

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



PİLOT ÖLÇEKLİ ATIMLI ELEKTRİK ALANI SİSTEM
PROSESİNİN SALATALIK, BUĞDAY VE MISIR
TOHUMLARININ KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE TOHUM
GÜCÜ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAHAR ATMACA

BOLU, ARALIK - 2020

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



PİLOT ÖLÇEKLİ ATIMLI ELEKTRİK ALANI SİSTEM
PROSESİNİN SALATALIK, BUĞDAY VE MISIR
TOHUMLARININ KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE TOHUM
GÜCÜ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAHAR ATMACA

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK

BOLU, ARALIK - 2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bahar ATMACA tarafından hazırlanan “**PİLOT ÖLÇEKLİ ATIMLI ELEKTRİK ALANI SİSTEM PROSESİNİN SALATALIK, BUĞDAY VE MISIR TOHUMLARININ KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE TOHUM GÜCÜ ÜZERİNE ETKİSİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 25/12/2020.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Sibel UZUNER
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Arzu ÇAĞRI MEHMETOĞLU
Sakarya Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Osman GÖRÜR
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....

BAHAR ATMACA

ÖZET

**PİLOT ÖLÇEKLİ ATIMLI ELEKTRİK ALANI SİSTEM PROSESİNİN
SALATALIK, BUĞDAY VE MISIR TOHUMLARININ KALİTE
ÖZELLİKLERİ İLE TOHUM GÜCÜ ÜZERİNE ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHAR ATMACA
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜLSÜN AKDEMİR EVRENDİLEK)
BOLU, ARALIK - 2020
XVI + 131**

Tohum kalitesi mahsul üretimi için çok önemlidir. Tohum kalitesini artırmak için ise en yaygın kullanılan yöntemlerden biri kimyasal uygulamalarıdır. Kimyasal uygulamalar çoğu zaman tohumlara zarar vermekte ve tohumun çimlenme kabiliyetini azaltmaktadır. Bu nedenle, tohum dezenfeksiyonu ve kalite kaybının önlenmesi amacıyla ekonomik, çevreye zarar vermeyen ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olmayan pratik ve çevre dostu teknolojilere ihtiyaç vardır. Bu amaçla bu tezde mısır ve buğday daneleri ile salatalık tohumlarına 100-300 Hz frekanslarda, 1-8 döngü sayısında atımlı elektrik alan uygulanarak tohumların mikrobiyolojik ve tohum kalite kriterleri üzerine etkisi incelenmiştir. Mısır tohumlarına uygulanan 6.00, 2.82, 22.56, 18.00 ve 28.80 J atımlı elektrik alanı (AEA) uygulamalardan sonra toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) tamamen inaktive edilmiştir. Toplam maya ve küf (TMK) sayısında en iyi inaktivasyon ise 28.80 J enerji uygulamasıyla gerçekleşmiş ve yaklaşık 1 log kob/g azalma sağlanmıştır. Buğday danesi ve salatalık tohumlarında ise en iyi TAMB ve TMK inaktivasyonları 17.28 J AEA uygulaması ile gerçekleşmiş ve sırasıyla buğday danelerinde 0.97 ve 1.15 log kob/g, salatalık tohumlarında ise 3.22 ve 1.31 log kob/g azalma sağlanmıştır. Buğday daneleri ile salatalık tohumlarının yüzeyine 10^5 - 10^6 kob/g seviyesinde inoküle edilen *Aspergillus parasiticus* sayısında ise en iyi azalmalar sırasıyla 3.21 J ve 10.88 J AEA uygulamasından sonra 0.96 log kob/g ve 1.27 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Mısır tohumlarında en iyi *A. parasiticus* inaktivasyonu 1.15 log kob/g olarak 25.44 J AEA uygulamasında görülmüştür. Tohumların elektriksel iletkenlikleri incelendiğinde tüm tohumlarda AEA uygulamasından ziyade ölçüm süresinin iletkenlik artışında önemli olduğu ve 24 saat sonunda ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin 4 ve 8 saat sonunda ölçülen değerlerden önemli ölçüde yüksek olduğu görülmüştür. AEA uygulamalarının tohum kalite kriterlerine etkisi incelendiğinde ise tohumların ve danelerin çimlenme kabiliyetinin arttığı tohumların soğuk ve tuzluluk streslerine karşı daha dayanıklı hale geldiği görülmüştür. Dolayısıyla elde edilen veriler AEA teknolojisinin tohum yüzey dezenfeksiyonu ve tohum kalitesini artırmak amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Atımlı elektrik alan, Çimlenme gücü, Soğuk stresi, Tohum dezenfeksiyonu, Tohum refahı

ABSTRACT

EFFECT OF PILOT SCALE ELECTRIC FIELD SYSTEM PROCESSING ON THE QUALITY CHARACTERISTICS AND SEED VIGOUR OF CUCUMBER, WHEAT AND CORN SEEDS

MSC THESIS

BAHAR ATMACA

GRADUATE SCHOOL OF BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜLSÜN AKDEMİR EVRENDİLEK)

BOLU, DECEMBER 2020

XVI + 131

Seed quality is very important for crop production. Chemical applications are one of the most widely used methods to improve seed quality. However, chemical applications often damage the seeds and reduce their germination ability. Therefore, in order to prevent seed disinfection and quality loss, practical and environmentally friendly economic technologies that do not harm the ecological environment and natural resources as well as do not carry adverse effects on human health need to be pursued. For this purpose, pulsed electric fields (PEF) with 1-8 cycles at 100-300 Hz frequencies to corn, wheat grains and cucumber seeds were applied to determine effects of applied PEF parameters on seeds quality parameters and inactivation of endogenous microflora. Complete inactivation on TAMB was observed on corn grains after 6.00, 2.82, 22.56, 18.00 and 28.80 J AEA applications. The highest amount of inactivation of 1 log cfu/g on TMY count was achieved with 28.80 J energy application. The highest amount of inactivation with 0.97 and 1.15 log cfu/g decrease on the mean initial TAMB and TMY counts were achieved with 28.8 J and 17.28 J PEF applications on wheat grains and cucumber seeds, respectively. The highest decrease in the number of *Aspergillus parasiticus* inoculated at 10^5 - 10^6 cfu/g on the surface of wheat grains and cucumber seeds were enumerated as 0.96 and 1.27 log cfu/g after 3.21 J and 10.88 J PEF applications, respectively. The highest reduction in the mean initial *A. parasiticus* inactivation in corn seeds was enumerated as 1.15 log cfu/g with 25.44 J PEF application. It was observed that regardless of the treated seeds and grains, PEF applications provided significantly higher germination ability. Moreover, PEF-treated seeds were more resistant to cold and salinity stresses. When the electrical conductivity of the seeds was examined, the electrical conductivity values were significantly increased by the measurement time rather than that of the PEF treatment, and the samples at the end of 24 hours had significantly higher conductivity values than that of the measurements made after both 4th and 8th hours. Therefore, the data obtained revealed that PEF technology can be used for seed surface disinfection and improvement of seed vigour.

