

**T. C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEPOLAMA AŞAMASINDA HUBUBAT VE BAKLAGİL
KÖKENLİ TANELERDE BULUNAN KÜFLER ÜZERİNE
PLAZMA UYGULAMASININ İNHİBİSYON ETKİSİ**

Meral SAĞLAM

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Pervin BAŞARAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2008**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Hububat ve Baklagillerin Türkiye ve Dünyadaki Yeri	3
2.1.1. Hububat	3
2.1.1.1. Türkiye'de Üretim	3
2.1.1.2. Dünya Ticareti	4
2.1.2. Baklagiller	5
2.1.2.1. Türkiye'de Üretim	5
2.1.2.2. Dünya Ticareti	6
2.2. Küfler Hakkında Genel Bilgi.....	7
2.2.1. Aspergillus.....	9
2.2.2. Penicillium.....	11
2.3. Tahıl ve Baklagillerde Gelişen Küfler	13
2.4. Tarım Ürünlerinde Küflerin Sebep Olduğu Başlıca Problemler	15
2.5. Küf Gelişimin Engellenmesinde veya İnaktivasyonunda Kullanılan Diğer Metotlar.....	16
2.6. Plazma Nedir?.....	18
2.7. Plazma İle Yapılan Diğer Araştırmalar.....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Materyal.....	25
3.2. Örneklerin Hazırlanması ve Çalışma Aşamaları	25
3.3. Mikrobiyolojik Muayeneler.....	28
3.3.1. Toplam Küf Sayımı (Yayma Plak Yöntemi).....	28

3.3.2. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı (Dökme Plak Yöntemi)	28
3.4. Küflerin İzolasyonu.....	29
3.5. Plazma Uygulaması.....	29
3.6. Çimlenme Denemesi	30
3.7. UV Uygulaması	30
3.8. İstatistiksel Analiz.....	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	32
4.1.1. Küf Sayımı Sonuçları	32
4.1.2. Aspergillus ve Penicillium Küflerinin İzole Edilmesi	33
4.1.3. Aspergillus ve Penicillium Cinslerinde Küf Sayımı Sonuçları	34
4.1.4. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı Sonuçları	38
4.2. Çimlenme Denemesi Sonuçları	42
4.3. Ultraviole Radyasyon (UV) Uygulaması ile Plazma Uygulamasının Karşılaştırılması.....	45
4.3.1. Aspergillus ve Penicillium Cinslerinde Küf Sayımı Sonuçları	45
4.3.2. Çimlenme Denemesi Sonuçları.....	46
5. SONUÇLAR.....	49
6. KAYNAKLAR.....	52
EKLER.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DEPOLAMA AŞAMASINDA HUBUBAT VE BAKLAGİL KÖKENLİ TANELERDE BULUNAN KÜFLER ÜZERİNE PLAZMA UYGULAMASININ İNHİBİSYON ETKİSİ

Meral SAĞLAM

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Juri: Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON
Yrd. Doç. Dr. Pervin BAŞARAN (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. Bedia ŞİMŞEK

Bu tez çalışmasında hububat ve baklagillerde önemli ekonomik kayıplara sebep olan küflerin plazma sistemi kullanılarak inhibisyonu amaçlanmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında plazmanın örneklerde gelişen tüm küfler üzerindeki etkinliği belirlenmiştir. Bu amaçla her bir örneğin (buğday, arpa, yulaf, çavdar, mısır, mercimek, fasulye ve nohut) kendi florasında gelişen küfler örneklerine yapay olarak bulaştırılmış ve küflendirilmiş örnekler iki ayrı kısma ayrılmıştır. Ayrılan bu örneklerin birinci bölümüne plazma uygulanmış, ikinci kısım örnekler ise hiçbir işlem uygulanmayarak plazma uygulaması sonrası azalmayı belirleyebilmek amacıyla kontrol olarak kullanılmıştır. Plazma uygulanmış ve işlem görmemiş kontrolün her ikisinde de küf sayımı yapılarak sonuçlar karşılaştırılmış ve küf sayısındaki azalma belirlenmiştir. Küf sayısında; buğdayda 2,64 log, fasulyede 2,39 log, arpada 1,47 log, yulafta 1,18 log, mercimekte 0,85 log, çavdarda 0,65 log, mısırdaki 0,52 log, nohutta 0,48 log azalma saptanmıştır.

Plazmanın küfler üzerinde öldürücü etkisi saptandıktan sonra farklı küf cinsleri üzerindeki etkinliğinin değişip değişmediğini belirlemek üzere depolama aşamasında sorun yaratan Aspergillus ve Penicillium cinsi küfler, küflenmiş örneklerden izole edilmiştir. Bu iki küf cinsi örnekler (buğday, fasulye) yapay olarak bulaştırılmıştır. Örnekler yukarıda anlatıldığı gibi işlem görmemiş kontrol ve plazma uygulanmasında kullanılmak üzere iki eşit kısma ayrılmış ve toplam küf sayımı sonuçları karşılaştırılarak azalma belirlenmiştir. Plazmanın uygulama süresinin ve plazma sisteminde kullanılan gazın etkisini belirlemek için üç farklı zaman (5-10-15 dakika) ve iki farklı gaz (SF6 ve Hava) kullanılmıştır. Sonuç olarak Aspergillus ve Penicillium cinsi küflerin her ikisi için de plazmanın etkinliğinin yüksek olduğu, plazmanın etkinliğinin süreyle doğru orantılı olarak arttığı, kullanılan her iki gazın da küflerin inaktivasyonunda etkili olduğu belirlenmiştir.

Plazmanın diğer mikroorganizmalar üzerinde etkisini belirlemek için buğday ve fasulye örneklerinde TAMB sayımı yapılmıştır. Sonuçlara göre TAMB sayısında küflere nazaran daha az azalma saptanmıştır.

Ürünün tohumluk olarak kullanılması durumunda plazmanın çimlenme üzerindeki etkisini belirlemek üzere çimlenme denemesi yapılmıştır. Plazma uygulamasının tohumun sürgün boyutlarında olumsuz bir etkisinin olmadığı ancak plazma uygulaması sonrası küf yükü azaltılsa bile tohumlarının sürgün boyutlarının küfsüz örneklerle göre azaldığı görülmektedir.

Son olarak Ultraviole Radyasyon (UV) çalışmaları, plazma uygulamasında yapılan analizlere paralel olarak yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlar küflerin inaktivasyonunda plazma uygulamasın UV'ye göre daha etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. UV uygulanan örneklerde yapılan çimlenme denemelerinde ise UV uygulanan tohumlarda sürgün boyutlarının yaklaşık aynı olduğu ancak UV uygulaması sonrası küf yükü azaltılsa bile tohumlarının sürgün boyutlarının küfsüz örneklerle göre azaldığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Plazma, Küf, Aspergillus, Penicillium

2008, 71 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INHIBITION EFFECT OF PLASMA APPLICATION TO FUNGI WHICH FOUND IN CEREALS AND LEGUMES AT STORAGE STAGE

Meral SAĞLAM

**Süleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences
Food Engineering Department**

Thesis Committee: Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON
Asst. Prof. Dr. Pervin BAŞARAN (Supervisor)
Asst. Prof. Dr. Bedia ŞİMŞEK

In this thesis, the inhibition of fungi that cause economic loss, by means of plasma system was aimed.

In the first stage of our work, the effect of plasma system, generally to all mould that were grown in the sample, was determined. For this purpose, the fungi that growth each sample natural flora were inoculated to samples and this samples were divided to two parts. Plasma was applied to first part. The second part of the samples were used as a control for the determination of the mould reduction. The fungi count were made for the first and second part of the sample and the total reduction was compared. As a result, in order 2,64–2,39–1,47–1,18–0,85–0,65–0,52–0,48 log reduction was observed for wheat, bean, barley, oats, lentil, rye, corn and chickpea.

After the observing inactivation effect of plasma on the moulds, for the purpose of determining if plasma effect changes according to genus of the mould, two most widespread storage fungi *Aspergillus* and *Penicilium* were isolated from the sample. This two genus of fungi were inoculated to samples artificially. The samples are seperated to two part as above mentioned and by comparig the fungi count result reduction is determined. For the detection of effect of plasma treatment duration and the plasma gas, three different time (5–10–15 minutes) and two different gas were used. The efficiency of the plasma was high for both of *Aspergillus* and *Penicillium*, the efficiency of the plasma increased with increasing time and both of the gas was efficient for the inactivation of mould.

Total viable count was applied for determining the plasma effect on other microorganisms in wheat and bean and less reduction was observed in total viable count than mould count.

On the verge of determinining the effect of plasma on germination, germination test was made. It was observed that plasma application had no significant effect on the shoot height of seed but even if the mould load lessen after plasma application the shoot height was lessen than free of mould contamination samples.

In last stage Ultraviole Radiation (UV) analysis was applied to compare with plasma analysis. The results shows that plasma application was more effective method than

UV. In germination tests of UV applied samples it was observed that there was no negative or positive effect of UV on shoot height, even if the mould load reduced after UV application the shoot height was shorter than mouldness samples.

Key Words: Plasma, mould, Aspergillus, Penicillium

2008, 71 pages

TEŞEKKÜR

Bana bu araştırmayı gerçekleştirme olanağı veren ve yardımını esirgemeyen Sayın Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr Pervin BAŞARAN'a, değerli fikir ve bilgilerinden faydalandığım sayın Prof. Dr. Sami ÖZÇELİK'e teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu araştırmanın laboratuvar çalışmalarında yardımını esirgemeyen S.D.Ü. Deneysel ve Gözlemsel Araştırma ve Uygulama Merkezi alışanları Meryem ATEŐ ve İsmail ŐEN'e, çalışmalarım sırasında maddi ve manevi her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen eşim Ertuğrul SAĞLAM, ablam Dr. Özlem SELÇUK KUŐÇU, eşi Dr. Alper KUŐÇU ve çok değerli anneme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

1480-YL-07 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Meral SAĞLAM
ISPARTA, 2008

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Aspergillus'un şematik görünüşü.....	10
Şekil 2.2. Aspergillus'un a. Besiyerindeki görüntüsü b. Scanning Electron Mikroskobundaki görüntüsü	10
Şekil 2.3. Penicillium'un şematik görünüşü.....	11
Şekil 2.4. Penicillium'un a. Besiyerindeki görüntüsü b. Scanning Electron Mikroskobundaki görüntüsü	12
Şekil 2.5. Yeryüzünde doğal olarak oluşan plazma çeşitleri a. Şimşek b. Auralar	20
Şekil 2.6. Evrende bulunan sıcak plazma çeşitleri a. Güneş b. Yıldızlar	20
Şekil 2.7. Yapay olarak oluşturulan plazma çeşitleri a. Bir noktaya odaklandırılmış atmosferik basınç plazma çeşidi b. Plazma lambası.....	21
Şekil 3.1. Çalışmaların 1. aşaması	26
Şekil 3.2. Çalışmaların 2. aşaması	27
Şekil 3.3. Plazma sistemi	30
Şekil 4.1. Aspergillus ve Penicillium küflerinin şematik görüntüsü	33
Şekil 4.2. İzole edilen a. Aspergillus b. Penicillium küflerinin PDA besiyerindeki görüntüsü	34
Şekil 4.3. Farklı plazma uygulamalarının buğday örneklerinde küf sayısına etkisi...35	
Şekil 4.4. Farklı plazma uygulamalarının fasulye örneklerinde küf sayısına etkisi...37	
Şekil 4.5. Farklı sürelerde plazma uygulamasının buğday örneklerinde TAMB sayısına etkisi	40
Şekil 4.6. Farklı sürelerde plazma uygulamasının fasulye örneklerinde TAMB sayısına etkisi	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye hububat üretimi (1000 ton)	3
Çizelge 2.2. Dünya hububat üretimi (1000 ton)	4
Çizelge 2.3. 2003 yılı dünya hububat ticareti.....	5
Çizelge 2.4. Türkiye bakliyat üretimi (1000 ton)	6
Çizelge 2.5. 2003 yılı dünya bakliyat ticareti.....	6
Çizelge 4.1. Plazma uygulamasının küf sayısı üzerine etkisi	32
Çizelge 4.2. Farklı plazma uygulamalarının buğday örneklerinde küf sayısı üzerine etkisi	34
Çizelge 4.3. Farklı plazma uygulamalarının fasulye örneklerinde küf sayısı üzerine etkisi	36
Çizelge 4.4. Farklı plazma uygulamalarının buğday örneklerinde TAMB sayısı üzerine etkisi	39
Çizelge 4.5. Farklı plazma uygulamalarının fasulye örneklerinde TAMB sayısı üzerine etkisi	39
Çizelge 4.6. Küfsüz örneklerde çimlenme denemesi sonuçları (ortalama sürgün boyu (cm)).....	42
Çizelge 4.7. Aspergillus bulaştırılmış örneklerde çimlenme denemesi sonuçları (ortalama sürgün boyu (cm)).....	43
Çizelge 4.8. Penicillium bulaştırılmış örneklerde çimlenme denemesi sonuçları (ortalama sürgün boyu (cm)).....	44
Çizelge 4.9. Buğday örneklerinde UV uygulamasının Aspergillus ve Penicillium sayısı üzerine etkisi	45
Çizelge 4.10. Fasulye örneklerinde UV uygulamasının aspergillus ve penicillium sayısı üzerine etkisi	46
Çizelge 4.11. Küfsüz örneklerde UV uygulamasının sürgün boyuna etkisi (cm)	47
Çizelge 4.12. Aspergillus bulaştırılmış örneklerde UV uygulamasının sürgün boyuna etkisi (cm)	47
Çizelge 4.13. Penicillium bulaştırılmış örneklerde UV uygulamasının sürgün boyuna etkisi (cm)	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

g	Gram
GHz	Giga Hertz
kHz	Kilohertz
kcal	Kilokalori
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mTorr	Militor
nm	Nanometre
PDA	Potato Dextrose Agar
TAMB	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
W	Watt

1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinin temel kaynağı olan hububat ve baklagil sektörü birçok ülkede ekonominin temelini oluşturmaktadır. Yurdumuzda ise gerek ekim alanı gerekse üretim yönünden büyük bir potansiyele sahiptir. Türkiye’de 18,2 milyon hektar işlenen tarla alanının 13,9 milyon hektarı hububata, 1,3 milyon hektarı ise baklagillere ayrılmaktadır. Başka bir deyişle, ülkenin ekilen alanlarının yaklaşık % 77’sini hububat ürünleri, % 7’sini ise baklagil ürünleri oluşturmaktadır (Anonim, 2001; Kün vd., 2005). Bu göstergelerden de anlaşıldığı gibi hububat ve baklagiller ülkemiz ekonomisinde önemli yer tutmaktadır. Bunun nedenlerinden biri hububatların insan beslenmesinde doğrudan ve dolaylı olarak kullanılan temel ürünlerden olmasıdır. Diğer bir nedeni de insan beslenmesinde olduğu kadar hayvan yemi, tohumluk ve çeşitli endüstri alanlarında kullanılıyor olmalarıdır.

Beslenme açısından bakıldığında hububatlar en önemli enerji kaynağıdır. Günlük kalori alımının ortalama olarak % 53’ü hububattan karşılanmaktadır. Hububat proteinlerinin besleyici değeri düşüktür ve esansiyel bir aminoasit olan lizin aminoasiti bakımından fakirdir. Baklagiller ise ucuz ve yüksek kaliteli protein kaynaklarıdır. Et ürünlerine göre yağ ve kolesterol seviyesi düşük olduğu için daha sağlıklı bir üründür. Ancak esansiyel aminoasitler olan methionin ve sistein aminoasiti bakımından fakirdir. Hububatlarda yetersiz oranda bulunan lizin aminoasiti bakımından ise zengindirler. Bu bakımından hububat taneleri için mükemmel bir tamamlayıcı protein kaynağıdır (Pekşen ve Artık, 2005). Hububat ve baklagillerin özellikle lifli yapıları ile bağırsak düzensizlikleri, kanser, kalp hastalığı, yüksek tansiyon, obezite ve diyabet gibi birçok hastalık üzerinde olumlu etkileri araştırmacılar tarafından saptanmıştır (Jacobs, 2001; Kushi vd., 1999).

Bir tarım ülkesi olan Türkiye ve diğer ülkeler için büyük önem arz eden hububat ve baklagil ürünlerinde gelişen küfler ürünün ve tohumun kalitesini bozarak önemli kayıplar oluşturmaktadır. Ekonomik boyutun ötesinde küflerin salgıladıkları mikotoksin adı verilen toksik metabolitler insan ve hayvan sağlığı açısından büyük tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca küfler tohumun çimlenme kapasitesinde düşmeye ve

ürünün organoleptik özelliklerinin bozulmasına ve besin değerinin düşmesine de sebep olmaktadır (Twiddy, 1999).

Küf gelişmesinin önlenemediği durumlarda üründeki küf aktivitesinin düşürülmesi ya da küflerin inaktivasyonu amacıyla birçok yöntem denenmektedir. Bunlar arasında düşük ya da yüksek sıcaklık uygulamaları, kurutma, kimyasallar, ultraviyole ışınlar ve radyo dalgaları üzerinde çalışılan yöntemlerden bazılarıdır. Ancak bu yöntemler yeterli derecede etkinlik gösterememeleri, besin öğelerinde kayıplara sebep olmaları ya da yüksek maliyet gerektirmeleri gibi önemli dezavantajlara sahiptirler (Pomeranz, 1978).

Depolamada kayıplara sebep olan küflerin inaktivasyonu için yeni tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir. Son zamanlarda zararlı materyallerin inaktivasyon veya uzaklaştırılması metotları arasında plazma uygulamalarına büyük önem verilmektedir. Plazma teknolojisi daha çok NASA da uzay bilimlerinde nano parçacık üretiminden fizyon çalışmalarına kadar kullanılmasına rağmen günümüzde mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanımı için çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle medikal ürünlerin sterilizasyonu üzerine yoğunlaşan bu araştırmaların sonuçları bu sistemin gıda teknolojisinde kullanımı için de ümit vaat etmektedir. Bu durumda plazma sistemi gıdalar üzerinde gelişen mikroorganizmaların inaktivasyonu için alternatif olarak kullanılabilir. Plazma sisteminin proses sonucunda toksik kalıntı bırakmaması yüksek maliyet gerektirmemesi sayılabilecek avantajlarından bazılarıdır (Kong ve Laourissi, 2003).

Bu çalışmada özellikle depolama aşamasında problem oluşturan küflerin plazma sistemi kullanılarak inaktivasyonunu sağlanmaya çalışılmıştır. Elde edilen bilgilerin gıda endüstrisine katkıda bulunması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Hububat ve Baklagillerin Türkiye ve Dünyadaki Yeri

2.1.1. Hububat

2.1.1.1. Türkiye'de Üretim

2005 yılı verilerine göre ülkemizde tarla ürünleri (hububat, bakliyat, endüstriyel bitkiler, yumru bitkiler ve yağlı tohumlar) ekilen alanı 18.148 milyon hektar olup bunun % 76,5'ini oluşturan 13.893 milyon hektarlık alanda hububat üretimi yapılmaktadır. Bu rakamlar tarla ürünleri içerisinde hububatın dörtte üçlük bir paya sahip olduğunu göstermektedir (Anonim, 2007a).

Ülkemizde 2005 yılında yaklaşık 36 milyon ton hububat üretimi yapılmıştır (Çizelge 2.1). Hububat grubu ürünlerin üretiminde en önemli yeri % 59,3'lük paya sahip olan buğday tutmakta, % 26,2'lik payı ile arpa ikinci sırada, % 11,5 ile mısır üçüncü sırada yer almaktadır. Geri kalan % 3'lük kısmı da diğer ürünlerin üretimi oluşturmaktadır (Anonim, 2007a).

Çizelge 2.1. Türkiye hububat üretimi (1000 ton) (Anonim, 2007a)

Yıllar	Toplam	Buğday	Arpa	Çavdar	Yulaf	Mısır	Pirinç	Diğer
1995	28.084	18.000	7.500	240	250	1.900	150	44
1996	29.231	18.500	8.000	245	275	2.000	168	43
1997	29.651	18.650	8.200	235	280	2.080	165	41
1998	33.061	21.000	9.000	232	310	2.300	189	30
1999	28.750	18.000	7.700	233	290	2.297	204	26
2000	32.109	21.000	8.000	260	314	2.300	210	25
2001	29.427	19.000	7.500	220	265	2.200	216	26
2002	30.687	19.500	8.300	255	290	2.100	216	26
2003	30.658	19.000	8.100	240	270	2.800	223	25
2004	33.958	21.000	9.000	270	275	3.000	294	119
2005	36.232	21.500	9.500	270	270	4.200	360	132

2.1.1.2. Dünya Ticareti

2004 yılı itibariyle dünya toplam hububat üretimi 2.252 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2.2). Dünya toplam hububat üretiminde Türkiye'nin payı ise % 1,5' tir (Anonim, 2006a).

