

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI MONOFLORAL ARI POLENLERİNİN GAMA IŞINLAMA VE UV-C
UYGULAMASI İLE DEKONTAMİNASYONU**

SELMA KAYACAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. OSMAN SAĞDIÇ**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI MONOFLORAL ARI POLENLERİNİN GAMA IŞINLAMA VE UV-C
UYGULAMA İLE DEKONTAMİNASYONU**

Selma KAYACAN tarafından hazırlanan tez çalışması 14.06.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

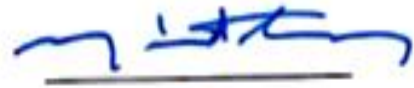
Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Yıldız Teknik Üniversitesi



Prof. Dr. Muhammet ARICI

Yıldız Teknik Üniversitesi



Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

Namık Kemal Üniversitesi



ÖNSÖZ

Bu çalışmada bilgi ve tecrübesi ile beni yönlendiren, her sorunuma çözüm bulan danışmanım Sayın Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ'a çok teşekkür ederim. Polenlerin ışınlanmasında yardımcı olan Namık Kemal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ 'e, tezime yardımları ve katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Salih KARASU'ya, araştırmamın her aşamasında yanımda olduklarını hissettiren Araştırma Görevlisi arkadaşlarım Görkem ÖZÜLKÜ, Gülsüm UÇAK, Hatice BEKİROĞLU, Perihan Kübra ÇİÇEK, Ruşen METİN YILDIRIM'a ve her zaman, her konuda yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2017

Selma KAYACAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	2
1.3 Hipotez.....	2
BÖLÜM 2	
KURAMSAL TEMELLER	4
2.1 Arı Polenini.....	4
2.1.1 Arı Poleninin Bileşimi.....	5
2.1.2 Arı Poleninin Antioksidan Özellikleri	6
2.1.3 Arı Poleninin Sağlık Üzerine Etkileri.....	6
2.1.4 Arı Poleninin Mikrobiyotası	7
2.1.5 Arı Poleninin Üretim Aşamaları	9
2.1.5.1 Kurutma.....	9
2.1.5.2 Temizleme	10
2.1.5.3 Depolama	11
2.2 Gıdaların Dekontaminasyonu	11
2.2.1 Işınlama Teknolojileri.....	11
2.2.2 Gıdaların Işınlanması	12
2.2.2.1 Gıdaların Işınlanmasında Kullanılan Kaynaklar	12
2.2.2.2 Işınlamanın Mikrobiyal İnaktivasyon Mekanizması	15
2.2.3 Ultraviyole Işık	15
2.2.3.1 Ultraviyole Işık Gıdalara Nüfuzu ve Absorbsiyonu.....	16
2.2.3.2 Ultraviyole Işık Mikrobiyal İnaktivasyon Mekanizması.....	17
BÖLÜM 3	
MATERYAL ve METOT	18
3.1 Materyal.....	18

3.2	Fizikokimyasal Analizler	18
3.2.1	Su Aktivitesi Tayini	18
3.2.2	Kuru Madde Tayini	18
3.2.3	Renk Tayini.....	19
3.3	Biyoaktif Özelliklerin Belirlenmesi	19
3.3.1	Polen Ekstraktlarının Hazırlanması	19
3.3.2	Toplam Fenolik Madde Tayini (TFM).....	20
3.3.3	Toplam Flavonoid Tayini (TF).....	20
3.3.4	Antioksidan Kapasitesi.....	20
3.3.4.1	DPPH Yöntemi	20
3.3.4.2	CUPRAC Yöntemi.....	21
3.3.5	Mikrobiyolojik Analizler	21
3.3.5.1	Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı	21
3.3.5.2	Psikrofilik Bakteri Sayımı	21
3.3.5.3	Koliform Bakteri Sayımı.....	21
3.3.5.4	Enterobakter Sayımı.....	22
3.3.5.5	Sporlu Bakteri Sayımı	22
3.3.5.6	Toplam Maya ve Küf Sayımı	22
3.3.6	Vakum Kurutma	22
3.3.7	Gama Işınlanması.....	23
3.3.8	Ultraviyole Uygulaması.....	23
3.3.9	İstatistiksel Analizler	23
BÖLÜM 4		
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA		24
4.1	Fizikokimyasal Analizler	24
4.1.1	Polen Örneklerinin Kuru Madde Miktarları	24
4.1.2	Polen Örneklerinin Su Aktivitesi	25
4.1.3	Polen Örneklerinin Renk Tayini.....	26
4.2	Polen Örneklerinin Biyoaktif Özellikleri	29
4.3	Polen Örneklerinin Mikrobiyolojik Özellikleri	41
BÖLÜM 5		
SONUÇ VE ÖNERİLER		61
KAYNAKLAR		63
ÖZGEÇMİŞ		72

SİMGE LİSTESİ

a^*	Yeşillik-kırmızılık değeri
b^*	Mavilik-sarılık değeri
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
ΔE	Toplam renk değışimi
L^*	Beyazlık-siyahlık göstergesi
\pm	Standart sapma
$\%$	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

AlCl ₃	Alüminyum klorür
CuCl ₂	Bakır klorür
CUPRAC	Cu(II) İyonu indirgeyici antioksidan kapasite
DPPH	1,1-difenil-2-pikril hidrazil
g	Gram
GAE	Gallik asit eşdeğeri
kob	Koloni oluşturan birim
log	Logaritma
M	Molarite
mL	Mililitre
N	Normalite
NA	Nutrient Agar
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat
NaNO ₂	Sodyum nitrit
NaOH	Sodyum hidroksit
NH ₄ Ac	Amonyum asetat
Nm	Nanometre
QE	Kuersetin eşdeğeri
TEAC	Troloks eşdeğeri
TF	Toplam flavonoid madde
TFM	Toplam fenolik miktarı
TMAB	Toplam mezofilik aerobik bakteri
UV-C 1	3,02 J/cm ² UV-C dozu
UV-C 2	2,97 J/cm ² UV-C dozu
UV-C 3	6,04 J/cm ² UV-C dozu
UV-C 4	5,95 J/cm ² UV-C dozu

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Arı poleni	5
Şekil 2.2 Tuzaklı kovan	9
Şekil 2.3 Elektromanyetik spektrum	12
Şekil 3.1 Polenlerin ekstraksiyonu	20
Şekil 3.2 Üst sırada taze, alt sırada kurutulmuş haşhaş, hardal, tavşan otu ve gelincik polenleri	23
Şekil 4.1 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin TFM miktarı	30
Şekil 4.2 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin TF miktarı.....	31
Şekil 4.3 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin antioksidan kapasitesi.....	31
Şekil 4.4 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin TFM miktarı	33
Şekil 4.5 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin TF miktarı.....	33
Şekil 4.6 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin antioksidan kapasitesi.....	34
Şekil 4.7 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin TFM miktarı	35
Şekil 4.8 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin TF miktarı.....	36
Şekil 4.9 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin antioksidan kapasitesi.....	36
Şekil 4.10 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin TFM miktarı	38
Şekil 4.11 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin TF miktarı. 38	38
Şekil 4.12 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin antioksidan kapasitesi.....	39
Şekil 4.13 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin TMAB sayısı ..	42
Şekil 4.14 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin maya sayısı ...	42
Şekil 4.15 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin küf sayısı	43
Şekil 4.16 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin koliform bakteri sayısı	43
Şekil 4.17 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin enterobakter sayısı	44
Şekil 4.18 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin sporlu bakteri sayısı	44

Şekil 4.19 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik poleninin psikrofilik sayısı	45
Şekil 4.20 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninin TMAB sayısı	46
Şekil 4.21 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninin maya sayısı	47
Şekil 4.22 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninin küf sayısı	47
Şekil 4.23 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninin koliform bakteri sayısı	48
Şekil 4.24 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninin enterobakter sayısı	48
Şekil 4.25 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninin sporlu bakteri sayısı	49
Şekil 4.26 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninin psikrofilik bakteri sayısı	49
Şekil 4.27 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş poleninin TMAB sayısı ...	51
Şekil 4.28 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş poleninin maya sayısı	51
Şekil 4.29 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş poleninin küf sayısı	52
Şekil 4.30 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş poleninin koliform bakteri sayısı	52
Şekil 4.31 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş poleninin enterobakter sayısı	53
Şekil 4.32 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş poleninin psikrofilik sayısı	53
Şekil 4.33 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu poleninin TMAB sayısı	55
Şekil 4.34 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu poleninin maya sayısı	55
Şekil 4.35 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu poleninin küf sayısı ..	56
Şekil 4.36 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu poleninin koliform bakteri sayısı	56
Şekil 4.37 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu poleninin enterobakter sayısı	57
Şekil 4.38 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu poleninin psikrofilik bakteri sayısı	57

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Arı polenin potansiyel teröpatik özellikleri ve bunlardan sorumlu olduğu tahmin edilen bileşenler.....	7
Çizelge 2. 2 Gıda ışınlama teknolojisinin çeşitli uygulamalar için doz gereksinimleri	14
Çizelge 2.3 Ultraviyole Işığın bölgeleri	15
Çizelge 4.1 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının polenlerin kuru madde içeriklerine etkisi (%)	24
Çizelge 4.1 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının polenlerin kuru madde içeriklerine etkisi (%)(devamı)	25
Çizelge 4.2 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının polenlerin a_w değerlerine etkisi	26
Çizelge 4.3 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının gelincik polenin renk değerlerine etkisi.....	27
Çizelge 4.4 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının haşhaş polenin renk değerlerine etkisi.....	27
Çizelge 4.5 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının hardal polenin renk değerlerine etkisi	28
Çizelge 4.6 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının tavşan otu polenin renk değerlerine etkisi.....	28
Çizelge 4.7 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının gelincik polenin biyoaktif özelliklerine etkisi.....	30
Çizelge 4.8 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının haşhaş polenin biyoaktif özelliklerine etkisi.....	32
Çizelge 4.9 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının hardal polenin biyoaktif özelliklerine etkisi.....	34
Çizelge 4.10 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının tavşan otu polenin biyoaktif özelliklerine etkisi.....	37
Çizelge 4.11 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının gelincik polenin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (log kob/g)	41
Çizelge 4.12 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının hardal polenin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (log kob/g)	46
Çizelge 4.13 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının haşhaş polenin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (log kob/g)	50
Çizelge 4.14 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının tavşan otu polenin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (log kob/g)	54

FARKLI MONOFLORAL ARI POLENLERİNİN IŞINLAMA VE UV İLE DEKONTAMİNASYONU

Selma KAYACAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Polen bal arıları tarafından çiçeklerden toplanan ve onların ağız salgıları ile nemlendirerek oluşturdukları besin değeri yüksek bir biyoaktif gıdadır. Ülkemiz arı ürünleri bakımından oldukça zengin bir ülke olmasına karşın, ülkemizde arı ürünlerinin nitelikli doğal ürünler olarak pazara sunulmasında henüz bir standardizasyon oluşmamıştır. Polen yüksek su içeriği ve besin değeri nedeniyle mikroorganizmalar tarafından bozulmaya maruz kalabilir. Bu nedenle polenin tüketime sunulması için kurutulması önemlidir. Ancak polen çeşitli nedenlerle mikrobiyal kontaminasyona maruz kalabileceğinden ve bu da mikotoksin oluşumu gibi önemli sorunlara sebep olabileceğinden tüketime sunulmadan önce dekontaminasyonun sağlanması önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada dört farklı monofloral polenin, vakum kurutucu ile kurutulduktan sonra gama ışınlama ve UV-C uygulamasının polenin mikrobiyal yükü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kullanılan polenler gelincik, haşhaş, hardal ve tavşan otu polenleridir. Dekontaminasyon etkinliğini belirlemek için toplam mezofilik aerobik (TMAB) bakteri, toplam maya ve küf, koliform, enterobakter, sporlu bakteri ve psikrofilik bakteri sayımı yapılmıştır. Ayrıca gama ışınlama ve UV-C uygulamasının polenlerin toplam fenolik madde miktarına, toplam flavonoid içeriğine, antioksidan kapasitesine, su aktivitesine, kuru madde miktarına ve rengine etkisi incelenmiştir. Taze polenler arasında en fazla toplam mezofilik bakteri yükü $7,40 \pm 0,01$ log kob/g ile gelincik poleninde bulunmuştur. Yöntemlerin dekontaminasyon etkinlikleri karşılaştırıldığında gama ışınlamanın daha etkili olduğu görülmüştür. Haşhaş poleni için 7,5 kGy, hardal

poleni için TMAB dışında 5 kGy, gelincik poleni için küf dışında 10 kGy, tavşan otu poleni için küf ve psikrofilik bakteri dışında 7,5 kGy dozunda ışınlama mikroorganizmaları tespit edilemeyen seviyelere indirmiştir. Kurutulan polenlerin genellikle toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarı azalmış, yapılan uygulamalar kıyaslandığında istatistiksel olarak bu özelliklere çok büyük bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Ayrıca kurutulmuş polenlerin toplam renk değişimi değerleri ile gama ışınlama ve UV-C uygulanmış polenlerin renk değişimi karşılaştırıldığında birbirine yakın oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arı poleni, dekontaminasyon, antioksidan, gama ışınlama, ultraviyole



**DECONTAMINATION OF DIFFERENT MONOFLORAL BEE POLLENS BY
GAMMA IRRADIATION AND UV-C APPLICATION**

Selma KAYACAN

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Pollen is a bioactive food with high nutritional value, which is gathered from flowers by honey bees. Although Turkey is a very rich country in point of bee products, there is no standardization about bee products to put on market as qualified products. Due to high water content and nutritional value, pollen can be exposed to spoilage by microorganisms. For this reason, it is important that drying of pollen for consumption. Decontamination of pollen is important before pollen is delivered to the market, because pollen can be exposed to microbial contamination due to different reasons, which can cause significant problems such as mycotoxin formation. In this study, four different monofloral bee pollen was dried using vacuum dryer. Dried pollen was gamma irradiated and treated with UV-C. In this study, poppy, opium poppy, mustard and rabbit weed pollen were used. In order to investigate the decontamination efficiency of gamma irradiation and UV-C application, counting of total mesophilic aerobic bacteria, total yeast and mould, coliform, enterobacter, spore forming bacteria and psychrophilic bacteria were made. Also, the effects of gamma irradiation and UV-C application on total phenolic content, total flavonoid content, antioxidant capacity, water activity, dry matter content and color of pollens were investigated. Among the fresh pollen, the highest total mesophilic aerobic bacterial load was found in poppy pollen, $7,40 \pm 0,01$ log cfu/g. When compared the decontamination efficiency of gamma

irradiation and UV-C application, it was obvious that gamma irradiation was more efficient. Microorganisms could not determine for opium poppy pollen at 7,5 kGy, for mustard pollen at 5 kGy except total mesophilic aerobic bacteria, for poppy pollen at 10 kGy except mould and for rabbit weed pollen at 7,5 kGy except mould and psychrophilic bacteria. Generally, total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant capacity were decreased after drying processes. These properties did not change differently ($p>0,05$) after gamma irradiation and UV-C application when compared drying process. Total color change of dried pollens was found close to each other after gamma irradiation and UV-C application.

Keywords: Bee pollen, decontamination, antioxidant, gamma irradiation, ultraviolet



1.1 Literatür Özeti

Türkiye sahip olduğu elverişli ekolojik ve coğrafik yapısı, zengin florası ve 6 milyonun üzerindeki koloni varlığı ile dünya arıcılık sektöründe önemli bir konumdadır. Arıcılık dendiğinde akla ilk bal gelir ancak bal dışında hem arılar hem de insanlar için önemli olan polen, propolis, arı sütü, arı zehiri ve bal mumu gibi arı ürünleri de üretilmektedir [1]. Bu arı ürünlerinden biri olan polen, besin değeri yüksek bir biyoaktif gıdadır. Arı poleni keşfedilen en zengin ve saf gıdalardan biridir. Polenin şaşırtıcı besinsel ve tıbbi değeri yüzyıllardır bilinmektedir [2]. Antik çağlarda, soğuk algınlığı, grip, ülser, erken yaşlanma, anemi ve kolit gibi durumları hafifletmek veya iyileştirmek gibi tıbbi özelliklerinden dolayı polen insanlar tarafından kullanılmıştır. Arı polenlerinin lipidler, şekerler, proteinler, amino asitler, vitaminler, karotenoidler, flavonoidler gibi polifenoller ve karbonhidrat içerdiği bilinmektedir [3]. Polen, erkek organdan peteğe kadar mikrobiyal kontaminasyona maruz kalabilir. Bu kontaminasyon bal arıları, hava, bitkiler, böcekler, hayvanlar, insanlar ve tarım aletleri gibi pek çok faktör ve kaynak ile ilişkili olabilir. Ayrıca polenler toplandıktan sonra hızlı ve yeterli kurutma yapılmadığında, arı poleni mikotoksin gelişimi ve istenmeyen fermentasyonlar için uygun bir substrat olur [4]. Polenin raf ömrünü arttırmak için kurutulması gerekmektedir [5].

Literatürde polenin kurutulmasıyla ilgili bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan birinde Canale ve vd. [6] polenin istenilen su içeriğine kurutulurken biyoaktif bileşenlerin diğer yöntemlere göre daha iyi korunması nedeniyle poleni mikrodalga destekli vakum kurutma yöntemiyle kurutmuşlar ve metodun etkinliğini tespit etmek amacıyla

kurutmadan sonra polenin besinsel özellikleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak mikrodalga destekli vakum kurutmanın işlem uygulanmamış polenlerle karşılaştırıldığında, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içeriğinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Polen mikrodalga destekli vakum kurutma ile kurutulmuştur. Bu yöntemin seçiminin sebebi, polenin istenilen su içeriğine kurutulurken biyoaktif bileşenlerin diğer yöntemlere göre daha iyi korunmasıdır. Metodun etkinliğini tespit etmek amacıyla kurutmadan sonra polenin besinsel özellikleri için analizler yapılmıştır. Sonuçlar mikrodalga destekli vakum kurutmanın, toplam fenolik madde içeriğini olumsuz yönde etkilemediğini, işlem uygulanmamış polenlerle karşılaştırıldığında, kurutulmuş polenlerde miktarın arttığını belirtmişlerdir. Toplam flavonoid içeriğinde, uygulanan işleme göre az miktarda artış olduğu tespit edilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Ülkemiz arı ürünleri bakımından oldukça zengin bir ülke olmasına karşın, ülkemizde arı ürünlerinin nitelikli doğal ürünler olarak pazara sunulmasında henüz bir standardizasyon oluşmamıştır. Bu arı ürünlerinden biri olan polen, besin değeri yüksek bir biyoaktif gıdadır. Polen toplandığı zaman %20-30 civarında su içermektedir. İçerdiği su ve besin faktörleri nedeniyle polen, mikroorganizmalar tarafından bozulmaya elverişlidir. Bu nedenle kurutularak tüketilmektedir, ancak polenin kurutulma yöntemi içerdiği biyoaktif bileşenler dolayısı ile önemlidir. Diğer taraftan, sadece kurutma işlemi ile polenin mikroorganizma yükü uygun seviyeye indirilemeyebilir. Bu çalışmanın amacı, taze polenlerin nem içeriği yaklaşık %6 olana kadar uygun kurutma yöntemi ile kurutup, ardından gama ışınlarına ve ultraviyole ışınlarına maruz bırakarak dekontaminasyonun sağlanmasıdır. Uygulamaların etkinliğini tespit etmek amacıyla taze polen, kurutulmuş polen ve ışınlanmış polenlerin mikrobiyolojik analizler ile biyoaktif bileşen, renk, kuru madde ve su aktivitesindeki değişim incelenmiştir.

1.3 Hipotez

Polenin biyoaktif bir gıda olduğu pek çok çalışmada vurgulanmış ve polenin mikrobiyotası üzerine araştırmalar yapılmış olup ve küf, maya ve bakteri gelişimi için uygun bir substrat olduğu bilinmektedir. Polenin, yapılan ön denemelerle ısıya duyarlı

bileşenlerin korunması açısından daha uygun olduğu tespit edilen vakum kurutucu ile istenilen nem miktarına ulaşacak şekilde kurutulması planlanmıştır. Kurutulmuş polenlere, gama ışınlama ve ultraviyole (UV) uygulaması yapılarak mikroorganizma yükü azalması hedeflenmiştir. Her aşamada yapılacak olan mikrobiyolojik analizler, fiziksel analizler ve biyoaktivite analizleri ile sonuçların karşılaştırılması ve polen standardizasyonunun sağlanabilmesi için uygun yöntemin tespit edilebileceği öngörülmüştür.



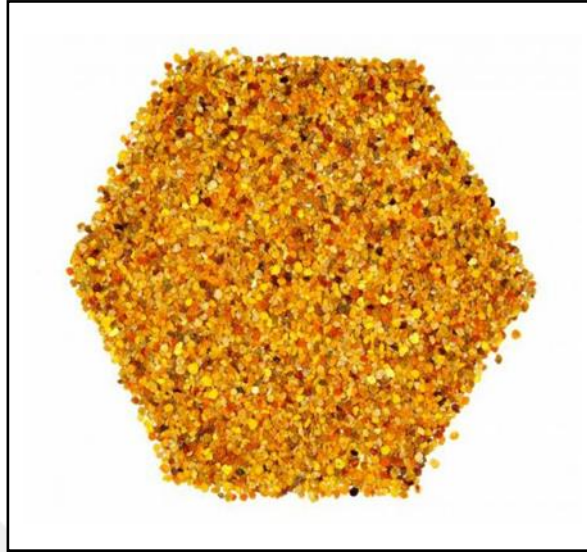
KURAMSAL TEMELLER

2.1 Arı Poleni

Polen çiçekli bitkiler tarafından üretilen ve arılar tarafından toplanan, ince toz halinde bir maddedir. Polenler çiçeklerin erkek üreme hücreleridir [7]. Polen taneleri iki katlı hücre duvarı tarafından çevrilmiştir. İçteki hücre duvarı intin olarak adlandırılırken dıştaki eksin olarak adlandırılır. Eksin fizikokimyasal faktörlere karşı oldukça dirençlidir [8]. Polenler yuvarlak şekillidirler. Boyut olarak farklılık gösterebilirler. Minimum 6 mm, maksimum 300 mm boyutlarında olabilirler. Sarı, siyah, mor, mavi, yeşil, kırmızı gibi farklı renk ve tona sahip olabilirler. Polenlere rengini veren madde karotenoidlerdir [9].

Arılar çiçekli bitkilerden nektar aldığı sırada polen tozları arıların vücutlarındaki kıllara yapışır. Bacaklarını kullanarak bu polenleri arka bacaklarındaki polen sepetlerine depolarlar [10]. Arılar polenleri, ağız salgıları ile nemlendirerek birbirlerine tutunmasını sağlarlar. Arıların polenleri nemlendirdiği salgılar amilaz, katalaz gibi farklı enzimler içerirler [11]. Böylece polenlerin pellet yani toprak haline gelmesi sağlanır. Bu yapıya arı poleni denir [12]. Polen pelletlerinin standart özellikleri araştırıldığında botanik taksonları hakkında bilgi edinilir. Eğer tek bir botanik takson varsa bu pelletler monofloral olarak adlandırılır. İşçi arılar polen toplamak için belirli bir bitki türüne yönelirler. Bazen de arılar farklı bitkileri ziyaret ederler ve farklı polenler içeren polen pelletleri oluştururlar. Bu nedenle monofloral polenler, topladıkları bitki ile aynı organoleptik ve biyokimyasal özellikleri gösterirken, heterofloral pelletler farklı özelliklere sahiptir [13].

Arıların çiçekleri ziyaretinin başlıca sebebi, polen ve nektar toplamaktır. Nektar karbonhidrat kaynağı olarak kullanılırken, polen protein kaynağı olarak kullanılmaktadır [12]. Şekil 2.1’de arı poleni gösterilmiştir [14].



Şekil 2.1 Arı poleni

2.1.1 Arı Poleninin Bileşimi

Gelişmiş analitik teknikler (kromatografi, spektrometri) ile arı poleninde farklı bitki türlerinden kaynaklanan yaklaşık 200 kimyasal bileşenin tanımlanması yapılmaktadır [15]. Arı polenin ana bileşenleri karbonhidratlar, ham lif, proteinler ve lipitlerdir. Diğer minör bileşenler mineraller ve iz elementler, vitaminler ve karotenoidler, fenolik bileşenler, flavonoidler, steroller ve terpenlerdir [16]. Polen, kaynağına göre farklılık göstermekle beraber, genellikle %35 karbonhidrat, %20 protein, %20 su, %5 lipit ve %20 diğer maddelerden oluşur [17]. Arı polenin biyolojik aktivitesi polenin içerdiği polifenoller ve flavonoidlerden kaynaklanan yüksek antioksidatif potansiyel ile ilgilidir [18]. Polen arılar için esansiyel olan arginin, histidin, lösin, isolösin, lisin, metiyonin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin gibi aminoasitleri içerir. Ayrıca esansiyel olmayıp gelişmeye katkı sağlayan prolin, glisin ve serin aminoasitleri de bulunur [19]. Arı poleni insanlar için gerekli olan tüm esansiyel aminoasitleri içeren, tek mükemmel gıda olarak adlandırılır. Ancak arı polenin bileşimi bitki kaynağına ve coğrafik orijine, iklim koşulları, toprak çeşidi ve arıcının faaliyetlerine bağlıdır [20].

2.1.2 Arı Poleninin Antioksidan Özellikleri

Aerobik mikroorganizmaların elektron taşıma zinciri ile aktif fagositoz gibi metabolik yollarında başta süperoksit anyon (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2), hidroksil radikperoksil radikal ($ROO\cdot$), alkoksil radikal ($RO\cdot$), hidroklorikasit ($OHCl$) ve peroksinitrit ($ONOO^-$) olmak üzere sürekli olarak ROS'lar oluşmaktadır. ROS'lar, DNA, protein, lipit gibi büyük molekülleri etkiler ve oksidatif tahribata sebep olurlar. Küçük miktarlarda, çabuk okside olabilen maddelerin oksidasyonunu önleyen veya büyük oranda geciktiren maddeler olarak tanımlanan antioksidanlar, ROS'ların antagonistleridir. Antioksidanların etkisi sınırlı olduğundan, ROS oluşumu biyolojik sistemlerin antioksidan kapasitesini geçtiği zaman oksidatif stres oluşur. Bu sebepten antioksidanların gıdalar yolu ile vücuda alımı, kanser, kardiyovasküler hastalıklar gibi bazı hastalıkları önlemede ve yaşlanmayı geciktirme açısından önemlidir [21].

Polenin antioksidatif etkisi antioksidan enzimler ve fenolik maddeler, karotenoidler, C vitamini, E vitamini ve glutatyon gibi ikincil metabolit içeriği ile ilişkilendirilebilir. Flavonoidler en çok bulunan ve sık sık çalışılan düşük molekül ağırlıklı polifenollerdir. Arı poleni ayrıca, kuersetin, kafeik asit, kafeik asit fenetil ester (CAPE), rutin, pinocembrin, apigenin, chrysin, galangin, kaempferol ve isoramnetin içerir. Arı poleninde bulunan flavonoidlerin, elektrofillerin inaktivasyonu, serbest radikalleri, ROS'ları yakalama ve onların mutajen olmalarını önleme kapasitesine sahip olduğu pek çok çalışmada gösterilmiştir [15]. Ayrıca farklı botanik orjinlere ait polenlerin farklı antioksidan kapasitesine sahip olduğu öne sürülmüştür. Bu, toplam flavon içeriğinden çok spesifik flavon ve fenolik asit profili ile ilgilidir [22].

2.1.3 Arı Poleninin Sağlık Üzerine Etkileri

Polenin günlük tüketimi bağırsak fonksiyonlarını düzenleyebilir, kardiyovasküler sistem üzerinde faydalı etkiler sağlar. Ayrıca, damar sertliği, mide ve bağırsak iltihapları, solunum hastalıkları, prostat problemleri, alerjiye karşı hassasiyet azalması, kardiyovasküler ve sindirim sistemi, vücut direnci ve yaşlanmayı geciktirme üzerinde faydalı etkileri olduğu bildirilmiştir [23]. Yakın zamanda yapılan çalışmalar polenin antioksidan [22], [24] antimutajenik [25] antibakteriyel [7], anti-inflamatuar [26], immün düzenleyici ve antialerjenik [15] etkileri gibi olumlu özelliklerinin olduğunu göstermiştir.