KEYWORDS: Cold stress, Germination, Pulsed electric fields, Seed disinfection, Seed vigour

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	xi
FOTOĞRAF LİSTESİ	xiv
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xv
TEŞEKKÜR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1 Mısır Danesi	4
2.2 Buğday Tohumu	4
2.3 Salatalık Tohumu	5
2.4 Atımlı Elektrik Alan Prosesi	5
2.4.1 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Mikrobiyal İnaktivasyon Mekanizması.....	6
2.5 Tohumlara Atımlı Elektrik Alan Uygulaması ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1 Materyal.....	12
3.1.1 Mısır, Buğday ve Salatalık Tohumları.....	12
3.1.2 <i>Aspergillus parasiticus</i> Kültürü	12
3.2 Yöntem	13
3.2.1 Pilot Ölçekli Atımlı Elektrik Alan Sistemi	13
3.2.2 Mikrobiyolojik Analizler	16
3.2.3 Tohum Kalite Analizleri	17
3.2.4 Veri Analizi.....	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	21
4.1 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Mısır Danelerinin Mikrobiyolojik Özellikleri ve Tohum Kalitesi Üzerine Etkisi	21
4.1.1 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Mısır Danelerinin Yüzeyindeki Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Üzerine Etkisi	21
4.1.2 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Mısır Danelerinin Yüzeyindeki Toplam Maya ve Küf Üzerine Etkisi.....	24
4.1.3 Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Yüzeyine İnoküle Edilen <i>Aspergillus parasiticus</i> Sayısı Üzerine Etkisi.....	25
4.1.4 Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Ortalama Çimlenme Oranı Üzerine Etkisi.....	27

4.1.5	Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Elektriksel İletkenliği Üzerine Etkisi	36
4.1.6	Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Soğuk Test Üzerine Etkisi	40
4.1.7	Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Tuzluluk Stresi Üzerine Etkisi	42
4.1.8	Mısır Tohumlarında En İyi Uyumlu Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri ve Eş Zamanlı Optimizasyon	52
4.2	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Mikrobiyolojik Özellikleri ve Tohum Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi	56
4.2.1	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Yüzeyindeki TAMB Üzerine Etkisi	56
4.2.2	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Yüzeyindeki Toplam Maya ve Küf Üzerine Etkisi	59
4.2.3	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Yüzeyine İnoküle Edilen <i>Aspergillus parasiticus</i> Üzerine Etkisi.....	60
4.2.4	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Ortalama Çimlenme Oranı Üzerine Etkisi.....	61
4.2.5	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Elektriksel İletkenlik Üzerine Etkisi.....	70
4.2.6	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Soğuk Test Üzerine Etkisi	74
4.2.7	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Tuzluluk Stresi Üzerine Etkisi	76
4.2.8	Buğday Danelerinde En İyi Uyumlu Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri ve Eş Zamanlı Optimizasyon	86
4.3	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumunun Mikrobiyolojik Özellikleri ve Tohum Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi	90
4.3.1	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Yüzeyindeki Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Üzerine Etkisi	90
4.3.2	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Yüzeyindeki Toplam Maya ve Küf Üzerine Etkisi	93
4.3.3	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Yüzeyine İnoküle Edilen <i>Aspergillus parasiticus</i> Üzerine Etkisi	94
4.3.4	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Ortalama Çimlenme Oranı Üzerine Etkisi.....	96
4.3.5	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Elektriksel İletkenlik Üzerine Etkisi.....	105
4.3.6	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Soğuk Test Üzerine Etkisi	109
4.3.7	Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Tuzluluk Stresi Üzerine Etkisi.....	110
4.3.8	Salatalık Tohumlarında En İyi Uyumlu Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri ve Eş Zamanlı Optimizasyon	117
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	122
6.	KAYNAKLAR.....	124
7.	ÖZGEÇMİŞ.....	129
8.	ORJİNALLİK RAPORU.....	131

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. a-) Hücre dışına uygulanan elektrik alanının hücre zarında oluşturduğu gözenekler b-) Elektrik alan uygulaması sona erdikten sonra hücre zarının tekrar kapanması ve biyomoleküllerin hücre içine girmesi (39)	7
Şekil 2.2. Kritik elektrik alan şiddetine göre hücre yüzeyinde oluşan porlar (40)	7
Şekil 3.1. AEA sisteminin dizaynı ve temel üniteleri.....	14
Şekil 3.2. Tek kutuplu kare dalga boyu	14
Şekil 3.3. Pilot ölçekli AEA sistemi.	15
Şekil 4.1. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) inaktivasyonu.....	21
Şekil 4.2. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde toplam maya küf (TMK) inaktivasyonu	24
Şekil 4.3. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde <i>Aspergillus parasiticus</i> (log kob/g) inaktivasyonu.....	25
Şekil 4.4. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde ortalama çimlenme oranı.....	27
Şekil 4.5. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde normal fide oranı...	32
Şekil 4.6. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde elektriksel iletkenlik testi	37
Şekil 4.7. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde soğuk test	40
Şekil 4.8. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde tuzluluk stresi (100 Mm NaCl)	42
Şekil 4.9. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde tuzluluk stresi (200mM NaCl)	47
Şekil 4.10. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde toplam mezofilik aerobik bakteri (TAMB) inaktivasyonu	56
Şekil 4.11. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde toplam maya küf (TMK) inaktivasyonu	59
Şekil 4.12. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde <i>Aspergillus parasiticus</i> (log kob/g) inaktivasyonu.....	60
Şekil 4.13. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde ortalama çimlenme oranı.....	62
Şekil 4.14. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinin normal fide oranı	66
Şekil 4.15. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde elektriksel iletkenlik testi	70
Şekil 4.16. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde soğuk test.....	74
Şekil 4.17. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde tuzluluk stresi (100 mM NaCl)	77
Şekil 4.18. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde tuzluluk stresi (200 mM NaCl)	81
Şekil 4.19. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) inaktivasyonu.....	90

Şekil 4.20. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında toplam maya küf (TMK) inaktivasyonu	93
Şekil 4.21. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında <i>Aspergillus parasiticus</i> (log kob/g) inaktivasyonu	94
Şekil 4.22. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında ortalama çimlenme oranı	96
Şekil 4.23. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında normal fide oranı	101
Şekil 4.24. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında elektriksel iletkenlik testi	105
Şekil 4.25. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında soğuk test ..	109
Şekil 4.26. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında tuzluluk stresi (100 mM NaCl)	110
Şekil 4.27. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında tuzluluk stresi (200 mM NaCl)	115