Çizelge 2.2. Dünya hububat üretimi (1000 ton) (Anonim, 2006a)

Ülkeler	2000	2001	2002	2003	2004
Çin Halk Cum.	404.126	398.395	402.001	376.123	422.599
ABD	325.315	325.480	298.745	348.897	387.398
Hindistan	230.611	243.375	60.881	232.785	226.330
Rusya Federasyonu	83.623	83.263	84.729	65.464	74.465
Fransa	60.477	60.264	69.158	54.914	69.676
Endonezya	59.186	59.808	60.881	62.989	64.590
Kanada	44.251	43.298	35.440	50.167	50.155
Brezilya	56.329	56.478	50.436	66.895	64.959
Almanya	50.056	49.710	43.391	39.358	50.811
Bangladeş	41.177	38.014	39.811	40.667	39.232
Türkiye	25.571	29.571	31.940	30.798	33.967
Diğer Ülkeler	705.401	719.244	851.973	710.224	767.835
TOPLAM	2.086.123	2.106.900	2.029.386	2.079.281	2.252.017

2003 yılı verilerine göre dünya toplam hububat ihracatı 271.097 bin ton ve 40.692 milyon Dolar olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2.3). Dünya toplam hububat ihracatında Türkiye'nin payı % 1'in altındadır. Dünya hububat ihracatında Türkiye arpa ve buğday ihracatıyla yer almaktadır. Mısır ve pirinç ihracatımız ise son derece düşük olup, ithalatları önemli boyutlardadır (Anonim, 2006a).

Çizelge 2.3. 2003 yılı dünya hububat ticareti (Anonim, 2006a)

Ülkeler	İhracat 1000 Ton	İhracat Milyon Dolar	Ülkeler	İthalat 1000 Ton	İthalat Milyon Dolar
ABD	78.825	10.764	Japonya	26.537	4.293
Fransa	30.584	4.767	Meksika	13.352	1.883
Çin Halk Cum.	22.035	2.651	Güney Kore	12.925	1.744
Arjantin	19.016	2.313	S.Arabistan	9.859	1.554
Kanada	14.426	2.522	İtalya	9.544	1.680
Avustralya	12.252	2.063	İspanya	9.493	1.447
Almanya	10.537	280	Brezilya	8.820	1.443
Hindistan	8.986	1.580	Çin Halk Cum.	8.684	1.438
Tayland	8.658	1.879	Mısır	8.119	1.138
Kazakistan	6.494	622	Hollanda	7.691	1.092
İngiltere	5.158	732	Bel-Lüks.	6.206	1.062
Ukrayna	3.866	403	Cezayir	5.547	853
Vietnam	3.864	736	İran	5.199	884
Pakistan	3.513	748	ABD	4.109	934
İspanya	2.044	521	Malezya	4.049	559
İtalya	1.486	518	Almanya	4.021	870
İsveç	1.404	202	Bangladeş	3.985	589
Türkiye	1.246	171	Fas	3.417	564
Diğer Ülkeler	36.703	7.220	Diğer Ülkeler	117.118	20.745
TOPLAM	271.097	40.692	TOPLAM	268.675	44.772

2.1.2. Baklagiller

2.1.2.1. Türkiye'de Üretim

2005 yılı verilerine göre ülkemizde tarla ürünleri ekilen alanı 18,148 milyon hektar olup bunun % 7'sini oluşturan 1,277 milyon hektarlık alanda baklagil üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2007a).

Ülkemiz dünya baklagiller üretiminde önemli üretici ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemizde 2005 yılında 1.565 bin ton baklagil üretimi yapılmıştır (Çizelge 2.4). Baklagil grubu ürünlerin üretiminde en önemli yeri % 28.1'lik paya sahip olan nohut tutmakta, % 26.7'lik payı ile mercimek ikinci sırada, % 9.8 ile fasulye üçüncü sırada

yer almakta, geri kalan kısmı da diğer ürünlerin üretimi oluşturmaktadır (Anonim, 2007a).

Çizelge 2.4. Türkiye bakliyat üretimi (1000 ton) (Anonim, 2007a)

Yıllar	Toplam	Nohut	Mercimek	Fasulye	Bakla	Bezelye	Börülce	Diğer
1995	1.846	730	665	225	49	4	3	836
1996	1.829	732	645	230	46	4	3	814
1997	1.696	720	515	235	46	4	3	689
1998	1.596	625	540	236	43	3	3	687
1999	1.357	560	380	237	39	3	2	516
2000	1.313	548	353	230	37	3	3	492
2001	1.451	535	520	225	35	3	2	651
2002	1.640	650	565	250	32	4	2	702
2003	1.558	600	540	250	33	4	2	669
2004	1.584	620	540	250	30	4	2	678
2005	1.565	600	570	210	28	4	3	721

2.1.2.2. Dünya Ticareti

2003 yılı FAO verilerine göre, dünya bakliyat ihracatı miktar olarak 7,8 milyon ton, değer olarak da 2,7 milyar Dolar olarak gerçekleşmiştir. Yemeklik tane baklagillerin dünya ihracatı, değerleri itibariyle dikkate alındığında 1.162 milyon Dolar ile kuru fasulyenin en yüksek ihraç değerine sahip olan ürün olduğu ve kuru fasulyeyi 509 milyon Dolarlık değeriyle bezelyenin takip ettiği görülmektedir (Çizelge 2.5) (Anonim, 2006b).

Çizelge 2.5. 2003 yılı dünya bakliyat ticareti (Anonim, 2006b)

Ürünler	Ihracat Ton	Ihracat 1000 Dolar	Ithalat Ton	Ithalat 1000 Dolar
Mercimek	985.061	413.820	1.051.742	485.591
Kuru Fasulye	2.795.402	1.162.277	2.825.847	1.290.035
Nohut	860.096	353.027	882.432	380.995
Bakla	539.254	122.858	684.963	173.247
Bezelye	2.230.714	509.188	2.465.982	608.807

Dünya bakliyat ithalatı da miktar olarak 8,6 milyon tonun, değer olarak ise 3,1 milyar Doların üzerinde gerçekleşmiştir. Değer olarak dünya ithalatına konu olan en önemli ürün kuru fasulye olup bu ürünü yine bezelye takip etmektedir (Çizelge 2.5) (Anonim, 2006b). Dünya bakliyat üretiminin % 80-85'i iç piyasalarda tüketilmekte, % 10-15'lik kısım ise uluslararası ticarete konu olmaktadır. Dünya bakliyat ihracatında en önemli ülke 538 milyon Dolarla Kanada'dır. Özellikle 1990'lı yıllardan sonra bakliyat üretimini önemli ölçüde artıran Kanada üretim artışına paralel olarak önemli bir ihracatçı olmuştur. Kanada'yı 359 milyon Dolarla Çin, 290 milyon Dolarla ABD, 195 milyon Dolarla Türkiye 156 milyon Dolarla Fransa takip etmektedir (Anonim, 2006b).

2.2. Küfler Hakkında Genel Bilgi

Küfler, ökaryotik hücre yapısına sahip, miselyum oluşturan hetetrof funguslar olarak tanımlanabilir. Küf hücreleri ard arda gelerek iplik şeklindeki hifleri, hifler ise çeşitli şekilde dallanma yapmak suretiyle bir araya gelerek hif topluluğunu oluşturmaktadır. Bu hif topluluğuna miselyum adı verilmektedir (Özkaya ve Kuleaşan, 2000; Halkman, 2005b).

Fungusların vegetatif ve üreme olmak üzere iki çeşit yapıları vardır. Bu yapılar hiflerin substratın alt kısmına doğru batmış veya substrat üzerinde olmasına göre belirtilir (Öner, 2001). Dalmış olarak bulunan hife vegetatif hif denir. Küfün substata sıkıca tutunmasını ve besin elementleri ile suyun emilerek alınmasını sağlar. Substrat üzerinde gelişen, havaya doğru uzanan, küfün görülebilen kısmına hava hifleri denilir. Hava hifleri üreme yapılarını oluşturur ve çoğalmayı sağlayan spor üreten konidiofor veya sporangiofor olarak adlandırılan yapılar içerirler. Burada üretilen sporların etrafa dağılıp çimlenmesiyle çoğalma gerçekleşir (Bullerman, 2003; Göktan ve Tunçel, 2001; Frazier ve Westhoff, 1988).

Konidioforların ucundaki özel hücreler tarafından üretilen açıkta meydana gelen spora konidiospor (konidi) denir. Konidiler büyüklük olarak mikroskobiktir, çok hafif ve kurudurlar, kolaylıkla ıslatılamazlar ve birleşmeye meyillidirler. Küçük ve

hafif oluşları nedeniyle sporlar kolaylıkla hava yoluyla yayılabilir ve yeni habitat veya yüzeylere yayılırlar. Eğer sporlar koşulların gelişme için uygun olduğu bir yere yerleşirlerse hızlıca çimlenir ve yeni küf kolonileri oluştururlar (Bullerman, 2003; Frazier ve Westhoff, 1988). Sporangioforların sonunda sporangium adı verilen kese benzeri kapalı yapılar içerisinde üretilen sporlara ise sporangiospor denilir. Bu sporlar sporangium patladığı zaman havaya yayılırlar (Bullerman, 2003). Sporangiospor ve konidiospor türü sporların hepsi asexual (eşeysiz) sporlar olarak adlandırılır. Gıdalarda önemli olan birçok küf bu yolla çoğalmaktadır. (Bullerman, 2003; Halkman 2005b). Ancak küflerin yaşam çevrimi eşeyli sporlarla da olabilir. Askospor, oospor ve zigospor küflerin oluşturduğu eşeyli spordandır (Bullerman, 2003; Halkman 2005b).

Küfler oldukça geniş pH aralığında (pH 2-9), depolama sıcaklığında (10-35° C) ve su aktivitesinde (a_w : 0,85 ve üzeri) üreyebilmektedirler (Özkaya ve Kuleaşan, 2000; Halkman, 2005b). Küfler zor çevre koşullarına birçok organizmadan daha iyi adapte olabilirler. Gelişmeleri için bakterilerden ve mayalardan daha az suya ihtiyaç duyarlar ve bakterilerin tolere edebileceğinden daha fazla tuz ve şeker konsantrasyonunda kolaylıkla gelişebilirler (Bullerman, 2003). Ayrıca pektin ve diğer kompleks karbonhidratları, organik asitleri, proteinleri ve lipitleri de kullanabilmektedirler (Özkaya ve Kuleaşan, 2000; Halkman, 2005b).

Birçok küf aerobiktir ve gelişmeleri için oksijene ihtiyaç duyarlar. Diğer taraftan karbondioksit küf gelişimini engeller ve eğer karbondioksit konsantrasyonu yeterince yüksek olursa küf gelişimi tamamen engellenir. Küfler geniş bir sıcaklık aralığında gelişebilmekle birlikte birçoğu için optimum gelişme sıcaklığı 25°C ile 35°C arasındadır (Bullerman, 2003). *Aspergillus* gibi bazı cins küfler 35–37°C ve üzeri sıcaklıklarda bile çok iyi gelişebilirler (Frazier ve Westhoff, 1988).

Bakteri ve birçok mayanın aksine küfler karmaşık yığınlar halinde gelişirler. Çok süratli bir yayılma özelliği gösterirler. 2–3 günde 5 ile 10 cm² lik alanı kaplayabilirler (Halkman, 2005b). Küf gelişimi sırasında genellikle ilk olarak beyaz pamuksu bir görünüm alır ancak gelişimin ileriki aşamalarında yeşil, mavi-yeşil, sarı, turuncu,

kahverengi, gri veya siyaha yakın renktedir. Gelişimini tamamlamış küflerde sporlarda bulunan renk pigmentleri küfe karakteristik rengini verebilir. Küflerin gelişmeye başlaması bakteri ve mayalara göre daha yavaştır ancak küfler geliştikten sonra hızla yayılabilirler (Frazier ve Westhoff, 1988).

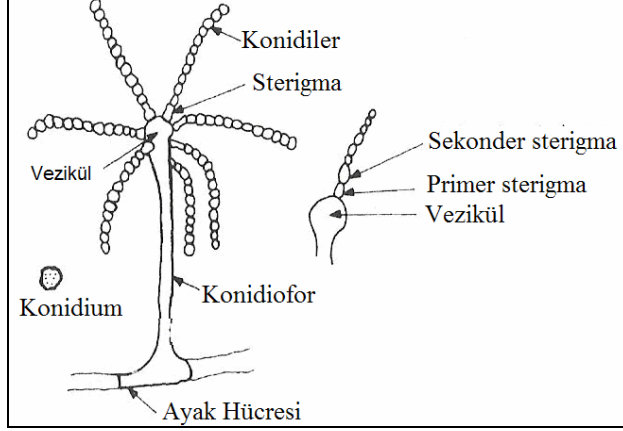
Küfler pek çok gıda maddesi için sorun teşkil ederken, üründe bulunan küf sayısı, üretim teknolojisi gereği açık hava ile teması fazla olan, yıkama işlemi yapılmaksızın öğütülerek paketlenen gıdalar açısından çok daha önemli bir kalite kriteri olarak görülmektedir (Halkman, 2005b).

Küfler çeşitli sınıflara ayrılırlar. Burada hububat ve baklagillerde depolama aşamasında önem arz eden 2 küf cinsi (*Aspergillus* ve *Penicillium*) üzerinde durulacaktır.

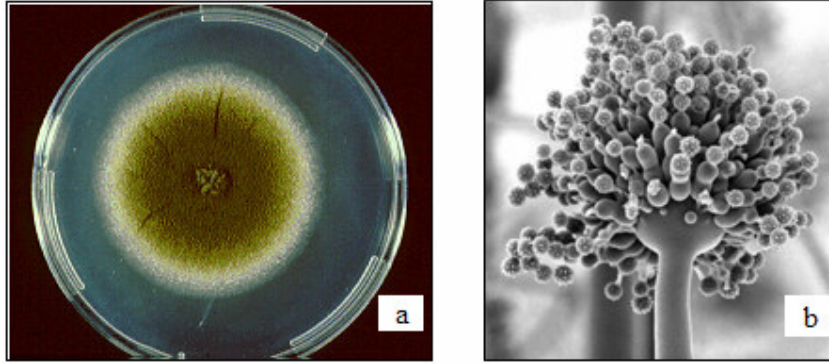
2.2.1. Aspergillus

Aspergillus cinsi küfler *Deutromycetes* (*fungi imperfecti*) sınıfı içerisinde yer alır. Bu cins küflerde eşeyli üreme yoktur. Sadece konidi olarak bilinen eşeysiz üreme yapılarıyla ürerler. Hücre çeperleri glukan ve kitinden oluşur (Ünlütürk vd., 1999).

Konidiler ayak hücresi adı verilen özel hücreler üzerinde uzayan konidioforlar üzerinde bulunurlar. Dik olarak gelişen konidioforların uçları küre ve oval şeklinde şişkindir. Bu yapıya vezikül adı verilir. Konidiofor tek bir hücredir. Vezikülden uzayan şişe şeklinde sterigma adı verilen konidilerin üretildiği yapılar bulunur. Konidiler sterigmanın ucunda bulunurlar ve birbiri ardına gevşekçe bağlanarak zincir oluştururlar. Konidiler tek hücreli, yuvarlak ve değişik renklidir (Şekil 2.1). Konidilerin rengi *Aspergillus* cinsi küflerin tür ve grubuna göre değişmektedir (Bullerman, 2003). Pamuksu, ipliksi, renkli veya renksiz koloni oluştururlar. Şekil 2.2'de *Aspergillus*'un besiyerinde ve scanning elektron mikroskopundaki şekli görülmektedir. Cins, doğada yaygın olan 150 tür girer. Miselleri septalıdır (Özçelik, 2004).



Şekil 2.1. Aspergillus'un şematik görünüşü (Frazier, 1988)



Şekil 2.2. Aspergillus'un a. Besiyerindeki görüntüsü (Anonim, 2006c) b. Scanning Electron Mikroskobundaki görüntüsü (Anonim, 2007b)

Aspergillus cinsi küfler özellikle hububatlarda, fındıkta, yağlı tohumlarda, kuru gıdalarda, meyve, sebze, et ve diğer pek çok gıdada yaygın olarak bulunur (Bullerman, 2003).

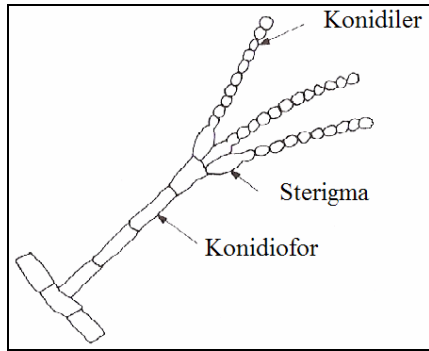
Bu cinsin bazı türleri kanserojen özellikte aflatoksin üretirlerken, bazıları endüstride proteaz enzimi veya sitrik asit üretiminde kullanılmaktadır. *A. flavus*, *A. paraciticus* ve *A. nominus* aflatoksin oluşturmaktadırlar. *A. oryzae* ise nontoksiktir ve pirinçten sake içkisinin yapılmasında, soya sosu yapımında ve α -amilaz üretiminde kullanılır. *A. niger* meyvelerde siyah küf çürümesine, ekmeklerde sarı pigment oluşumuna ve incir, hurma, pamuk gibi tarım ürünlerinde değişik bozulmalara neden olmakta aynı

zamanda endüstride sitrik asit, glukonik asit, amilaz, proteinaz, pektinaz ve lipaz elde edilmesinde de kullanılmaktadır (Özçelik, 2004; Halkman, 2005b).

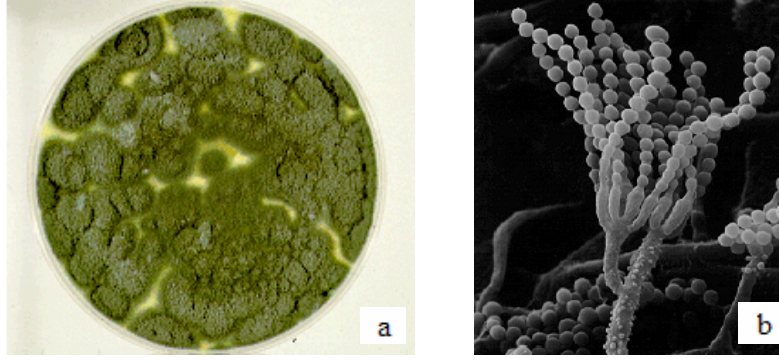
A. glaucus ve *A. restrictus* depo funguslarıdır ve fasulye ve soya gibi ürünlerde sorun yaratırlar. *A. candidus* ve *A. chevalieri* türleri *A. paraciticus*'un aflatoksin üretimine engel olurlar. *A. ochraceus*, *A. alliaceus*, *A. ostiarus* ve *A. mellus*; *Penicillium viridicatum*, *P. cyclopium*, *P. variable* ile beraber bir başka mikotoksin olan okratoksini üretirler. *A. versicolor*, *A. nidulans* ve *A. rugulosus* ise sterigmatoksin adlı toksini oluştururlar. *A. fumigatus* nişastalı organik bileşiklerden insan ve hayvanlar için kullanılabilir mikrobiyel protein üretiminde kullanılır (Halkman, 2005b).

