarım Dergisi*, 3(1), 72-88. <https://doi.org/10.47898/ijeased.843773>.
- Kondak, S., Afşar, K., Yıldırım, B., & Gürbüz, B.** (2016). Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.)'nın Süs Bitkisi Olma ve Üretim Potansiyeli. VI. Süs Bitkileri Kongresi, 279-282.
- Kučerová, K., Henselová, M., Slováková, L., Bačovčinová, M., & Hensel, K.** (2021). Effect of Plasma Activated Water, Hydrogen Peroxide, and Nitrates on Lettuce Growth and Its Physiological Parameters. *Applied Sciences*, 11(5), 1985. <https://doi.org/10.3390/app11051985>.
- Kutlu, S. N., Canatan, F., & Güleç, A.** (2018). Plasma Activated Water for Plasma Medicine. *2018 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)*, 1-4.
- Laurita, R., Gozzi, G., Tappi, S., Capelli, F., Bisag, A., Laghi, G., Gherardi, M., Cellini, B., Abouelenein, D., Vittori, S., Colombo, V., Rocculi, P., Dalla, Rosa M., & Vannini, L.** (2021). Effect of plasma activated water (PAW) on rocket leaves decontamination and nutritional value, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 73, 102805. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102805>.
- Lin, C. M., Chu, Y. C., Hsiao, C. P., Wu, J. S., Hsieh, C. W., & Hou, C. Y.** (2019). The Optimization of Plasma-Activated Water Treatments to Inactivate *Salmonella* Enteritidis (ATCC 13076) on Shell Eggs. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(10), 520. <https://doi.org/10.3390/foods8100520>.

- Lin, C. M., Hsiao, C. P., Lin, H. S., Liou, J. S., Hsieh, C. W., Wu, J. S., & Hou, C. Y.** (2020). The Antibacterial Efficacy and Mechanism of Plasma-Activated Water Against *Salmonella* Enteritidis (ATCC 13076) on Shell Eggs. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(10), 1491. <https://doi.org/10.3390/foods9101491>.
- Liu, C., Chen, C., Jiang, A., Xiaoyuan, S., Guan, Q., & Hu, W.** (2020). Effects of plasma-activated water on microbial growth and storage quality of fresh-cut apple. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59, 102256.
- Liu, X., Li, Y., Wang, S., Huangfu, L., Zhang, M., & Xiang, Q.** (2021). Synergistic antimicrobial activity of plasma-activated water and propylparaben: Mechanism and applications for fresh produce sanitation. *LWT*.
- Liu, X., Zhang, M., Meng, X. I., Bai, Y., & Dong, X.** (2021). Effect of Plasma-Activated Water on *Shewanella putrefaciens* Population Growth and Quality of Yellow River Carp (*Cyprinus carpio*) Fillets. *Journal of food protection*, 84(10), 1722–1728. <https://doi.org/10.4315/JFP-21-031>.
- Lukeš, P., Člupek, M., Babický, V., & Šunka, P.** (2008). Ultraviolet radiation from the pulsed corona discharge in water. *Plasma Sources Science and Technology*, 17, 024012.
- Ma, R., Wang, G., Tian, Y., Wang, K., Zhang, J., & Fang, J.** (2015). Non-thermal plasma-activated water inactivation of food-borne pathogen on fresh produce. *Journal of hazardous materials*, 300, 643–651. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.07.061>.
- Ma, R., Yu, S., Tian, Y., Wang, K., Sun, C., Li, X., Zhang, J., Chen, K., & Fang, J.** (2016). Effect of Non-Thermal Plasma-Activated Water on Fruit Decay and Quality in Postharvest Chinese Bayberries. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 1825-1834.
- Malahlela, H. K., Belay, Z. A., Mphahlele, R. R., Sigge, G. O., & Caleb, O. J.** (2024). Recent advances in activated water systems for the postharvest management of quality and safety of fresh fruits and vegetables. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 23(2), e13317. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13317>.
- Mastanaiah, N., Johnson, J. A., & Roy, S.** (2013). Effect of dielectric and liquid on plasma sterilization using dielectric barrier discharge plasma. *PloS one*, 8(8), e70840. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070840>.
- Mir, S. A., Shah, M. A. & Mir, M. M.** (2016). Understanding the Role of Plasma Technology in Food Industry. *Food Bioprocess Technol* 9, 734–750. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1699-9>.
- Mollakhalili-Meybodi, N., Yousefi, M., Nematollahi, A., & Khorshidian, N.** (2021). Effect of atmospheric cold plasma treatment on technological and nutrition functionality of protein in foods. *Eur Food Res Technol*, 247, 1579–1594. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03750-w>.