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Buğday ve salatalık tohumlarına uygulanan AEA proses parametreleri.	16
Tablo 3.2. Mısır danelerine uygulanan AEA proses parametreleri.	16
Tablo 4.1. AEA uygulanmış mısır danelerinde TAMB (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	22
Tablo 4.2. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde TAMB, TMK ve <i>A. parasiticus</i> inaktivasyonu, ortalama çimlenme oranı ve soğuk test etkisi.	23
Tablo 4.3. AEA uygulanmış mısır danelerinde TMK (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	25
Tablo 4.4. AEA uygulanmış mısır danelerinde <i>A. parasiticus</i> (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	27
Tablo 4.5. AEA uygulanmış mısır danelerinde 2. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları.....	28
Tablo 4.6. AEA uygulanmış mısır danelerinde 3. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları.....	29
Tablo 4.7. AEA uygulanmış mısır danelerinde normal fide oranı (%) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	33
Tablo 4.8. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde elektriksel iletkenlik38	
Tablo 4.9. AEA uygulanmış mısır danelerinde 4. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	39
Tablo 4.10. AEA uygulanmış mısır danelerinde 8. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	39
Tablo 4.11. AEA uygulanmış mısır danelerinde 24. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	40
Tablo 4.12. AEA uygulanmış mısır danelerinde 10°C gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	41
Tablo 4.13. AEA uygulanmış mısır danelerinde 25°C gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	42
Tablo 4.14. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde tuzluluk stresi (100 mM NaCl).	44
Tablo 4.15. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde tuzluluk stresi (200 mM NaCl).	49
Tablo 4.16. AEA ile proses edilen mısır danelerine ait linear model.....	52
Tablo 4.17. Mısır danelerinde en iyi uyumlu doğrusal olmayan regresyon modelleri.....	53
Tablo 4.18. Mısır danelerinde eş zamanlı optimizasyon.	55
Tablo 4.19. AEA uygulanmış buğday danelerinde TAMB (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	57
Tablo 4.20. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde TAMB, TMK ve <i>A. parasiticus</i> inaktivasyonu, ortalama çimlenme oranı ve soğuk test etkisi.	58
Tablo 4.21. AEA uygulanmış buğday danelerinde TMK (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	60

Tablo 4.22. AEA uygulanmış buğday danelerinde <i>Aspergillus parasiticus</i> (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.	61
Tablo 4.23. AEA uygulanmış buğday danelerinde 2. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları.	63
Tablo 4.24. AEA uygulanmış buğday danelerinde normal fide oranına ait ANOVA-GLM sonuçları.....	67
Tablo 4.25. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde elektriksel iletkenlik, normal fide oranı ve soğuk test etkisi.	72
Tablo 4.26. AEA uygulanmış buğday danelerinde 4. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	73
Tablo 4.27. AEA uygulanmış buğday danelerinde 8. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	73
Tablo 4.28. AEA uygulanmış buğday danelerinde 24. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	74
Tablo 4.29. AEA uygulanmış buğday danelerinde 10°C’de gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.	75
Tablo 4.30. AEA uygulanmış buğday danelerinde 25°C’de gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.	76
Tablo 4.31. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde tuzluluk testi (200 mM).....	78
Tablo 4.32. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde tuzluluk testi (200 mM).....	83
Tablo 4.33. Buğday danelerinde en iyi uyumlu doğrusal olmayan regresyon modelleri.....	87
Tablo 4.34. Buğday danelerinde eş zamanlı optimizasyon.	89
Tablo 4.35. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında TAMB (log kob/mL) değerine ait ANOVA-GLM sonuçlar.	91
Tablo 4.36. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında TAMB, TMK ve <i>A. parasiticus</i> inaktivasyonu ile ortalama çimlenme oranı üzerine etkisi.	92
Tablo 4.37. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında TMK (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	94
Tablo 4.38. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında <i>A. parasiticus</i> (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	95
Tablo 4.39. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında 2. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları.	97
Tablo 4.40. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında 3. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları.	97
Tablo 4.41. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında 4. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları.	98
Tablo 4.42. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında normal fide oranı (%) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	102
Tablo 4.43. AEA uygulanan salatalık tohumlarında 4. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	106
Tablo 4.44. AEA uygulanan salatalık tohumlarında 8. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	106
Tablo 4.45. AEA uygulanan salatalık tohumlarında 24. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	107
Tablo 4.46. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında elektriksel iletkenlik, normal fide oranı ve soğuk test etkisi.	108

Tablo 4.47. AEA uygulanan salatalık tohumlarında 25°C’de gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları.....	110
Tablo 4.48. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında tuzluluk testi (100 mM).....	112
Tablo 4.49. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında tuzluluk testi (200 mM).....	116
Tablo 4.50. AEA ile proses edilen salatalık tohumuna ait linear model.	117
Tablo 4.51. Salatalık tohumlarında en iyi uyumlu doğrusal olmayan regresyon modelleri.....	118
Tablo 4.52. Salatalık tohumlarında eş zamanlı optimizasyon.	121



FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 4.1. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde fide oluşumu...	30
Fotoğraf 4.2. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde fide oluşumu...	31
Fotoğraf 4.3. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde kök oluşumu...	34
Fotoğraf 4.4. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde kök oluşumu...	35
Fotoğraf 4.5. 100 mM tuz stresi altında kontrol AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi	45
Fotoğraf 4.6. 100 mM tuz stresi altında kontrol AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi	46
Fotoğraf 4.7. 200 mM tuz stresi altında kontrol AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi	50
Fotoğraf 4.8. 200 mM tuz stresi altında kontrol AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi	51
Fotoğraf 4.9. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde fide oluşumu	64
Fotoğraf 4.10. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde fide oluşumu	65
Fotoğraf 4.11. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde kök oluşumu...	68
Fotoğraf 4.12. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde kök oluşumu...	69
Fotoğraf 4.13. 100 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi	79
Fotoğraf 4.14. 100 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi	80
Fotoğraf 4.15. 200 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi	84
Fotoğraf 4.16. 200 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi	85
Fotoğraf 4.17. Kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarında fide oluşumu	99
Fotoğraf 4.18. Kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarında fide oluşumu	100
Fotoğraf 4.19. Kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu	103
Fotoğraf 4.20. Kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu	104
Fotoğraf 4.21. 100 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi	113
Fotoğraf 4.22. 100 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi	114

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

AEA	: Atımlı elektrik alan
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
EI	: Elektriksel iletkenlik
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	: Gram
ha	: Hektar
Hv	: High voltage
Hz	: Hertz
J	: Joule
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
kHz	: Kilohertz
kJ	: Kilojoule
kob	: Koloni oluşturan birim
kV	: Kilovolt
log	: Logaritma
mL	: Mililitre
mM	: Milimolar
mT	: Militesla
OÇO	: Ortalama çimlenme oranı
pF	: Pikofarad
TAMB	: Toplam aerobik mezofilik bakteri
TMK	: Toplam maya küf
UV	: Ultraviyole
V	: Volt
µs	: Mikrosaniye
µS	: Mikrosiemens

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca bana her zaman destek olan ve bana çok şey öğreten kıymetli danışmanım Sayın Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK'e,

Çalışmalarım süresince güler yüzü ve samimiyeti ve bilgilerini benden esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Sibel UZUNER'e

Tezime değerli katkılarını sağlayan Sayın Prof. Dr. Arzu ÇAĞRI MEHMETOĞLU'na

Yüksek lisansım boyunca her zaman yanımda ve destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma 218O068 nolu proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Günümüzde tohumculuk sektörü günden güne artan dünya nüfusunun gıda güvenliğinin sağlanması açısından tartışılmaz ve vazgeçilmez bir konu haline gelmiştir. Uluslararası tohumluk ticareti, tohumculuk sektöründe sağlanan gelişmelere paralel olarak son çeyrek yüzyılda önemli artışlar göstermiştir. Dünya toplam tohumluk üretim değeri yaklaşık 50 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede ilk sıralarda ABD (12 milyar \$), Çin (10 milyar \$), Fransa (2.8 milyar \$), Brezilya (2 milyar \$) ve Kanada (2 milyar \$) yer almaktadır. Ülkemiz ise 0.75 milyar \$ ile bu sıralamada 11. sırada yer almaktadır (1).