2.2.2. Penicillium

Penicillium gıdalar açısından önem taşıyan ve yaygın olarak görülen bir küf cinsidir. *Penicillium* cinsi küfler konidioforlardan konidi üretirler. Konidioforları bazen tek, bazen de dallanmış haldedir. Uç taraflarında fırça görünümünde konidi taşıyıcıları yer alır (Şekil 2.3). Konidileri yuvarlak olup, sarı, mavi veya yeşil tonlarda pamuksu koloniler oluştururlar. Şekil 2.4'te *Penicillium*'un oluşturduğu yeşil renkli kolonilerin besiyerinde ve scanning elektron mikroskopundaki şekli görülmektedir. Bu cinse 137 tür girmektedir. Renkler *Aspergillus* cinsi küfte olduğu gibi cinslerin ayırımında ayırt edici değildir. Oluşturdukları miseller septalıdır (Özçelik, 2004; Bullerman, 2003; Halkman, 2005b)



Şekil 2.3. *Penicillium*'un şematik görünüşü (Frazier ve Westhoff, 1988)



Şekil 2.4. Penicillium'un a. Besiyerindeki görüntüsü b. Scanning Electron Mikroskopundaki görüntüsü (Anonim, 2006c)

Penicillium'ları hemen hemen her türlü gıda maddesi üzerinde görmek mümkündür. Toprak, hava, toz, unlu gıdalar, meyveler üzerinde yaygın olarak bulunurlar. Endüstriyel küflerden üzerinde en çok çalışılan Penicillium türleridir. Bu cinse ait birçok tür gıdaların bozulmasında önemli rol oynarken, bazı türleri peynir ve antibiyotik gibi çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca bazı Penicillium türleri de mikotoksin üreticisi olarak halk sağlığı açısından önem taşımaktadır (Ünlütürk vd., 1999).

Birçok önemli Penicillium türü bulunmaktadır. *P. verrucosum*, *P. viridicatum* ve *P. aurantiogriseum* hububatlarda yaygın olarak bulunur. Bunlar okratoksin ve penisilik asiti içeren birçok mikotoksini üretirler. *P. martensii*, *P. aurantiogriseum*'un sinonimidir, yüksek nem içerikli mısırlarda bulunur ve penisilik asit üretir (Bullerman, 2003).

P. puberulum, *P. cyclopium* penisilik asit, *P. citrinum*, *P. viridicatum* citrinin, *P. patulum*, *P. expansum*, *P. claviforme* patulin (calvisin, expansin) toksini üretirler. *P. viridicatum*, *P. cyclopium*, *P. variable* ve bazı Penicillium türleri ise okratoksin üreticisidirler. *Penicillium nalgiovensis* ve *P. camamberti*'nin kuru sosislere starter kültür olarak ilave edilmesinin mikotoksin üreten suşların gelişimini inhibe ettiği belirtilmektedir (Halkman, 2005b).

P. expansum elmada, *P. italicum* ve *P. digitatum* ise turunçgillerde yumuşak çürümeye neden olmaktadır (Özçelik, 2004). *Penicillium*'un diğer türlerinin birçoğu çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılır. Örneğin *P. camembertii*, *P. roqueforti* küflü peynir, *P. purpurogegenum* glukonik asit, *P. chrysogenum* ve *P. notatum* penisilin üretiminde kullanılır (Özçelik, 2004; Ünlütürk vd., 1999).

2.3. Tahıl ve Baklagillerde Gelişen Küfler

Depolama sırasında farklı hububat ve baklagil çeşitlerinde değişik küf cinsleri bulunabilmekle birlikte depo küflerinin çoğunluğunu *Aspergillus* (*A. halophilicus*, *A. restrictus*, *A. glaucus* grubu üyeleri, *A. candidus*, *A. ochraceus* ve *A. flavus*) ve *Penicillium* (*P. aurantiogriseum*, *P. chrysogenum*, *P. brevicompactum*, *P. crustosum*, *P. citrinum*) türleri oluşturur. Depo küfü olan diğer cinsler arasında *Mucor*, *Rhizopus* ve *Fusarium*'a ait türler bulunmaktadır (Ünlütürk vd., 1999; Anonim, 2002).

Bir tarım ülkesi olan Türkiye ve diğer ülkeler için büyük önem arz eden hububat ve baklagil ürünlerinde gelişen küfler ürünün ve tohumun kalitesini bozarak önemli kayıplar oluşturmaktadır. Hasat sonrası tarla küflerinin zaman içinde gelişmesi durmaktadır. Bunların yerini düşük su aktivitesinde gelişebilen depo küfleri almaktadır. Depolan tanelerde küf bozulmalarının en önemli nedenleri % 13' ün üzerinde nem, böcek ve diğer hayvanlar nedeniyle oluşan fiziksel zararlar ve sıcaklıktır. Depo küfleri genellikle taşıma ve depolama aşamalarında çevreden, taşıma araçlarından ve ambardan bulaşır (Halkman, 2005b; Ünlütürk vd., 1999).

Depo küfleri arasında minimum 0,65 su aktivitesinde gelişebilen küfler bulunmakla birlikte genel olarak minimum 0,70- 0,88 arasında gelişen küf cinslerini içerir. En yaygın depo küflerinden olan *Aspergillus*'un değişik türleri farklı su aktivitesi değerlerinde gelişebilmektedir. Örneğin *A. flavus* minimum 0,86 su aktivitesine gereksinim gösterirken *A. restrictus* 0,75 su aktivitesinde gelişebilmektedir. Depo küflerinden olan *Penicillium* cinsine ait türler ise genel olarak daha yüksek su aktivitesi değerlerinde gelişebilirler. Minimum su aktivitesi değerleri *P.*

aurantiogriseum için 0,84, *P. viridicatum* için 0,81, *P. citrinum* için 0,80'dir (Abramson, 1991).

Hububat ürünlerinde depo küflerinin gelişmesi su aktivitesi kadar sıcaklık ve oksijene de bağımlı olup, bu faktörlerden ikisinin optimum olması durumunda üçüncü faktör uygun olmasa bile küf gelişmesi görülebilmektedir. Küf cinslerinin çoğunluğunu optimum gelişme sıcaklığı 22–35°C olan ve 5–45°C sıcaklık aralığında gelişebilen mezofil türler oluşturmaktadır. Eğer depolamada oksijen yeterli değilse oksijene ihtiyaç duyan küflerin gelişimi durur, oksijen ihtiyacı olmayan diğer küf ve bakteriler gelişir (Ünlütürk vd., 1999; Muir ve White, 1996).

Depolamada tanelerin sıcaklığı sabit ise %10-12'lik nem oranı küf önlemede yeterlidir. Ancak 0,5–1,0 °C'lik bir sıcaklık değişimi sonucunda deponun daha sıcak bölgelerindeki tanelerden buharlaşacak nem, daha serin bir bölgede yoğunlaşarak lokal olarak nem miktarının yükselmesine ve küf gelişmesine neden olur (Ünlütürk vd., 1999). Bu tür bozulmada sıcaklığın yükselmesi ile tanelerdeki nem miktarı %15 civarına ulaştığında genellikle ilk olarak *Aspergillus* türleri ürer. İlk gelişen fungus genellikle *A. penicillioides* 'tir. Bunu *A. restrictus* ve *Eurotium* takip eder. Bu küfler tahılın sıcaklığını 35–40° C ye çıkarırlar. Tahıl solunumu ve fungus gelişimi ile lokal olarak oluşan nem su aktivitesini artırır ve *A. candidus*, *A. ochraceus* ve *A. flavus*'un gelişimine olanak sağlar. Bu küfler tohumun % 10'unda geliştiğinde, sıcaklık önemli oranda yükselir ve sıcaklık 50 – 55 °C' ye çıkabilir. Sıcaklığın artması ile daha fazla nem buharlaşır ve bozulma bu bölgeden yayılır. Gelişmeleri için kısmen yüksek su aktivitesine gerek duyan *Penicillium* türleri bu aşamadan sonra gelişmeye başlar. Nem miktarı % 20'yi aşarsa maya ve bakteri faaliyeti görülür (Twiddy, 1999; Anonim, 2002).

Hububat tanelerinin depolama sırasında nem oranının % 15'in üzerinde olması durumunda depo küflerinin mikotoksin adı verilen insan sağlığı için zararlı toksik metabolitler oluşturma olasılığı bulunmaktadır. Depolama sırasında hububat tanelerinde mikotoksin oluşturan en önemli iki cins *Aspergillus* ve *Penicillium*'dur.

Bu cinslere ait çok sayıda tür aflatoksin, okratoksin, patulin, sitrinin ve diğer birçok toksik metaboliti üretmektedir (Ünlütürk vd., 1999).

Depolanan tahıl tohumlarının üzerinde yapılan bir çalışmada; On farklı çeşit tane (üç buğday, üç çavdar, bir yulaf, bir kara buğday, bir kabuğu soyulmuş ak darı ve bir çeltik örneği) üzerindeki mikroflora araştırılmıştır. Fungal floranın üçte birini *Trichothecium roseum* oluşturmuştur. *Aspergillus* spp. ve *Penicillium* spp. buğday örneğinde, *Aspergillus glaucus* iki çavdar bir yulaf bir karabuğday ve bir akdarı örneklerinde; *Penicillium* spp. iki çavdar örneği ve bir kara buğday örneğinde *Aspergillus glaucus* ile birlikte baskın türler olarak bulunmuşlardır. Çeltik örneğinde ise *Khuskia oryzae* baskın tür olarak bulunurken diğer türler en düşük oranda saptanmıştır. Sonuçta on değişik hububat örneğinde 53 değişik küf türü belirlenmiştir. Bunlardan *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Alternaria* türlerinin dominant türler olduğu belirtilmiştir (Weidenböner ve Kunz, 1993).

2.4. Tarım Ürünlerinde Küflerin Sebep Olduğu Başlıca Problemler

Tahıl tanelerinde küflerin neden olduğu ürün kayıpları, dünya çapında ekonomik bir sorunu oluşturmaktadır. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'ne göre, hasat sonrası küflerin neden olduğu ürün kayıp oranı % 25'dir (Seçer ve İç, 2003). Bazı tropikal ülkelerde ise depolanmış ürünün üçte birinin küfler nedeniyle kayba uğradığı belirtilmektedir (Twiddy, 1999).

Küflerin oluşturduğu en önemli sorunlardan biri, gıda ve yemlerde gelişen küflerin gelişme sürecini tamamladıktan sonra miselleri içerisinde oluşturdukları ve birçok durumda üzerinde buldukları ürüne (substrata) salgıladıkları toksik metabolitlerdir (Halkman, 2005b). Bu durum insan ve hayvan sağlığını tehdit ettiğinden, küflenme ekonomik boyutun ötesinde önem taşımaktadır. Küflerin ürettikleri bu sekonder metabolitlere mikotoksin denir. Mikotoksinlerin insanlar ve hayvanlar için toksijenik, mutajenik, teratojenik ve karsinojenik etkileri olduğu bilinmekle birlikte çeşitli ürünlerin mikotoksin oluşturan en önemli iki depo küfü olan *Aspergillus* ve

Penicillium'u içeren fungal türlerle bulaşması bazı çevre koşullarında kaçınılmazdır (Twiddy, 1999).

Küfler ayrıca tohumun çimlenme kapasitesinde de olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Tohumun ölmesi genellikle gözle görünür bir renk bozulmasından önce gerçekleşir. Küf gelişimi hububatın embriyo kısmında başlar ve buradan endosperme yayılır. *A. candidus* ve *A. flavus* gibi birçok önemli depo küfü özellikle tohumun embriyo kısmını istila etmeleri nedeniyle tohumun çimlenme kapasitesini hızlı bir şekilde azaltır (Twiddy, 1999).

Küflerin neden olduğu bir diğer önemli sorun ise küflerin oluşturduğu hastalıkların birçoğunun ürünün tohumluk olarak kullanılması durumunda tarladan tarlaya ve ülkeden ülkeye taşınmasıdır. Örneğin, arpada 30 civarında hastalık etmeninin tohumla taşındığı tespit edilmiştir. Tohumla taşınma, hastalık etmenlerinin bulunmadığı temiz alanlara patojenlerin dağılması yönünden önemli bir faktördür. Birçok patojen, birkaç yıl tohumda, tohum canlı kaldığı sürece canlılığını devam ettirebilmektedir. Patojenler tohumda yapışmış olarak, tohum içinde, kabuk altında, kabuk aralarında veya toprakta tohum yatağının yanında bulunabilmekte, bulunma şekli patojenin türüne ve üreme şekline, konukçu tohumun cins ve taşındığı özelliklere göre değişiklik göstermektedir (Eğriçayır, 1985).

Bozulmaya yol açan küfler gıdalarda acı tat ve kötü koku oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca renk-koku bozukluğu, kuru madde kaybı, endospermdeki biyokimyasal değişimler sonucu besin kaybı da görülmektedir (Özkaya ve Kuleaşan, 2000).

2.5. Küf Gelişimin Engellenmesinde veya İnaktivasyonunda Kullanılan Diğer Metotlar

Küflerin gelişme isteklerinin az olması ve buna bağlı olarak da hemen hemen her yerde ve koşulda üremeleri nedeniyle küf oluşumunun engellenmesinde büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır. Küf bulaşmasının önlenemediği durumlarda üründen

küflerin uzaklaştırılması, gelişimin durdurulması ya da yavaşlatılması amacıyla çok sayıda araştırma yapılmakta, fiziksel ve kimyasal birçok inaktivasyon yöntemleri denenmektedir

Depolamada düşük ya da yüksek sıcaklık uygulamaları kullanılan fiziksel yöntemlerdendir. Ancak bu uygulamalar mikroorganizma gelişimini kısmen durdursa da tamamen ölmesini sağlamaz. Küf gelişimini önlemek için oldukça yüksek sıcaklıklar gereklidir. Düşük ve yüksek sıcaklık uygulamalarının en büyük dezavantajlarından biri de ekipman ve enerji maliyetinin çok yüksek olmasıdır (Pomeranz, 1978).

Ürünün kurutulması, küf aktivitesini düşürmek için kullanılan bir diğer yöntemdir. Ürünün kurutulması üründe solunumu yavaşlatır ve ürünün nem düzeyi düştüğü için mikroorganizma gelişimi yavaşlar. Kurutma yüksek ve düşük sıcaklıktaki hava akımıyla gerçekleştirilir. Ancak bu kurutucularında enerji tüketimi çok fazladır (Pomeranz, 1978).

Küf gelişimi depo atmosferinde oksijen miktarının azaltılması yoluyla da yavaşlatılabilir. Ancak bu durumda da aneorobik ve mikroaerofilik bakteri ve funguslar gelişebilir. Örneğin bazı Clostridium cinsleri gelişebilir ve bunlar insanlar ve hayvanlar için zararlı toksinler üretir (Pomeranz, 1978).

Fiziksel ayırma yöntemleri arasında, elle veya elektronik yollarla ayıklamadan yaygın olarak yararlanılmaktadır. Hububat ve baklagil gibi küçük taneli ürünlerde bu yöntemi uygulamada güçlüklerle karşılaşıldığından sıklıkla kullanılmamaktadır (Özkaya ve Temiz, 2003). Küflerin geliştiği danelerin yoğunluğunun, sağlam danelere göre daha az olmasından yararlanılarak küflerin azaltılmasıyla ilgili çalışmalar da yapılmıştır (Özkaya ve Temiz, 2003).

Ultraviyole ışınlar ve radyo dalgaları fungal sporları azaltmak veya zarar vermek için denenmiş ancak nüfus güçlerinin zayıf olması nedeniyle yeterli başarı sağlanamamıştır (Pomeranz, 1978).

Küflerin inaktivasyonu için kimyasal yöntemler de denenmektedir. Tahıllarda ve baklagillerde mikroorganizmaların kontrolünde en etkili kimyasallar sodyum ve kalsiyum propiyonatlar veya propiyonik asittir. Amonyak ve linear alifatik 1,3-dioller ve bunların monoesterleri gibi diğer kimyasallar da kullanılmaktadır. Bunların kullanımında en büyük sınırlama, kimyasalların çelik veya alüminyum silolarda korozyona sebep olması, beton silolarla reaksiyona girmesi ve üründe kalıntı bırakmasıdır (Pomeranz, 1978). Mikotoksin detoksifikasyonunda ise etkili olabilen maddelerden amonyak, metilamin, sodyum hidroksit ve ozon en çok üzerinde çalışılanlardır. Mikotoksinlerin inaktivasyonu için amonyak uygulanması (% 0,5–2,0 amonyak gazı) mısırdaki başarılı sonuçlar vermiştir, ancak bu işlemden sonra mısırın kahverengiye dönüşmesi yüzünden, bu işlem daha çok hayvan yemi olarak tüketilecek ürünlere uygulanmaktadır. İnaktivasyon sonucu oluşabilen yan ürünlerin sağlık üzerindeki etkileri ise tam olarak bilinmemektedir (Ünlütürk vd., 1999).

Araştırılan bu yöntemler, belirli derecelerde başarılı bulunmalarına karşın; yeterli dekontaminasyon düzeylerini sağlayamamaları, besin öğelerinde kayıplara neden olmaları ve yüksek maliyet gerektirmeleri gibi önemli dezavantajlara sahiptir (Ünlütürk vd., 1999).

Bu durumlar en az denenmiş yaklaşımlar kadar etkili yeni tekniklerin gelişmesinin ve kısa işlem zamanı, non-toxisite gibi bazı kısımlarda üstün nitelikli metotların gerekli olduğunu göstermektedir.

2.6. Plazma Nedir?

Plazma katı, sıvı, gaz halinden sonra maddenin dördüncü halidir (Anonim, 2000; Kutlu, 2003). Kendine özgü özelliklere sahip olduğu için plazma hali maddenin katı, sıvı ve gaz halinden ayrı olarak incelenir (Anonim, 2000).

Normalde gaz fazında her bir atomda eşit sayıda pozitif ve negatif yük bulunur. Yani atomun çekirdeğindeki pozitif yükler eşit sayıda negatif yüklü elektronlarla çevrilmişlerdir ve her bir atom elektriksel olarak nötraldir (Anonim, 2000).

Madde gaz halinde iken doğru koşullar altında maddeye enerji verilmesinin devam etmesi maddenin plazma haline geçişine neden olacaktır. Enerji kaynağı elektrik

olabileceği gibi, ısı veya ışın kökenli de olabilir (Kutlu vd., 2003; Wintenberg vd., 2006).

İlave enerji maddeyi oluşturan atomlar veya moleküller arasındaki nispi boşluğu artırır ve maddedeki atom veya moleküllerden elektronların serbest kalmasını sağlar (Wintenberg vd., 2006). İyonizasyon olarak adlandırılan bu proses sonucu bir elektron çekirdek çekiminden kurtulur ve atomun bir elektronu eksik olacağından atom net bir pozitif yüke sahip olur. Yeterince enerji verilmiş gaz içinde iyonlaşma defalarca tekrarlanır ve serbest elektron ve iyon bulutları oluşmaya başlar. Fakat bazı atomlar nötr kalmaya devam eder. Sonuçta pozitif yüklü parçacıklar yani elektronlarını kaybetmiş atomlar (iyonlar), negatif yüklü parçacıklar (elektron) ve yüksüz parçacıklar oluşur. Bu parçacıklar arasında kimyasal olarak çok aktif olan yüksek konsantrasyonda serbest radikaller, atomik veya moleküler parçacıklar bulunabilir (Kong ve Laroussi, 2003; Laroussi vd, 2003). Oluşan bu iyon, elektron ve nötr atom karışımı, plazma olarak adlandırılır. Serbest elektrik yükü sayesinde plazma yüksek bir elektrik iletkenliğine kavuşur ve elektromanyetik alanlardan kolaylıkla etkilenir. Atmosferin üstünde, manyetosferde, özellikle kutuplara yakın bölgelerde görülen auroralar, güneş rüzgârlarından kaynaklanan yüklü parçacıklarla çarpışan oksijen atomlarının iyonize olması ile oluşurlar ve enfes görüntüler verirler. Kutuplarda görülen bu auroralar da bir çeşit plazmadır (Şekil 2.5). Plazmayı maddenin gaz halinden ayıran en önemli farkları, elektriği iletmesi ve ışık yaymasıdır (Kutlu vd., 2003).

Evrende en çok bulunan hal plazma halidir ve evrenin % 99'undan fazlası plazma halindedir. Evrendeki tüm yıldızlar yalnızca plazmadan oluşmaktadır. Güneş içerisinde farklı türde plazmalar vardır (Şekil 2.6) (Kutlu vd., 2003). Plazma yeryüzünde doğal olarak bulunduğu gibi yapay olarak ta oluşturulabilir. Yıldırım ve şimşek doğal olarak oluşan plazmalardır. Şimşek çakması sırasında plazma bulutlarda bulunan elektriksel yük nedeniyle oluşmaktadır (Anonim, 2000).

