



T.C.

KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

MİKRODALGA PLAZMA TEKNOLOJİSİ VE GIDA/YEMEK
SANAYİNDE KULLANIMI: MANTI ÖRNEĞİ

Hazırlayan

Hüsnü KASAR

Gastronomi ve Mutfak Sanatları Ana Bilim Dalı

Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman GÖKMEN

İkinci Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ferhat BOZDUMAN

KARAMAN-2022



T.C.

KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

MİKRODALGA PLAZMA TEKNOLOJİSİ VE GIDA/YEMEK
SANAYİNDE KULLANIMI: MANTI ÖRNEĞİ

Hazırlayan

Hüsnü KASAR

Gastronomi ve Mutfak Sanatları Ana Bilim Dalı

Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman GÖKMEN

İkinci Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ferhat BOZDUMAN

Bu çalışma; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 03-YL-21 kodlu proje ile desteklenmiştir.

KARAMAN-2022

	ENSTİTÜ TEZ ONAY FORMU	Doküman No	FR-285
		İlk Yayın Tarihi	05.02.2018
		Revizyon Tarihi	27.10.2020
		Revizyon No	01
		Sayfa No	1/1

**MİKRODALGA PLAZMA TEKNOLOJİSİ VE GIDA/YEMEK
SANAYİNDE KULLANIMI: MANTI ÖRNEĞİ**

Tezin Kabul Ediliş Tarihi: 09.05.2022

Bu tez, Karamanoglu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun 07.04.2022 tarih ve 16/443 sayılı oturumunda belirlenen jüri tarafından kabul edilmiştir.



Hazırlayan

Kalite Sistem Onayı

ÖNSÖZ

Tez konusuna karar vermemde bana ılık tutan, çalışmamın yürütülmesinde bilgi ve birikimiyle bana yön veren, beraber çalışmaktan onur duyduğum değerli danışman hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Sleymen GÖKMEN ve Dr. Öğr. Üyesi Ferhat BOZDUMAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü'nde ders aldığım, bilgi ve tecrübeleriyle bana katkı sağlayan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışmasına maddi destek sağlayan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No:03-YL-21) teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bana destek olup aldığım kararlarda her zaman yanımda olan sevgili eşim Gülcan KASAR'a, biricik oğlum Bilal KASAR'a, oğlu olmaktan gurur duyduğum babam Bilal KASAR'a, her zaman destekçim olan annem Emine KASAR'a ve kardeşim Cansu KASAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hsn KASAR

Karaman, Mayıs 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IX
GİRİŞ.....	1
GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	3
1.1. Mikrodalga Teknolojisinin Kullanım Yerleri ve Uygulamaları	3
1.2. Mikrodalga Teknolojisinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı	4
1.2.1. Çözündürme	4
1.2.2. Kurutma	6
1.2.3. Pişirme	7
1.2.4. Haşlama	9
1.2.5. Pastörizasyon/Sterilizasyon	9
1.3. Mikrodalga Plazma.....	10
1.4. Plazma Teknolojisinin Temel Yapısı ve Özellikleri	14
1.5. Plazma Sürecini Etkileyen Ölçütler.....	17
1.5.1. Plazma frekansı	17
1.5.2. Geometrik faktörler	17
1.5.3. Basınç	18
1.5.4. Plazma gücü.....	19
1.6. Mikrodalga ve Plazma Arasındaki Farklar	19
1.7. Mikrodalga Plazmanın Gıda Sektöründe Kullanımı	21
1.8. Mikrodalga-Plazmanın Uygulama Avantajları.....	23
1.9. Mikrodalga-Plazmanın Uygulama Dezavantajları	25
1.10. Mikrodalga Teknolojisinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi	26
1.11. Mikrodalga Plazma Radyasyonlarının Manti Üzerindeki Kimyasal ve Mikrobiyal Özellikleri Üzerindeki Etkisi.....	27
1.12. Manti Üretimi ve Çeşitleri.....	28
1.12.1. Kullanılan iç malzeme	30
1.12.2. Manti katlama şekli	30
1.12.3. Kullanılan pişirme şekli.....	31
1.13. Manti Kalitesi	31

MATERYAL VE YÖNTEM	39
2.1. Materyal	39
2.2. Yöntem	39
2.2.1. Mikrodalga Plazma Uygulaması	44
2.3. Fizikokimyasal Analizler	47
2.3.1. pH	47
2.3.2. Renk tayini	48
2.4. Mikrobiyolojik Analizler.....	48
2.4.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri	48
2.4.2. Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma	48
2.4.3. Toplam maya ve küf.....	49
2.5. Fiziksel Özellikler	49
2.5.1. Pişme Özellikleri	49
2.5.2. Tiyobarbitürik asit (TBA) analizi.....	50
2.6. Duyusal Analizler.....	51
2.7. İstatistiksel Analizler.....	51
BULGULAR	53
3.1. Fizikokimyasal Analizler	54
3.1.1. pH.....	54
3.1.2. Renk tayini	56
3.2. Mikrobiyolojik Analizler.....	60
3.2.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı	60
3.2.2. Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma	61
3.2.3. Küf ve maya	62
3.3. Fiziksel Özellikler	62
3.3.1. Pişme Özellikleri	62
3.3.2. Tiyobarbitürik asit (TBA) değeri.....	63
3.4. Duyusal Analizler.....	64
TARTIŞMA,SONUÇ VE ÖNERİLER	74
4.1. Tartışma.....	74
4.2. Sonuçlar.....	82
4.3. Öneriler.....	86
KAYNAKÇA	88
EKLER	92

MİKRODALGA PLAZMA TEKNOLOJİSİ VE GIDA/YEMEK SANAYİNDE KULLANIMI: MANTI ÖRNEĞİ

Hüsnü KASAR

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Süleyman GÖKMEN

ÖZET

Mantı Türkiye’de ve Dünyada yöresel olarak farklı tekniklerle üretilen/tüketilen geleneksel ve endüstriyel bir gıdadır. Ülkemizde üretilen mantıların standart olmamasından dolayı farklı kurutma vb. gıda işleme teknikleri ile üzerinde araştırmalar devam etmektedir. Bu çalışmada, mantı kalitesinin sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla; geleneksel yöntemlere alternatif olarak mikrodalga + mikrodalga plazma kombinasyonları kullanılarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında bu amaca uygun nitelikte bir mikrodalga plazma sistemi geliştirilmiş ve örneklerle farklı kombinasyonlarda uygulanmıştır. Geleneksel ve mikrodalga ile kurutulmuş sonrasında da plazma kombinasyonları ile işlem gören mantı örneklerinin, bazı fizikokimyasal (pH, renk), duyu ve mikrobiyolojik (toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam aerobik psikrofilik bakteri, küf ve maya) özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda yukarıdaki özellikler açısından Plazma I (15 saniye süre ve 1.5 (lt/dk) oranda argon gazı) ile kurutularak üretilen mantıların, Plazma II (15 saniye süre ve 3 (lt/dk) oranda argon gazı), Plazma III (30 saniye süre ve 1.5 (lt/dk) oranda argon gazı), Plazma IV (30 saniye süre ve 3 (lt/dk) oranda argon gazı) kombinasyonlarına kıyasla uygun kalite niteliklerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca plazma kombinasyonlarının mantıların duyu kalite ve depolama sonrasındaki renk (L, a*, b*) değerlerini önemli ($p<0.05$) oranda arttırdığı tespit edilmiştir. Diğer analiz sonuçları arasındaki farkın ise istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Yani geleneksel yöntemlerle kombine edilen bu uygulama, mantının diğer özelliklerinde önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır. Ancak geleneksel yöntem uygulanan mantı örneklerinde depolamanın 25. gününde maya küf gelişimi gözlenirken mikrodalga+plazma uygulanan mantı örneklerinde maya küf gelişimi gözlenmemiştir. Depolamanın 30. gününde geleneksel ürünlerde yapılan bütün analizler küflenmemiş az sayıdaki mantı örnekleri kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, Plazma I kombinasyonunun mantının endüstriyel olarak kurutulmasında uygulanabilir bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mantı, Geleneksel kurutma, Mikrodalga kurutma, Plazma

USE OF MICROWAVE PLASMA TECHNOLOGY IN FOOD/CATERING SECTOR: THE CASE OF DRIED MANTI PRODUCTION

Hüsnü KASAR

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Süleyman GÖKMEN

ABSTRACT

Turkish Ravioli is a traditional and industrial food that is produced and consumed locally with different techniques. Due to the fact that there isn't any standardization in producing Turkish Ravioli, researches on different drying and food processing techniques are continuing. In this study, to ensure the sustainability of Turkish Ravioli quality, as an alternative to the traditional method, drying process was carried out using microwave + microwave plasma combinations. Within the scope of the study, a suitable microwave plasma system for this purpose was developed and applied to the samples in different combinations. Then, some physicochemical (pH, colour determination), sensory and microbiological (total mesophilic aerobic bacteria, total aerobic psychrophilic bacteria, mold and yeast) properties of Turkish Ravioli samples, which were dried with conventional and microwave and then treated with plasma combinations, were determined. As a result of the study, in terms of above properties, the Turkish Ravioli produced by drying with Plasma I [15 seconds time and 1.5 (lt / min) argon gas], combinations have been found to have appropriate quality characteristics compared to the other methods, Plasma II [15 seconds time and 3 (lt / min) argon gas], Plasma III [30 seconds time and 1.5 (lt/min) argon gas], Plasma IV [30 seconds time and 3 (lt/min) argon gas]. In addition, it was determined that plasma combinations significantly ($p < 0.05$) increased the sensory quality and colour (L, a^* , b^*) values of Turkish Ravioli after the storage. The difference between the other analysis results was statistically insignificant ($p > 0.05$). So this application, combined with traditional methods, did not cause a significant change in other characteristics of Turkish Ravioli. But yeast and mold growth was observed on the 25th day of storage in the traditionally treated Turkish Ravioli samples, and yeast and mold growth was not observed in the microwave + plasma applied ravioli samples. In all the analyses performed on the 30th day of storage, in the traditionally produced products were conducted on a small number of Turkish Ravioli samples that were not mouldy. As a result, in this study, it was concluded that the combination of Plasma I method was applicable for the industrial drying of Turkish ravioli.

Keywords: Turkish Ravioli, Traditional drying, Microwave drying, Plasma

SİMGELER VE KISALTMALAR

MHz: Megahertz- Megacycle per second

GHz: Gigahertz

KHz: Kilohertz

HMF: *Hidroksi metil furfural*

E.COLİ: *Escherichia coli*

C.PERFRİNGES: *Clostridium perfringens*

S.AUREUS: *Staphylococcus aureus*

L. MONOCYTOGENES: *Listeria monocytogenes*

TPA: Tekstür profil analizi

DC: Direkt akım

IR: Infrared

HMF: *Hidroksimetil furfural*

Rf: Radyo frekans

Mw: Mikrodalga

TBA: Tiyoarbitürik asit analizi

MDA: *Malondialdehid*

C: Celsius ‘derece’

cm: Santimetre

g: Gram

m: Metre

mm: Milimetre

YY: Yüzyıl

PDA: *Patates dekstroza agar*

PCA: *Plate count agar*

CFU: Colony forming unit

TS: Türk standartları

TMAB: *Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı*

DBD: Dielektrik bariyer deşarj



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Üretilcek ürünler ve ürünlere uygulanan işlemler	43
Tablo 2.2. Mikrodalga plazma uygulama parametreleri.....	45
Tablo 3.1. Mikrodalga-geleneksel kurutma, plazma uygulanan ve depolanan mantıların pH değerleri.....	54
Tablo 3.2. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların l* değerleri..	56
Tablo 3.3. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların a* değerleri.	58
Tablo 3.4. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların b* değerleri.	59
Tablo 3.5. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı.....	61
Tablo 3.6. Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma sayısı.....	61
Tablo 3.7. Küf ve maya sayısı.....	62
Tablo 3.8. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan depolanan mantıların TBA değerleri..	63
Tablo 3.9. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların tat değerleri.	65
Tablo 3.10. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan depolanan mantıların koku değerleri.	66
Tablo 3.11. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların aroma değerleri.....	68
Tablo 3.12. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların görünüş değerleri.....	69
Tablo 3.13. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların ağız hissi değerleri.....	71
Tablo 3.14. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların genel beğeni değerleri.....	72

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çevremizde gördüğümüz plazmalar.....	14
Şekil 1.2. Aktif plazma türleri.....	15
Şekil 1.3. Maddenin dört hali.....	16
Şekil 1.4. Astex CS2 model 3 portlu sirkülatör.....	20
Şekil 1.5. Geleneksel mantı üretim prosesi.....	29
Şekil 2.1. Mantıların geleneksel yöntemle üretildiği laboratuvar tipi fırın.....	39
Şekil 2.2. Mantıların kurutulduğu mutfak tipi mikrodalga fırın.....	40
Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan mikrodalga plazma düzeneğinin şematik görünüşü.....	40
Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan mikrodalga plazma düzeneği/sistemi (vakumlu pompa, gaz tüpü, kontrol cihazı, sistem iç yapısı, tabla, voltaj ayar düğmesi, ısıya dayanaklı hazne, sızdırmaz tıplar).....	42
Şekil 2.5. Plazma deşarjında fazla argon gazı kullanımının mantı üzerindeki yakıcı etkisi....	44
Şekil 2.6. Plazma sisteminin uygulama fotoğrafları.....	46
Şekil 2.7. Mikrodalga fırında mantının kurutulmasının fotoğrafı.....	46
Şekil 2.8. Mikrodalga plazma oluşum fotoğrafları.....	47
Şekil 3.1. Örneklerin 0.gün pH sonuçları.....	55
Şekil 3.2. Örneklerin 30.gün pH sonuçları.....	55
Şekil 3.3. Örneklerin 0.gün L değeri sonuçları.....	57
Şekil 3.4. Örneklerin 30.gün L değeri sonuçları.....	57
Şekil 3.5. Örneklerin 0.gün a* değeri sonuçları.....	58
Şekil 3.6. Örneklerin 30.gün a* değeri sonuçları.....	59
Şekil 3.7. Örneklerin 0.gün b* değeri sonuçları.....	59
Şekil 3.8. Örneklerin 30.gün b* değeri sonuçları.....	60
Şekil 3.9. Örneklerin 0.gün TBA değeri sonuçları	63
Şekil 3.10. Örneklerin 30.gün TBA değeri sonuçları.....	64
Şekil 3.11. Örneklerin 0.gün tat sonuçları.....	65
Şekil 3.12. Örneklerin 30.gün tat sonuçları.....	66
Şekil 3.13. Örneklerin 0.gün koku sonuçları.....	67

Şekil 3.14. Örneklerin 30.gün koku sonuçları.....	67
Şekil 3.15. Örneklerin 0.gün aroma sonuçları.....	68
Şekil 3.16. Örneklerin 30.gün aroma sonuçları.....	69
Şekil 3.17. Örneklerin 0.gün görünüş sonuçları.....	70
Şekil 3.18. Örneklerin 30.gün görünüş sonuçları.....	70
Şekil 3.19. Örneklerin 0.gün ağız hissi sonuçları.....	71
Şekil 3.20. Örneklerin 30.gün ağız hissi sonuçları.....	72
Şekil 3.21. Örneklerin 0.gün genel beğeni sonuçları.....	73
Şekil 3.22. Örneklerin 30.gün genel beğeni sonuçları.....	73



GİRİŞ

Radyasyon, gıda endüstrisinde kullanım amacı gıdaların raf ömrünü uzatmak, gıda kayıplarını azaltmak, mikrobiyolojik avantaj sağlamak, gıda zehirlenmelerini engellemek ve gıda katkı maddesi kullanımını azaltmaktır (Halkman ve Yücel, 2005:409). Ayrıca bu teknoloji uluslararası ticarete kalite standartlarını sağlamak amacıyla kullanılan gıda muhafaza yöntemidir (Budak ve Obuz, 2006:671).

Radyasyon; iyonlaştırıcı radyasyon ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyon parçacık tipi (Beta, hızlı elektronlar) ve dalga tipi (Gama ve X ışınları) olarak bilinmektedir. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon ise dalga tipi (radyo dalgaları ve mikrodalgalar) olarak bilinmektedir (Gökharman, Aydın ve Koşar, 2016:36).

“Radyasyonların sürekli kullanılması gerektiği veya kullanımı her daim olumlu ve istenilen sonuçlar doğurur” gibi bir hipotezde bulunmak yanlış olacaktır. Önemli olan kullanım aşamasında ki ortaya çıkan radyasyonun türü ve derecesidir. Televizyon gibi yüksek radyasyon içeren cihazlar evimizde birçok ekipmanda bulunmaktadır. Ayrıca sürekli cebimizde taşıdığımız, teknoloji çağı ile birlikte kullanımı yaygınlaşan cep telefonları da yüksek radyasyon içeren cihazlardandır. Bu ekipmanların yanı sıra hava durumu radarları, hava alanlarındaki x-ray cihazlarının da radyasyon ürettiği ve yaydığı bilinmektedir. Örnek verilen ekipmanlarda da olduğu gibi mikrodalgalarda iyonlaştırıcı olmayan radyasyon üretmektedir.

Mikrodalgalar; elektromanyetik enerji yapısında bulunan yüksek frekanslı, kısa dalga boylarına sahip ve hızlı bir şekilde hareket etme kapasitesi gösteren dalgalara verilen genel isimdir. Mikrodalgalar 300 MHz-300 GHz frekans aralığında bulunan frekansları kapsamaktadır. Kısa dalga boylarına sahip mikrodalgaların dalga boyu aralığı ise 1 mm ile 1 m arasında değişmektedir (Özer, Görgüç ve Yılmaz, 2018:766).

Toplum içerisinde mikrodalga, plazma, radyasyon ifadeleri sürekli istenilmeyen anlamda kullanılmakta veya kötü çağrışımları akıllara getirmektedir. Radyasyon ile ilgili olumsuz düşünceler bilimsel olarak korkulacak seviyede değildir. Bulunan bütün radyasyonlar sağlık veya güvenlik açısından olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmamaktadır.

Plazma sistemi gıda endüstrisinde yeni uygulanılmaya çalışılan bir teknolojidir. Bu teknolojinin kullanımının yaygınlaşması ve sistemleşmesi ile ürünlerin sterilizasyonunun sağlanması, raf ömrünün uzatılması, maya ve küf oluşumu gibi bazı mikrobiyolojik faktörler açısından yarar sağlayacağı öngörülmektedir.

Çalışmanın amaçları;

- Mantı ürününde plazma kombinasyonları kullanılarak sterilizasyon sağlamak ve gıdaların duyusal vb. özelliklerinde minimum kayıpla üretim yapmak,
- Plazma teknolojisinin gıda üzerindeki mikroorganizmalar üzerine etkisinin incelenmesi,
- Gıda kurutma sistemlerinde yeni bir uygulama metodu geliştirilerek uygulamanın farklı gıda ürünlerine de (özellikle ısıya hassas ürünlerde) uygulanabilirliğinin tespit edilmesi,
- Mikrodalga plazma işleminden sonra ürünün kalitatif-kantitatif özellikleri ile mikrobiyal yükleri izlenerek ürünlerin raf ömrünün artırılması,
- Mikrodalga plazmanın mantının yüzey pastörizasyonuna etkisinin incelenmesi,
- Kurutulmuş mantıda mikrodalga plazmanın minimal gıda işleme tekniği olarak uygulanabilirliğinin araştırılması.

1.BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Mikrodalga Teknolojisinin Kullanım Yerleri ve Uygulamaları

Mikrodalga, frekansı 300 MHz ile 300 GHz arasında değişen ve yaklaşık bir metre ile bir milimetre arasında dalga boylarına sahip bir elektromanyetik radyasyon çeşididir. Bugün pek çok alanda kullanılan bu radyasyon türü ve teknolojinin tarihsel gelişimi aşağıda özetlenmiştir. 20. yüzyılın ortalarında radar dalgaları ile deney yapmakta olan kâşif mühendisin cebindeki çikolatanın erimesi, onun dikkatini çekmiş ve mikrodalga alanındaki çalışmaları inceleyerek günümüzde kullanılan mikrodalga fırının mucidi olmayı başarmıştır. Yani mikrodalga uygulamaları basit bir tesadüf sonucu ortaya çıkmıştır. Başta gıda sektörü olmak üzere bugün yaygın olarak kullanılan mikrodalga fırınların üretimi, ilk kez Raytheon şirketi öncülüğünde 1947 yılında gerçekleştirilmiştir (Ahmad, 2019:11)

Mikrodalga fırın 20. yüzyılın ortalarında üretilen teknolojinin yetersiz kalması, gerekli olan birçok malzemenin olmaması vb. sebeplerden dolayı ilk üretiminde 2 metre boyunda ve ortalama 350 kilogram ağırlığında piyasaya kazandırılmıştır. O dönemde sadece Raytheon şirketi tarafından üretimin gerçekleşmesi, üretimi yapan firmanın piyasada rakiplerinin olmaması vb. sebeplerden dolayı ürünün satışı çok yüksek fiyatlarla gerçekleşmiştir. Zaman geçtikçe teknolojinin bazı kazanımları, üretimde gerekli olan malzeme tedarikinin kolaylaşması ile birlikte ilk üretimdeki gibi ağır, pahalı fırınlar yerine fiyat olarak daha uygun ve kutu şekline kadar küçültülen fırınların gıda sektörü başta olmak üzere evlerde, restoranlarda, kullanımı yaygınlaşmıştır (Çağlar, 2019:1).

1954 yılında kurum mutfaklarında kullanımı yaygınlaşan fırınların, 21. yüzyıl da kullanım alanı çok geniş sektörlerle yayılmıştır. Lokanta, hastane, otel vb. toplu beslenme yapan kurum mutfaklarında bulunan teknoloji bu kullanım alanlarının yanı sıra tıbbi tedaviler, uzay çalışmaları, iletişim, savunma sistemi gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır.

Gıda sektörüne girmesi ile birlikte gıdaların ısıtılması, pişirilmesi, kurutulması, donmuş ürünlerin çözündürülmesi vb. kullanımı ile hayatımızda gerekli olan kolaylıkları sağlaması yönüyle tercih edilmektedir (Birer, 1989:237).

1.2. Mikrodalga Teknolojisinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Zaman kavramı son yüzyılda oldukça önem kazanmıştır. Bireylerin çalışma hayatlarında yoğun iş temposunun olması, kadınların iş hayatına adım atması vb. gelişmeler toplumun yemek kültürü ve yemek hazırlama süreçlerinde etkili olmuştur. Bu etkileşim sonucunda insanların hazır gıda tüketme veya kısa zamanda hazırlanabilecek ürün tüketme istekleri ortaya çıkmıştır. Mikrodalga uygulamaları insanların ihtiyaçlarını birçok fonksiyon özelliği sayesinde karşılamaktadır (Kasar, Gökmen ve Çağlar, 2021:64).

Geçmiş yıllarda insanların gıdaları muhafaza için kullandıkları yöntemler soğutma, dondurma, güneşte bekletme, kar içine gömme vb. olarak bilinmektedir. Bu muhafaza metotlarının yanı sıra ürünlerin taze, organik, mevsiminde tüketebilme açısından mahzende saklama, kavurma, konserve vb. yöntemlerde bulunmaktadır. Gelişen teknoloji ve keşifler sonrası mikrodalga başta olmak üzere yeni muhafaza yöntemleri de sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüzde mikrodalga birçok ısıl işlem başta olmak üzere ürünlerin kurutma vb. yapılması ile muhafazasının yapılması noktasında kullanılmaktadır. Mikrodalga uygulamaları çözündürme, pişirme, kurutma, haşlama vb. işlemlerde yararlanılabilmektedir (Çetin, 2008:1).

1.2.1. Çözündürme

Çözündürme işlemi geleneksel yöntemlerle ve mikrodalga uygulamaları ile kıyaslandığında her iki uygulama arasında tüketici tercihinine bağlı farklar bulunmaktadır. Geleneksel çözündürme işlemi ve mikrodalga teknolojisi olumlu ve olumsuz bazı özellikleri bulunmaktadır (Bozkır, Baysal ve Ergün, 2014:38).

Geleneksel yöntemlerle çözdürme işleminin avantajları ve dezavantajları;

- Donmuş gıdaların 24.5 °C oda ısısında buharlaşmanın meydana gelmesi veya halk arasında çok yaygın olarak yapılan ılık-sıcak su içerisinde ürünün bekletilmesi, üründe bazı bakterilerin oluşması vb. problemleri oluşturabilmektedir.
- Gıdaların bekleme sürelerinin uzamasıyla zararlı mikroorganizmalar çoğalmakta, üründe yapısal olarak bozulmalar meydana gelebilmektedir.
- Geleneksel çözdürme işleminde kullanılacak malzemeler için geniş alan gerekmektedir.
- Gıdalarda gözlemlenen mikroorganizma çoğalması vb. faktörler ateş, kusma vb. belirti göstermekte olan besin zehirlenmesi gibi ciddi sorunları beraberinde getirmektedir.
- Geleneksel çözdürme işlemleri gıdanın boyutu ve uygulanan ısıya bağlı olarak alternatif çözdürme işlemlerine (mikrodalga çözdürme, ohmik çözdürme vb.) göre daha uzun sürmektedir.
- Gıdalarda yüzey oksidasyonu meydana gelmekte ve renk değişimleri ortaya çıkmaktadır.

Mikrodalga yöntemleri ile çözdürme işleminin avantajları ve dezavantajları;

- Mikrodalga teknolojisinin kullanımı ile yapılan çözdürme işlemlerinde ürünler kısa sürede kullanıma hazır hale gelmektedir.
- Geleneksel çözdürmede uzun zaman alan işlem mikrodalga uygulaması ile 5-10 dakika aralığına inmektedir.
- Mikrodalga çözdürme işlemleri sırasında gıdaların içerisinde bulunan su kayıpları daha az olmaktadır.
- Çözdürme işlemi sırasında gıdaların boyutunun büyük olması durumunda gıdaların iç kısmı buzlu kalabilmektedir.

- Mikrodalga çözündürme küçük parça etlerde hızlı çözündürme sağlarken, endüstride daha büyük kütlelerdeki etlerin çözündürülmesinde zorluklar yaşanabilmektedir.
- Şekil olarak düzgün bir yapıda olmayan gıdalarda çözündürme işlemleri sırasında olumsuz sonuçlar oluşabilecektir.
- Ürünlerin çözündürme aşamasında çözünme hızı ürünün boyu, şekil vb. farklılık göstermenin yanı sıra ürünün fiziksel özelliklerine, elektromanyetik radyasyonun frekansına ve uygulanan radyasyon gücüne bağlı olarak değişmektedir (Konak, Certel ve Helh, 2009:25 ; Bozkır, Baysal ve Ergün, 2014:40).

Mikrodalga teknolojisinde genellikle çözündürme işlemleri sırasında 2450 MHz ya da 915 MHz frekansları kullanılmaktadır. İşlemlerde 915 MHz kullanımı daha yaygın olup ürünün 20 cm iç derinliğine ulaşıyor olması kullanım sıklığını da arttırmaktadır. Frekans 2450 MHz kullanımında ürünün maksimum 10 cm iç derinliğine ulaşılabilir (Konak, Certel ve Helh, 2009:25). Çözündürme işleminin yapılmasında mikrodalga, ohmik çözündürme vb. tekniklerinin geleneksel tekniklere alternatif olarak çeşitli gıdaların çözündürülmesinde kullanımının artması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca gıda endüstrisinde alternatif çözündürme tekniklerinin araştırılması ve uygulanması gerekmektedir.

1.2.2. Kurutma

Kurutma işlemi gıdalarda dayanıklılık artırılmasında, mevsimsel taze ürünlerin ilerleyen dönemlerde kullanılması için saklanılmasında kolaylık sağlayan eski bir yöntemdir. Gıdalarda vitamin değerlerinde kayıpların oluşmaması, ürünün fiziksel özelliklerinin bozulmaması, orijinal tatların bozulmaması, depolama ve ticarete nakliye işlemlerinde kolaylık sağlayan bir yöntemdir (Yoğurtçu, 2014:27).

Kurutma işlemi; katı halde bulunan madde yapılarından su vb. içeriklerin buhar yolu ile uzaklaşması ayrıca maddelerin başta mikroorganizma gelişimini, kimyasal reaksiyonları

önlenmesi amacıyla kullanılan yöntemdir (Yılmaz, 2015:5). Kurutma işleminde gıdaların tat, renk, görünüş başta olmak üzere bazı kalite özelliklerinin korunması gerekmektedir (Ayan, 2010:13). Bu işlemler sağlanırken maliyet gözardı edilmemelidir. Ürünlerde dayanıklılığı arttıran kurutma işleminin maliyeti diğer muhafaza yöntemlere göre en uygun-ucuz yöntemler arasında yer almaktadır (Bayhan, 2011:18).

Mikrodalga teknolojisinde yüksek frekans dalgalarının kullanımı sonucu gıdalarda bulunan su miktarı buharlaştırılarak kısa sürede kurutma işlemi yapılmaktadır. Kurutma işlemi sonucunda gıdalar boyut olarak işlem öncesi şeklinden daha küçük hale gelmektedir. Gıda sektöründeki ilk çalışmalar makarna üzerinde uygulanmakta iken günümüzde patates, soğan gibi sebzelerin yanı sıra çerez vb. birçok çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır. Baharatlar ve yapraklı kurutulması gereken ürünlerde bu yöntem ile kurutulmaktadır (Konak, Certel ve Helh, 2009:27).

Kurutma yöntemleri geleneksel, radyo frekans çözdürme, ohmik teknoloji vb. yöntemler ile yapılmaktadır. Bunlardan biri de mikrodalga kurutmadır. Gıda endüstrisinde çeşitli gıdaların kurutulmasının avantajları sebebiyle mikrodalga teknolojisinin yaygın olarak kullanılması tercih edilebilmektedir. Tarım ürünlerinin kurutulmasında da mikrodalga teknolojisinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

1.2.3. Pişirme

Mikrodalga teknolojisi ile pişirme işlemleri elektromanyetik ısıtmanın en bilinen teknikleri arasındadır. Bu teknik ohmik ısıtma, kızılötesi ısıtmanın yanı sıra en hızlı ısıtmanın meydana geldiği tekniktir (Külcü, Günaydın ve Aydın, 2018:8).