Tablo 2.1, polenin potansiyel teröpatik özellikleri, bu özelliklerden sorumlu olan bileşenleri ve bu bileşenlerin tahmin edilen mekanizmaları gösterilmiştir [15].

Çizelge 2. 1 Arı polenin potansiyel teröpatik özellikleri ve bunlardan sorumlu olduğu tahmin edilen bileşenler

Arı polenin potansiyel teröpatik özellikleri	Bu özellikten sorumlu olduğu bilinen bileşenler ve bunların tahmin edilen etkileri
Anti-inflamatuar	Flavonoidler, polifenoller, tat verici maddeler, yağ asitleri, fitosteroller ↓Proinflamatuvar nükleer faktör kappa hafif zincir güçlendirici aktif B hücreleri
Anti-oksidatif	Antioksidan enzimler, flavonoidler, fenolik bileşenler, karotenoidler, vitamin C, vitamin E, glutation ↓ROS
Anti-karsinojenik	Flavonoidler, fenolik asitler ↑TNF-alfa, ↓ROS, ↑apoptoz
Anti-bakteriyel, Anti-fungal	Flavonoidler, fenolik asitler, glukoz oksidaz Sitoplazmik membran degradasyonu hücre otolizi
Anti-alerjenik	Flavonoidler, steroidler, uçucu yağ bileşenleri ↓Mast hücrelerinin aktivasyonu ↓IgE nin FcεRI'ya bağlanması ↓Histamin salgılanması
Anti-aterosklerotik	Serbest yağ asitleri formları: omega-3, alfa-linolenik asit ↓Toplam lipit, ↓triacilgliserol, ↓kolesterol, ↓trombosit agresyonu, ↑fibrinolitik aktivite

2.1.4 Arı Poleninin Mikrobiyotası

Polenin kontaminasyonu bal arıları, hava, bitkiler, böcekler, hayvanlar, insanlar ve tarımsal aletler gibi pek çok faktör ve kaynakla ilişkili olabilir. Ayrıca polenler toplandıktan sonra hızlı ve yeterli kurutma yapılmadığında, arı poleni mikotoksin gelişimi ve istenmeyen fermentasyonlar için uygun bir substrat olur. Düzgün bir şekilde

depolanmadığı takdirde, içerdiği yüksek miktarda proteinden dolayı besin değerini Maillard reaksiyonuna maruz kalarak hızlıca kaybedebilir [4].

Balın aksine polen küf, maya ve bakteriler tarafından bozulmaya elverişlidir. Özellikle insan tüketimi için polende kalite kontrol çok önemlidir. Su aktivitesi ve nem içeriği, polenin raf ömrü ve organoleptik özelliklerinde önemli bir rol oynar. Su miktarı fazla olduğunda, başta maya ve küf kontaminasyonu olmak üzere, mikrobiyal kontaminasyon artabilir. İnsan tüketimi için ambalajlanmış polenlerin su aktivitesi genellikle 0,3 olmalıdır [27].

Gonzales vd. [28], polenlerde mikotoksin oluşturan fungusların izolasyonunu yapmışlardır. Çalışmada farklı fungus türlerine rastlanmıştır. Polen örneklerinin %80'inin *Aspergillus*, %90'ının *Penicillium*, %86,6'sının *Alternaria*, %53,3'ünün *Fusarium* türleri ile kontamine olduğu tespit edilmiştir ve izole edilen fungusların mikotoksin oluşturma kabiliyetleri incelenmiştir. *Penicillium verrucosum*, *Aspergillus niger*, *A. carbonarius*, *A. ochraceus*, *A. flavus*, *A. parasiticus* ve *Alternaria* spp.'nin potansiyel mikotoksin üreticisi olduğu tespit edilmiş ve HPLC ile yapılan deneyler sonucunda *A. carbonarius*, *A. ochraceus*, *P. verrucosum* ve *A. niger* okratoksin A, *A. flavus* ile *A. parasiticus*'un aflatoksin B1 oluşturduğu tespit edilmiştir. Tüm örneklerin maya ile kontamine olduğu ve küflere oranla daha fazla buldukları bildirilmiştir.

Bonvehi ve Jorda [29] İspanya'da toplanan polenlerin mikrobiyolojik kalitesi üzerine yaptıkları bir çalışmada, polenlerde yüksek oranda küf, toplam aerobik bakteri içerdiği ayrıca koliform ve *Streptococcus* (grup D) varlığı tespit edilmiştir. Polenlerde eliza testi ile yapılan aflatoksin tespitinde ise aflatoksine rastlanmamıştır.

Melo vd. [30] 9 farklı Brezilya şehrinden toplanmış 45 kurutulmuş polen örneği için yaptıkları araştırmada, polen örneklerinde sülfid indirgeyen *Clostridium* sporları, *Salmonella*, koagülaz pozitif *Staphylococcus auerus* ve *Escherichia coli* için sonuçları negatif olarak bulmuşlardır. Toplam aerobik mezofilik mikroorganizma sayımında oranın 10^4 dan $1,10 \times 10^4$ kob/g'a, psikrotrof sayımında 10^4 dan $1,12 \times 10^3$ kob/g, toplam koliform sayımında 10^4 dan $2,80 \times 10^3$ kob/g, maya ve küf sayımında ise 10^4 dan $7,67 \times 10^3$ kob/g değiştiği tespit edilmiştir.

2.1.5 Arı Poleninin Üretim Aşamaları

Polen sepetinde kovana getirilen polenler değişik şekil ve tipteki tuzaklar ile toplanırlar. Bu tuzaklar metal veya plastik levhalar ve çekmecedan oluşurlar ve arının geçebileceği şekildedirler. Arı kovana geldiğinde, arka bacaklarında bulunan poleni levhalar aracılığı ile çekmeceye düşürür ve çekmeceye dolan polenler her gün veya iki günde bir toplanır [31]. Polenin bozulmasını önlemek için toplandıktan hemen sonra işlenmelidir. İnsan tüketimine sunulacak polen 3 aşamadan geçer. Bu aşamalar kurutma, temizleme ve depolamadır [32]. Şekil 2.2’de polen tuzağı gösterilmiştir [33].



Şekil 2.2 Tuzaklı kovan

2.1.5.1 Kurutma

Kurutma gıdaların uzun süreli muhafazası için en önemli metotlardan biridir. Gıdalardan suyun uzaklaştırılması bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların gelişmesini ve çoğalması engeller, enzimlerin çalışmasını yavaşlatır ve suyun sebep olduğu bozulma reaksiyonları minimize edilir. Kurutma prosesi, tarımsal ürünlerin raf ömrünü etkili bir şekilde arttırmasına rağmen, istenmeyen tekstürel ve biyokimyasal değişiklikler nedeniyle geleneksel kurutma sırasında ürünün duyuşal özellikleri ve besin değerinde kayıp meydana gelir [34]. Kurutma yönteminin seçimi yüksek kaliteli ürün eldesi, ısıya duyarlı gıda bileşenlerin korunması, istenen renk ve tekstürün sağlanması açısından çok

önemlidir. Gıdanın yapısı, kurutma yöntemi, kurutma koşulları ve kurutmadan önce yapılan işlemler gibi kurutulmuş ürünün kalitesini etkileyen pek çok faktör vardır [35].

Polen kurutmanın amacı içerdiği suyu uzaklaştırarak, mikrobiyal bozulmayı minimize etmektir. Ayrıca kurutma ile ağırlık ve hacimde önemli bir azalma elde edilir. Bu da taşıma, depolama ve dağıtma masraflarını azaltılmasına yardımcı olur [5]. Depolama için istenilen su içeriği %2,5-%6 arasındadır [32].

Bazı bölgelerde poleni kurutmak için güneşte kurutma kullanılır. Güneşte kurutma prosesi uzun sürmesi, kurutma esnasında mikrobiyal bozulmanın artması ve hijyenik koşulların iyi olmaması nedeniyle uygun değildir. Sıcak hava ile kurutma uygun bir prostedir ve ticari ürünler için sıklıkla uygulanır. İşlem süresi daha makuldür. Hijyenik koşullar daha iyidir ve kurutma süresi kontrol edilebilir. Tepsili kurutucu bir hazne içerir, gıdanın bulunduğu tepsiler birbirleri üzerine yerleşirler. Sıcak havadan gelen ısı, gıdaya çoğunlukla konveksiyon ile transfer edilir. Kurutma koşullarının kontrolünün iyi bir şekilde yapılması nedeniyle gıda endüstrisinde bu kurutucular oldukça yaygın olarak kullanılır [5].

Vakum Kurutma: Vakum kurutma, renk, yapı ve vitamin bakımından sıcaklık arttıkça zarar gören ısıya duyarlı pek çok gıdada yaygın olarak kullanılmaktadır. Vakum kurutma, tat, koku ve rehidrasyon özellikleri açısından daha iyi ürün kalitesi sağlar. Ayrıca işlem sırasında düşük sıcaklık, kurutma hızının iyileştirilmesi ve büzüşmenin azaltılması gibi bazı avantajları vardır [36]. Vakum kurutmada oksijen olmadan nem uzaklaştırıldığı için, son üründe kahverengileşme gibi oksidatif bozulma reaksiyonları düşük olur [37].

Meyve, sebze ve ısıya duyarlı gıdaların kurutulmasında, vakum kurutma başarılı olarak kullanılmaktadır. Tat ve besin değerinin madde yapısının içinde tutulmasını sağladığından yüksek kaliteli ürün elde edilir [36].

2.1.5.2 Temizleme

Polen yaklaşık %6 neme kurutulduktan sonra yabancı maddeler polenlerden ayrılır. Ana temizleme bir seri eleklerle yapılır. Öncelikle tozlar ince cam elyaf fiber elek ile uzaklaştırılır. Ardından polenler yaklaşık 3 mm'lik örgü elekten geçirilir. Böylece daha

büyük yabancı maddeler uzaklaştırılır. Kalan bazı yabancı maddeleri elle ayırmak gerekebilir [35].

2.1.5.3 Depolama

Polenler kurutulduğunda 0-4°C'de 6 ay süreyle, taze polenler ise -17±2°C'de derin dondurucuda iki yıl süreyle saklanabilir. Kurutulmuş polenler daha uzun süre saklanacaklarsa karbondioksit gazı (CO₂) ile muamele edilmelidir [38].

2.2 Gıdaların Dekontaminasyonu

Termal ve kimyasal inaktivasyon teknikleri geleneksel olarak gıdaların dekontaminasyonunda kullanılmaktadır. Ancak termal metotlar, sıcaklığa duyarlı ürünler için uygun değildir ve gıdanın kalitesini bozabilir. Kimyasal metotlar, toksisite ve istenmeyen kalıntı gibi nedenlerle endişeye sebep olurlar. Bu nedenle, gıdaların dekontaminasyonunda ısıdan ve kimyasaldan kaçınmayı amaçlayan alternatif metotlar geliştirilmiştir [39]. Soğuk pastörizasyon olarak adlandırılan ışınlama [40] ve soğuk bir proses olan UV [41] bu alternatif metotlar arasında sayılabilir.

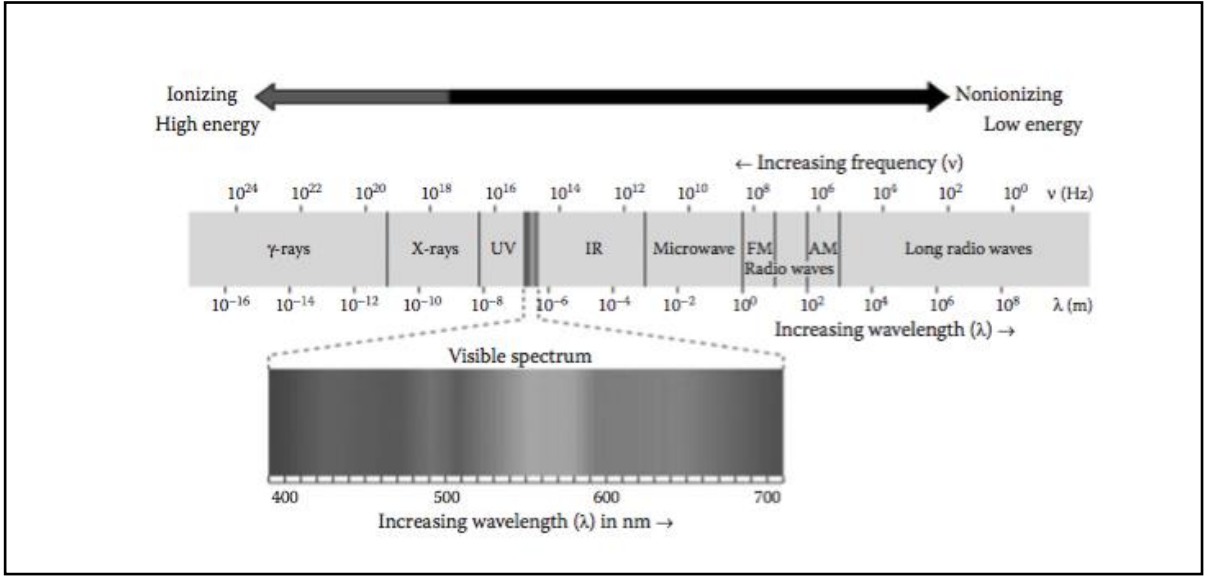
2.2.1 Işınlama Teknolojileri

Radyasyon iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan olmak üzere iki çeşittir. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonunun, düşük enerjili radyasyon olarak, iyonlaştırıcı radyasyon ise yüksek enerjili radyasyon olarak tanımlanır [42].

İyonlaştırıcı radyasyon: Çarptığı maddede yüklü partiküller oluşturan radyasyondur. Alfa partikülleri, beta partikülleri, X ışınları, gama ışınları ve nötronlar iyonlaştırıcı radyasyondur [43].

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon: İki çeşittir. Bunlar infrared (IR) ve ultraviole (UV)'dir [43].

Şekil 2.3'de gama ve UV ışınlarının elektromanyetik spektrumdaki aralıkları gösterilmiştir [44].



Şekil 2.3 Elektromanyetik spektrum

2.2.2 Gıdaların Işınlanması

Gıda ışınlanması, mikroorganizma ve böceklerin sayısını azaltarak veya elimine ederek, gıdaların raf ömrünü arttıran ve gıda güvenliğini iyileştiren bir teknolojidir. Sütün pastörizasyonu, sebze ve meyvelerin konserve edilmesi gibi, ışınlama da gıdayı tüketiciler için daha güvenli bir hale getirir [45].

Gıda ışınlama, patojen mikroorganizmalarla kontamine olabilecek gıdalar için önemli bir tekniktir. Düzgün bir şekilde uygulama yapıldığında, gıda kaynaklı hastalıkların azalmasında ve gıda alanındaki bazı potansiyel problemlerin azalmasında etkili olabilir. [46].

En fazla ışınlanan gıdalar baharatlardır. Ticari olarak bulunan diğer ışınlanmış gıdalar bazı meyve ve sebzeler, pirinç, patates, soğan, sosis ve kurutulmuş balıktır (Balık, sadece Bangladeş’de bulunmaktadır) [47].

Gıda ışınlanması, gıdaların bazı amaçlar için, belirli sürede, kontrollü miktarda iyonize enerjiye maruz bırakılmasıdır [48].

2.2.2.1 Gıdaların Işınlanmasında Kullanılan Kaynaklar

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (United States Food and Drug Administration) gıdaların ışınlanması için gerekli olan radyasyon kaynaklarının düzenlenmesinden sorumludur [45]. Gıda ışınlanması için onaylanan radyasyon enerjileri; ^{60}Co ya da ^{137}Cs gibi

radyonüklitlerden yayılan gama ışınları, maksimum 5 milyon elektron volt enerjiye sahip, makinalar tarafından üretilen x ışınları ve maksimum enerjisi 10 milyon elektron volt olan elektronlardır. Bu üç ana radyasyon türü iyonlaştırıcı radyasyonlardır. Çünkü bunların enerjileri, elektronları atom ve moleküllerden çıkarıp onları iyon olarak adlandırılan kullanılan elektrik yüklü parçacıklara dönüştürür ve bu sayede gıda ışınlanmasında kullanılabilirler [44].

Bu radyasyonların seçilmesinin nedenleri,

- 1.Gıdada istenilen etkiyi sağlarlar.
 - 2.Gıdada veya gıdanın paketlenme materyalinde radyoaktiviteye sebep olmazlar.
 - 3.Prosesin pratik olarak kullanımına izin verilen miktarlarda ve maliyette bulunurlar [49].
- Çizelge 2.2 'de ışınlanmanın kullanım amaçları ve doz gereksinimleri verilmiştir [44].

Çizelge 2. 2 Gıda ışınlama teknolojisinin çeşitli uygulamalar için doz gereksinimleri

	Uygulama amacı	Doz (kGy)	Ürünler
Düşük doz (1kGy'e kadar)	Filizlenmeyi önleme	0,05-0,15 0,25-0,30	Patates, soğan, sarımsak, zencefil, vb. Kestane
	Böcek ve parazit dezenfeksiyonu	0,15-0,50	Tahıllar ve baklagiller, taze ve kuru meyveler ve sebzeler, kuru balık ve et, taze domuz eti, hayvan yemi, vb.
	Fizyolojik olgunlaşmanın geciktirilmesi	0,50-1,00	Taze sebze ve meyveler
Orta doz (1-10 kGy)	Raf ömrünün arttırılması	1,0-3,0	Çilek, taze balık, vb.
	Bozulmaya yapan ve patojen mikroorganizmaların eliminasyonu	1,0-7,0	Taze ve dondurulmuş deniz ürünleri, çiğ ve dondurulmuş beyaz et ve kırmızı et, hayvan yemi, vb.
	Gıdaların fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi	2,0-7,0	Suyu uzaklaştırılmış baklagiller ve sebzeler (pişirme süresinin azaltma) Üzüm (meyve suyu verimini arttırma)
Yüksek doz (10 kGy üzeri)	Dekontaminasyon	3,0-10,0	Baharatlar, otlar, kanatlı yemleri, vb.
	Ticari sterilizasyon	10,0-	Paketleme materyalleri, hayvan yemleri, enzimler, hastane yemleri, uzay gıdaları, virüsler, vb.

Işınlanmış bir gıdanın birim kütlesi başına absorbe edilen enerji miktarına absorbe edilmiş doz veya kısaca doz denir. Absorbe edilmiş doz, ışınlanmış materyalin birim kütlesi tarafından absorbe edilen iyonize radyasyon ile orantılıdır ve uygulamanın etkileri, herhangi bir ışınlama süreci için en önemli şart olan bu miktara bağlıdır. Absorbe edilmiş dozun uluslararası birimi gray (Gy)'dir. Gray, 1 kg maddenin absorbladığı 1 joule'lik enerjiyi ifade eder. Dozu, genellikle 1000 gray ya da 1 kilogray (kGy) olarak ifade etmek daha uygundur [50].

İyonize radyasyonun mikrobiyolojik etkisinin, kuru gıda maddelerinde canlı hücre sayımını azalttığı, böylece bu ürünlerin mikrobiyolojik güvenliği iyileştirildiği ve bu ürünler ile hazırlanan gıdaların depolama stabilitesini arttırdığı kanıtlanmıştır. Gıda sanayiinde kullanılan baharatlar, kuru sebze çeşnileri, otlar, protein karışımları ve ticari

enzim karışımları 3-10 kGy dozlarında ışınlandığında tatlarında, tekstürlerinde veya diğer önemli teknolojik ve duyuşsal özelliklerinde değişim olmadan yeterli oranda dekontamine edilebilir [49].

2.2.2.2 Işınlamanın Mikrobiyal İnaktivasyon Mekanizması

Işınlamanın hücre üzerinde direkt ve indirekt olarak iki etkisi vardır [42], [51]. Direkt etkide yaşam için gerekli olan genetik materyale zarar vererek mikroorganizmaları inaktive eder. Enerji fotonu veya elektron hücrenin genetik materyaline rastgele çarpar, DNA'da lezyonlara sebep olur. Bu lezyonlar DNA iplikçığında kırılmaya neden olur. Geniş çaptaki iplikçik kırılmaları bakterinin kendini tamir etmesini engeller ve hücrenin ölümü ile sonuçlanabilir. İndirekt etkide radyasyon, genetik materyale yakın çeşitli moleküllerle etkileşir, bunda genellikle su molekülünü etkileyerek serbest radikaller oluşturur. Bu serbest radikaller, nükleik asitler ve iplikçikte bir nükleik asidi diğerine bağlayan kimyasal bağlarla reaksiyona sebep olur. Genetik materyal dışında radyasyon hücrenin membran, enzimler, plazmitler gibi yapılara da zarar vererek ölümcül olabilir. Hücrenin sitoplazmik membranı zarar görerek seçici geçirgenliği kaybolup hücre içi yapılar hücre dışına çıkabilir [42].

2.2.3 Ultraviyole Işık

Ultraviyole ışık dalga boyu 100 ile 400 nm arasında değişen elektromanyetik radyasyondur. Bu spektrum dört bölgeye ayrılır [52]. Çizelge 2.3'de bu bölgeler gösterilmektedir [41]. Mikroorganizmaların inaktivasyonu açısından en önemli UV radyasyon çeşidi UV-C'dir [52].

Çizelge 2.3 Ultraviyole Işığın bölgeleri

Bölge	Dalga boyu	Aralık	Etki
UV-A	Uzun	320-400nm	Ciltte değişimler (bronzlaşma)
UV-B	Orta	280-320 nm	Cilt yanığı(kanser)
UV-C	Kısa	200-280nm	Germisidal aralık (mikroorganizma)
UV-V		100-200	Vakum UV aralığı

Ultraviyole ışınlama termal olmayan bir dezenfeksiyon metodu olarak sınıflandırılır [53]. UV-C uygulaması ile gıdaların korunması 1930'lu yıllarda keşfedilmiştir. Klasik UV-C uygulaması sürekli moddadır, sürekli dalga olarak adlandırılır. Sürekli dalga UV sistemiyle mikroorganizmaların inaktivasyonu, mikrop öldürücü ışık olarak adlandırılan, 254 nm'de enerji üretmek üzere tasarlanmış olan düşük basınçlı cıva lambaları ile elde edilir [54]. Bu lambalar germisidal (UVC lambalar) lambalar olarak adlandırılır. Aydınlatma için kullanılan floresan lambalar, UV lambalar ile aynı mantıkta çalışır ancak aradaki fark floresan lambanın fosfor ile kaplanmış olmasıdır. Fosfor, UV radyasyonu görünür ışığa çevirir. UV lamba ise fosforla kaplı olmadığı için üretilen radyasyonu geçirir [55].

UV-C ışınlamanın (iyonize olmayan ışınlama) kimyasal kalıntı bırakmaması, yan ürün ve radyasyon üretmemesi gibi avantajları vardır. Ayrıca basit, kuru ve soğuk bir prosesdir. Fazla bakım gerektirmez, düşük maliyetlidir. Bu nedenle gıdaların dezenfeksiyonunda UV-C kullanımına olan ilgi artmıştır. Ancak her gıda, sıvı ya da katı, kendine özgü kompozisyona sahiptir ve bu da UV-C dozunun etkisini belirleyebilir [41]. Bu teknolojinin en önemli dezavantajı gıdanın sıvı veya katı olmasına bakılmaksızın UV-C'nin gıdaya zayıf nüfuzudur [56].

UV radyasyonun aynı türdeki mikroorganizmaların üzerindeki etkileri suşa, gelişme ortamına, kültürün fazına, mikroorganizma yoğunluğuna ve gıdanın çeşidi ve kompozisyonu gibi farklı karakteristiklere bağlı olabilir. Ancak türden türe de değişiklik gösterebilir [57]. Mikroorganizmaların UV-C uygulamasına direncinin UV tarafından hasar gören DNA'yı tamir edebilme yeteneği ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir. Genellikle UV ışınlamaya karşı direnç gram negatif<gram pozitif<maya<bakteri<spor<küf<virüsler şeklindedir [58].

UV radyasyonun iyonize radyasyona göre nüfuz gücü çok daha azdır. Katı maddeler içindeki mikroorganizmalar veya herhangi bir şekilde siperlenmiş, direkt UV ışınından korunmuş mikroorganizmalar UV'den etkilenmeyeceklerdir [55].

2.2.3.1 Ultraviyole Işığın Gıdalara Nüfuzu ve Absorbsiyonu

Ultraviyole ışık, gıdanın optik özelliklerine bağlı olarak, gıda maddelerine birkaç milimetreye kadar nüfuz olur. Ultraviyole ışık su transparan olduğu için suya kolayca

nüfuz edebilir. Süt ve bulanık gıdalara iyi bir şekilde nüfuz edemez, bu nedenle opak gıdalar, ince bir halde uygulamaya maruz bırakılmalıdır. Renk veya bulanıklık sıvıların optik absorpsiyon katsayısını etkiler. UV ışığın nüfuz kapasitesi, absorpsiyon katsayısının artması ile azalır. Bu nedenle, nüfuz derinliğinin artmasının, yüksek absorpsiyon katsayısına sahip olan gıdalara uygulanan ultraviyole ışığın yararlı olacağını anlamak önemlidir. Uygulamanın ince tabaka halindeki gıdaya yapılması mikroorganizmaların inaktivasyonunun verimliliğinde artış sağlayabilir [59].

2.2.3.2 Ultraviyole Işığın Mikrobiyal İnaktivasyon Mekanizması

UV ışık mikroorganizmaların nükleik asidine zarar vererek onları inaktive eder ve böylece mikroorganizmaların replikasyonu önlenir. Nükleik asit 200-310 nm rasında UV ışığı absorblar. UV ışığın inaktivasyonunun ana mekanizması primidin dimerlerinin oluşmasıdır. Bunlar aynı DNA veya RNA'da birbirine komşu timinler veya sitozin pirimidinleri arasında oluşan bağlardır. Dimerler mikroorganizmaların replikasyonunu önler, böylece onları inaktif hale getirir ve enfeksiyona sebep olmalarını önler. Germisidal lamba 254 nm'de nükleik asitler tarafından maksimum şekilde absorbe edilen dalga boyunu UV yayar. Bununla birlikte, nükleik asidin hasar görmesi, hücrenin metabolik faaliyetlerini ve diğer hücre fonksiyonlarını engellemez. Hücre içerisindeki enzim mekanizmaları, nükleik asidin hasarının bir kısmını onarabilir [60]. Mikroorganizmaların çoğunda DNA'daki tahribatı onaran sistem vardır. Bu sistem ışıkla harekete geçer. Bu sisteme "Fotoreactivation" denir. Bazı mikroorganizmalarda ışığa ihtiyaç duymayan sistem bulunur. Bu sistem "Darkreactivation" olarak adlandırılır. Timin dimerleri taşıyan kısa DNA zincirleri kesilip atılır. UV ışık şiddeti çok fazla olduğu zaman tahribat yaygındır. Böyle bir durumda onarım imkansızdır [61].

3.1 Materyal

Çalışmada haşhaş (*Papaver somniferum*) poleni, tavşan otu (*Heracleum*) poleni, hardal (*Sinapis*) poleni ve gelincik (*Papaver rhoeas*) poleni olmak üzere dört farklı monofloral polen kullanılmıştır. Tavşan otu poleni Denizli’de, hardal, haşhaş ve gelincik polenleri Bursa’da bulunan arıcılardan taze olarak temin edilmiştir. Örnekler toplandıktan sonra analiz edilinceye kadar -20°C ’de muhafaza edilmiştir.

3.2 Fizikokimyasal Analizler

Polenlerde su aktivitesi tayini, kuru madde tayini ve renk tayini yapılmıştır.

3.2.1 Su Aktivitesi Tayini

Örneklerin su aktiviteleri (a_w) taze halde, kurutulduktan sonra, ultraviyole uygulaması ve ışınlama sonrası su aktivitesi tayin cihazı (Novasina, Labtouch-aw, Sweden) ile tayin edilmiştir.