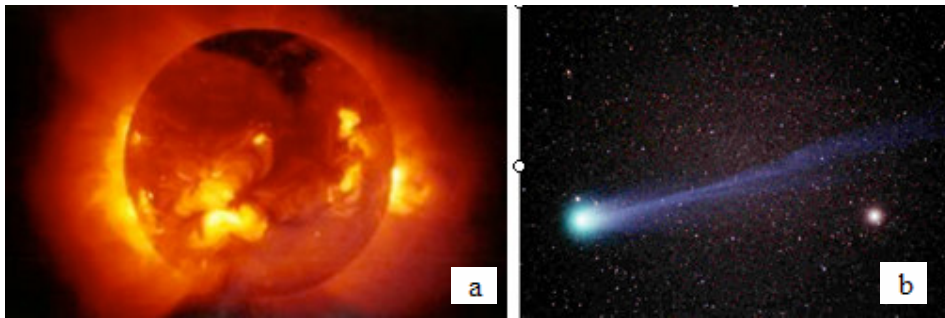
Yıldızlar, güneş v.b plazmalar sıcak plazma çeşitleridir. Fakat plazma sıcak olmak zorunda değildir. Florasan lambaları, neon levhalar, mikroelektronik çipleri

yapmakta kullanılan cihazlar düşük sıcaklıkta çalışan ve yapay olarak oluşturulan plazmalara birer örnektir. Şu an sterilizasyon, kaplama v.b amaçlarla araştırması yapılan birçok çalışmada da soğuk plazma kullanılmaktadır. Bu soğuk plazma cihazlarının içerisinde genellikle çok düşük basınçta (vakuma yakın) gaz bulunur bu nedenle plazma cihaz içerisinde oluşur. Soğuk plazma atmosferik basınçta da olabilir (Şekil 2.7). Bu tür plazmalar Şekil 2.7’de görüldüğü gibi bir noktaya odaklandırılabilir ve yüzeyde hasar oluşturmaz. Bu sistem örneğin ince ve uzun boruların sterilizasyonu için uygundur. Atmosferik basınç plazma cihazları tarafından oluşturulan ozon ise başka bir örnektir (Wintenberg vd., 2006; Anonim, 2000).

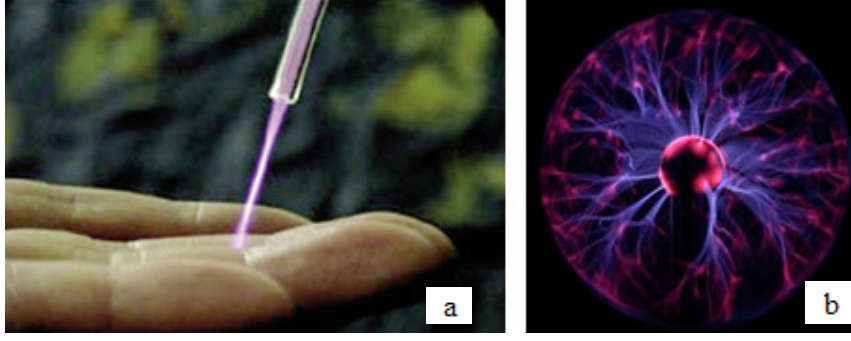
Günümüzde plazmalar değişik teknolojiler geliştirilerek imalatta, tıpta, ışıktandırmada, televizyonlarda, enerji üretmekte (nükleer) ve daha birçok teknolojiye kullanılmaktadır (Kutlu vd., 2003).



Şekil 2.5. Yeryüzünde doğal olarak oluşan plazma çeşitleri a. Şimşek b. Auralar (Anonim, 2000)



Şekil 2.6. Evrende bulunan sıcak plazma çeşitleri a. Güneş b. Yıldızlar



Şekil 2.7. Yapay olarak oluşturulan plazma çeşitleri a.Bir noktaya odaklandırılmış atmosferik basınç plazma çeşidi b. Plazma lambası (Anonim, 2000)

2.7. Plazma İle Yapılan Diğer Araştırmalar

Oldukça yeni bir teknoloji olan plazma araştırmaları genellikle alet ve ekipmanların sterilizasyonu veya yüzey modifikasyonu üzerinde yoğunlaşmıştır. Gıdalar üzerinde mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla yapılan çalışma yok denecek kadar azdır. Wintenberg vd. (2006) nın yapmış oldukları çalışma gıdalar üzerinde yapılan çalışmalardan biridir.

Wintenberg vd. (2006) yapmış oldukları çalışmada, soğanlarda yaygın olarak gelişen *Aspergillus niger* küfü üzerine atmosferik plazma uygulamasının etkisini belirlemek üzere soğan örnekleri *A. niger* sporlarıyla yapay olarak inoküle edilmiş, 30 ve 120 dakika süreyle 12 kV ve 6 kHz’de oluşturulan plazmaya maruz bırakılmıştır. Sonuçta 30 dakika uygulamasının toplam canlı küf miktarında 1-2 log azalma ve 120 dakika uygulamasının 2,5-3 log azalma sağdığı gözlemlenmiştir. Çimlenme üzerine ise plazmanın olumsuz bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Sonuçlar plazma uygulamasının soğanlar üzerindeki fungal sporları nötralize edebileceğini göstermiştir.

Park vd. (2003) yaptıkları çalışmada dört farklı bakteri *B. subtilis*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* ve iki farklı küf türü *A. niger* ve *P. citrinum* üzerine 2.45 GHz, 1kW çalışma koşullarına sahip plazmanın etkisini araştırmışlardır. Sonuçlara göre türe bağlı olmaksızın bütün bakterilerin 20 saniye

içerisinde ve bütün küflerin 1 saniye içerisinde tamamen inhibe edilebileceği belirtilmiştir.

Park vd. (2007) yaptıkları çalışmada 3 farklı mikotoksin; Aflatoxin B1 (AFB1), deoxynivalenol (DON) ve nivelenol'un (NIV) plazma sistemi kullanılarak degradasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda AFB1, DON ve NIV mikotoksinlerinin 2.45 GHz, 1kW çalışma koşullarına sahip plazma uygulamasından sonra 5 saniyede tamamen uzaklaştığı saptanmıştır. Bu sonuçlar plazma sisteminin mikotoksinleri degrade etmek için yüksek potansiyele sahip olduğunu ve gıda proseslerinde etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Nagatsu vd. (2003) oksijen plazma kullanarak yüzey sterilizasyonunun amaçlandığı çalışmada *Bacillus stearothermophilus* ve *B. subtilis* bakteri sporlarını kullanmış ve 1.5×10^6 kob/g popülasyona sahip bakteri sporlarının 60–80 mTorr ve 700 W güçteki oksijen plazma ile 3 dakikada inhibe edilebildiğini göstermişlerdir. Scanning elektron mikroskopu (SEM) analizlerinde ise sporların plazma uygulamasından sonra büyüklük ve şekillerinde değişiklik olduğunu bunun da oksijen radikalleriyle olan etkileşimden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Panikov vd. (2002) yaptıkları çalışmada spor oluşturan ve en dayanıklı mikroorganizma olarak bilinen *B. subtilis* sporlarının He veya hava ($N_2 - O_2$ karışımı) plazma ile tahrip edilebileceğini belirtmişlerdir. Koloni oluşturan birimlerde azalmanın 10 dakikadan az bir sürede He plazma da 10^{-4} , hava plazmada 10^{-8} düzeylerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Daniels vd. (2002) yaptıkları çalışmada ev içinde havanın plazma ile iyonlaştırılması sonucunda havada bulunan mikroorganizmaların önemli ölçüde azaldığını, kötü kokunun nötralize olduğunu ve bazı uçucu organik bileşiklerde de azalma olduğunu kaydetmişlerdir. Bu azalmanın superoxide (O^{-2}), oksijen radikal anyonları gibi reaktif oksijen türlerinin bu bileşiklerle reaksiyonu sonucu gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Monna vd. (2002) yaptıkları çalışmada diş üzerinde bulunan bakteriyel floranın %5 N₂, %95 O₂ karşımı plazma kullanarak tahrip edilebileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada 10⁶-10¹⁰ kob/ml başlangıç konsantrasyonundaki *Streptococcus mutans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella intermedia* ve *E. coli*'nin diş kökenli izolatları kullanmış, *S. mutans*, *P. gingivalis* ve *P. intermedia* bakterilerinde 15-20 dakika sonunda tamamen tahribat görülürken, *F. nucleatum*'da 30 dakika sonunda tahribat olduğu, *E. coli* bakterisinde ise 30 dakikanın sonunda bile tahribat görülmediğini belirtmişlerdir.

Vickery vd. (2006) tarafından bildirildiğine göre insan hepatit B virüsü (HBV) nosokomiyal enfeksiyonların en önemli sebebidir ve kontamine olmuş araç-gereçlerden geçebilir. Vickery vd. (2006) nin yapmış oldukları çalışmada düşük sıcaklıkta çalışan, hidrojen peroksit gaz plazma sterilizerin Hepatit B virüsünün inaktivasyonundaki etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Cam filtreler üzerinde kurutulmuş hepatit B virüsünün hidrojen peroksit gaz plazmaya maruz bırakılması sonucunda viral titrede 10⁻⁷ veya daha çok azalma olduğu belirtilmektedir. Sonuç olarak hidrojen gaz plazmanın hepatit B virüsünü tamamen sterilize edebileceğini belirtmişlerdir.

Amerikada, Princeton Plazma Fizik laboratuvarında yapılan bir çalışmada *Bacillus subtilis* sporları kullanılarak plastik gıda ambalajlarının plazma yöntemiyle sterilizasyonu başarılı bir şekilde sağlanmıştır. Bilindiği gibi bu materyallerin sterilizasyonu yüksek sıcaklık uygulaması veya kimyasal yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin kimyasal kalıntılar bırakması veya yüksek maliyeti olan sıcaklığa dayanıklı plastik malzemelerin gerekliliği gibi dezavantajları vardır (Schmidt vd., 2003).

Laroussi vd. (2003) biri Gram negatif diğeri Gram pozitif olmak üzere iki farklı bakteri ile sterilizasyonda kullanılan plazmanın interaksiyonunu araştırmıştır. Bu amaçla Gram negatif olarak *E. coli* ve Gram pozitif olarak *B. subtilis* bakterileri temsili olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak her ikisinin de canlılığını kaybettiğini

ancak, *E. coli*'nin yapısal olarak zarar gördüğünü, *B. subtilis*'in ise yapısal olarak zarar görmediğini belirlemişlerdir.

Kyenam vd. (2006) bakteri, maya ve bakteriyel sporlarının helyum ve oksijen plazma kullanılarak kolaylıkla inhibe edilebileceğini ve bu sistemin yüksek sıcaklığa gerek olmaması ve zararlı gaz üretiminin olmaması gibi avantajları olduğunu belirtmektedir. Kyenam vd. (2006) yaptıkları çalışmada *E. coli*, *S. aureus* ve *Saccharomyces cerevisiae* nitroselüloz filtre üzerine *B. subtilis* sporları ise polipropilen tabakalar üzerine yerleştirilmiş ve 10 kHz, 6 kV ta çalışan helyum ve oksijen plazmaya maruz bırakılmıştır. D değeri *E. coli* için 18 saniye, *S. aureus* için 19 saniye, *S. cerevisiae* için 1 dakika 55 saniye ve *B. subtilis* sporları için 14 dakika olarak bulunmuştur.

Plazmanın yüzey modifikasyonu amacıyla kullanımı için de çalışmalar yürütülmektedir. Bunlardan biri de yüzeye plazma ile kaplama yapılmasıdır. Plazma ile kaplama yaparak cam veya pet gıda ambalajlarında gaz barrier filmlerin oluşturulması yapılan araştırmalardandır (Bonizzoni ve Vassallo, 2002). Denes vd. (1998) yaptığı bir çalışmada gıda endüstrisinde kullanılmış çelik yüzeylerde bakteriyel biofilmlerin oluşmasını engellemek için plazma ile yüzeye kaplama yapılmıştır.

Messerer vd. (2005) yaptıkları çalışmada ısıya duyarlı materyallerin plazma sterilizasyonu ve yüzey modifikasyonunu araştırmışlardır. Tıbbi malzemeler üzerinde yapılan bu çalışmada 2 dakikalık plazma uygulamasının germleri diğer uygulamalara nazaran 6 kat daha fazla azalttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca oksijene duyarlı içeceklerin Pet şişelerde muhafazasında yaşanan sorunları ortadan kaldırmak için argon plazmaya HMDSO (hekzametildisiloksan) eklenerek pet şişelerin iç yüzeyi SiO_x tabakası ile kaplanmıştır

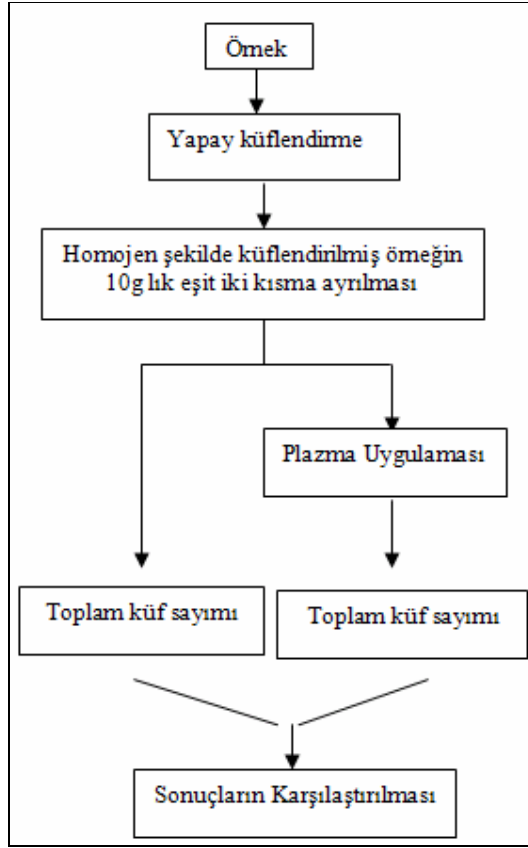
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada piyasadan alınan hububat ve baklagil örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan hububat örneklerini; buğday (*Triticum aestivum*), çavdar (*Secale cereale*), yulaf (*Avena sativa*) ve arpa (*Hordeum vulgare*) baklagil örneklerini ise; fasulye (*Phaseolus vulgaris*), nohut (*Cicer arietinum*), mercimek (*Lens culinaris*) ve mısır (*Zea mays*) oluşturmaktadır.

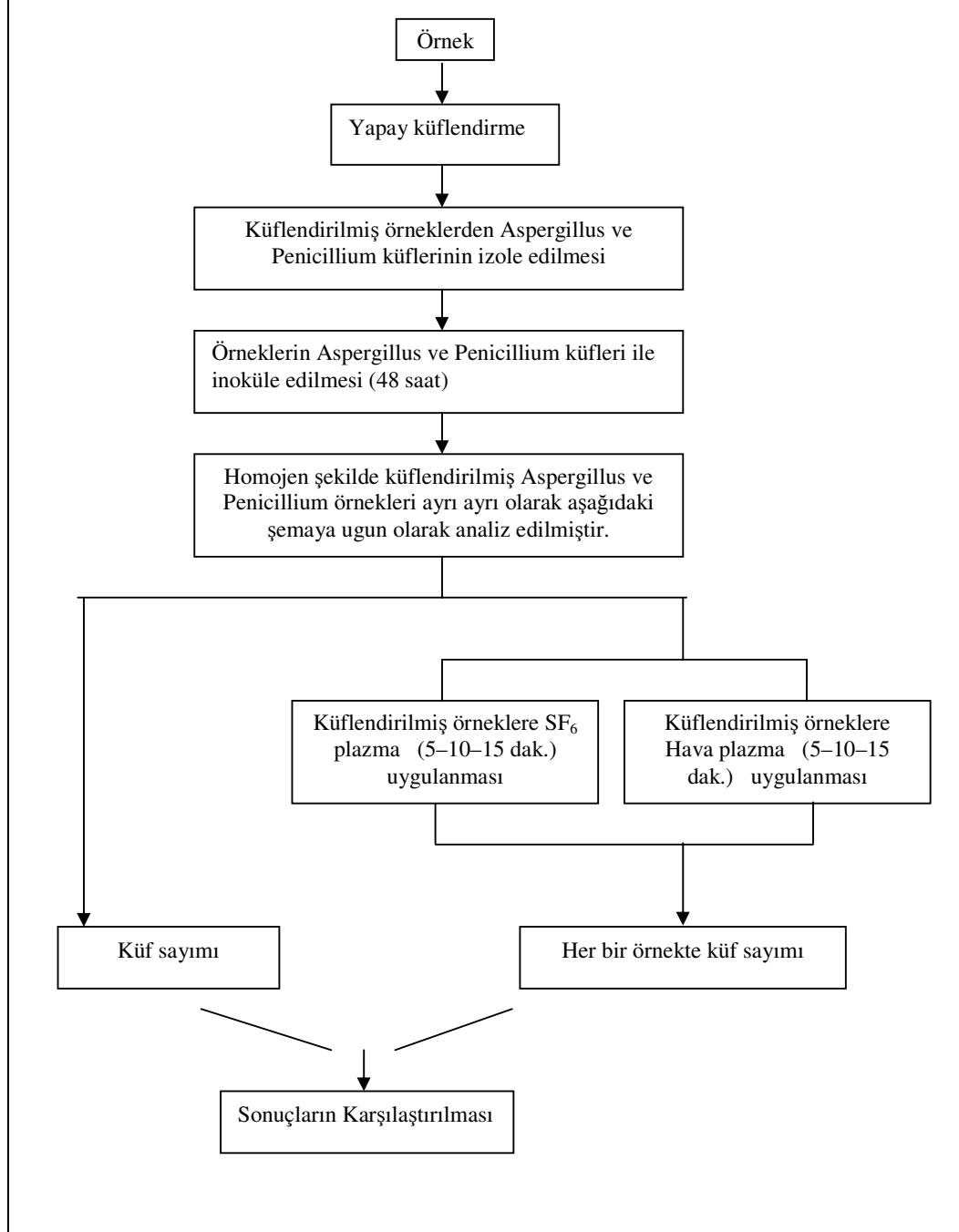
3.2. Örneklerin Hazırlanması ve Çalışma Aşamaları

Hububat ve baklagil örnekleri (buğday, çavdar, yulaf, arpa, fasulye, nohut, mercimek, mısır) nemlendirilerek yapay olarak küflendirilmiştir. Küflendirilmiş her bir örnekten hazırlanan dilüsyon PDA besiyerine ekilerek drigalski spatülü ile yüzeye eşit bir şekilde yayılmıştır. Küfün örneklere eşit bir şekilde dağılımı sağlamak için, bu şekilde hazırlanan tamamen küf kaplı besiyeri üzerine küfsüz örnekler koyularak besiyeri çalkalanmış ve örnekler 2 gün boyunca küf içerisinde inkübe edilmiştir. Küflendirilmiş örnekler iki ayrı kısma ayrılmış ve ayrılan birinci kısma 15 dakika süreyle plazma uygulanmıştır. İkinci kısım örneklere ise hiçbir işlem uygulanmamış ve plazma uygulaması sonrası azalmayı belirleyebilmek amacıyla kontrol olarak kullanılmıştır. Plazma uygulanmış ve işlem görmemiş kontrolün her ikisinde de küf sayımı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak küf sayısındaki azalma belirlenmiştir (Şekil 3.1). Plazma sisteminde çalışma gazı olarak SF₆ kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmaların 1. aşaması

İkinci aşamada depolama aşamasında hububat ve baklagil kökenli tanelerde yaygın olarak bulunan küflerden *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsi iki farklı küf, örneklerden izole edilmiştir. Hububat örneklerinden buğday, baklagil örneklerinden ise fasulye temsil olarak seçilmiş ve plazma uygulamasının bu iki küf cinsi üzerindeki etkinliğini saptamak üzere seçilen örnekler bu iki farklı küf cinsi ile yapay olarak bulaştırılmıştır. Örnekler yukarıda anlatıldığı gibi işlem görmemiş kontrol ve plazma uygulanmasında kullanılmak üzere iki eşit kısma ayrılmıştır. Plazma sisteminde 5 dakika, 10 dakika ve 15 dakika olmak üzere 3 farklı zaman; SF₆ ve hava (N₂ - O₂ karışımı) olmak üzere iki farklı gaz uygulanmıştır. Plazma uygulaması sonrası işlem görmemiş kontrol ve plazma uygulanmış örneklerde küf sayımı yapılarak küf sayısındaki azalmayı belirlemek amacıyla sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. 2. Çalışmaların 2. aşaması

3.3. Mikrobiyolojik Muayeneler

3.3.1. Toplam Küf Sayımı (Yayma Plak Yöntemi)

Toplam küf sayımında kullanılmak üzere PDA besiyeri seçilmiştir. Hazırlanan, 121°C’de 15 dakika steril edilen PDA besiyeri soğutulduktan sonra içerisine sterilize edilmiş % 10’luk tartarik asit ilavesi yapılarak pH değeri 3,5’a ayarlanmıştır. Böylece ortam asitlendirilerek besiyerinde bakterilerin gelişmesi önlenmiştir. Steril petri kutularına yaklaşık 11,5 ml besiyeri dökülerek, katılaştırılmış ve kurutulmuş besiyerleri üzerine, hazırlanan her bir dilüsyondan 0,1 ml örnek çift paralelli olarak aktarılmıştır. Besiyerine aktarılmış sıvı tüm yüzeye homojen bir dağılım gösterecek şekilde yayılmıştır. Petriler 20 dakika bekledikten sonra kapakları alta gelecek şekilde inkübatöre yerleştirilerek, 25°C’de 2–5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda 20–200 arası koloni ihtiva eden petri kutularındaki koloniler sayılmıştır. Paralel petri kaplarındaki koloni sayılarının ortalaması alınmış ve bu rakam seyreltme faktörü ile çarpılarak örneğin gramındaki küf sayısı bulunmuştur (Halkman, 2005a; Özçelik, 1998; Ünlütürk ve Turantaş, 2002).