Mikrodalga teknolojisi kullanımı ile zaman kazanımı, pişirme kolaylıkları vb. başta olmak üzere pek çok avantajı sebebiyle son dönemlerde tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır.

Ocak vb. geleneksel pişirme işlemlerine göre, uygulama gıdaların içerisinde bulunan su moleküllerinin frekansların kullanımı sonucu meydana gelen moleküler titreşim ile birlikte kinetik enerji oluşmasıyla kısa sürede sonuç alınmaktadır. Geleneksel yöntemlerden, fırında pişirme ev ve endüstriyel mutfakta çok sık kullanılmaktadır. Yemeklerin pişirilmesinde belirli bir zaman fırının ön ısıtılması yapıldıktan sonra gıdayı pişirme işlemine başlanılacaktır. Mikrodalga pişirme uygulamalarında da herhangi bir ön ısıtma vb. süreç gerektirmeden gıdalar direk pişirme işlemine maruz kalmaktadır. Geniş ürün ağında pişirme özelliği sağlayan bu teknoloji unlu mamüllerin pişirilmesinde de rol oynamaktadır.

Unlu mamülleri mikrodalga ile pişirmenin avantajları ve dezavantajları;

- Teknolojinin sunduğu imkânlar neticesinde mikrodalga uygulamalarında fırında pişen ürün, zaman ve frekans ayarlamasının yapılması neticesinde herhangi yanma vb. istenilmeyen durumların önüne geçilecektir.
- Ürünlerin pişirilmesi sonrası tat analizi olarak çok büyük farklar bulunmamaktadır.
- Unlu mamüllerde üründe yüzeysel gevreklik, kızarma vb. durumun oluşmaması başta ekmek çeşitleri olmak üzere bazı kullanım kısıtlamaları oluşturabilmektedir.
- Pişirme işleminde kek, pilav, mısır patlağı vb. birçok ürün için tercih edilen bir sistemdir (Konak, Certel ve Helh, 2009:27-28).

Sebzeler üzerinde yapılan incelemelerde; mikrodalga uygulaması ile pişirilen yeşil yapraklı sebzelerin renk florasının korunduğu, besin kayıplarının bazı pişirme yöntemlerine göre daha az olduğu saptanmıştır (Kasar, Gökmen ve Çağlar, 2021:56). Mikrodalga teknolojisi, gıda ürünlerinin pişirme işlemini hızlı ve kontrollü yapmasıyla birlikte sektörde kullanımı yaygınlaşmıştır.

1.2.4. Haşlama

Haşlama yöntemi 100 °C saf suyun kaynaması sonucu meydana gelmektedir. Haşlamaya benzer bir diğer teknikte blanching yöntemi olup gıdalarda bulunan mikrobiyal maddelerin uzaklaştırılmasının yanı sıra gıdada pis koku, kan vb. istenilmeyen unsurları da uzaklaştırmada kullanılan bu yöntem, vitamin ve besinsel kayıplara da yol açmaktadır. Haşlama uygulamasına alternatif olarak mikrodalga uygulamaları ve buharda pişirme uygulamaları kullanımı tercih edilebilmektedir.

Geleneksel haşlama işlemi gıda da renk başta olmak üzere tatlarda farklılık oluşturmakta, suda çözünür kuru madde, karotenoid vb. bileşenlerinde kayıplara sebep olabilmektedir. İşlemin uygulama süresi uzun olması sebebiyle enerji maliyetlerinde artış gözlenmektedir (Bozkır, 2020:917).

Son dönemlerde gelişen teknoloji ışığında gıda endüstrisinde hızla hazırlanan ürünlerin yanında ürünün kalitesinde bozulma olmadan düşük maliyetle ürün hazırlamak için pişirme yöntemleri geliştirilmektedir. Mikrodalga teknolojisinin de geleneksel haşlama yöntemine alternatif olarak kullanımı sağlanabilmektedir (Sezer ve Demirdöven, 2015:171).

1.2.5. Pastörizasyon/Sterilizasyon

Pastörizasyon 100 derecenin altındaki ısı işlemlerdir. Bu işlemler gıdalardaki mikrobiyotik unsurları sonlandırarak daha güvenilir ve sağlıklı ürün tüketiminde rol oynamaktadır. Mikrodalga uygulaması kısa sürede yüksek ısılara ulaşması sonucunda gıdalardaki zararlı maddelerin kalma riskini düşürmektedir. Mikrodalga teknolojisi 5 dakika gibi kısa sürede pastörizasyon sıcaklığına ulaşabilmektedir. Süreç sonunda üründe tat, renk vb. noktalarda birçok farkın olduğu gözlenmemektedir. Mikrodalga teknolojisi kullanılarak gıdalara uygulanan sterilizasyon işlemleri de geleneksel metotlar ile yapılan sterilizasyon işlemlerine göre 5 kat daha fazla ısı uygulaması sağlamaktadır. Gıdalarda sıcaklık aşırı yükselmediği için mikrodalga uygulaması kullanarak işlem gören alabalık, süt ve süt ürünleri

vb. gıdalarda tat, görünüm, tekstür vb. bulgularda olumlu sonuçlar alınmıştır (Turan ve diğ., 2006:21 ; Turgut, 2016:454 ; Konak, Certel ve Helh, 2009:26). Mikrodalga teknolojisi ile pastörizasyon ve sterilizasyon uygulamalarının geleneksel ısı işlemlere göre zaman tasarrufu sağlaması, duyuşal faktörlerde etkili olması vb. sonuçlar bu uygulamanın yaygın olarak kullanılmasının gerekliliğı saptanmıştır (Konak, Certel ve Helh, 2009:23).

1.3. Mikrodalga Plazma

Yeni nesil teknoloji olarak değeriendirilen plazma uygulamaları ısı işlemler uygulamaları ile oluşun besinsel kayıpların olmaması sebebiyle tercih edilirliliğini artırmaktadır (Güleç, 2012:295). Gıda sektöründe son dönemlerde özellikle ısı işlemler uygulanmadan farklı alternatif oluşturabilecek uygulamalar üzerinde çalışılmaktadır (Ekezie, Sun, ve Cheng, 2017:46).

Küreselleşen dünyada bazı beslenme alışkanlıkları, sağlıklı gıda tüketimi anlayışı, insanların çiğ, az pişmiş, işlenmemiş vb. ürünlere yönelmesine sebep olmaktadır. Bu besinlerde mikrobiyolojik kalitenin sağlanamaması besin kaynaklı *Salmonella* enfeksiyonları, *Campylobacter* enfeksiyonları vb. bazı hastalıklara neden olabilmektedir. Mikrobiyolojik kalitenin sağlanması, besinler üzerinde mikrobiyolojik yükün azaltılması için bazı sterilizasyon işlemleri konusunda da çalışmalar devam etmektedir. Bu sterilizasyon işlemleri için gıdalarda kullanılabilecek alternatif yöntemlerden birisi de plazma teknolojisidir. Plazma uygulamaları elma, kavun, mango gibi meyvelerin dekontaminasyonu için kullanılmaktadır. Ayrıca peynir, yumurta vb. gıda ürünlerinde dekontaminasyonu için ısı olmayan plazma sistemi uygulanmaktadır (Schnabel ve diğ., 2015:654). Termal olmayan teknolojiler, ortam sıcaklığında veya öldürücü olmayan sıcaklıklarda etkili olan ve böylece gıdanın beslenme ve kalite parametreleri üzerindeki olumsuz termal etkileri en aza indiren koruma işlemleridir (Misra ve diğ., 2011:159). Termal olmayan atmosferik basınçlı plazma uygulamaları, gıda işleme alanında novel teknoloji olup, taze ve işlenmiş gıdaların yüzeyindeki mikrobiyal yükü

azaltmak için tercih edilebilir. Bu nedenle, gıda endüstrisi için termal olmayan atmosferik basınçlı plazmanın potansiyel uygulamaları çok çeşitlidir ve gıdaların işlenmesi için özel bir potansiyele sahiptir (Misra ve diğ., 2011:123).

Mikrodalga kaynaklı soğuk plazma uygulamalarının sebze ve meyve üzerindeki değişiklikleri içeren incelemeler bulunmaktadır. Marul üzerinde *E. coli* O157:H7, yaklaşık %90 inaktivasyon etkinliği tespit edilmiş ve renk, ağırlık kaybı, antioksidan aktivite vb. özelliklerinde önemli bir değişiklik olmadığı rapor edilmiştir (Ekezie, Sun ve Cheng, 2017:51). Plazma uygulamalarının taze ürünlerin dış kısmında patojenlerin inaktivasyonunda etkili olduğu belirlenmiştir.

Dielektrik bariyer deşarj (DBD) plazma, 80 kV'da 5 dakika boyunca kiraz ve domatesler üzerinde uygulanarak etkisi incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* ve *Listeria monocytogenes* sırasıyla 3,5, 3,8 ve 4,2 log CFU olarak ürünlerde başarıyla dekontamine edilmiştir (Ekezie, Sun ve Cheng, 2017:47).

Ayrıca, plazma uygulamalarının, tahıl bezelyesinden elde edilen protein açısından zengin izolatları değiştirme yeteneğine sahip olduğu kanıtlanmıştır. Gıda sektöründe plazma uygulamaları, ürünlerin pişirme süresini kısaltabilir, pişirme özelliklerini iyileştirebilmektedir (Ekezie, Sun ve Cheng, 2017:51).

Mikrodalga kaynaklı plazma uygulamalarının et ve et ürünleri üzerindeki değişiklikleri içeren incelemeler bulunmaktadır. Plazma teknolojisi antimikrobiyal etkinliği konusunda birçok çalışma belirlenmiştir. Tavuk eti üzerinde yapılan bazı çalışmalarda soğuk plazma uygulamasının mikroorganizmaları inhibe edebildiği rapor edilmiştir. (Ekezie, Sun ve Cheng, 2017:49 ; Bogdanov, ve diğ., 2018:2).

Mikrodalga kaynaklı plazma uygulamalarının baharatlar üzerindeki değişiklikleri içeren incelemeler bulunmaktadır. Mikrodalga ile üretilen plazma işlemi, karabiber tohumları, ardıç ve yenibahar meyveleri vb. baharatlardaki küflerin etkisiz hale getirilmesi için bir

alternatif olabileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca plazma uygulamasının baharatları içeren çalışma kapsamında gıdanın kimyasal özellikleri, raf ömrünü olumlu yönde etkilemesi, duyuşsal özellikle vb. yönden avantajlı bulunmuştur (Wiktor ve diğ., 2020:13).

Soğuk plazma teknolojisinin mikrobiyal inaktivasyonu şu şekilde gerçekleşmektedir. Mikroorganizmalar, canlı hücreler üzerinde yüzey lezyonlarına neden olan reaktif türler tarafından etki ile karşılaşmaktadır. Bu süreç plazma gazının hızlı öldürme etkisine ışık tutmaktadır. Oluşan bu etkileşimde gıda ürünlerinin kalitatif ve kantitatif özellikleri açısından olumsuz bir durum bulunmamaktadır. Gıda ürünlerinde yüzey yapısında herhangi bir değişiklik bildirilmemiştir (Ekezie, Sun ve Cheng, 2017:50). Yenibahar üzerinde yapılan çalışmada plazma işleminin gıdanın yüzeyine herhangi bir zararlı etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Wiktor ve diğ., 2020:12).

Yeni nesil teknolojik uygulamaları arasında gösterilen plazma sistemi ile bakteriyel hücreler etkileşim oluşmasının yanı sıra virüs, algler, vb. mikroorganizma grupları inaktive edilebilmektedir (Misra ve diğ., 2011:161).

Taze uskumru üzerinde dielektrik bariyer deşarj (DBD) plazmanın etkisi incelendiğinde, soğuk plazma uygulamalarının balıklarda laktik asit bakterileri, psödomonaslar ve aerobik psikrotrofik bakteriler gibi bozulmaya neden olan bakterileri azaltmak için bir alternatif olabileceği bildirilmiştir. Bu teknolojinin yağlı balıklardaki bozulmaya sebep olan bakterileri azaltmada etkili olduğu, bu kapsamda plazma voltajı ve süresinin mikrobiyal inaktivasyon için önemli parametreler olduğunu bildirilmiştir (Varilla, Marcone ve Annor, 2020:6).

Plazma uygulamalarında fiziksel kalite renk, doku vb. oldukça önemlidir. Tüketicinin gıda ürünlerini tercih etmesindeki önemli parametrelerin biri de ürünün rengidir. Bu sebeple renk, gıda ürünlerinde olumlu etkileyebilen önemli bir özelliktir. Gıda işleme tekniğinde gıdalar üzerinde farklı, istenilmeyen renk yapısı vb. olumsuz bir gıda işleme metodu olacaktır.

Soğuk plazma uygulamaları renk üzerinde yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Taze meyve ve sebzelerde soğuk plazma sonrası önemli bir fark gözlenmemiştir. Yaban mersinini üzerinde soğuk plazma uygulamalarında meyvenin yumuşama sebebinin, plazma jetinin yüksek hava akış hızından ve analiz esnasında sıcaklığın yükselmesinden kaynaklanan mekanik bir sorun olduğu rapor edilmiştir (Pankaj, Wan ve Keener, 2018:13). Çilek, elma, havuç vb. meyvelerde plazma uygulamalarında önemli bir renk kaybı olmadığı bildirilmiştir. Meyve sularında plazma uygulamalarında da renk minimal bulunmuş olup çıplak gözle fark edilmeyecek kadar düşük seviyede olduğu rapor edilmiştir. Plazma uygulamaları sonucu bozulmaması gereken bir diğer gıda özelliği ise gıdanın doku yapısıdır.

Plazma uygulamalarında kimyasal kalite pH ve asitlik, antioksidan aktivite vb. parametreler oldukça önemlidir. Gıda işleme uygulamalarında ise pH ve asitlik önemli parametrelerin başında gelmektedir. Gıda da pH ve asitlik seviyesinde ki önemli değişiklik tat, doku, raf ömrü vb. istenilmeyen olumsuz bir etkiye sebep olmaktadır. Plazma uygulamaları ürünlerin pH ve asitlik seviyesinde farklılık ortaya çıkarabilmektedir. Bunun en büyük sebebi plazma reaktif gazlarının gıda yapısında bulunan nem ile etkileşime girmesidir (Pankaj, Wan ve Keener, 2018:14). Benzer şekilde süt üzerinde yapılan çalışmalarda plazma uygulanan sütün yapısında ki pH değerinde olumsuz bir fark oluşmamıştır (Muhammad ve diğ., 2018:469).

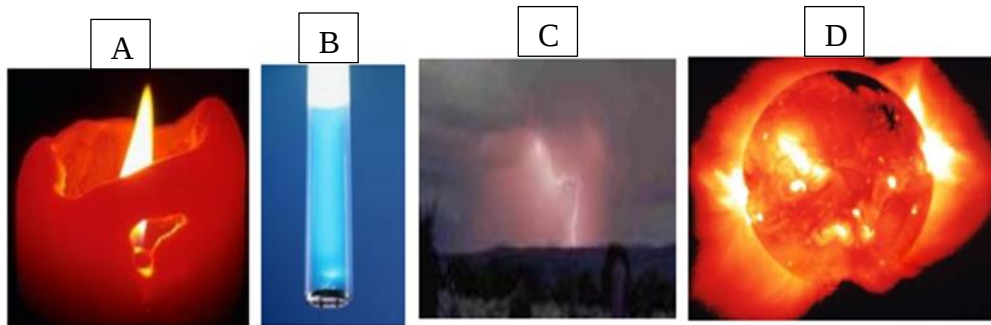
Plazma, polimerlerin yapıştırılması ve iyileştirilmesi için geliştirilmiş bir teknik olmasına rağmen birçok elektronik alanda da kullanılmaktadır (Albayrak ve Kılıç, 2020:2301). Mevcut çalışmalar neticesinde plazmanın gıda işleme metodu olarak kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Plazma uygulamalarının avantajları;

- Soğuk plazma uygulamaları ile uygulanan sterilizasyon işlemleri, gıda ürünlerinde düşük maliyet ve minimum değişiklik sağlamaktadır. Bundan dolayı ısı bazlı tekniklere uygun bir alternatiftir.

- Isıl işlem gerektirmeyen plazma işlemleri ile gıdaların doğal aroması korunabilmekte, bunun yanı sıra ürün lezzetinde de olumsuz bir durum meydana gelmemektedir.
- Mikrobiyal yükün azaltılması, kalitenin sağlanması konusunda da plazma teknolojisi kullanılabilmektedir.
- Bu novel teknolojisi sterilizasyon ve gıdaların duysal özelliklerinde minimum kayıpların meydana gelmesinde etkilidir.
- Plazma teknolojisi gıda teknolojisinde maya ve küflere karşı etkilidir.
- Toksik yan ürünlerin olmaması gibi avantajlar sağlamaktadır (Ekezie, Sun ve Cheng, 2017:47).

1.4. Plazma Teknolojisinin Temel Yapısı ve Özellikleri

1928 yılında Lewi Tonks ve Irving Langmuir titreşimlerin bulunduğu alan için ilk kez plazma terimini kullanmışlardır (Şen, 2015:43). Plazma örnekleri çevremizde çok fazla bulunmaktadır. Bunlar mum alevi, floresan lambalar, şimşek hatta güneş gibi her gün gördüğümüz maddeler plazma olarak tanımlanmaktadır (Doğan, 2019:17). Şekil 1.1’de çevremizde gördüğümüz bazı plazma örnekleri belirtilmiştir.

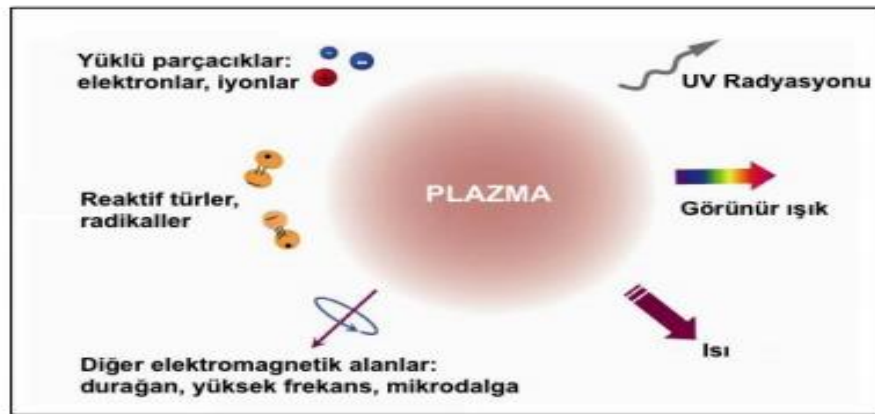


Şekil 1.1. Çevremizde gördüğümüz plazmalar (Doğan, 2019:17)

a) Mum alevi, b) Floresan lamba, c) Şimşek, d) Güneş

Plazma çalışmasının tarihsel gelişiminde ilk olarak 19. yy başında 1808 yılında Sir Humpry Davy tarafından yapılan çalışmalar ve devam eden süreçte Michael Faraday ve arkadaşlarının devam ettirdiği çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan biriside yüksek voltaj dc elektriksel deşarj tüpünün geliştirilmesi durumu plazma sisteminin keşfine öncülük etmiştir (Akan, 2006:1).

Plazma maddenin 4. hali olarak da bilinmektedir. Bu maddelerin hallerini katı, sıvı, gaz ve son olarak plazma oluşturmaktadır. Plazmada; pozitif ve negatif iyonlar, serbest radikaller vb. aktif plazma türü bulunmaktadır (Şekil 1.2). Plazma bu aktif türlerin birleşimi sonucu oluşabilmektedir (Şen, 2015:3).



Şekil 1.2. Aktif plazma türleri (Şen, 2015:42)

Son dönemlerde mikrodalga plazma üzerine yapılan çalışmalar ve incelemelerin sayısında artış gözlemlenmiş olup, “doğal yapısı gereği, mekanizması tam olarak anlaşılamamış çok karışık bir süreç” olarak ifade edilmektedir. Mikrodalga plazmanın gıda sektörü başta olmak üzere tıp, fizik, kimya vb. alanlarda da kullanımı yaygındır (Yüksel ve Karagözlü, 2017:81).

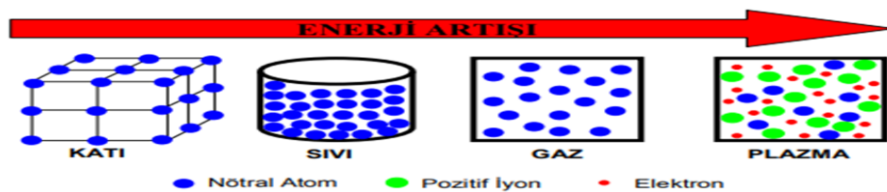
Plazma; kation ve elektronlardan oluşan ve elektrik akımını ileten yoğun, sürekli hareket eden ve birbirleriyle etkileşen yüklü parçacık topluluğu olarak tanımlanmaktadır.

Plazmada bulunmakta olan katyonlar farklı elementler sonucunda meydana gelebilmektedir. 3 tip yüksek sıcaklığın plazmasından biriside mikrodalga plazmadır. Plazma önemli özelliklerinden biriside her yerde sıcaklık eşit miktarda bulunmasıdır. Uyarma oranı plazma sistemlerinde daha yüksek seviyelerdedir (Yangılar ve Oğuzhan, 2013:184).

Mikrodalga plazma argon gazı kullanılarak ortaya çıkarılmaktadır. Argon gazının yanı sıra helyum, neon gibi soy gazlar kombinasyonu ve oksijen, nitrojen gazları da kullanılabilir (Varilla, Marccone ve Annor, 2020:3).

Mikrodalga plazması oluşturulurken boşaltım tüpüne koruyucu gaz bağlanması gerekmektedir. Koruyucu gazın plazma üzerindeki amacı, plazma oluşumu sırasında yüksek sıcaklıklara ulaşabilen olan boşaltım tüpünün çatlamasını engellemektir. Bu çatlamayı önlemek için koruyucu gaz görevini çoğunlukla hava ve azot gazları üstlenmektedir (Bozduman, 2012:20).

Maddenin dördüncü hali olarak bilinen plazma oluşumundaki süreçte katı maddeye enerji aktarımı yani ısı uygulanması ile maddenin diğer halleri olan sıvı, gaz ve plazma oluşacaktır. Şöyle ki ısı olarak sabit ortamda katı halde bulunan madde sıcaklığın artırılması sonucunda sıvı hale gelecektir. Sıvı haldeki maddeye ısı artırımı devam ederse belirli bir süre sonra sıvı madde, gaz haline dönüşecektir. Gaz haline gelen maddeye ısı artımı devam ettirildiğinde madde de elektron kopmaları meydana gelecek ve devamında madde serbest hareket eden parçacıklara dönüşecek ve maddenin son hali plazma oluşacaktır (Akan, 2006:3). Şekil 1.3'te maddenin dört hali verilmiştir.



Şekil 1.3. Maddenin dört hali (Akan, 2006:3)

1.5. Plazma Sürecini Etkileyen Ölçütler

1.5.1. Plazma frekansı

Plazma kaynaklarının frekans aralıkları ve sistemde kullanılabilecek yük boşaltım sistemleri farklı olabilmektedir. Direkt akım (DC) frekansı (40 kHz) iken radyo frekansı (RF, 13.56 MHz) ve mikrodalga (MW, 2.45 GHz) frekansları içerisinde faaliyet gösteren yük boşaltım sistemleri örneklerdir (Denes ve Manolache, 2004:838).

Plazma siteminde titreşim hareketlerinin yardımıyla içeride bulunan yüklü parçacıkların oluşturacağı tepki olaylarını azaltabilmektedir. Oluşan titreşim hareketlerinin düşük kütleyle sahip olması sebebiyle diğer plazma sistemine göre daha aktiftir. Elektronların titreşim hareketlerinin etkisini azaltmak için oluşan titreşim hareketlerinin frekansı “Plazma Frekansı” olarak isimlendirilmektedir. Yani plazma içyapısında oluşan etki, sistem içerisinde plazma frekansları yardımıyla yayılmaktadır. Plazma frekansı bir diğer ismi de Langmuir frekansı olup bu şekilde de bilinmektedir (Akan, 2006:6). Plazma sistemi gıda sektörünün yanı sıra birçok sektörde de kullanılmaktadır. Endüstriyel plazma sistemlerinde (kaynak, sanayi ortamında kesme işlemleri vb.) kullanılan plazma sisteminin frekansı 0.898 GHz olarak bilinmektedir (Roth, 1995:147).

1.5.2. Geometrik faktörler

Reaktör plazma sisteminde kaplama, sıkıştırma vb. özellikleri sağlayan kısımdır. Sistemde reaktör geometrisi de özellikle yüzeyde bulunan polimerlerin kalınlık durumu, kimyasal yapısı, deşarj gücü, çalışma basıncı vb. gibi kaplamanın durumunu etkileyen hususlardan birisidir. Bu ve benzeri durumlarda plazma sistemi için farklı boyut ve şekillerde hazırlanmış reaktörler bulunmaktadır (Geyter ve diğ., 2011:293).

Reaktör dizaynı, plazma sisteminde aktif halde bulunan türlerin konsantrasyonu vb. etkide bulunan faktörlerin başında gelmektedir. Bu durumda plazma sisteminde sterilize edilecek örneklemeler plazma sisteminde doğrudan sterilize işlemi gerçekleştirileceği gibi, farklı sistemlerde de steril edilebilmektedir. Böylelikle sistemin geometrik faktörlerine göre boşalım aşamasındaki fotonların bazıları, duruma göre tamamı işlem gerçekleştirilecek üniteye ulaşamamaktadır (Lerouge, Wertheimer ve Yahia, 2001:183). Reaktör geometrisi monomerin akış dinamiğini de etkilemektedir. Monomerin plazma bölgesinden geçiş hızı (alınma süresi) ve şekline bağlı olarak birikimin kimyasal yapısı ve homojen olma durumu da farklılık gösterebilmektedir (Güleç, 2012:297). Ürünün kaynaktan uzaklığı arttıkça reaktif türlerin konsantrasyonu azalabilir. Bu nedenle, mikrodalga güç aplikatöründen numune mesafesi arttıkça mikrodalga reaktöründe etkinliğin azaldığı rapor edilmiştir (Lerouge, Wertheimer ve Yahia, 2001:183). Plazma daldırma iyon implantasyonu çalışmasında parça yüzeyi düz bir şekilde değil ayrıntılı bir geometriye sahip ise, iyonlar doğrusal yol izledikleri için yönlendirmeler yeterli olmaz bu sebeple yüzeyin her yerinde istenilen implantasyon sağlanamadığı rapor edilmiştir (Yıldırım, 2011:29).

1.5.3. Basınç

Basınç, plazma sisteminde birçok parametreyi etkilemektedir. Bu parametrelerin bazıları plazma sistemindeki ortamın yapısı, polimerizasyon hızı vb. durumlar basınç ile etkilenmektedir. Ayrıca basınç, elektron enerjisini de etkilemektedir. Basınç sistemsel olarak Yüksek ve Düşük basınç olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Yüksek basınç sistemde birikim hızına olumsuz etkileri sebebiyle genellikle plazmada alçak basınç kullanımı yaygındır. Son dönemlerde atmosferik plazma teknolojisi maliyetinin daha az olması, sürekli kullanım sağlanması vb. sebepler sonucu kullanımı artan bir sistemdir (Bozkurt, 2014:15).

1.5.4. Plazma gücü

Plazma gücünde artış meydana gelmesi enerji kazanmış elektronların üzerinde yoğunluk seviyesinin artış olması ve elektrot üzerinde daha fazla iyon çoğaltımına neden olmaktadır. Elektriksel boşalım reaktörü içinde gerçekleşme işlemi sonrası voltajın serbest radikallerin üretiminde artış olmaması, bu sebeple monomerin akış miktarının plazma gücünü etkileyen bir parametre olarak yer almaktadır (Güleç, 2012:298). Konu kapsamında nitrojenin, plazma ultraviyole ışınlarında meydana getirdiği etkiden dolayı sterilizasyonda önemli bir etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir. Nitrojen ve oksijen plazma kullanımının ise bakteri sayısında bir azalma gösterdiği rapor edilmiştir (Yangılar ve Oğuzhan, 2013:186). Plazma gücü (35-42 Kw) arasında farklılık göstermektedir (Altuncu, 2011:98).

1.6. Mikrodalga ve Plazma Arasındaki Farklar

Mikrodalgalar ile plazma konusunu karşılaştırdığımızda frekans aralığı dikkat çekmektedir. Mikrodalga'nın frekans aralığı ev tipi ve endüstriyel mikrodalga fırınlarında farklılık göstermektedir. Ev tipi mikrodalga fırınlarda bulunan frekans aralığı 2450 MHz iken endüstriyel mikrodalga fırınlarda kullanılmakta olan frekans 915 MHz'dir. Plazma $0,5 < f < 10$ GHz arasındaki frekanslardır ve genellikle 2,45 GHz frekansı kullanılmaktadır. Ayrıca mikrodalgaların frekans düzeyi etkisinin göstereceği gıdanın içyapısını da etkilemektedir. Özellikle ev tipi mikrodalgalar 2450 MHz frekanslarında ve 10 cm'ye kadar iç derinliğe ulaşabilmekte iken endüstriyel mikrodalgalar 915 MHz frekanslarına sahip olduğu durumlar da 30 cm içerisine almakta olan etki derinliğine ulaşabilmektedir (Bozduman, 2012:5).

Mikrodalga plazmalarının meydana gelebilmesi için uygulanan gücün maksimum düzeyde, yansıyacak olan gücün ise minimum düzeyde olması gerekmektedir. Yüksek yansıma minimum oranda olması gerekirken yüksek oranlara çıkması durumunda mikrodalga kaynağının zarar görmesini engellemek için görevli olan alet sirkülatördür.