3.2.2 Kuru Madde Tayini

Polenlerde kuru madde tayini için kurutmada kullanılan kaplar 105°C ’de sabit tartıma gelinceye kadar etüvde bırakılmış ve desikatöre alınarak soğutulmuştur. Daraları alınan kaplara 2 g örnek tartılmış, etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Kurutma sonunda kaplar desikatöre alınarak soğutulmuş ve tartım alınmıştır. Denklem 3.1’e göre hesaplama yapılmıştır.

$$\text{kuru madde miktarı(\%)} = \left(\frac{m_2 - m_1}{m} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

m_2 : örnek ve kurutma kabı ağırlığı toplamı (g)

m_1 : kurutulmuş örnek ve kurutma kabı ağırlığı (g)

m : örnek miktarı (g)

3.2.3 Renk Tayini

Örneklerin renk tayini taze halde iken, kurutulduktan sonra ve dekontaminasyon uygulaması yapıldıktan sonra, üç farklı noktadan okunmuştur. Ölçümlerin ortalaması alınarak hesaplama yapılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce cihaz beyaz seramik kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir. Renk değerleri L^* , a^* ve b^* şeklindedir. L^* değeri beyazlık-siyahlık göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) değerleri arasında, a^* değeri yeşillik-kırmızılık olup -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) değerleri arasında ve b^* değeri mavilik-sarılık göstergesi olup -60 (mavi) ile +60 (sarı) değerleri arasında değişimi göstermektedir. Toplam renk değişimi denklem 3.2'ye göre hesaplandı:

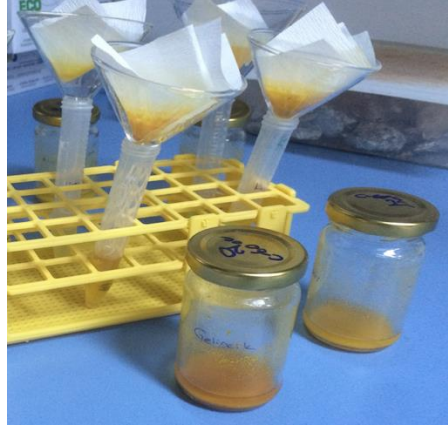
$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.2)$$

3.3 Biyoaktif Özelliklerin Belirlenmesi

Biyoaktif özelliklerin belirlenmesi için polenler ekstrakte edilmiş, ekstraktlara toplam fenolik madde tayini, toplam flavonoid tayini ve antioksidan kapasitesi analizi yapılmıştır.

3.3.1 Polen Ekstraktlarının Hazırlanması

Polenler, Yeşiltaş'ın [62] yöntemi modifiye edilerek ekstrakte edilmiştir. Polenler öğütülerek toz haline getirilmiştir. 2 g polene 15 mL %80 etanol (v/v) ilave edilmiştir. 3 gün boyunca karanlık bir ortamda bekletilmiş ve her gün bir kere çalkalanmıştır. 3 günün sonunda polen-etanol karışımı süzölmüş ve 2700 rpm'de 10 dakika boyunca +4°C'de santrifüj edilmiştir.



Şekil 3.1 Polenlerin ekstraksiyonu

3.3.2 Toplam Fenolik Madde Tayini (TFM)

Analizde 2 N Folin Ciocalteau reaktifi, 10 kat su ile seyreltilmiştir. %7,5'lik Na_2CO_3 çözeltisi kullanılmıştır. Polen ekstraktları uygun oranlarda seyreltilmiş, tüplere 0,5 mL örnek konulmuştur. Daha sonra tüplere 2,5 mL Folin Ciocalteau reaktifi, 3. dakikada 2 mL Na_2CO_3 eklenmiştir ve vortekslenmiştir. Karanlıkta 30 dakika inkübasyondan sonra 760 nm dalga boyunda, UV/VIS spektrofotometre cihazı (Shimadzu UV-1800, Japonya) ile absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar gallik asit eşdeğeri (GAE), mg GAE/g kuru madde olarak verilmiştir [63].

3.3.3 Toplam Flavonoid Tayini (TF)

Toplam flavonoid madde tayini için, %5'lik NaNO_2 çözeltisi, %10'luk AlCl_3 çözeltisi, 1 M NaOH hazırlanmıştır. İçinde 4 mL su bulunan tüplere, uygun oranda seyreltilmiş 1 mL ekstrakt ilave edilmiştir. Daha sonra üzerlerine 0,3 mL NaNO_2 çözeltisi eklenmiştir. 5 dakika sonra AlCl_3 çözeltisi 0,3 mL, 11. dakikada 2 mL NaOH ve en son 2,4 mL saf su ilave edilerek hacim 10 mL'ye tamamlanmıştır ve UV/VIS spektrofotometre cihazında 510 nm'de okuma yapılmıştır [64].

3.3.4 Antioksidan Kapasitesi

Polenlerin toplam antioksidan aktivitesi DPPH ve CUPRAC yöntemleri ile belirlenmiştir.

3.3.4.1 DPPH Yöntemi

1,1-difenil-2-pikril hidrazil (DPPH) metoduyla 0,1 mL ekstrakta 4,9 mL etanollü DPPH

çözeltisi ilave edilmiştir. 20 dakika, oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamdaki inkübasyondan sonra karışımın absorbanı 517 nm'de ölçülmüştür [65].

3.3.4.2 CUPRAC Yöntemi

CUPRAC yönteminde 0,1 mL polen ekstraktına 1 mL CuCl_2 (10 mM), 1 mL neocuproine (7,5 mM) ve 1 mL NH_4Ac (1 M) ilave edildikten sonra 1 mL saf su eklenmiş ve hacim 4,1 mL'ye tamamlanmıştır. Karışım, 60 dakika oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletildikten sonra absorbanı 450 nm'de okunmuştur [66].

3.3.5 Mikrobiyolojik Analizler

Polen numunelerinden 10 g tartılıp 90 mL steril peptonlu su edilmiş ve stomacherde homojenize olana kadar karıştırılmıştır ve dilüsyonlar hazırlanmıştır [27]. Hazırlanan dilüsyonlarda toplam mezofil aerob bakteri, psikrofilik bakteri, koliform bakteri, enterobakter, sporlu bakteri ile toplam maya ve küf sayımı yapılmıştır.

3.3.5.1 Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için, uygun dilüsyonlardan 1 mL petrilere ilave edilmiş ve üzerine Nutrient Agar (Merck, Germany) besiyeri dökülmüştür. Kuruduktan sonra petrilere, 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır [67].

3.3.5.2 Psikrofilik Bakteri Sayımı

Uygun dilüsyonlardan PCA (Merck, Germany) içeren petrilere ekim yapılmış ve 7°C'de 10 gün inkübasyona bırakılmıştır [30].

3.3.5.3 Koliform Bakteri Sayımı

Koliform bakteri sayımı için çift kat dökme yöntemi kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan 1'er mL ekim yapılan petrilere VRB Agar (Merck, Germany) ilave edilmiştir. Petrilere kuruduktan sonra tekrar aynı besiyerinden ilave edilmiştir. Besiyeri katılaştıktan sonra 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır [29].

3.3.5.4 Enterobakter Sayımı

Enterobakter sayımı için çift kat dökme yöntemi kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan 1'er mL ekim yapılan petrilere VRBG (Merck, Germany) ilave edilmiştir. Petrilere kuruduktan sonra tekrar aynı besiyerinden ilave edilmiştir. Besiyeri katılaştıktan sonra 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır [68].

3.3.5.5 Sporlu Bakteri Sayımı

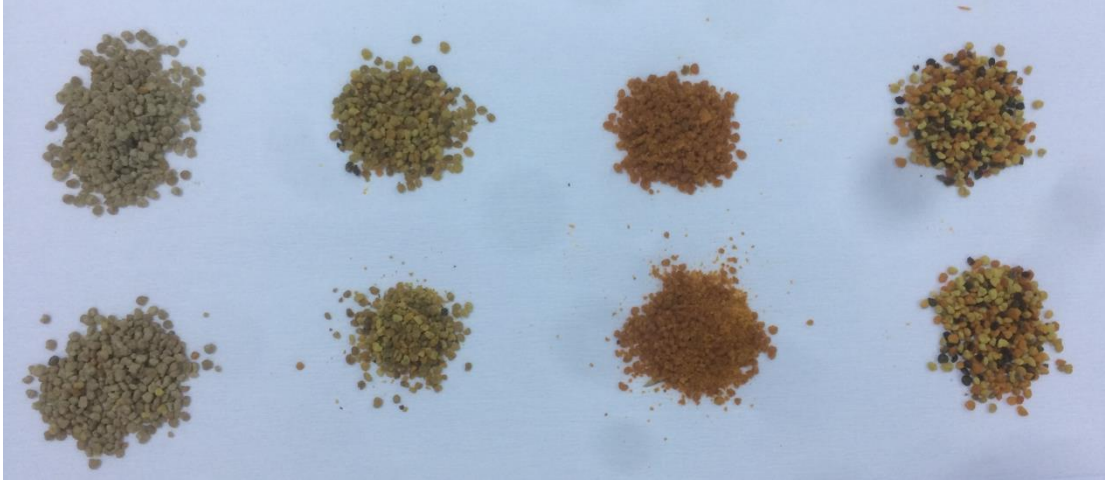
Hazırlanmış olan 10⁻¹ dilüsyondan 10 mL alınıp steril şişeye ilave edilmiş ve 80°C'de 10 dakika su banyosuna bırakılmıştır. 10 dakika sonunda su banyosundan alınan dilüsyonun soğuması beklenmiş ve uygun dilüsyonlar hazırlanmıştır. Bu dilüsyonlardan 1 mL alınarak petrilere ilave edilmiştir [29]. Daha sonra üzerlerine NA (Merck, Germany) dökülmüştür. Petrilere kuruduktan sonra 30°C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır.

3.3.5.6 Toplam Maya ve Küf Sayımı

PDA (Merck, Germany), %10'luk tartarik asit ile asitlendirilmiş ve petrilere dökülmüştür. Petrilere kuruduktan sonra, uygun dilüsyonlardan ekim yapılmış ve 26°C'de 3-5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda maya ve küfler ayrı olarak sayılmıştır [69].

3.3.6 Vakum Kurutma

Her polenden 250 g alınarak, polenler 42°C'de yaklaşık %6 nem içeriğine kadar [70] vakum kurutucuda (Daihan WOV-30, Gangwon-do, Güney Kore), ince bir tabaka halinde kurutulmuştur. Vakum, bir pompa tarafından regüle edilmiştir (EVP 2XZ-2C, Zhejiang, Çin).



Şekil 3.2 Üst sırada taze, alt sırada kurutulmuş haşhaş, hardal, tavşan otu ve gelincik polenleri

3.3.7 Gama Işınlaması

Kurutulmuş olan polenler, Gamma Pak Işınlama Tesisi'nde ışınlanmıştır. Dozimetre ile ölçüm yapılmıştır. Kuru polenler, 2,5 kGy, 5 kGy, 7,5 kGy ve 10 kGy dozlarında ⁶⁰Co gama ışınına tabi tutulmuştur.

3.3.8 Ultraviyole Uygulaması

Polenlere, iki adet 15 watt ve iki adet 11 watt UV-C lambası içeren bir kabinde UV-C uygulaması yapılmıştır. 30 ve 60 dakika boyunca 4 farklı UV-C ışığına maruz kalan polenlerin UV-C şiddeti radyometre (UVX-25, UVP Inc. CA, USA) ile hesaplanmıştır. 30 dakikaya karşılık gelen UV-C dozu 2,97 ve 3,02 J/cm² 60 dakikaya karşılık gelen UV dozu 5,95 ve 6,04 J/cm² olarak bulunmuştur. 30 dakika 3,02 J/cm² işlemi UV-C 1, 30 dakika 2,97 J/cm² işlemi UV-C 2, 60 dakika 6,04 J/cm² işlemi UV-C 3 ve 60 dakika 5,95 J/cm² UV-C 4 olarak adlandırılmıştır. Polenler, uygulamanın etkin olması amacıyla ince bir tabaka halinde yayılmıştır.

3.3.9 İstatistiksel Analizler

Datalar JMP 6 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Değişkenler için aritmetik ortalama ve standart sapmalar bulunmuş, aralarında fark olup olmadığı p<0,05 anlamlılık düzeyinde bağımsız "t" testi ve tek yönlü varyans analizi kullanılarak belirlenmiştir. Analizlerde bütün ölçümler üç paralel olarak yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Fizikokimyasal Analizler

4.1.1 Polen Örneklerinin Kuru Madde Miktarları

Polenler nem içeriği yaklaşık %6 olacak şekilde vakum kurutucuda 42°C'de kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra gama ışınlama ve UV-C uygulanmış polenlerin kuru madde içerikleri belirlenmiştir. Polenin işlenmiş bir gıda olarak dağıtımı için su içeriğinin 4-8 g/100 g olması gerektiği belirtilmiştir [29]. Polenlerin kuru madde miktarları çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının polenlerin kuru madde içeriklerine etkisi (%)

Kuru madde	Polen çeşidi			
	Gelincik poleni	Haşhaş poleni	Hardal poleni	Tavşan otu poleni
Taze	82,61±0,08 ^e	74,01±0,06 ^c	73,09±0,08 ^c	74,44±0,08 ^d
Kuru	94,17±0,00 ^a	93,99±0,00 ^a	94,02±0,00 ^b	93,9±0,00 ^a
2,5 kGy	93,56±0,01 ^{cd}	93,85±0,18 ^{ab}	94,78±0,04 ^a	93,21±0,00 ^c
5 kGy	93,64±0,35 ^{bcd}	93,26±0,3 ^b	94,35±0,49 ^{ab}	93,35±0,18 ^{bc}
7,5 kGy	93,60±0,15 ^{cd}	93,73±0,18 ^{ab}	94,07±0,07 ^{ab}	93,46±0,10 ^b
10 kGy	93,50±0,13 ^d	93,64±0,06 ^{ab}	94,53±0,53 ^{ab}	93,52±0,08 ^b

Çizelge 4.1 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının polenlerin kuru madde içeriklerine etkisi (%)(devamı)

Kuru madde	Polen çeşidi			
	Gelincik poleni	Haşhaş poleni	Hardal poleni	Tavşan otu poleni
UV-C 1	94,02±0,01 ^{ab}	93,49±0,58 ^{ab}	94,57±0,47 ^{ab}	93,54±0,12 ^b
UV-C 2	94,24±0,01 ^a	93,56±0,08 ^{ab}	94,65±0,25 ^{ab}	93,78±0,14 ^a
UV-C 3	93,91±0,01 ^{abc}	93,66±0,28 ^{ab}	94,26±0,14 ^{ab}	93,88±0,03 ^a
UV-C 4	93,60±0,39 ^{cd}	93,62±0,40 ^{ab}	94,56±0,49 ^{ab}	93,39±0,09 ^{bc}
UV-C 1	94,02±0,01 ^{ab}	93,49±0,58 ^{ab}	94,57±0,47 ^{ab}	93,54±0,12 ^b

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

Genel olarak incelendiğinde dört polen çeşidi için kuru madde miktarları gama ışınlama ve UV-C uygulandıktan sonra farklı olsada, aralarındaki fark çok küçüktür. Polenler kendi içlerinde değerlendirildiklerinde ise gama ve UV-C uygulanmış polenlerin kuru madde miktarlarında belirli bir trende rastlanmamıştır. Gama ışınlama ve UV-C uygulamasının polenlerin kuru madde miktarı üzerinde çok fazla bir etkisi olmadığı söylenebilir. Çayların 7 ve 10 kGy dozlarında gama ışınlamaya tabii tutulduğu bir çalışmada bu iki doz arasında çayın nem içeriği üzerinde farklı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir [71]. Kırmızı barbunyalara gama uygulandıktan sonra yapılan nem analizinde ise ışınlanan ve ışınlanmayan örnekler arasında bir farklılık olmadığı rapor edilmiştir [72].

4.1.2 Polen Örneklerinin Su Aktivitesi

Su aktivitesi, mikrobiyolojik açıdan gıda güvenliği için önemli bir role sahiptir. Yeni ürünler için saklama koşulları ve formülasyonlar seçmek, kurutma prosesi ve ekipmanları iyileştirmek amacıyla su aktivitesi gıdaların stabilitesi hakkında bilgi verir. Taze polenlerin a_w değerleri gelincik, haşhaş, hardal ve tavşan otu poleni için sırasıyla 0,606, 0,711, 0,726 ve 0,736'dır. Tüm polenler kurutulduktan, gama ışınlandıktan ve UV-C uygulandıktan sonraki a_w değerleri 0,3'ün altında bulunmuştur. Polenlerin a_w değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Genellikle, tüketim için paketlenen arı polenlerinde a_w değeri 0,3'ten düşük olmalıdır [29]. Ayrıca, çoğunlukla gıdalarda 0,6 a_w değerinin altında mikrobiyal gelişim

olmamaktadır. Bu nedenle, polenlerin paketlenme ve tüketim için uygun olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.2 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının polenlerin a_w değerlerine etkisi

a_w değeri	Polen çeşidi			
	Gelincik poleni	Haşhaş poleni	Hardal poleni	Tavşan otu poleni
Taze	0,606±0,00	0,711±0,00	0,726±0,00	0,736±0,00
Kuru	0,214±0,00	0,132±0,00	0,193±0,01	0,181±0,01
2,5 kGy	0,268±0,00	0,215±0,00	0,248±0,00	0,216±0,00
5 kGy	0,246±0,00	0,210±0,00	0,267±0,00	0,215±0,00
7,5 kGy	0,246±0,00	0,189±0,00	0,237±0,00	0,216±0,00
10 kGy	0,231±0,00	0,203±0,00	0,256±0,00	0,214±0,00
UV-C 1	0,223±0,00	0,139±0,00	0,192±0,00	0,186±0,00
UV-C 2	0,225±0,00	0,143±0,00	0,199±0,00	0,208±0,00
UV-C 3	0,228±0,00	0,152±0,00	0,180±0,00	0,207±0,00
UV-C 4	0,243±0,00	0,151±0,00	0,186±0,00	0,210±0,00

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

4.1.3 Polen Örneklerinin Renk Tayini

Çizelge 4.3’de tavşan otu, hardal, haşhaş ve gelincik polenlerinin taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hallerinin renk değerleri verilmiştir. Polenlerin sarı, siyah, mor, mavi, yeşil, kırmızı gibi farklı renk ve tona sahip olabileceği daha önce belirtilmişti [9]. Tüm örneklerin renk değerleri taze polen esas alınarak hesaplanmıştır. Kurutulan polenlerin toplam renk değişimi haşhaş, gelincik, tavşan otu ve hardal poleni için sırasıyla 8,23, 8,32, 11,20 ve 12,13 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının gelincik polenin renk değerlerine etkisi

Gelincik poleni	L*	a*	b*	ΔE
Taze	55,73±0,94 ^a	10,20±0,63 ^b	34,36±0,95 ^e	-
Kuru	49,00±1,32 ^c	7,76±1,47 ^c	38,61±1,11 ^d	8,32
2,5 kGy	51,57±2,34 ^e	6,08±1,07 ^a	43,38±3,37 ^b	10,75
5 kGy	45,09±1,56 ^c	5,58±0,71 ^d	39,73±0,93 ^{cd}	12,78
7,5 kGy	47,22±0,31 ^b	6,88±0,53 ^c	42,68±1,81 ^b	12,35
10 kGy	52,61±1,79 ^a	7,25±0,69 ^d	45,38±0,31 ^f	11,82
UV-C 1	49,40±0,63 ^d	7,18±0,85 ^a	41,14±1,33 ^a	9,75
UV-C 2	48,74±1,63 ^c	6,69±0,73 ^d	40,20±2,26 ^d	9,76
UV-C 3	49,10±0,67 ^c	7,73±0,03 ^c	44,48±1,34 ^c	12,35
UV-C 4	48,59±1,66 ^a	6,86±0,93 ^d	41,28±2,07 ^f	10,49

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.4 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının haşhaş polenin renk değerlerine etkisi

Haşhaş poleni	L*	a*	b*	ΔE
Taze	56,83±0,97 ^a	7,66±0,73 ^b	5,96±0,56 ^f	-
Kuru	55,61±1,24 ^a	3,74±0,16 ^e	23,09±1,14 ^e	8,23
2,5 kGy	54,95±0,42 ^f	3,84±0,21 ^a	25,43±1,40 ^a	10,39
5 kGy	53,42±0,34 ^c	4,04±0,42 ^{cd}	23,50±0,41 ^c	9,04
7,5 kGy	53,97±0,52 ^e	4,02±0,44 ^b	22,16±1,44 ^b	7,74
10 kGy	55,02±0,86 ^b	3,77±0,10 ^{de}	25,20±1,35 ^e	10,19
UV-C 1	56,02±0,67 ^f	3,46±0,45 ^a	24,91±0,50 ^a	9,92
UV-C 2	56,78±0,63 ^f	3,40±0,18 ^c	25,26±0,99 ^c	10,24
UV-C 3	56,44±0,61 ^d	3,37±0,16 ^b	25,43±1,08 ^b	10,41
UV-C 4	55,95±1,47 ^d	3,90±0,27 ^e	24,52±0,55 ^d	9,39

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.5 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının hardal polenin renk değerlerine etkisi

Hardal poleni	L^*	a^*	b^*	ΔE
Taze	54,43±0,92 ^b	7,89±0,57 ^c	25,47±0,71 ^d	-
Kuru	51,55±1,48 ^c	5,34±0,46 ^{ef}	36,97±1,54 ^c	12,13
2,5 kGy	49,48±0,55 ^e	6,24±0,34 ^b	38,55±1,13 ^a	14,08
5 kGy	50,10±0,55 ^{cd}	6,13±0,15 ^{de}	40,08±1,83 ^b	15,34
7,5 kGy	51,77±1,05 ^e	4,77±0,43 ^e	37,04±0,90 ^b	12,27
10 kGy	50,16±1,07 ^b	4,61±0,56 ^{gh}	39,42±0,67 ^d	14,95
UV-C 1	49,80±1,07 ^e	5,30±0,38 ^a	36,85±0,89 ^a	12,56
UV-C 2	50,63±1,34 ^c	4,67±0,62 ^{fg}	37,08±0,28 ^c	12,63
UV-C 3	49,99±0,89 ^d	5,19±0,73 ^d	38,29±0,97 ^b	13,83
UV-C 4	50,35±1,98 ^a	4,95±0,84 ^h	38,89±0,66 ^d	14,33

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.6 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının tavşan otu polenin renk değerlerine etkisi

Tavşan otu poleni	L^*	a^*	b^*	ΔE
Taze	52,61±0,63 ^b	23,45±0,81 ^a	34,33±1,06 ^e	-
Kuru	44,79±1,05 ^d	22,31±0,21 ^b	42,26±1,49 ^c	11,20
2,5 kGy	43,90±0,20 ^d	20,81±0,48 ^c	47,05±1,16 ^b	15,64
5 kGy	44,08±0,66 ^c	19,59±0,12 ^{de}	45,32±0,88 ^d	14,43
7,5 kGy	44,60±0,06 ^b	19,99±0,45 ^e	48,61±0,62 ^c	16,73
10 kGy	42,71±0,12 ^a	19,86±0,18 ^f	45,89±0,37 ^f	15,63
UV-C 1	44,71±0,75 ^d	20,58±0,32 ^c	49,91±0,77 ^a	17,70
UV-C 2	43,78±0,84 ^c	20,79±0,08 ^e	46,61±0,89 ^{de}	15,35
UV-C 3	44,60±0,84 ^c	20,16±0,93 ^d	47,83±1,08 ^c	16,04
UV-C 4	45,87±0,23 ^a	20,29±0,93 ^f	49,12±1,98 ^f	16,56

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

Kurutma yapıldıktan sonra polenlerde L^* ve a^* değerlerinin azaldığı, b^* değerinin arttığı görülmüştür. b^* değerindeki artış, kurutma sırasında enzimatik olmayan reaksiyonla ilgili olarak bazı kahverengi pigmentlerin oluşumu nedeniyle olur. Birçok reaksiyonun, tarımsal ürünlerin termal prosesi sırasında rengi etkileyebileceği belirtilmiştir. Bunların arasında en yaygın olanı özellikle karotenoidler ve klorofil gibi pigmentlerin yıkımıdır [73]. Kurutulmuş polenlerin ΔE değeri ile ışınlanmış polenlerin ΔE değerleri karşılaştırıldığında, değerlerin birbirlerine yakın oldukları görülmüştür. Buna paralel olarak, Yook vd. [74]'nin yaptığı çalışmada, farklı dozlarda ışınlanmış polen ile ışınlanmamış polenlerin renk karşılaştırması yapıldığında fark edilir bir renk değişimi gözlenmediği bildirilmiştir. Kore kırmızı toz biberlerinin 3, 5 ve 7 kGy dozlarında ışınlandığı başka bir çalışmada kırmızı toz biberlerin renk değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir [75]. Rokaya farklı güçlerde uygulanan UV uygulamaları sonrası yapılan renk analizlerinde, rokanın renginde önemli bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir [76]. Kesilmiş taze kavunlara uygulanan 0, 1200, 6000 ve 12000 J/m² şiddetinde UV uygulamaları sonucunda, kavunun renginde önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır [77].

4.2 Polen Örneklerinin Biyoaktif Özellikleri

Taze polenlerin toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan kapasitesi miktarları, kurutulduktan ve dekontaminasyon işlemi uygulanan polenlerle beraber gelincik poleni için çizelge 4.7, haşhaş poleni için çizelge 4.8, hardal poleni için çizelge 4.9 ve tavşan otu poleni için çizelge 4.10'da verilmiştir. Taze polenlerin fenolik içerikleri gelincik, haşhaş, hardal ve tavşan otu poleni için sırası ile 10,15, 12,78, 13,57, 6,48 mg GAE/g kuru madde, flavonoid içerikleri 2,37, 2,38, 2,67, 1,54 mg QE/g kuru madde olarak saptanmıştır. Polenlerin antioksidan kapasitesi DPPH ve CUPRAC metotları ile belirlenmiştir ve sonuçlar DPPH ve CUPRAC yöntemleri için sırası ile 12,06, 8,3, 16,4 ve 7,95 ile 39,31, 35,56, 55,78, 19,45 mg TEAC/g kuru madde arasında bulunmuştur. DPPH yöntemine kıyasla CUPRAC yönteminde elde edilen sonuçlar daha yüksektir. Taze polenlerde en yüksek fenolik, flavonoid, içeriğe ve antioksidan kapasitesine hardal poleni sahiptir.