3.3.2. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı (Dökme Plak Yöntemi)

TAMB sayımında kullanılmak üzere Standart Metot Agar seçilmiştir. Pepton ile hazırlanan her bir dilüsyonyondan 1,0 ml örnek çift paralelli olarak steril petri kaplarına aktarılacak ve üzerine daha önceden sterilize edilmiş 45–50°C’lik su banyosunda bekletilen Standart Metot Agar besiyeri (yaklaşık 15–20 ml) dökülerek inokülüm ve besiyeri karıştırılmıştır. Besiyeri katılaştıktan sonra petriler ters çevrilerek 30°C’lik inkübatörde 24–48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonrasında 20–200 arasında koloni içeren paralel petri kaplarında sayım yapılarak ortalaması alınmış ve elde edilen ortalama sayı dilüsyon faktörüyle çarpılarak örneğin gramındaki TAMB sayısı bulunmuştur (Ünlütürk ve Turantaş, 2002; Özçelik, 1998).

3.4. Küflerin İzolasyonu

Nemlendirilerek yapay olarak küflendirilmiş örneklerden küfleri izole etmek amacıyla agar yöntemi kullanılmıştır. Küflenmiş tohumlar tartarik asit içeren PDA besiyerine her petriye 10'ar adet olmak üzere eşit aralıklarla yerleştirilmiş ve bir hafta süreyle inkübe edilmiştir. Bir hafta inkübasyon süresi sonrasında tohumların etrafında gelişen küfler mikroskopta incelenerek olası *Aspergillus* ve *Penicillium* küfleri teşhis edilmiştir.

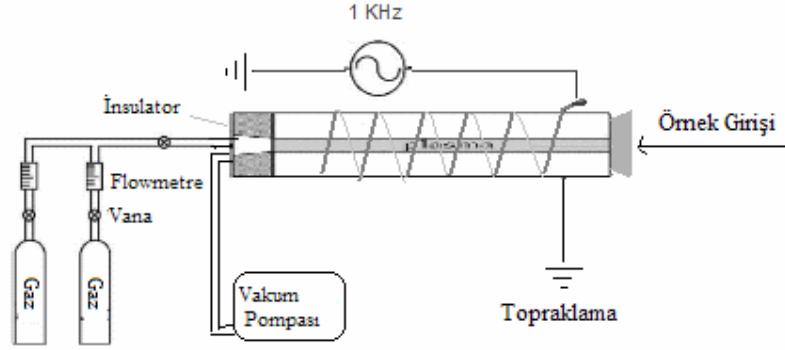
Mikroskop altında inceleme işlemi için küf kolonisinin kenarındaki genç hücrelerden 1–2 mm²'lik kısım öze yardımıyla kesilerek lam üzerine transfer edilmiş ve üzerine lamel kapatılarak 10 ile 40 büyütme objektiflerle incelenmiştir (Ünlütürk ve Turantaş, 2002).

Teşhis edilen bu küf kolonilerinde bulunabilecek diğer küf cinslerini elimine ederek, izole etmek istediğimiz *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsi küfleri saflaştırmak amacıyla sırasıyla şu işlemler uygulanmıştır. Tohumların etrafında gelişmiş olan olası *Aspergillus* ve *Penicillium* küf kolonileri seçilerek önceden hazırlanmış tartarik asit içeren besiyerine tek koloni düşürme yöntemiyle çizgi ekim yapılmış ve petri ters çevrilerek inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında izole etmek istediğimiz küfün besiyerindeki koloni şekli ve rengine uygun olan yapıdaki kolonilerden herhangi birinden öze yardımıyla bir parça alınarak tekrar mikroskop altında incelenmiştir. Gelişen koloninin izole etmek istediğimiz küf olduğu mikroskop altında incelemeyen sonra kesin olarak belirlenerek, bu koloniden öze yardımıyla alınan parça PDA içeren yatık agarda + 4 °C'de saklanmıştır.

3.5. Plazma Uygulaması

Plazma uygulaması, Süleyman Demirel Üniversitesi Plazma Fiziği Araştırma ve Geliştirme Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Bu sistem quartstan yapılmış bir enjeksiyon bölümü, gaz girişi, vakum oluşturmak için bir vakum pompası, güç kaynağı, soğutma sistemi ve kontrol paneli içermektedir (Şekil 3.3). Sistem 1 kHz,

15000 Volt, 50 mltor background basıncı ve 200 mltor çalışma basıncı koşullarında çalışmaktadır. Çalışma gazı olarak SF₆ (Kükürt heksaflorid) ve hava denenmiştir.



Şekil 3.3. Plazma sistemi

3.6. Çimlenme Denemesi

Tohum taneleri petri kapları içerisinde bulunan nemlendirilmiş pamuk arasına yerleştirilerek çimlenme için 24°C sıcaklıktaki doku kültürü laboratuvarına konulmuştur. Çimlenme testi için her bir işlem grubunda 10 tohum kullanılmış ve herbir tohumun sürgün boyu 7 gün süreyle her gün ölçülerek kaydedilmiştir. Her bir işlem grubu için çimlenen tohumların sürgün boyutları toplamı tohum sayısına bölünerek ortalama sürgün boyu hesaplanmıştır.

$$\text{Ortalama Sürgün Boyu} = \frac{\text{Çimlenen Tohumların Sürgün Boyutları Toplamı}}{\text{Tohum Sayısı}}$$

3.7. UV Uygulaması

UV Uygulaması için Deneysel ve Gözlemsel Araştırma ve Uygulama Merkezi, Biyoteknoloji Laboratuvarında bulunan UV cihazı kullanılmıştır. Petri kutusuna koyulan örnekler UV cihazının içine kapağı açık olarak koyularak 99 joule enerji seviyesi ve 254 nm dalga boyunda UV uygulaması gerçekleştirilmiştir.

3.8. İstatistiksel Analiz

Denemeler iki tekerrürlü ve üç paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre elde edilen bulgular SPSS for windows (15.0) paket programı kullanılarak istatistiksel olarak varyans analizi ve Tukey Çoklu Testi kullanılarak % 99 güven eşiğinde değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

4.1.1. Küf Sayımı Sonuçları

15 dakika süreyle SF₆ Plazma uygulanan farklı hububat ve baklagil örneklerinde küf sayısındaki azalmalar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Plazma uygulamasının küf sayısı üzerine etkisi

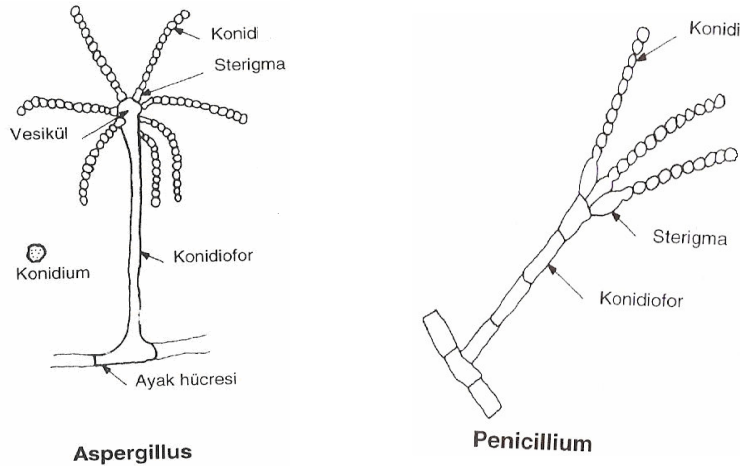
Örnek	Küf Sayısı (log kob/g)		Log değişim	Yüzde değişim
	Uygulama öncesi	Uygulama sonrası		
Buğday	5,02±0,01	2,38±0,01	-2,64 ^{7*}	99,76
Fasulye	5,97±0,01	3,58±0,02	-2,39 ⁶	99,60
Arpa	5,37±0,01	3,90±0,02	-1,47 ⁵	96,58
Yulaf	5,65±0,03	4,48±0,02	-1,18 ⁴	93,30
Mercimek	6,45±0,09	5,60±0,02	-0,85 ³	85,71
Çavdar	5,95±0,01	5,30±0,02	-0,65 ²	77,70
Mısır	5,36±0,11	4,85±0,04	-0,52 ¹	69,56
Nohut	6,08±0,01	5,60±0,02	-0,48 ¹	66,66

*: Aynı sütündeki farklı rakamlar örnekler arası istatistiksel farkı belirtmektedir. (p<0,01) n=3

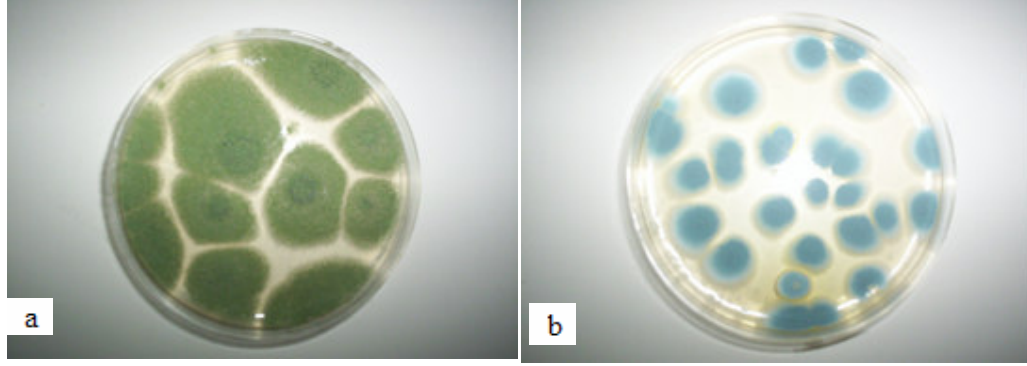
Çizelge 4.1 incelendiğinde, örneklerin plazma öncesi küf sayıları 6,45–5,02 log kob/g arasında değişirken, işlem sonrasında küf sayısı 5,60–2,38 log kob/g arasında değişmiştir. İşlem sonrasında toplam küf sayısının belli düzeyde azaldığı görülmüştür. Toplam küf sayısındaki logaritmik azalmanın buğdayda 2,64, fasulyede 2,39, arpada 1,47, yulafta 1,18, mercimekte 0,85, çavdarda 0,65, mısırdaki 0,52, nohutta 0,48 olduğu gözlemlenmektedir. Ancak farklı örneklerde küflerde azalma farklılık göstermektedir. İstatistikî analiz sonuçlarına baktığımızda sadece mısır ve nohutta toplam küf sayılarındaki değişimlerin birbirine yakın ve istatistikî açıdan aralarındaki farkın önemsiz (p>0,01) olduğu, diğer örneklerde ise farklılık gösterdiği görülmektedir.

4.1.2. Aspergillus ve Penicillium Küflerinin İzole Edilmesi

PDA besiyerinde gelişen olası Aspergillus ve Penicillium küfleri mikroskopta incelenerek, bu küflerin morfolojisine uygun olanlar materyal ve metot bölümünde belirtilen yöntemlerle izole edilmiştir. Mikroskop incelemesinde Aspergillus ve Penicillium'un Şekil 4.1'de gösterilen tipik morfolojiye uygun olması aranmıştır. Ayrıca küf cinslerinin belirlenmesinde koloni şekli, koloni rengi ve koloni yapısı da de dikkate alınmıştır. Şekil 4.2'de izole edilen Aspergillus ve Penicillium küflerinin PDA besiyerindeki koloni morfolojisi görülmektedir. İzole edilen Aspergillus ve Penicillium'un literatürde belirtilen koloni morfolojisine uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Aspergillus ve Penicillium küflerinin şematik görüntüsü (Ünlütürk ve Turantaş, 2002)



Şekil 4.2. İzole edilen a.Aspergillus b.Penicillium küflerinin PDA besiyerindeki görüntüsü

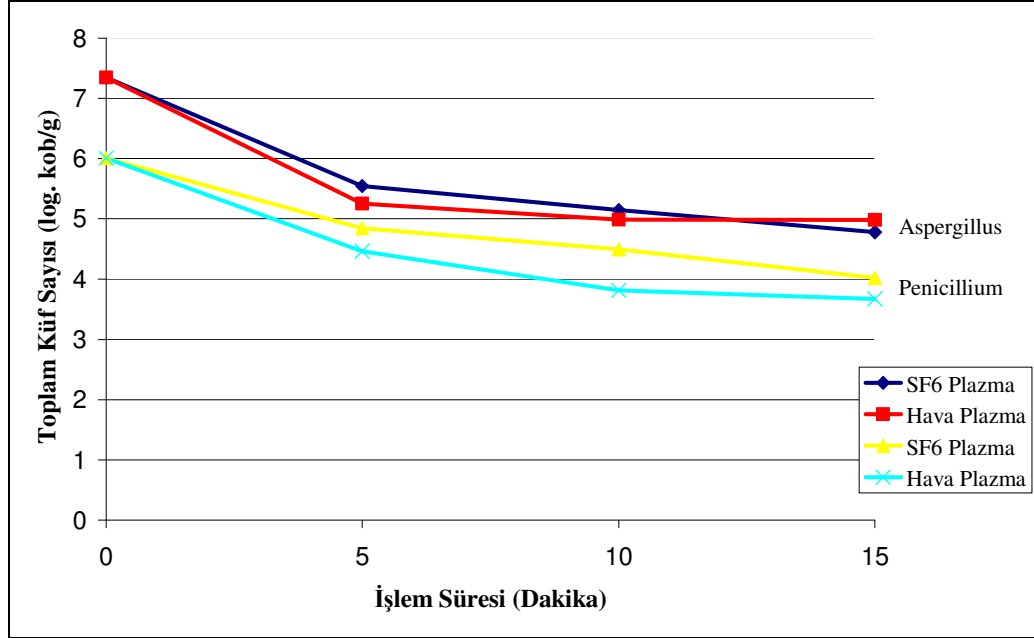
4.1.3. Aspergillus ve Penicillium Cinslerinde Küf Sayımı Sonuçları

Çeşitli hububat ve baklagil örneklerinde (buğday, arpa, yulaf, çavdar, mısır, mercimek, nohut ve fasulye) plazma uygulaması sonrası küflerin inaktivasyonunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ardından plazmanın farklı cins küfler üzerinde etkisinin değişip değişmediğini saptamak için en önemli iki depo küfü olan Aspergillus ve Penicillium küfleri için buğday ve fasulye örneklerinde plazma uygulaması öncesi ve sonrası küf sayımı yapılmıştır. Buğdayda Aspergillus ve Penicillium için yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.2, ve Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı plazma uygulamalarının buğday örneklerinde küf sayısı üzerine etkisi

Uygulama	İşlem Süresi (dakika)	Aspergillus			Penicillium		
		Log kob/g	Log Azalma	% Azalma	Log kob/g	Log Azalma	% Azalma
İşlem Görmemiş	0	7,34±0,01 ^{6*}	-	-	6,00±0,01 ^{6*}	-	-
SF6 Plazma	5	5,54±0,02 ⁵	1,80 ^{e*}	84,34	4,85±0,03 ⁵	1,16 ^{a*}	88,23
SF6 Plazma	10	5,15±0,01 ³	2,20 ^f	96,96	4,49±0,02 ⁴	1,51 ^b	96,00
SF6 Plazma	15	4,78±0,02 ¹	2,56 ^h	99,60	4,02±0,01 ³	1,98 ^d	99,91
Hava Plazma	5	5,26±0,01 ⁴	2,09 ^c	88,08	4,46±0,02 ⁴	1,54 ^b	91,88
Hava Plazma	10	4,99±0,01 ²	2,36 ^g	98,33	3,81±0,01 ²	2,19 ^f	98,66
Hava Plazma	15	4,98±0,01 ²	2,36 ^g	99,68	3,67±0,04 ¹	2,33 ^g	99,39

*: Aynı sütundaki farklı rakamlar farklı plazma gazları ve süreler arasındaki istatistiksel farkı, log azalma sütunlarındaki farklı harfler ise farklı cins küfler –süreler-gazlar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01) n=3



Şekil 4.3. Farklı plazma uygulamalarının buğday örneklerinde küf sayısına etkisi

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.3 incelendiğinde farklı sürelerde plazma uygulaması sonrasında işlem süresindeki artışa paralel olarak küf sayısında azalma olduğu görülmektedir ($p < 0,01$). Farklı olarak sadece Aspergillus bulaştırılmış ve hava gazı kullanılarak yapılan plazma uygulamasında 10 ve 15 dakika uygulama sürelerinin küf sayısının azalmasına etkisi istatistikî açıdan önemli değildir ($p > 0,01$).

Buğday örneklerinde küf sayısında azalma; Aspergillus bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanan örneklerde 1,80–2,56 log arasında, Aspergillus bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde 2,09–2,36 log arasında, Penicillium bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanan örneklerde 1,16–1,98 log arasında, Penicillium bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde 1,54–2,33 log arasında değişmiştir.

Wintenberg v.d (2006) çalışmalarında *A. niger* ile yapay olarak inoküle edilmiş soğan örneklerinde, 12kV ve 6 kHz 'de çalışan, 30 dakika hava plazma uygulaması sonrasında küf sayısında 1–2 log azalma, 120 dakika hava plazma uygulaması

sonrasında 2,5–3 log azalma tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da olduğu gibi, yapılan çalışmada sürenin Aspergillusların inhibisyonu üzerine etkili olduğu saptanmıştır.

Aspergillus bulaştırılmış örneklerde SF₆ ve hava plazma uygulaması karşılaştırıldığında istatistiki olarak 10 dakikaya kadar hava plazmanın etkinliğinin daha yüksek olduğu, 15 dakika sonrasında ise SF₆ plazmanın etkinliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir (p<0,01) (Çizelge 4.2).

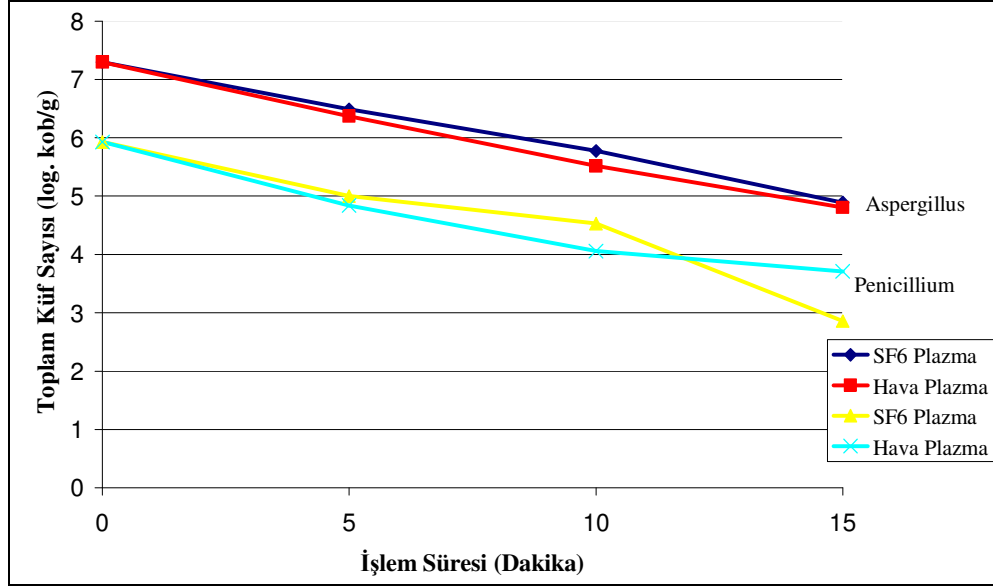
Penicillium bulaştırılmış örneklerde SF₆ ve hava plazma uygulaması karşılaştırıldığında hava plazmanın etkinliğinin SF₆ plazmadan daha yüksek olduğu görülmektedir. 5 dakika hava plazma uygulaması sonrasında küf sayısındaki azalma ile 10 dakika SF₆ plazma uygulaması sonrasında küf sayısındaki azalma arasındaki fark istatistikî açıdan önemsizdir (p>0,01).