Sirkülatör yüksek yansımaları göndererek bir nevi dalga çevirici görevi üstlenmektedir. Mikrodalgalarından elde edilen kinetik enerji ile oluşturulmuş olan plazma sistemlerine mikrodalga reaktörleri adı verilmektedir. Bu sistemler için en uygun şekil dikdörtgen iken mikrodalga fırınlarda ise en uygun şekil küre daha sonra silindirdir. Plazma yönteminde gıdanın görüntüsünde herhangi bir olumsuz etken olmaması, yine aynı şekilde gıdaların koku ve lezzetinde herhangi bir sıkıntı yaratmıyor olması sebebiyle geliştirilerek günümüzde artık kullanılmaya başlayan bir teknik olarak yerini almaktadır. Mikrodalga sisteminde olduğu gibi plazmada da elektro manyetik alanlarda etkileşime girmektedir (Bozduman, 2012:15). Şekil 1.4’de sirkülatör örneği gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Astex CS2 model 3 portlu sirkülatör (Bozduman, 2012:32)

Mikrodalga özellikle gıdaların ısıtılması, pişirilmesi gibi kolaylıklar sağlamakta iken plazma, gıdaların daha çok sterilizasyon kısmını ele almaktadır. Bu konuda plazma sıcak ve soğuk plazma uygulamaları olmak üzere 2’ye ayrılmaktadır. Sıcak plazma 1000 °C, soğuk plazma ise ortalama 50 °C civarında ölçülmektedir. Burada soğuk plazma uygulamasının gıda sektöründe daha çok kullanıldığı bilinmektedir. Plazma uygulamaları gerek gıdaların sterilizasyonunda gerekte gıdaların ambalajlanması aşamalarında kullanılan novel bir yöntemdir. Gıda sektöründe kullanılması yeni bir sistem olsa dahi gelecekte çok büyük kolaylıklar sağlayabileceği düşünceleri bulunmaktadır (Yangılar ve Oğuzhan, 2013:185). Soğuk ve düşük basınçlı plazma, kuru gıda yüzeylerinde mikrobiyal inaktivasyon için umut

verici yenilikçi bir teknoloji olarak ortaya çıkmaktadır. Soğuk plazma teknolojisi, ısıl olmayan teknolojiler arasında yeni teknolojilerden biri olarak yer almaktadır (Yüksel ve Karagözlü, 2017:81). Plazma işlemi, gıda ürünlerinin besin ve vitamin değerleri üzerinde herhangi bir olumsuz etki de bırakmamaktadır. Çünkü plazma ortamı yüksüzdür. Bu özelliğinden dolayı plazma, gıdalarla herhangi bir reaksiyona girmemektedir. Yine plazmanın düşük sıcaklıkta yapılıyor olması da tekniğin en büyük avantajlarından biridir. Klasik raf ömrü uzatma işlemlerinden olan ısıl işlem, gıdalarda besin değerlerini ciddi anlamda etkilemektedir. Çünkü vitamin ve mineral kayıpları dışında protein yapıları da yüksek ısılarda bozulmaktadır (Yangılar ve Oğuzhan, 2013:183 ; Yüksel ve Karagözlü, 2017:81).

1.7. Mikrodalga Plazmanın Gıda Sektöründe Kullanımı

Gıda sektörü her dönem gelişen, yenilenen bir alandır. World Resources Institute yapmış olduğu çalışmalar sonucunda 2050 yılında artarak katlanan dünya nüfusunun 9.6 milyar kişiye ulaşması öngörülmektedir. Bu nüfusu gıda alanındaki ihtiyaçların karşılanması için birçok çalışma hareketi yapılmış yapılmaya devam etmektedir. Gıda sektörü bugüne kadar görülmemiş bir baskı ile karşılaşmaması için yeni teknolojik gelişmeler sağlanmaktadır. Bunlardan biriside plazma sistemidir (Çoruhlu, 2017:7).

Gıda sektöründe yeni bir teknoloji olmasının yanı sıra ısıl olmayan bir yöntem olması özelliğini de bulundurmaktadır. Isıl işlem ile birçok işlemin yapıldığı sektörde gıdaların dış yüzeyinde herhangi olumsuz durum oluşmaması, lezzet ve kalite problemlerinin yaşanmaması, enerji olarak tasarruflu düşük enerji ile faaliyet göstermesinin yanı sıra fiziksel ve kimyasal kayıplara sebep olmaması tercih edilirliliğini artırmaktadır. İnsanların zararlı, gıda taklit ve tağşiş durumlarının artış gösterdiği dönemde organik ve taze gıdalara talep artmaktadır. Plazma sistemi insanların bu taleplerini karşılayabilecek gıdaların tazeliklerinin korunmasında etkilidir. Ayrıca mikroorganizma oluşumunu minimum seviyelere indirmede kullanımının yanında steril alanlarda oluşabilen ölü mikrop hücrelerini gıdalardan

uzaklaştırmada da kullanılabilen etkin bir sistemdir. Bu ve diğer özellikleri ile gıda sektöründe kullanımının artacağı öngörülmektedir (Kasar, Gökmen , ve Çağlar, 2021:66).

Plazmanın gıda sektöründe kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmakta ve bu çalışmalar devam etmektedir. Bu araştırmalar gıda sanayisinin alt sektörleri olarak bilinen süt ve süt ürünleri, sebze ve meyveler, kırmızı et, tavuk eti başta olmak üzere birçok alanda bulunmaktadır.

Plazma ve süt üzerinde yapılan incelemelerde; belli oranlarda sütün içerisinde bulunan yağın hidrolizasyonuna lipaz enziminin sebep olabildiği ve enzimlerin kendiliğinden oluşması veya plazmanın tetikleme ile oluşabileceği araştırmaları incelenmiştir. Süt konusunda yapılan bu incelemeler sonucu plazma enziminin sütün çalkalanması vb. durumlarda da meydana gelebileceği sonucu vurgulanmıştır (Çetiner, 2017:87).

Sebze ve meyve üzerine yapılan plazmanın etkisi çalışmalarında; kuşburnu üzerinde plazma etkisi incelenmiştir. Plazmanın C vitamini (Askorbik asit) üzerinde nasıl sonuçlar gösterdiği raporlanmıştır. Bu çalışmada kuşburnu seçilmesinin baş etkeni meyvede yüksek oranda C vitamini içermesi olmuştur. Yapılan incelemelerde işlem görmemiş kuşburnu meyvesi içerdiği askorbik asit ölçülmüş olup daha sonra plazma işlemi frekans ve gaz seviyesi kontrollü olarak meyveye uygulanmıştır. Kuşburnu meyvesinde C vitaminin plazma işlemi sonrasında diğer çözümlerden daha az kayıplar yaşandığı gözlenmiştir. Bunun başlıca sebepleri arasında plazmanın yaymakta olduğu enerjinin direk askorbik asitle bağ kurmaması, gıdalarda var olan bileşenler yardımıyla plazmadan gelen enerji azaltması plazmanın vitamin kaybının az yaşanmasındaki en büyük etken olmuştur (Bozkurt, 2014:4).

Yaban mersini, ahududu gibi yumuşak yapıya sahip meyvelerde plazma oluşturduğu ısı ile meyve grubuna hasar verme potansiyeli yüksektir ancak yumuşak yapıli meyveler üzerindeki çalışmalar sonucu alanında uzman kişiler öncülüğünde plazmanın zarar verdiği ısıyı enjekte ederek sorunu büyük oranda çözmüşlerdir. Bu incelemeler sonucu plazma

sistemi gıdalarda yumuşak dokulu meyvelere uygulamada bazı sorunları giderilmiştir (Kasar, Gökmen ve Çağlar, 2021:67).

Mikrodalga plazma gıdalarda kullanımının yanı sıra soğuk gaz plazması da gıda sektöründe de kullanılmaktadır. Sterilizasyon konusunda *Listeria innocua* bakterisinin tavuk eti derisine etkisi çalışmasında gaz plazması yönteminin olumlu sonuçları ve gıda sektöründe gelişme göstererek kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Yangılar ve Oğuzhan, 2013:186).

1.8. Mikrodalga-Plazmanın Uygulama Avantajları

- Mikrodalga ile işlem gören gıdalar ile geleneksel yöntemlerle işlem gören gıdalar ısıtma işlemi için kıyaslandığında mikrodalga daha az zamanda gıdayı ısıtmaktadır. Mikrodalga teknolojisi ön işlem, ön ısıtma vb. işlem uygulanmadan titreşim ile anlık ısıtma işlemine başlamaktadır. Böylelikle hem zaman konusunda hem de harcanan enerji konusunda tasarruf sağlamaktadır.
- Mikrodalga teknolojisinde haşlama vb. pişirme yöntemlerine göre gıdaların besinsel kayıpları daha az düzeyde gerçekleşmektedir.
- Mikrodalga teknolojisinin iç ve dış dizaynı bütün yaş gruplarının kullanılacağı şekilde üretilmiştir.
- Mikrodalga teknolojisi alanındaki benzer ekipmanlara göre daha küçük şekilde üretilmiştir. Bu nedenle kullanımda daha az yer işgal etmektedir.
- Plazma sistemi ısı kontrolü ile gıdalarda sterilizasyon sağlamada kullanılmaktadır. Bu işlem var olan mikroorganizmaların yok olmasında önemlidir.
- Mikrodalga fırın temizlenmesi işlemleri kolay olacak şekilde dizayn edilmiştir.
- Gıdalar uygun tabak seçimi ile gerek gıdaya gerek de tabağa herhangi bir zarar vermemektedir.

- Mikrodalga teknolojisi ile işlem gören gıdalarda tat, renk, koku vb. değişim ve bozulma minimum meydana gelmektedir.
- Mikrodalga teknolojisi ayarlanabilir ısı ve süre ile yiyeceklerde yanma gibi istenilmeyen durumların meydana gelmesini engellemektedir.
- Mikrodalga uygulamalarında dışarıya koku salınımı yoktur.
- Ürünlerin ön pişirilmesi, ısıtılması gibi işlemlerde geleneksel yöntemlerin aksine gıdaları dışarıdan içeriye doğru değil merkezden dışarıya doğru ısıtır, pişirir.
- Mikrodalga fırınlarının içerisinde bulunan ve dönmekte olan tabla sayesinde gıdaların her yerinin eşit bir şekilde ısıya ve titreşime maruz kalarak eşit ısınması sağlanmaktadır.
- Plazma uygulamaları güvenilir, çevresel olarak herhangi bir zararı bulunmayan bir teknoloji sistemidir.
- Plazma sisteminin uygulanmasında minimum tehlikeli durum bulunmakta ve toksik maddeler içermemektedir.
- Plazma sistemi ısıl olmayan işlemler arasında alternatif olmakta, gıda yapı özelliğinde ve tat, koku, aroma, görünüm vb. gibi duyuşal özelliğinde olumsuz durumlara sebep olmamaktadır.
- Mikrodalga plazma sisteminin diğerk sistemlere göre etkin bir aşındırma yapması sistemin avantajları arasında gösterilebilmektedir.
- Plazma sistemlerinde istenen homojenlik, fiyat, hız vb. önceliklere göre uygun plazma sistemleri de kullanılmaktadır.
- Plazma sistemi gıdalarda ince yapılarda ve homojen kalınlıklarda kaplama yapılabilir (Kayar ve Yıldız, 1992:33 ; Yang, Chen ve Gao, 2009:646 ; Konak, Certel ve Helh, 2009:23 ; Şan, 2011:1 ; Bozkurt, 2014:15-19 ; Pankaj ve diğ., 2014:14 ; Yüksel ve Karagözlü, 2017:82 ; Özer, Görgüç ve Yılmaz, 2018:767).

1.9. Mikrodalga-Plazmanın Uygulama Dezavantajları

- İnsanların günümüzde dahi akıllarda soru işareti bırakan konu olan mikrodalga sistemi çalışma esnasında radyasyon yayması, mikrodalga sisteminin tercih edilmesindeki en büyük engeldir.
- Kızartma (Frying) başta olmak üzere farklı pişirme yöntemlerinin sahip olduğu fonksiyonları yapamamaktadır.
- Mikrodalga teknolojisi fırın sektöründe de istenilen sonuçları sağlayamamaktadır. Fırıncılık sektöründe üretilen ekmek vb. gıdaların hacminin istenilen düzeyde pişirmemesi, dış yüzeyinin istenilen gevreklikte olmaması ve esmerleşme olayının olmaması gibi sebeplerle istenilen performans sağlanamamaktadır.
- Mikrodalga teknolojisinde gerekli olan malzemelerin yüksek fiyatlarda olması bu sistemin kullanımında tercih edilirliliğin önüne geçebilmektedir.
- Mikrodalga uygulamasında kullanılan kap, tabakların vb. hepsi mikrodalga sistemi için uygun yapılarda değildir. Bu uygun olmayan kaplar mikrodalga sisteminde oluşan ısıyı yansıtabilmektedir. Bu ısının yansması ile birlikte ateşlenme oluşabilir ayrıca istenilmeyen daha büyük patlama, yangın vb. problemlere de yol açabilmektedir.
- Gıdaların şekil ve boyutları sistemi etkilemektedir. Gıda boyut olarak büyümesi ile birlikte gıdaların ortasında pişme konusunda problemler meydana gelebilmektedir. Ayrıca gıdaların çok küçük boyutlarda olması, ince kenarlarının bulunması da gıdalarının o bölgelerinde fazla pişmeye sebep olabilmektedir.
- Mikrodalga sisteminde gıdalarda karamelize vb. uygulamalar gerçekleşmemektedir.
- Mikrodalga sisteminde çalışma esnasında çok fazla yaklaşılmaması önerilmemektedir. Hamile ve çocukların ortalama 2 metre uzakta durması gerekmektedir.

- Mikrodalga fırın sistemi çalışır pozisyonunda iken kapağı açılmamalıdır, açıldığı takdirde fırın içerisindeki radyasyon insanlar üzerinde olumsuz etki yaratabilmektedir.
- Yeni bir teknoloji sistemi olan plazma sistemi tesis kurulumu yüksek maliyetlerde hazırlanmaktadır.
- Plazma sisteminde bazı güvenlik ihtiyacı ve bu ihtiyaçların giderilmesi için işletmeye ekstra maliyetler gerekmektedir.
- Plazma sisteminin faaliyetine devam edebilmesi için süreç içerisinde bazı gerekli, özel araç-gereç ihtiyacı bulunmaktadır.
- Plazma sistemi de çoğu teknolojik gelişimler gibi eğitilmiş, tecrübeli ekip ihtiyacı bulunmaktadır (Yun ve diğ., 2010:1182 ; Şan, 2011:1 ; Yangılar ve Oğuzhan, 2013:184 ; Kasar, Gökmen ve Çağlar, 2021:68).

1.10. Mikrodalga Teknolojisinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi

Isıl işlemleri uygulamalarının sağlık üzerinde yarattığı etkiler ile ilgili resmi bir görüşün olmaması sağlık konusunda geçmişten günümüze bir tartışma yaratmakta ve akıllarda soru işareti bırakmaktadır. Mikrodalga teknolojisi ile ilgili artan zararlı etki tartışmaları, kanıtlanamamış olmasının yanı sıra bu teknoloji kullanımı ile hazırlanan gıdaları tüketen insanlarda olumsuz etkiler tespit edilememiştir. Gıdaların kimyasal yapılarında, besin değerlerinde de olumsuz bir durum meydana gelmemiştir (Gökoğlan ve diğ., 2020:292).

Hayatımızı kolaylaştıran ev aletleri olarak da kullanılmakta olan, gıda sektörünün de gerekli ihtiyaçları karşılamak için kullanılan mikrodalga uygulamaları Avrupa ve Amerika başta olmak üzere yaygın olarak kullanımı bulunmaktadır. Amerika da alışlagelmiş yaşam şartları, beslenme kültürleri, yüksek oranda fast food tüketimi gibi faktörler özellikle mikrodalga uygulamalarından olan mikrodalga fırının çok fazla kullanılmasına sebep olurken Sovyetler Birliğinde durum aynı şekilde değildir. Özellikle mikrodalga fırının ilk çıktığı dönemlerdeki sağlık konularındaki tartışmalar sonucunda ülkede 1976 yılında mikrodalga

fırın kullanımı yasaklanmıştır. Zaman ilerledikçe teknolojinin gelişmesi, gerekli üretim standartların sağlanması ile ülkede tekrardan kullanılmaya başlanılmıştır (Kasar, Gökmen ve Çağlar, 2021:71).

Plazma teknolojisinde ısıtma işlemi oluşması için gerekli elektromanyetik enerji gıda maddelerinin yapısındaki su bileşenlerinin titreşimi ve hareketi ile ısınma sağlamaktadır. Bu ısı kan dolaşımının yavaş olduğu organlarda dolaşımın yavaş olması sebebiyle etkin olarak yayılamamakta böylelikle organlara zarar vermesi durumu oluşabilmektedir. Göz hastalıklarından olan katarak ve bazı reflekslerde azalma oluştuğuna dair görüşlerde bulunmaktadır (Konak, Certel ve Helh, 2009:24).

Elektromanyetik dalga yayan mikrodalga teknolojisi dolaşım ve sindirim sistemi bozukluğu yanı sıra kan basıncı, baş ağrısı, depresyon gibi rahatsızlıklara da yol açabileceği üzerinde durulmaktadır (Yakıncı, 2016:44).

Radyasyon yayan, ısıtma işlemlerinde sağlığa zarar vermemesi için özellikle çalışırken çok yakın pozisyonda bulunulmamalıdır ve fırın kapatılmadan fırının kapağı açılmamalıdır. Üretiminde de mikrodalga fırın bu şekilde dizayn edilmiş ayrıca fırın kapağı kapatılmadan fırın çalışmamaktadır.

1.11. Mikrodalga Plazma Radyasyonlarının Mantı Üzerindeki Kimyasal ve Mikrobiyal Özellikleri Üzerindeki Etkisi

Kurutma işlemi terim anlamı olarak kontrollü olarak ısı uygulaması ile gıdanın içerisinde bulunan suyun doğrudan ya da dolaylı yolla kütle transferi ile uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır (Gökmen, Sayaslan ve Çağlar, 2016:176). Mantının çeşitli teknikler kullanılarak endüstriyel olarak üretilmesi ve kurutulması duyu özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri açısından bazı risklere veya değişikliklere sebep olabilmektedir.

Radyasyon sonucu kurutma gıda ürünlerinde henüz yaygın uygulamaları görülmemekle birlikte, tahıl, un, et, balık, sebze ve makarna kurutulmasıyla ilgili yapılan deneysel çalışmalarda olumlu sonuçlar alınmıştır (Gökmen, Sayaslan ve Çağlar, 2016:177).

Mikrodalga fırın kullanımında bazı kimyasal değişimlere neden olmaktadır. Bu kimyasal değişimlerden biri de enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyon ürünlerinden olan *Hidroksi Metil Furfural* (HMF)'dir. Sıcaklık, süre ve asitliğin artırılması HMF miktarında artışa neden olmaktadır (Ayan, 2010:54).

Mantının kurutulmasında kullanılan geleneksel yöntemler başta olmak üzere diğer yöntemlerde uygulanan sıcaklığa ve süreye bağlı olarak kalite kriterlerinde koyulaşma miktarının yüksek olması, raf ömrünün kısılması vb. bazı olumsuzluklar meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukları önlemek amacıyla yapılan araştırmada mantının kurutulmasında geleneksel yönteme alternatif mikrodalga fırın ve mikrobiyolojik yükün azaltılmasında mikrodalga plazma kullanılmıştır.

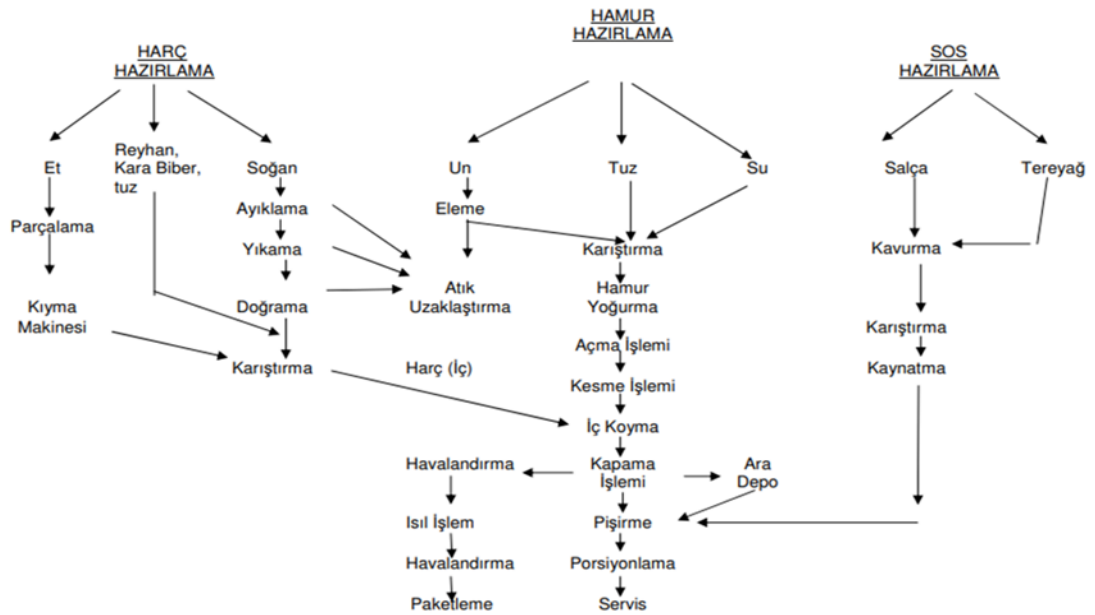
1.12. Manti Üretimi ve Çeşitleri

Mantı, makarnanın bir çeşidi olarak ifade edilmektedir. Un, su, yemeklik tuz, yumurta ana malzemelerindendir (Kasar ve Gökmen, 2020:112). Hazırlanan hamura iç malzeme olarak dana kıymasına çeşitli baharatlar ve soğan eklenerek elde edilen harç küçük kareler boyutunda kesilen hamur parçalarına konulması ve çapraz vb. şekilde kapatılarak suda haşlanmasıyla hazırlanan geleneksel hamur yemeğidir. Belirli zaman diliminde haşlanan mantı üzerine yoğurt ve tereyağı, salça, baharatlar ile hazırlanan sos ile tüketilmektedir (Sitti, 2011:3 ; Yücestepe, 2011:1).

Kelime olarak mantının; Çin-Kore kökenli “mantou” dan geldiği ifade edilmektedir. Özbek mutfak kültüründe yemeğin son kısmında mantı yenilmesinin geleneksel bir uygulama olduğu ifade edilmektedir (Biçer, 2011:14). Türk mutfağında ise mantı 15. yüzyıl Osmanlı saray mutfağının başyemeklerinden biri olmuştur. Haftanın beş günü Fatih Sultan Mehmet'in sabah sofrası için mantı pişirildiği, II. Beyazıt döneminde de Topkapı Sarayı sonbahar yemekleri listesinde yer aldığı, o dönemde üretiminde kıyma dışında nohut vb. bakliyatın da eklendiği ifade edilmektedir (Çoşkun ve Yılmaz, 2010:461).

Mantı ülkemizde hala farklı iç harç, katlama şekilleri vb. olarak yapılsa da Kayseri ili ile özdeşleşmiştir. Kayseri'nin yanı sıra İç Anadolu Bölgesinde yer alan Kırşehir, Niğde, Sivas, Yozgat gibi illerde benzer şekilde mantı üretimi yapılmaktadır. Trakya Bölgesinde de sini mantısı olarak yapımı yaygındır (Biçer, 2011:15 ; Gökmen, 2017:6).

Mantının geleneksel ve endüstriyel olarak üretim basamakları birbirine benzerlik göstermekte olup servis edilinceye kadar takip edilen aşamalar Şekil 1.5'de kısaca açıklanmıştır.



Şekil 1.5. Geleneksel mantı üretim prosesi (Sitti, 2011:5)

Mantının hazırlanmasından tüketimine kadar ki uygulanan işlemler Şekil 1.5'de görülebildiği gibi üç aşamalı olarak ilerlemektedir. Özet olarak; mantı üretiminde öncelikle mantının hamuru hazırlanır ve diğer taraftan az yağlı kıyma, soğan, tuz, karabiber karıştırılarak harç (iç) hazırlanır. Daha sonra hamur, kalınlığı 0,75-1 mm olacak şekilde açılır ve 1.5x1.5 cm olarak kesilir. İçerisine hazırlanan harç (iç) konularak kapatılır. Anadolu'da hamurun kurumaması için mantı az un ile unlanır. Hazırlanan mantılar o anda tüketilecekse hemen pişirilmektedir. Mantılar, depolanacaksa 10 dakika kadar havalandırılır. Sonra 185 °C de 4 dakika ısıtma işlemi tabi tutularak 20 dakika daha havalandırılarak depolanır (Sitti, 2011:4).

Mantı hazırlanmasında bazı değişiklikler mantı çeşitliliğini de artırmaktadır. Mantının çeşitli gruplar olarak incelenmesinde başlıca üç sebep bulunmaktadır (Biçer, 2011:15). Bunlar;

- Kullanılan iç malzeme
- Tercih edilen katlama şekli
- Kullanılan pişirme şekli

1.12.1. Kullanılan iç malzeme

Mantı içerisine konulan malzemesine (iç harç) göre farklı tekstür özelliklerinde hazırlanabilmektedir. Mantı içerisine herhangi bir harç konulmadan boş bir şekilde katlanıp haşlanabilmektedir. Kıymalı iç harca alternatif olarak beyaz et tavuk başta olmak üzere kuru baklagiller (nohut, mercimek), mantar, peynir çeşitleri gibi ana bileşenler olarak kullanılabilmektedir (Biçer, 2011:15).

1.12.2. Mantı katlama şekli

Mantı katlama şekline göre sınıflandırıldığında en yaygın şekiller aşağıda sıralanmaktadır; (Biçer, 2011:15-16 ; Sitti, 2011:4).

Üçgen katlama: Hamur kare şeklinde kesilmekte, daha sonra hazırlanan iç harç kare hamurun ortasına konulmakta ve karşılıklı iki köşe üçgen bir şekilde katlanmaktadır.

Bohça katlama: Yapılma şekli bohçaya benzemesi üzerine bu ismi almıştır. Hamur kare şeklinde 3x3 cm kesilmekte ve hamurların dört köşesi bir noktada birleşecek şekilde kapatılarak bohça şekli verilmektedir. Şekli itibariyle içine konulan harç miktarı diğer mantılara göre daha fazladır.

Açık bohça katlama: Hazırlanan harç, hamur karelerinin ortasına konulmakta ve iki köşe ortada birleştirilerek açık bohça biçiminde katlanmaktadır.

Gül katlama: Kalıp kullanımı ile yufkadan yuvarlak şekiller çıkarılır, hazırlanan harç eşit miktarda konulur ve her dairenin ağzı çevire çevire kapatılıp gül şekli verilmektedir.

Muska mantısı: Yapılma şekli muskaya benzemesi üzerine bu ismi almıştır. Hamur kare şeklinde 3x3 cm kesilmekte ve hamurların iki ucunun bir noktada birleşmesi ile yapılan bir mantı çeşididir. Bu mantı çeşidinde patatesli harç kullanımı yaygındır.

Kayseri mantı katlama: Kayseri mantısı, boyutları itibariyle diğer mantı çeşitleri arasında en küçük mantı çeşididir. Boyutları 1x1 cm' e kadar küçülebilmektedir. Yaygın olarak 1.5x1.5 cm boyutlarında üretimi yapılmaktadır. Bir yemek kaşığına 40 tane konulabildiği belirtilmektedir.

1.12.3. Kullanılan pişirme şekli

Mantının pişirilmesi yaygın olarak suda haşlama yöntemi ile hazırlanmaktadır. Bunun yanı sıra mantının hazırlanmasında yağda kızartılarak, fırında pişirme sini-tepsi mantısı gibi çeşitleri de bulunmaktadır.

1.13. Mantı Kalitesi

Mantı genellikle haşlanarak pişirilen hamur ürünüdür. Pişme sırasında ve sonrasında renk, görünüş, tekstürel özellikler mantının kalite kriterleri belirlenmesinde önemlidir. Pişme işlemi sonrası mantının beyaz rengini koruması ve 100 g mantının ağırlığı %50-60 artarak 160 g olması gerekmektedir. Kalite kriterleri arasında mantının sıkı yapısının koruması da yer almaktadır. Kare hamurların birbiriyle yapıştırılması ile hazırlanan mantı kapatılan kısımların

açılmaması ve harcın suya karışmaması önemlidir. Mantılar karıştırılmaması üzerine çok karşılaşılan kümeleşme durumunun da olmaması önemlidir. Pişme sırasında ve sonrasında istenilmeyen tat, koku vb. durumların oluşmaması beklenmektedir. Hamurun iç harcının lezzetini almak önemlidir. Mantının kalite kriterlerinin sağlanması ve zarar görmemesi için mantı hazırlandıktan sonra tüketilmesi ya da uygun muhafaza yöntemleri sonrası kısa süre içerisinde tüketilmesi gerekmektedir. Geleneksel mantı kullanımında süre ayarlanabilmekte iken endüstriyel mantı üretiminde ürünün uzun süre kalite niteliklerini koruyarak muhafaza edilmesi için farklı ambalajlama yöntemleri kullanılmaktadır (Sitti, 2011:8 ; Gökmen, 2017:124).

Mantı üretiminde yaygın olarak kullanılan hammaddeler mantının kalitesinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. Ana maddelerin taşınması gereken özellikler hakkında aşağıda yer almaktadır;

Un: Mantı üretiminde genellikle Tip 550 baklavalık-böreklik un kullanılmaktadır. Son dönemde soya mantısının da yer aldığı, endüstriyel mantı üretiminin artması ile birlikte baklavalık-böreklik unun bileşim özelliklerini taşıyan, rengi açık sarı, parlak görünümlü makarnalık buğdaydan elde edilen unlarda mantı üretiminde kullanılmaktadır (Sitti, Hayta, ve Yetim, 2009:209). Küf oluşumunun sebep olduğu bozulmalar başta olmak üzere diğer bozulmaları önlemek için buğday ununda nem içeriği %15'den düşük olması gerekmektedir. Unun muhafazasında sıcaklık derecesi oldukça önemlidir. Un 20 °C' den daha aşağı bir sıcaklıkta depolanması ve kesinlikle yabancı madde içermemesi, suyu absorbe etme oranının % 60-65 değerleri arasında olması gerekmektedir (Biçer, 2011:22).