Tohumlar önemli bir tarım girdisidir ve tohumlardan elde edilen ürün verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için doğru şekilde yetiştirilmeli, hasat edilmeli ve işlenmelidir. Tohum kalitesi ise ürün verimi üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak etkilidir ve iyi bir tohum kalitesi verimi önemli ölçüde artırabilir (2,3). Tohumlar, iyi bir fide oluşumunu teşvik etmek, verim kaybını en aza indirmek, oluşan ürün kalitesini korumak, geliştirmek ve patojenlerin fazla yayılmasını önlemek için iyileştirilebilirler (4).

Buğday mısır gibi tahıl daneleri ile salatalık gibi meyve tohumları yüzeylerinde birçok mikroorganizma barındırmaktadır. Bu mikroorganizmalar tohumun çimlenme kabiliyetini etkilemekte ve ürün verimliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Tohumlarda çimlenmeyi arttırmak için kullanılan en yaygın yöntem ise gübre kullanmaktır. Tohum çimlenme verimini arttırmak için fosfat, diamonyum gibi yaygın gübrelerin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Gübre uygulaması verimi büyük ölçüde artırsa da çevre ve canlı organizmalar üzerindeki olumsuz etkileri büyük bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir (5,6). Bu nedenlerden dolayı tohumlara yüzey dezenfeksiyonu amacıyla farklı yöntemler uygulanmaktadır. Etkili bir tohum dezenfeksiyon yöntemi hedef patojenlerin sayısını ve fideye iletimini azaltmalı, çimlenmeyi ve tohum canlılığını azaltmamalı, insanlar ve hayvanlar için toksisiteye neden olmamalı ve çevreye zarar vermemelidir (7).

Genel olarak tohumlara uygulanan dezenfeksiyon yöntemlerinin avantajları ise şunlardır:

- Tohum kaynaklı patojenleri nötralize eder ve tohumu toprak kaynaklı patojenlere ve böceklerle karşı koruyarak fide oluşumunu iyileştirir.
- Tohum kaynaklı patojenlerin tohuma geçmesini önler.
- Fideleri böcek zararlıları ile beslenmesinden ve havadaki patojenlerin bulaşmasından korur.
- Ekinlerin homojen büyümesini sağlar.
- Ürün verimini en üst düzeye çıkarır (7).

Tohum dezenfeksiyon yöntemlerini fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler olarak üç gruba ayırmak mümkündür. Yüksek basınç, atımlı elektrik alan, ozon, ultraviyole, manyetik alan, mikrodalga, soğuk plazma, elektrolize su tohum dezenfeksiyonunda uygulanan fiziksel yöntemlerdir (6). Bakteriyofajlar, bakteriyosin uygulamaları ise tohum dezenfeksiyonundan kullanılan biyolojik yöntemlere örnek verilebilir (8). Tohum dezenfeksiyonunda hipoklorit, hidrojen peroksit (9), etanol (10), uçucu yağlar ve organik asitler (11) gibi çeşitli kimyasallar da kullanılmaktadır. Bu kimyasal maddeler uzun dönemde toprak ve yeraltı suyunda kontaminasyona neden olması, tarımsal alanda çalışanlarda kronik hastalıklara yol açması, mikroorganizmaların kimyasallara direnç geliştirmesi vb. gibi olumsuzluklarından dolayı kimyasallardan arı tohum üretimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Atımlı elektrik alan (AEA) teknolojisi termal olmayan gıda işleme prosesidir. Bu teknoloji ile kısa sürede yüksek voltajlı elektrik alan uygulanarak bakteriler ve zararlı diğer mikroorganizmalar etkisiz hale getirilir ve taze gıda kalitesi korunur. Uygulanan elektrik alanı mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlarken gıdanın renk, lezzet, doku ve besinleri değerinde herhangi bir olumsuzluğa neden olmamaktadır (12). Atımlı elektrik alanı özellikle yüksek asitli düşük viskoziteli gıdaların pastörizasyonuna uygun bir yöntem olduğu için elma suyu (13), üzüm suyu (14) vişne suyu, şeftali ve kayısı nektarları (15) gibi farklı

meyve suları, süt ve süt ürünlerinde (16), et ürünlerinde (17) ve kırmızı şarapta (18) mikrobiyal inaktivasyon sağlamak amacıyla başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Görüldüğü üzere atımlı elektrik alan teknolojisi gıda endüstrisinde birçok farklı alanda kullanılmaktadır, fakat AEA teknolojisinin tohumlarda yüzey dezenfeksiyonu amacıyla kullanıldığı çalışmalar literatürde çok sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışmada;

- Mısır, buğday ve salatalık tohumları yüzey dezenfeksiyonu amacıyla AEA ile proses edilmesi
- AEA prosesinin tohumların doğal mikroflorası üzerindeki etkisi belirlenmesi
- AEA prosesinin *Aspergillus paraciticus* ile kontamine edilen tohumlar üzerindeki etkisinin belirlenmesi
- Uygulamanın tohumun kalite özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Mısır Danesi

Mısır (*Zea mays*) hem insan gıdası hem de hayvan yemi olarak kullanılan dünyadaki en önemli tahıllardan biridir (19). Mısır yaklaşık %72 nişasta, %10 protein ve %4 yağ, %1.0-3.0 şeker ve %1.1-3.9 kül içerir ve 365 kcal/100 g enerji sağlar. Mısır tanesi B vitamini, embriyosu ise E vitamini açısından zengindir. Ancak mısır B12 ve C vitamini bakımından eksik ve genel olarak zayıf bir kalsiyum ve demir kaynağıdır. Mısır, ülkemizde buğday ve arpadan sonra en çok üretilen tahıldır. Endüstride nişasta, irmik, şurup, dekstrin, yağ ve alkol gibi destilasyon ve fermantasyon ürünlerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Dünya genelinde üretilen mısırın %60'ı hayvan yemi, %20'si insan gıdası olarak doğrudan tüketim, %10'u işlenmiş gıda ve %10'u diğer tüketimler ile tohumluk olarak kullanıldığı tahmin edilmektedir. Ülkemizde ise 1980 yılında 1.24 milyon ton olan mısır üretimi, 2010 yılında yaklaşık 3.5 kat artarak 4.31 milyon tona ulaşmıştır. Ülkemizdeki mısır ekiminin %68'ini tanelik, %32'sini ise silajlık mısır oluşturmaktadır (20, 21).