Çizelge 4.7 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının gelincik polenin biyoaktif özelliklerine etkisi

Gelincik poleni	Toplam fenolik madde (mg GAE/g kuru madde)	Toplam flavonoid madde (mg CAE/g kuru madde)	Toplam antioksidan kapasitesi (mg TEAC/g kuru madde)	
			DPPH	CUPRAC
Taze	10,15±0,21 ^a	2,37±0,30 ^a	12,06±1,00 ^a	39,31±0,41 ^a
Kuru	8,77±0,15 ^{bc}	1,75±0,12 ^{bc}	5,32±0,24 ^b	33,32±2,21 ^{bc}
2,5 kGy	9,60±0,92 ^{ab}	1,97±0,15 ^b	5,61±0,05 ^b	30,89±2,63 ^{cd}
5 kGy	9,35±1,01 ^{bc}	1,96±0,11 ^{bc}	5,34±0,21 ^b	33,95±0,73 ^b
7,5 kGy	8,24±0,16 ^d	1,97±0,07 ^b	5,62±0,06 ^b	30,63±1,30 ^d
10 kGy	9,09±0,74 ^{bc}	1,86±0,14 ^{bc}	5,62±0,06 ^b	34,00±1,31 ^b
UV-C 1	9,02±0,41 ^{bc}	1,86±0,07 ^{bc}	5,59±0,04 ^b	33,13±1,40 ^{bc}
UV-C 2	8,96±0,26 ^{bc}	1,87±0,16 ^{bc}	5,58±0,04 ^b	28,77±1,40 ^d
UV-C 3	8,85±0,20 ^{cd}	1,72±0,10 ^c	5,61±0,03 ^b	30,96±0,77 ^{cd}
UV-C 4	9,00±0,45 ^{bc}	1,95±0,11 ^{bc}	5,63±0,04 ^b	30,93±0,63 ^{cd}

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

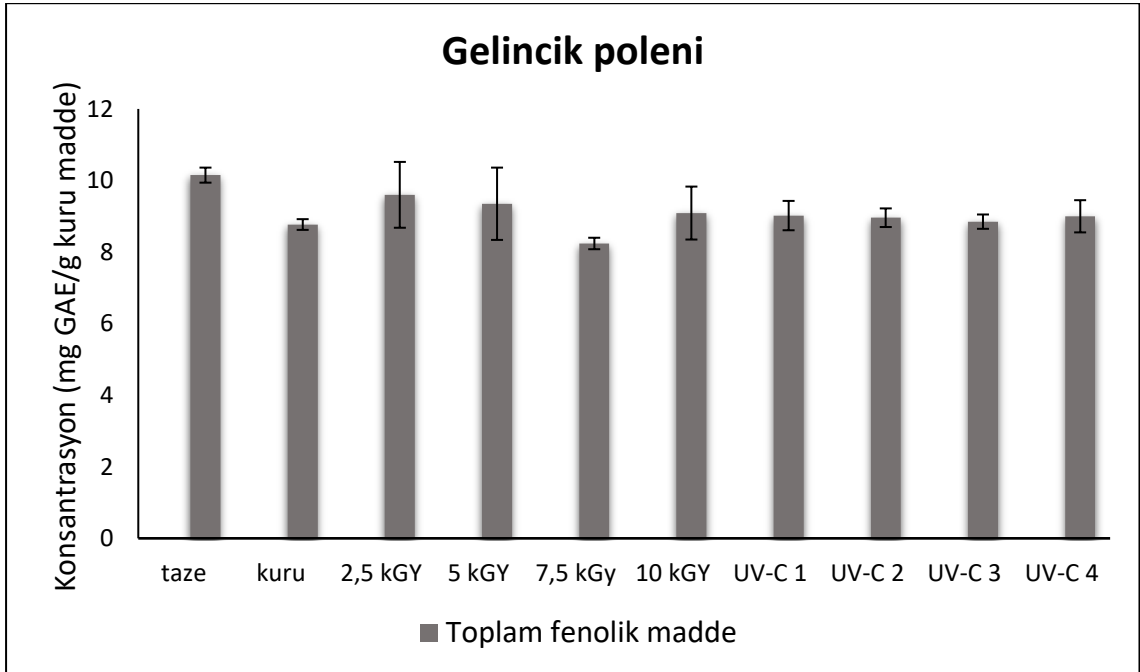
UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

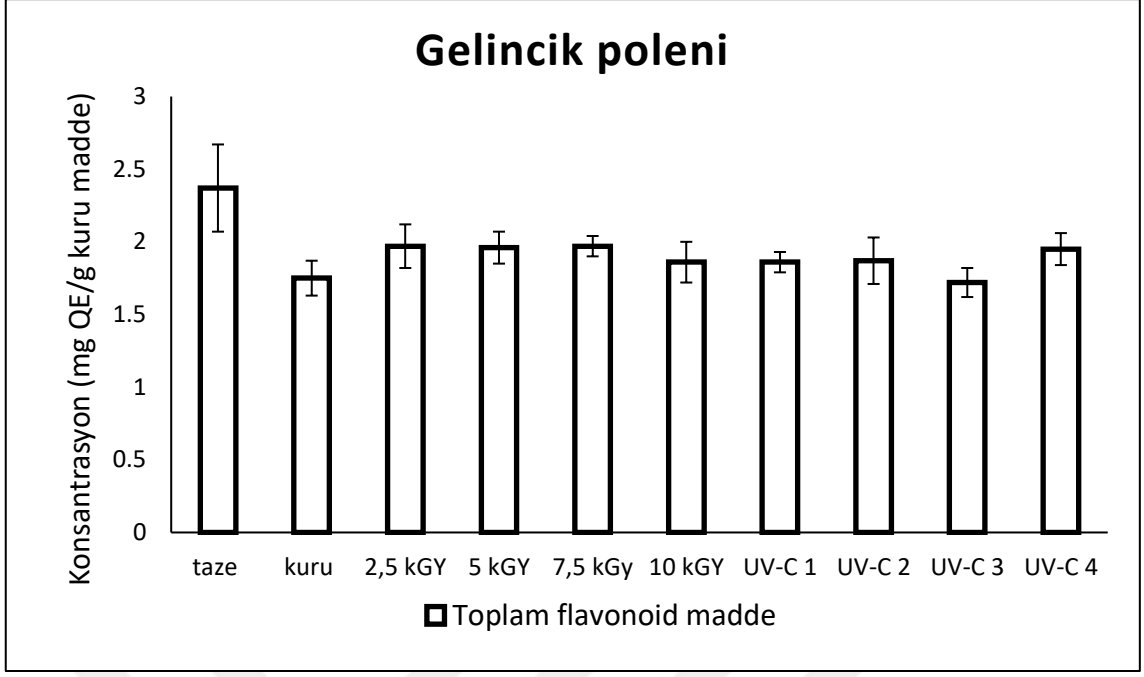
UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

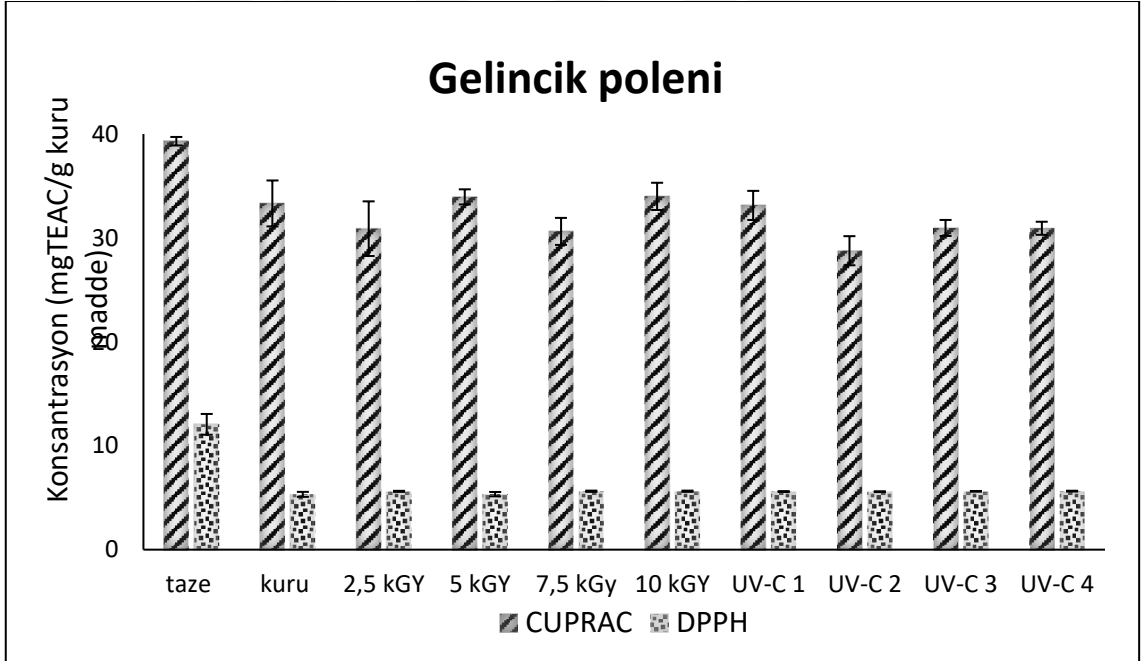
Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'de gelincik polenin sırası ile TFM, TF ve antioksidan kapasitesindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin TFM miktarı



Şekil 4.2 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin TF miktarı



Şekil 4.3 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin antioksidan kapasitesi

Çizelge 4.8 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının haşhaş polenin biyoaktif özelliklerine etkisi

Haşhaş poleni	Toplam fenolik madde (mg GAE/g kuru madde)	Toplam flavonoid madde (mg CAE/g kuru madde)	Toplam antioksidan kapasitesi (mg TEAC/g kuru madde)	
			DPPH	CUPRAC
Taze	12,78±0,43 ^a	2,38±0,10 ^a	8,30±0,34 ^a	35,56±2,03 ^a
Kuru	11,31±0,97 ^{abc}	1,58±0,08 ^c	5,36±0,05 ^b	26,76±2,03 ^d
2,5 kGy	10,86±2,62 ^{abc}	1,68±0,08 ^{bc}	5,52±0,00 ^b	27,95±1,99 ^{cd}
5 kGy	9,73±2,83 ^{bc}	1,81±0,28 ^{bc}	5,60±0,01 ^b	27,87±1,04 ^{cd}
7,5 kGy	9,54±2,84 ^c	1,70±0,13 ^{bc}	5,60±0,01 ^b	30,14±2,29 ^{bc}
10 kGy	9,81±2,57 ^{bc}	1,84±0,09 ^{bc}	5,57±0,01 ^b	28,73±1,38 ^{bcd}
UV-C 1	11,81±0,65 ^{ab}	1,69±0,22 ^{bc}	5,58±0,02 ^b	30,83±1,48 ^b
UV-C 2	11,95±0,62 ^a	1,67±0,13 ^{bc}	5,56±0,02 ^b	27,19±2,63 ^d
UV-C 3	12,01±0,24 ^a	1,85±0,16 ^b	5,57±0,02 ^b	29,06±2,48 ^{bcd}
UV-C 4	11,52±0,85 ^{abc}	1,63±0,10 ^{bc}	5,58±0,02 ^b	27,71±2,65 ^{cd}

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

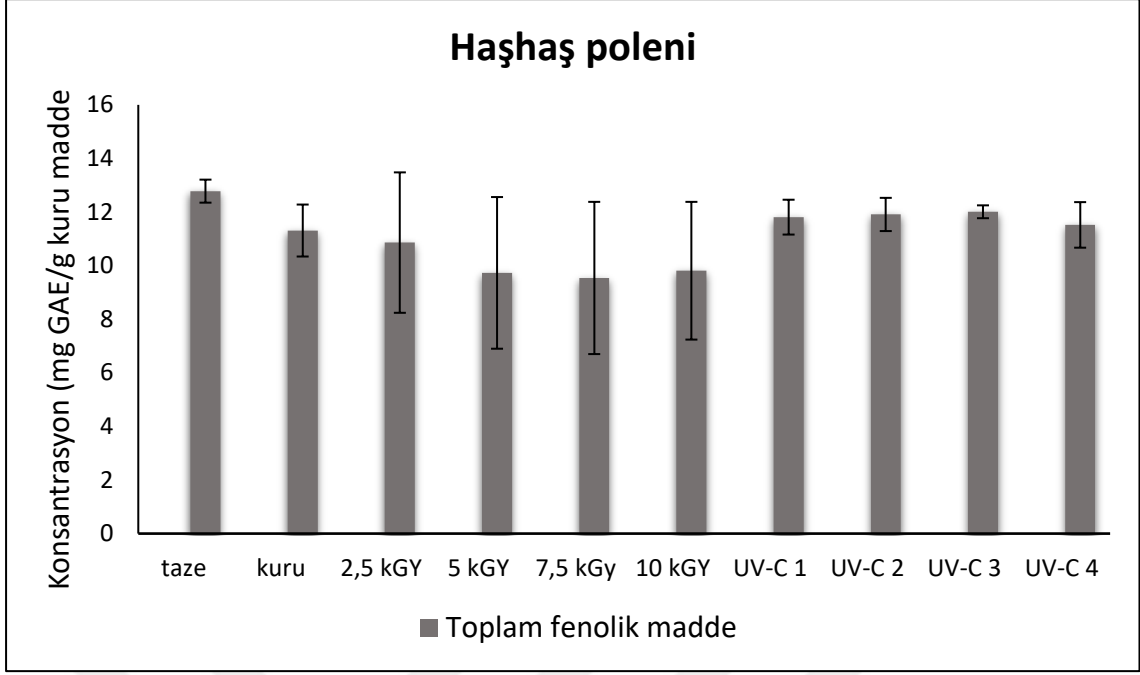
UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

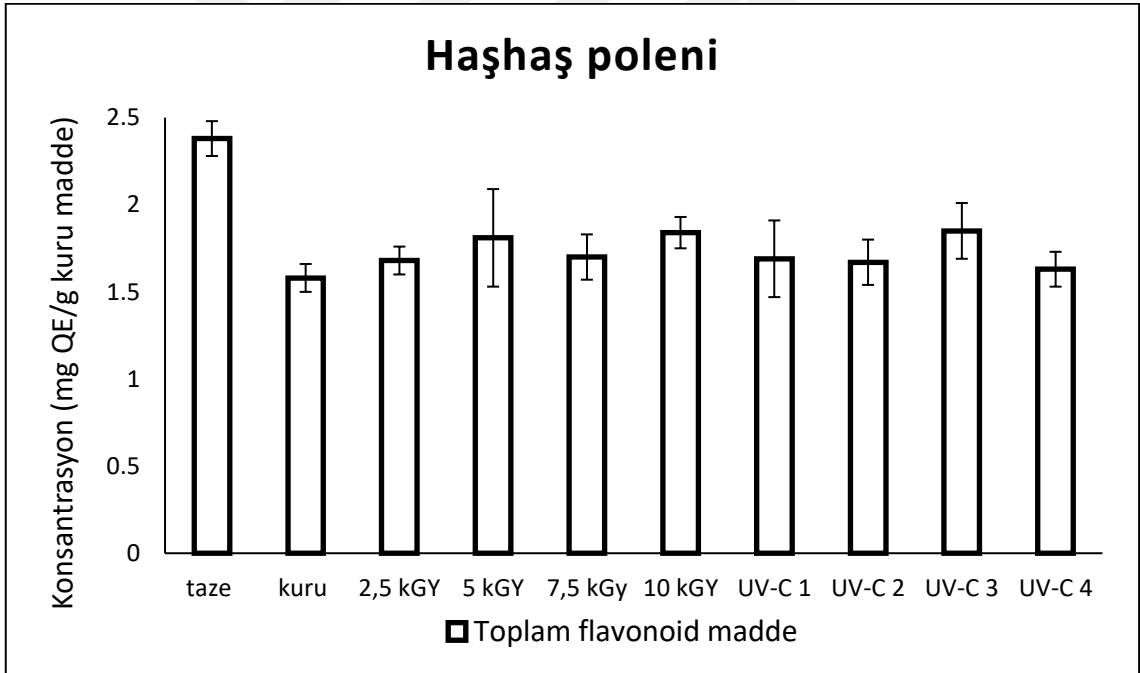
UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

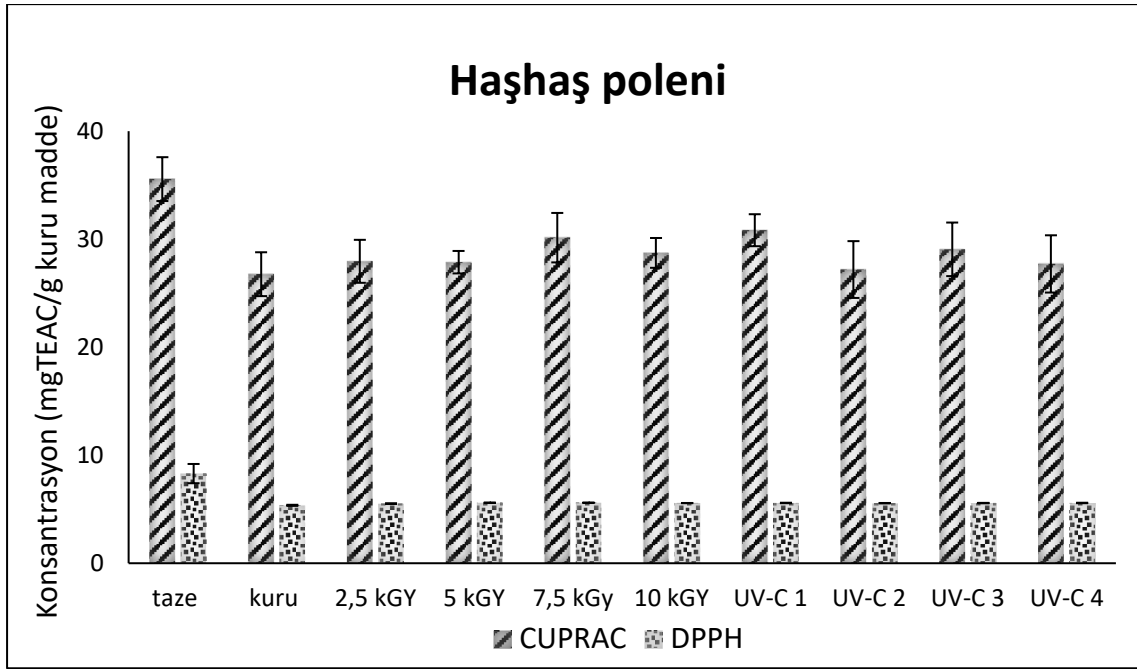
Taze haşhaş poleni kurutulduğunda toplam flavonoid maddede ve antioksidan miktarında istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli bir azalma görülmüştür. Toplam fenolik maddenin gama ışınlaması uygulanan örneklerde kuru örnekler göre değişmediği belirlenmiştir ($p>0,05$) ancak UV-C 2 ve UV-C 3 uygulamalarında toplam fenolik madde daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Toplam flavonoid maddede sadece UV-C 3 uygulanan örnek kuru polenden farklı bulunmuş ve değerin istatistiksel olarak arttığı görülmüştür ($p<0,05$). DPPH analizinde kurutulmuş polenin taze polene göre azalan antioksidan aktivitesi, tüm gama ve UV-C uygulamaları sonucundaki değişimi kuru polene göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'de haşhaş polenin sırası ile TFM, TF ve antioksidan kapasitesindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin TFM miktarı



Şekil 4.5 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin TF miktarı



Şekil 4.6 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin antioksidan kapasitesi

Çizelge 4.9 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının hardal polenin biyoaktif özelliklerine etkisi

Hardal poleni	Toplam fenolik madde (mg GAE/g kuru madde)	Toplam flavonoid madde (mg CAE/g kuru madde)	Toplam antioksidan kapasitesi (mg TEAC/g kuru madde)	
			DPPH	CUPRAC
Taze	13,57±0,36 ^a	2,67±0,06 ^a	16,40±1,59 ^a	55,78±2,40 ^a
Kuru	12,75±0,27 ^{ab}	2,26±0,47 ^c	5,08±0,58 ^b	49,88±3,39 ^b
2,5 kGy	10,21±3,17 ^{cd}	2,36±0,18 ^{bc}	5,61±0,06 ^b	46,19±2,77 ^c
5 kGy	10,11±2,73 ^d	2,33±0,19 ^{bc}	5,63±0,07 ^b	49,14±3,08 ^{bc}
7,5 kGy	10,82±3,49 ^{bcd}	2,53±0,08 ^{ab}	5,64±0,10 ^b	50,95±1,53 ^b
10 kGy	10,56±3,05 ^{bcd}	2,39±0,31 ^{bc}	5,63±0,08 ^b	51,05±2,44 ^b
UV-C 1	12,44±0,67 ^{abc}	2,37±0,11 ^{bc}	5,56±0,05 ^b	49,82±2,10 ^b
UV-C 2	12,52±0,44 ^{abc}	2,30±0,30 ^{bc}	5,59±0,09 ^b	48,53±3,16 ^{bc}
UV-C 3	12,14±0,53 ^{abcd}	2,26±0,07 ^c	5,61±0,08 ^b	49,34±2,52 ^{bc}
UV-C 4	12,46±0,21 ^{abc}	2,39±0,22 ^{bc}	5,59±0,08 ^b	50,48±1,39 ^b

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

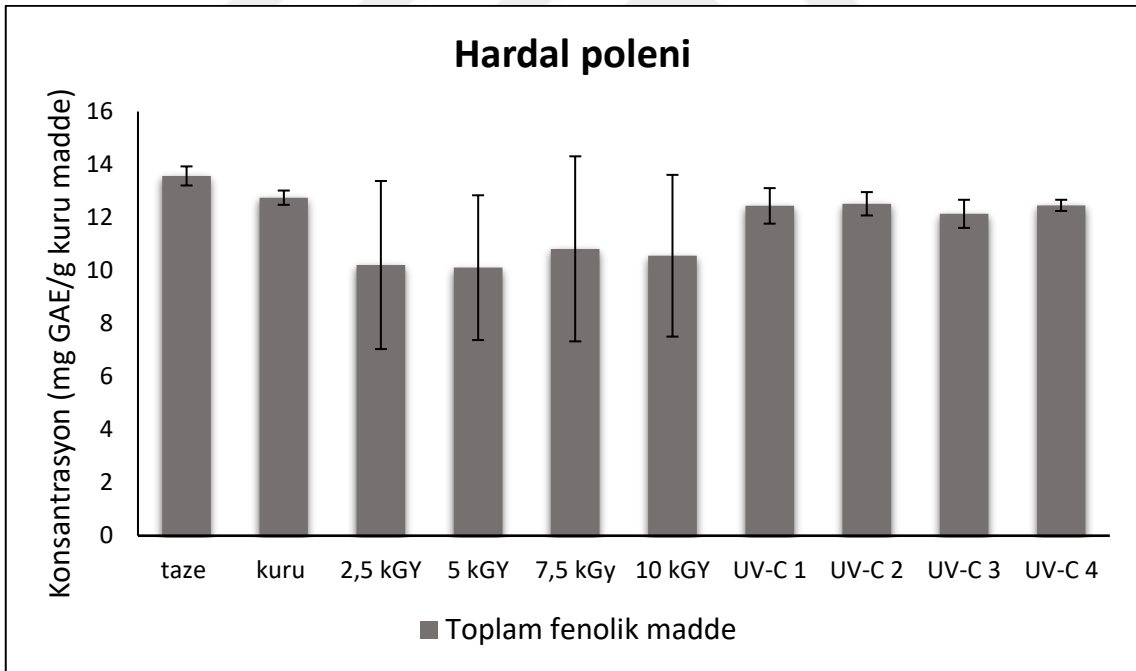
UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

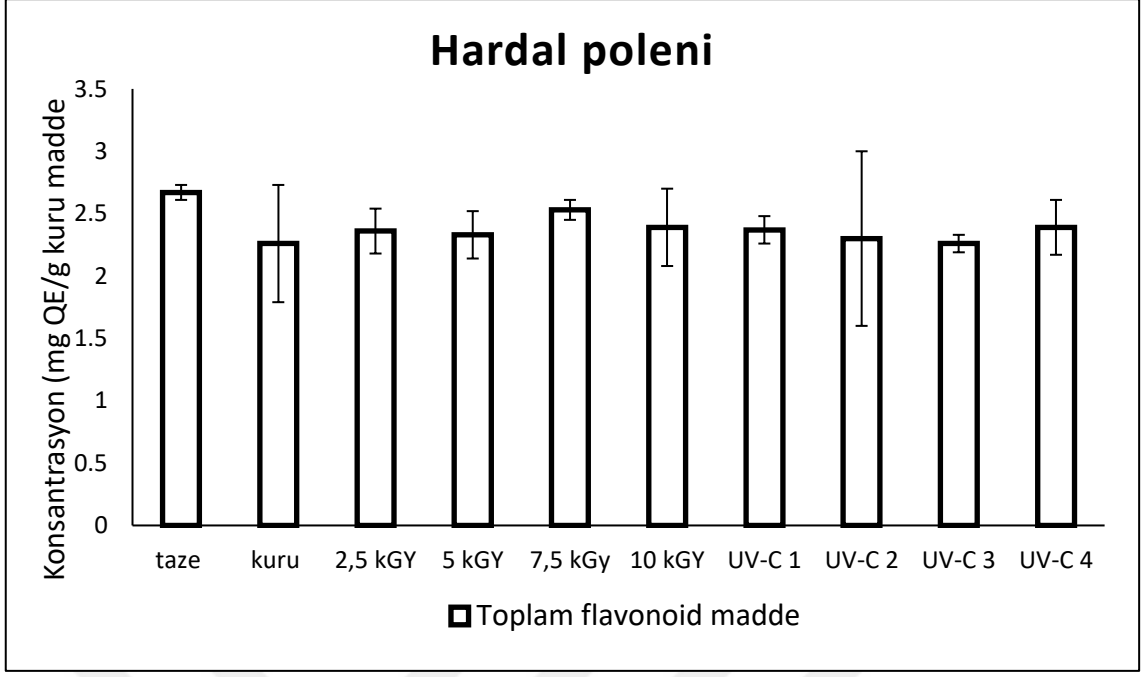
UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

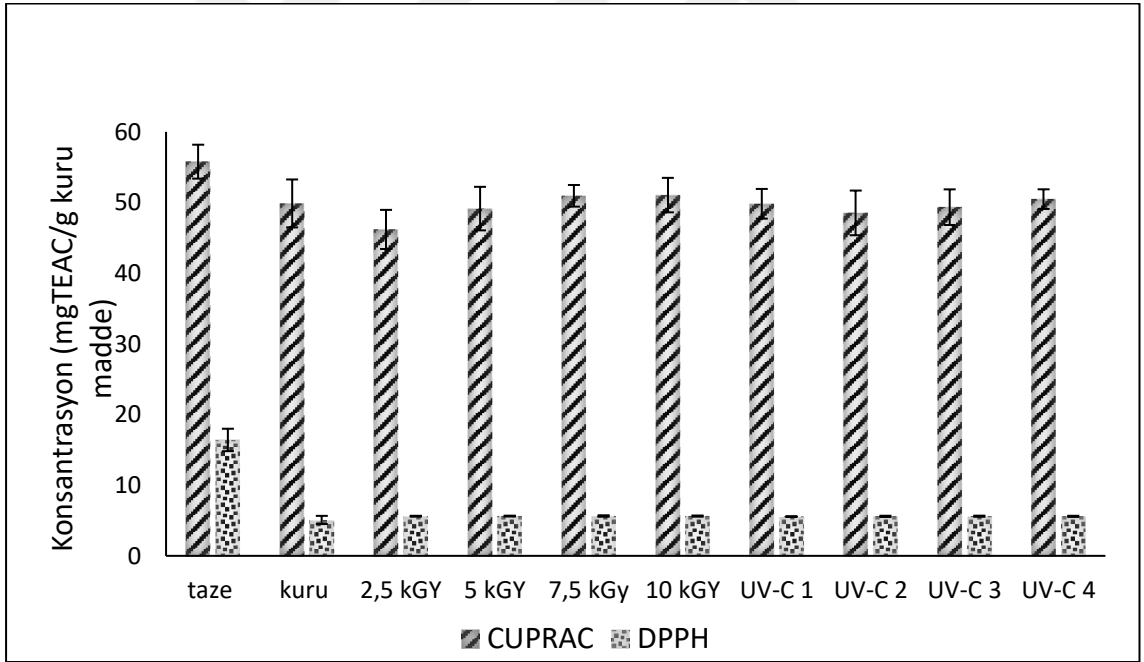
Hardal poleninde kurutulduğunda, antioksidan kapasitesinde DPPH ve CUPRAC yöntemleri için sırası ile yaklaşık 11,32 mg TEAC/g kuru madde ve 5,9 mg TEAC/g kuru madde miktarında, istatistiksel olarak ($p < 0,05$) önemli bir azalma olmuştur. Taze ve kuru polenlerin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarı arasında istatistiksel olarak ($p > 0,05$) önemli bir farklılık yoktur. Genel olarak, toplam fenolik madde için gama ve UV-C uygulamalarında kendi içlerinde birbirlerinden farklı olmadığı sonucuna varılmıştır ($p > 0,05$). DPPH sonuçlarına göre kurutulmuş hardal polenin antioksidan aktivitesinin azaldığı belirlenmiş ancak gama ışınlama ve UV-C uygulaması, kuru hardal polenin antioksidan aktivitesini değiştirmemiştir. CUPRAC yöntemi kullanılarak yapılan antioksidan tayininde de kurutulan polenin antioksidan aktivitesi azalmıştır. 2,5 kGy dışında yapılan diğer uygulamaların, kurutulmuş polenin antioksidan aktivitesi ile arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$). Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9'de hardal polenin sırası ile TFM, TF ve antioksidan kapasitesindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin TFM miktarı



Şekil 4.8 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin TF miktarı



Şekil 4.9 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin antioksidan kapasitesi

Çizelge 4.10 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının tavşan otu poleninin biyoaktif özelliklerine etkisi

Tavşan otu poleni	Toplam fenolik madde (mg GAE/g kuru madde)	Toplam flavonoid madde (mg CAE/g kuru madde)	Toplam antioksidan kapasitesi (mg TEAC/g kuru madde)	
			DPPH	CUPRAC
Taze	6,48±0,34 ^a	1,54±0,18 ^a	7,95±1,10 ^a	19,45±1,06 ^a
Kuru	4,76±0,14 ^e	1,31±0,43 ^{ab}	5,00±0,12 ^c	15,99±2,49 ^c
2,5 kGy	5,62±0,23 ^d	1,23±0,09 ^b	5,20±0,18 ^{bc}	17,04±1,86 ^{bc}
5 kGy	6,19±0,25 ^{ab}	1,25±0,10 ^b	5,43±0,06 ^b	17,73±2,39 ^{abc}
7,5 kGy	5,96±0,38 ^{bcd}	1,25±0,08 ^b	5,30±0,05 ^{bc}	17,97±1,80 ^{abc}
10 kGy	5,66±0,47 ^d	1,12±0,16 ^b	5,20±0,04 ^{bc}	18,07±1,69 ^{ab}
UV-C 1	5,75±0,46 ^{cd}	1,20±0,28 ^b	5,19±0,15 ^{bc}	18,78±1,21 ^{ab}
UV-C 2	6,08±0,27 ^{bc}	1,21±0,22 ^b	5,25±0,05 ^{bc}	18,09±0,96 ^{ab}
UV-C 3	6,08±0,13 ^{bc}	1,27±0,23 ^b	5,21±0,19 ^{bc}	18,86±1,13 ^{ab}
UV-C 4	6,14±0,40 ^{ab}	1,18±0,22 ^b	5,32±0,14 ^{bc}	17,56±1,06 ^{abc}

Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

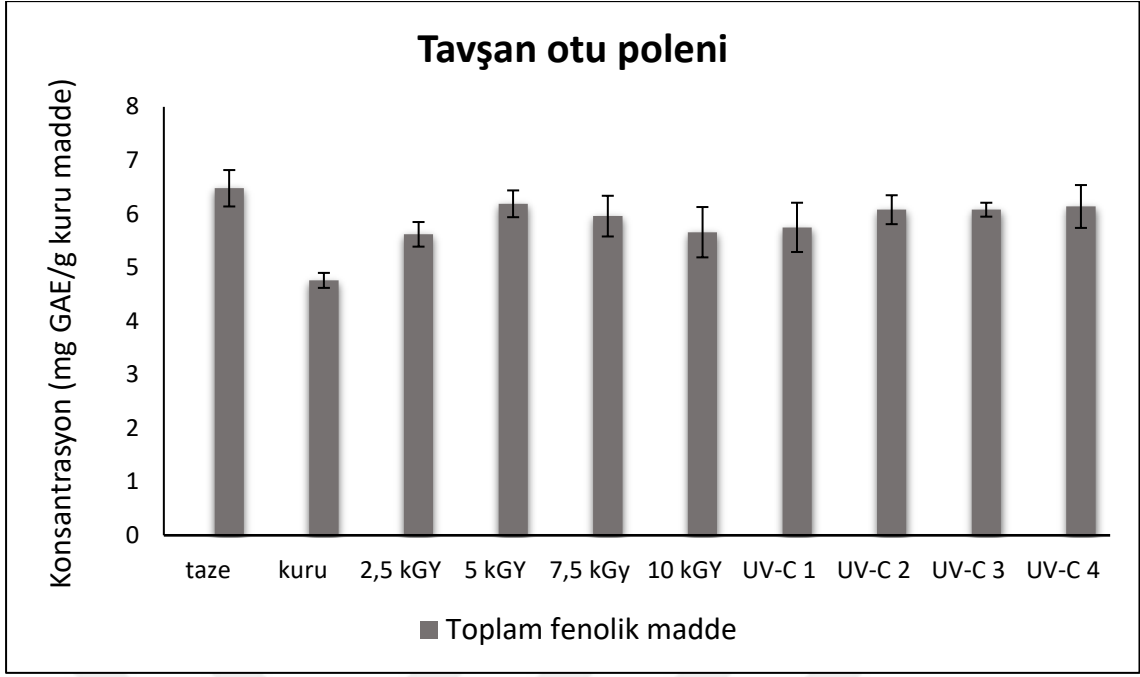
UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

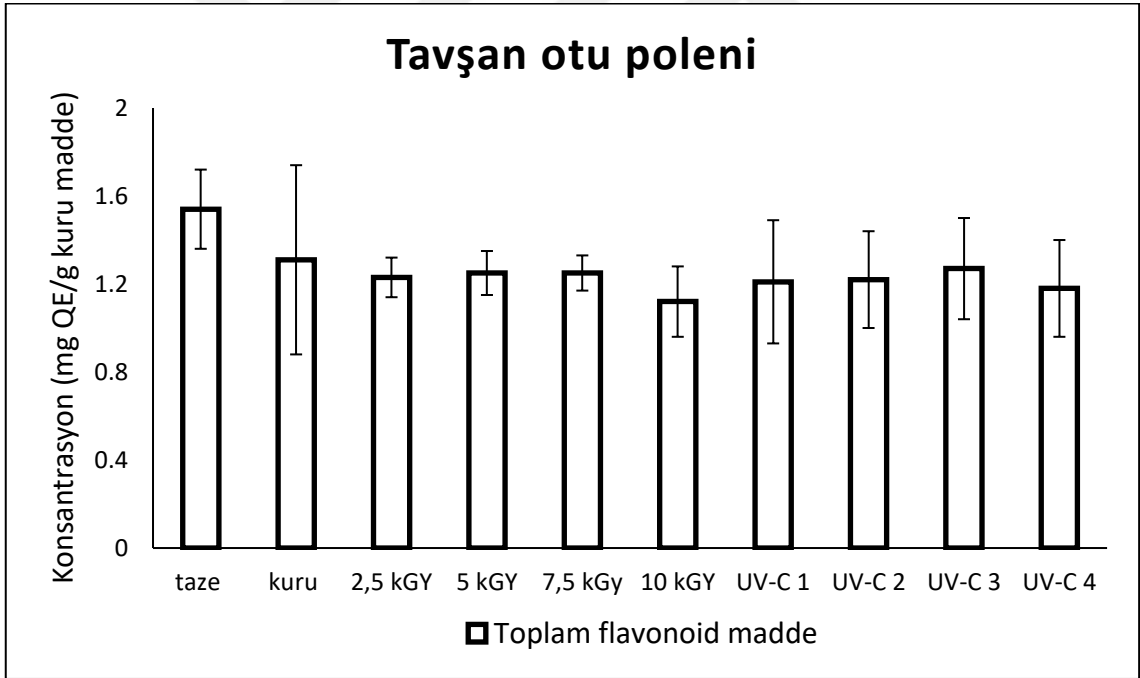
UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

Tavşan otu poleninde kurutulduğunda, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesinde istatistiksel olarak sırası ile yaklaşık 1,72 mg GAE/g kuru madde, 2,96 mg TEAC/g (DPPH) ve 3,48 mg TEAC/g kuru madde (CUPRAC) miktarında istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli bir azalma olmuştur. Gama ışınlaması ve UV-C uygulandıktan sonra toplam fenolik maddede polenin kurutulmuş haline kıyasla artış görülmüştür. Toplam flavonoid madde için taze ve kuru örnekler arasında istatistiksel bir farklılık ($p>0,05$) yoktur, ancak gama ışınlama ve UV-C uygulaması yapılan polenlerin toplam flavonoid miktarı taze polene göre azalmıştır. DPPH sonuçlarına göre kurutulmuş polenin antioksidan aktivitesinin azaldığı belirlenmiş ancak gama ışınlama ve UV-C uygulaması, kuru polenin antioksidan aktivitesini değiştirmemiştir. CUPRAC yöntemi kullanılarak yapılan antioksidan tayininde de kurutulan polenin antioksidan aktivitesi azalmıştır. Gama ışınlaması yapılan polenlerin antioksidan aktivitesinin kuru polenden farklı olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$).

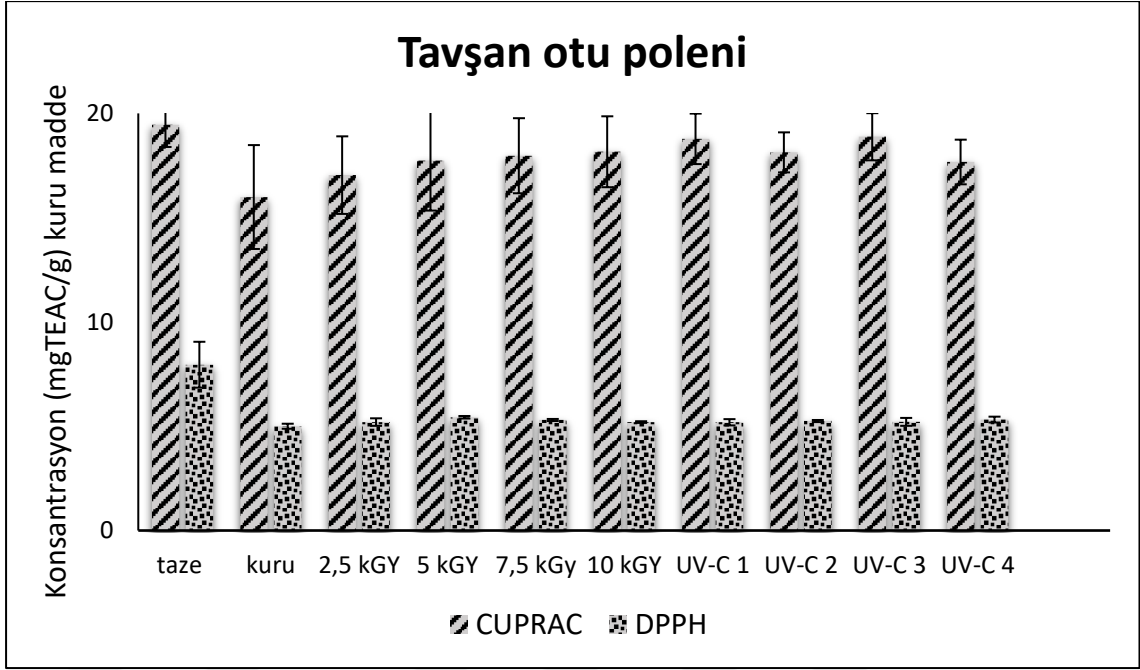
Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12'da tavşan otu poleninin sırası ile TFM, TF ve antioksidan kapasitesindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin TFM miktarı



Şekil 4.11 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin TF miktarı



Şekil 4.12 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin antioksidan kapasitesi

Marghitas vd. [78] yaptıkları çalışmada Transilvanya ve Romanya'dan toplanan 12 farklı polenin toplam fenolik ve flavonoid içeriklerini sırası ile $4,4 \pm 0,1$ - $16,4 \pm 0,3$ mg GAE/g ve $0,6 \pm 0,03$ - $13,6 \pm 0,2$ mg QE/g olarak bulmuşlardır. Avşar vd. [24] Sinop'un 9 farklı bölgesinden toplanan *Castanea sativa* polenin toplam fenolik içeriğini $64,02 \pm 0,26$ - $103,8 \pm 6,72$ mg GAE/g arasında bulmuşlardır.

Polenin antioksidan kapasitesi ile ilgili yapılmış çalışmalar vardır. Yeşiltaş vd. [62] İspanya ve Türkiye'den toplanan polenlerin antioksidan kapasitelerini belirlemişler, CUPRAC ve DPPH ile yapılan analizler sonucu polenlerin antioksidan kapasitelerini sırası ile $20,7 \pm 1,2$ - $89,4 \pm 3,7$ ile $5,7 \pm 0,9$ - $15,2 \pm 0,1$ mg TE/g olarak bulmuşlardır. Yapılan bir başka çalışmada ise 6 farklı polenin antioksidan kapasiteleri $0,38 \pm 0,02$ - $1,65 \pm 0,00$ mmol Troloks/g olarak saptanmıştır [79].

Kurutma sırasında toplam fenolik maddedeki azalma, fenoliklerin oksidasyon reaksiyonu ve termal degradasyonu sebebiyle açıklanabilir [80]. Kalitatif ve kantitatif olarak polenlerin fenolik/flavonoid profili, arının poleni yaptığı polenin türüne spesifiktir. Bu türe özgü fenolik/flavonoid profilin polenlerin serbest radikal yakalama kapasitesine yansdığı düşünülmektedir [81].

Aouidi vd. [82] kurutulmuş zeytin yapraklarını gama ışınlarına tabi tutarak, örneklerin fenolik kompozisyonuna etkisini incelemişler ve 25 kGy'e kadar ışınlamanın fenolik kompozisyonunu ve antioksidan özelliklerini değiştirmediği tespit etmişlerdir.

Marathe vd. [72]; kırmızı barbunyalar için yaptıkları çalışmada 0,25, 1 ve 5 kGy dozunda ışınlamada fenolik içeriğinde önemli bir değişikliğe sebep olmadığı belirlenmiştir.

Dağ kekiği (*Folium thymi*), kekik (*Folium origani cretici*) ve adaçayı (*Folium salviae officinalis*) baharatları 10 kGy ışınlanarak toplam fenolik madde ve antioksidan özelliklerini incelenmiştir. Işınlamış baharatlar ile ışınlanmamış baharatlar karşılaştırıldığında toplam fenolik ve antioksidan kapasitenin ışınlamadan etkilendiği görülmüştür [83].

Islam vd. [84], elma suyuna uygulanan UV-C ışınlamanın toplam fenolik ve antioksidan kapasitesine etkisi incelemişler ve 0-40 mJ/cm² arası ışınlamanın toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesi üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığını saptamışlardır.

Gama ışınlamanın 2,5, 4, 5,5 ve 7 kGy dozlarında misk adaçayı tohumlarında *Salvia sclarea* L.) yaptıkları ışınlama sonucu 7 kGy dozda ışınlama ile toplam fenolik ve antiradikal aktivitesinde olumlu, tüm dozların antioksidan aktivite üzerinde negatift etkiye etkiye sahip olduğu saptanmıştır [85].

Türkiye'den toplanmış olan *Satureja hortensis*, *Thymus vulgaris* ve *Thymbra spicata* bitkilerine uygulanan 1,2 3 ve 5,1 kGy dozlarında gama ışınlanmasından sonra bitkilerin toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesi incelenmiştir. *T. vulgaris* ve *T. spicata* toplam fenolik içerikleri 5.1 kGy dozunda ışınlama sonucu azalmıştır. Her üçünün DPPH yöntemi ile yapılan analiz sonucunda antioksidan aktivitesinin gama ışınlamadan sonra azaldığı bildirilmiştir [86].

Bazı çalışmalarda gama ışınlaması ve UV uygulaması yapılarak gıdaların biyoaktif özelliklerinde artış sağlandığı belirtilmiştir [87], [88], [89], [90]. Bunun sebebi ışınlamanın büyük fenolik bileşenleri küçük bileşenlere parçalaması ya da fenolik bilşenlerin glikosidik bileşenlerden ayrılmasının sonucu olarak belirtilmiştir [91]. UV ışığın ise meyvelerde UV absorblayan fenolik ve flavonoidler birikmesine, bazı enzimlerin

sentezini uyararak fenol gibi bileşenlerin artışına sebep olduğu bilinmektedir [92]. Ancak bunun yanında yukarıda verilen ve bu işlemler uygulandıktan sonra biyoaktif özelliklerde önemli bir değişikliğe sebep olmayan çalışmalar da vardır. Bunlara ek olarak gama ışınlamasının bazı ürünlerin biyoaktif özelliklerinde azalmaya sebep olduğunu belirten uygulamalar da vardır [93].

4.3 Polen Örneklerinin Mikrobiyolojik Özellikleri

Yüksek besin içeriği nedeniyle, polende çeşitli mikroorganizmalar gelişebilir. Toplanması, depolanması ve pazarlama uygulamaları doğru olmadığı zaman mikroorganizmalar, diğer kurutulmuş gıdalarda olduğu gibi, polende de gelişebilirler [27]. İşlemlerin taze, kuru ve dekontaminasyon işlemleri uygulanmış gelincik, haşhaş, hardal ve tavşan otu poleni için mikrobiyal özelliklere etkisi Çizelge 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14'de sırası ile verilmiştir. Şekil 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19'da sırası ile taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin TMAB, maya, küf, koliform, enterobakter, sporlu bakteri ve psikrofilik sayısı verilmiştir.

Çizelge 4.11 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının gelincik polenin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (log kob/g)

Gelincik Polen	TMAB	Maya	Küf	Koliform	Enterobakter	Sporlu bakteri	Psikrofilik bakteri
Taze	7,40±0,01 ^a	4,83±0,04 ^b	4,17±0,13 ^a	3,69±0,01 ^c	3,59±0,02 ^c	4,05±0,02 ^{cd}	3,96±0,02 ^a
Kuru	7,41±0,03 ^a	4,97±0,09 ^a	4,43±0,05 ^a	3,85±0,59 ^{bc}	4,19±0,03 ^{ab}	4,45±0,02 ^a	3,96±0,01 ^a
2,5 kGy	5,16±0,01 ^e	4,59±0,08 ^c	3,71±0,61 ^b	2,74±0,04 ^d	2,72±0,07 ^d	3,80±0,03 ^e	3,67±0,03 ^c
5 kGy	3,55±0,04 ^f	2,67±0,19 ^e	3,49±0,14 ^b	2,00>	2,00>	2,00>	3,55±0,05 ^d
7,5 kGy	2,00>	2,48±0,00 ^f	3,09±0,09 ^c	2,00>	2,00>	2,00>	3,56±0,04 ^d
10 kGy	2,00>	2,00>	2,90±0,10 ^c	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>
UV-C 1	5,73±0,03 ^c	4,68±0,05 ^c	4,26±0,03 ^a	4,39±0,03 ^a	4,11±0,01 ^{ab}	4,11±0,01 ^b	3,73±0,03 ^{bc}
UV-C 2	5,70±0,04 ^c	4,02±0,02 ^d	4,22±0,02 ^a	4,16±0,15 ^{ab}	4,11±0,01 ^{ab}	4,01±0,01 ^d	3,83±0,04 ^b
UV-C 3	5,59±0,01 ^d	4,84±0,06 ^b	4,26±0,07 ^a	4,28±0,04 ^a	3,95±0,04 ^b	4,02±0,00 ^{cd}	3,65±0,02 ^{cd}
UV-C 4	5,81±0,01 ^b	4,81±0,02 ^b	4,23±0,09 ^a	4,13±0,00 ^{ab}	4,30±0,69 ^a	4,10±0,01 ^{bc}	3,74±0,03 ^{bc}

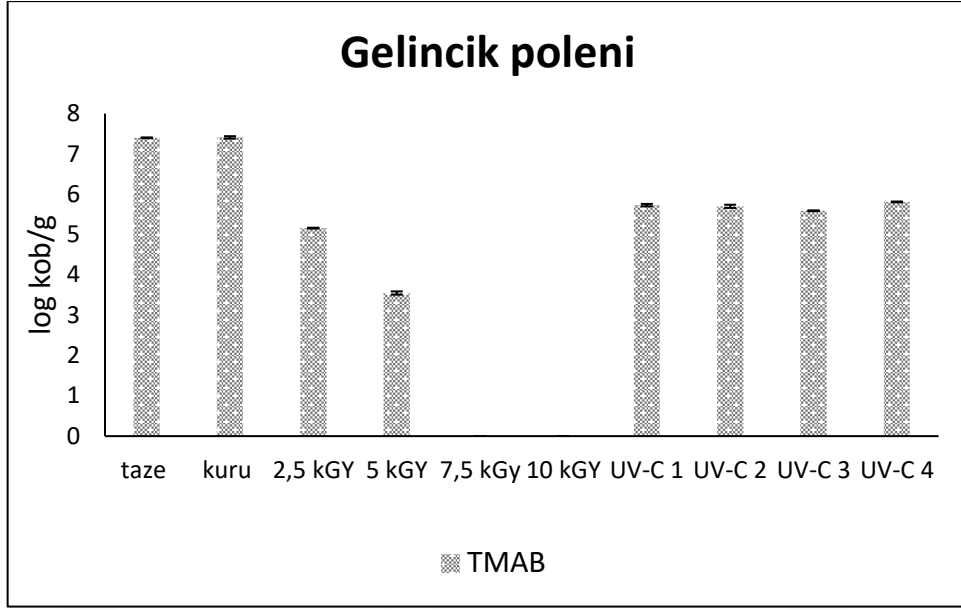
Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

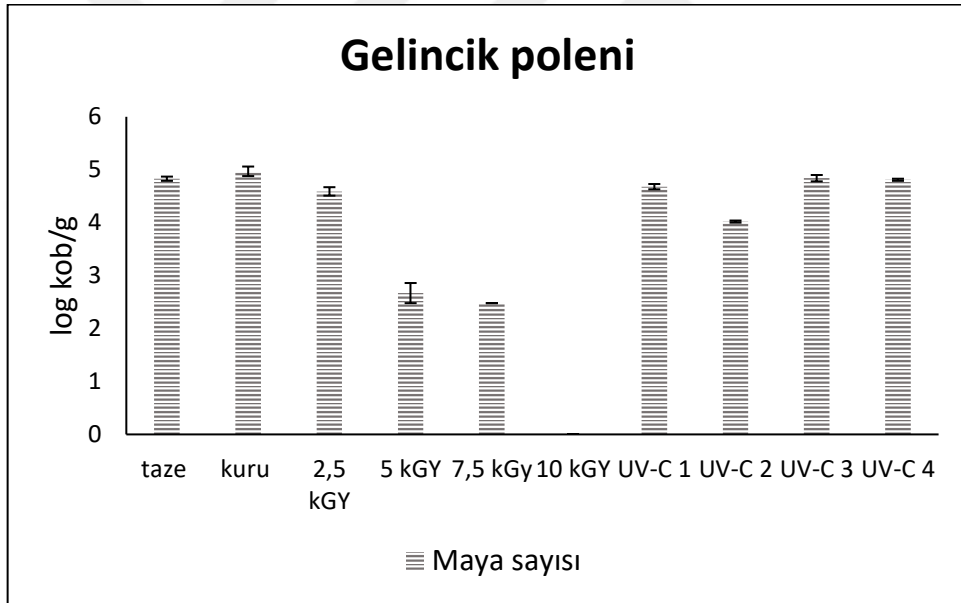
UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.



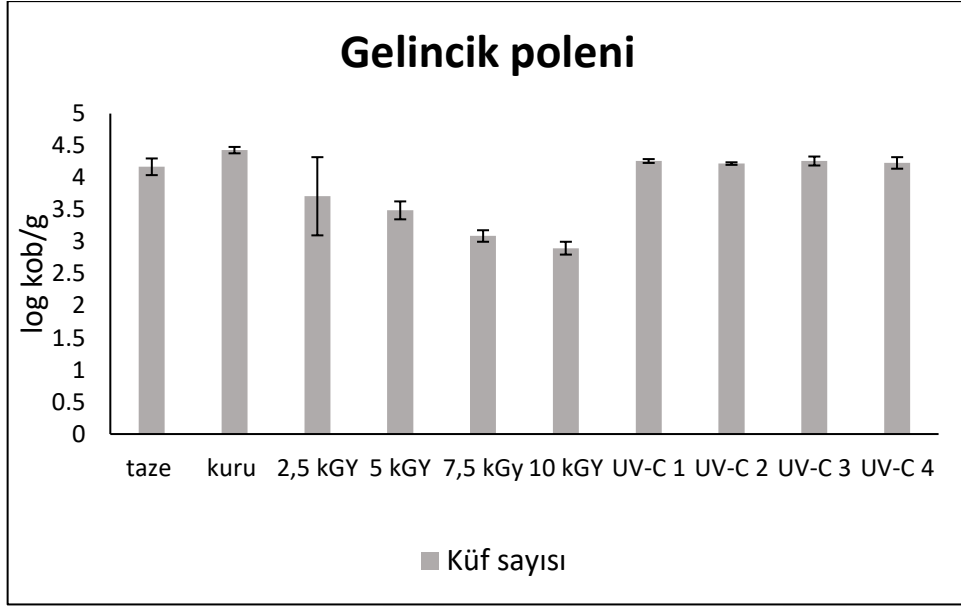
Şekil 4.13 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin TMAB sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.

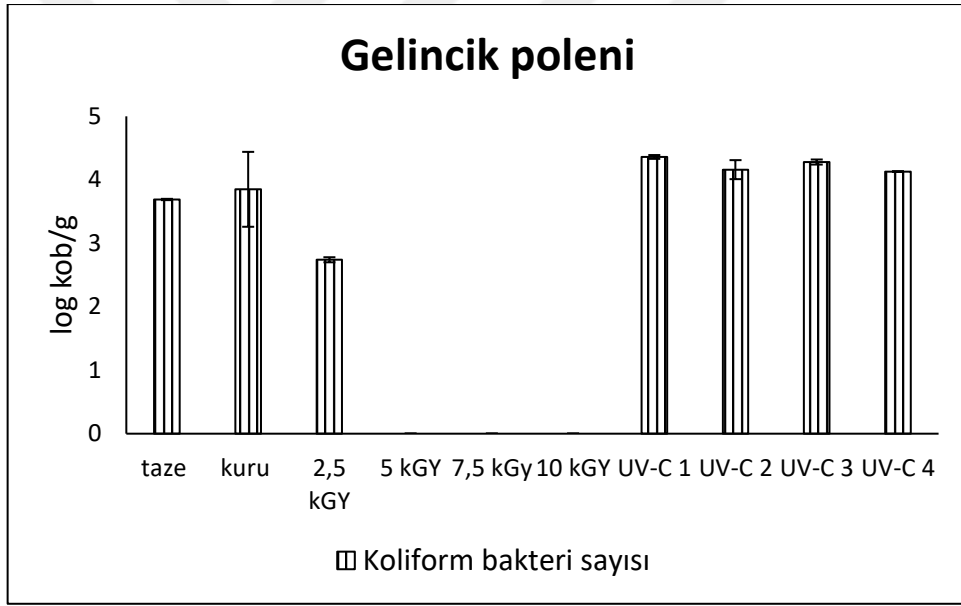


Şekil 4.14 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin maya sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.

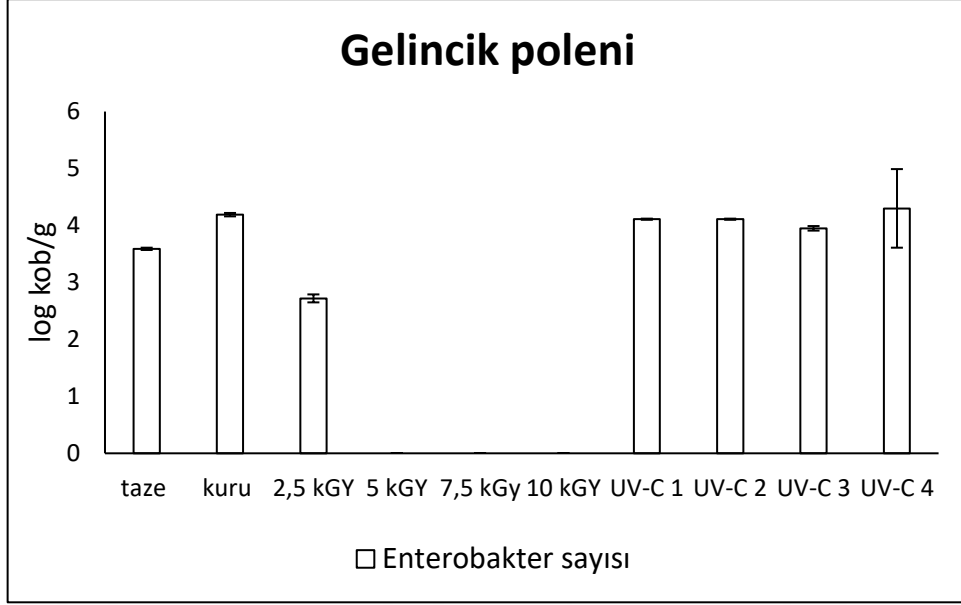


Şekil 4.15 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik poleninün küf sayısı



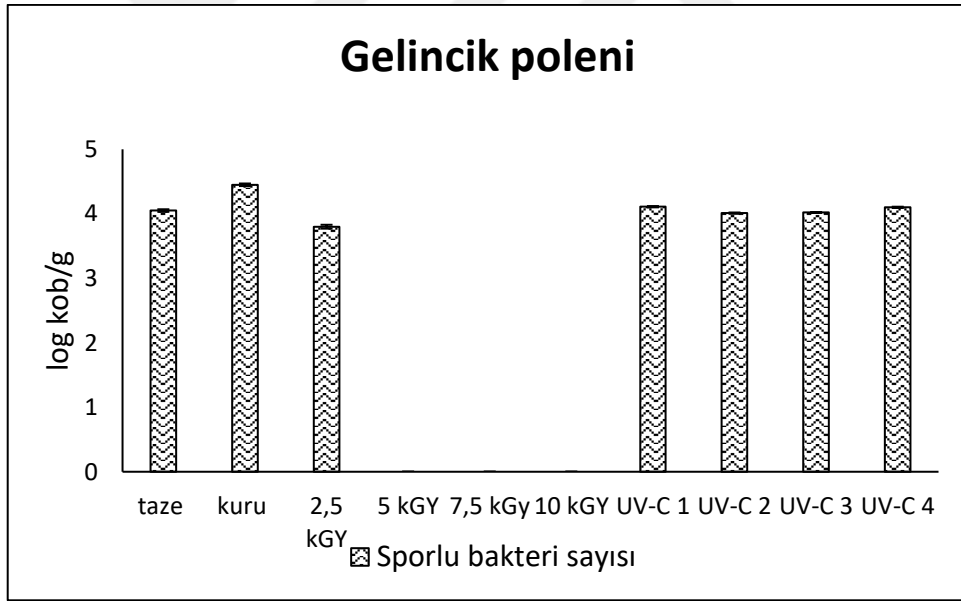
Şekil 4.16 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik poleninün koliform bakteri sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



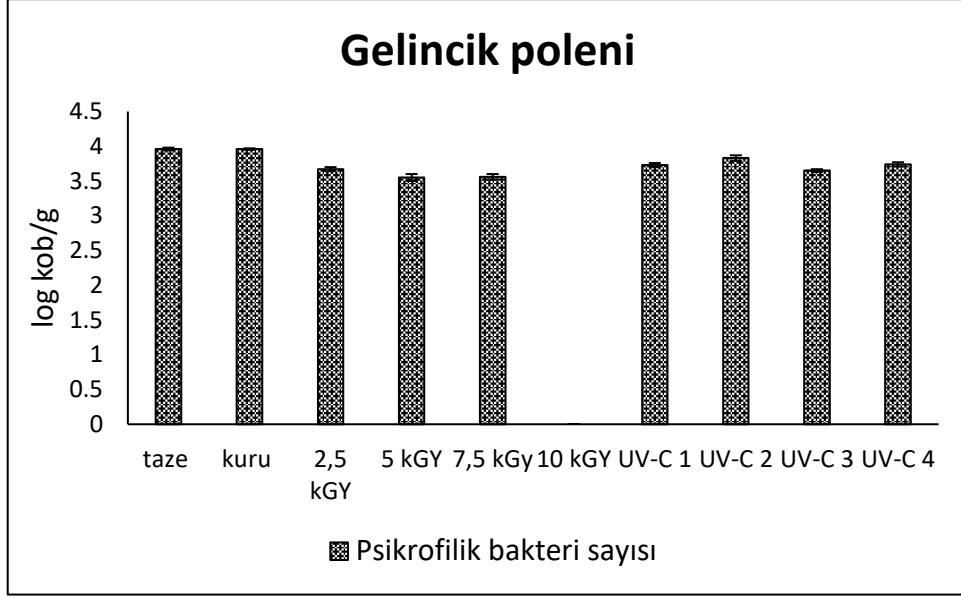
Şekil 4.17 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin enterobakter sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.18 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin sporlu bakteri sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.19 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin psikrofilik sayısı
Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.