Su: Manti üretiminde kullanılacak suyun içme suyu kalitesinde olması gerekmektedir. Şehir şebeke suyu oda sıcaklığında ve un esasına göre yaklaşık % 50-55 oranında kullanılmaktadır (Sitti, Hayta ve Yetim, 2009:209).

Tuz: Manti üretiminde un oranına göre % 2 oranında tuz kullanımı yaygındır. Tuz uygun bir ambalajda ve nem oranının kontrol edildiği ortamlarda depolanması ve yabancı madde içermemesi gerekmektedir (Biçer, 2011:22).

Et: Manti üretiminde genellikle % 20 oranında yağ içeren dana eti kullanılır. Kıymanın hazırlandığı hayvanın hastalıklı olmaması, hazırlanan yerin hijyen kuralları dahilinde eti işleme ve etin kontaminasyona uğramamış olmaması mantının kalitesini etkilemektedir.

Baharat: Mantının hazırlanmasında damak tatına göre farklı baharatlar kullanılabilir. Baharat genellikle kıyma miktarına göre, % 1 oranında kullanılır. Ayrıca harç içerisinde kıyma miktarının % 25-35'i oranında soğan, suyu alınmış halde kullanılır (Biçer, 2011:23).

Gıdalarda bozulma etkenlerinden birçok mikroorganizma bulunabildiği için bazı gıdalar, bozulmaya daha yatkın olmaktadır. Bu nedenle raf ömürleri de kısadır. Bunlar ülkemizde sevilerek tüketilen ancak sağlık açısından büyük bir risk grubu oluşturan gıdalar arasında kıymalı mantı da vardır. Manti, besleyici değeri yüksek ve ülkemizde yaygın tüketimi olan geleneksel gıdalarımızdan biridir. Son yıllarda artan bireysel mantı tüketimi doğrultusunda mantı üretimi yapmakta olan restoran vb. işletmelerin sayısı da giderek artmaktadır. Küçük butik işletmelerde el ile hazırlanan mantı üretiminde talebi yetiştirememesi durumunun oluşması üzerine çeşitli işletmelerde endüstriyel yöntemlerle de (makinelerle) mantı üretilmeye başlanmıştır. Endüstriyel mantı üretimi, içerdiği temel besin öğeleri nedeniyle besleyici ve doyurucu bir ürün olarak toplum beslenmesine katkı sağlarken, diğer

tarafından da unlu mamüller içerisinde değerlendirilen bu geleneksel ürünün tüketimini artırarak gıda sektörüne ve dolayısıyla ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır.

Mantı tanım itibarıyla farklı baharat türleriyle, soya proteini ve/veya kıymasıyla çeşnilendirilen etli karışımın küçük parça hamurların içerisine konulması, kurutulması ve tüketileceğinde de suda haşlanmasıyla hazırlanan geleneksel bir yemek çeşididir. Yine geleneksel gıdalardan biri olan Kayseri mantısının diğer mantılardan ayıran başlıca özelliği, mantı içinde dana kıyması kullanılması, mantının bohça şeklinde bükülmesi ve hacminin çok daha küçük olmasıdır (Sitti, 2011:13).

Mantı taze olarak piyasaya sürüldüğünde dana kıyma içerdiği için raf ömrü de kısa olmakta ve gıda zehirlenmesi yönünden riskli gıda grubuna girmektedir. Ülkemizde bu gıdalardan kaynaklanan gıda zehirlenmelerine sıklıkla rastlanılmaktadır. Taze mantıların raf ömrünü arttırmak amacıyla modifiye atmosfer, vakum ambalajlama gibi uygulamalar yapılmış ancak, bu yöntemlerle olumlu sonuçlar alınmasına rağmen endüstriyel boyutta büyük bir başarı elde edilememiştir. Mantılara uygulanan ısı işlem bir taraftan ürünün pastörizasyonunu sağlarken diğer taraftan da üründe su aktivitesinin düşürülerek mikrobiyolojik ve biyokimyasal aktivitenin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Böylece depolama sırasında fiziksel ve kimyasal değişiklikler minimize edilebilmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda çeşitli unlu mamüllerin üretiminde infrared (IR) kurutma yönteminin geleneksel yöntemlere kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur. Örneğin, mikrodalga teknolojisi ve IR kurutma mekanizmalarının kombine edildiği bir çalışmada, ekmekek hamuru örnekleri mikrodalga, IR ve IR destekli mikrodalga kullanılarak örneklerin nem içerikleri %40,9 dan %8 e kadar düşürülebilmektedir (Gökmen, Sayaslan, ve Çağlar, 2016:178).

Geleneksel pişirme yöntemlerinde yüksek ısıda sıcak havanın kullanılmasıyla üründe oluşan oksidasyon, ürün yüzeyinde aşırı ısınma, üründe yanıkların oluşumu veya pişmemiş ürünlerin de ortaya çıkabilmesi gibi nedenlerle ürün kayıplarının olması ve bu yüzden de ek işlemlere ihtiyaç duyulması kaydedilen sorunlar arasındadır. Ayrıca, verimin düşük olması, ürünün son kalitesindeki olumsuzluklar ve enerji sarfiyatının yüksek olması gibi nedenlerle gıda endüstrisinde farklı yöntemlerin araştırılması veya kullanım ihtiyacı devam etmektedir. Mantının kalitesinin sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla; geleneksel yöntemlere alternatif olarak mikrodalga+plazma kombinasyonları uygulanarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Mantının kalitesinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında geleneksel üretimde ürünün fazla sürelerde ısı ile işleme maruz kalması, raf ömrünün kısa olması vb. sorunlar bulunmaktadır. Tüm bu dezavantajları bertaraf etmek için bu çalışmada mantıların kurutulmasında mikrodalga ve mikrobiyal inaktivasyon için de mikrodalga plazma tekniğinin kullanılması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda mantı üretiminde mikrodalga plazma yöntemi ile şu üstünlük ve avantajların sağlanabileceği öngörülmektedir;

- Araştırmada mikrodalga ve geleneksel yöntemlerle kurutulmuş mantı örnekleri, ayrı ayrı mikrodalga plazma ile belirli sürelerde muamele edilecektir. Ancak burada süreye de azami ölçüde dikkat edilmiştir. Mikrodalga plazma uygulamasının 5 dakikadan az olması nedeniyle mikrobiyal inaktivasyon süresini düşürmekte, 15 dakikadan fazlası da düzeneğin aşırı ısınmasına ve sistemin sağlıklı çalışmamasına sebep olmaktadır.
- Diğer klasik soğuk plazma sistemlerine kıyasla ortamda mikrodalga yardımı ile plazma oluşturulacağından yüksek miktarlarda radikal oksitler meydana getirilerek gıdaların bozulmalarında ve raf ömürlerinin kısalmasında rol alan mikroorganizmalar yok edilmiş olacaktır. Radikal oksitler gıda ile direkt olarak temas etmediğinden gıdaya zarar

vermemektedir. Plazmada oluşan radikaller veya oksijen atomları kullanılarak yavaş yanmanın bir sonucu gaza dönüşebilen bileşenlerden dolayı, yüzeyden kopma etkisi sonucu mikroorganizmanın atomik düzeyde aşınmasıyla da mikroorganizmalar ölmektedir. Bu sebeplerden uygulama gıda açısından daha güvenli olacaktır.

- Mikrodalga kurutma ve mikrodalga plazma tekniği ile yapılacak kurutma ve sterilizasyon işlemleri ile mantıların şekilleri bozulmadan ve besin değerleri kaybolmadan işlem tamamlanmış olacaktır. Çünkü mikrodalga ürününde daha düşük sıcaklıklarda kurumaya olanak sağlayacağı beklenmektedir. Böylece mantının duyu ve besinsel özelliklerinin de azalmayacağı hatta geliştirileceği düşünülmektedir.
- Bu çalışma ile gıda kurutma sistemlerinde yeni bir uygulama metodu denendiği için bu uygulamanın benzer gıda ürünlerine de (özellikle ısıya hassas ürünlerde) uygulamasının yolu açılacaktır.
- Mikrodalga plazma uygulaması, gıdanın doğasına ve gıda da istenen değişikliğe göre ayarlanabilir. Ayrıca farklı çalışmalarda, sadece mikrodalga uygulamalarının ürünün bazı kalite özelliklerini geliştirdiği ve proses girdi maliyetlerini azalttığı bildirilmiştir. Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada sözü edilen mikrodalga fırında kurutulan örnekler, yine mikrodalga fırın içerisinde oluşturulan mikrodalga plazma ile muamele edilerek ürünün bazı kalite özelliklerinin daha da iyileştirilmesi mümkün olacaktır.
- Mikrodalga plazma işleminden sonra ürünün kalitatif-kantitatif özellikleri ile mikrobiyal yükleri izlenerek ürünlerin raf ömrünün belirlenmesi yanında bu konuda literatüre de katkı sağlanabilecektir.
- Yapılacak bu çalışma, bir minimal gıda işleme teknolojinin endüstriyel boyuta taşınmasında öncül olacak ve konuyla ilgili diğer çalışmaların da önünü açacaktır. Yine

çalışmada elde edilen sonuçlara göre patent ya da faydalı model başvurusu imkânı da olacaktır.

Yapılan literatür çalışmasında taze, kurutulmuş mantı veya buna benzer bir üründe mikrodalga plazma teknolojisinin kullanıldığı herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Sonuç olarak bu araştırma kapsamında kullanılacak sistemin öne çıkan diğer önemli yenilikçi özellikleri;

- Geleneksel yöntemle üretilen mantılarda oluşan yanma ve parçalanmadan kaynaklanan ürün kayıpları, mikrodalga kurutma teknolojisi ile minimize edilmiş olacaktır.
- Mikrodalga plazma ile mantının yüzey pastörizasyonu da sağlanmış olacaktır.
- Taze mantının raf ömrü, ambalajlama teknolojilerinden ayrı olarak, farklı bir metot olan mikrodalga plazma uygulamasıyla daha da uzatılmış olacaktır.
- Mikrodalga plazmanın kurutulmuş mantıda minimal gıda işleme tekniği olarak uygulanabilirliği araştırılmış olacaktır.
- Mikrodalga plazması ile işlem yaparken kullanacağımız güç ünitesi inverter olarak seçilecektir. İnverter mikrodalgalar eski tip mikrodalga ünitelerinden kıyaslanamayacak derecede daha az enerji harcamaktadır. Ayrıca endüstriyel açıdan işçilik ve zaman olarak da mikrodalga plazması daha avantajlı olacaktır. Bu tekniği kullanan bir tesis, ilk kurulumunda sadece mikrodalga üretici olan magnetronlarını dışarıdan alacaktır. Güç kaynakları ülkemiz şartlarında üretilebilmektedir. Bunun için üretim yapan yerli firmalar bulunmaktadır. İlk kurulum maliyetli gibi görünse de bakım periyodunun uzun olması ve klasik yöntemlerden farklı olarak düşük işçilik ve kısa işlem zamanını da eklersek mikrodalga plazma tekniğinin daha avantajlı olduğunu söylemek mümkün olacaktır. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması, sistemin tek başına sadece mantı üretiminde

kullanılacağı anlamına gelmemektedir. Sistem, birçok benzer gıda ürünü için de kullanım potansiyeli oluşturmaktadır. Özellikle baharat, kuru meyve ve sebzeler bu yöntemle kurutulabilecektir.

- Mikrodalga plazmanın farklı gıda ürünlerine de (özellikle ısıya hassas ürünlerde) uygulamasının yolu açılacaktır.

Bu araştırmada önemli bir diğer nokta ise ürünün kurutulmasında mikrodalga fırından yararlanılması, kuru ürünün de mikrodalga plazma ile muamele edilmesidir. Yani mikrodalga kurutma + mikrodalga plazmanın kombine yapıldığı bir uygulamaya literatürde rastlanmamıştır. Bu araştırmada ayrıca, farklı kurutma metotları (geleneksel ve mikrodalga kurutma metotları) ve mikrodalga plazmanın mikrobiyal etkinliğine olabilecek etkisi de belirlenmiş olacaktır. Tüm bu nedenlerden dolayı yapılan çalışma tamamıyla özgün olup, çalışmanın ravioli gibi dolgulu makarnalarda uygulama şansı da artacaktır.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu araştırmada kullanılan mantı, Konya piyasasından dondurulmuş şekilde hazır temin edilmiştir. Mantı üretimi yapan firmadan alınan bilgiye göre hamur yapımında; buğday unu, içme suyu, tuz, ayçiçek yağı kullanılmıştır. Harç (iç)'in hazırlanmasında; dana kıyma, soya proteini, soğan, içme suyu, hayvansal iç yağ, tuz, karabiber, kimyon, bitkisel lif kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışmada yaklaşık 5 kg deneme mantıları, 250' şer gr' lık partiler halinde kullanılmıştır. Mantı örneklerinin kurutulmasında geleneksel yöntem ve mikrodalga kurutma yöntemi uygulanmıştır. Geleneksel yöntemle üretilecek mantılar 170 °C' de örneklerin nem oranı %12'ye düşene kadar laboratuvar tipi bir fırında ısıl işleme maruz bırakılmıştır (Sitti, 2011:7). Mikrodalga kurutma yöntemi ise mantı örneklerinin nem oranı %12'ye düşene kadar (17 lt hacminde, 26.2x45.2x32.5 boyutlarında, 2.45 GHz frekans, 12.25 cm dalga boyu, Med (460) W gücünde VESTEL, MD-20 MB modeli) mutfak tipi bir mikrodalga fırında tutularak kurutulmuştur. Mantıların geleneksel yöntemle üretildiği laboratuvar tipi fırın Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Mantıların geleneksel yöntemle üretildiği laboratuvar tipi fırın

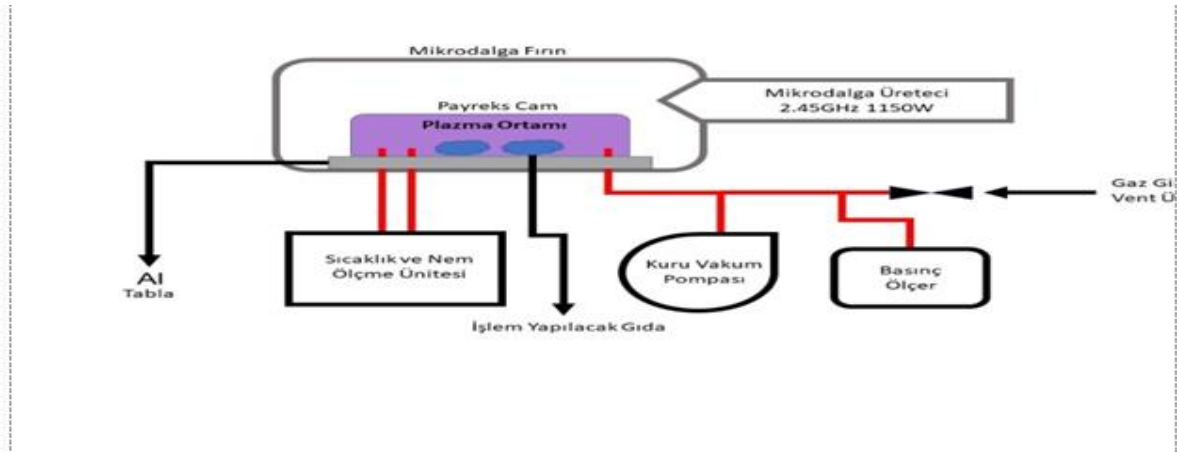
Mantıların kurutulduğu mutfak tipi mikrodalga fırın Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Mantıların kurutulduğu mutfak tipi mikrodalga fırın

Bu çalışmada mantıların kurutma işlemi tamamlandığı noktada mantı iç sıcaklığı (Ohaus ST 20 M-B Ph ve İletkenlik Kalem Tip Multiparametre) cihazı ile ölçülmüştür.

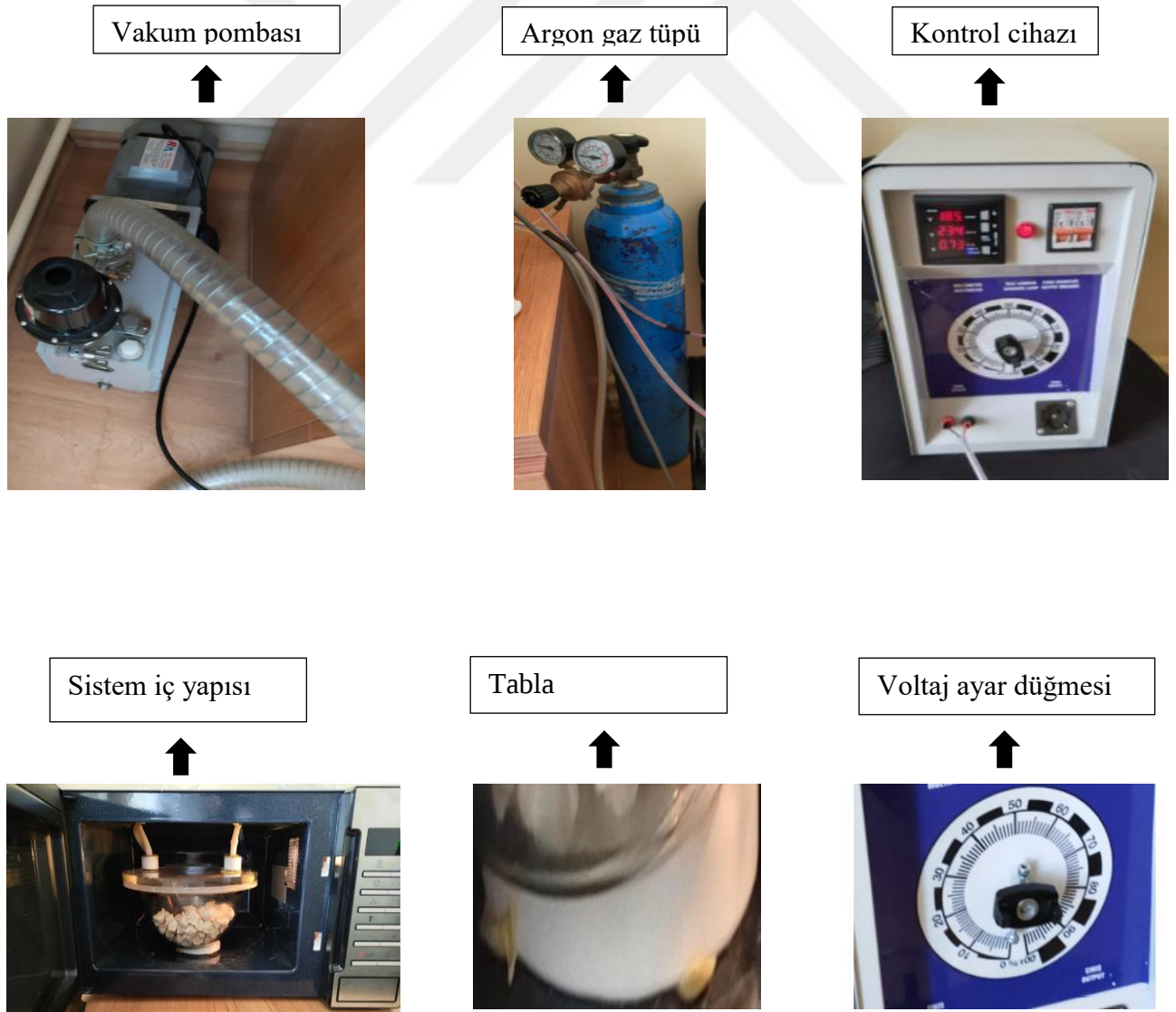
Çalışmada, endüstriyel mantı üretiminde kullanılan kurutma işlemlerinden sonra muamele edilecek mikrodalga plazma ortamı (Şekil 2.3) gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan mikrodalga plazma düzeneğinin şematik görünüşü

Mikrodalga plazmanın oluşabilmesi için; vakum pompası, argon gaz tüpü, kontrol cihazı, tabla, voltaj ayar düğmesi, ısıya dayanıklı hazne, sızdırmaz tıplar kullanılmıştır. Mikrodalga fırın, güç ayarı kontrolünün hassas bir şekilde yapılabilmesi için inverter tipi

seçilmiştir. Düzenekte ısıya dayanıklı payreks cam kullanılmıştır. Vakumu sağlayan tabla, gıda maddeleri ile uyumlu alüminyum temelli bir malzemeden seçilmiştir. Vakum contaları da aynı şekilde gıdalarla uyumlu silikon bir malzemeden tasarlanmıştır. Vakumun sağlanabilmesi için gıda ile uyumlu ve yağla çalışabilen kuru tip bir vakum pompası kullanılmıştır. Çalışmada plazma üretimi argon gazı ile sağlanmış ve argon gaz tüpü, sisteme argon gazının belirlenen miktarda verilmesi amacıyla kullanılan düzeneğin bir parçası olmuştur. Sızdırmaz tıplar haznenin içerisinde vakumun çekilmesinde kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan tüm gereçler Şekil 2.4’de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan mikrodalga plazma düzeneği/sistemi Eratek inovasyon da üretilmiştir. Bu araştırmada mantılara uygulanacak işlemlere ilişkin tüm teknik bilgiler aşağıda Tablo 2.1’de verilmiştir.





Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan mikrodalga plazma düzeneği/sistemi (vakumlu pompa, gaz tüpü, kontrol cihazı, sistem iç yapısı, tabla, voltaj ayar düğmesi, ısıya dayanıklı hazne, sızdırmaz tıplar)

Tablo 2.1. Üretilecek Ürünler ve Ürünlere Uygulanan İşlemler

FIRINLANMIŞ (GELENEKSEL) MANTI ÜRETİMİ
Çiğ mantı Mantıda kullanılacak kıyma: Dana kıyma Mantı şekli: Bohça tipi Mantı boyutları: 1.5x1.5x1.5 cm Mantı harcında kullanılacak baharatlar: Tuz, karabiber, kimyon Mantı ağırlığı: Ortalama 1g Un: Tip 550, unda ağırlıkça %13,00-13,50 protein ve minimum %32 yaş glüten ve %14,5 nem özelliklerine sahip.
Kurutma işlemi: Geleneksel yöntemle (170 °C’ de nem oranı %12’ye düşene kadar) üretilmiştir.
Mikrodalga plazma işlemi: Plazma işlemi uygulanmamıştır.
Paketleme ve depolama koşulları: Örneklerde kalite kontrol analizleri yapılmıştır. Geleneksel yöntemle kurutulmuş mantı numuneleri, steril kilitli vakumsuz poşetlere (35 mikron kalınlığında, 21 x 27 cm boyutlarında şeffaf naylon torba, gaz geçirgenliği ortalama 20 °C cm³/m²/gün) konulduktan sonra oda sıcaklığında (yaklaşık 20-25 °C) 30 gün boyunca depolanmıştır.
1. Kontrol örnekleri: Geleneksel yöntemle üretilmiş ve mikrodalga plazma uygulanmamış mantı örnekleri

MİKRODALGA İLE KURUTULMUŞ MANTI ÜRETİMİ
Çiğ mantı Mantıda kullanılacak kıyma: Dana kıyma Mantı şekli: Bohça tipi Mantı boyutları: 1.5x1.5x1.5 cm Mantı harcında kullanılacak baharatlar: Tuz, karabiber, kimyon Mantı ağırlığı: Ortalama 1g Un: Tip 550, unda ağırlıkça %13,00-13,50 protein ve minimum %32 yaş gluten ve %14,5 nem özelliklerine sahip.
Kurutma işlemi: Mikrodalga işlemi (17 lt hacminde, 26.2x45.2x32.5 boyutlarında, 2.45 GHz frekans, 12.25 cm dalga boyu, Med (460) W gücünde VESTEL, MD-20 MB modeli mutfak tipi bir mikrodalga fırında) mantıların nem oranları %12 ye düşünceye kadar uygulanmıştır.
Mikrodalga plazma işlemi: 250 gram mantı örneklerine 15 ve 30 saniye, 1.5 (lt/dk) ve 3 (lt/dk) argon gazı uygulanmıştır.
Paketleme ve depolama koşulları: Örneklerde kalite kontrol analizleri yapılmıştır. Geleneksel yöntemle kurutulmuş mantı numuneleri, steril kilitli vakumsuz poşetlere (35 mikron kalınlığında, 21 x 27 cm boyutlarında şeffaf naylon torba, gaz geçirgenliği ortalama 20 °C cm³/m²/gün) konulduktan sonra oda sıcaklığında (yaklaşık 20 °C) 30 gün boyunca depolanmıştır.
2. Kontrol örnekleri: Mikrodalga fırın ile kurutulmuş ve mikrodalga plazma uygulanmış mantı örnekleri.

Tüm bu bilgiler ışığında araştırmadaki kullanılan kod ve karşılıkları ile Plazma ve simgeleri aşağıda verilmiştir.

Plazma I: 15 saniye 1.5 (lt/dk) argon gazı uygulanmış mantı örnekleri

Plazma II: 15 saniye 3 (lt/dk) argon gazı uygulanmış mantı örnekleri

Plazma III: 30 saniye 1.5 (lt/dk) argon gazı uygulanmış mantı örnekleri

Plazma IV: 30 saniye 3 (lt/dk) argon gazı uygulanmış mantı örnekleri

Kod V: Geleneksel kurutma işlemi uygulanmış mantı örnekleri

Kurutulmuş mantıların bozulma ihtimalinin düşük olması (ortalama %12 nem içermekte) nedeniyle örnekler oda sıcaklığında (20-25 °C) depolanmıştır.

2.2.1. Mikrodalga Plazma Uygulaması

Bu çalışmada mikrodalga kaynağı olarak, inverter tipi ve maksimum 1000 W çıkış gücünde bir mikrodalga fırın ile saf haldeki argon gazı kullanılmıştır. Argon gazı 1.5 (lt/dk) ve 3 (lt/dk) seviyelerinde kullanılmıştır. Denemelerde daha fazla argon gazı kullanımı mantı örneklerinde yanma vb. olumsuz durumların oluşmasına sebep olmuştur (Şekil 2.5). Plazma prosesinde deşarj gazı olarak argon gazı kullanılmıştır. Argon gazının kullanılma sebebi inert bir gaz olmasıdır. Aynı zamanda iyonlaşma enerjisinin düşük olması nedeniyle plazma oluşumu düşük mikrodalga güçlerinde de sağlanabilmektedir. Bunun anlamı soğuk plazmanın oluşturulabilmesidir. Soğuk plazma hiçbir şekilde gıda yüzeyine zarar vermemektedir. Aynı zamanda gıdada bulunan besin değerlerinde de minimum kayıplar yaşanmaktadır.



Şekil 2.5. Plazma deşarjında fazla argon gazı kullanımının mantı üzerindeki yakıcı etkisi

Kurutma işlemi sırasındaki parametreler: nem, sıcaklık, ağırlık kaybı, mikrodalga güçleri ve basınç esas alınarak yapılmıştır. Ayrıca kullanılacak olan mikrodalga ve plazmanın uygulama parametreleri Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Mikrodalga plazma uygulama parametreleri

Parametreler	Mikrodalga Uygulama	Plazma Uygulama
Mikrodalga gücü	Med (460) W	300 W
Mikrodalga frekansı	2.45 GHz	2.45 GHz
Süre	Nem %12 düşünceye kadar	15-30 saniye
Gaz akışı (Ar) (lt/dk)	Yok	(1.5 (lt/dk) / 3 (lt/dk))

Plazma tekniği kullanılarak mantı örneklerinin prosesinde işlem süresi olarak düşük aralıklardaki kısa sürelerin (15-30 saniye) seçimi uygun görülmüştür. Bunun sebebi işlemde kullanılacak teknikte serbest radikallerin yoğun olması ve bu durumda gıdanın raf ömrünü etkileyebilecektir. Radikallerin çok hızlı bir şekilde ortamdan kaldırılması kısa sürelerde gerçekleştirilecektir.

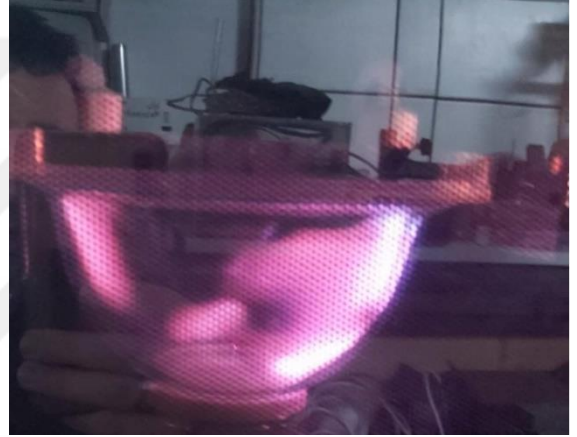
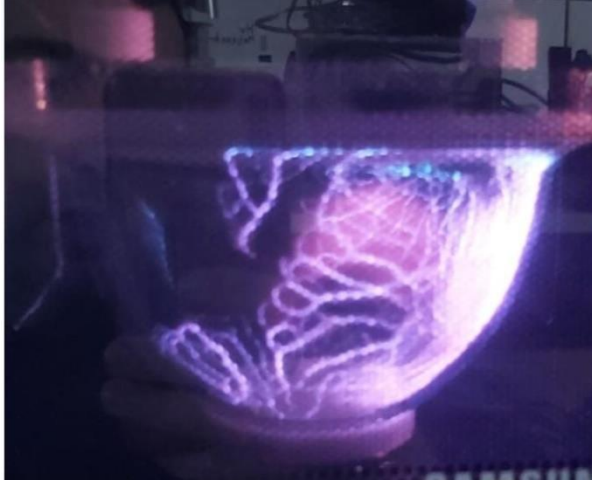
Oksidatif stres etkisinin mantar ve küflerde efektif bir şekilde işlem yaptığı bilinmektedir. Plazmanın oksidatif stres etkisi oldukça yüksektir. Bu nedenlerden dolayı süre parametreleri kısa tutulmuştur. Ayrıca çalışmada kurutulmuş mantının bozulma riski düşük olduğu için (ortalama %12 nem içermekte) dikkate alınarak oda sıcaklığında (20-25 °C) depolanması uygun görülmüştür. Şekil 2.6’da plazma sisteminin uygulamasından bazı görseller gösterilmiştir. Şekil 2.7’de mikrodalga fırında mantının kurutulmasından örnek verilmiştir. Mikrodalga plazma oluşum görselleri şekil 2.8’de yer almaktadır.