2.2 Buğday Tohumu

Buğday (*Triticum aestivum* L.), ılıman ülkelerde yetiştirilen, insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılan önemli bir tarım girdisidir ve insan beslenmesinde önemli olan esansiyel aminoasitler, mineraller, vitaminler ve diyet lifleri içerir. Buğdaylar, *Triticum aestivum* (ekmeklik buğday) *Triticum durum* (makarnalık buğday), *Triticum compactum* (topbaş veya bisküvilik buğday) olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Dünya çapında yetiştirilen buğdayın yaklaşık %95'i ekmeklik buğday, kalan %5'ini ise durum buğdayı oluşturmaktadır. Buğday tanesinin bileşimi, çeşitlerine göre ve bölgesel olarak değişiklik göstermesine rağmen ortalama %12 su, %70 karbonhidrat, %12 protein, %2 yağ, %2.2 selüloz ve %1.8 kül içermektedir (22, 23).

Türkiye, dünya buğday ekim alanının %3.5'ine sahiptir. 2016 yılında buğday ekilişi 7.671.945 ha, üretim 20.6 milyon ton verim ise 2.710 kg/ha iken 2017 yılında buğday ekilişi 7.668.879 ha, üretim 21.5 milyon ton verim ise 2.800 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin buğday verimi yıllar itibarıyla yükselme

kaydetmiş olmasına rağmen ortalama dünya veriminin altındadır. Yüksek kaliteli tohum kullanımı, buğday verimliliğindeki en önemli faktörlerden biridir (23).

2.3 Salatalık Tohumu

Sıcak mevsim bitkisi olan ve Cucurbitaceae ailesinin üyesi olan salatalık (*Cucumis sativus* L.) tropikal kökenlidir ve çoğunlukla Afrika, Amerika özellikle Güneydoğu Asya'da yetiştirilmektedir. Optimum toprak pH'sı 5.5 ila 6.8 arasında değişmekle birlikte birçok toprak çeşidinde başarıyla yetiştirilebilir. Salatalık, özellikle tropikal bölgelerde yetişen sıcak mevsim ürünüdür ve 28-30°C sıcaklık aralığında en iyi şekilde yetişir. Bitkiler 10°C'nin altındaki sıcaklıklardan kolayca etkilenirler ve dona duyarlıdırlar. Soğuk toprak salatalık tohumunun çimlenmesini geciktirir, ancak tohum soğuk toprakta uzun süre kalabilir ve daha sonra sıcaklık uygun hale geldiğinde çimlenebilir. Hem hayvan gübresi hem de ticari gübreler salatalık yetiştiriciliğinde kullanılır. Salatalık büyüme sırasında yeterli miktarda suya ihtiyaç duyar. Meyve gelişimi sırasında düzenli sulama yapılmalıdır. Salatalık B ve C vitamini ve kalsiyum, fosfor, demir ve potasyum gibi mineraller bakımından zengindir (24, 25).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nın 2013 yılı verilerine göre; 2013 yılında dünyada 52.4 milyon hektar alanda yaş sebze üretimi yapılmıştır. Salatalık (71.3 milyon ton) sırasıyla domates (163.4 milyon ton), kuru soğan (84.7 milyon ton), lahana (71.4 milyon ton)'dan sonra dördüncü sırada yer almaktadır (26).

2.4 Atımlı Elektrik Alan Prosesi

Atımlı elektrik alan (AEA) teknolojisi, elektrik alanın gıda kaynaklı patojenleri ortadan kaldırmak ve gıdalardaki mikroorganizmalarını kontrol etmek amacıyla kullanılan termal olmayan bir gıda muhafaza teknolojisidir. (27). 1920-1930'larda "Elektro-Pure" prosesi olarak bilinen bu yöntem ilk kez sütteki mikroorganizmaları etkisiz hala getirmek amacıyla kullanılmıştır (28, 29). AEA, iki elektrot arasına yerleştirilen tohum ve gıdalara çok kısa bir süre (nanosaniye ve milisaniye) yüksek elektrik alan (100 V/cm-80 kV/cm) uygulanması ile gerçekleştirilir (6, 30). Bu yüksek elektrik alan kısa sürede elektrik akımını ileten iyonlar tarafından proses edilecek ürüne iletilir (31). Atımlı elektrik alan prosesi

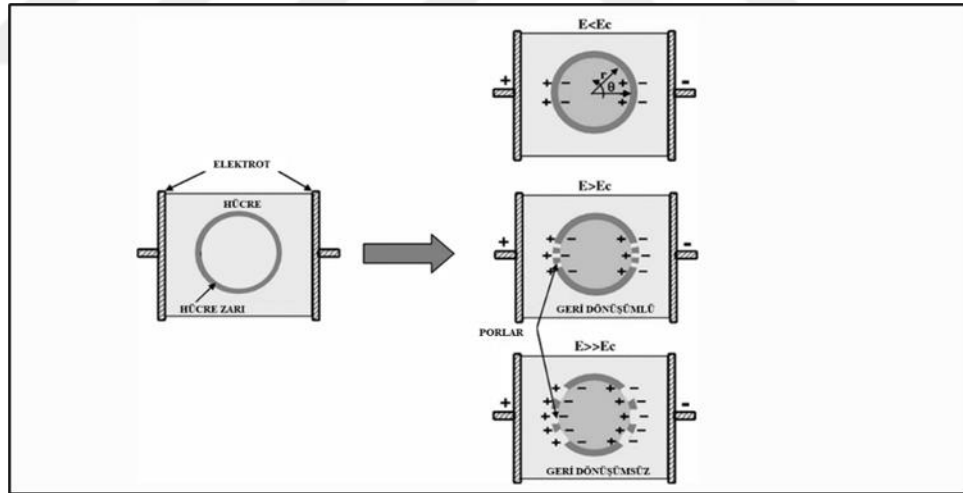
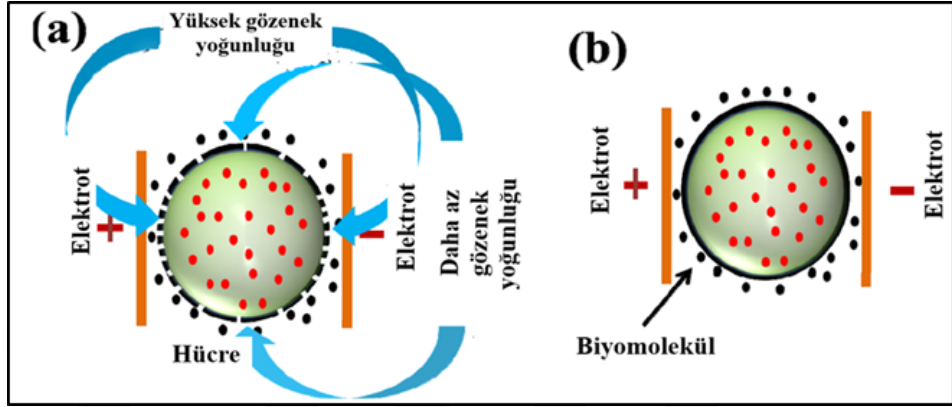
boyunca gerçekleşen mikrobiyal inaktivasyon elektrik alan şiddeti, atım süresi, atım şekli, sıcaklık, mikroorganizmanın yapısı ve mikroorganizmanın büyüme evresi gibi birçok faktörden etkilenmektedir (32).