Fasulyede Aspergillus ve Penicillium için yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir

Çizelge 4.3. Farklı plazma uygulamalarının fasulye örneklerinde küf sayısı üzerine etkisi

Uygulama	İşlem Süresi (dakika)	Aspergillus			Penicillium		
		Log kob/g	Log Azalma	% Azalma	Log kob/g	Log Azalma	% Azalma
İşlem Görmemiş	0	7,30±0,01 ^{7*}	-	-	5,93±0,01 ^{7*}	-	-
SF6 Plazma	5	6,49±0,02 ⁶	0,81 ^{a*}	84,34	5,00±0,02 ⁶	0,93 ^{b*}	88,23
SF6 Plazma	10	5,78±0,01 ⁴	1,52 ^c	96,96	4,53±0,02 ⁴	1,40 ^d	96,00
SF6 Plazma	15	4,89±0,01 ²	2,41 ⁱ	99,60	2,86±0,02 ¹	3,07 ^k	99,91
Hava Plazma	5	6,37±0,01 ⁵	0,92 ^b	88,08	4,84±0,01 ⁵	1,09 ^c	91,88
Hava Plazma	10	5,52±0,02 ³	1,78 ^f	98,33	4,06±0,02 ³	1,87 ^g	98,66
Hava Plazma	15	4,81±0,02 ¹	2,49 ^j	99,68	3,71±0,01 ²	2,22 ^h	99,39

*: Aynı sütundaki farklı rakamlar farklı plazma gazları ve süreler arasındaki istatistiksel farkı, log azalma sütunlarındaki farklı harfler ise farklı cins küfler –süreler-gazlar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01) n=3



Şekil 4.4. Farklı plazma uygulamalarının fasulye örneklerinde küf sayısına etkisi

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.4 incelendiğinde uygulama süresine paralel olarak plazmanın etkinliği de artmaktadır. Küf sayısındaki azalma; Aspergillus bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika SF₆ Plazma uygulanan örneklerde 0,81–2,41 log arasında, Aspergillus bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde 0,92–2,49 log arasında, Penicillium bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanan örneklerde 0,93–3,07 log arasında, Penicillium bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde 1,09–2,22 log arasında değişmiştir.

Aspergillus bulaştırılmış örneklerde hava ve SF₆ plazma uygulaması karşılaştırıldığında hava plazmanın etkinliğinin SF₆ plazmadan istatistikî olarak daha yüksek olduğu görülmektedir (p<0,01) .

Penicillium bulaştırılmış örneklerde SF₆ ve hava plazma uygulaması karşılaştırıldığında istatistikî olarak 10 dakikaya kadar hava plazmanın etkinliğinin daha yüksek olduğu (p<0,01), 15 dakika sonrasında ise SF₆ plazmanın etkinliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir (p<0,01).

Genel olarak bakıldığında; buğday ve fasulye örneklerinde plazma uygulamasının hem plazma çeşidi hem de uygulama süresi açısından farklı iki küf cinsi Aspergillus

ve Penicillium üzerindeki etkinliği arasındaki farkın istatistikî açıdan önemsiz olduğu görülmektedir ($p>0,01$). Bu nedenle çalışma sonuçlarına göre plazma uygulaması sonrasında cinse bağlı olmaksızın küflerin inaktivasyonu sağlanabilmektedir.

Plazmanın küfler üzerinde oluşturduğu inaktivasyonda etkili etmenler birkaç başlık altında toplanabilmektedir. Birinci olarak, plazma sisteminde oluşan serbest radikallerin hububat ve baklagil kökenli tohumlar üzerinde gelişmiş olan mikroorganizmaların doğal savunma sistemini hızlıca etkisiz hale getirerek onları yok etmiş olabileceği ifade edilmektedir. Kong ve Laroussi (2003) 'e göre plazma kolaylıkla bir metreküp hacimde beşyüz milyarın üzerinde serbest radikal üretebilir. Bu miktarda serbest radikal plazma sisteminin etkili bir dekontaminasyon aracı olmasını sağlamaktadır. İkinci etki olarak mikroorganizmaların hücre zarları plazmaya maruz kaldığı zaman, hücrenin dış yüzeyine çarpan ve hücre zarındaki yüzey gerilimini yok edebilecek elektrostatik güce sahip yüklü parçacıklar yüzünden parçalanmış olabilir (Kong ve Laroussi, 2003). Üçüncü etki olarak plazma uygulamasının ultraviyole ışığın (UV) da içinde bulunduğu elektromanyetik radyasyon üretmesi (Kong ve Laroussi, 2003; Messerer vd., 2005; Laroussi vd., 2003) ileri sürülebilir. Oluşan ultraviyole ışığın mikroorganizmanın DNA'sında oluşturduğu hasar sonucu mikroorganizmaların ölmesi sağlanmış olabilir (Kong ve Laroussi, 2003).

Sonuç olarak plazma sisteminde oluşan iyon, elektron, nötr atom, serbest radikal ve UV'nin ortak etkisi sonucu küflerin inaktivasyonunun sağlandığı sonucuna varılmıştır.

4.1.4. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı Sonuçları

Farklı plazma uygulamalarının TAMB sayımı sonuçları üzerine etkisi Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de verilmiştir

Çizelge 4.4. Farklı plazma uygulamalarının buğday örneklerinde TAMB sayısı üzerine etkisi

Uygulama	İşlem Süresi (Dakika)	Log kob/g	Log Azalma	% Azalma
İşlem Görmemiş	0	6,30±0,12 ^{3*}	-	-
SF6 Plazma	5	5,61±0,05 ²	0,69	79,50
SF6 Plazma	10	5,57±0,02 ²	0,73	81,50
SF6 Plazma	15	5,34±0,11 ¹	0,96	89,00
Hava Plazma	5	5,58±0,02 ²	0,72	81,00
Hava Plazma	10	5,54±0,04 ²	0,76	82,50
Hava Plazma	15	5,26±0,07 ¹	1,05	91,00

*: Aynı sütündeki farklı rakamlar farklı plazma gazları ve süreler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01) n=3

Çizelge 4.5. Farklı plazma uygulamalarının fasulye örneklerinde TAMB sayısı üzerine etkisi

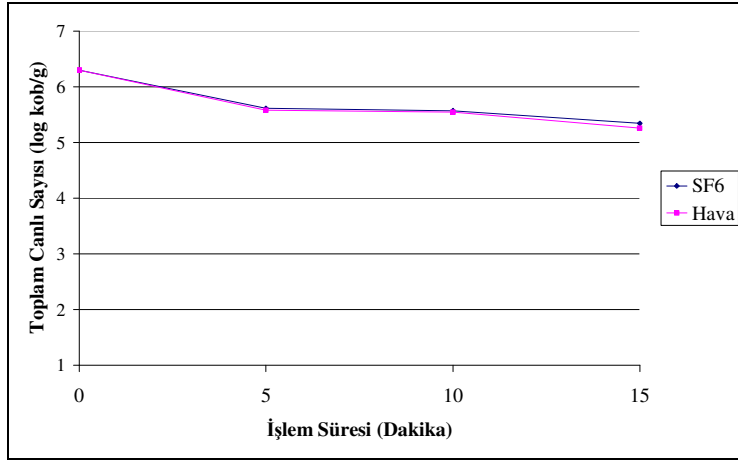
Uygulama	İşlem Süresi (Dakika)	Log kob/g	Log Azalma	% Azalma
İşlem Görmemiş	0	6,64±0,03 ^{4*}	-	-
SF6 Plazma	5	5,95±0,02 ³	0,69	79,77
SF6 Plazma	10	5,91±0,02 ³	0,73	81,59
SF6 Plazma	15	5,52±0,02 ²	1,12	92,50
Hava Plazma	5	5,92±0,04 ³	0,72	80,90
Hava Plazma	10	5,90±0,02 ³	0,74	81,82
Hava Plazma	15	5,45±0,02 ¹	1,20	93,63

*: Aynı sütündeki farklı rakamlar farklı plazma gazları ve süreler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01) n=3

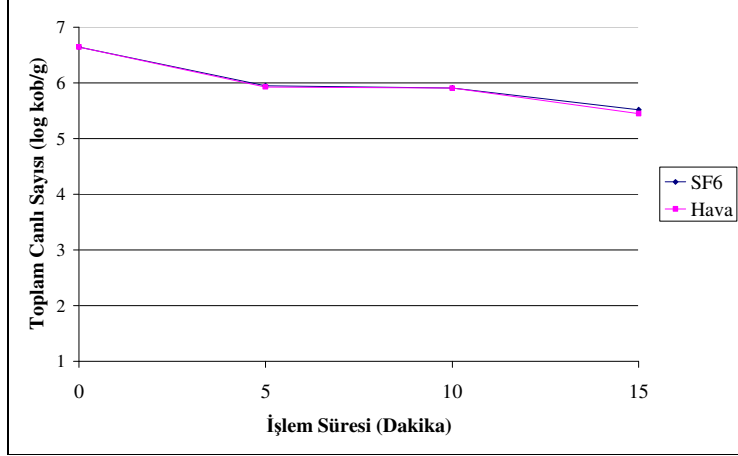
Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5 incelendiğinde plazma uygulaması sonrasında TAMB sayısında belirli oranda azalma gerçekleştiği görülmektedir. Buğday örneklerinde 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulaması sonrasında 0,69–0,96 log arasında, 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulaması sonrasında 0,72–1,05 log arasında azalma gerçekleşmiştir. Fasulye örneklerinde ise 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulaması sonrasında 0,69–1,12 log arasında, 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde ise 0,72–1,20 log arasında azalma gerçekleşmiştir. Plazma uygulamasındaki işlem süresinin TAMB sayısındaki azalmaya olan etkisine

baktığımızda, süreyle orantılı olarak TAMB sayısının azaldığı görülmektedir. Ancak buğday ve fasulye örneklerinin her ikisi için 5 dakika plazma uygulaması ve 10 dakika plazma uygulaması yaklaşık aynı oranda etkinlik gösterirken, 15 dakika uygulama sonrasında plazmanın etkinliği daha da artmıştır. İstatistiki açıdan karşılaştırıldığında buğday ve fasulye örneklerinin her ikisi için 5 dakika plazma uygulaması ve 10 dakika plazma uygulaması arasındaki fark önemsizken ($p>0,01$), 15 dakika uygulama ile 10–15 dakika uygulama arasındaki fark önemlidir ($p<0,01$).

Buğday örneğinde hava gazı ($N_2 - O_2$ karışımı) ve SF_6 gazı kullanılarak yapılan plazma uygulaması aynı oranda etki göstermiştir. Fasulye örneğinde ise 5 ve 10 dakika uygulanan SF_6 ve hava gazı arasında istatistikî açıdan bir farklılık görülmezken ($p>0,01$), 15 dakika hava plazma uygulaması 15 dakika SF_6 plazma uygulamasından daha fazla etkinlik göstermiştir ($p<0,01$).



Şekil 4.5. Farklı sürelerde plazma uygulamasının buğday örneklerinde TAMB sayısına etkisi



Şekil 4.6. Farklı sürelerde plazma uygulamasının fasulye örneklerinde TAMB sayısına etkisi

TAMB sayımı sonuçlarını, küf sayımı sonuçlarıyla karşılaştırdığımızda; TAMB sayısındaki azalmanın daha düşük olduğu ve farkın istatistikî olarak önemli olduğu görülmektedir ($p < 0,01$). Bu durum örneklerde gelişmiş olabilecek sporlu bakterilerin inaktivasyonun daha güç olması ve daha fazla uygulama zamanı gerektirmesinden ve/veya küf ve bakteri hücrelerinin yapısal farklılığından kaynaklanabilir.

Park vd. (2003) dört farklı bakteri ve iki farklı küf türü (*Aspergillus* ve *Penicillium*) üzerine 2.45 GHz, 1 kW 'da çalışan Argon plazmanın etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında türe bağlı olmaksızın bütün bakterilerin 20 saniye ve bütün küflerin 1 saniye içerisinde tamamen sterilize edilebileceğini tespit etmişlerdir. Küf ve bakterilerin sterilizasyon süreleri arasındaki bu farkın hücre duvarları arasındaki yapısal farklılıktan kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Bu çalışmada da olduğu gibi yapılan çalışmada küfler bakterilerden daha kısa sürede inhibe edilmiştir. Ancak bizim çalışmamızda kullanılan plazma sisteminin çalışma koşullarının farklı olması (1 kHz, 15000 Volt) sebebiyle, bakteri ve küfler bu çalışmadan daha uzun sürede inhibe edilebilmiştir.

4.2. Çimlenme Denemesi Sonuçları

Çimlenme denemesi için buğday tohumu kullanılmıştır. Çimlenme denemesi öncelikle küfsüz örneklerde yapılmıştır. Küfsüz örneklerin bir kısmı doğrudan, bir kısmı ise 5, 10 ve 15 dakika SF₆ ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulandıktan sonra çimlendirilmiştir. Küfsüz örneklerde çimlenme denemesi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Küfsüz örneklerde çimlenme denemesi sonuçları (ortalama sürgün boyu (cm))

GÜN	Kontrol 1	SF6 Plazma Uygulaması			Hava Plazma Uygulaması		
		5 dk. 4(5)*	10 dk. 3(4)	15 dk. 1(2)	5 dk. 5	10 dk. 4(5)	15 dk. 2(3)
1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
2	0,40±0,29	0,99±0,78	0,84±0,58	0,72±0,56	1,14±0,75	1,07±0,73	0,90±0,66
3	1,29±0,62	1,96±1,28	1,69±1,04	1,45±1,12	2,24±1,37	2,17±1,47	1,95±1,26
4	3,07±1,27	3,75±1,98	3,47±1,91	3,01±2,09	4,15±2,25	3,80±2,30	3,20±1,95
5	4,00±1,55	4,85±2,32	4,40±2,33	3,90±2,57	5,65±2,96	5,45±3,29	4,95±3,10
6	5,65±1,08	7,30±2,56	7,25±2,49	6,20±3,33	7,95±3,39	7,60±4,03	6,45±3,83

*: Aynı satırdaki farklı rakamlar işlemler arası istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01)

Çizelge 4.6 incelendiğinde küfsüz örneklerde yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu; işlem görmemiş örneklerde 8,02 cm; 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 10,58, 10,08 ve 8,55 cm; 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 11,40, 10,60 ve 8,85 cm'dir. İşlem görmemiş ve plazma uygulanmış örneklerde istatistikî açıdan fark bulunmaktadır (p>0,01). Tüm plazma uygulamalarında kontrole göre sürgün boyunda artış görülmüştür. En yüksek artış 5 dakika plazma uygulamasında görülmüş; 10 ve 15 dakikada 5 dakika uygulamaya göre düşüş gözlemlenmiştir. Ortalama sürgün boyu; çimlenen tohumların sürgün boyları toplamının tohum sayısına (tohum sayısı:10) bölünmesiyle bulunduğu için çimlenme oranını da ifade etmektedir. Çalışmalar sırasında 5 dakikadan sonra sistemde ısınma ve tohumların yüzeyinde kararma gözlemlenmiştir. 5 dakika sonrasında ortalama sürgün boyunda görülen bu düşüş plazma sisteminde oluşan iyon, elektron, nötr parçacıklar ve serbest radikallerin hızlı hareketi sonucunda belirli bir süreden sonra sistemde görülen ısınma sonucunda tohumların canlılığını kaybetmesinden kaynaklanabilir.

Hava plazma ve SF₆ plazma birbiri ile kıyaslandığında ise, istatistik açıdan hava plazma uygulanan tohumların çim boylarının SF₆ plazma uygulanan tohumların çim boylarından daha yüksek olduğu ve hava plazma uygulanan tohumların çim boyları ile SF₆ plazma uygulanan tohumların çim boyları arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli olduğu görülmektedir (p<0,01).

Volin vd. (2000) çalışmalarında anilin ve hidrazin plazma uygulanmış soya fasulyesi ve mısır tohumlarının çimlenme oranlarında artma tespit etmişlerdir.

Çimlenme denemesi küflü kontrol ve plazma uygulanmış küflü örneklerde tekrar yapılmıştır. Aspergillus ve Penicilium bulaştırılmış örneklerde çimlenme denemesi sonuçları Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Aspergillus bulaştırılmış örneklerde çimlenme denemesi sonuçları (ortalama sürgün boyu (cm))

GÜN	Kontrol 1	SF6 Plazma Uygulaması			Hava Plazma Uygulaması		
		5 dak. 1(2)	10 dak. 1(2)	15 dak. 1(2)	5 dak. 3	10 dak. 2(3)	15 dak. 1(2)
1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
2	0,00±0,00	0,10±0,21	0,05±0,16	0,15±0,24	0,53±0,40	0,27±0,36	0,04±0,08
3	0,05±0,16	0,43±0,54	0,26±0,31	0,28±0,42	1,85±1,18	1,08±1,30	0,10±0,18
4	0,20±0,24	1,08±1,25	0,69±0,76	0,53±0,77	3,77±2,60	2,35±1,67	0,49±0,68
5	0,32±0,44	1,40±1,61	0,90±0,99	0,65±0,94	4,62±3,01	2,88±1,89	0,89±1,32
6	0,57±0,87	2,95±2,81	1,85±2,31	1,30±1,90	6,32±3,90	3,93±2,40	1,70±2,72
7	0,69±1,08	4,25±3,70	2,65±3,42	1,85±2,79	7,17±4,37	4,45±2,66	2,10±3,43

*: Aynı satırdaki farklı rakamlar işlemler arası istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01)

Çizelge 4.8. Penicillium bulaştırılmış örneklerde çimlenme denemesi sonuçları (ortalama sürgün boyu (cm))

GÜN	Kontrol 1	SF6 Plazma Uygulaması			Hava Plazma Uygulaması		
		5 dak. 1(2)	10 dak. 1(2)	15 dak. 1	5 dak. 2	10 dak. 1(2)	15 dak. 1
1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
2	0,00±0,00	0,10±0,32	0,15±0,24	0,02±0,06	0,40±0,44	0,09±0,28	0,05±0,16
3	0,35±0,27	0,53±0,52	0,56±0,69	0,34±0,32	1,80±1,58	0,45±0,96	0,27±0,44
4	1,05±0,81	1,38±1,09	1,39±1,59	0,98±0,88	3,95±2,95	1,61±2,45	0,86±1,26
5	1,40±1,07	1,80±1,40	1,80±2,04	1,30±1,16	4,93±3,38	2,55±2,95	1,42±1,70
6	3,20±2,35	3,75±2,67	3,60±3,03	2,50±2,44	6,88±4,34	4,42±4,00	2,54±2,67
7	5,30±3,28	5,55±3,38	5,30±4,15	3,85±3,46	7,85±4,84	5,35±4,53	3,10±3,17

Aynı satırdaki farklı rakamlar işlemler arası istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01)

Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8 incelendiğinde küflü örneklerin çimlenme kapasitesi Çizelge 4.6'da görülen küfsüz örneklere göre düşmüştür. Twiddy (1999) tarafından da bildirildiği gibi küf gelişimi tohumun embriyo kısmında başlamakta ve buradan endosperme yayılmaktadır. Bu sebeple bu sonuç beklenen bir sonuçtur. Birçok önemli depo küfü özellikle tohumun embriyo kısmını istila etmeleri nedeniyle tohumun çimlenme kapasitesini hızlı bir şekilde azaltmaktadır.

Aspergillus bulaştırılmış buğday örneklerinde yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu (Çizelge 4.7) işlem görmemiş örneklerde 0,69 cm; 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 4,25, 2,65 ve 1,85 cm; 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 7,17, 4,45 ve 2,10 cm'dir.