Şekil 2.6. Plazma sisteminin uygulama fotoğrafları



Şekil 2.7. Mikrodalga fırında mantının kurutulmasının fotoğrafı



Şekil 2.8. Mikrodalga plazma oluşum fotoğrafları

Plazmanın lokal olmaması, daha yoğun plazma oluşabilmesi için düzenekte ısıya dayanıklı iç hazne kısmında mantı ile temas etmeyecek şekilde 1 gr ağırlığında gümüş kullanılmıştır. Böylelikle sistemde filamenter deşarj oluşmuştur. Geleneksel kurutma ve mikrodalga kurutma+plazma uygulanan örnekler aşağıdaki analizler yapılmıştır.

2.3. Fiziko-kimyasal Analizler

2.3.1. pH

Kurutulmuş mantı örneklerinde pH değerleri, ağırlığının 9 katı hacimde saf su ile karıştırılarak (10gr mantı ve 90 ml saf su) homojenize edilen örnekler bir pH metre (Ohaus ST 20 M-B Ph ve İletkenlik Kalem Tip Multiparametre) cihazı ile ölçülerek belirlenmiştir (Gökmen, 2017:39).

2.3.2. Renk tayini

Renk tayini (Konıca Minolta Chroma Meter CR-400, Japan) model renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bütün haldeki mantılar örnek kaplarına konulduktan sonra ürünün yüzeyi taranarak L (aydınlık), a (kırmızılık-yeşillik) ve b (sarılık-mavilik) renk değerleri ölçülmüştür (Gökmen, 2017:39 ; Okur, 2021:21).

2.4. Mikrobiyolojik Analizler

2.4.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri

Örnekler 1:10 oranında izotonik çözeltiler ile homojenize edilmiştir. Bu numuneler seyreltilerek 0.1 mL numune dökme plaklar üzerine yayılmıştır. Toplam bakteri sayıları için katı ortam olarak uygun dilüsyonlarda *PCA (Plate Count Agar)*, besiyerine dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. *Toplam aerobik mezofilik* bakteriler için plaklar, 35 °C'de 48 saat süreyle inkübe edilmiş; son olarak oluşan koloniler sayılmıştır. Ulaşılan mikrobik sayımlar, CFU kob/mL cinsinden ifade edilmiştir (Sitti, 2011:18 ; Gökmen ve diğ., 2019:103).

2.4.2. Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma

Soğukta gelişen mikroorganizma olan *Psikrofil* bakteri sayımı için örnekler 1:10 oranında izotonik çözeltiler ile homojenize edilmiştir. Bu numuneler seyreltilerek 0.1 mL numune dökme plaklar üzerine yayılmıştır. Toplam bakteri sayıları için katı ortam olarak *PCA (Plate Count Agar)* kullanılmıştır. Psikrofik bakteriler için plakalar, 4 °C'de 168 saat (7 gün) süreyle inkübe edilmiş; son olarak oluşan koloniler sayılmıştır ve elde edilen mikrobik sayımlar, CFU kob/g olarak ifade edilmiştir (Uzunlu, 2012:36 ; Gökmen ve diğ., 2019:103).

2.4.3. Toplam maya ve küf

Numuneler, 1:10 oranında izotonik çözeltiler ile homojenize edilmiştir. Bu numuneler seyreltilerek 0.1 mL numune plaklar üzerine yayılmıştır. Küf ve maya sayımı için *PDA (Potato Dextrose Agar)* dilüsyonları hazırlanmıştır. 250 ml saf su mantı örnekleminde plaklara ekim yapılmıştır. Uygun dilüsyonlarda dökme plak yöntemiyle ekim yapıldıktan sonra petri ler aerobik koşullarda 20-25 °C’ de 5 gün inkübe edilmiş ve oluşan koloniler sayılmıştır (Sitti, 2011:18 ; Gökmen ve diğ., 2019:103).

2.5. Fiziksel Özellikler

2.5.1. Pişme Özellikleri

Geleneksel yöntem ve mikrodalga fırın ile kurutulan ayrıca farklı zaman dilimi, farklı oranlarda argon gazı kullanılan mantılar, 0. ve 30. günlerde kilitli steril poşetlerden çıkarılarak suya gecen kuru madde ve ağırlık artışı pişirme özellikleri yönünden analiz edilmiştir.

Hazırlanan mantıların suya gecen kuru madde miktarı, 2 litre suya 500 gr mantı eklenmesi ile belirlenmiştir (Sitti, 2011:7 ; Gökmen, 2017:40). Kaynamakta olan su içerisine analizi yapılacak mantı örneklerinden 500 gr konulduktan sonra beherin ağzı saat cam ile kapatılmıştır. Toplam 12 dakika mantılar kaynatılmış olup 2 kere karıştırılmış, mantılar su üzerine çıkınca alınmıştır. Sürenin sonunda beherin içindeki mantılar buhner hunisine aktarılarak süzölmüştür. Öncesinde cam kaplar tartılmış daha sonra örneklerden 3 ml sıvı alınarak etüvde 105 °C de 2 saat daha sonra 1 saat sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur (Gökmen, 2017:40).

Aşağıdaki formülle pişirme suyuna geçen madde miktarı tespit edilmiştir. Pişme Suyuna geçen madde miktarı (%) = $[(m_2 - m_1) \times 28 \times 100] / (100 - R)$.

M1: Makarnanın pişmeden önceki ağırlığı, M2: Makarnanın piştikten sonraki ağırlığı

R: Mantının rutubet oranı.

Mantının ağırlık artışını belirlemek için 500 ml' lik bir beherin içerisine 40 ml saf su konularak beher kaynar su banyosuna yerleştirilmiştir. Kaynamakta olan su içerisine analizi yapılacak mantı örneklerinden 10 g mantı konularak beherin ağzı saat camı ile kapatılmıştır. Toplam 12 dakika sürede 2 kere karıştırılmıştır. Bu sürenin sonunda beherin içindeki mantılar buhner hunisine aktararak süzölmüştür. Süzöldükten sonra mantılar hassas terazide tartılmıştır. Süzme işleminden sonra elde edilen değerler mantıların pişme ağırlığı olarak kaydedilmiştir.

Ağırlık artışı (%) : Piştikten sonraki tartım - Pişmeden önceki tartım

2.5.2. Tiyobarbitürik asit (TBA) analizi

Mantılar öncelikle havanda dövölmüştür. Daha sonra 10 g örnek 50 ml saf su ile homojenize edilmiştir. Kjeldahl balonuna aktarılıp 47,5 ml saf su daha eklenmiştir. Karışımın üzerine 4 N HCl den 2,5 ml ilave edilmiştir ve toplam hacim 100 ml yapılmıştır. Karışıma az miktarda köpöklenmeyi önleyici ilave edilmiştir. Karışım distilasyon düzeneğine bağlanmıştır. 50 ml distilat toplanıncaya kadar distilasyon işlemine devam edilmiştir. 50 ml destilattan alınmış 5 ml karışımın üzerine daha önceden hazırlanmış 5 ml TBA reaktifi ilave edilmiş ve karışım 35 dakika boyunca kaynar su banyosunda bekletilmiştir.

Oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulan örnekler UV-VIS Spektrofotometre (UV-1800, Shimadzu, UV-VIS Spektrofotometer, JP)'de 538 nm dalga boyunda absorbands değerleri ölçölmüştür (Gökmen, 2017:41).

Örneklerin TBA değerleri aşağıdaki formöl ile hesaplanmıştır.

Hesaplama; TBA değeri (mg malondialdehit/ kg örnek) aşağıda ki gibi hesaplanır;

TBA değeri (mg malondialdehit/ kg örnek)= 7,8* A A= 538 nm deki absorbands değeri.

2.6. Duyusal Analizler

Depolamanın başlangıcında ve 30. gününde, mantılar muhafaza edildikleri paketler açılarak eşit miktarda suda, eşit sürede (12 dakika) pişirilmiştir. Ek-1 de verilen özellikler açısından mantılar duyusal değerlendirmeye tabi tutulmuş ve 1-5 sistemine göre puanlama gerçekleştirilmiştir. Depolamada geleneksel örnekler belli bir zaman sonrasında küflenmeye başlamıştır. Geleneksel yöntemle üretilen mantılar, Plazma I, Plazma II, Plazma III ve Plazma IV uygulamaları sonrasında ürünlerin muhafazasında her uygulama için üçer adet steril, kilitli vakumsuz poşetler kullanılmıştır. Hazırlanmış parametrelerdeki küflenmemiş mantılar kullanılarak analizler yapılmıştır.

Mantının duyusal olarak değerlendirilmesinde tat, koku, renk, görünüş, yapı, yabancı madde gibi özellikler oldukça önemlidir. Tat ve koku parametresinde pişirilmeden önce ki koku, piştikten sonra değişmemelidir. Tat ise ekşi yada kokuşma olmamalı ayrıca farklı tat vb. istenilmeyen durumlar olmamalıdır. Renk ve görünüş parametresinde kendi özgü renk ve görünüşü koruması gerekmektedir. Yapı olarak mantılarda ise parçalanma veya pişme öncesinde-sırasında veya sonrasında yapışma olmamalıdır. Kaynar su içerisinde mantıların ortalama 12 dakika maksimum 20 dakika pişirilmesi gerekmektedir. Mantı dondurulmuş ise bu süre 15 dakika olmaktadır (Sitti, 2011:21).

2.7. İstatistiksel Analizler

Çalışmada yer alan farklı kurutma (geleneksel ve mikrodalga+plazma) uygulamaları ile depolanan kurutulmuş mantı örneklerinin bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerine ait veriler, JMP PRO paket programı (SPSS Inc, ABD) kullanılarak, tek yönlü varyans analizine (One way- ANOVA) tabi tutulmuştur. Çalışma kapsamında 2 farklı kurutma yöntemi (geleneksel ve mikrodalga+plazma), mikrodalga'nın tek güç düzeyi (med-orta), mikrodalga plazmanın 2 farklı süresi (15 ve 30 saniye) ile kurutulmuş mantılar için deneme deseni 3 tekerrürlü olarak 2x3x3x3 (n=54) faktöriyel deneme deseni kullanılarak

retilmiştir. Aynı zamanda araştırmada kurutulmuş mantı örnekleri (geleneksel ve mikrodalga+plazma) için 2 farklı depolama süresi (0-30 gün) dikkate alınarak istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur. İstatistiksel analizlerde, sonucu önemli çıkan uygulamalar arasındaki farklılıklar, Tukey oklu karşılaştırma testi ile %95 güven aralığında tespit edilmiştir (Sitti, 2011:21).



3.BÖLÜM

BULGULAR

Bu araştırmada, geleneksel ve mikrodalga ile kurutulan mantılar, farklı argon düzeylerinde ve farklı sürelerde mikrodalga plazma işlemine tabi tutulmuş ve yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çalışmada mantıların nem oranı %12 seviyesine düşürülene kadar kurutma işlemi devam etmiştir. Mantıların en uzun kurutma süresi 28 dakika ile geleneksel kurutma yönteminde, en kısa kurutma süresi 8 dakika ile mikrodalga fırın uygulamalarında tespit edilmiştir.

Mantının kalitesini etkileyen parametreler arasında mantının kurutma sıcaklığı ve süresi de yer almaktadır. Mantının yüksek sıcaklıklarda uzun süre kurutma yapılması kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple çalışmada uygulanan sıcaklık dereceleri geleneksel yöntemlere (170 °C) göre daha düşük derecede olduğundan dolayı mikrodalga kurutmanın mantı kalitesini olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır (Gökmen, 2017:47). Manti iç sıcaklığı, en yüksek mikrodalga uygulamasında (65 °C), en düşük mantı iç sıcaklığı da geleneksel yöntem uygulamasında (52 °C) belirlenmiştir.

Mikrodalga kurutma ile ilgili farklı gıdalarda yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Alibaş (2015:103), mango dilimlerini 50 °C de ve mikrodalga gücü ile kurutma parametreleri karşılaştırılmış sonuç olarak mikrodalga teknolojisinde gücün artmasıyla kurutma hızı da paralel olarak arttığını rapor etmiştir.

Karabacak, Sinir ve Suna (2015:129), kiviinin kurutulmasında sıcak hava, mikrodalga ve mikrodalga destekli sıcak havada kurutma uygulamalarını kullanmışlardır. Mikrodalga kullanılarak kurutulan kiviinin kuruma hızında artış meydana gelmiştir. Dereotu üzerinde yapılan çalışmalarında kabin ve mikrodalga kurutucu kullanılarak mikrodalga teknolojisinin kurutma işleminin daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Sonuç olarak mikrodalga teknolojisinin kurutma süresinin, geleneksel yöntemle kıyasla daha kısa olduğu rapor edilmiştir.

Konak, Certel ve Helh (2009:27), gıdaların mikrodalga kombinasyonu, geleneksel yöntemle göre daha kısa bir zaman diliminde yapılması ile enerji tasarrufu olabileceğini saptamışlardır. Mikrodalga ile yapılan kurutma işleminin geleneksel kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında, işlem sırasında zaman ve yer tasarrufu sağlaması, enerji sarfiyatını azaltması vb. avantajların sağladığı ifade etmişlerdir.

3.1. Fiziko-kimyasal Analizler

Kurutma ve mikrodalga plazma işlemlerinden sonra elde edilen mantı örnekleri, bazı kimyasal özellikler (pH, renk tayini) yönünden incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda yer verilmiştir.

3.1.1. pH

Bir gıdanın pH değeri o gıdada bulunan serbest hidrojen iyonlarının bir ölçüsüdür yani hidrojen iyon konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır. Gıdalardaki pH değerleri, mikrobiyal gelişmeler ve duysal analiz (tat, aroma vb.) parametrelerini de etkilemektedir (Okur, 2021:27).

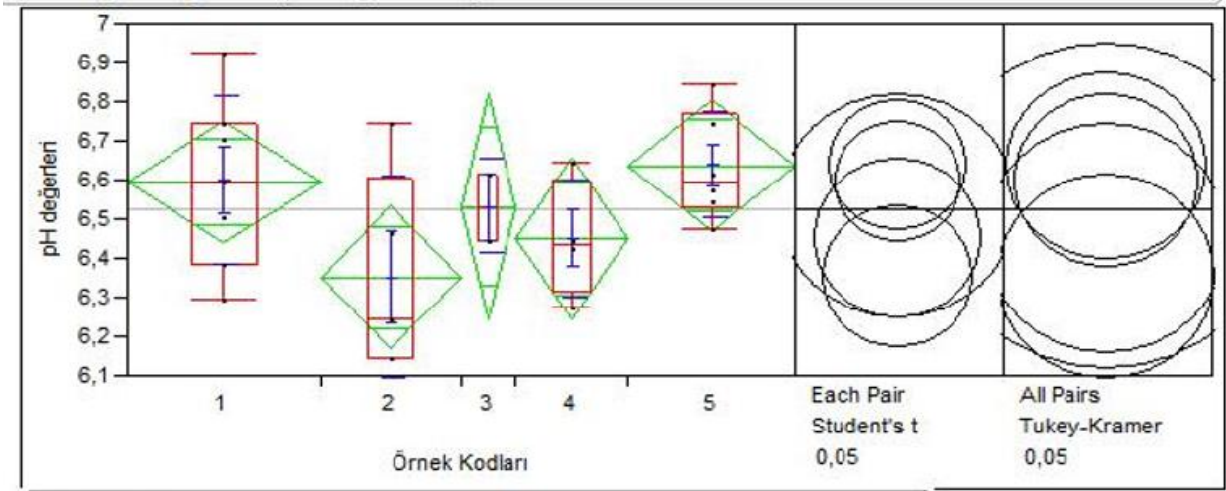
Bu araştırmada farklı yöntemlerle kurutulan ve mikrodalga plazmaya tabi tutulan mantıların başlangıç ve depolama esnasında ölçülen pH değerlerindeki değişim Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Mikrodalga-geleneksel kurutma, plazma uygulanan ve depolanan mantıların pH değerleri

Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	6.59±0.21 ^{Aa}	6.35±0.25 ^{Aa}	6.53±0.12 ^{Aa}	6.45±0.15 ^{Aa}	6.63±0.13 ^{Aa}
30. Gün	6.85±0.18 ^{Aa}	6.78±0.08 ^{Aa}	6.70±0.06 ^{Aa}	6.73±0.13 ^{Aa}	6.75±0.08 ^{Aa}

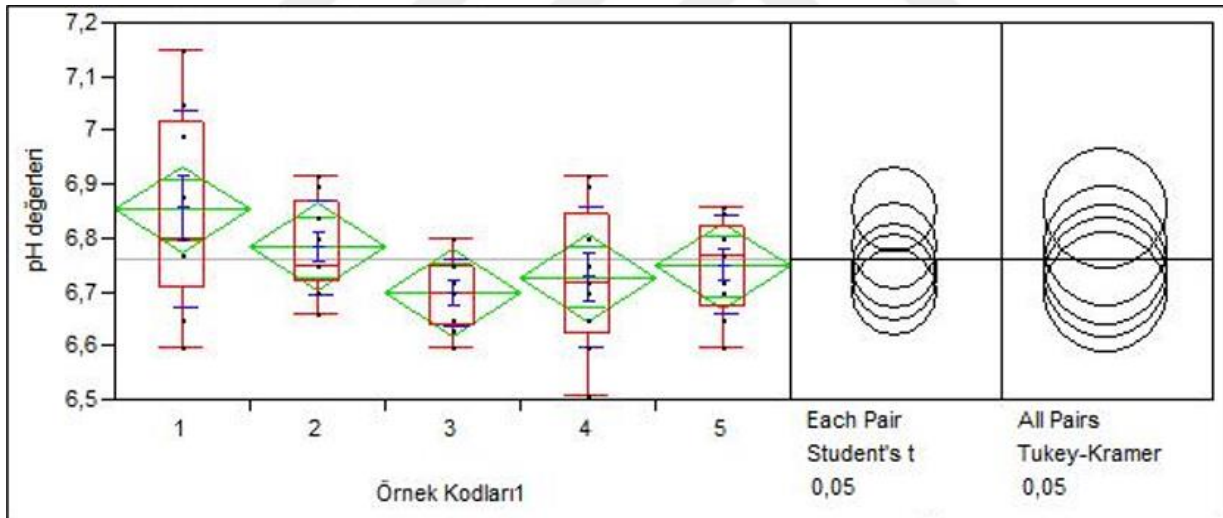
Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanana mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır (p>0.05). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir (p>0.05).

Şekil 3.1’de örneklerin 0.gün, şekil 3.2’de örneklerin 30.gün pH değer sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.1. Örneklerin 0.gün pH sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.2. Örneklerin 30.gün pH sonuçları

Geleneksel mantı üretimi kontrol grubunu oluşturmaktadır. Çalışmada 2 farklı kurutma yöntemiyle kurutulan mantıların depolamadan önceki pH değerlerinin depolamadan sonraki pH değerlerine göre rakamsal olarak düşük olduğu (Tablo 3.1) ancak bu değerlerin, istatistiki açıdan önemsiz ($p > 0.05$) oldukları tespit edilmiştir.

Ayrıca depolamada uygulamalar arasında örneklerin pH değerleri açısından istatistiksel anlamda bir farklılık ($p>0.05$) tespit edilmemiştir.

Depolamanın 0. ve 30. günlerinde mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem gören mantı örneklerindeki pH değişimi incelenmiştir. Başlangıç örneklerindeki pH değişiminin (6.35-6.63), depolama sonrasındaki (6.85-6.70 arasında) mantı örneklerine göre daha düşük seviyede olduğu, elde edilen değerlerin istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.1).

Çalışmamızda kontrol grubu olarak geleneksel yöntemle kurutulan mantılara ait pH değerleri de depolamanın başlangıcında nispeten yüksek, depolamanın sonunda daha düşük değerde bulunmuştur. Ancak bu durum da (Tablo 3.1) elde edilen değerlerin istatistiki açıdan önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir.

3.1.2. Renk tayini

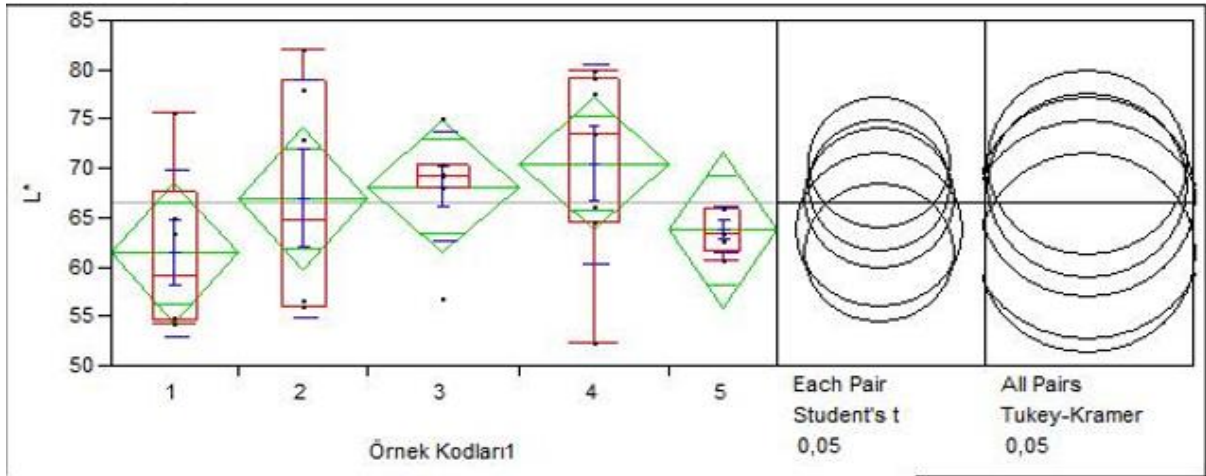
Renk faktörü ürün için önemli olması sebebiyle çalışmada belirlenmiştir. Bu çalışmada kurutulan mantıların renk özelliklerinin belirlenmesi için 30 gün süre ile depolanan mantıların renk analizi sonucunda elde edilen L , a^* , b^* , değerleri Tablo 3.2, 3.3. ve 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların L^* değerleri

Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	61.47±8.45 ^{Aa}	67.06±12.10 ^{Aa}	68.26±5.53 ^{Aa}	70.57±10.11 ^{Aa}	63.85±2.20 ^{Aa}
30. Gün	42.38±5.71 ^{Ba}	40.25±3.04 ^{Ba}	41.52±6.71 ^{Ba}	39.69±6.62 ^{Ba}	40.55±10.93 ^{Ba}

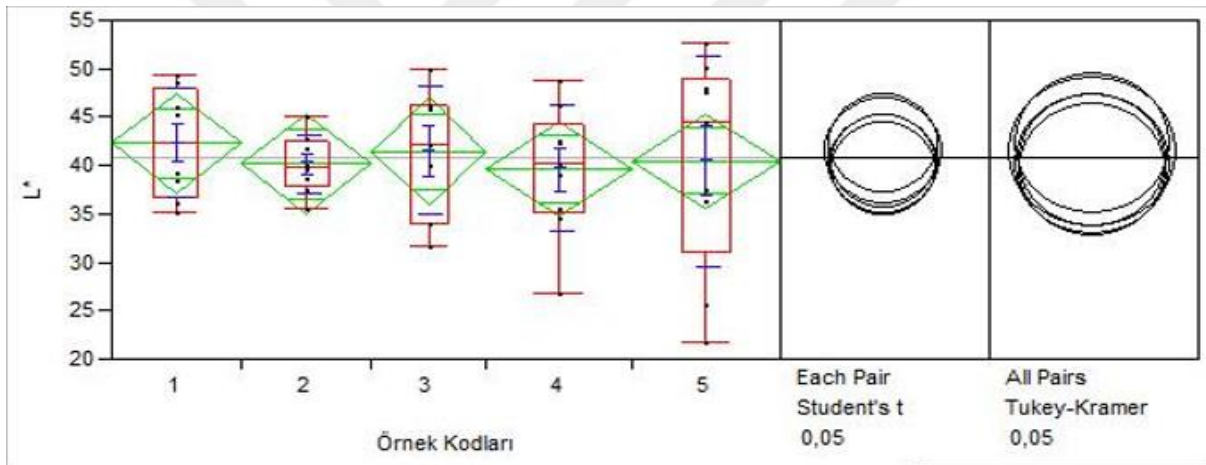
Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanana mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 3.3’de örneklerin 0.gün, Şekil 3.4’de örneklerin 30.gün L değeri sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.3. Örneklerin 0.gün L değeri sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.4. Örneklerin 30.gün L değeri sonuçları

L değeri aydınlık, parlaklık durumunu göstermektedir. Renk koyulaştıkça renk değeri düşerken, renk açıldıkça L değeri artmaktadır (Gökmen, 2017:39). Yapılan çalışmada Tablo 3.2’de verildiği üzere mantı örneklerinin L^* değeri üzerine depolamanın etkisi görülmüştür. Elde edilen değerlerin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. Depolama sonrası genel anlamda parlaklıkta bir düşüş tespit edilmiştir.

Bulunan değerler istatistiki açıdan önemsiz ($p>0.05$) olduğu saptanmıştır. L değerinin depolama süresi sonrasında mantılarda L değerinde elde edilen değerlerin istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.2).

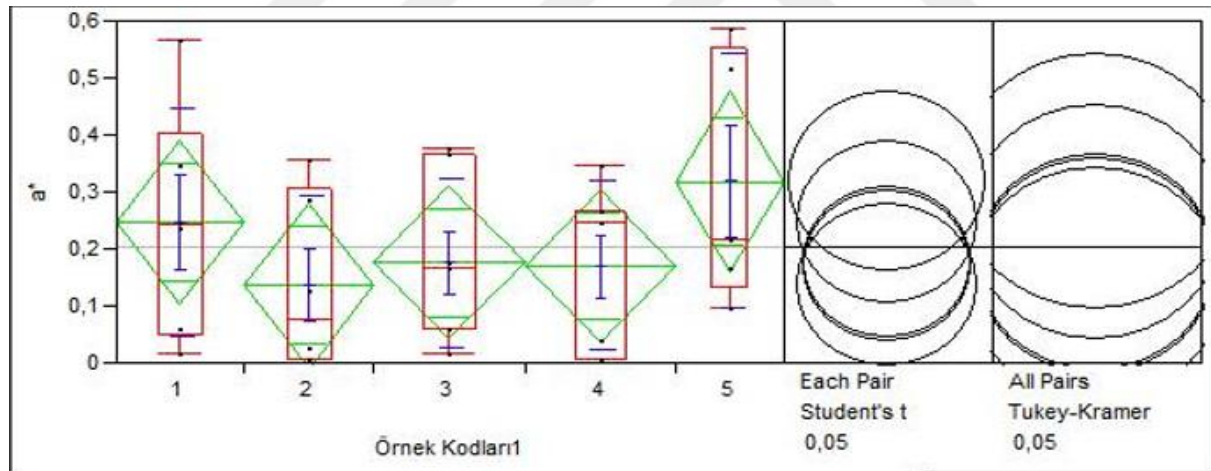
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem gören ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların renk analizi sonucunda elde edilen a^* (Kırmızılık) değerleri Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların a^* değerleri

Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	0.24 ± 0.20^{Aa}	0.13 ± 0.15^{Aa}	0.17 ± 0.14^{Aa}	0.17 ± 0.14^{Aa}	0.32 ± 0.22^{Aa}
30. Gün	0.42 ± 0.17^{Bb}	0.39 ± 0.13^{Bb}	0.55 ± 0.24^{Bb}	0.36 ± 0.17^{Bb}	0.91 ± 0.45^{Ba}

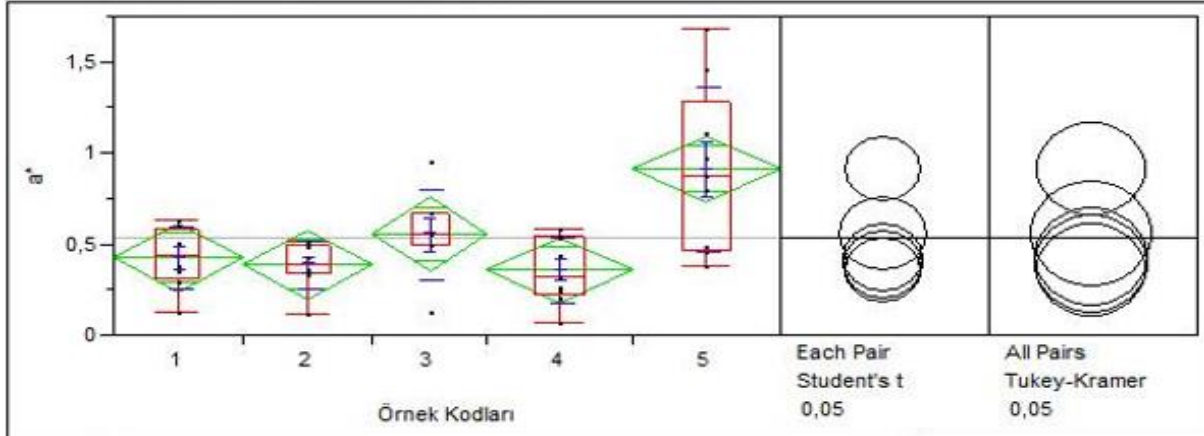
Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanana mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 3.5’de örneklerin 0.gün, Şekil 3.6’da örneklerin 30.gün a^* değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.5. Örneklerin 0.gün a^* değeri sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.6. Örneklerin 30.gün a^* değeri sonuçları

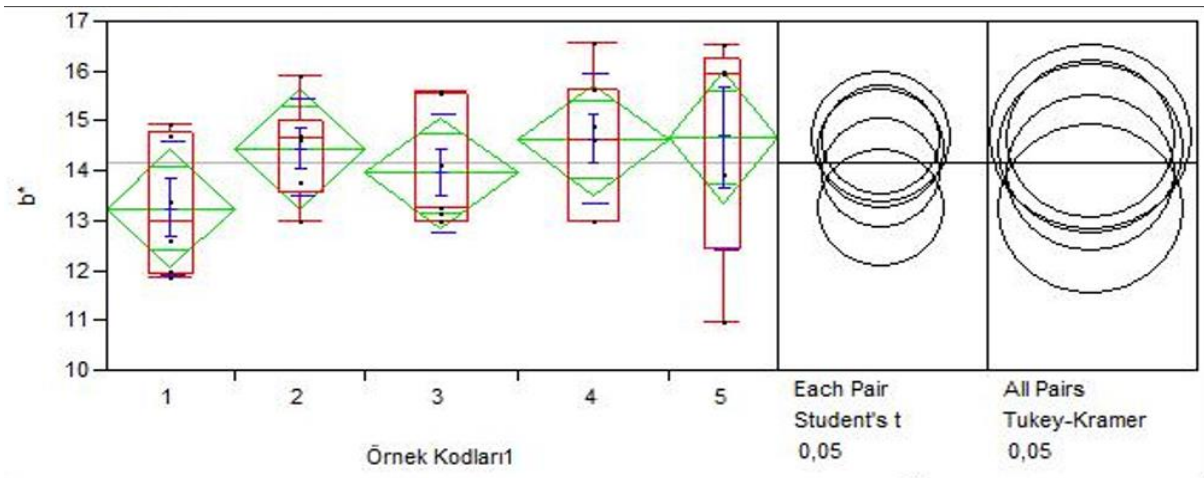
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem gören ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların renk analizi sonucunda elde edilen b^* (sarılık) değerleri Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların b^* değerleri

Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	13.26±1.33 ^{Aa}	14.46±0.98 ^{Aa}	13.97±1.17 ^{Aa}	14.64±1.31 ^{Aa}	14.69±2.28 ^{Aa}
30. Gün	10.10±1.60 ^{Bb}	9.54±0.58 ^{Bb}	10.94±1.01 ^{Bab}	10.00±1.19 ^{Bb}	11.98±2.40 ^{Aa}

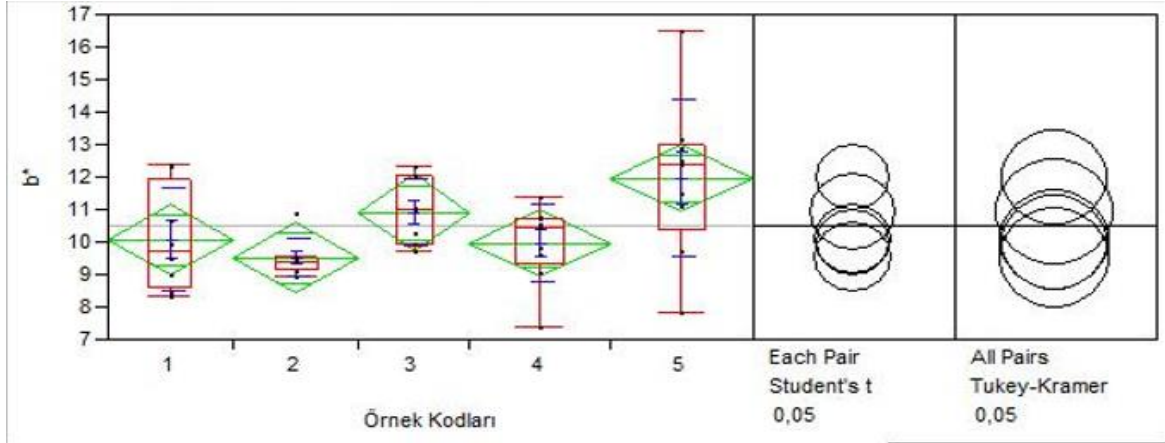
Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanana mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 3.7’de örneklerin 0.gün, Şekil 3.8’de örneklerin 30.gün b^* değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.7. Örneklerin 0.gün b^* değeri sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.8. Örneklerin 30.gün b^* değeri sonuçları

b^* değeri, gıda maddelerinin sarılık özelliklerinin ölçüm değerini ifade etmektedir. Mikrodalga kurutma+plazma ve geleneksel kurutulan mantıların b^* (sarılık) değerleri arasında depolama süresince nispeten küçük değişimler olmuşsa da bu değişim istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0.05$) bulunmuştur. Depolama öncesi ve sonrasında b^* değerinde en yüksek değer (14.69-11.98) geleneksel yöntemler ile kurutulan mantı örneklerinde ölçülmüştür. Depolama süresi sonrasında ise mantılarda b^* değerinin istatistiki bakımdan önemli ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.4). b^* değerinde plazma uygulamalarında 4 farklı kombinasyonda yakın değerler çıkmış iken geleneksel yöntemle kurutulan mantının en yüksek değer de olduğu saptanmıştır.