2.4.1 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Mikrobiyal İnaktivasyon Mekanizması

Kısa süreli (μ s) elektrik alan uygulaması sonucu mikroorganizmaların inaktivasyonu gerçekleşir ve bu durum gıdaların termal sterilizasyonu veya pastörizasyonu ile sonuçlanır. Uygulanan elektrik alan hücre zarında, potansiyel bir farka neden olur bunun sonucunda membran iletkenliği ve geçirgenliğinde bir artış meydana gelir (33, 34). Membran geçirgenliği ve sitoplazma iletkenliğinde artış, hücre zarının elektromekanik dengesizliğine neden olur ve zarda gözenekler oluşur (35). Elektrik alan darbelerine maruz kalan hücrenin, çift katlı lipid tabakası ve hücre zarında bulunan proteinler denatürasyona uğrar bu durum elektroporasyon olarak adlandırılır (33, 36).

Hücreye elektrik alan uygulandığında aynı zamanda hücre zarının her iki yüzeyinde biriken serbest yükler nedeniyle transmembran potansiyeli artar. Bu yükler zıttır ve birbirlerini çeker, membran sıkışmasına neden olur ve bu nedenle membran kalınlığı azalır. Bununla birlikte, transmembran potansiyeli yaklaşık 1 V'a ulaştığında ise hücre zarında bozulma meydana gelir. Membran bozulmasının meydana geldiği elektrik alan yoğunluğuna eşik veya kritik elektrik alan adı verilir (Şekil 2.2). Uygulama sırasında, uygulanan elektrik alanı kritik elektrik alanına yakın değerlere ulaştığında veya tedavi süresi kısa olduğunda, üretilen gözeneklerin sayısı az ve boyutu küçüktür (27). Hücre zarı 20 nanosaniye ile 10 milisaniye arasında bir süre ile yaklaşık 1-10 kV/cm elektrik alan darbe yoğunluğuna maruz kaldığında, hücre zarında elektriksel bozulması gözlemlenmektedir (33, 34). Elektrik alan uygulaması sona erdiğinde membran iletken olan durumundan ilk durumuna geri dönebilir. Fakat elektrik alan uygulama süresi 10-15 milisaniyeden daha uzunsa, membran hücrelerine geri döndürülemez hasar oluşur (33, 38). AEA prosesinin bakteri hücresinde bulunan yarı geçirgen bariyer olarak görev yapan hücre zarının geri dönüşümsüz olmayan bir fonksiyon kaybına neden olması sonucu hücre ölümü gerçekleşir. Bu durum ise dielektrik yıkım olarak adlandırılır. Şekil 2.1'de hücre dışına uygulanan elektrik alanın hücrede meydana getirdiği değişim

gösterilmiştir. Yukarıda açıklanan teorilerin çoğu hücre zarında meydana gelen gözenek oluşumunu açıklamaktadır. Fakat, moleküler düzeyde membran geçirgenliğinin altında yatan mekanizma hakkında açık bir bilgi yoktur (27).



Şekil 2.2. Kritik elektrik alan şiddetine göre hücre yüzeyinde oluşan porlar (40)

2.5 Tohumlara Atımlı Elektrik Alan Uygulaması ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Atımlı elektrik alanın domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada domates tohumları 50 Hz frekansta, 10-30 saniye 10, 20,

ve 30 kV/cm elektrik alan ile proses edilmiştir. Elde edilen sonuçlar kontrol tohumlarının %76 oranında çimlendiğini gösterirken elektrik alan ile proses edilen domates tohumlarının yaklaşık %100'ü çimlenmiştir. Domates tohumlarındaki en iyi çimlenmenin ise 20 saniye 20 kV/cm elektrik alanın uygulanması ile elde edilmiştir. Ayrıca elektrik alan ile proses edilen domates tohumlarından elde edilen fidelerin ağırlığı kontrol tohumlarına göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır (41).

Yapılan bir çalışmada susam tohumlarından elde edilen yağ verimini artırmak amacıyla susam tohumlarına elektrik alan uygulaması yapılmıştır. Elektrik alan uygulaması 40-240 kJ/kg arasında değişen enerji uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Tohumlar önce bir dizi ön işlemde geçirilmiştir. Bu amaçla başlangıçta 3.6 ± 0.5 olan tohum nemi suya daldırıp bir gece bekletildikten sonra 39.05 ± 0.05 'e yükseltilmiş ve fazla suyundan uzaklaştırılan tohumlara 40, 80, 160 ve 240 kJ/kg enerji uygulanmıştır. Kontrol tohumları ise AEA işlemi uygulanmadan direkt kurutulup preslenmiştir. Daha sonra tohumların nem içeriği presleme verimliliğini etkileyeceğinde tohumlar 50°C'de bir fırında, %5 ile %8 arasında bir nem değerine ulaşana kadar kurutulmuş ve ardından preslenmiştir. AEA prosesi susam tohumundan elde edilen yağ verimini %4.9 artırdığı ve proses sırasında düşük protein ve polifenol kayıplarına neden olduğu sonucuna varılmıştır (42).

Yapılan başka bir çalışmada ise ayçiçeği (*Helianthus annuus*) tohumlarına yağ verimini artırmak amacıyla atımlı elektrik alan uygulanmıştır. Bu amaçla öğütülmüş ayçiçeği tohumları iletkenliği, ağırlıkça %10 ila %50 arasında değişen biyoetanol ilave edilerek düzenlenmiştir. Daha sonra elektrik alan (1, 3, 5, 6, 7 kV/cm), frekans (0.5, 1.5, 5, 10, 15 Hz), çözücü içeriği (%10, 20, 30, 40 ve 50), işlem süresi (10, 30, 60, 90, 120 s) ve darbe genişliği (10, 20, 30, 40, 50 μ s) parametreleri kullanılarak tohumlar proses edilmiştir. Ayçiçeği tohumlarına 15 Hz frekans, 30 saniye işlem süresi, %40 çözücü içeriği, 7.0 kV/cm elektrik alan ve 30 μ s darbe genişliği uygulanması yağ verimini %9.1 oranında artırdığı görülmüştür. Sonuçlar AEA uygulamasının ayçiçeği tohumlarından yağ verimini arttırmak için iyi bir yöntem olduğunu göstermiştir (43).

Nohut tohumlarına üç farklı sıcaklıkta (13, 16 ve 19°C) 0-1300 V'a kadar 15 dakika elektrik alan uygulanmıştır. Nohut tohumlarına elektrik alan

uygulanmasının kontrole kıyasla su alım kapasitesinde bir artışa neden olduğu bulunmuştur. Deneyler üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiş olup sıcaklığın elektrik alanı uygulanan tohumlar üzerinde bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Dipol-dipol etkileşimleri, su emilimindeki gecikme veya hızlanmadan sorumlu olduğu sonucuna varılmıştır (44).