Penicillium bulaştırılmış buğday örneklerinde yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu ise (Çizelge 4.8) işlem görmemiş örneklerde 5,30 cm, 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 5,55, 5,30 ve 3,85 cm; 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 7,85, 5,35 ve 3,10 cm'dir.

Plazma uygulaması sonrası küf yükü azaltılmış örneklerde sonuçlar incelendiğinde küflü kontrole göre çimlenme oranının arttığı ancak küfsüz kontrole göre çimlenme oranının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuç bize plazma uygulaması

sonrası küf yükü azaltılsa bile örnekte küf yükü azaltılmadan önce bulunan küfün tohumun çimlenme kapasitesini hızla düşürdüğünü göstermektedir.

Farklı sürelerde plazma uygulanmış küflü örneklerle baktığımızda ise tüm plazma uygulamalarında kontrole göre sürgün boyunda artış görülmüştür. En yüksek artış 5 dakika plazma uygulamasında görülmüş; 10 ve 15 dakikada 5 dakika uygulamaya göre düşüş gözlemlenmiştir.

4.3. Ultraviole Radyasyon (UV) Uygulaması ile Plazma Uygulamasının Karşılaştırılması

4.3.1. Aspergillus ve Penicillium Cinslerinde Küf Sayımı Sonuçları

Buğday ve fasulye tohumlarında Aspergillus ve Penicillium için yapılan UV uygulaması sonuçları Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Buğday örneklerinde UV uygulamasının Aspergillus ve Penicillium sayısı üzerine etkisi

Uygulama	İşlem Süresi (dakika)	Aspergillus			Penicillium		
		Log. kob/g	Log. Azalma	% Azalma	Log. kob/g	Log. Azalma	% Azalma
İşlem Görmemiş	0	5,80±0,06 ^{3*}	-	-	6,38±0,01 ^{4*}	-	-
UV	5	5,24±0,01 ²	0,56 ^{b*}	72,38	6,04±0,01 ³	0,34 ^{a*}	54,36
UV	10	5,06±0,02 ¹	0,74 ^c	81,90	5,85±0,02 ²	0,53 ^b	70,54
UV	15	5,00±0,02 ¹	0,80 ^c	83,97	5,69±0,03 ¹	0,69 ^c	79,67

*: Aynı sütundaki farklı rakamlar farklı süreler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. Logaritmik azalma sütunlarındaki farklı harfler Aspergillus, Penicillium küfleri ve süreler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.(p<0,01) n=3

Çizelge 4.10. Fasulye örneklerinde UV uygulamasının aspergillus ve penicillium sayısı üzerine etkisi

Uygulama	İşlem Süresi (dakika)	Aspergillus			Penicillium		
		Log kob/g	Log Azalma	% Azalma	Log kob/g	Log Azalma	% Azalma
İşlem Görmemiş	0	6,11±0,02 ^{4*}	-	-	7,51±0,04 ^{4*}	-	-
UV	5	5,73±0,03 ³	0,38 ^{a*}	58,14	7,18±0,01 ³	0,33 ^{a*}	52,81
UV	10	5,54±0,07 ²	0,57 ^{b(c)}	72,87	7,02±0,01 ²	0,48 ^b	67,18
UV	15	5,37±0,01 ¹	0,74 ^d	81,86	6,89±0,01 ¹	0,62 ^c	75,94

*: Aynı sütundaki farklı rakamlar farklı süreler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. Logaritmik azalma sütunlarındaki farklı harfler Aspergillus, Penicillium küfleri ve süreler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01) n=3

Çalışma sonuçlarına göre UV uygulaması sonrasında küf sayısında belli oranda azalma saptanmıştır. Farklı sürelerde UV uygulaması sonrasında işlem süresine paralel olarak küf sayısında belli oranda azalma görülmektedir. 5, 10 ve 15 dakika UV uygulaması sonrasında küf sayısındaki azalma, Aspergillus bulaştırılmış buğday örneklerinde 0,50-0,80 log arasında, Penicillium bulaştırılmış buğday örneklerinde 0,34-0,69 log arasında, Aspergillus bulaştırılmış fasulye örneklerinde 0,38-0,74 log arasında, Penicillium bulaştırılmış fasulye örneklerinde 0,33-0,62 log arasında değişmektedir.

Genel olarak bakıldığında; buğday ve fasulye örneklerinde UV uygulamasının Aspergillus ve Penicillium üzerindeki etkinliği arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli olduğu (p<0,01) ve Aspergillustaki düşüşün Penicillium'dan daha fazla olduğu görülmektedir.

UV çalışması sonuçları istatistikî olarak plazma uygulaması sonrasında bulunan sonuçlarla karşılaştırıldığında plazma uygulamasın küflerin inaktivasyonunda daha etkili olduğunu göstermektedir.

4.3.2. Çimlenme Denemesi Sonuçları

Çimlenme denemesi için buğday tohumu kullanılmıştır. Küfsüz örneklerin bir kısmı doğrudan, bir kısmı ise 5, 10 ve 15 dakika UV uygulandıktan sonra çimlendirilmiştir. Küfsüz örneklerde çimlenme denemesi sonuçları Çizelge 4.11' de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Küfsüz örneklerde UV uygulamasının sürgün boyuna etkisi (cm)

GÜN	Kontrol ^{1*}	5 dak. UV ¹	10 dak. UV ¹	15 dak. UV ¹
1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
2	0,46±0,22	0,45±0,24	0,48±0,25	0,46±0,22
3	1,36±0,50	1,38±0,58	1,28±0,57	1,34±0,54
4	2,64±1,00	2,66±1,02	2,58±1,12	2,62±1,04
5	4,34±1,70	4,30±1,70	4,26±1,85	4,32±1,73
6	5,42±1,77	5,44±1,78	5,20±2,13	5,34±1,89
7	8,14±2,57	8,12±2,57	7,80±3,09	8,04±2,69

* : Aynı satırdaki farklı rakamlar işlemler arası istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01)

Çizelge incelendiğinde yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu işlem görmemiş örneklerde 8,14 cm; 5, 10 ve 15 dakika UV uygulanmış örneklerde ise sırasıyla 8,12, 7,80 ve 8,04 cm 'dir. UV uygulanmış örneklerle işlem görmemiş örneklerin ortalama sürgün boyları arasındaki fark istatistikî açıdan önemsizdir (p>0,01). Plazma uygulaması ile karşılaştırdığımızda; plazma uygulaması sonrasında çim boyunda gözlemlenen artış UV uygulamasında bulunmamaktadır.

Çimlenme denemesi küflü kontrol ve UV uygulaması yapılmış küflü örneklerde de yapılmıştır. Küflü örneklerin bir kısmı doğrudan, bir kısmı ise 5, 10 ve 15 dakika UV uygulandıktan sonra çimlendirilmiştir. Küflü örneklerde çimlenme denemesi sonuçları Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Aspergillus bulaştırılmış örneklerde UV uygulamasının sürgün boyuna etkisi (cm)

GÜN	Kontrol ^{1*}	5 dak. UV ¹	10 dak. UV ¹	15 dak. UV ¹
1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
2	0,26±0,25	0,26±0,24	0,24±0,23	0,27±0,28
3	0,78±0,76	0,80±0,73	0,79±0,69	0,81±0,72
4	1,68±1,41	1,72±1,37	1,74±1,33	1,76±1,31
5	2,84±2,32	2,94±2,26	2,96±2,22	3,00±2,17
6	3,48±2,73	3,62±2,66	3,60±2,55	3,66±2,47
7	5,52±3,90	5,66±3,78	5,72±3,71	5,68±3,70

*: Aynı satırdaki farklı rakamlar işlemler arası istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01)

Çizelge 4.13. Penicillium bulaştırılmış örneklerde UV uygulamasının sürgün boyuna etkisi (cm)

GÜN	Kontrol ^{1*}	5 dak. UV ¹	10 dak. UV ¹	15 dak. UV ¹
1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
2	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
3	0,48±0,60	0,46±0,62	0,51±0,57	0,53±0,58
4	1,23±1,28	1,28±1,36	1,34±1,35	1,36±1,34
5	2,27±2,03	2,32±2,10	2,30±2,10	2,32±2,09
6	3,20±2,71	3,16±2,72	3,24±2,76	3,32±2,73
7	5,14±3,70	5,02±3,71	5,10±3,68	5,26±3,71

*: Aynı satırdaki farklı rakamlar işlemler arası istatistiksel farkı göstermektedir. (p<0,01)

Çizelge incelendiğinde yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu; Aspergillus bulaştırılmış işlem görmemiş örneklerde 5,52 cm; Aspergillus bulaştırılmış 5, 10 ve 15 dakika UV uygulanmış örneklerde sırasıyla 5,66, 5,72 ve 5,68 cm, Penicillium bulaştırılmış işlem görmemiş örneklerde 5,14 cm, Penicillium bulaştırılmış 5, 10 ve 15 dakika UV uygulanmış örneklerde sırasıyla 5,02, 5,10 ve 5,26 cm'dır.

Sonuçlara göre küflü kontrolde ve UV uygulanmış küflü örneklerde, küfsüz örneklere göre çim boyunda önemli azalma saptanmıştır. UV uygulaması yapılmış küflü örneklerle, küflü kontrolün ortalama sürgün boyları arasındaki fark ise istatistikî açıdan önemsizdir (p>0.01). UV uygulaması sonrasında küf sayısında görülen belirli orandaki azalmaya rağmen, işlem görmemiş küflü kontrole göre çimlenme oranında önemli bir değişimin gözlenmemesi, inaktive edilemeyen küflerin yayılarak çimlenme kapasitesini olumsuz etkilemesine bağlanabilir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada tarım endüstrisinde en büyük üretim payına sahip hububat ve baklagillerde kayıplara sebep olan küflerin, plazma sistemi kullanılarak inaktivasyonu sağlanmaya çalışılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

- Yapılan ilk çalışmada plazma sisteminin farklı hububat ve baklagil tanelerinde gelişen küfler üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Küf sayısında; buğdayda 2,64 log, fasulyede 2,39 log, arpada 1,47 log, yulafta 1,18 log, mercimekte 0,85 log, çavdarda 0,65 log, mısırdaki 0,52 log, nohutta 0,48 log azalma saptanmıştır.

- Çalışmanın ikinci aşamasında hububat ve baklagillerde depolama aşamasında en yaygın olarak gelişen *Aspergillus* ve *Penicillium* üzerine plazmanın etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla hububatlardan buğday, baklagillerden ise fasulye temsili olarak seçilmiştir. Buğday örneklerinde küf sayısında azalma; *Aspergillus* bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika SF₆ Plazma uygulanan örneklerde 1,80-2,56 log arasında, *Aspergillus* bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde 2,09-2,36 log arasında, *Penicillium* bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanan örneklerde 1,16-1,98 log arasında, *Penicillium* bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde 1,54-2,33 log arasında değiştiği saptanmıştır. Fasulye örneklerinde küf sayısındaki azalma; *Aspergillus* bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika SF₆ Plazma uygulanan örneklerde 0,81-2,41 log arasında, *Aspergillus* bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde 0,92-2,49 log arasında, *Penicillium* bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanan örneklerde 0,93-3,07 log arasında, *Penicillium* bulaştırılmış ve 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde 1,09-2,22 log arasında değiştiği saptanmıştır. Sonuç olarak plazma uygulamasının farklı iki küf cinsi *Aspergillus* ve *Penicillium* üzerindeki etkinliği arasındaki farkın istatistikî açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir (p>0,01).

- Üçüncü aşamada plazma uygulanmış örneklerde TAMB sayımındaki azalmaya bakılmıştır. Buğday örneklerinde TAMB sayısında 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulaması sonrasında 0,69–0,96 log arasında, 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulaması sonrasında 0,72–1,05 log arasında azalma görülmüştür. Fasulye örneklerinde ise 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulaması sonrasında 0,69–1,12 log arasında, 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanan örneklerde ise 0,72–1,20 log arasında azalma görülmüştür. Küflerdeki azalmaya nazaran TAMB sayısındaki azalmanın daha az olduğu belirlenmiştir. Bu örneklerde gelişmiş olabilecek sporlu bakterilerin inaktivasyonun daha güç olması ve daha fazla uygulama zamanı gerektirmesine ve/veya küf ve bakteri hücrelerinin yapısal farklılığına bağlanabilir.

- Ürünün tohumluk olarak kullanılması durumunda plazma uygulamasının çimlenme kapasitesinde oluşturduğu etkiyi belirlemek için çimlenme denemeleri yapılmıştır. Küfsüz örneklerde yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu, işlem görmemiş örneklerde 8,02; 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 10,58–10,08–8,55; 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 11,40–10,60–8,85 ‘dir. Aspergillus bulaştırılmış buğday örneklerinde yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu, işlem görmemiş örneklerde 0,69cm; 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 4,25–2,65–1,85 cm; 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 7,17–4,45–2,10 cm’dir. Penicillium bulaştırılmış buğday örneklerinde ise yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu, işlem görmemiş örneklerde 5,30 cm; 5, 10 ve 15 dakika SF₆ plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 5,55–5,30–3,85 cm; 5, 10 ve 15 dakika hava plazma uygulanmış örneklerde sırasıyla 7,85–5,35–3,10 cm’dir.

- Son olarak mikroorganizmaların inaktivasyonunda araştırılan diğer bir yöntem olan Ultraviyole Radyasyon (UV) çalışmaları, plazma uygulamasında yapılan analizlere paralel olarak yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. 5, 10 ve 15 dakika UV uygulaması sonrasında küf sayısındaki azalma, Aspergillus bulaştırılmış buğday örneklerinde 0,50–0,80 log arasında, Penicillium bulaştırılmış buğday örneklerinde 0,34–0,69 log arasında, Aspergillus bulaştırılmış fasulye örneklerinde 0,38–0,74 log

arasında, Penicillium bulaştırılmış fasulye örneklerinde 0,33–0,62 log arasında değişmiştir.

- UV uygulanan örneklerde yapılan çimlenme denemelerinde ise UV ‘nin çimlenmeye olumlu ya da olumsuz herhangi bir etkisinin olmadığı çimlenme oranlarının yaklaşık aynı olduğu gözlenmiştir. Küfsüz örneklerde, yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu, işlem görmemiş örneklerde 8,14 cm; 5, 10 ve 15 dakika UV uygulanmış örneklerde ise sırasıyla 8,12–7,80–8,04 cm ‘dir. Küflü örneklerde yedi gün sonrasında ortalama sürgün boyu, Aspergillus bulaştırılmış işlem görmemiş örneklerde 5,52 cm; Aspergillus bulaştırılmış 5, 10 ve 15 dakika UV uygulanmış örneklerde sırasıyla 5,66–5,72–5,68 cm; Penicillium bulaştırılmış işlem görmemiş örneklerde 5,14 cm; Penicillium bulaştırılmış 5, 10 ve 15 dakika UV uygulanmış örneklerde sırasıyla 5,02–5,10–5,26 cm’dir.

Teknolojinin kullanım kolaylığı ve standardize edilebilmesi plazma uygulamalarının hububat ve baklagil kökenli tanelerde küflerin inhibisyonunda alternatif bir uygulama olarak umut vermektedir. Gelecekteki çalışmalar sistemin etkinliğinin geliştirilmesi ve bu sistemin endüstrideki kullanıma uygun hale getirilmesi üzerine yoğunlaşmalıdır. Sistemin hububat ve baklagil işleyen fabrikaların işleyiş protokolüne entegre edilmesi düşünülebilir. Böyle bir sistemin sanayide kullanımı, depolamada küf gelişiminden dolayı görülen ürün kayıpları azaltacaktır. Ayrıca ürünün tohumluk olarak kullanılması durumunda çimlenmeyi artırmak amacıyla kullanılması söz konusu olabilir.

6. KAYNAKLAR

- Abramson, D., 1991. Development of Molds, Mycotoxins and Odors in Moist Cereals During Storage. Ln: Cereal Grain Mycotoxins, fungi and Quality in Drying and Storage. (Chelkowski, J., -eds) Elsevier Science Publishing Company, pp.119-142, Netherlands.
- Anonim, 2000. Coalition for Plasma Science Web Site. What is plasma. <http://www.plasmacoalition.org/what.htm>. Erişim Tarihi: 30.03.2007.
- Anonim, 2001. Tarimsal Yapı (Üretim, Fiyat, Deger), DIE, Ankara.
- Anonim, 2002. University of Illinois Report On Plant Disease. Rots and germ damage of small grains in storage. Rpd No. 119 <http://www.aces.uiuc.edu/vista/abstracts/a119.html>. Erişim Tarihi: 18.08.2005.
- Anonim, 2006a. T.C Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi (İGEME) Hububat Raporu.
- Anonim, 2006b. T.C Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi (İGEME) Bakliyat Raporu.
- Anonim, 2006c. <http://www.mycology.adelaide.edu.au>. Erişim Tarihi: 28.03.2007.
- Anonim, 2007a. Türkiye İstatistik Kurumu Web Sayfası <http://www.tuik.gov.tr>. Erişim Tarihi: 15.06.2007.
- Anonim, 2007b. <http://129.215.156.68/Images/spores.htm>. Erişim Tarihi: 28.03.2007.
- Bonizzoni, G., Vassallo, E., 2002. Plasma physics and technology; industrial applications. Vacuum, 64(3-4), 327-336.
- Bullerman, L.B., 2003. Fungi in Food-An Overview. Elsevier Science, 5511-5522.
- Daniels, S.L., Laroussi, M., Bebe, S.J., 2002. On the ionization of air for removal of noxious effluvia (air ionization of air indoor environments for control of volatile and particulate contaminants with nonthermal plasmas generated by dielectric- barrier discharge. IEEE Transaction on Plasma Science, 30(4), pp. 1471-1481.
- Denes, A.R., Somers, E. B., Denes, F. S., Wong, A.C.L., 1998. Cold plasma induced modification of stainless steel surfaces to reduce bacterial biofilm deposition. <http://www.wisc.edu/fri/annrpt/biofilm98.pdf>. Erişim Tarihi: 17.08.2005.
- Eğriçayır, S., 1985. Tohum Patolojisinin önemi ve Yöntemleri Buğday ve Mısıır Hastalıkları Semineri, Orza Yay., Ankara, 101s.

- Frazier, W.C., Westhoff, D.C., 1988. Microorganism Important in Food Microbiology. In: Food Microbiology. McGraw-Hill, Inc, pp.17-32, NewYork.
- Göktan, D., Tunçel, G., 2001. Genel Mikrobiyoloji. Ege Üniversitesi Basımevi, 126s. İzmir.
- Halkman, K., 2005a. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık, 358s. Ankara.
- Halkman, K., 2005b. Gıdalarda bulunan mikroorganizmalar ve bulaşma kaynakları. www.mikrobiyoloji.org. Erişim Tarihi: 18.08.2006.
- Jacobs, D.R., 2001. The health relevance of whole Grain. Whole Grain and Human Health International Symposium, Technical Research Center of Finland, Organised by VTT Biotechnology The American Association of Cereal Chemists (AACC).
- Kong, M., Laroussi, M., 2003. About plasmas; Destroying biological hazards. http://www.plasmacoalition.org/plasma_writeups/destroying-biohazards.pdf. Erişim Tarihi: 16.08.2005.
- Kutlu, A.E., Mono, M., Bini, R., 2003. Plazma ile kesme metoduna genel bir bakış. Mühendis ve Makine, 46(541), 21-29.
- Kushi, L.H; Meyer, K.A.; Jacobs, D.R, 1999. Cereals, legumes and chronic disease risk reduction: evidence from epidemiologic studies. The American Journal of Clinical Nutrition, 70(suppl), 451-458.
- Kün, E., Çiftçi, Y.C., Birsin, M., Ülger, A.C., Karahan, S., Zencirci, N., Öktem, A., Güler, M., Yılmaz, N., Atak, M., 2005. Tahıl ve Yemelik Dane Baklagiller Üretimi <http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/019ekremkun.pdf>. Erişim Tarihi: 18.08.2005.
- Kyenam, L., Paek, K., Ju, W. Lee, Y.,2006. Sterilization of bacteria, yeast, and bacterial endospores by atmospheric-pressure cold plasma using helium and oxygen. The Journal of Microbiology, 44(3), 269-275.
- Laroussi, M., Mendis, D.A., Rosenberg, M., 2003. Plasma interaction with microbes. New Journal of physics Vol:5 41.1-41.10.
- Messerer, P., Halfmann, H., Czichy, M., Schulze, M., Awakowicz, P., 2005. Plasma sterilisation and surface modification of thermolabile materials. www.aept.ruhr-unibochum.de/downloads/sterimed/20050214000200_sterifood_paper_OC_Paper.pdf. Erişim Tarihi: 16.08.2005.