3.2. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı

Çalışma kapsamında mikrodalga-geleneksel kurutma, plazma uygulanan ve depolanan mantıların toplam mikrobiyolojik yüklerinin belirlenmesi amacıyla 0. ve 30. günlerde *toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı* (TMAB) ve *toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma* (TAPM) sayısına bakılmıştır. Analizlerin sonucunda ulaşılan değerler Tablo 3.5’ de belirtilmiştir.

Tablo 3.5. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı

Depolama	
Plazma I	246.850 kob/g
Plazma II	191.900 kob/g
Plazma III	241.950 kob/g
Plazma IV	229.600 kob/g
Geleneksel	266.650 kob/g

*Mezofilik bakteri kolonilerinin aritmetik ortalamaları verilmiştir.

En yüksek koloni sayısı geleneksel kurutma uygulanan mantı örneklerinde gözlenmiştir (Tablo 3.5). 30. gün *toplam aerobik mezofilik* bakterilerin sayımında bütün parametreler, 0. gün analiz koloni sayısına göre yüksek çıkmıştır. Analizlerde en az koloni Plazma II’de (15 sn 3 argon gazı işlemi uygulanmış) tespit edilmiştir. En yüksek koloni geleneksel kurutma uygulanan mantı örneklerinde 266.650 kob/g olarak saptanmıştır (Tablo 3.5).

3.2.2. Toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma

Çalışma kapsamında mikrodalga-geleneksel kurutma, plazma uygulanan ve depolanan mantıların toplam mikrobiyolojik yüklerinin belirlenmesi amacıyla 0. ve 30. günlerde *toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma* (TAPM) sayısına bakılmıştır. Analiz sonucunda ulaşılan değerler Tablo 3.6’da belirtilmiştir.

Tablo 3.6. Toplam Aerobik Psikrofilik Mikroorganizma Sayısı

Depolama	
Plazma I	-
Plazma II	-
Plazma III	-
Plazma IV	-
Geleneksel	-

—: Belirlenememiştir. *Psikrofilik analizinde koloni tespit edilememiştir.

Çalışma kapsamında mikrodalga-geleneksel kurutma, plazma uygulanan ve depolanan mantıların toplam mikrobiyolojik yüklerinin belirlenmesi amacıyla 0. ve 30. günlerde *toplam aerobik psikrofilik* mikroorganizma sayısına bakılmıştır.

Analizlerle ulaşılan değerler sonucunda koloni oluşmamıştır. Bu sebeple ayrıca bir istatistik tablo oluşturulmamıştır.

3.2.3. Küf ve maya

0. ve 30. günlerde yapılan analizlerde mikrodalga+plazma uygulaması kullanılan mantı örneklerinde toplam üç koloni sayılmış olup, geleneksel yöntemlerle kurutulan mantı örneklerinde sayılamayacak kadar çok koloni gözlenmiştir. Depolama sürecinde de geleneksel mantılar da 25. günden sonra küflenme başlamıştır.

Çalışma kapsamında mikrodalga-geleneksel kurutma, plazma uygulanan ve depolanan mantıların küf ve maya içeriğinin belirlenmesi amacıyla 0. ve 30. günlerde koloni sayısına bakılmıştır. Analizlerin sonucunda ulaşılan değerler Tablo 3.7’de belirtilmiştir.

Tablo 3.7. Küf ve Maya Sayısı

Küf ve Maya	0. Gün	30. Gün
Plazma I	2	4
Plazma II	-	-
Plazma III	-	3
Plazma IV	-	3
Geleneksel	64	SKÇ

—: Belirlenmemiştir. SKÇ: Sayılamayacak kadar çok. *Mezofilik bakteri kolonilerinin aritmetik ortalamaları verilmiştir.

3.3. Fiziksel Özellikler

3.3.1. Pişme Özellikleri

Çalışma kapsamında mikrodalga-geleneksel kurutma, plazma uygulanan ve depolanan mantıların pişme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 0. ve 30. günlerde suyu geçen kuru madde sayısına ve ağırlık artışına bakılmıştır. Değerlerin birbirine yakın olması sebebiyle ortalamaları alınmıştır.

Başlangıç ve 30. günlerde yapılan analizlerde mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan mantı örneklerinde ortalama %7 altında bir kayıp meydana gelmiştir.

Geleneksel kurutmaya yapılan mantılarda suya geçen kuru madde miktarında %7 civarına yakın sonuçlar alınmıştır. Depolama sonrasında düşük miktarda suya geçen kuru madde miktarında artış gözlemlenmiştir. Geleneksel ve mikrodalga kurutma kombinasyonlarındaki mantıların suya geçen kuru madde değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

3.3.2. Tiyoarbütürik asit (TBA) değeri

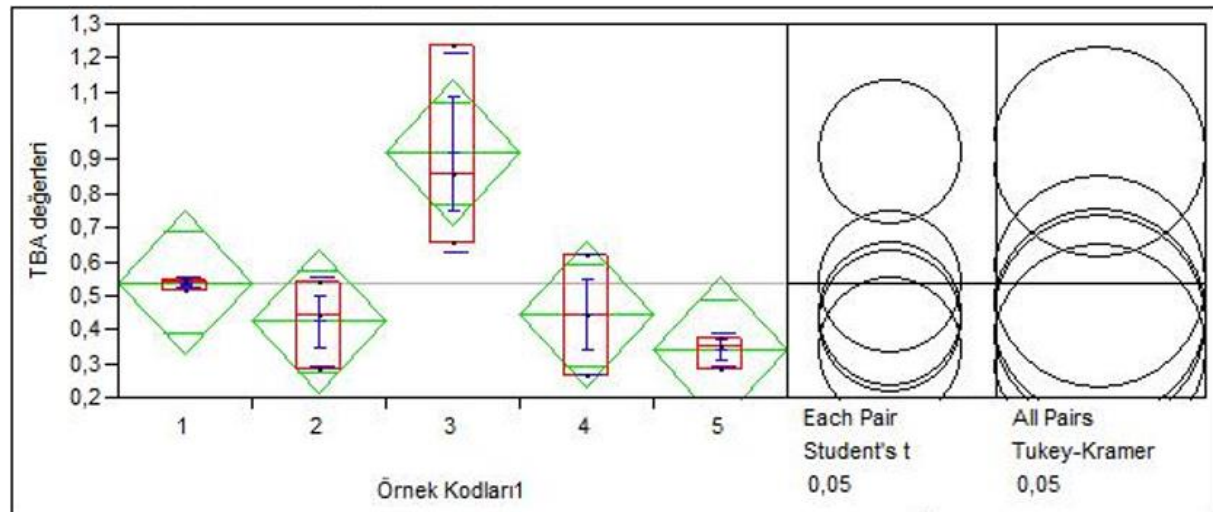
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem görek ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların *Tiyoarbütürik asit (TBA)* değerlerindeki değişim Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların TBA değerleri

Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	0.54 ± 0.016^{Aa}	0.42 ± 0.129^{Aa}	0.92 ± 0.292^{Aa}	0.44 ± 0.175^{Ab}	0.34 ± 0.03^{Ab}
30. Gün	0.72 ± 0.033^{Aa}	0.55 ± 0.031^{Aa}	2.75 ± 1.78^{Bb}	4.73 ± 0.91^{Bb}	2.15 ± 0.048^{Bb}

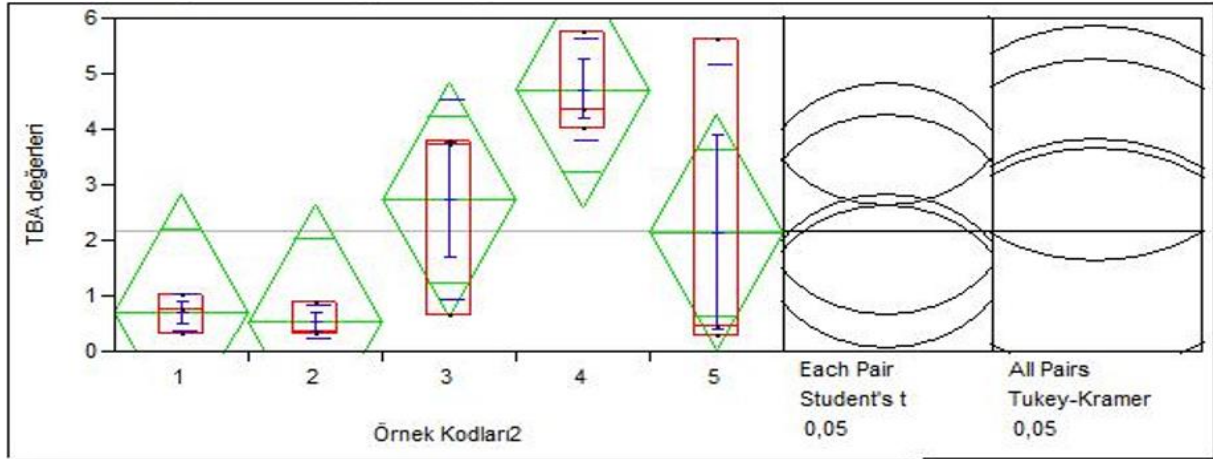
Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanan mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 3.9’da örneklerin 0.gün, Şekil 3.10’de örneklerin 30.gün TBA değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.9. Örneklerin 0.gün TBA değeri sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.10. Örneklerin 30.gün TBA değeri sonuçlar

Örnekler arasında 0.günde en yüksek TBA değeri, Plazma III uygulamasında ortaya çıkmıştır (Tablo 3.8). Depolama sonrası en yüksek TBA değeri ise Plazma IV uygulamasında belirlenmiştir. 0. günde yapılan incelemelerde en düşük TBA değeri, geleneksel yöntemle üretilen mantı örneklerinde bulunmuştur (Tablo 3.8). Depolama sonrası en düşük TBA değeri ise Plazma II uygulamasında tespit edilmiştir. Bütün mantı örneklerinde TBA değerlerinde depolama sonrasında bir artış meydana gelmiştir.

Gökmen (2017:114), TBA değerinin 3 mg/kg'dan büyük olması ürünlerde tat kaybı ve kötü koku meydana getirmektedir. Başlangıçta yapılan incelemelerde en yüksek TBA değeri, Plazma III uygulamasında ortaya çıkmıştır. Yüksek TBA sonucu çalışmada Plazma III uygulamasının duyu analizde de düşük değerlerde olduğu saptanmıştır.

3.4. Duyusal Analizler

Depolamada geleneksel yöntemle üretilen örneklerin küflenmesi sebebiyle duyu analiz küflenmeyen ürünler üzerinde yapılmıştır. Çalışmanın duyu analiz formu Ek-1'de verilmiştir.

Araştırmanın ilk aşamasında belirtilen yöntemlerden Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örnekleri, depolamanın başlangıcında tat bakımından en yüksek değere sahip olup, istatistiki açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur (Tablo 3.9).

Depolama boyunca da Plazma I yöntemi duyusal analizde tat parametresi bakımından en yüksek değeri almıştır (Tablo 3.9). Diğer 4 farklı yöntem ile üretilen mantılarda da tat değeri istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Tablo 3.9).

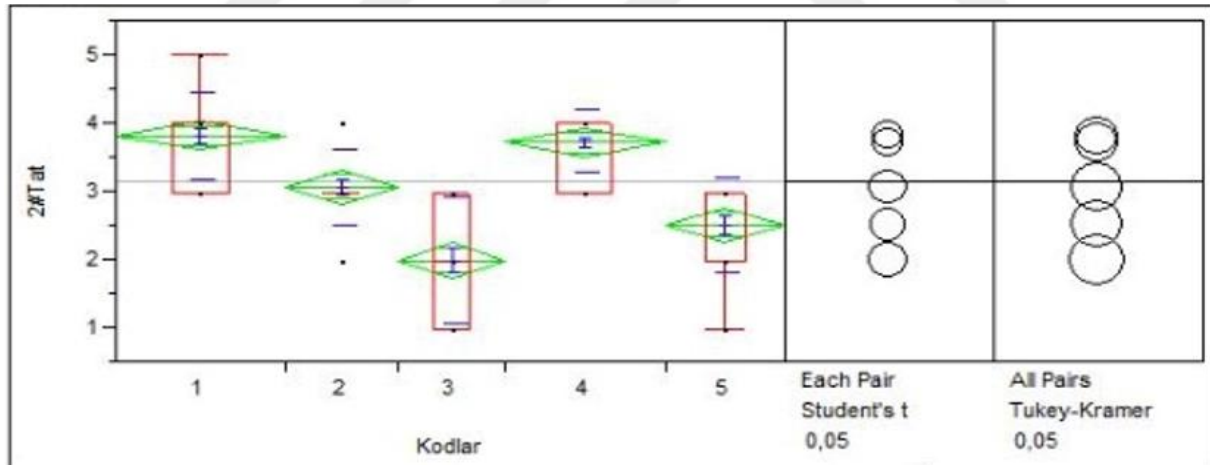
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem görerek ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların tat değerlerindeki değişim Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların tat değerleri

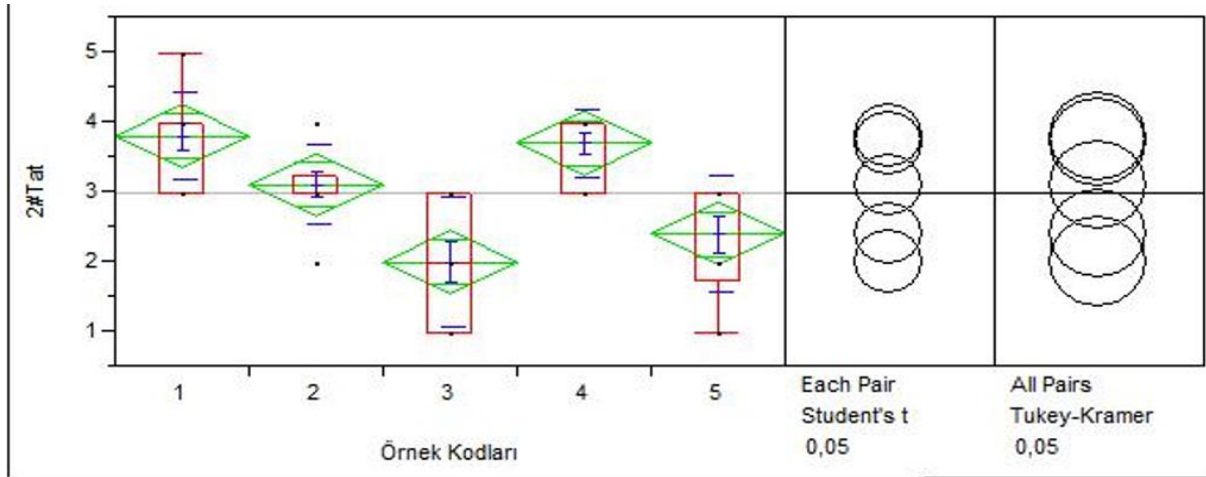
Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	3.82±0.64 ^{Aa}	3.07±0.56 ^{Ab}	2.00±0.93 ^{Ad}	3.72±0.45 ^{Aa}	2.51±0.70 ^{Ac}
30. Gün	3.80±0.63 ^{Ba}	3.10±0.56 ^{Bb}	2.00±0.94 ^{Bc}	3.70±0.48 ^{Bab}	2.40±0.84 ^{Bc}

Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanan mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 3.11'de örneklerin 0.gün, Şekil 3.12'de örneklerin 30.gün tat değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar
Şekil 3.11. Örneklerin 0.gün tat sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.12. Örneklerin 30.gün tat sonuçları

Araştırmanın ilk aşamasında belirtilen uygulamalarla kurutulan mantılarda en yüksek koku değerine sahip örneklerin, hem 0. günde hem de depolama sonrasında Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örneklerinin olduğu gözlenmiştir. 30. günde ise en düşük değeri Plazma III ile üretilen mantı örneklerinin olduğu tespit edilmiş (Tablo 3.10) ve elde edilen değerler istatistiki açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

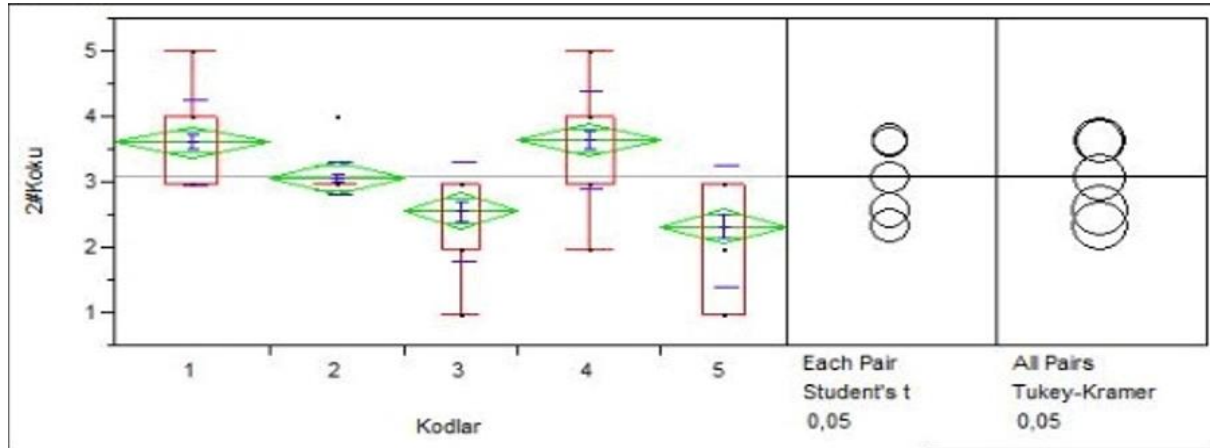
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem görerek ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların koku değerlerindeki değişim Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların koku değerleri

Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	3.61 ± 0.65^{Aa}	3.06 ± 0.25^{Ab}	2.56 ± 0.76^{Ac}	3.64 ± 0.75^{Aa}	2.33 ± 0.91^{Ac}
30. Gün	3.60 ± 0.69^{Ba}	3.10 ± 0.31^{Bab}	2.50 ± 0.84^{Bbc}	3.60 ± 0.84^{Ba}	2.30 ± 0.94^{Bc}

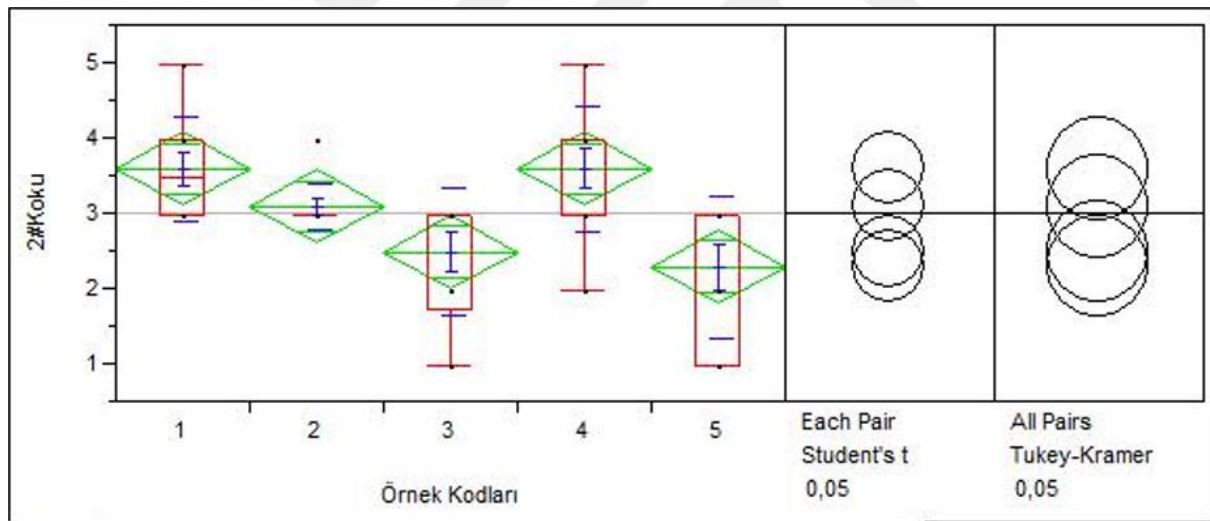
Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanan mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p > 0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p > 0.05$).

Şekil 3.13’de örneklerin 0.gün, Şekil 3.14’de örneklerin 30.gün koku değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.13. Örneklerin 0.gün koku sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.14. Örneklerin 30.gün koku sonuçları

Diğer 4 farklı yöntem ile üretilen mantılarda da koku değeri istatistiki açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur (Tablo 3.10).

Araştırmanın birinci aşamasında belirtilen yöntemlerle kurutulmuş mantı örneklerinin aroma değerleri incelenmiştir. En yüksek aroma değerine sahip örneklerin, hem 0. günde hem de depolama sırasında Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örneklerinin olduğu

gözlendi. Depolama sonrasında ise en düşük değeri Plazma III yöntemiyle kurutulmuş mantı örneklerinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.10). Elde edilen değerler istatistiki açıdan önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. Diğer 4 farklı yöntem ile üretilen mantılarda da koku değeri istatistiki açıdan önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Tablo 3.10).

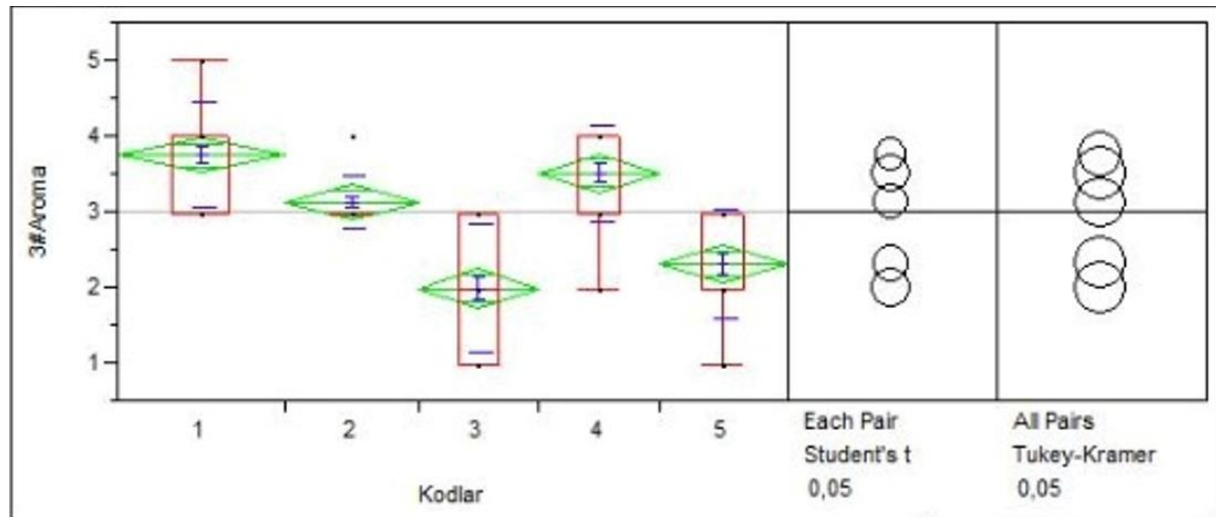
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem görerek ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların aroma değerlerindeki değişim Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların aroma değerleri

Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	3.75 ± 0.68^{Aa}	3.13 ± 0.34^{Ab}	2.00 ± 0.84^{Ac}	3.51 ± 0.64^{Aa}	2.32 ± 0.72^{Ac}
30. Gün	3.70 ± 0.67^{Ba}	3.10 ± 0.31^{Ba}	2.00 ± 0.81^{Bb}	3.44 ± 0.72^{Ba}	2.20 ± 0.78^{Bb}

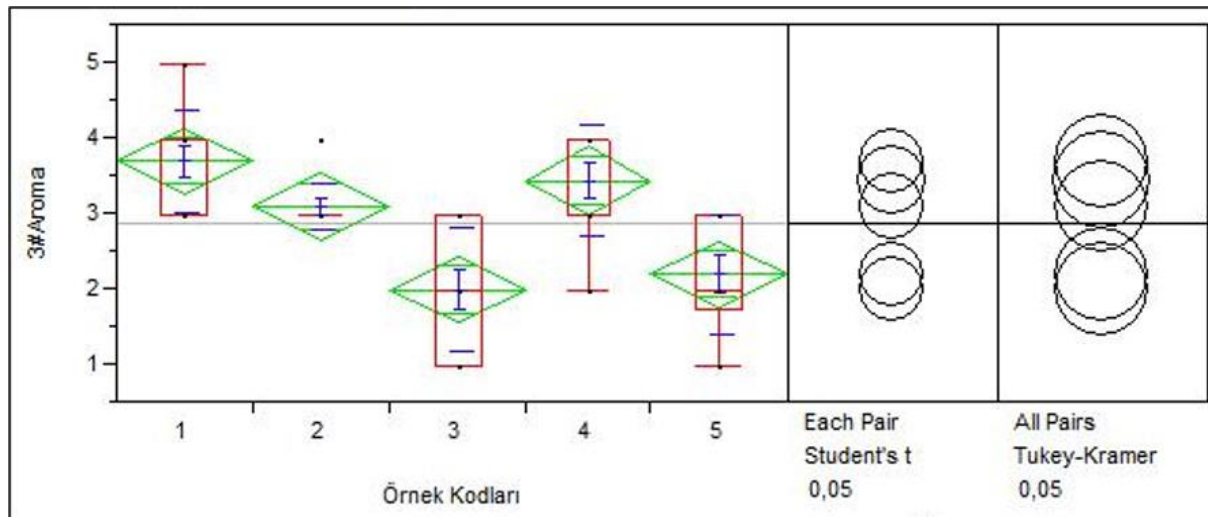
Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanan mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 3.15’de örneklerin 0.gün, Şekil 3.16’da örneklerin 30.gün aroma değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.15. Örneklerin 0.gün aroma sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.16. Örneklerin 30.gün aroma sonuçları

Araştırmanın ilk aşamasında belirtilen uygulamalarla kurutulan mantılarda en yüksek görünüş değerine sahip örneklerin, hem 0. günde hem de depolama sırasında Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örneklerinin olduğu gözlenmiştir. Depolama sonrasında ise en düşük değeri Plazma III yöntemi ile üretilen mantı örneklerinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.11). Elde edilen değerler istatistiki açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Plazma I,II ve IV değeri yüksek, Plazma III değeri düşük olup istatistiki açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Diğer 4 farklı yöntem ile üretilen mantılarda da görünüş değeri istatistiki açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur (Tablo 3.11).