Yapılan başka bir çalışmada elektrik alanın soğan tohumlarının çimlenme yüzdesi, çimlenme oranı ve fide boyu ve kuru ağırlığı üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla soğan tohumları 15, 45, 80 ve 150 saniye boyunca 2, 4, 9 ve 14 kV/cm elektrik alanlarına maruz bırakılmıştır. Sonuçlar 9 kV/cm elektrik alanının 45 s uygulanmasıyla soğan tohumlarında çimlenme yüzdesinin en fazla olduğu, fide boyundaki maksimum artışın ise 4 kV/cm ve 15 saniye elektrik alan uygulaması ile gerçekleşmiştir. 2 kV/cm ve 45 saniye elektrik alan uygulamasında ise kuru ağırlık ve çimlenme oranının en fazla olduğu görülmüştür (45).

Yapılan bir çalışmada AEA'nın maltlık arpa tohumlarının çimlenme seviyesi ve metabolik aktiviteleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Arpa tohumları 24 saat boyunca suda bekletildikten sonra 275, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 V/cm elektrik alan uygulanmıştır. Tohumlara 1 ms darbe genişliğinde ve 1200 V/cm elektrik alan kuvveti uygulanmasının tohumların kök uzamasında ve metabolik aktivitesinde önemli değişiklikler oluşturmadığı görülmüştür. Kontrol ve AEA ile muamele edilmiş tohumlardan elde edilen embriyo proteinlerinin arasında anlamlı bir farklılık olmadığı bununla birlikte azalan kök uzaması, AEA'nın kök gelişimi ve α -amilaz seviyesi üzerindeki etkisini göstermiştir. Kök uzamasında bozulmanın, α -amilaz ile nişasta parçalanmasından salınan şekerlerin azalmasının bir sonucu olabileceği düşünülmüştür. Sonuçlar, arpanın atımlı elektrik alanlarına maruz kalmasının tohumların metabolik aktivitesini önemli ölçüde etkilemeden radikül oluşumunu etkilediğini göstermiştir. Alfa amilaz miktarı için yapılan Western Blot analizi AEA ile muamele edilmiş tohumlarda alfa-amilaz konsantrasyonunun azaldığını göstermiştir (46).

Yapılan başka bir çalışmada fasulye filizlerine 20 kV/cm elektrik alan uygulanmış ve sıcaklığın 28°C ve reaktif nem %65 olduğu ortamda fasulye filizinin 5 gün boyunca çimlenmesi gözlemlenmiştir. Sonuçlar elektrik alan uygulanan fasulye filizlerinin kök uzunluğunun kontrol filizlerine oranla daha fazla olduğunu

ve birinci günden beşinci güne sırasıyla %0, %26.67, %24.14, %52.77 ve %30.43' kadar arttığını ve fasulye filizlerinin gövde uzunluğunun da birinci günden beşinci güne sırasıyla %16.67, %25, %28.57, %35 ve %14.70' kadar arttığını göstermiştir. Elektrik alan uygulamasının gövde ve kök uzunluğunu olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır (47).

Keten tohumlarına 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, ve 5.105 V/m elektrik alan uygulanmış ve keten tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi incelenmiştir. Uygulanan elektrik alanının etkisi ile çimlenmede %2'den %13'e kadar bir artış olduğunu görülmüştür. Keten tohumunun çimlenmesini artırmak için 3-3.5.105 V/m elektrik alan uygulamasının yeterli olduğunu ve uygulanan elektrik alanın daha fazla arttırılmasının çimlenmeyi artırmadığı sonucuna varılmıştır (48).

Elektrik alanın yonca tohumlarının fide ve kök uzunluğuna etkisinin incelendiği bir çalışmada ise yonca tohumlarına 2.5 ve 5 saat 1, 3, 5, ve 7 V elektrik alan uygulanmıştır. 5 V- 5 saat ve 7 V- 2.5 saat proses edilen yonca tohumlarında en yüksek çimlenme gözlemlenirken kontrol tohumlarında en düşük çimlenme gözlemlenmiştir. En iyi kök uzunluğu ve en yüksek bitki ağırlığı 7 V- 2.5 saat proses edilen yonca tohumlarında gözlemlenmiştir. 1 V elektrik alan ile 2.5 ve 5 saat proses edilen yonca tohumları ile kontrol grubu arasında bir fark oluşturmamıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar elektrik alanın zararlı kimyasallar kullanılmadan çimlenmeyi ve ürün veriminin artırılabilceğini göstermiştir (49).

Elektrik alanın domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisinin incelendiği başka bir çalışmada tohumlar 4, 6, 8, 10 ve 12 kV/cm elektrik alana, 60 Hz frekansta 15, 30, 45 ve 60 s boyunca proses edilmiştir. Beş gün sonunda elektrik alan ile proses edilen domates tohumlarının çimlenme oranlarının yaklaşık 1.1-2.8 kat arttığı bulunmuştur. Ancak elektrik alanın 12 kV/cm ve 60 saniyeden fazla olması durumunda ise uygulanan prosesin domates tohumlarının çimlenmesi üzerinde engelleyici bir etkisi olduğu görülmüştür (50).

Yukarıda yapılan çalışmalardan da görüldüğü üzere AEA uygulamasının tohumların çimlenmesinde herhangi bir olumsuzluğa neden olmadığı görülmüştür. Fakat AEA teknolojisinin tohum yüzeyinde bulunan mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağladığına dair literatürde sınırlı çalışma bulunmaktadır. Ayrıca

AEA teknolojisinin tohumların çimlenme gücü, soğuk ve tuz stresi gibi koşullar altında çimlenme etkisini belirleyen çok az çalışma vardır. Özellikle aflatoksin üreten *Aspergillus parasiticus* hasat, işleme ve depolama sırasında her yıl büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Aflatoksin miktarını düşürmek için farklı çalışmalar olmakla birlikte AEA prosesinin etkileri konusunda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışmada hem tohum yüzeyindeki doğal mikroflora inaktivasyonunu ve aflatoksin üreten *A. parasiticus* inaktivasyonu sağlamak hem de tohumların soğuk, tuzluluk gibi farklı stres koşullarında çimlenme gücünü artırmak amaçlanmıştır. AEA teknolojisinin tohumculuk sektörü ve organik tarım uygulamaları için önemli olabileceği düşünülmektedir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Mısır, Buğday ve Salatalık Tohumları

Çalışmada kullanılan mısır (*Zea mays*), buğday (*Triticum aestivum* L.) ve salatalık (*Cucumis sativus*) tohumları Bolu İlindeki yerel tohumculardan temin edilmiştir. Elde edilen tohumların aynı üreticiden olmasına ve benzer fiziksel özelliklere (nem miktarı, boyut vb) sahip olmasına dikkat edilmiştir.