- Morris, C. E., Kinkel, L. L., Xiao, K., Prior, P., & Sands, D. C.** (2007). Surprising niche for the plant pathogen *Pseudomonas syringae*. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 7(1), 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2006.05.002>.
- Nasar-Abbas, S. M., & Halkman, A. K.** (2004). Antimicrobial effect of water extract of sumac (*Rhus coriaria* L.) on the growth of some food borne bacteria including pathogens. *International journal of food microbiology*, 97(1), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.04.009>
- Odabaş Serin, Z., Ateş, N., & Cavunt, A.** (2017). Utilization of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) stalks in pulp and paper production. *Turkish Journal of Forestry*, 18(2), 155-159. <https://doi.org/10.18182/tjf.310094>.
- Oğur, S., & Ateş, S.** (2018). Baharat Kaynaklı Kontaminasyon ve Mikrobiyal Tehlikeler. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi.
- Oktay, E., & Artık, N.** (2021). Nane Yağı ve Karanfil Yağı Uygulamasının Depolanan Patateslerde Filizlenmeye Etkisi. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, (22), 357-363. <https://doi.org/10.31590/ejosat.868812>.
- Olaimat, A. N., & Holley, R. A.** (2012). Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. *Food Microbiology*, 32(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.04.016>.
- Özçatalbaş, O.** (2018). Şeker ve Tatlandırıcılar Sektörü. <http://www.enpolitik.com/koseyazisi/2098/seker-ve-tatlandiricilar-sektoru.html>. Erişim tarihi (28.06.2024).
- Özdemir, E., Başaran, P., Kartal, S., & Akan, T.** (2023). Cold plasma application to fresh green leafy vegetables: Impact on microbiology and product quality. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 22(6), 4484–4515. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13231>.
- Özdemir, M., Şengül, A. K., Bulamacı, B., Taşdemir, B.** (2024). Soğuk Plazma Teknolojisinin Meyve, Sebze, Et, Tavuk Ve Su Ürünlerindeki Uygulamaları. *Gıda*, 49(4), 656-668. <https://doi.org/10.15237/gida.GD23133>.
- Özer, T., Sert, F. Z., & Öztürk, A. İ.** (2019). Defne Bitkisi ve Yağı Üzerine Bir Araştırma. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(2), 25-34.
- Özgüven, M., Çalışkan, T.** (1999). Farklı Ekolojilerde Nane (*Mentha*) Türlerinin Verim ile Uçucu Yağ Oran ve Bileşenlerinin Araştırılması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(5), 465 - 472.
- Patange, A., Lu, P., Boehm, D., Cullen, P.J., & Bourke, P.** (2019). Efficacy of cold plasma functionalised water for improving microbiological safety of fresh produce and wash water recycling. *Food microbiology*, 84, 103226.
- Patra, A., Venugopal, A.P., Pandiselvam, R., Sutar, P.P., & Ganesan, J.** (2022). Effect of Plasma activated water (PAW) on physicochemical and functional properties of foods. *Food Control*, 142, 109268. [10.1016/j.foodcont.2022.109268](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109268).