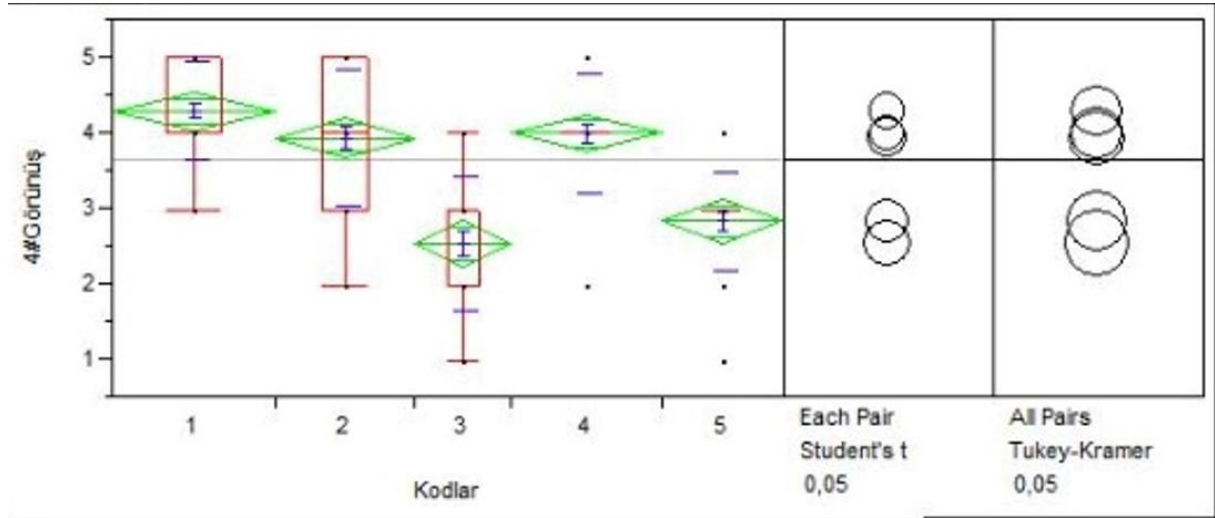
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem görerek ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların görünüş değerlerindeki değişim Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların görünüş değerleri

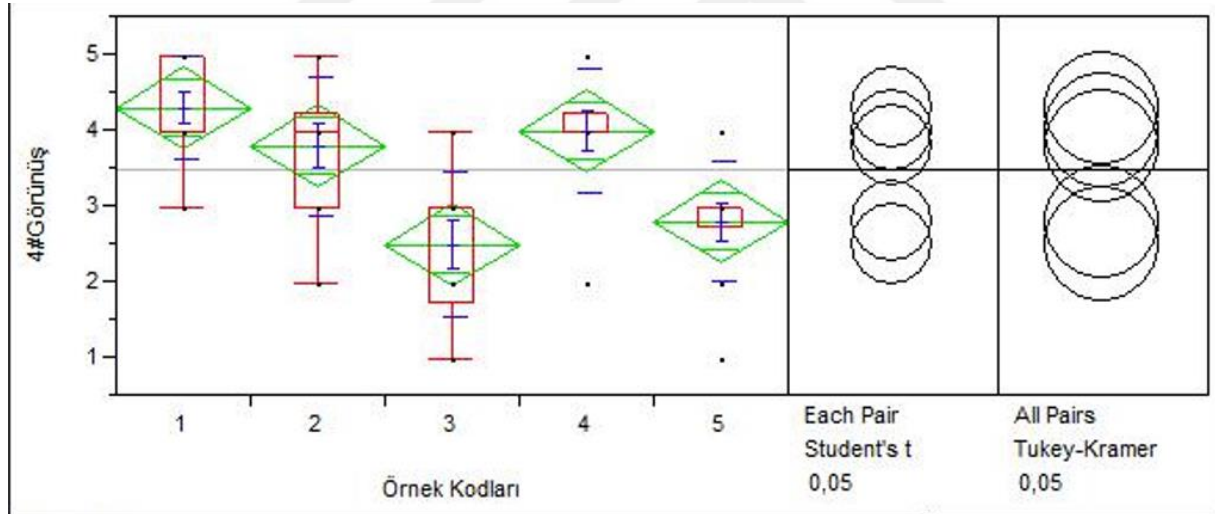
Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	4.29±0.64 ^{Aa}	3.94±0.90 ^{Aa}	2.54±0.88 ^{Ab}	4.00±0.80 ^{Aa}	2.83±0.64 ^{Ab}
30. Gün	4.30±0.67 ^{Ba}	3.80±0.91 ^{Ba}	2.50±0.97 ^{Bb}	4.00±0.81 ^{Ba}	2.80±0.78 ^{Bb}

Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanan mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p > 0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemlidir ($p > 0.05$).

Şekil 3.17’de örneklerin 0.gün, Şekil 3.18’de örneklerin 30.gün görünüş değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar
Şekil 3.17. Örneklerin 0.gün görünüş sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar
Şekil 3.18. Örneklerin 30.gün görünüş sonuçları

Çalışmada Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örneklerinin, ağız hissi ve genel beğeni değerleri arasında hem 0.günde hem de depolamanın 30. gününde en yüksek değeri aldığı gözlenmiştir (Tablo 3.13-Tablo 3.14). Plazma IV uygulaması da ağız hissi parametresi açısından yüksek puan almıştır.

Elde edilen değerler istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Ağız hissi değerleri arasında hem 0.günde hem de depolamanın 30. gününde en düşük değeri Plazma III uygulamasının aldığı saptanmıştır.

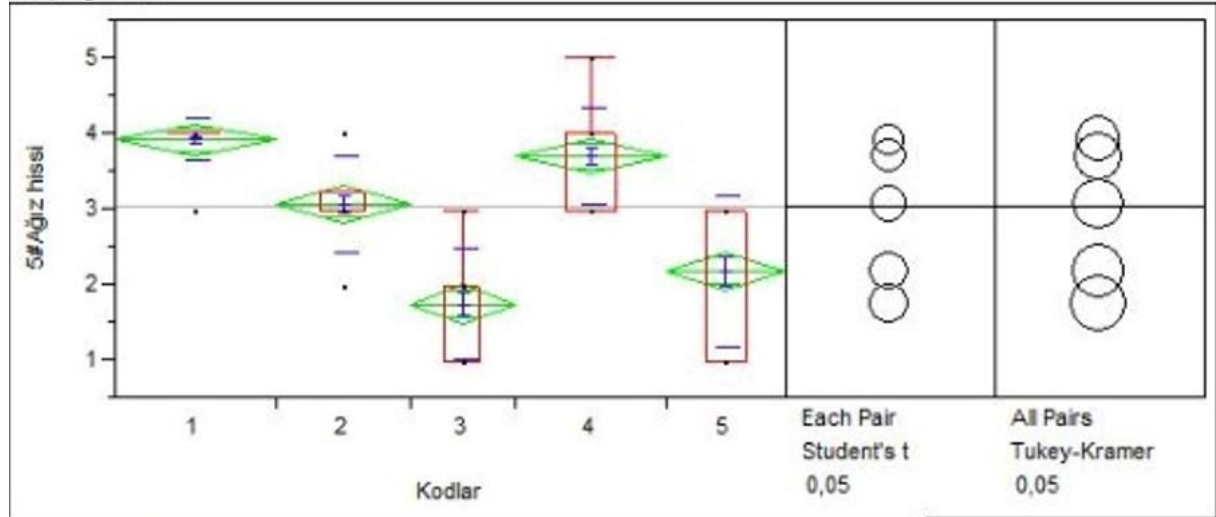
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem görek ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların ağız hissi değerlerindeki değişim Tablo 3.13’de verilmiştir.

Tablo 3.13. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların ağız hissi değerleri

Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	3.91 ± 0.27^{Aa}	3.06 ± 0.63^{Ab}	1.75 ± 0.73^{Ad}	3.70 ± 0.62^{Aa}	2.18 ± 1.00^{Ac}
30. Gün	3.90 ± 0.31^{Ba}	3.00 ± 0.66^{Bb}	1.80 ± 0.78^{Bc}	3.70 ± 0.67^{Ba}	2.20 ± 0.32^{Bc}

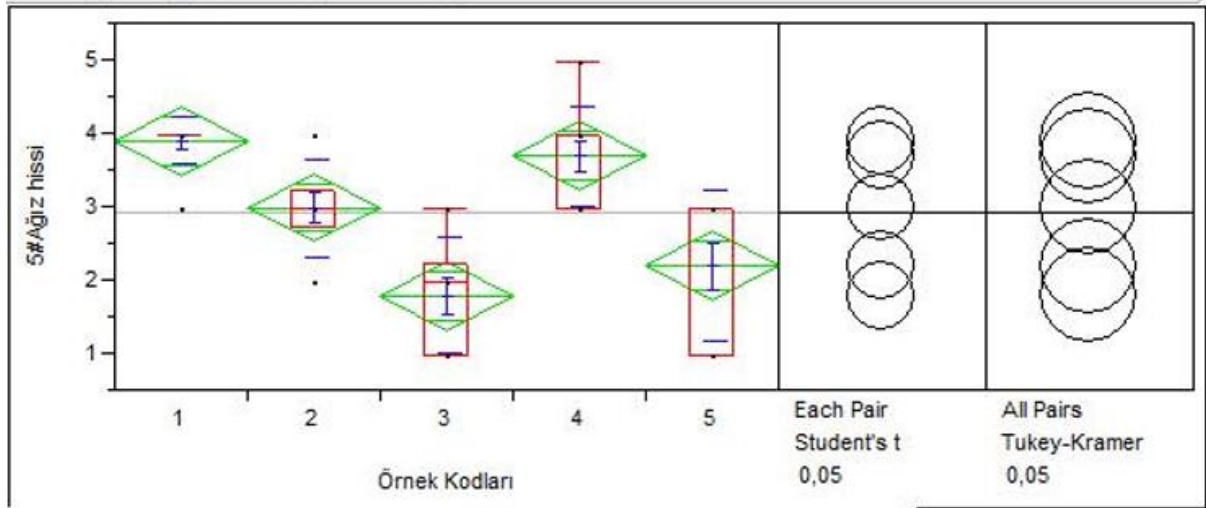
Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanan mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 3.19’da örneklerin 0.gün, Şekil 3.20’de örneklerin 30.gün ağız hissi değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.19. Örneklerin 0.gün ağız hissi sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar

Şekil 3.20. Örneklerin 30.gün ağız hissi sonuçları

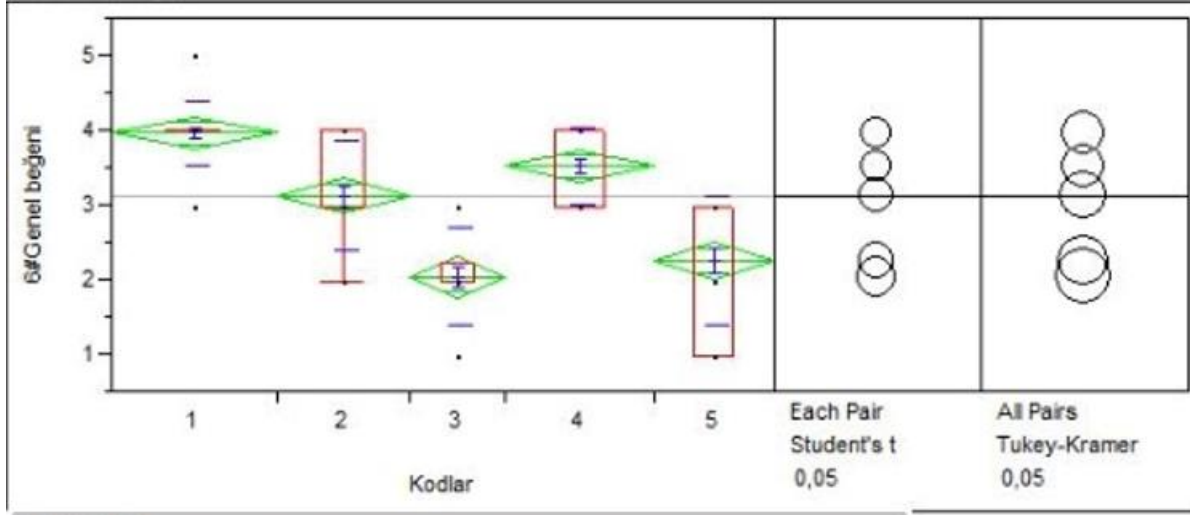
Mikrodalga-geleneksel kurutma ve plazma uygulamalarıyla işlem görerek ambalajlandıktan sonra 30 gün süre ile depolanan mantıların genel beğeni değerlerindeki değişim Tablo 3.14’de verilmiştir.

Tablo 3.14. Mikrodalga kurutma ve plazma uygulanan ve depolanan mantıların genel beğeni değerleri

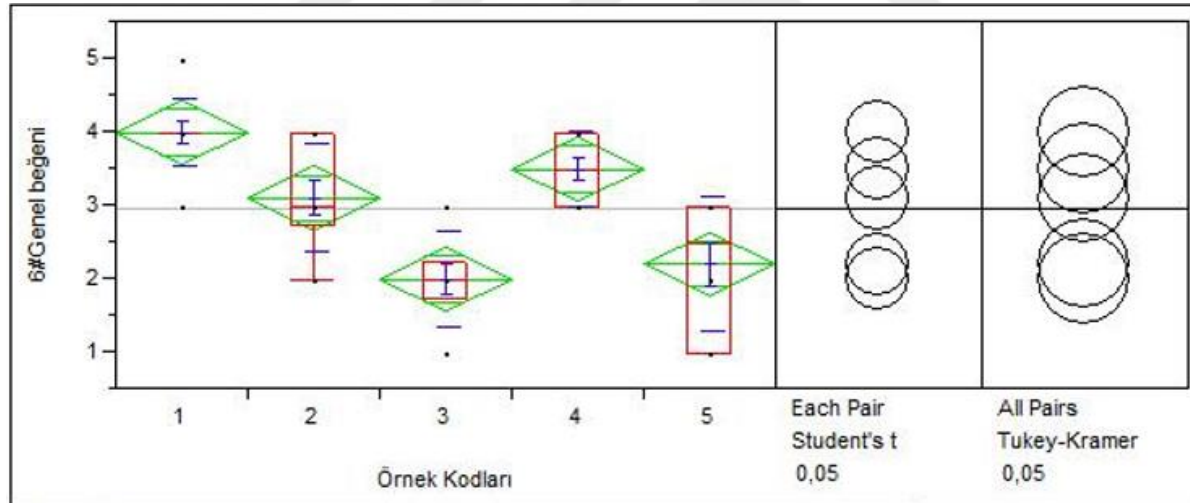
Depolama	Plazma I	Plazma II	Plazma III	Plazma IV	Geleneksel
0. Gün	3.97±0.43 ^{Aa}	3.13±0.73 ^{Ac}	2.04±0.65 ^{Ad}	3.52±0.50 ^{Ab}	2.25±0.85 ^{Ad}
30. Gün	4.00±0.47 ^{Ba}	3.10±0.73 ^{Bb}	2.00±0.66 ^{Bc}	3.50±0.52 ^{Bab}	2.20±0.91 ^{Bc}

Plazma I: 15 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma II: 15 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Plazma III: 30 sn 1.5 (lt/dk) argon gazı, Plazma IV: 30 sn 3 (lt/dk) argon gazı, Geleneksel hazırlanan mantı. Büyük harfler depolamayı ifade etmekte olup, aynı sütundaki aynı büyük harfler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farkı ifade etmektedir. Aynı satırda aynı küçük harfler arasında istatistiksel fark önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 3.21’de örneklerin 0.gün, Şekil 3.22’de örneklerin 30.gün genel beğeni değerlerinin sonuçlarının istatistiği verilmiştir.



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar
Şekil 3.21. Örneklerin 0.gün genel beğeni sonuçları



1. Plazma I, 2. Plazma II, 3. Plazma III, 4. Plazma IV, 5. Geleneksel yöntem ile kurutulmuş mantılar
Şekil 3.22. Örneklerin 30.gün genel beğeni sonuçları

Çalışmada mikrodalga kurutma+plazma uygulamalarının genel beğeni, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek değerler tespit edilmiştir (Tablo 3.14). Geleneksel yöntemler ile kurutulan örneklerin özellikle depolama sonrasında koku parametresi açısından en düşük değeri aldığı tespit edilmiştir (Tablo 3.10).

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

4. 1. Tartışma

Bu çalışmada geleneksel kurutma ve mikrodalga kurutma+plazma yöntemleri uygulanarak 30 gün süre ile depolanan mantılarının kantitatif ve kalitatif özellikleri farklı parametreler belirlenerek incelenmiştir. Bu parametrelerle mantının fizikokimyasal (pH, renk tayini), mikrobiyolojik (toplam aerobik mezofilik bakteri, psikrofil mikroorganizma, küf ve maya) fiziksel (pişme özellikleri) ve duyuşal (tat, koku, aroma, görünüş, ağız hissi ve genel beğeni) özelliklerindeki değişimler araştırılmış ve elde edilen sonuçlar bu bölümde tartışılmıştır.

Gökmen (2017:123), mantılara ön kurutma ve ön haşlama yaparak yüksek % nem değerine sahip örneklerin düşük % nem değerine sahip örneklerle göre duyuşal kalitelerinin yüksek değere sahip olduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmada mantı örneklerinin nem değerleri arasında önemli bir fark olmaması (nem değeri %12'ye indirildi), nem değerlerinin duyuşal kaliteyi etkilemediği sonucuna varılmıştır. Nem değerlerinin %12 seviyelerine sahip olan mantı örneklerinin güvenli muhafaza yapılabileceği, tüketicilerin arz-talep dengesini de sağlayabileceği düşünülmektedir.

Kurutma ortamlarının ve kullanılan fırının özelliklerinin birbirinden farklı olması iç ısıyı etkileyeceği düşünülmektedir (Okur, 2021:27). Mantı iç sıcaklığı, en yüksek mikrodalga uygulamasında (65 °C), en düşük mantı iç sıcaklığı da geleneksel yöntem uygulamasında (52 °C) belirlenmiştir. Mantının iç sıcaklığının düşük ya da yüksek olması mantının kurutma süresini de etkilemektedir (Gökmen, 2017:49-50). Mikrodalga fırında kurutma yönteminde mantı iç sıcaklıkları daha yüksek bulunmuştur.

Çalışma kapsamında pH değerleri incelendiğinde, depolamadan sonraki ölçümlerde pH değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Gıdalarda pH seviyelerindeki değişimler gıda muhafaza sırasında meydana gelen biyokimyasal olaylar ile ilişkilendirilmiştir (Gökmen, 2017:74). Alanyazın incelendiğinde;

Uzunlu (2012:90) ; Gökmen (2017:74) ; Okur (2021:28), unlu mamüllerin karbondioksitinin gıdalarda çözünmesiyle depolama öncesinde ki pH değerinin ilerleyen günlerde azalabileceği tespit edilmiştir.

Pankaj, Wan ve Keener (2018:14), plazma uygulamalarının, gıda ürünlerinin pH değerlerinde değişikliği gösteren çalışmalarında plazma uygulamasından sonra meydana gelen pH değişiklikleri genellikle plazma reaktif gazların gıda ürünlerinde bulunan nem ile etkileşimine bağlamışlardır.

Varilla, Marcone ve Annor (2020:10), plazma uygulamasının kısmen de olsa ürünlerin pH değerini ve sertliğini azalttığını tespit etmişlerdir.

Geleneksel kurutma ve mikrodalga plazma kullanılan örneklerde kurutma ekipmanları (etüv, mikrodalga fırın) ve ortam farklılığının, pH değerlerinde oluşabilecek etkiyi azaltmış olabileceği varsayılmaktadır. Çünkü hem etüv hem de mikrodalga fırın da ısı etki sonucu ürünlerde buharlaşma ile nem ve pH seviyesinin de düşmüş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca depolama sonrasında başlangıç ölçümlerine göre daha yüksek pH değerinin depolama süresince devam eden bir takım biyokimyasal ve enzimatik reaksiyonlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışmaların pH değerlerindeki sonuçları, göz önüne alınarak mevcut çalışmadan elde edilen bulgular ile birlikte değerlendirildiğinde; bazı çalışmaların mevcut çalışmayı destekler nitelikte olduğu bazı çalışmaların ise mevcut çalışmayı destekler nitelikte olmadığı anlaşılmaktadır. Gökmen (2017:74) unlu mamüllerin karbondioksitinin gıdalarda çözünmesiyle depolama öncesinde ki pH değerinin ilerleyen günlerde azalabileceği tespit etmiş olup, bu çalışmada depolamadan sonra pH seviyesinde artış meydana gelmiştir. Bu artış gıda muhafaza sırasında meydana gelen biyokimyasal olaylar ile ilişkilendirilmiştir.

Renk parametrelerinden L parlaklığı (L 100 beyaz, L 0 siyah), a* kırmızılığı (+kırmızı - yeşil) ve b* ise sarılığı (+ sarı - mavi) ifade etmektedir. Renk tayin değerleri incelendiğinde, L* değerinde depolama sonrası genel anlamda parlaklıkta bir düşüş tespit edilmiştir. Başlangıçta Plazma IV ve Plazma III yöntemleri uygulanan mantı örneklerinin en parlak (L değeri yüksek), Plazma I ve geleneksel mantı örneklerinin ise parlaklığının en düşük (L değeri düşük) olduğu saptanmıştır. Geleneksel yöntemle kurutulan mantının L değerinin düşük çıkmasının temel nedeni yüksek sıcaklıkta kuru sıcak havanın iç kısma ulaşmasındaki problemler yer almaktadır. Mantının iç ısısı düşük olmasıyla dış yüzeyinin ısısı yüksektir. Bu sebeple mantının yüzeyinde koyulaşma miktarı fazladır (Okur, 2021:29).

Mantı yapısı itibari ile çok farklı renklere sahip bir ürün değildir. Bu sebeple renk ölçümlerinde belirgin olarak öne çıkan, izlenmesi gereken parametre L değeri olmalıdır (Sitti, 2011:35). Gıda sektöründe ürünlerin dış görünüşü, rengi önemli kalite kriteridir. Bu kriter tüketicinin gıdayı tercih etmesini, gıda üzerinde ön yargı oluşmasını vb. birçok konuyu etkilemektedir (Okur, 2021:29). Mantıda tüketicilerin tercih edeceği renk özelliği, mantının yapıldığı andaki parlak beyaz rengini korumasıdır (Sitti, 2011:33).

a* değeri kırmızı ve yeşil rengin yoğunluğunu ifade etmektedir. a* değeri düştükçe kırmızı renk yoğunluğu düşer; a değeri arttıkça kırmızı renk yoğunluğu da artmaktadır (Sitti, 2011:34). Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında a* (kırmızılık-yeşillik) değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Başlangıç ve depolama sonrası yapılan ölçümlerde geleneksel kurutma yapılan mantı örneklerinin koyulaşma miktarı en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Depolamada da mantı örneklerinin renk farklılığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi geleneksel yöntemle kurutulan mantı örneklerinin daha uzun süre işlem görmüş olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca mantının kilitli poşetlerde muhafaza edilmesinin de depolama sonrasında koyulaşmanın artmasında etkili olduğu düşünülmektedir (Okur, 2021:29).

Plazmanın ve pigmentin türüne, malzemenin özelliklerine göre renk değerleri fark edebilmektedir (Wiktor ve diğ., 2020:9). Bu çalışmada argon gazının belirlenen miktardan daha fazla kullanılması sonucunda mantının dış yüzeyinde yanma durumu meydana gelmiştir. Depolama sonrası genel olarak parlaklık yapısında bir düşüş tespit edilmiştir. Koyulaşma miktarında depolama sonrasında artış gözlenmiştir.

Wiktor ve diğ., (2020:16), plazmanın farklı gıda maddelerinin L , a^* ve b^* renk değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Plazma uygulamaları karabiber tohumları ve yenibahar meyveleri üzerinde b^* değerinde artışa sebep olur iken yaban mersini ve ardıç meyvelerinde önemli bir fark oluşmamıştır. Çalışmada deneyim eksikliği olan gözlemcinin dahi fark edebileceği renk değişimleri de plazma uygulamalarında meydana gelmiştir.

Turp filizine uygulanan mikrodalga plazma uygulamalarında renk parametresinde bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir (Pankaj, Wan ve Keener, 2018:5). Yapılan mantı uygulamalarında duyuşal özellik açısından plazma örneklerinde minimum olumsuz durum tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmaların renk tayini değerlerindeki sonuçları, göz önüne alınarak mevcut çalışmadan elde edilen bulgular ile birlikte değerlendirildiğinde; alanyazın çalışmaları yaban mersini, karabiber tohumları vb. ürünler üzerinde yapılmış olup mantı ile ilgili bulgular karşılaştırıldığında bir benzerlik bulunamamıştır.

Mikrobiyolojik analizler incelendiğinde, mezofilik bakteri sayımında depolama sonrası koloni artışında en yüksek artışın geleneksel kurutma mantı örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Koloni sayılarındaki ciddi artışın sebebinin mantının raf ömrünün kısılmasından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.5). Bu çalışma kapsamında analiz edilen mantı örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı yönünden TS 12980'e uygun olduğu belirlenmiştir.

Öngörüldüğü gibi mikrodalga+plazma uygulanmış mantı örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakterilerindeki artış geleneksel kurutma ile kurutulan ve paketlenen mantı örneklerindeki artıştan belirgin şekilde düşük kalmıştır.

Gıda ürünlerinde bozulmalara sebep olan psikrotrofa, özellikle soğuk ortamlarda ($<7^{\circ}\text{C}$) muhafaza edilen gıdalarda rastlanılmaktadır (Uzunlu, 2012:77). Gıdalarda bozulma gibi sorunların meydana gelmesi istenilmeyen durumların başında gelmektedir. Kolonilerin ve gıdalarda bozulmaların oluşması için optimum 7-10 günlük inkübasyon süresi yeterlidir. Bu sebeple örnekler 7 gün inkübasyon edilmiştir. 0. ve 30 gün toplam aerobik psikrofilik mikroorganizma bakterilerin sayımında hiçbir örnekte koloni meydana gelmemiştir. Uzunlu (2012:77), mantı örneklerinde mikrobiyal artış psikrofilik mikroorganizma analizlerinde 7. günden itibaren ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu çalışmada optimum sürenin yeterli tespit edilmesiyle örnekler daha uzun süre inkübasyon edilmemiş böylelikle psikrofilik mikroorganizma oluşmamıştır.

Bogdanov ve diğer., (2018:2) ; Wiktor ve diğ., (2020:13), Soğuk plazmanın, gıda kaynaklı bakterilerin inhibisyonuna etkisini inceledikleri çalışmada maya ve küflere karşı etkili olduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga ile üretilen plazma işlemlerinin, karabiber tohumları, ardıç ve yenibahar meyveleri gibi ürünlerde küflerin etkisiz hale getirilmesi konusunda önemli bir uygulama olduğu rapor edilmiştir (Wiktor ve diğ., 2020:13).

Gökmen (2017:111), mantıları mikrodalga ile kurutulduğu farklı bir çalışmada mikrodalga ile kurutulan mantı örneklerinde *TMAB (Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri)* sayısı 300-700 kob/g arasında olduğu tespit edilmiştir. Hamur ürünleri fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaya daha hızlı maruz kalabilmektedir. Küf içerikli ürünlerin yapısının bozulması, ürünün raf ömrünü de kısaltmaktadır. Küf oluşumu, taze dondurulmuş mantı vb. gıdalarda raf ömrü için ortaya çıkan başlıca sorunlardandır.

Sitti (2011:28), vakum paketlenme ile muhafaza edilen mantılarda 30. günde küf ve maya tespit edilmiştir. Aynı çalışmada farklı paketlenme yönteminde 90. günde küf ve maya oluşumu meydana gelmiştir. Bu çalışmada geleneksel yöntemle kurutulan mantıların daha önce küflenme oluşması raf ömrünü de olumsuz etkilemiştir. Plazmanın gıdalardaki küf ve maya oluşumunun önleme ve taze olarak bulunmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir (Bogdanov ve diğ., 2018:2).

Bu çalışma kapsamında analiz edilen mikrodalga kurutma+plazma uygulanan mantı örneklerinin toplam küf ve maya sayısı yönünden ilgili TS' ye uygun olduğu belirlenmiştir.

Mantıların fiziksel özellikleri incelendiğinde, depolama sonrasında düşük miktarda suya geçen kuru madde miktarındaki artış mantının muhafazası sırasında biyokimyasal, fizikokimyasal vb. ürünün özelliklerinde meydana gelen değişimler olabileceği varsayılmaktadır. Ayrıca mantı haşlanma sırasında bazı ezilmeler, büküm yerlerinden açılma olması vb. faktörlerin de artışa sebep olabileceği düşünülmektedir.

Mantı vb. suda pişirilerek tüketilen unlu mamüllerin kalite niteliklerinden biri olan pişme kaybı, çiğ mantının pişirilme işleminden sonra pişme suyunda kalan madde miktarını ifade etmektedir. Mantının pişme işlemi sırasında yapısal özelliğinden dolayı miktarında kayıpların az olması istenilmektedir. Mantıda oluşabilecek kayıpların miktarına göre kullanılan hammaddenin kalitesi ve uygunluğu da değerlendirilebilmektedir (Sitti, 2011:30).