- Monna, V., Nguyen, C., Kahil, M., Ricard, A., Sixou, M., Laroussi, M., Beebe, S.J., 2002. Sterilization of dental bacteria in a flowing N2-O2 postdischarge reactor. *IEEE Transaction on Plasma Science*, 30(4), pp. 1437-1439.
- Muir, W. E., White N. D. G., 1996. Microorganisms in stored grain. <http://sci.agr.ca/winnipeg/storage/pubs/presbios/chap04rf.pdf>. Erişim Tarihi: 12.09.2005.
- Nagatsu, M., Terashita, F., Koide, Y., 2003. Low temperature sterilisation with surface-wave-excited oxygen plasma. *Japanese Journal of Applied Physics*, 42 (7B), 856-859.
- Öner, M., 2001. Genel Mikrobiyoloji. Ege Üniversitesi Basımevi, No:4, 99s. İzmir.
- Özçelik, S., 2004. Gıda Mikrobiyolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 6, Ders Kitapları No: 6, 206s. Isparta.
- Özçelik, S. 1998. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulama Kılavuzu, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 7, Ders Kitapları No: 7, İkinci Basım, 135 s Isparta.
- Özkaya, F., Kuleşan, H., 2000. Maya ve Küf. Ln: Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları (Akçelik, M., Ayhan, K., Çakır, İ., Doğan, H.B., Gürgün, V., Halkman, A.K., Kaleli, D., Kuleşan, H., Özkaya, D.F., Tunail, N., Tükel, Ç., -eds), Sim Matbaacılık, 229-230, Ankara.
- Özkaya, Ş., Temiz, A., 2003. Aflatoxinler: Kimyasal yapıları, toksisiteleri ve detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 01(01), 1-21.
- Panikov, N. S., Paduraru, S., Crowe, R., Ricatto, P. J., Christodoulatos, C., Becker, K., Laroussi, M., Bebe, S.J., 2002. Destruction of *Bacillus subtilis* cells using an atmospheric-pressure capillary plasma electrode discharge. *IEEE Transaction on Plasma Science*, 30(4), pp. 1424-1428.
- Park, B.J., Takatori, K., Konishi, Y.S., Kim, I., Lee, M., Han, D., Chung, K., Hyun, S.O., Park, J., 2007. Degradation of mycotoxins using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure. *Surface and Coating Technology*, 201(9-11), 5733-5737.
- Park, B.J., Lee, D.H., Park, J., Lee, I., Lee, K., Hyun, S.O., Chun, M., Chung, K., 2003. Sterilization using a microwave-induced argon plasma system at atmospheric pressure. *Physics of Plasmas*, 10(11), 4539-4544.
- Pekşen, E., Artık, C., 2005. Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 110-120.
- Pomeranz, Y., 1978. *Advances in Cereal Science and Technology*. American association of Cereal Chemists, Inc, No.11, 260s, USA.

- Seçer, E., İç, E., 2003. Kuru üzümelerde küflenmeye neden olan *Aspergillus Niger* van Tieghem'e gama ışınlamasının etkisi.
http://kutuphane.taek.gov.tr/internet_tarama/dosyalar/cd/4115/pdf/121.pdf.
Erişim Tarihi: 17.10.2006.
- Schmidt, J., D'Amico, G., Meixler, L., 2003. Princeton Plasma Physics Laboratory Researchers Study Plasma Sterilisation
http://www.pppl.gov/publications/pics/pppl_digest_steriliz_1003.pdf. Erişim Tarihi: 15.08.2005.
- Twiddy, D.R., 1999. Spoilage of Plant Products/Cereals and Cereal Flours. Ln: Encyclopedia of Food Microbiology. (Robinson, R.K., Batt C.A., Patel, P., - eds.) Elsevier Academic Press, 2045-2050, UK.
- Ünlütürk, A. Turantaş, F., Acar, J., Karapınar, M., Temiz, A., Aktuğ Gönül, Ş., ve Tuncel, G., 1999. Gıda Mikrobiyolojisi. Mengi Tan Basımevi, 598s. İzmir.
- Ünlütürk, A., Turantaş, F., 2002. Gıdaların Mikrobiyolojik Analizi. Meta Basım Matbaacılık. 186s. Bornova-İZMİR.
- Weidenbörner, M., Kunz, B., 1993. The mycoflora of stored cereal grains. Med. Fac Landbouww. 58/3b, 1993. Niv. Gent.
- Wintenberg, K., Gilbert, C., South, S., Wintenberg, A., 2006. Q-415 treatment of bulbs with atmospheric plasma. Poster presentation at the 106th general meeting of the American Society for microbiology in Orlando, Florida.
www.atmosphericglow.com/PDFs/ASMBulbPoster.pdf. Erişim Tarihi: 16.08.2005.
- Vickery, K., Deva, A. K., Zou, J., Kumaradeva, P., Bissett, L., Cossart, Y. E., 2006. The Journal of Hospital Infection, 41(4), pp. 317-322.
- Volin, J.C., Denes, F.S., Young, R.A., Park, S.M.T., 2000. Modification of seed germination performance through cold plasma chemistry technology. Crop Science 40, pp. 1706-1718.

EKLER - İSTATİSTİKSEL TABLOLAR

Ek 1. Plazma Uygulamasının Toplam Küf Sayımı (log kob/g) Üzerine Etkisi

Ornek	N	Güven Düzeyi=%99						
		1	2	3	4	5	6	7
Nohut	3	,48						
Misir	3	,51						
Cavdar	3		,65					
Mercimek	3			,84				
Yulaf	3				1,18			
Arpa	3					1,47		
Fasulye	3						2,39	
Bugday	3							2,64
Sig.		,73	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ek 2. Farklı Plazma Uygulamalarının Buğday Örneklerinde Küf Sayısına Etkisi

Ek 2.a.Aspergillus

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15	3	4,78			
10	3		5,15		
5	3			5,54	
islem gormemis	3				7,34
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15	3	4,98		
10	3	4,99		
5	3		5,26	
islem gormemis	3			7,34
Sig.		,23	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
5 dak-Hava	3	5,26		
5 dak-SF6	3		5,54	
islem gormemis	3			7,34
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
10 dak-Hava	3	4,99		
10 dak-SF6	3		5,15	
islem gormemis	3			7,34
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15 dak-SF6	3	4,78		
15 dak-Hava	3		4,98	
islem gormemis	3			7,34
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99					
		1	2	3	4	5	6
15 dak-SF6	3	4,78					
15 dak-Hava	3		4,98				
10 dak-Hava	3		4,99				
10 dak-SF6	3			5,15			
5 dak-Hava	3				5,26		
5 dak-SF6	3					5,54	
islem gormemis	3						7,34
Sig.		1,00	,85	1,00	1,00	1,00	1,00

Ek 2.b. Penicillium

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15	3	4,02			
10	3		4,49		
5	3			4,85	
islem gormemis	3				6,00
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15	3	3,67			
10	3		3,81		
5	3			4,46	
islem gormemis	3				6,00
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
5 dak-Hava	3	4,46		
5 dak-SF6	3		4,85	
islem gormemis	3			6,00
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
10 dak-Hava	3	3,81		
10 dak-SF6	3		4,49	
islem gormemis	3			6,00
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15 dak-Hava	3	3,67		
15 dak-SF6	3		4,02	
islem gormemis	3			6,00
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99					
		1	2	3	4	5	6
15 dak-Hava	3	3,67					
10 dak-Hava	3		3,81				
15 dak-SF6	3			4,02			
5 dak-Hava	3				4,46		
10 dak-SF6	3				4,49		
5 dak-SF6	3					4,85	
islem gormemis	3						6,00
Sig.		1,00	1,00	1,00	,30	1,00	1,00

Ek 2.c. Aspergillus-Penicillium Karşılaştırma

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99							
		1	2	3	4	5	6	7	8
penicillium-5 dak-SF6	3	1,16							
penicillium-10 dak-SF6	3		1,51						
penicillium-5 dak-Hava	3		1,54						
aspergillus-5 dak-SF6	3			1,80					
penicillium-15 dak-SF6	3				1,98				
aspergillus-5 dak-Hava	3					2,09			
penicillium-10 dak-Hava	3						2,19		
aspergillus-10 dak-SF6	3						2,20		
penicillium-15 dak-Hava	3							2,33	
aspergillus-10 dak-Hava	3							2,36	
aspergillus-15 dak-Hava	3							2,36	
aspergillus-15 dak-SF6	3								2,56
Sig.		1,00	,80	1,00	1,00	1,00	1,00	,70	1,00

Ek 3. Farklı Plazma Uygulamalarının Fasulye Örneklerinde Küf Sayısına Etkisi

Ek 3.a. Aspergillus

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15	3	4,89			
10	3		5,78		
5	3			6,49	
islem gormemis	3				7,30
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15	3	4,81			
10	3		5,52		
5	3			6,37	
islem gormemis	3				7,30
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
5 dak-Hava	3	6,37		
5 dak-SF6	3		6,49	
islem gormemis	3			7,30
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
10 dak-Hava	3	5,52		
10 dak-SF6	3		5,78	
islem gormemis	3			7,30
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15 dak-Hava	3	4,81		
15 dak-SF6	3		4,89	
islem gormemis	3			7,30
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99						
		1	2	3	4	5	6	7
15 dak-Hava	3	4,81						
15 dak-SF6	3		4,89					
10 dak-Hava	3			5,52				
10 dak-SF6	3				5,78			
5 dak-Hava	3					6,37		
5 dak-SF6	3						6,49	
islem gormemis	3							7,30
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ek 3.b. Penicillium

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15	3	2,86			
10	3		4,53		
5	3			5,00	
islem gormemis	3				5,93
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15	3	3,71			
10	3		4,06		
5	3			4,84	
islem gormemis	3				5,93
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
5 dak-Hava	3	4,84		
5 dak-SF6	3		5,00	
islem gormemis	3			5,93
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
10 dak-Hava	3	4,06		
10 dak-SF6	3		4,53	
islem gormemis	3			5,93
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15 dak-SF6	3	2,86		
15 dak-Hava	3		3,71	
islem gormemis	3			5,93
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99						
		1	2	3	4	5	6	7
15 dak-SF6	3	2,86						
15 dak-Hava	3		3,71					
10 dak-Hava	3			4,06				
10 dak-SF6	3				4,53			
5 dak-Hava	3					4,84		
5 dak-SF6	3						5,00	
islem gormemis	3							5,93
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ek 3.c. Aspergillus-Penicillium Karşılaştırma

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aspergillus-5 dak-SF6	3	,81										
Aspergillus-5 dak-Hava	3		,92									
Penicillium-5 dak-SF6	3		,93									
Penicillium-5 dak-Hava	3			1,09								
Penicillium-10 dak-SF6	3				1,40							
Aspergillus-10 dak-SF6	3					1,52						
Aspergillus-10 dak-Hava	3						1,78					
Penicillium-10 dak-Hava	3							1,87				
Penicillium-15 dak-Hava	3								2,22			
Aspergillus-15 dak-SF6	3									2,41		
Aspergillus-15 dak-Hava	3										2,49	
Penicillium-15 dak-SF6	3											3,07
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ek 4. Buğday ve Fasulye Örneklerinde Aspergillus ve Penicillium Küfleri Üzerine Plazma Uygulamasının Etkinliğinin Karşılaştırması

	N	Güven Düzeyi=%99
		1
Buğday-Penicillium-SF6	9	1,55
Fasulye-Aspergillus-SF6	9	1,58
Fasulye-Penicillium-Hava	9	1,72
Fasulye-Aspergillus-Hava	9	1,73
Fasulye-Penicillium-SF6	9	1,80
Buğday-Penicillium-Hava	9	2,02
Buğday-Aspergillus-SF6	9	2,19
Buğday-Aspergillus-Hava	9	2,27
Sig.		,14

Ek 5. Farklı Plazma Uygulamalarının Buğday Örneklerinde TAMB Sayısı Üzerine Etkisi

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15	3	5,34		
10	3		5,57	
5	3		5,61	
islem gormemis	3			6,29
Sig.		1,00	,85	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15	3	5,25		
10	3		5,54	
5	3		5,58	
islem gormemis	3			6,29
Sig.		1,00	,83	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99	
		1	2
5 dak-Hava	3	5,58	
5 dak-SF6	3	5,61	
islem gormemis	3		6,29
Sig.		,79	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99	
		1	2
10 dak-Hava	3	5,54	
10 dak-SF6	3	5,57	
islem gormemis	3		6,29
Sig.		,82	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99	
		1	2
15 dak-Hava	3	5,25	
15 dak-SF6	3	5,34	
islem gormemis	3		6,29
Sig.		,41	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15 dak-Hava	3	5,25		
15 dak-SF6	3	5,34		
10 dak-Hava	3		5,54	
10 dak-SF6	3		5,57	
5 dak-Hava	3		5,58	
5 dak-SF6	3		5,61	
islem gormemis	3			6,29
Sig.		,45	,68	1,00

Ek 6. Farklı Plazma Uygulamalarının Fasulye Örneklerinde TAMB Sayısı Üzerine Etkisi

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15	3	5,52		
10	3		5,91	
5	3		5,95	
islem gormemis	3			6,64
Sig.		1,00	,05	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15	3	5,45		
10	3		5,90	
5	3		5,92	
islem gormemis	3			6,64
Sig.		1,00	,46	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99	
		1	2
5 dak-Hava	3	5,92	
5 dak-SF6	3	5,95	
islem gormemis	3		6,64
Sig.		,40	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99	
		1	2
10 dak-Hava	3	5,90	
10 dak-SF6	3	5,91	
islem gormemis	3		6,64
Sig.		,86	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
15 dak-SF6	3	5,52		
15 dak-Hava	3		5,90	
islem gormemis	3			6,64
Sig.		1,00	1,00	1,00

Dakika	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15 dak-Hava	3	5,45			
15 dak-Sf6	3		5,52		
10 dak-Hava	3			5,90	
10 dak-SF6	3			5,91	
5 dak-Hava	3			5,92	
5 dak-SF6	3			5,95	
islem gormemis	3				6,64
Sig.		1,00	1,00	,05	1,00

Ek 7. Plazma Uygulamasının TAMB ve Aspergillus-Penicillium Küf Sayısı zerine Etkisinin Karşılaştırması

	N	Güven Dzeyi=%99		
		1	2	3
toplam canli-bugday	18	,84		
toplam canli-fasulye	18	,88		
aspergillus-fasulye	18		1,65	
penicillium-fasulye	18		1,76	1,76
penicillium-bugday	18		1,79	1,79
aspergillus-bugday	18			2,23
Sig.		1,00	,96	,04

Ek 8. Küfsüz Örneklerde Çimlenme Denemesi Sonuçları

	N	Güven Düzeyi=%99				
		1	2	3	4	5
Kontrol	60	3,74				
15 dak-SF6	60	3,97	3,97			
15 dak-Hava	60		4,38	4,38		
10 dak-SF6	60			4,62	4,62	
5 dak-SF6	60				4,91	4,91
10 dak-Hava	60				5,12	5,12
5 dak Hava	60					5,37
Sig.		,74	,56	,74	,52	,54

67

Ek 9. a. Aspergillus b. Penicillium Bulaştırılmış Örneklerde Çimlenme Denemesi Sonuçları

a. Aspergillus

	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
Kontrol	60	,31		
15 dak-SF6	60	,79	,79	
15 dak-Hava	60	,89	,89	
10 dak-SF6	60	1,07	1,07	
5 dak-SF6	60	1,70	1,70	
10 dak-Hava	60		2,49	2,49
5 dak-Hava	60			4,04
Sig.		,13	,07	,06

b. Penicillium

	N	Güven Düzeyi=%99	
		1	2
15 dak-Hava	60	1,37	
15 dak-SF6	60	1,50	
Kontrol	60	1,88	1,88
10 dak-SF6	60	2,13	2,13
5 dak-SF6	60	2,19	2,19
10 dak-Hava	60	2,41	2,41
5 dak-Hava	60		4,30
Sig.		,44	,07

Ek 10. Buğday Örneklerinde UV Uygulamasının Aspergillus ve Penicillium Üzerine Etkisi

Aspergillus

VAR00001	N	Güven düzeyi=%99		
		1	2	3
15 dak. UV	3	5,00		
10 dak. UV	3	5,06		
5 dak. UV	3		5,24	
islem gormemis	3			5,80
Sig.		,08	1,00	1,00

Penicillium

VAR00001	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15 dak-UV	3	5,69			
10 dak-UV	3		5,85		
5 dak-UV	3			6,04	
islem görmemis	3				6,38
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

VAR00001	N	Güven Düzeyi=%99		
		1	2	3
Penicillium-5 dak.UV	3	,34		
Penicillium-10 dak.UV	3		,53	
Aspergillus-5 dak.UV	3		,56	
Penicillium-15 dak.UV	3			,69
Aspergillus-10 dak.UV	3			,74
Aspergillus-15 dak.UV	3			,80
Sig.		1,00	,90	,02

Ek 11. Fasulye Örneklerinde UV Uygulamasının Aspergillus ve Penicillium Üzerine Etkisi

Aspergillus

VAR00001	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15 dak-UV	3	5,37			
10 dak-UV	3		5,54		
5 dak-UV	3			5,73	
islem gormemis	3				6,11
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

Penicillium

VAR00001	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
15 dak-UV	3	6,89			
10 dak-UV	3		7,02		
5 dak-UV	3			7,18	
islem gormemis	3				7,50
Sig.		1,00	1,00	1,00	1,00

VAR00001	N	Güven Düzeyi=%99			
		1	2	3	4
Penicillium-5 dak.UV	3	,33			
Aspergillus-5 dak.UV	3	,38			
Penicillium-10 dak.UV	3		,48		
Aspergillus-10 dak.UV	3		,57	,57	
Penicillium-15 dak.UV	3			,62	
Aspergillus-15 dak.UV	3				,74
Sig.		,27	,04	,35	1,00

Ek 12. Buğday ve Fasulye Örneklerinde Aspergillus ve Penicillium Küfleri Üzerine UV Uygulamasının Etkinliğinin Karşılaştırması

	N	Güven Düzeyi=%99
		1
Fasulye-Penicillium-UV	9	,48
Bugday-Penicillium-UV	9	,52
Fasulye-Aspergillus-UV	9	,56
Bugday-Aspergillus-UV	9	,70
Sig.		,01

Ek 13. Küfsüz Örneklerde UV Uygulamasının Sürgün Boyuna Etkisi

	N	Güven Düzeyi=%99
		1
15 dak. UV	60	2,35
10 dak. UV	60	3,60
5 dak. UV	60	3,73
Kontrol	60	3,73
Sig.		,80

Ek 14. Aspergillus-Penicillium Bulaştırılmış Örneklerde UV Uygulamasının Sürgün Boyuna Etkisi

Aspergillus

	N	Güven Düzeyi=%99
		1
Kontrol	60	2,43
5 dak. -UV	60	2,50
10 dak.-UV	60	2,51
15 dak.-UV	60	2,53
Sig.		1,00

Penicillium

	N	Güven Düzeyi=%99
		1
5 dak. -UV	60	2,04
Kontrol	60	2,05
10 dak.-UV	60	2,08
15 dak.-UV	60	2,13
Sig.		1,00

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Meral SAĞLAM
Dogum Yeri ve Yılı : Isparta, 1982
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce



Egitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Isparta Gazi Lisesi, 2000.
Lisans : Ege Üniversitesi, 2004.
Yüksek Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, 2008.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Kredi ve Yurtlar Kurumu- Sorumlu Gıda Mühendisi, 2004-2005.
Beşel Un Fabrikası- Sorumlu Gıda Mühendisi, 2006-2007.
Halk Bankası- Müşteri Temsilcisi, 2007-2008.

Yayınları (SCI)

1-Selçuk, M., Öksüz, L., Başaran, P., 2007. Decontamination of grains and legumes infected with *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. by cold plasma. *Bioresource Technology*, 99(11), pp. 5104-5109

Uluslararası Toplantıda Poster, Sözlü Sunum ile Gösterimleri

1-Öksüz, L., Güleç, A., Selçuk, M., Özcan, M., Başaran, P.,. Plasma surface treatment of processed and semi-processed ready to eat foods (RTEs). NATO ASI İzmir Çeşme September 2007.