- Pemen, A. J., van Ooij, P. P., Beckers, F., Hoebe, W. F., Koonen-Reemst, A. M., Huiskamp, T., & Leenders, P.H.** (2017). Power Modulator for High-Yield Production of Plasma-Activated Water. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 45, 2725-2733.
- Pérez-Martínez, I., Zhao, Y., Murillo, J., Sundin, G. W., & Ramos, C.** (2008). Global genomic analysis of *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* plasmids. *Journal of bacteriology*, 190(2), 625–635. <https://doi.org/10.1128/JB.01067-07>.
- Perinban, S., Orsat, V., & Raghavan, V.** (2022). Influence of plasma activated water treatment on enzyme activity and quality of fresh-cut apples. *Food chemistry*, 393, 133421.
- Perinban, S., Orsat, V., Lyew, D., & Raghavan, V.** (2022). Effect of plasma activated water on *Escherichia coli* disinfection and quality of kale and spinach. *Food chemistry*, 397, 133793. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133793>.
- Pipliya, S., Kumar, S., Babar, N., & Srivastav, P. P.** (2023). Recent trends in non-thermal plasma and plasma activated water: Effect on quality attributes, mechanism of interaction and potential application in food & agriculture. *Food Chemistry Advances*, (2), 100249. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100249>.
- Pişkin, Ç.** (2007). Lamiaceae familyasına mensup bazı baharat bitkilerinin antimikrobiyal etkilerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Polatçı, H., & Aksüt, B.** (2020). R404a Gazı Kullanılan Bir Soğutma Sistemi Tasarlanması ve Maydanoz Muhafaza Performansının Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9(2), 13-23.
- Polatçı, H., & Taşova, M.** (2017). Mikrodalga Yöntemi ile Kurutulan Dereotu Yapraklarının (*Anethum graveolens* L.) Kurutma Kinetiği ve Renk Değerlerinin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(Özel Sayı (BSM 2017)), 42-51.
- Qi, Z., Tian, E., Song, Y., Sosnin, E. A., Skakun, V. S., Li, T., Xia, Y., Zhao, Y., Lin, X., & Liu, D.** (2018). Inactivation of *Shewanella putrefaciens* by Plasma Activated Water. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 38, 1035-1050.
- Qian, J., Yan, L., Ying, K., Luo, J., Zhuang, H., Yan, W., Zhang, J., & Zhao, Y.** (2022). Plasma-activated water: A novel frozen meat thawing media for reducing microbial contamination on chicken and improving the characteristics of protein. *Food chemistry*, 375, 131661. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131661>.
- Rahman, M., Hasan, M. S., Islam, R., Rana, R., Sayem, A., Sad, M. A. A., Matin, A., Raposo, A., Zandonadi, R. P., Han, H., Ariza-Montes, A., Vega-Muñoz, A., & Sunny, A. R.** (2022). Plasma-Activated Water for Food Safety and Quality: A Review of Recent Developments. *International journal of environmental research and public health*, 19(11), 6630. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116630>.

- Rajalakshmi, K., & Banu, N.** (2015). Extraction and estimation of chlorophyll from medicinal plants. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4, 209-212.
- Ramazzina, I., Lolli, V., Lacey, K., Tappi, S., Rocculi, P., & Rinaldi, M.** (2022). Fresh-Cut Eruca Sativa Treated with Plasma Activated Water (PAW): Evaluation of Antioxidant Capacity, Polyphenolic Profile and Redox Status in Caco2 Cells. *Nutrients*, 14(24), 5337. <https://doi.org/10.3390/nu14245337>.
- Raposo, A., Pérez, E., Faria, C., Ferrús, M.A., & Carrascosa, C.** (2017). Food Spoilage by *Pseudomonas* spp.-An Overview. <https://doi.org/10.1002/9781119139188.ch3>.
- Rathore, V., & Nema, S.K.** (2023). Enhancement of Shelf Life of Citrus Limon L. (Lemon) Using Plasma Activated Water. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 43, 1109-1129.
- Rathore, V., Jamnapara, N. I., & Nema, S. K.** (2023). Enhancing the Physicochemical Properties and Reactive Species Concentration of Plasma Activated Water using an Air Bubble Diffuser. *Physics Letters A*.
- Rawat, S.** (2015). Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. *Asian Journal of Plant Science & Research*, 5.
- Reyhanoğlu, G., & Özcan, A.** (2021). İnançtan Anlatıya: Hatay Halk Kültüründe Defne. *Uluslararası Halkbilimi Araştırmaları Dergisi*, 4(6), 62-87.
- Risa Vaka, M., Sone, I., García Álvarez, R., Walsh, J. L., Prabhu, L., Sivertsvik, M., & Noriega Fernández, E.** (2019). Towards the Next-Generation Disinfectant: Composition, Storability and Preservation Potential of Plasma Activated Water on Baby Spinach Leaves. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(12), 692. <https://doi.org/10.3390/foods8120692>.
- Rowan, N. J., Espie, S., Harrower, J., Anderson, J. G., Marsili, L., & MacGregor, S. J.** (2007). Pulsed-plasma gas-discharge inactivation of microbial pathogens in chilled poultry wash water. *Journal Of Food Protection*, 70(12), 2805–2810. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-70.12.2805>.
- Saatçı Mordoğan, N., Bayraktaroğlu Özhan, Y., & Bayız, O.** (2018). Farklı Demir Gübrelerinin Maydanoz Bitkisinin Demir İçeriği Üzerine Etkileri. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 55(4), 101-110. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.416883>.
- Santos, J., Herrero, M., Mendiola, J.A., Oliva-Teles, M.T., Ibáñez, E., Delerue-Matos, C., & Oliveira, M.** (2014). Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life. *Lwt - Food Science and Technology*, 59, 101-107.
- Santos, P. H. S., & Silva, M. A.** (2008). Retention of Vitamin C in Drying Processes of Fruits and Vegetables—A Review. *Drying Technology*, 26(12), 1421–1437. <https://doi.org/10.1080/07373930802458911>.