Taze gelincik poleni ile kurutulmuş gelincik poleni karşılaştırıldığında, kurutmanın hiçbir analiz grubunda mikroorganizma sayısını azaltmadığı belirlenmiştir. Gama ışınlama dozunun artmasıyla tüm gruplarda azalan mikroorganizma sayısı, TMAB için 7,5 kGy, maya ve psikrofilik için 10 kGy, koliform ve enterobakter için 5 kGy dozunda uygulandığında mikroorganizma seviyesi oldukça düşük çıkmıştır. TMAB sayımında, kuru polenle karşılaştırıldığında UV-C 1, UV-C 2, UV-C 3 ve UV-C 4 için sırası ile yaklaşık olarak 1,67, 1,71, 1,81 ve 1,59 log kob/g azalma tespit edilmiştir. Maya ve psikrofilik bakteri için tüm UV-C işlemlerinde kuru polene göre sayıda azalma olduğu görülmüştür. Şekil 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 ve 4.26'da sırası ile taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin TMAB, maya, küf, koliform, enterobakter, sporlu bakteri ve psikrofilik sayısı verilmiştir.

Çizelge 4.12 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının hardal polenin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (log kob/g)

Hardal Poleni	TMAB	Maya	Küf	Koliform	Enterobakter	Sporlu bakteri	Psikrofilik bakteri
Taze	5,73±0,06 ^a	4,11±0,08 ^c	4,09±0,08 ^c	3,41±0,01 ^e	4,56±0,08 ^{ab}	4,95±0,01 ^a	3,76±0,02 ^a
Kuru	5,24±0,05 ^c	4,76±0,02 ^a	4,37±0,13 ^{ab}	3,73±0,01 ^b	4,39±0,08 ^b	4,16±0,02 ^e	3,61±0,07 ^b
2,5 kGy	4,01±0,01 ^d	3,48±0,14 ^f	3,00±0,23 ^d	2,00>	2,00>	4,00±0,11 ^f	2,00>
5 kGy	2,64±0,15 ^e	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>
7,5 kGy	2,48±0,00 ^f	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>
10 kGy	2,30±0,00 ^g	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>
UV-C 1	5,52±0,05 ^b	4,07±0,01 ^c	4,41±0,06 ^{ab}	3,52±0,10 ^d	4,80±0,07 ^a	4,78±0,02 ^b	3,59±0,06 ^b
UV-C 2	5,51±0,05 ^b	4,45±0,01 ^b	4,52±0,03 ^a	3,83±0,02 ^a	4,30±0,62 ^b	4,44±0,02 ^c	3,71±0,04 ^a
UV-C 3	5,43±0,06 ^b	3,65±0,05 ^e	4,46±0,03 ^{ab}	3,61±0,04 ^c	4,62±0,07 ^{ab}	4,30±0,14 ^d	3,50±0,02 ^c
UV-C 4	5,54±0,11 ^b	3,80±0,02 ^d	4,36±0,02 ^b	3,42±0,02 ^e	4,61±0,05 ^{ab}	4,52±0,04 ^c	3,57±0,02 ^b

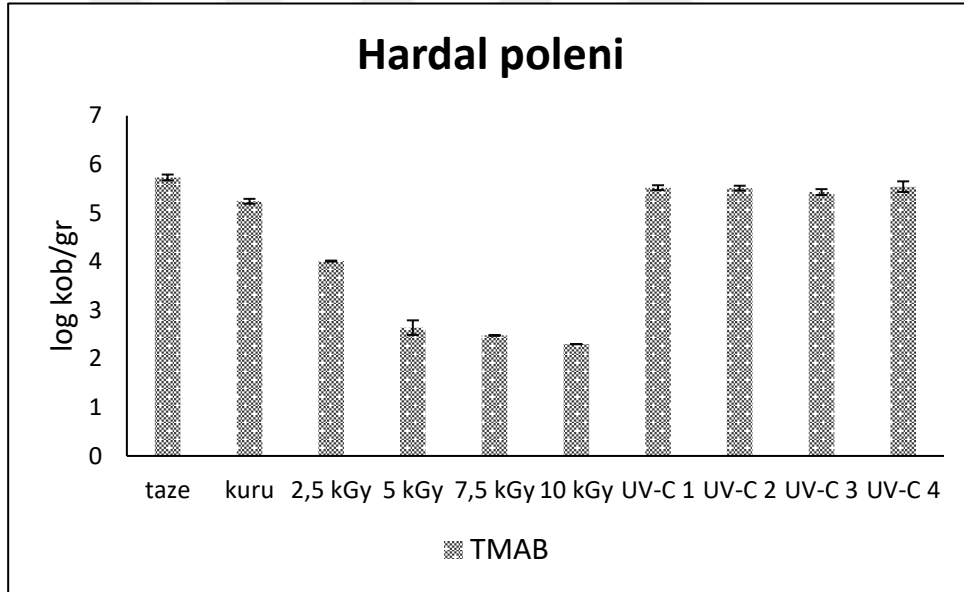
Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

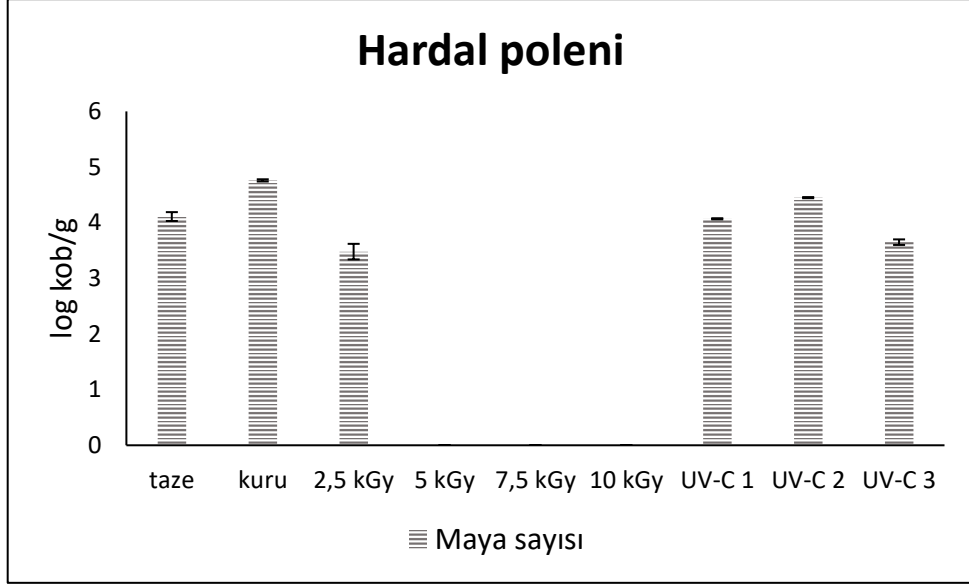
UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

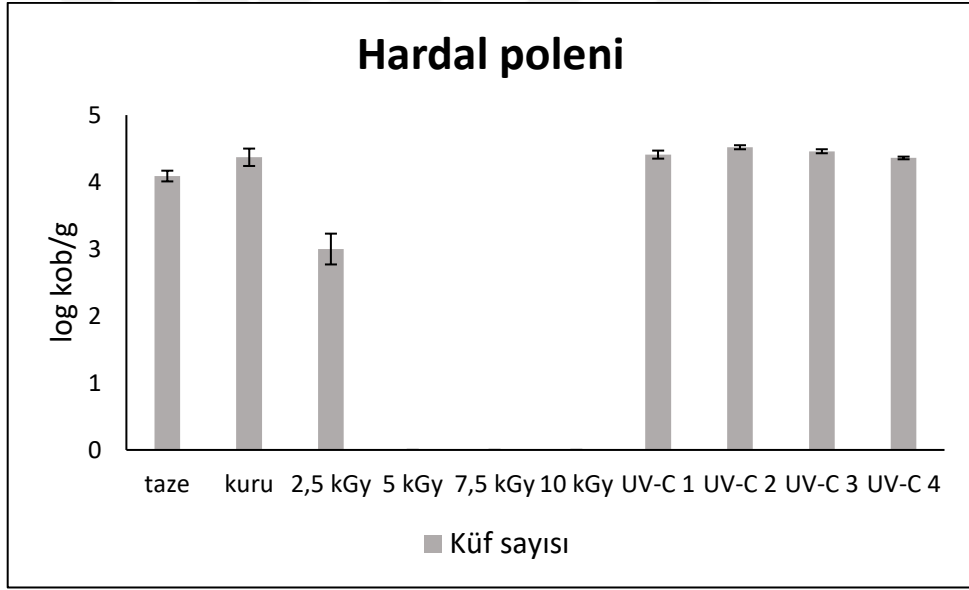
UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.



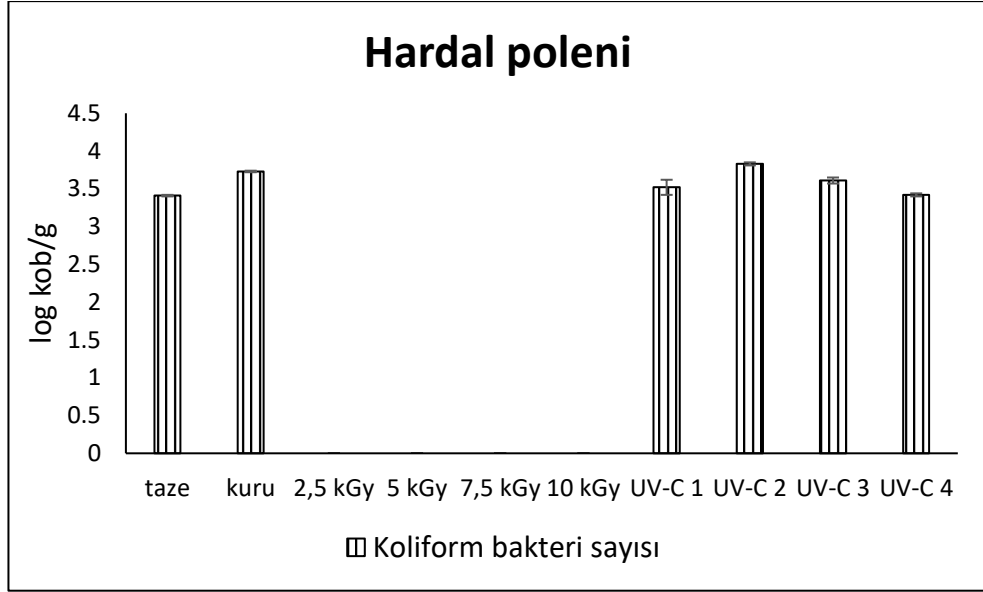
Şekil 4.20 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin TMAB sayısı



Şekil 4.21 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninini maya sayısı
Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.

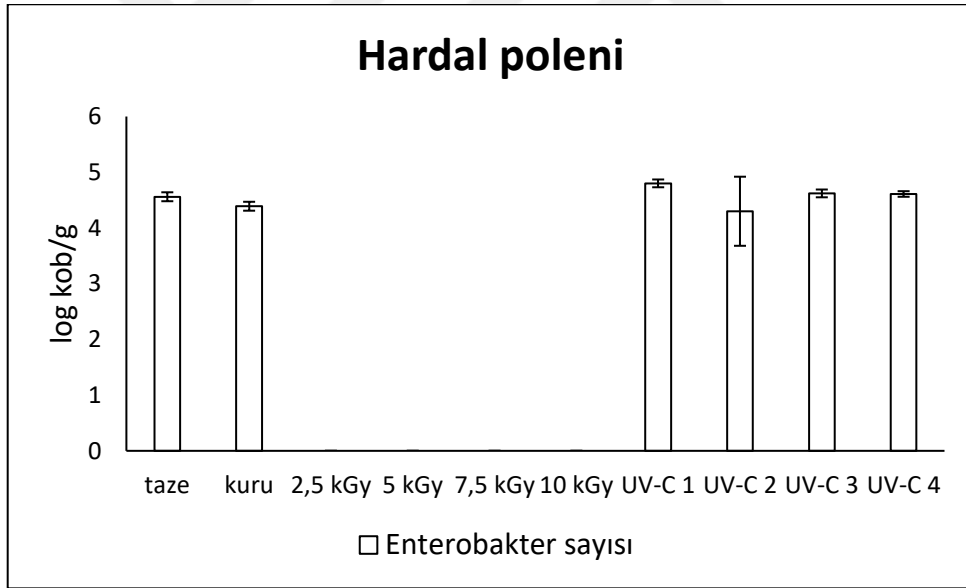


Şekil 4.22 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal poleninini küf sayısı
Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



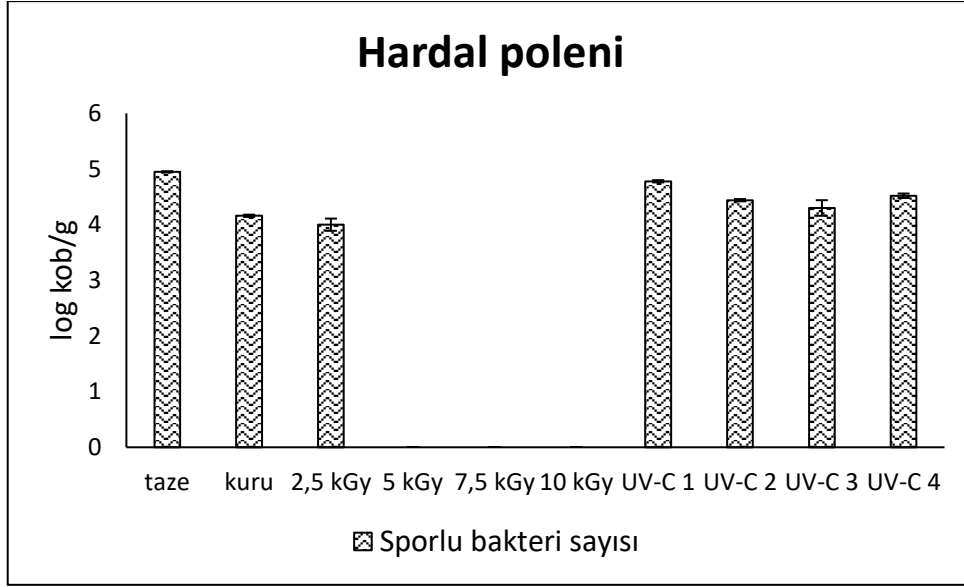
Şekil 4.23 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin koliform bakteri sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



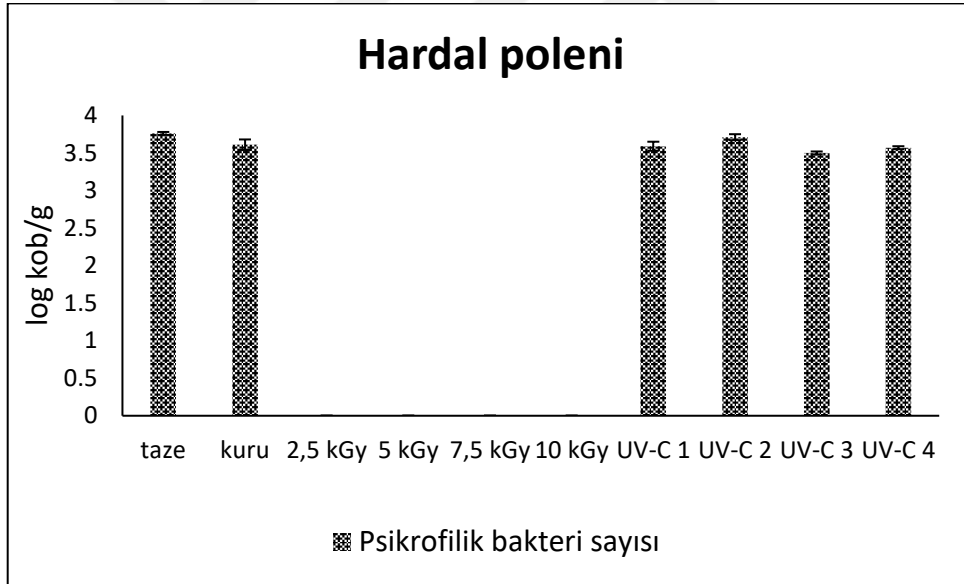
Şekil 4.24 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin enterobakter sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.25 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin sporlu bakteri sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.26 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış hardal polenin psikrofilik bakteri sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.

Hardal polenin başlangıç TMAB, maya, küf, koliform, enterobakter, sporlu bakteri ve psikrofilik bakteri sayıları sırasıyla $5,73 \pm 0,06$, $4,11 \pm 0,08$, $4,09 \pm 0,08$, $3,41 \pm 0,01$, $4,56 \pm 0,08$, $4,95 \pm 0,01$, $3,76 \pm 0,02$ log kob/g olarak bulunmuştur. Yapılan kurutma ile mikroorganizma sayısında TMAB, maya, küf, koliform ve psikrofilik bakteri gruplarında

istatistiksel olarak azalma gözlenirken ($p < 0,05$), enterobakter sayımında önemli bir değişiklik saptanmamıştır ($p > 0,05$). Gama ışınlama dozunun artmasıyla tüm gruplarda azalan mikroorganizma sayısı, TMAB, maya, küf, psikrofilik bakteri için 7,5 kGy dozda, koliform ile enterobakter sayısı için 5 kGy dozda ışınlama oldukça düşük seviyeye indirmiştir. TMAB sayısı uygulanan tüm UV-C işlemleri için yaklaşık olarak aynı değerdedir. UV-C 3 uygulaması maya sayısını yaklaşık 1,11 log kob/g ile en çok azaltan UV-C uygulamasıdır. Şekil 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32'de sırası ile taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin TMAB, maya, küf, koliform, enterobakter ve psikrofilik sayısı verilmiştir.

Çizelge 4.13 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının haşhaş polenin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (log kob/g)

Haşhaş Poleni	TMAB	Maya	Küf	Koliform	Enterobakter	Sporlu bakteri	Psikrofilik bakteri
Taze	5,41±0,02 ^a	5,68±0,01 ^a	3,67±0,01 ^a	3,41±0,01 ^a	2,85±0,06 ^a	-*	4,56±0,01 ^{cd}
Kuru	4,15±0,04 ^b	4,99±0,06 ^b	3,42±0,04 ^b	2,95±0,01 ^b	2,87±0,09 ^a	-	4,52±0,03 ^d
2,5 kGy	2,60±0,09 ^e	3,85±0,08 ^e	3,41±0,07 ^b	2,95±0,02 ^d	2,35±0,07 ^e	-	3,35±0,05 ^f
5 kGy	2,00>	2,15±0,03 ^f	2,00>	2,00>	2,00>	-	3,96±0,03 ^g
7,5 kGy	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	-	2,00>
10 kGy	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	2,00>	-	2,00>
UV-C 1	3,56±0,12 ^d	4,32±0,02 ^d	3,33±0,01 ^b	2,89±0,02 ^b	2,50±0,05 ^d	-	4,61±0,04 ^b
UV-C 2	3,73±0,02 ^c	4,56±0,06 ^c	3,45±0,03 ^b	2,86±0,02 ^b	2,59±0,08 ^{cd}	-	4,69±0,07 ^a
UV-C 3	3,60±0,10 ^d	4,51±0,07 ^c	3,30±0,04 ^b	2,43±0,02 ^c	2,65±0,14 ^{bc}	-	4,40±0,00 ^e
UV-C 4	3,71±0,03 ^c	4,47±0,10 ^c	3,38±0,04 ^b	2,89±0,02 ^b	2,72±0,07 ^b	-	4,60±0,03 ^{bc}

*Sporlu bakteri tespit edilememiştir.

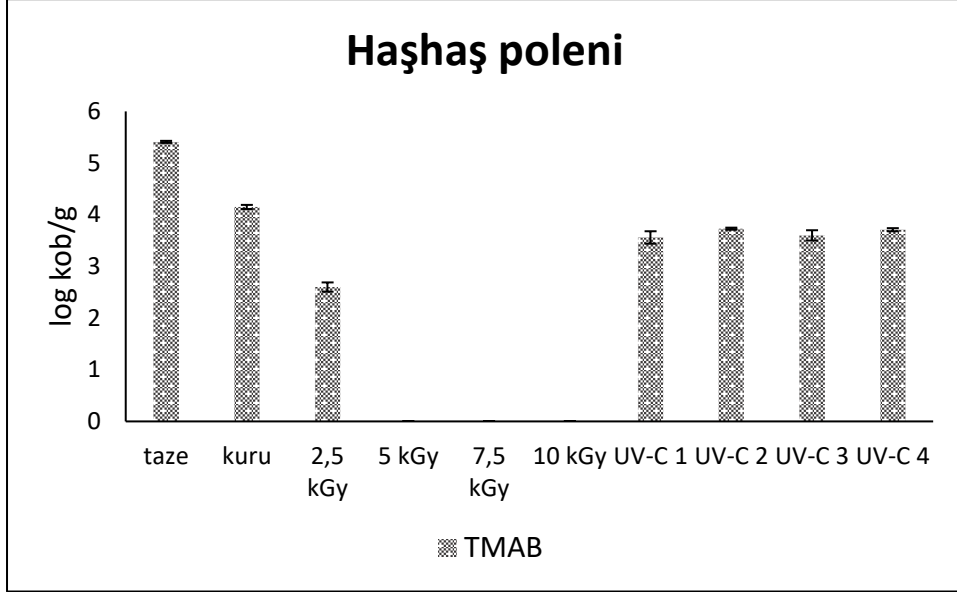
Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p > 0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

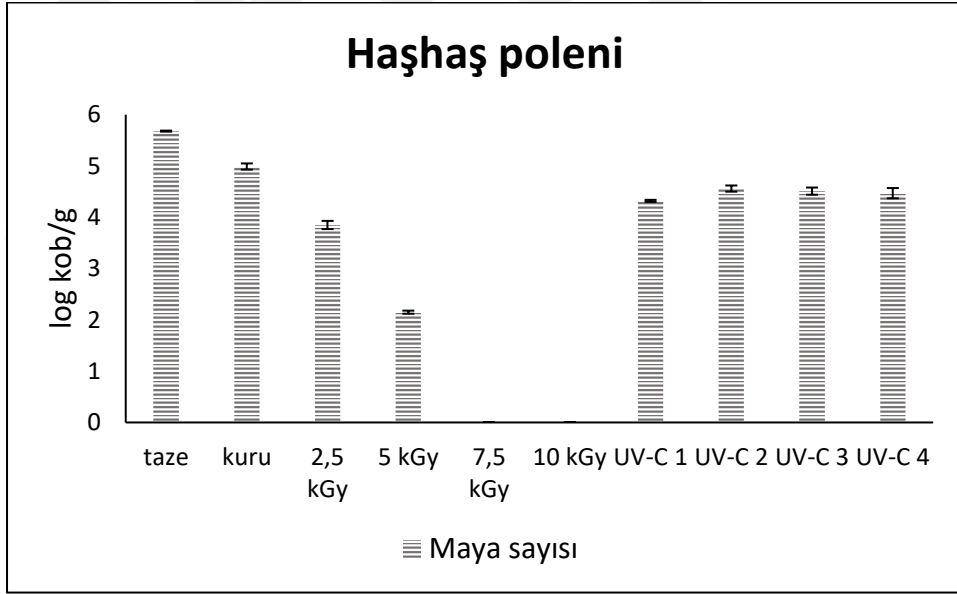
UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.