Çalışmada mantılar piştikten sonra suya geçen kuru madde miktarı da tespit edilmiştir. Mantıların pişirilmesinde pişirme suyuna geçen madde miktarının gravimetrik olarak belirlenmesi esasına dayanmaktadır (Gökmen ve diğ., 2015:2019). Hamur işlerinde suya geçen kuru madde miktarı %7-8 geçmemesi önerilmektedir (Gökmen, 2017:105). Bu çalışmada geleneksel yöntemler ile üretilen mantılarda ve mikrodalga teknolojisi kullanılarak üretilen mantılarda da suya geçen kuru madde miktarı %7-8 geçmemiştir.

Pişme ağırlığı, belirli miktar mantı suda haşlandıktan sonra süzülerek elde edilen pişmiş mantının ağırlığını göstermektedir. Pişme ağırlığı ayrıca mantı hamurunun su alma kapasitesinin bir göstergesidir. (Sitti, 2011:30). Çalışma kapsamında suya geçen kuru madde miktarındaki artışın istenilen seviyelerde olması mantının aynı un kalitesinden hazırlanmış olması, mantının saklanma ortamının doğru seçilmiş olması vb. faktörlere bağlı olabileceği de varsayılmaktadır.

Sitti (2011:31), modifiye atmosfer paketlenme işlemi uygulanan mantılarda pişme ağırlığındaki düzenli artış mantıların muhafaza aşamasında nemin arttığı ve şekillerinde bozulma olmadığı tespit edilmiştir. Vakum paketlenme işlemi uygulanan mantılarda muhafaza aşamasında pişme ağırlığındaki azalışın sebebi nem değerinin diğer mantılara göre daha az artışa sebep olması ve pişirme işlemi sırasındaki ezilme-kırılma vb. durumların olmasının sebep olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada plazma uygulamalarındaki ağırlık artışının geleneksel yöntemle yakın olması, plazma uygulamalarının geleneksel kurutma işlemelerine bir alternatif olabileceği sonucuna ulaştırmıştır.

Çalışma kapsamında mantıların duyu kalitelerinin belirlenmesinde, TBA tek başına bir kriter olmamalı, ancak TBA değerlerinin kalite açısından bir parametre olabileceği düşünülmektedir. *Tiyobarbitürik asit* (TBA) analizleri oksidasyona uğramış çift bağ içeren doymamış yağ asitlerindeki ya da hidrokarbon zincirlerinde yer alan doymamış alanların oksijen ile tepkimeye girerek peroksit ve hidroperoksitlerin meydana gelmesi sonucu oksidasyon derecesini belirleyen yöntemdir (Demirkaya, 2013:238).

Mantı, ana malzemesi kıyma olan hamur içerikli bir ürün olması sebebiyle oksidasyon başta olmak üzere, mikrobiyal vb. bozulmalara karşı hassas bir üründür. Bu kapsamda mantı örneklerinin oksidatif bozulma vb. tespiti amacıyla TBA analizi yapılmıştır.

Azotun tek başına kullanımı ile düşük su aktiviteli gıda ürünlerinde oksidatif ransiditeyi geciktirebildiği belirlenmiştir (Uzunlu, 2012:88).

Bu çalışmada başlangıçta en düşük TBA değeri, geleneksel yöntemle üretilen mantı örneklerinde bulunmuştur (Tablo 3.8). Depolama sonrası en düşük TBA değeri ise Plazma II uygulamasında tespit edilmiştir. Depolama faktöründe plazma uygulamalarında zamanın kısa olması ve az argon gazı kullanımının etkili olduğu düşünülmektedir.

TBA lipid oksidasyonu ile oluşan ve bu oluşum için gerekli doymamış yağ asitleri, ısı, oksijen vb. maddelerin bulunması da gereken bir maddedir. Lipid oksidasyonunun aşırı olması ransidite meydana gelmekte ve gıda da (acı tat ve aroma) tüketilmez bir yapı oluşturmaktadır. Oluşum için gerekli kimyasal maddeler ette aerobik ya da yüksek oksijen konsantrasyonu ile yapılan paketlemelerde bulunmaktadır (Uzunlu, 2012:86 ; Gökmen, 2017:111).

Duyusal analizler yeni bir ürünün, ürüne uygulanan herhangi işlem veya katılan bir maddenin tüketici tarafından kabul edilip edilmeyeceğini ortaya koyan en önemli parametredir (Sitti, 2011:35). Bu çalışmada geleneksel kurutulmuş mantı ürünleri ve mikrodalgalı+plazma uygulanan mantı örneklerinin duyusal özellikleri depolama süresince analiz edilmiştir. Bu amaçla Muş Alparslan Üniversitesinde duyusal analiz konusuna hakim, deneyimli 10 tane akademisyenin oluşturduğu panelist grup tarafından mantı örneklerinin tat, koku, aroma, görünüş, ağız hissi ve genel beğeni parametreleri depolamanın başlangıç ve 30. günlerinde değerlendirilmiştir.

Mantıların duyusal parametrelerinden tat, koku, aroma, görünüş, ağız hissi, genel beğeni değerlerinin yüksek olması mantının sadece mikrodalgada teknolojisi ile kurutulmayıp, plazma uygulamalarının da kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Analizde yer alan tat, koku vb. parametreler arasında plazma uygulanan mantı örneklerinin en yüksek değerlere sahip olması bu sonucu güçlendirmektedir. Elde edilen verilerle mikrodalgalı kurutma+plazma örneklerinin ürünün duyusal niteliklerini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Mantıların kurutulma işleminden sonra plazma uygulamasına maruz bırakılması ürünün duyusal niteliklerini arttırmıştır.

Mikrodalga ile kurutmada sonra duysal kalitenin en yüksek olduğu uygulamanın, Plazma I yöntemi olması bunun bir göstergesidir. Plazma teknolojisini düşük seviyede besin tahribatının yanı sıra duysal kalitede de minimum kayıpların oluşmasını sağlamaktadır. Ancak tüketiciler tarafından kabul edilirlilik, gıda endüstrisinde kullanılma durumu gibi etkenler de önemlidir (Ekezie, Sun ve Cheng, 2017:51).

Schnabel ve diğ., (2015:660), plazma işlenmiş hava üreten mikrodalga plazmada taze elma üzerinde duysal etkisi incelenmiştir. Taze, işlem görmemiş elma ile mikrodalga plazma işlemi uygulanmış elma örneklerinde doku ve görünüm parametreleri arasında bir fark tespit edilmemiştir.

4.2. Sonuçlar

Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Bu çalışmada, geleneksel mantı kurutma yönteminin yanı sıra mikrodalgada kurutma ve 4 farklı plazma uygulamalarının, kurutma süresi açısından geleneksel kurutma yöntemine alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.
2. Depolama süresi sonrasında da mantılarda L değeri bakımından istatistiki açıdan önemli olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Geleneksel yöntemle kurutulan mantının L değerinin düşük çıkmasının temel nedeni yüksek sıcaklıkta kuru sıcak havanın iç kısma ulaşmasındaki problemler yer almaktadır. Mantının i ısısı düşük olmasıyla dış yüzeyinin ısısı yüksektir. Bu sebeple mantının yüzeyinde koyulaşma miktarı fazladır. Depolama öncesinde ve sonrasında b^* değerinde en yüksek değer geleneksel yöntemler ile kurutulan mantı örneklerinde llmştir. Depolama süresi sonrasında da mantılarda b^* değeri bakımından istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örnekleri, depolamanın başlangıcında tat bakımından en yüksek değeri almış olup, istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.

Depolama boyunca da Plazma I yöntemi duyusal analizde tat parametresi bakımından en yüksek değeri almıştır (Tablo 3.8). En yüksek koku değerine sahip örneklerin, hem 0. günde ve hem de depolama sonrasında Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örneklerinin olduğu gözlenmiştir. 30. günde ise en düşük koku parametre değerini Plazma III ile üretilen mantı örneklerinde tespit edilmiş (Tablo 3.9) ve elde edilen değerler istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Belirtilen uygulamalarla kurutulan mantılarda en yüksek görünüş değerine sahip örneklerin, hem 0. günde ve hem de depolama sırasında Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örneklerinin olduğu gözlenmiştir. Depolama sonrasında ise en düşük değeri Plazma III ile üretilen mantı yöntemi olduğu tespit edilmiş (Tablo 3.11) ve elde edilen değerler istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Plazma I,II ve IV yüksek, Plazma III düşük olup istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Çalışmada Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örneklerinin, ağız hissi ve genel beğeni değerleri arasında hem 0.günde ve hem de depolamanın 30. gününde en yüksek puanı aldığı gözlenmiştir (Tablo 3.12-Tablo 3.13). Plazma IV uygulaması da ağız hissi parametresi arasında yüksek puan almıştır. Elde edilen değerler istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Ağız hissi değerleri arasında hem 0.günde ve hem de depolamanın 30. gününde en düşük puanı Plazma III uygulaması aldığı sonucuna ulaşılmıştır.

3. Plazma uygulamaları mikrobiyal inaktivasyon üzerinde oldukça başarılı olmuştur. Plazma I uygulamaları genel olarak mikrobiyal kalitenin korunmasında etkili olduğu gözlenmiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizlerin sonuçlarına göre toplam aerobik mezofilik bakterilerde geleneksel kurutma ile mikrodalga kurutma+plazma uygulamaları arasındaki fark fazladır.

0. gün *toplam aerobik mezofilik* bakterilerin sayımında en yüksek koloni sayısı geleneksel kurutma uygulanan mantı örneklerinde gözlenmiştir. 30. gün *toplam aerobik mezofilik* bakterilerin sayımında her parametrelerde 0. gün analizindeki koloni sayısına göre yüksek çıkmıştır. 30.günde en yüksek koloni sayısı 0. gün analizinde olduğu gibi geleneksel kurutma uygulanan mantı örneklerinde tespit edilmiştir. Plazma uygulamalı mantılarda toplam canlı sayısının geleneksel kurutma yöntemiyle üretilen mantılara göre önemli derecede daha az olduğu ve bu durumun ürünün raf ömrü üzerine olumlu yönde etki edebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Küf ve maya gelişimi bakımından da plazma uygulamalarının geleneksel kurutma üretimine göre daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 25. gününde geleneksel yöntemle üretilen mantılarda küf ve maya gelişimi gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre mikrodalga kurutma+plazma uygulamalarıyla hazırlanan mantının raf ömrü üzerine olumlu etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Mikrobiyolojik yönden incelenen geleneksel, mikrodalga kurutma+plazma mantı örneklerin hiç birinde psikrofil mikroorganizma gelişimi gözlenmemiştir. Bu da üretimin ve diğer uygulamaların hijyenik bakımdan yeterli olduğu sonucunu bize göstermektedir.

4. Çalışmada renk değeri (L, a ve b) incelendiğinde, mantının yapısı itibari ile çok farklı renklere sahip bir ürün olmaması sebebiyle renk ölçümlerinde belirgin olarak öne çıkan, izlenmesi gereken parametre L değeri olmalıdır. Depolama sonrası genel anlamda parlaklıkta bir düşüş tespit edilmiştir. Başlangıçta Plazma IV ve Plazma III uygulanan mantı örneklerinin en parlak (L değeri en yüksek), Plazma I ve Geleneksel yöntemle kurutulan mantı örneklerinin ise parlaklığının en düşük (L değeri en düşük) olduğu saptanmıştır. Bulunan renk değerinin istatistiki açıdan ise önemsiz ($p>0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Depolama süresi sonrasında da mantılarda L değeri bakımından istatistiki olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. L değerinde 30. gün analizde düşüş yaşanmasının temel sebebi; yüksek sıcaklıkta kuru havanın mantının içyapısına ulaşmada sorunlar yaşanmasıdır. Kurutma işleminin yüksek sıcaklıklarla gerçekleşmiş olması mantının dış yüzeyinin koyulaşma seviyesini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

5. Çalışmanın duysal analiz sonuçları incelendiğinde, Plazma I yöntemi ile kurutulmuş mantı örneklerinin duysal analiz (tat, aroma, ağız hissi, görünüş, genel beğeni) sonuçları en yüksek değeri almıştır. Duysal analiz parametreleri arasında Plazma I kombinasyonun birçok parametrede hem 0.gününde hem de depolamanın 30. gününde en yüksek değeri aldığı gözlenmiştir. Mantıların duysal parametrelerinden tat, koku, aroma, görünüş, ağız hissi, genel beğeni değerlerinin yüksek olması mantının sadece mikrodalgada teknolojisi ile kurutulmayıp, plazma uygulamalarının da kullanılması sebebiyle olduğu sonucuna varılmıştır. Duysal özelliklerin korunmasında plazmanın oluşmasını sağlayan vakum uygulamasının duysal kaliteyi koruduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler mikrodalga kurutma+plazma örneklerinden Plazma I uygulamasının geleneksele en yakın parametre olduğu ve ürünün duysal niteliklerini arttırdığı sonucuna varılmıştır.
6. Geleneksel mantılarda 25. günden sonra küflenme başlanmış olup, plazma uygulamalarında geleneksel kurutma uygulamalarına göre daha geç küflenme (analiz süresince oluşmamış) oluşmuştur. Novel uygulamanın mantının raf ömrünü uzatması, üründe sterilizasyonu sağlaması ayrıca mantının kalitatif, kantitatif vb. özellikleri açısından önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

7. Mantının endüstriyel kurutulmasında pastörizasyon ve kurutma işlemleri ayrı ayrı makinelerde yapılmaktadır. Geliştirilecek olan bu teknikte bu işlem tek bir makinede gerçekleştirileceği için hem ilk yatırım maliyeti ve hem de enerji sarfıyatı düşecektir.

4.3. Öneriler

Elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda yapılabilecek öneriler aşağıda sunulmuştur.

1. Mikrodalga kurutma+plazma uygulamasıyla üretilen mantı örneklerinin duysal beğenilirliğinin daha yüksek olması, ürünün piyasa değerini ve arz-talep dengesini sağlayabilecek potansiyele sahip olması sebebiyle novel teknolojinin kullanımının gıda sektörüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
2. Mikrodalga kurutma+plazma uygulamasıyla üretilen mantı örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin daha iyi olması, dolayısıyla bu teknoloji ile üretilen mantıların daha uzun raf ömrüne sahip olması sebebiyle gıda sektöründe kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği düşünülmektedir.
3. Çalışmada kurutulmuş mantılar steril kilitli vakumsuz poşetlerde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Böylelikle ürünün kalitatif özellikleri korunmuştur. Bu sebeple yapılacak çalışmalarda mantının saklama koşulları belirlenirken mantının kuru ya da yaş olması, mantının şekli vb. parametreler dikkate alınması gerekmektedir. Mantının şekline uygulanacak işlemlere göre uygun muhafaza metodu geliştirilmesi gerekmektedir.
4. Bu çalışma sonucunda, mantının kurutulmasında üreticilerin dikkat etmesi gereken en önemli parametreler, kurutma sıcaklığı, argon gaz miktarı ve plazma süresidir. Yüksek sıcaklık, uzun süre ve fazla gaz uygulamaları mantının kalitatif ve

kantitatif özelliklerini olumsuz etkileyebilir. Plazma işleminin mantıya uygulanmasında düşük argon ve kısa süre dikkate alınmalıdır.

5. Plazma teknolojisinin gıda sektöründe kullanımının sınırlı olması, gıda ürünlerine uygulama noktasında sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle gıda sektöründeki plazma teknolojisi ile ilgili çalışmaların arttırılması gerektiği düşünülmektedir.
6. Mikrodalga kurutma+plazma destekli mantı kurutma yöntemi arasından Plazma I (15 saniye 1.5 (lt/dk) argon) kurutma yöntemiyle elde edilen bulgular açısından (pH, Tba, duyusal vb.) alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir.
7. Sonuç olarak bu çalışma, bir minimal gıda işleme teknolojisinin endüstriyel boyuta taşınmasında öncül olacak ve konuyla ilgili diğer çalışmaların da önünü açacaktır.

KAYNAKÇA

- Ahmad, M. (2019). *Atıksuların Mikrodalga İle Ön Arıtımı*. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Akan, T. (2006). Maddenin 4. Hali Plazma ve Temel Özellikleri. *Elektronik Çağdaş Fizik Dergisi*, 4(1), 1-10.
- Albayrak, A., ve Kılıç, G. B. (2020). Application of Plasma Technology in Food Processing. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(11), 2300-2306.
- Alibaş İ. (2015). İnce tabaka mango dilimlerinin mikrodalga tekniği ile kurutulması. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 30(1), 99-109.
- Altuncu E., (2011). *Ysz ve Csz Esaslı Termal Bariyer Kaplamaların Üretimi, Karakterizasyonu ve Termal Çevrim Performanslarının Karşılaştırılması*. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Ayan, H. (2010). *Güneşte ve Yapay Kurutucuda Kurutulmuş Domates (Lycopersitcum Esculentum) Üretimi ve Proses Sırasındaki Değişimlerin Belirlenmesi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi .
- Bayhan, H. A. (2011). *Kabin Tipi Bir Kurutucuda Kurutma Sürecini Etkileyen Parametrelerin Deneysel Olarak İncelenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Biçer, H. G. (2011). *Farklı Mantı Çeşitlerinde Mikrobiyolojik Kalite Üzerine Araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Birer. S. (1989). Mikrodalga Fırınları. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 8(1), 237-241.
- Bogdanov, T., Tsonev I., Marinova P., Benova E., Rusanov K., Rusanova M., Atanasov I., Kozáková Z., Krčma F (2018). Microwave Plasma Torch Generated in Argon for Small Berries Surface Treatment. *Applied Sciences*, 8(1870), 1-13.
- Bozduman, F. (2012). *Atmosferik Basınç Mikrodalga Plazmasının Karakteristiği*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Bozkır, H., Baysal, T., ve Ergün, A. R. (2014). Gıda Endüstrisinde Uygulanan Yeni Çözündürme Teknikleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 38-44.
- Bozkır, H. (2020). Mikrodalga Ve Termosonikasyon Haşlama Yöntemleri İle Patatesin Haşlanması Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *The Journal Of Food*, 45(5), 917-928.
- Bozkurt, D. (2014). *Soğuk Plazma Uygulamasının Vitaminler ve Polifenol Oksidaz (Pfo) Enzimi Aktivitesi Üzerine Etkisi*. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Budak, A., Obuz, E., (2006). Gıdalarda İyonize Radyasyon Uygulamaları. (ss.671-674). 9. Gıda Kongresi Bolu.
- Chizoba Ekezie, F. G., Sun, D.-W., ve Cheng, J.-H. (2017). A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 69(1), 46-58.
- Çağlar, S. (2019, 09 07). <https://www.matematiksel.org/cikolatadan-mikrodalgaya-uzanan-ilham-verici-bir-hikaye/> adresinden alınmıştır
- Çetin, G. (2008). <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0AFA4D30516C5690F> Kimyaevi.org: adresinden alınmıştır.
- Çetiner, Ş. (2017). Süt Teknolojisi I.

- Çoruhlu, T. (2017). Tarım Sektöründe Soğuk Atmosferik Plazma Teknolojilerinin Kullanımı. *İleri Teknolojiler V. Çalıştayı*, 1-10.
- Çoşkun, F., ve Yılmaz, İ. (2010). Trakya'nın geleneksel sini mantısı. (ss.461-463). 1.Uluslararası "Adriyatik'ten Kafkaslar'a Geleneksel Gıdalar Sempozyumu Tekirdağ.
- Denes, F., ve Manolache, S. (2004). Macromolecular plasma-chemistry: an emerging field of polymer science. *Progress in polymer science*, 29(8), 815-885.
- Demirkaya, A. (2013). Tereyağında tiyobarbiturik asit (TBA) testi ile lipid oksidasyonunun değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(3), 237-240.
- Doğan, C. (2019). *Sıvı Plazma İle Doğal Gül Suyunun Sterilizasyonu*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Ekezie, F.C, Sun D.,Cheng J. (2017). A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. *Trends in Food Science & Technology*. 69(1). 46-58.
- Geyter, N., Morent, R., Vlierberghe, S., Trentesaux, M., Dubruel, P., ve Payen, E. (2011). Effect of electrode geometry on the uniformity of plasma-polymerized methyl methacrylate coatings. *Progress in Organic Coatings*, 70(4), 293-299.
- Gökharman, D. F., Aydın, S., ve Koşar, P. N. (2016). Radyasyon Güvenliğinde Mesleki Olarak Bilmemiz Gerekenler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(2), 35-40.
- Gökmen, S. (2017). *Mantı Üretiminde Geleneksel Yönteme Alternatif Olarak İnfrared, Ultraviyole-C ve Vakum Uygulamaları*. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yayımlanmış Doktora Tezi.
- Gökmen, S., Kocabaş, A., Savran, İ., Sayaslan, A., Aydın, M. F., ve Yetim, H. (2015). A study on quality criteria of commercial stuffed pasta (mantı), as traditional food. *International Food Research Journal*, 22(5), 2018-2024.
- Gökmen, S., Kocabaş, A., Savran, İ., Sayaslan, A., Aydın, M. F., ve Yetim, H. (2019). Effect of Infrared, Ultraviolet-C Radiations and Vacuum Drying on Certain Chemical and Microbial Characteristics of Stuffed Pasta (Mantı). *Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(1), 100-107.
- Gökmen, S., Sayaslan, A., ve Çağlar, A. (2016). Mantıda Farklı Kurutma Yöntemlerinin Hidroksimetil Furfural (HMF) Oluşumu ve Duyusal Kalite Üzerine Etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi*, 37(3), 176-186.
- Gökoğlu, E., Ekinci, M., Özgenç, E., Özdemir, D. İ., ve Aşıkoğlu, M. (2020). Radyasyon ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, 25(3), 289-294.
- Güleç, H. A. (2012). Gıda Endüstrisinde Isıl Olmayan Plazma Teknolojileri. *Gıda*, 37(5), 295-302.
- Halkman, H. B., ve Yücel, P. K. (2005). Gıdalarda radyasyon uygulamalarının mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda*, 30(6), 409-416.
- Karabacak A.Ö, Sinir G.Ö., Suna S. (2015). Mikrodalga ve Mikrodalga Destekli Kurutmanın Çeşitli Meyve ve Sebzelerin Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2), 125-135.
- Kasar, H., & Gökmen, S. (2020). A Research On The Usability Of Novel Cooking Methods In Cooking Of The Stuffed Pasta. *Akademik Gastronomi Çalışmaları*, (ss.112-125). Uluslararası Aşçı Dede Ateşbaz-ı Veli Sempozyumu Konya.
- Kasar, H., Gökmen, S., ve Çağlar, A. (2021). Mikrodalga Plazmanın ve İnfrared Radyasyonların Gıdalarda ve Yemek Sanayinde Kullanımı. *Novel Gıdalar* içinde (ss. 63-73). Medihealth Academy Yayıncılık. 1.baskı.

- Kasar, H., Gökmen, S., & Çağlar, A. (2021). Gıdaların Mikrodalga Isıtmadaki Besinsel Kayıpları. *Novel Gıdalar* içinde (s. 53-62). Medihealth Academy Yayıncılık. 1.baskı.
- Kayar, G., ve Yıldız, H. (1992). Gıda Sanayisinde Soğuk Plazma Tekniği Uygulamaları. (ss.1-36). 7. Gıda Mühendisliği Kongresi Ankara.
- Konak , Ü. İ., Certel , M., ve Helh, S. (2009). Gıda Sanayisinde Mikrodalga Uygulamaları. *Electronic Journal of Food Technologies*, 4(3), 20-31.
- Külcü, D. B., Günaydın, İ. N., ve Aydın, H. K. (2018). Ohmik ve Mikrodalga Pişirme Uygulanmış Tavuk Göğüs Etinin Buzdolabı Şartlarında Depolanması ve Bazı Mikrobiyal Kalite Değişimleri. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7-14.
- Lerouge, S., Wertheimer , M., ve Yahia, L. (2001). Plasma Sterilization: A Review of Parameters, Mechanisms, and Limitations. *Plasmas and Polymers*, 6(3), 175-188.
- Misra, N. N., Tiwari, B. K., Raghavarao, K., ve Cullen, P. J. (2011). Nonthermal Plasma Inactivation of Food-Borne Pathogens. *Food Engineering Reviews*, 3(3), 159-170.
- Muhammad I.A., Xiang Q., Liao X., Liu D., Ding T. (2018). Understanding the Impact of Nonthermal Plasma on Food Constituents and Microstructure—A Review. *Food Bioprocess Technol.* 11(1), 463-486.
- Okur, E. (2021). *Buğday Lifli Katkılı Diyet Mantı Üretimi*. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Özer, P., Görgüç, A., ve Yılmaz, F. M. (2018). Mikrodalga Teknolojisinin Bitkisel Dokulardan Makro Ve Mikro Bileşenlerin Özütlemeinde Kullanımı. *The Journal Of Food*, 43(5), 765-775.
- Pankaj, S., Misra, N., Milosavljević, V., Bueno-Ferrer, C., O'donnell, C., Bourke, P., et al. (2014). Applications of cold plasma technology in food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 35(1), 5-17.
- Pankaj S., Wan Z., Keener M.K., Effects of Cold Plasma on Food Quality: A Review. *Foods*. 2018. 7(4), 1-21.
- Roth , J. (1995). Industrial Plasma Engineering. 1-541. IOP Publishing Ltd.
- Schnabel U., Niquet R., Schlüter O., GniffkeH., EhlbeckJ. (2015). Decontamination And Sensory Properties Of Microbiologically Contaminated Fresh Fruits And Vegetables By Microwave Plasma Processed Air (Ppa). *Journal of Food Processing and Preservation*. 39(1), 653–662.
- Sezer, D. B., ve Demirdöven, A. (2015). Meyve Sebze İşlemede Mikrodalga Haşlama Uygulamaları. *Gıda*, 40(3), 171-177.
- Sitti, S. (2011). *Vakum Ve Modifiye Atmosfer Ambalajlamanın Kayseri Mantısının Bazı Kalite Nitelikleri Üzerine Etkisi*. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi .
- Sitti, S., Hayta, M., ve Yetim, H. (2009, 27-29 Mayıs). Kayseri Mantısı: Hazırlanışı ve Kalite Nitelikleri. (ss.208-211). II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu Van.
- Şan, E. (2011). Fırıncılıkta Mikrodalga Teknolojisi.
- Şen, Y. (2015). *Atmosferik Basınç Plazma Uygulamasının Gıdaların Dekontaminasyonu ve Detoksifikasyonu Amacıyla Kullanımı*. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayımlanmış Doktora Tezi.
- Turan H., Kaya Y., Erdem M.E., Sönmez G., Kodalak N, Erkoyuncu İ. (2006). Donmuş alabalıkların kalitesi üzerine farklı çözündürme koşullarının etkisi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*. 20(1), 21-32.
- Turgut T. (2016). Süt ve Ürünlerinde Mikrodalga Uygulamaları. *Akademik Gıda*. 14(4) 451-457.

- Uzunlu S. (2012). *Farklı Gaz Kompozisyonları İle Modifiye Atmosferde Paketlenen Mantının Mikrobiyolojik ve Kimyasal Özelliklerindeki Değişmeler*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Varilla, C., Marcone, M., ve Annor, G. A. (2020). Potential of cold plasma technology in ensuring the safety of foods and agricultural produce: a review. *Foods*, 9(10), 1435.
- Wiktor A., Hrycak B., Kieliszek M., Jasinski M, Rybak K., Krasniewska K., Witrowa-Rajchert D. (2020). Impact of Atmospheric Pressure Microwave Plasma Treatment on Quality of Selected Spices. *Applied Sciences*. 10(6815), 1-16.
- Yakıncı, Z. D. (2016). Elektromanyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 4(2), 44-54.
- Yang, L., Chen, J., & Gao, J. (2009). Low temperature argon plasma sterilization effect on *Pseudomonas aeruginosa* and its mechanisms. *Journal of Electrostatics*, 67(4), 646-651.
- Yangılar, F., ve Oğuzhan, P. (2013). Plazma Teknolojilerinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Gıda*, 38(3), 183-189.
- Yıldırım M. (2011). *Plazma Daldırma İyon İmplantasyon Yöntemi İle Metallerin Yüzey Özelliklerinin İyileştirilmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Anabilim Dalı. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Yılmaz, M. S. (2015). *Brokolinin Mikrodalga Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Modellenmesi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Yoğurtçu, H. (2014). Mikrodalga Fırında Limon Kurutma: Kinetiği ve Modellenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 27-33.
- Yun, H., Kim, B., Jung, S., Kruk, A. Z., Kim, D. B., & Choe, W. (2010). Inactivation of *Listeria monocytogenes* inoculated on disposable plastic tray, aluminum foil, and paper cup by atmospheric pressure plasma. *Food control*, 21(8), 1182-1186.
- Yücestepe, A. (2011). *Modifiye Atmosferde Ambalajlamanın Etli Mantının Kalitesi Üzerine Etkileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Yüksel, Ç. Y., ve Karagözlü, N. (2017). Soğuk Atmosferik Plazma Teknolojisi ve Gıdalarda Kullanımı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 81-86.

EKLER**Ek-1. Duyusal analiz formu**

Panelistin Adı Soyadı:		Tarih:				
Ürün: Kıymalı mantı						
Açıklama: Aşağıda verilmiş olan kalite kriterleri açısından size verilen kodlu örnekleri ayrı ayrı 5 puan üzerinden değerlendiriniz.						
Kalite kriterleri	Kodlar					
	1	2	3	4	5	
Tat						
Koku						
Aroma						
Görünüş						
Ağız hissi						
Genel beğeni						
Puan değerleri ile ilgili açıklamalar	1= Çok kötü	2= Kötü	3= Orta	4= İyi	5= Çok iyi	
Kalite kriterleri ile ilgili açıklamalar						
<u>Mantıda İstenen Özellikler</u> ➤ Ağızda dolgunluk vermesi, ➤ Rengin arzu edilmeyen bir renkte olmaması, ➤ Mantının dağılmaması, ➤ Yapışmaması, ➤ İçeriğinin dışarı çıkmaması, ➤ Lezzeti, kontrol ürün ile yakın olması. <u>İstenmeyen Özellikler</u> ➤ Zayıf aroma ➤ Nötr tat ➤ İstenmeyen renk değişimi ➤ İstenmeyen yabancı tat ➤ Yabancı koku ➤ Yapışması ➤ Dağılması						

Ek-2. Manti örneklerin küflenme durumu



Ek-3. Geleneksel yöntemler ile hazırlanmış ve küflenmiş mantı örnekleri