- Schnabel, U., Balazinski, M., Wagner, R., Stachowiak, J., Boehm, D., Andrasch, M., Bourke, P., & Ehlbeck, J.** (2021). Optimizing the application of plasma functionalised water (PFW) for microbial safety in fresh-cut endive processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.
- Schnabel, U., Sydow, D., Schlüter, O.K., Andrasch, M., & Ehlbeck, J.** (2015). Decontamination of Fresh-Cut Iceberg Lettuce and Fresh Mung Bean Sprouts by Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma Processed Water (PPW).
- Semerci, A., & Çelik, A. D.** (2017). Defne Bitkisinin Hatay İli Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2), 125-134.
- Shah, U., Wang, Q., Kathariou, S., & Salvi, D.** (2023). Optimization of Plasma-activated Water and Validation of a Potential Surrogate for Salmonella for Future Egg Washing Processes. *Journal Of Food Protection*, 86(1), 100029. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2022.100029>.
- Sharma, H. P., Patel, A., & Pal, M.** (2021). Effect of Plasma Activated Water (PAW) on Fruits and Vegetables. *American Journal of Food and Nutrition*, 9, 60-68.
- Shen, J., Tian, Y., Li, Y., Ma, R., Zhang, Q., Zhang, J., & Fang, J.** (2016). Bactericidal Effects against *S. aureus* and Physicochemical Properties of Plasma Activated Water stored at different temperatures. *Scientific reports*, 6, 28505. <https://doi.org/10.1038/srep28505>.
- Soni, A., Choi, J., & Brightwell, G.** (2021). Plasma-Activated Water (PAW) as a Disinfection Technology for Bacterial Inactivation with a Focus on Fruit and Vegetables. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(1), 166. <https://doi.org/10.3390/foods10010166>.
- Soycan Önenç, S., & Açıkgöz, Z.** (2005). Aromatik Bitkilerin Hayvansal Ürünlerde Antioksidan Etkileri. *Hayvansal Üretim*, 46(1), 50-55.
- Şafak, İ., & Okan, T.** (2004). Kekik, Defne ve Çam Fıstığının Üretimi ve Pazarlaması. *DOA Dergisi*, 10, 101-129.
- Şenyiğit, U., Toprak, M., & Coşkan, A.** (2021). Farklı Sulama Suyu Düzeyleri ve Vermikompost Dozlarının Cam Sera Koşullarında Yetiştirilen Fesleğin (*Ocimum basilicum* L.) Bitkisinin Su Tüketimi ve Verimine Etkileri. *Türk Bilim Ve Mühendislik Dergisi*, 3(1), 37-43.
- Tan, M., Chen, W., Li, M., Luo, Q., Xiao, Y., Liu, F., Wang, X., Gao, Z., Chang, X., Gong, T. Huang, T., Ostrikov, K.** (2024). Effect of air, O₂, Ar, and N₂ plasma-activated water on mildewing activity of moldy pathogen of Gannal navel oranges. *Plasma. Process. Polym.* 21, e2300179. <https://doi.org/10.1002/ppap.202300179>.
- Tappi, S., Ramazzina, I., Rizzi, F., Sacchetti, G., Ragni, L., & Rocculi, P.** (2018). Effect of Plasma Exposure Time on the Polyphenolic Profile and Antioxidant Activity of Fresh-Cut Apples. *Applied Sciences*. 8(10):1939. <https://doi.org/10.3390/app8101939>.