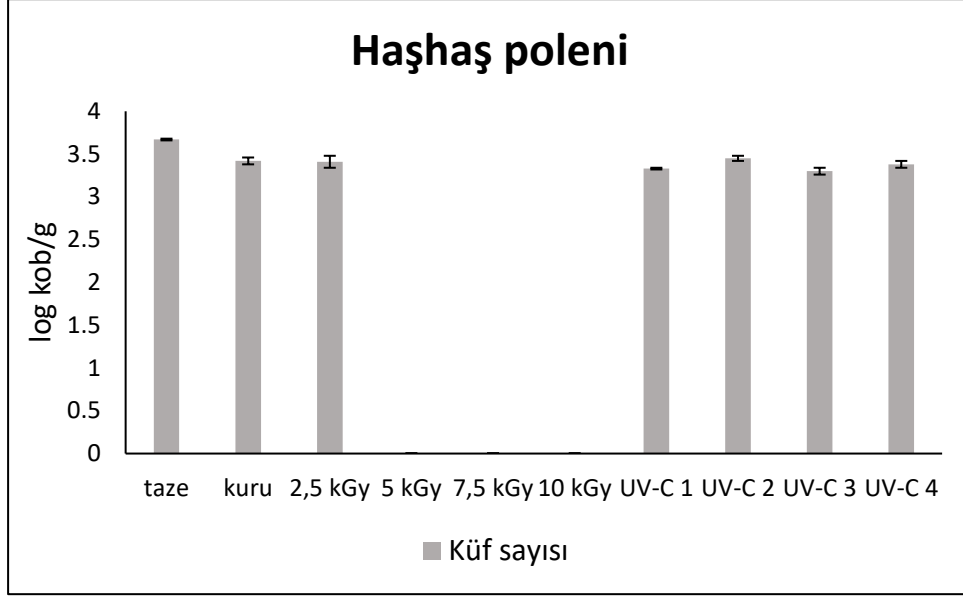
Şekil 4.27 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin TMAB sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



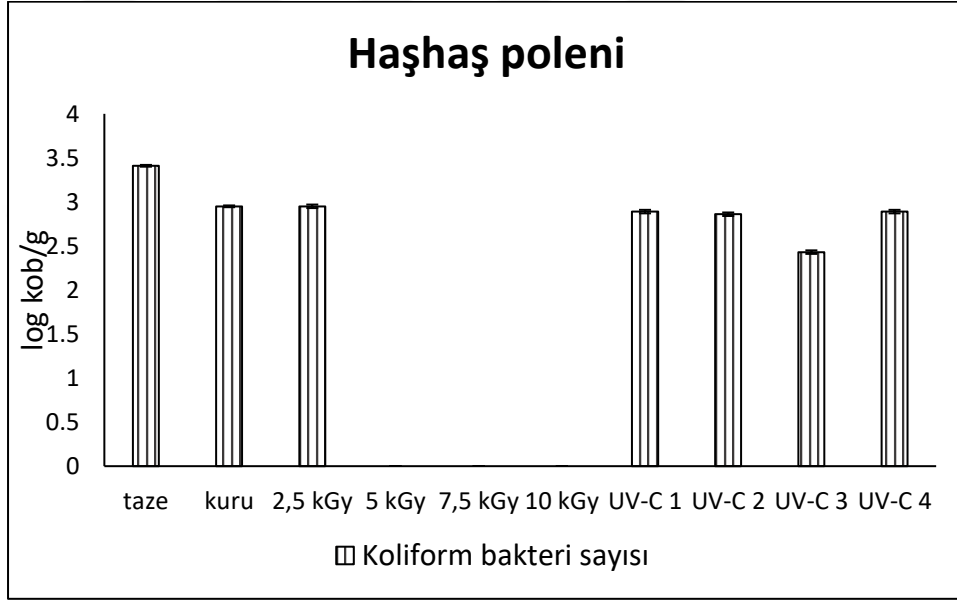
Şekil 4.28 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin maya sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



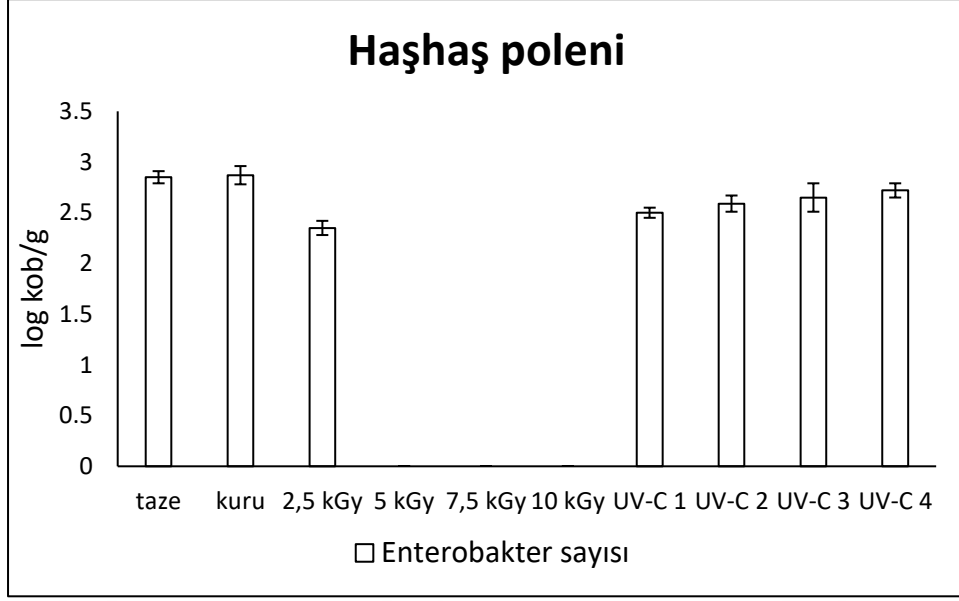
Şekil 4.29 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin kuf sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



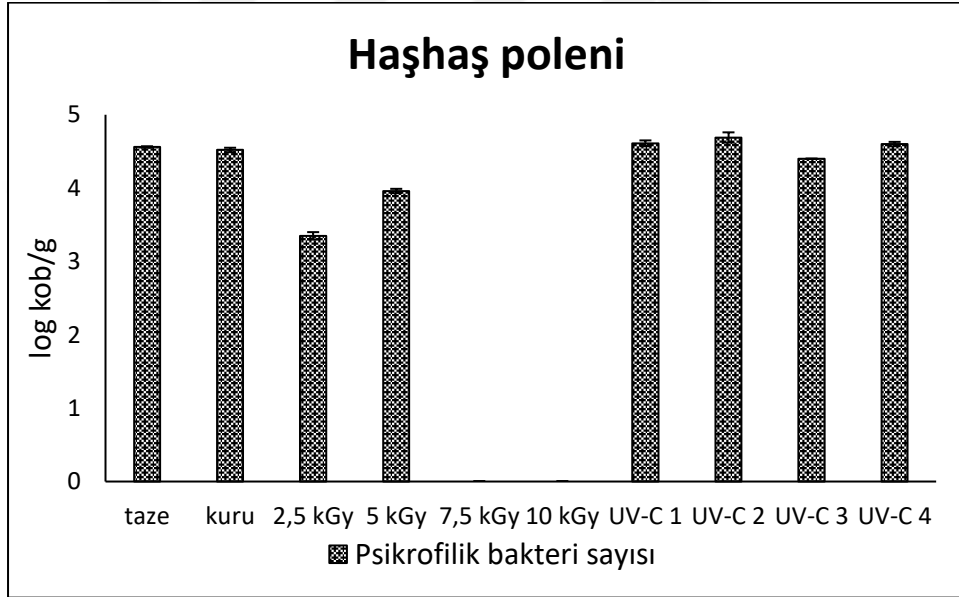
Şekil 4.30 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin koliform bakteri sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.31 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin enterobakter sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.32 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış haşhaş polenin psikrofilik sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.

Haşhaş polenin başlangıç TMAB sayısı, maya, küf, koliform, enterobakter, sporlu bakteri ve psikrofilik bakteri sırası ile $5,41 \pm 0,02$, $5,68 \pm 0,01$, $3,67 \pm 0,01$, $3,41 \pm 0,01$, $2,85 \pm 0,06$ ve $4,56 \pm 0,01$ log kob/g olarak bulunmuştur. Haşhaş poleni için yapılan sporlu bakteri sayımında, sporlu bakteri saptanamamıştır. Yapılan kurutma ile mikroorganizma sayımında, TMAB, maya, küf, koliform gruplarında azalma gözlenirken, psikrofilik ve

enterobakter sayısında önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Gama ışınlama dozunun artmasıyla tüm gruplarda azalan mikroorganizma sayısı, TMAB, maya, küf, psikrofilik için 7,5 kGy dozda, toplam koliform ile enterobakter sayısı için 5 kGy dozda ışınlama oldukça düşük seviyeye indirmiştir. Haşhaş poleninde kurutmadan sonraki mikroorganizma yükü ile UV-C uygulamasındaki mikroorganizma yükü karşılaştırıldığında TMAB ve maya grubunda belirgin bir azalma görülmüştür ($p<0,05$). Şekil 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38'de sırası ile taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış gelincik polenin TMAB, maya, küf, koliform, enterobakter ve psikrofilik sayısı verilmiştir.

Çizelge 4.14 Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının tavşan otu polenin mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (log kob/g)

Tavşan otu Poleni	TMAB	Maya	Küf	Koliform	Enterobakter	Sporlu bakteri	Psikrofilik bakteri
Taze	4,44±0,07 ^b	5,13±0,00 ^a	3,92±0,54 ^b	3,18±0,02 ^a	3,54±0,06 ^b	-*	4,20±0,01 ^a
Kuru	4,14±0,12 ^c	4,55±0,04 ^e	4,39±0,01 ^a	3,05±0,03 ^b	3,66±0,05 ^a	-	3,47±0,09 ^d
2,5 kGy	3,60±0,07 ^d	4,07±0,02 ^f	3,55±0,04 ^c	2,87±0,21 ^c	2,92±0,02 ^f	-	3,50±0,09 ^{bc}
5 kGy	2,00>	3,60±0,11 ^g	3,50±0,03 ^{cd}	2,00>	2,00>	-	3,03±0,05 ^d
7,5 kGy	2,00>	2,00>	3,25±0,03 ^{de}	2,00>	2,00>	-	3,04±0,08 ^d
10 kGy	2,00>	2,00>	3,11±0,09 ^e	2,00>	2,00>	-	2,95±0,05 ^d
UV-C 1	4,52±0,03 ^b	4,90±0,03 ^b	3,37±0,01 ^{cde}	3,13±0,05 ^{ab}	3,15±0,06 ^d	-	3,52±0,05 ^{bc}
UV-C 2	4,94±0,02 ^a	4,67±0,09 ^d	3,48±0,02 ^{cd}	3,10±0,06 ^{ab}	3,19±0,07 ^d	-	3,51±0,08 ^{bc}
UV-C 3	4,49±0,02 ^b	4,80±0,01 ^c	3,48±0,01 ^{cd}	3,15±0,05 ^{ab}	3,07±0,02 ^e	-	3,49±0,05 ^{bc}
UV-C 4	4,48±0,04 ^b	4,89±0,04 ^b	3,46±0,05 ^{cd}	3,17±0,05 ^{ab}	3,30±0,03 ^c	-	3,60±0,11 ^b

*Sporlu bakteri tespit edilememiştir.

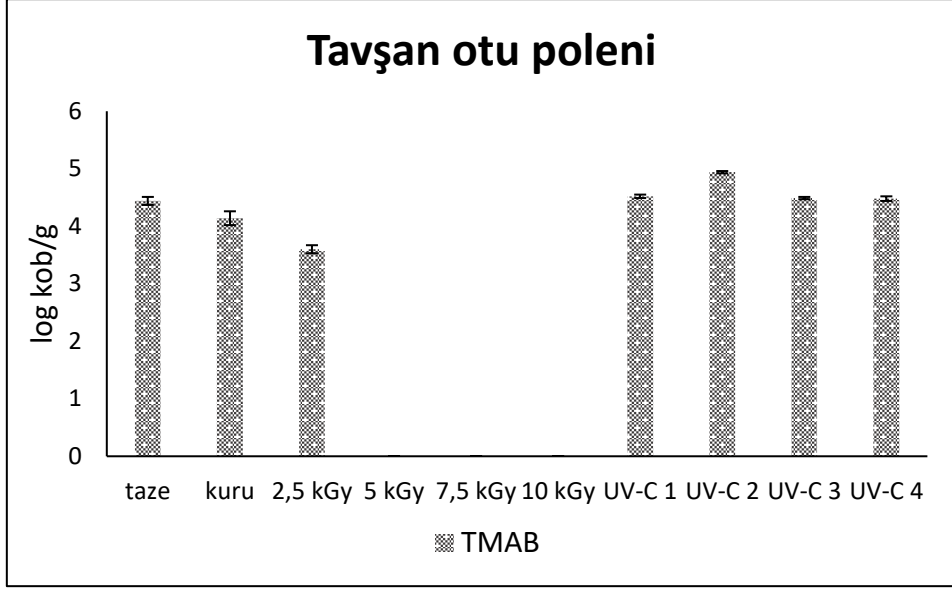
Aynı sütunda gösterilen aynı harfler farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) göstermektedir.

UV-C 1 3,02 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 2 2,97 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

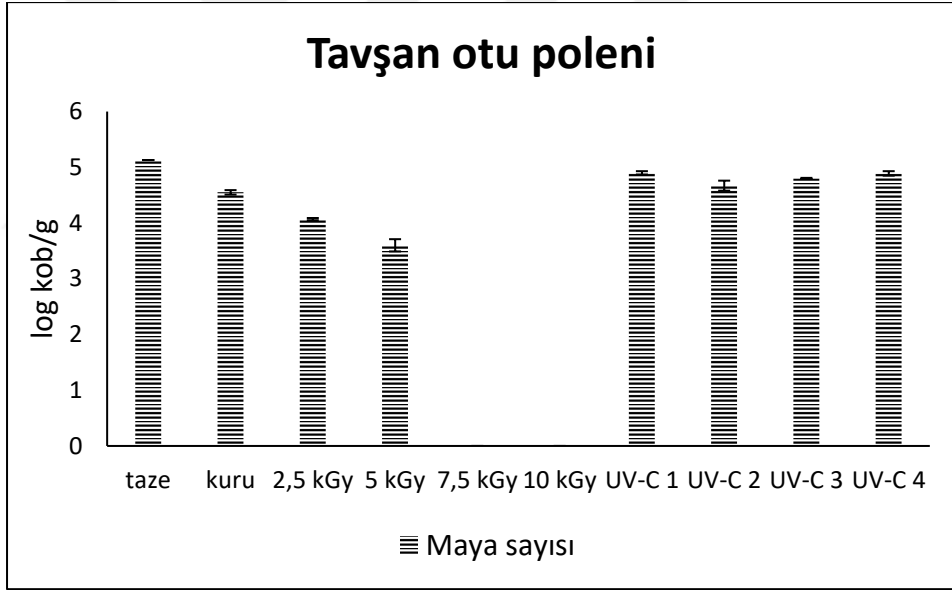
UV-C 3 6,04 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.

UV-C 4 5,95 J/cm² UV-C dozunu ifade etmektedir.



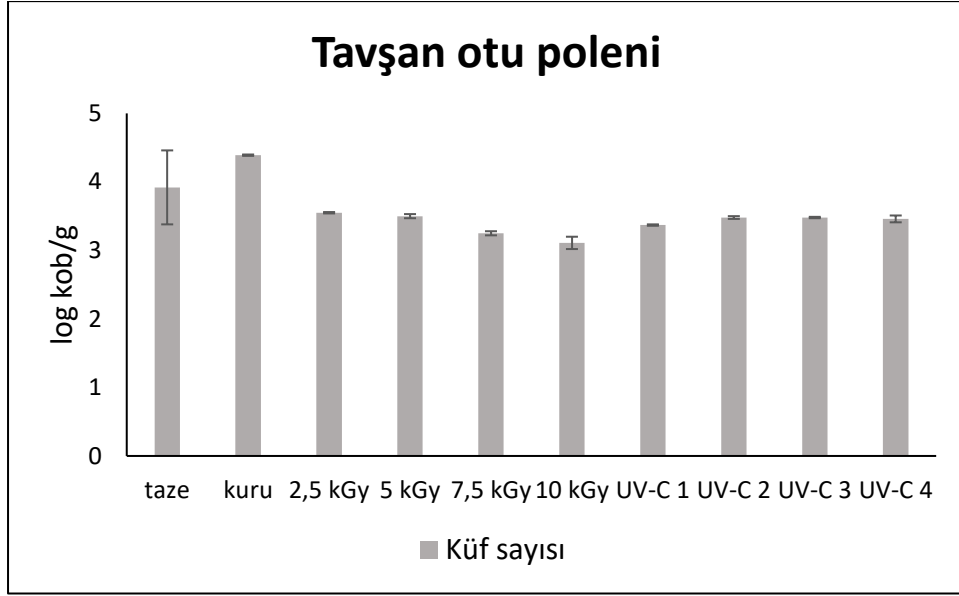
Şekil 4.33 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin TMAB sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.

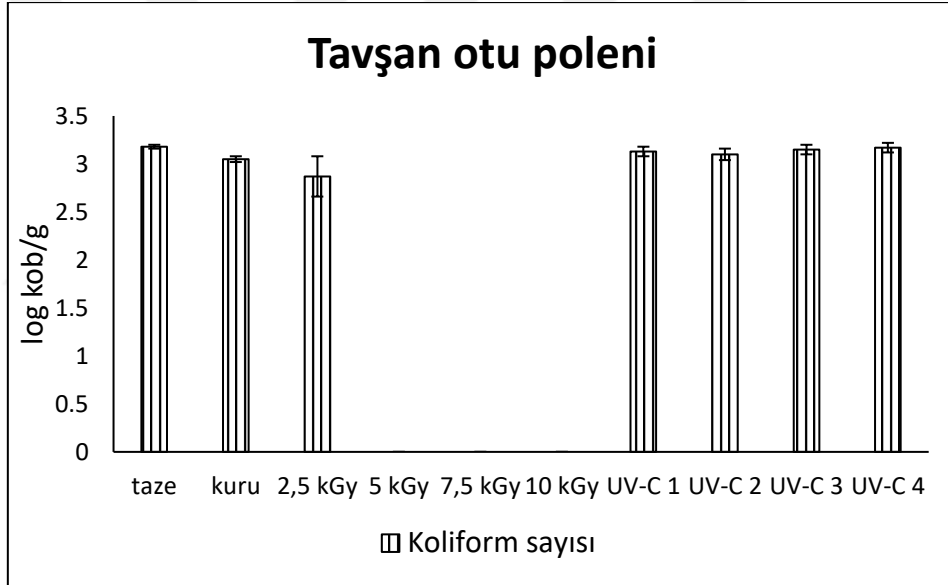


Şekil 4.34 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin maya sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.

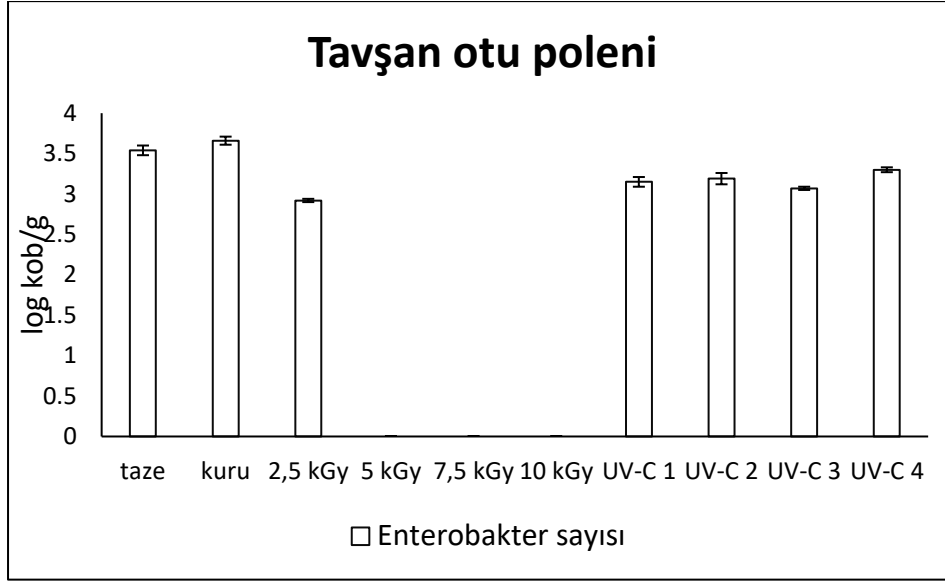


Şekil 4.35 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin kûf sayısı



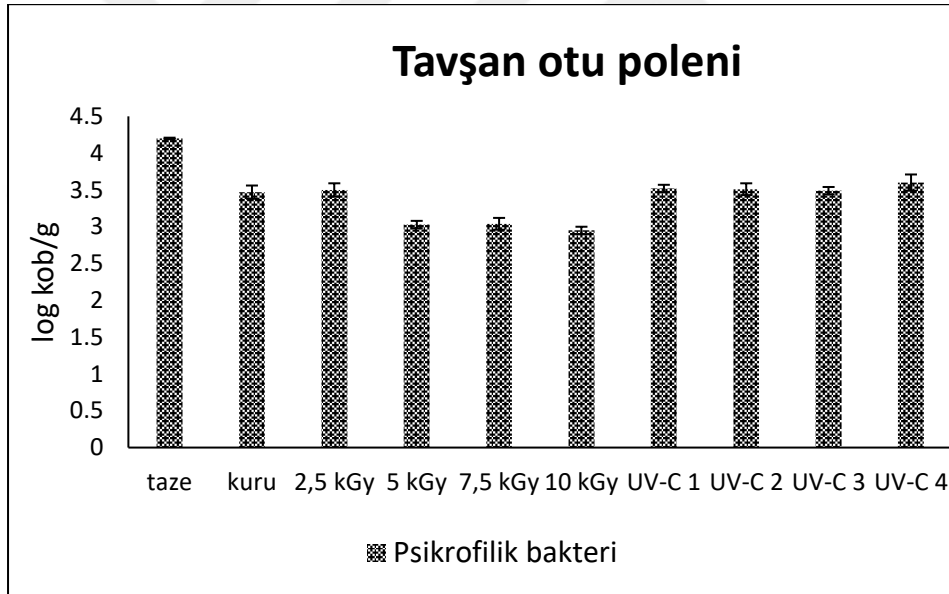
Şekil 4.36 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin koliform bakteri sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.37 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin enterobakter sayısı

Grafikte sıfır olarak gösterilen değerler tespit edilemeyen seviyeyi ifade etmektedir.



Şekil 4.38 Taze, kuru, ışınlanmış ve UV-C uygulanmış tavşan otu polenin psikrofilik bakteri sayısı

Tavşan otu polenin başlangıç TMAB sayısı, maya, küf, koliform bakteriler, psikrofilik bakteri, enterobakter sayısı sırası ile $4,44 \pm 0,07$, $5,13$, $3,92 \pm 0,54$, $3,18 \pm 0,02$, $4,20 \pm 0,02$, $3,54 \pm 0,06$ log kob/g olarak belirlenmiştir. Tavşan otu poleni için yapılan sporlu bakteri sayımında sporlu bakteriye rastlanmamıştır. Yapılan kurutma ile mikroorganizma sayısında, TMAB, maya, koliform bakteri ve psikrofilik bakteri gruplarında çok az azalma

gözlenirken, küf ve enterobakter sayısında önemli bir değişiklik tespit edilememiştir ($p>0,05$). Gama ışınlama dozunun artmasıyla tüm gruplarda azalan mikroorganizma sayısı, TMAB için 10 kGy dozda, maya, için 7,5 kGy dozda ve koliform ile enterobakter sayısı için 5 kGy dozda ışınlamada tespit edilemeyen seviyeye inmiştir. Tavşan otu poleninde kurutmadan sonraki mikroorganizma yükü ile UV-C uygulamasındaki mikroorganizma yükü karşılaştırıldığında küf ve enterobakter gruplarında azalma, diğer gruplarda belirgin bir azalma saptanamamıştır.

Polenlerin mikrobiyal yükünü tespit edilemeyen seviyeye indiren gama ışınlama dozları incelenmiştir. Hardal ve gelincik poleninde başlangıç maya, küf, koliform bakteri ve psikrofilik bakteri sayısı birbirine yakındır. Buna karşın bu maya sayısı için gerekli olan minimum ışınlama dozu 10 kGy iken hardal poleni için 5 kGy'dir. Gelincik polenine uygulanan gama ışınlaması ile küf sayısı tespit edilemeyen seviyelere indirilemezken, hardal poleni için 5 kGy yeterlidir. Koliform ve enterobakter sayısında gelincik poleni için 5 kGy, hardal poleni için 2,5 kGy yeterli olmuştur. Psikrofilik bakteri için gelincik polenine 10 kGy, hardal polenine 2,5 kGy yeterli gelmiştir. Bu sonuçlar hardal polenin biyoaktif özelliklerinin diğer polenlerinkinden daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Benzer olarak haşhaş poleni ve tavşan otu poleni karşılaştırıldığında benzer olan başlangıç küf sayıları, tavşan otu poleninde gama ışınlama ile tespit edilemeyen seviyeye indiremezken haşhaş poleni için 5kGy doz yeterli olmuştur. Genellikle biyoaktif özellikleri en düşük olan tavşan otu poleni için küf ve psikrofilik sayısı tespit edilemeyen seviyelere indirilememiştir.

Gümüş vd. [94]'nin, köfteye inokule ettikleri *E. coli* O157:H7 (ATCC 33150) *S. aureus* (ATCC 2392) and *Salmonella* Typhimurium (NRRL 4463)'a gama ışınlamanın etkisini incelemişler, köfteleri 1, 2,2, 3,2, 4,5 ve 5,2 kGy dozunda gama ışınlamasına maruz bırakmışlardır. Bu organizmalar, 4,5 kGy dozunda yapılan ışınlama sonrası örneklerde tespit edilememiştir.

Yook vd. [74] poleni 2,5, 5, 7,5 and 10 kGy dozlarında ışınlamaya tabi tutmuşlardır. Bakteriler için 7,5 kGy, küfler için 2,5 kGy, mayalar için ise 7,5 kGy dozundaki ışınlamanın, bunların sayısını tespit edilebilecek seviyenin altına indirdiği belirlenmiştir. Tüm dozlar, örneklerin amino asit içeriğinde, yağ asidi kompozisyonunda ve mineral içeriğinde

önemli bir değişikliğe sebep olmazken, tiyobarbitürük asit miktarında artış gözlenmiştir. Sonuç olarak 7,5 kGy'e kadar gama ışınlamanın polenlerin fizikokimyasal özelliklerinde önemli bir değişime sebep olmadığı ve bu uygulamanın etilen oksit uygulamasına alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Egota ve Matolepszy [95] yaptıkları çalışmada, kazein ve süt tozu 2,5, 5 ve 10 kGy dozlarında gama ışınına tabi tutulmuştur. Örneklerin başlangıçtaki toplam bakteri sayısı 6,0 log kob/g'dan fazla, kazeinin maya ve küf sayısı 3,56 log kob/g, koliform sayısı 2,48 log kob/g'dan azdır. Süt tozunun koliform sayımı 1 log kob/g, küf ve maya sayımı 1,48 log kob/g olarak bulunmuştur. 5 kGy dozunda yapılan radyasyon uygulamasının, kazein ve süt tozunun mikrobiyal popülasyonunun gıdalar için izin verilen seviyeye azalttığı tespit edilmiştir.

Aouidi vd. [82] kurutulmuş zeytin yapraklarını gama ışınlarına tabi tutarak, örneklerin mikrobiyal yüküne etkisini incelemişlerdir. Örneklerde toplam aerobik bakteri, küf ve maya ile laktik asit bakteri sayımı yapılmıştır. Örnekler 20 kGy dozunda ışınlama yapıldığında dekontaminasyonunu sağladığı saptanmıştır.

Yapılan bir başka çalışmada gama ışınlamanın iki farklı siyah çay üzerindeki mikrobiyal etkisi incelenmiştir. Başlangıçtaki bakteri yükü $3,3 \times 10^2$ ile 5×10^3 kob/g arasında, küf ve maya yükü ise $1,9 \times 10^1$ - 4×10^1 kob/g arasında bulunmuştur. Paketlenmiş örnekler 7 ve 10 kGy dozunda gama ışınlanması yapılmıştır. Işınlamadan sonra yapılan analizler sonucunda, her iki örnekte de bakteri, maya ve küf tespit edilememiştir. Örnekler bir yıl depolandıktan sonra yapılan analizlerde mikrobiyal değişime rastlanmamıştır. Ayrıca ışınlamanın kalite parametrelerine etkisi de incelenmiştir. Sonuç olarak 7 kGy dozundaki işlemin, siyah çayda mikrobiyal gelişmeyi kontrol ederken, kalite bileşenlerinde de önemli bir değişikliğe sebep olmadığı bildirilmiştir [71].

Portakal suyu ve elma suyunda *Alicyclobacillus acidoterrestris* sporlarının 10 kGy ışınlama ile önemli oranda azalmış olduğu tespit edilmiştir [96].

Arıcı vd. [97] gama ışınlamanın çörek otu yağını 2,5, 6, 8, ve 10 kGy dozlarında ışınlamışlar ve toplam mezofil aerobik bakteri ile maya-küf sayısındaki azalmayı incelemişlerdir. Doz arttıkça mikrobiyal yükün azaldığını ve tespit edilemeyen seviyelere indiğini saptamışlardır.

Gumus vd. [98] margarinden izole edilen iki ısıya dirençli küf 1, 3, 5, ve 7 kGy dozlarında ışınlanmışlar ve ışınlamanın küflerde azalma ve tahribe yol açtığı belirlenmiştir.

Kesilmiş taze elmalar için yüzey dekontaminasyonu yapılan bir çalışmada 1,2, 6,0, 12,0 ve 24,0 kJ/m² olarak uygulanan UV ışınlamada, uygulama şiddetine bakılmaksızın tüm uygulamaların toplam canlı bakteri sayımında 1-2 log azalma sağladığı belirlenmiştir [57]. Fonseca ve Rushing [99] da benzer şekilde; karpuz için yaptıkları çalışmada yüksek dozda UV-C uygulamanın düşük dozda yapılan uygulamalarla arasında önemli bir azalma olmadığı bulunmuştur.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Dekontaminasyon yöntemlerinin etkinlikleri karşılaştırıldığında gama ışınlamasının daha iyi dekontaminasyon sağladığı görülmüştür. UV'nin nüfuz gücünün düşük olması, katı gıdalara nüfuzunun düşük olması ve polenin kompleks bir gıda olması sebebiyle daha az dekontaminasyon sağladığı tespit edilmiştir. Uygulanan işlemler, incelenen özellikler açısından polen çeşidine göre farklı etki göstermiştir. Bu da farklı orjinli polenlerin mikrobiyotaları, biyoaktif bileşenleri ve fizikokimyasal özelliklerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmıştır. Polenler arasındaki farklılık floral orjinin yanı sıra, arıcının faaliyetlerinden ve iklim koşullarından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kurutulan polenlere uygulanan gama ve UV-C uygulamalarının biyoaktivitesi, kuru polenlerin biyoaktivitesine göre çok farklılık göstermemiştir. Polenlerin son durumdaki fizikokimyasal özellikleri, biyoaktif özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri dikkate alındığında, dekontaminasyon için gama ışınlaması önerilmektedir.