- Taştan, P., Birim, D., Fafal, T., Armagan, G., & Kivçak, B.** (2022). Bazı Lamiaceae Bitkilerinin Yağ Asidi Bileşiminin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım Ve Doğa Dergisi*, 25(6), 1199-1204. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.984818>.
- Tekin, İ., & Ersus Bilek, S.** (2019). Extraction and Stabilization of Chlorophyll From Plants. ICAFOP 2019.
- Than, H. A., Pham, T. H., Nguyen, D. K., Pham, T., & Khacef, A.** (2021). Non-thermal Plasma Activated Water for Increasing Germination and Plant Growth of *Lactuca sativa* L. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 42, 73-89.
- Thirumdas, R., Kothakota, A., Annapure, U. S., Siliveru, K., Blundell, R., Gatt, R., & Valdramidis, V. P.** (2018). Plasma activated water (PAW): Chemistry, physico-chemical properties, applications in food and agriculture. *Trends in Food Science & Technology*.
- Tok, F. M., & Kurt, Ş.** (2019). Sıcak su uygulamalarının maydanoz septoria yaprak lekesi hastalığı etmeni *Septoria petroselinii*'nin tohumla taşınımı üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(3), 210-216.
- Ursache, M., Moraru, R.I., Hnatiuc, E., Nastase, V., & Mareş, M.** (2014). Comparative assessment of the relation between energy consumption and bacterial burden reduction using plasma activated water. *2014 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM)*, 1036-1041.
- Uysal Seçkin, G., & Taşeri, L.** (2016). Semi-Dried Fruits and Vegetables. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(9), 414-420.
- Üstüner, T.** (2022). Maydanoz [*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss.] Yetiştiriciliğinde Tarla Küskütü (*Cuscuta campestris* Yunck.)'nün Verim ve Kaliteye Etkisi. *Turkish Journal of Weed Science*, 25(2), 122-133.
- Varhan, R., & Bozkurt, İ. A.** (2021). Maydanoz bakteriyel yaprak leke hastalığı (*Pseudomonas syringae* pv. *apii*) ile biyolojik mücadelede antagonist bakterilerin kullanım olanaklarının araştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 649-660. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.917150>.
- Vitali, D., Vedralina Dragojevic, I., & Šebecic, B.** (2009). Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chemistry*, 114, 1462–1469.
- Wang, H., Li, Y., Xi, Q., Han, R., Cullen, P.J., Du, Q., Yang, Y., Forghani, F., Zhang, J., & Wang, J.** (2022). Application of plasma activated water for *Escherichia coli* decontamination and shelf-life extension of kale. *Food Quality and Safety*. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac041>.
- Xiang, Q., Kang, C., Zhao, D., Niu, L., Liu, X., & Bai, Y.** (2019). Influence of organic matters on the inactivation efficacy of plasma-activated water against *E. coli* O157:H7 and *S. aureus*, *Food Control*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.12.019>.

- Xiang, Q., Zhang, R., Fan, L., Ma, Y., Wu, D., Li, K., & Bai, Y. (2020). Microbial inactivation and quality of grapes treated by plasma-activated water combined with mild heat. *LWT-Food Science and Technology*, 126, 109336. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109336>.
- Xiao, H., Zhang, S., Xi, F., Yang, W., Zhou, L., Zhang, G., Zhu, H., & Zhang, Q. (2023). Preservation effect of plasma-activated water (PAW) treatment on fresh walnut kernels. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.
- Xu, Y., Tian, Y., Ma, R., Liu, Q., & Zhang, J. (2016). Effect of plasma activated water on the postharvest quality of button mushrooms, *Agaricus bisporus*. *Food chemistry*, 197(Pt A), 436–444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.144>.
- Yaldız, G., Çamlıca, M. (2020). Ahır Gübresi Ve Azotlu Gübre Uygulamalarının Dereotu (*Anethum Graveolens* L.) Verimi Üzerine Etkisi. *Bahçe*, 49(1), 41 - 45.
- Yaldız, G., Çamlıca, M., Eratalar, S. A., Kulak, M. (2017). Farklı Dozda Kıbele Gübre Uygulamasının Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Verimine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(1), 363-369.
- Yang, P., Zhao, L., Gao, Y. G., & Xia, Y. (2023). Detection, Diagnosis, and Preventive Management of the Bacterial Plant Pathogen *Pseudomonas syringae*. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(9), 1765. <https://doi.org/10.3390/plants12091765>.
- Yeşilbağ, D. (2018). Yumurtacı bildircin rasyonlarına biberiye ve rezene uçucu yağı ilavesinin performans ve yumurta kalite parametreleri üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 65(4):413-418. doi: 10.1501/VETFAK_0000002875.
- Yıldırım, K. (2017). Stevia rebaudiana Bertoni Bitkisinin İn vitro Üretim Potansiyeli ve Tokat Şartlarına Adaptasyonu. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 34(1), 238-251. <https://doi.org/10.13002/jafag1103>.
- Yılmaz, A., & Çiftçi, V. (2021). Türkiye’de Defne (*Laurus nobilis* L.) Bitkisinin Durumu. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, (22), 325-330. <https://doi.org/10.31590/ejosat.856195>.
- Yılmaz, D., & Taşkaya, G. (2022). Nane (*Mentha*) Bitkisinin Mekanik Hasadı İçin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Bilim Ve Mühendislik Dergisi*, 4(1), 1-6. <https://doi.org/10.55979/tjse.992225>.
- Yılmaz, E. N., & Oral, R. A. (2022). Defne Bitkisinin Geleneksel Gıdalarda Lezzet Arttırıcı ve Koruyucu Olarak Kullanımı. 5. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu.
- Yolcu, M. S., & Soydaş, B. A. (2024). İstanbul Kekiği (*Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum*) Bitkisinin Fide Gelişim Döneminde Uygulanan Sentetik Biyostimülantların’ın Büyüme ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 5(1), 44-52. <https://doi.org/10.58728/joinabt.1484526>.