Bu çalışmaya yönelik ve polenin standardizasyonu sağlamak için yapılabilecek diğer öneriler şu şekilde sıralanabilir;

- UV-C uygulamasının daha etkili olması için darbeli ışık veya dinamik UV-C yöntemleri uygulanabilir. Darbeli ışığın nüfuz etme yeteneğinin sürekli dalga UV ışıktan daha iyi olduğu bildirilmiştir. Bazı sıvı gıdalarda dinamik UV uygulamasının mikrobiyal yük üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır [52]. Gıda ile ultraviyole ışık kaynağı arasındaki mesafe azaltılabilir. Güç ve süre arttırılabilir. Uygulama

düşük sıcaklıklarda yapılarak etkinliğini incelenebilir veya kurutma sistemi, dekontaminasyon sistemi ile birleştirilerek etkinliğinin artması hedeflenebilir.

- Polenler taze halde iken gama ışınlama ve UV-C uygulamasına tabi tutularak da incelenen özelliklere direkt etkisine bakılabilir.
- Polenlerin fenolik profilleri incelenerek orijinleri arasında ilişki kurulabilir.
- Kurutma, ışınlama ve UV-C uygulamasının polenin protein, yağ, karbonhidrat gibi ana bileşenlerine etkisini öğrenmek amacı ile bu bileşenlerin analizi yapılabilir.
- Gama ve UV-C ışınlama uygulandıktan sonra polen depolanarak, belirli aralıklarla ışınlamanın depolamaya etkisi incelenebilir.



KAYNAKLAR

- [1] Akyol, E. ve Baran, Y., (2015). "Arı Sütünün Yapısı ve İnsanlar için Önemi", *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 15 (1): 16-21.
- [2] Hegazi, A.G., (2012). "Medical Importance of Bee Products", *Uludag Bee Journal* November, 12 (4): 122-135.
- [3] Graikou, K. Kapeta, S. Aligiannis, N. Sotiroudis, G. Chondrogianni, N. Gonos, E. ve Chinou, I., (2011). "Chemical analysis of Greek Pollen-Antioxidant, Antimicrobial and Proteasome Activation Properties", *Chemistry Central Journal*, 5: 2-9.
- [4] Nogueira, C., Iglesias, A., Feás, X. ve Estevinho, L. M., (2012). "Commercial Bee Pollen with Different Geographical Origins: A Comprehensive Approach", *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 11173-11187.
- [5] Barajas, J. Cortes-Rodríguez, M. Ve Rodríguez-Sandoval, E., (2012). "Effect of Temperature on the Drying Process of Bee Pollen From Two Zones of Colombia", *Journal of Food Process Engineering* 35: 134–148.
- [6] Canale, A., Benelli, G., Castagna, A., Sgherri, C., Poli, P., Serra, A., Mele, M., Ranieri, A., Signorini, F., Bientinesi, M. ve Nicoletta, C., (2016). "Microwave-Assisted Drying for the Conservation of Honeybee Pollen", *Materials*, 9 (363): 1-11.
- [7] Basim, E., Basim, H. ve Özcan, M., (2006). "Antibacterial Activities of Turkish Pollen and Propolis Extracts Against Plant Bacterial Pathogens", *Journal of Food Engineering*, 77 (4): 992-996.
- [8] Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kafmierczak, J., Mencner, L. ve Olczyk K., (2001). "Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application", *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 1-6.
- [9] TAB, Türkiye Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği, Polen, <http://www.tab.org.tr/TR,249/polen.html>, 12 Temmuz 2016.
- [10] Çankaya, N. ve Korkmaz, A., (2008). Polen, Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şube Müdürlüğü, Samsun.

- [11] Campos, M. R. G., Bogdanov, S., Almeida-Muradian, L. B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C. ve Ferreira, F., (2008). "Pollen Composition and Standardisation of Analytical Methods", *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 47 (2): 156-163.
- [12] Silici, S., (2015). "Arı Poleni ve Arı Ekmeği", *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14 (2): 99-105.
- [13] Almeida-Muradian, L. B., Pamplona, L. C., Coimbra, S. ve Barth, O. M., (2005). "Chemical Composition and Botanical Evaluation of Dried Bee Pollen Pellets", *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (1): 105-111.
- [14] Niğde İli Arı Yetiştiricileri Birliği, Polen, <http://www.naybir.org/?pnum=24&pt=Polen>, 21 Nisan 2017.
- [15] Denisow, B. and Denisow-Pietrzyk, M., (2016). "Biological and Therapeutic Properties of Bee Pollen: A Review", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (13): 4303-4309.
- [16] Rebiai, A. ve Lanez, T., (2012). "Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Apis mellifera* Bee Pollen from the Northwest Algeria", *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 4 (2): 155-163.
- [17] akal, M. A., (2013). Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi Arıcılık ve Arı Ürünleri Sektörü, http://kudaka.org.tr/apb/tarim_raporlari/tra1_bolgesi_ari_aricilik_urunleri_sektoru_strateji_dokumani.pdf, 17 Ağustos 2016.
- [18] Turhan, S., Yazici, F., Saricaoglu, F. T., Mortas, M. ve Gencecep, H., (2014). "Evaluation of the Nutritional and Storage Quality of Meatballs Formulated with Bee Pollen", *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34 (4): 423-433.
- [19] Erdoğan, Y. ve Dodoloğlu, A., (2005). "Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Kolonilerinin Yaşamında Polenin Önemi", *Uludag Bee Journal*, 5 (2): 79-84.
- [20] Da Silva, G.R., da Natividade, T.B., Camara, C.A., da Silva, E.M.S., de Assis Ribeiro dos Santos, F. ve Silva, T.M.S., (2014). "Identification of Sugar, Amino Acids and Minerals from the Pollen Of Jandaíra Stingless Bees (*Melipona subnitida*)", *Food and Nutrition Sciences*, 5: 1015-1021.
- [21] Albayrak, S., Sağdıç, O. ve Aksoy, A., (2010). "Bitkisel Ürünlerin ve Gıdaların Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (4): 401-409.
- [22] Ceksteryte, V., Kurtinaitiene, B., Venskutonis, P.R., Pukalskas, A., Kazernaviciute, R. ve Balzekas, J., (2016). "Evaluation of Antioxidant Activity and Flavonoid Composition in Differently Preserved Bee Products", *Czech Journal of Food Sciences*, 34 (2): 133-142.
- [23] Alićić, D., Šubari, D., Jašić, M., Pašalić, H. ve Aćkar, D., (2014). "Antioxidant Properties of Pollen", *Hrana u zdravlju i bolesti, znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 3 (1): 6-12.

- [24] Avşar, C., Özler, H., Berber, İ. ve Civek, S., (2016). "Phenolic Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activity of *Castanea sativa* Mill. Pollen Grains from Black Sea Region of Turkey", International Food Research Journal, 23 (4): 1711-1716.
- [25] Abdella, E.M., Tohamy, A. ve Ahmad, R.R., (2009). "Antimutagenic Activity of Egyptian Propolis and Bee Pollen Water Extracts Against Cisplatin-Induced Chromosomal Abnormalities in Bone Marrow Cells Of Mice", International Journal of Clinical Practice, 2(4): 175-181.
- [26] Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feas, X. ve Estevinho, L.M., (2014). "Biological Activities of Commercial Bee Pollens: Antimicrobial, Antimutagenic, Antioxidant and Anti-Inflammatory", Food and Chemical Toxicology, 63: 233–239.
- [27] Estevinho, L. M., Rodrigues, S., Pereira A. P. ve Feás, J., (2012). "Portuguese Bee Pollen: Palynological Study, Nutritional and Microbiological Evaluation", International Journal of Food Science and Technology, 47 (2): 429-435.
- [28] González, G., Hinojo, M.J., Mateo, R., Medina, A. ve Jiménez, M., (2005). "Occurrence of Mycotoxin Producing Fungi in Bee Pollen", International Journal of Food Microbiology, 105: 1–9.
- [29] Bonvehí, J. S. ve Jorda, R. E., (1997). "Nutrient Composition and Microbiological Quality of Honeybee-Collected Pollen in Spain", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45 (3): 725–732.
- [30] De-Melo, A. A. M., Estevinho, M.L.M.F. ve Almeida-Muradian, L.B., (2015). "A Diagnosis of the Microbiological Quality of Dehydrated Bee-Pollen Produced In Brazil", Letters in Applied Microbiology, 61 (5): 477-83.
- [31] Sunay, A.E ve Samancı, T. "Arı Ürünlerinin Üretimi", BAL-DER Arı Ürünleri ile Sağlıklı Yaşam Platformu Derneği, <http://docplayer.biz.tr/9979794-Ari-urunlerinin-uretimi-asli-elif-sunay-taylan-samanci-bal-der-ari-urunleri-ile-saglikli-yasam-platformu-dernegi-gida-yuksekmuhendisi.html>, 15 Nisan 2017.
- [32] Somerville, D., (2012). "Pollen Trapping and Storage", http://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/0003/117516/Pollen-trapping-and-Storage.pdf, 17 Ağustos 2016.
- [33] Arı Kovanı, http://www.aricilikmarketi.com.tr/index.php?route=product/product&path=24&product_id=402, 17 Haziran 2017.
- [34] Wu, L. Orikasa, T., Ogawa, A. ve Tagawa, A., (2007). "Vacuum Drying Characteristics of Eggplants", Journal of Food Engineering, 83: 422–429.
- [35] Karaman, S., Toker, Ö.S., Çam, M. Hayta, M., Doğan, M. ve Kayacier, A., (2014). "Bioactive and Physicochemical Properties of Persimmon as Affected by Drying Methods", Drying Technology, 32: 258–267.
- [36] Alibaş, İ., (2012). "Determination of Vacuum and Air Drying Characteristics of Celeriac Slices", Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 6(16): 1-13.

- [37] Jaya, S. ve Das, H., (2003). "A Vacuum Drying Model for Mango Pulp", *Drying Technology*, 21(7): 1215–1234.
- [38] TSE 10255, (2006). Polen, TSE, Ankara.
- [39] Keklik, N.M., Krishnamurthy, K. ve Demirci, A., (2012). "Microbial Decontamination of Food by Ultraviolet (UV) and Pulsed UV Light", *Cahper* 12, 344-369. Derleyen: Demirci, A. ve Ngadi, M.O., (2012). *Microbial Decontamination in the Food Industry: Novel Methods and Applications*, Woodhead publishing USA.
- [40] Abbas, S.M. ve Halkman, K., (2003). "Baharat Mikroflorası Üzerine Işınlamanın Etkisi", *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 01(03): 43-65.
- [41] Guerrero-Beltrán, J.A. ve Barbosa-Cánovas, G.V., (2004). "Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light", *Food Science and Technology International*, 10 (3): 137-147.
- [42] Halkman, H. B. D. ve Yücel, P.K., (2005). "Gıdalarda Radyasyon Uygulamalarının Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri", *Gıda*, 30 (6): 409-416.
- [43] Leman, V. ve Özer, A.Y., Türkiye' de Gama Radyasyonla Işınlama, http://eski.teb.org.tr/images/upld2/ecza_akademi/makale/20110113052044_Gama_radyasyon.pdf, 13 Şubat 2017.
- [44] Kwon, J. Ahn, J. ve Shahbaz, H.M., (2015). "Food Irradiation Processing", Chapter 13, 427-491. Derleyen: Varzakas, T. ve Tzia, C. (2015). *Food Engineering Handbook: Food Engineering Fundamentals*, CRC Press, USA.
- [45] FDA, (2016), Food Irradiation: What You Need to Know, <https://www.fda.gov/downloads/Food/IngredientsPackagingLabeling/UCM262295.pdf>, 15 Nisan 2017.
- [46] Kim, J. Moreira, R.G., Huang, Y. ve Castell-Perez, M.E., (2007). "3-D Dose Distributions for Optimum Radiation Treatment Planning of Complex Foods", *Journal of Food Engineering* 79: 312–321.
- [47] Olson, G. O., (1998). "Irradiation of Food", *Food Technology*, 52 (1): 56-62.
- [48] Eustice, R. F. ve Bruhn, C. M., (2012). "Consumer Acceptance and Marketing of Irradiated Foods", Chapter 10, 173-195. Derleyen: Fan, X. ve Sommers, C.H., (2012). *Food Irradiation Research and Technology*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- [49] Farkas, J., (2003). "Food Irradiation", Chapter 26, Derleyen: Mozumder, A. ve Hatano, Y., (2003). *Charged Particle and Photon Interactions with Matter Chemical, Physicochemical, and Biological Consequences with Applications*, CRC Press, USA.
- [50] Stewart, E.M., (2009). "Safety and Quality of Irradiated Food, Eileen M. Stewart, Processing Effects on Safety and Quality of Foods", Chapter 13, 341-370. Derleyen: Ortega-Rivas, E., (2009). *Processing Effects on Safety and Quality of Foods*, CRC Press, USA.

- [51] Mănăs, P ve Pagán, R., (2005). "Microbial Inactivation by New Technologies of Food Preservation", *Journal of Applied Microbiology*, 98: 1387–1399.
- [52] Stoops, J., Jansen, M., Claes, J. ve Campenhout, L. V., (2013). "Decontamination of Powdery and Granular Foods Using Continuous Wave UV Radiation in a Dynamic Process", *Journal of Food Engineering*, 119 (2): 254–259.
- [53] Christen, L., LAi, C.T., Hartmann, B., Hartmann, B.E. ve Geddes, D.T., (2013). "Ultraviolet-C Irradiation: A Novel Pasteurization Method for Donor Human Milk", *Plos One*, 8(6): 1-7.
- [54] Gómez-López, V. M. Ragaert, P., Johan, D. ve Devlieghere, F., (2007). "Pulsed Light for Food Decontamination: A Review", *Trends in Food Science & Technology*, 18(9): 464-473.
- [55] Özkütük, N., (2007). "Ultraviyole Lambalarının Kullanımı", 5. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 4-8 Nisan, Antalya.
- [56] Manzocco, L., Da Pieve, S., Bertolini, A., Bartolomeoli, I., Maifreni, M., Vianello, A. ve Nicoli, M.C., (2011). "Surface Decontamination of Fresh-Cut Apple by UV-C Light Exposure: Effects on Structure, Colour and Sensory Properties", *Postharvest Biology and Technology*, 61: 165-171.
- [57] Manickam, S. ve Liew, Y.X., (2015). "Ultrasonic and UV Disinfection of Food", Chapter 15, 517-528. Derleyen: Varzakas, T. ve Tzia, C., (2015). *Handbook of Food Processing Food Preservation*, CRC Press, USA.
- [58] López-Malo, A. ve Palou, E., (2004). "Ultraviolet Light and Food Preservation", Chapter 18, 405-421. Derleyen: Cano, M.P., Tapia, M.S. ve Barbosa-Canovas, G.V., (2004), *Novel Food Processing Technologies*, CRC Press, USA.
- [59] Choudhary, R. ve Bandla, S., (2012). "Ultraviolet Pasteurization for Food Industry", *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2 (1): 12-15.
- [60] Koutchma, T., Forney, L. ve Moraru, C., (2009). *Ultraviolet Light in Food Technology Principles and Applications*, CRC Press, USA.
- [61] Özkütük, N., (2005). "Mikrodalga ve Ultraviyole ile Dezenfeksiyon Uygulamaları, Kullanım Alanları Genel Özellikleri", 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 20-24 Nisan, Samsun.
- [62] Yesiltaş, B., Çapanoğlu, E., Fıratlıgil-Durmuş, E., Sunay, A. E., Samancı, T. ve Boyacıoğlu, D., (2014). "Investigating the In-Vitro Bioaccessibility of Propolis and Pollen Using a Simulated Gastrointestinal Digestion System", *Journal of Apicultural Research*, 53 (1): 101-108.
- [63] Singleton, V.L. ve Rossi, J.A., (1965). "Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents", *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144–158.
- [64] Zhishen, J., Mengcheng, T. ve Jianming, W., (1999). "The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals", *Food Chemistry*, 64 (4): 555–559.

- [65] Singh, R.P., Murthy, K.N.C. ve Jayaprakasha, G.K., (2002). "Studies on The Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica Granatum*) Peel and Seed Extracts Using In Vitro Models", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (1): 81–86.
- [66] Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. ve Çelik, S. E., (2008). "Mechanism of Antioxidant Capacity Assays and the CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity) Assay", *Microchimica Acta*, 160 (4): 413-419.
- [67] Toplam Bakteri,
https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjo_ayq_7XTAhWMcCAKHQ4jBGwQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mikrobiyoloji.org%2FTR%2Fyonlendir.aspx%3FF6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FF56515916B329A1F1&usg=AFQjCNEDq6kbT1N9wyYHbqk1rLXAzEKdxQ, 14 Nisan 2017.
- [68] VRBG (Violet Red Bile Glucose) Agar,
<http://www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FF56515916B329A1F1&usg=AFQjCNEDq6kbT1N9wyYHbqk1rLXAzEKdxQ>, 14 Nisan 2017.
- [69] Maya – Küf Analiz, <http://www.mikrobiyoloji.org/genelpdf/210011102.pdf>, 14 Nisan 2017.
- [70] Campos, M.G.R., Bogdanov, S., de Almeida-Muradian, L.G., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C. ve Ferreira, F., (2008). "Pollen Composition and Standardisation of Analytical Methods.", *Journal of Apicultural Research and Bee World* 47(2): 156–163.
- [71] Thomas, J., Senthilkumar, R. S., Kumar, R. R., Mandal, A. K. A. ve Muraleedharan, N., (2008). "Induction of Gamma Irradiation for Decontamination and to Increase the Storage Stability of Black Teas", *Food Chemistry*, 106 (1): 180-184.
- [72] Marathe, S.A., Deshpande, R., Khamesra, A., Ibrahim, G. ve Jamdar, S.N., (2016). "Effect of Radiation Processing on Nutritional, Functional, Sensory and Antioxidant Properties of Red Kidney Beans", *Radiation Physics and Chemistry*, 125: 1–8.
- [73] Bahloul, N., Boudhrioua, N., Kouhila, M. ve Kechaou, N., (2009). "Effect of Convective Solar Drying on Colour, Total Phenols And Radical Scavenging Activity of Olive Leaves (*Olea europaea* L.)", *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 2561-2567.
- [74] Yook, H., Lim, S. ve Byuni, M., (1998). "Changes in Microbiological and Physicochemical Properties of Bee Pollen by Application of Gamma Irradiation and Ozone Treatment, *Journal of Food Protection*, 61 (2): 217-220
- [75] Lee, J.H., Sung, T.H., Lee, K.T. ve Kim, M.R., (2004). "Effect of Gamma-irradiation on Color, Pungency, and Volatiles of Korean Red Pepper Powder", *Journal Of Food Science*, 69 (8): 585-592.
- [76] Gutiérrez, D.R., Char, C., Escalona, V.H., Chaves, A.R. ve Rodríguez, S.D.C., (2015). "Application Of UV-C Radiation in the Conservation of Minimally

- Processed Rocket (*Eruca Sativa* Mill.)”, Journal of Food Processing and Preservation, 39: 3117–3127.
- [77] Manzocco, L., Da Pieve, S. ve Maifreni, M., (2011). “Impact of UV-C Light on Safety and Quality of Fresh-Cut Melon”, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 12: 13–17.
- [78] Mărghitaş, L.A., Stanciu, O.G., Dezmirean, D.S., Bobiş, O., Popescu, O., Bogdanov, S., Campos, M.G., (2009). “In Vitro Antioxidant Capacity of Honeybee-Collected Pollen of Selected Floral Origin Harvested from Romania”, Food Chemistry, 115: 878–883.
- [79] Mărgăoan, R., Mărghitaş, L.A., Dezmirean, D.S., Bobiş, O., Tomoş, L., Mihai, C. ve Bonta, V., (2013). “Honeybee-collected Pollen from Transylvania: Palynological Origin, Phenolic Content and Antioxidant Activity”, Animal Science and Biotechnologies, 70: 2013, 311-315.
- [80] Karasu, S., Kılıçlı, M., Başlar, M., Arıcı, M., Sağdıç, O. ve Karaağaçlı, M., (2015). “Dehydration Kinetics and Changes of Bioactive Compounds Of Tulip And Poppy Petals as a Natural Colorant under Vacuum and Oven Conditions”, Journal of Food Processing and Preservation 39: 2096-2106.
- [81] Campos, M.G., Webby, R.F., Markham, K.R., Mitchell, K.A. ve Da Cunha A.P., (2003). “Age-Induced Diminution of Free Radical Scavenging Capacity in Bee Pollens and the Contribution of Constituent Flavonoids”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 742-745.
- [82] Aouidi, F., Ayari, S., Ferhi, H., Roussos, S. ve Hamdi, M., (2011). “Gamma Irradiation of Air-Dried Olive Leaves: Effective Decontamination and Impact on the Antioxidative Properties and on Phenolic Compounds”, Food Chemistry 127: 1105–1113.
- [83] Nagy, T.O., Solar, S., Sontag, G. ve Koenig, J., (2011). “Identification of Phenolic Components in Dried Spices and Influence of Irradiation”, Food Chemistry, 128: 530–534.
- [84] Islam, M.S., Patras, A., Pokharel, B., Wu, Y., Vergne, M.J., Shade, L., Xiao, H. ve Sasges, M., (2016). “UV-C Irradiation as an Alternative Disinfection Technique: Study of Its Effect on Polyphenols And Antioxidant Activity of Apple Juice”, Innovative Food Science and Emerging Technologies, doi: 10.1016/j.ifset.2016.02.009.
- [85] Yalcin, H. Ozturk, I., Tulukcu, E. ve Sagdic, O., (2011). “Effect of γ -Irradiation on Bioactivity, Fatty Acid Compositions and Volatile Compounds of Clary Sage Seed (*Salvia sclarea* L.), Journal of Food Science, 76 (7): 1056-1061.
- [86] Gumus, T., Albayrak, S., Sagdic, O. ve Arici, M., (2011). “Effect of Gamma Irradiation on Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities of *Satureja hortensis*, *Thymus vulgaris*, and *Thymbra spicata* from Turkey”, International Journal of Food Properties, 14: 830-839.
- [87] Hussain, P.R., Suradkar, P., Javaid, S., Akram, H. ve Parvez, S., (2016). “Influence of Postharvest Gamma Irradiation Treatment on the Content of Bioactive

- Compounds and Antioxidant Activity of Fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) and Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Leaves”, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33: 268–281.
- [88] González-Aguilar, G.A., Villegas-Ochoa, M.A., Martínez-Téllez, M.A., Gardea, A.A. ve Ayala-Zavala, J.F., (2007). “Improving Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Mangoes Treated with UV-C”, *Journal of Food Science*, 72: 197-202.
- [89] Rivera-Pastrana, D.M., Gardea, A.A., Yahia, E.M., Martínez-Téllez, M.A. ve González-Aguilar, G.A., (2014). “Effect of UV-C Irradiation And Low Temperature Storage on Bioactive Compounds, Antioxidant Enzymes and Radical Scavenging Activity Of Papaya Fruit”, *Journal of Food Science and Technology*, 51: 3821-3829.
- [90] Hussain, P.R., Chatterjee, S., Variyar, P.S., Sharma, A., Dar, M.A. ve Wani, A.M., (2013). “Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Gamma Irradiated Sun Dried Apricots (*Prunus armeniaca* L.)”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 30: 59–66.
- [91] Taheri, S., Abdullah, T.L., Karimi, E., Oskoueian, E. ve Ebrahimi, M., (2014). “Antioxidant Capacities and Total Phenolic Contents Enhancement with Acute Gamma Irradiation in *Curcuma alismatifolia* (Zingiberaceae) Leaves”, *International Journal of Molecular Sciences*, 15: 13077-13090.
- [92] Bravo, S., García-Alonso, J., Martín-Pozuelo, G., Gómez, V., García-Valverde, V., Navarro- González, I. ve Periago, M.J., (2013). “Effects of Postharvest UV-C Treatment on Carotenoids and Phenolic Compounds of Vine-ripe Tomatoes”, *International Journal of Food Science and Technology*, 48: 1744–1749.
- [93] Salem, I.S, Fekih, S., Sghaier, H., Bousselmi, M., Saidi, M., Landoulsi, A. ve Fattouch, S., (2013). “Effect of Ionising Radiation on Polyphenolic Content and Antioxidant Potential of Parathion-treated Sage (*Salvia officinalis*) leaves”, *Food Chemistry*, 141: 1398–1405.
- [94] Gumus, T., Demirci, A.S., Velioglu, H.M., Velioglu, S.D, Yilmaz, I. ve Sagdic, O., (2008). “Application of Gamma Irradiation for Inactivation of Three Pathogenic Bacteria Inoculated into Meatballs”, *Radiation Physics and Chemistry*, 77: 1093– 1096.
- [95] Zegota, H. ve MaJolepszy, B., (2008). “The Decontamination of Industrial Casein and Milk Powder by Irradiation”, *Radiation Physics and Chemistry*, 77 (9): 1108–1111.
- [96] Lee, S., Park, S., ve Kang, D., (2014). “Inactivation of *Alicyclobacillus acidoterrestris* Spores in Apple and Orange Juice Concentrates by Gamma Irradiation”, *Journal of Food Protection*, 77 (2): 339-344.
- [97] Arici, M., Arslan Colak, F. ve Gecgel, U., (2007). “Effect of Gamma Radiation on Microbiological and Oil Properties of Black Cumin (*Nigella sativa* L.)”, *Grasas y aceites*, 58 (4): 339-343.
- [98] Gumus, T., Gecgel, U., Demirci, A.S. ve Arici, M., (2008). “Effects of Gamma Irradiation on Two Heat Resistant Moulds: *Aspergillus fumigatus* and

Paecilomyces variotii Isolated from Margarine”, Radiation Physics and Chemistry”, 77: 680-683.

- [99] Fonseca, J.M. ve Rushing, J.W., (2006). "Effect of Ultraviolet-C Light on Quality and Microbial Population of Fresh-cut Watermelon”, Postharvest Biology and Technology, 40: 256-261.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Selma KAYACAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 16.09.1990, İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : selmakayacan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Gıda Mühendisliği	İstanbul Teknik Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Bahçelievler Anadolu Lisesi	2008

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2016-	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YAYINLARI

Makale

1.Bakir, S., Devecioğlu, D., **Kayacan, S.**, Toydemir, G., Karbancıoğlu-Güler, F. ve Capanoğlu, E., (2017). "Investigating the Antioxidant and Antimicrobial Activities of Different Vinegars", European Food Research and Technology (DOI:10.1007/s00217-017-2908-0).

Bildiri

1.**Kayacan, S.** ve Sagdic, O. (2017). In-vitro Bioavailability of Different Monofloral Bee Pollens, III International Conference on Engineering and Natural Science, Budapest.

2.**Kayacan S.**, Bekiroğlu, H. ve Sagdic, O., (2017). Investigation of the Effect of Different Drying Methods on Bioactivity and Bioavailability of Chestnut Pollen. 1 st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants, Konya.

3.**Kayacan, S.**, Us, A. A., Sagdic, O ve Oral, R. A., (2017). Investigation of Aroma Profiles of Crab Apple (*Malus trilobata* v *Eriolobus trilobatus*) at Different Temperatures and Dryers. 1 st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants, Konya.

4.Kavassan, D., **Kayacan, S.**, Ercan, S., Doğal, S., Yavuz, M., Nilüfer Erdil, D., Özçelik, B., (2016). Farklı Meyvelerle Üretilen Su Kefirlerinin Lezzet Profili. Gıda, Metabolizma&Sağlık: Biyoaktif Bileşenler ve Doğal Katkılar Kongresi, İstanbul.

5.Devecioğlu, D., Bakır, S., **Kayacan, S.**, Capanoğlu, E., Karbancıoğlu-Güler, F., (2015). Investigating the Antimicrobial and Antioxidant Properties of Different Vinegars Produced in Turkey. The 3rd International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus", Bosnia and Herzegovina.

6.**Kayacan, S.**, Çoban, D., Güler Karbancıoğlu, F., (2015). Yenilebilir Mantar Ekstraktlarının Antibakteriyel ve Antifungal Özellikleri. 2.Uluslararası Tarım, Gıda ve Gastronomi Kongresi "tarladan sofraya", Antalya.