- Yusupov, M., Neyts, E. C., Simon, P., Berdiyev, G., Snoeckx, R., van Duin, A. C. T., & Bogaerts, A.** (2013). Reactive molecular dynamics simulations of oxygen species in a liquid water layer of interest for plasma medicine. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 47, 025205.
- Yüksel, Ç. Y., & Karagözlü, N.** (2017). Soğuk Atmosferik Plazma Teknolojisi ve Gıdalarda Kullanımı. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 4(2), 81-86. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.332684>.
- Zhai, Y., Liu, S., Xiang, Q., Lyu, Y., & Shen, R.** (2019). Effect of Plasma-Activated Water on the Microbial Decontamination and Food Quality of Thin Sheets of Bean Curd. *Applied Sciences*.
- Zhang, Q., Liang, Y., Feng, H., Ma, R., Tian, Y., Zhang, J., & Fang, J.** (2013). A study of oxidative stress induced by non-thermal plasma-activated water for bacterial damage. *Applied Physics Letters*, 102, 203701.
- Zhang, T., Zhang, Q., Lei, Y., Yu, X., & Jiang, H.** (2023). Plasma activated water on improving the quality of fresh-cut banana slices. *Postharvest Biology and Technology*.
- Zhao, J., Qian, J., Zhuang, H., Luo, J., Huang, M., Yan, W., & Zhang, J.** (2021). Effect of Plasma-Activated Solution Treatment on Cell Biology of *Staphylococcus aureus* and Quality of Fresh Lettuces. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(12), 2976. <https://doi.org/10.3390/foods10122976>.
- Zhao, Y. M., Patange, A., Sun, D. W., & Tiwari, B.** (2020). Plasma-activated water: Physicochemical properties, microbial inactivation mechanisms, factors influencing antimicrobial effectiveness, and applications in the food industry. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19(6), 3951–3979. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12644>.
- Zhao, Y., Chen, R., Liu, D., Wang, W., Niu, J., Xia, Y., Qi, Z., Zhao, Z., & Song, Y.** (2019). Effect of Nonthermal Plasma-Activated Water on Quality and Antioxidant Activity of Fresh-Cut Kiwifruit. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 47, 4811-4817.
- Zhao, Y., Patange, A., Sun, D., & Tiwari, B.K.** (2020). Plasma-activated water: Physicochemical properties, microbial inactivation mechanisms, factors influencing antimicrobial effectiveness, and applications in the food industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3951-3979. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12644>.
- Zhao, Y., Zhao, Z., Chen, R., Tian, E., Liu, D., Niu, J., Wang, W., Qi, Z., Xia, Y., & Song, Y.** (2020). Plasma-Activated Water Treatment of Fresh Beef: Bacterial Inactivation and Effects on Quality Attributes. *IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences*, 4, 113-120.
- Zhou, R., Wang, P., Xian, Y., Mai-Prochnow, A., Lu, X., Cullen, P. J., Ostrikov, K., & Bazaka, K.** (2020). Plasma activated water (PAW): generation, origin of reactive species and biological applications, *Journal of Physics D Applied Physics*, 53(30). <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab81cf>.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Büşra GÜLENC MERMUTLU

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği

TEZDEN ELDE EDİLEN YAYINLAR VE SUNUMLAR;

- **Gülenç, B., Özdemir, E., Başaran, P., Kartal, S., & Akan, T.** 2024. Impact on microbiology and product quality of plasma-activated water treatment on fresh green leafy vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 217, 113087.
- **Gülenç, B., & Başaran, P.** 2024. Taze Baharatların Mikrobiyal İnaktivasyonunda Plazma Aktive Su (PAS) Uygulaması. Trakya Üniversiteler Birliği 8. Lisansüstü Öğrenci Kongresi. Aralık 4-5, 2024 (Sözlü Sunum)