3.1.2 *Aspergillus parasiticus* Kültürü

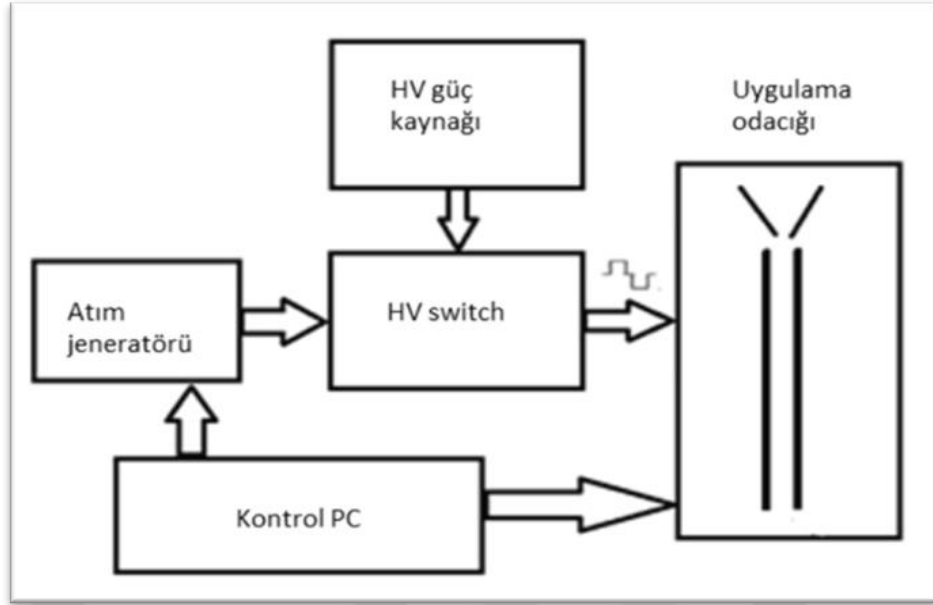
Aflatoksin üreten *Aspergillus parasiticus* kültürü, Çukurova Üniversitesi (Adana, Türkiye) tarafından sağlanmıştır. *A. parasiticus* kültürü yeast extract glucose chloramphenicol (YGC) yatık agardan YGC petri plakalarına aktarılıp 22–24°C'de 3–5 gün inkübe edilip sporulasyon düzenli olarak kontrol edilmiştir. Bu amaçla, Tween 20 (% 0.3 v/v) içeren 50 mL steril distile su aseptik olarak her bir plakaya ilave edilerek misellerden küf sporlarının ayrılması sağlanmıştır. Tohumların inokülasyonu için spor yükü, hemositometre kullanılarak hesaplanmıştır (51). Elli g tohum 5 mL *A. parasiticus* ile aşılarak 3-5 gün 22-24°C'de inkübe edilmiştir. *A. parasiticus* inoküle edilen tohumlardan 1 g tartılarak %0.9 (w/v) NaCl solüsyonu ile seri seyreltmeler hazırlanmış ve uygun seyreltiler yayma yöntemi ile YGC besiyerine ekilmiştir. Petriler 22-25°C'de 3-5 gün inkübe edilerek *A. parasiticus* miktarı log kob/g cinsinden ifade edilmiştir. Yüzde inhibisyon aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Formülde K, kontrol örneklerindeki *A. parasiticus* sayısı, AEA, proses edilen örneklerdeki *A. parasiticus* sayısını ifade etmektedir.

$$\% \text{ inhibisyon} = 1 - \left[\frac{AEA}{K} \right] * 100$$

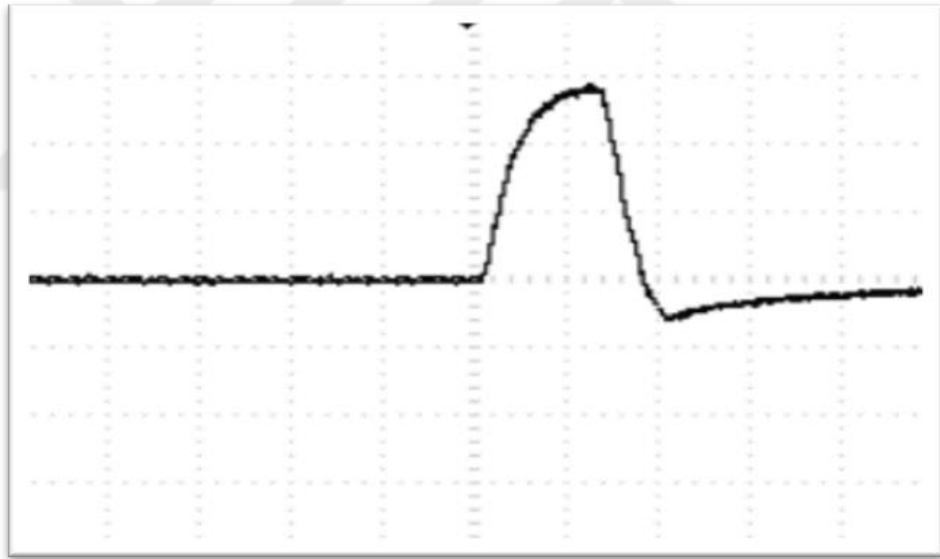
3.2 Yöntem

3.2.1 Pilot Ölçekli Atımlı Elektrik Alan Sistemi

AEA ünitesi atım jeneratörü, HV güç kaynağı, HV switch, kontrol PC uygulama odacığı ve konveyörden oluşmaktadır. Uygulama odacığının boyutları 200X350 olmakla birlikte paralel plate olarak adlandırılan iki adet paralel çelik elektrottan oluşmaktadır ve uygulama yapılacak tohumun tanecik büyüklüğüne göre iki plate arasındaki mesafe ayarlanmakta ve belirlenen elektrik alan parametreleri (frekans ve elektrik alan şiddeti) cihazda ayarlandıktan sonra uygulama odacıkları üzerine yüklenen tohumlar yerçekimi kuvveti etkisiyle düşey eksende iki paralel plate elektrot arasından geçerken belirlenen doz ve sürede elektrik alanına maruz kalmaktadır. İki elektrot arasında kalan hacimsel alanda havada iyonizasyonu sağlamak amacıyla UV lambası yerleştirilmiştir. HV güç kaynağı, atım jeneratörü, HV switch, PC kontrol ünitesi ve uygulama odacığı aynı ünite üzerinde konumlandırılmıştır (Şekil 3.1). Cihazda uygulama odacıklarına üstten besleme yapılmakta ve taşıyıcı bant vasıtasıyla (konveyör) proses edilecek tohumlar tek tabaka halinde uygulama odacıklarına iletilmektedir. Konveyör üzerinde hareket eden örnekler konveyörün ileri doğru ve titreşimli hareketiyle tek katmanlı olarak uygulama odacıklarına taşınmaktadır. Herhangi bir sisteme elektrik akımı verildiği zaman verilen elektrik akımının iletimi sağlayan iyonların varlığı şarttır. Bu nedenle, elektrik alanı uygulamaları daha çok yüksek asitli gıdalara uygulanmaktadır. Fakat, dizayn edilen sistemde elektrik alan oluşturulmaya çalışılan ortam hava ortamıdır ve havada elektrik akımını iletecek iyonlar mevcut değildir, bu nedenle havanın elektrik akımını iletecek duruma getirilmesi yani elektrik alanı oluşturulması gereklidir. Bu problem havanın iyonizasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Havanın iyonizasyonu elektrot düzeneğinin içine yerleştirilen UV lambası ile gerçekleştirilmiştir. Sistemin diğer önemli bir bileşeni uygulanacak atım şeklidir. Bu bağlamda tek kutuplu kare dalga boyu elektrik atımı (Şekil 3.2) kullanılmış ve bu tasarıma göre uygulanacak elektrik alan parametreleri belirlenmiştir.

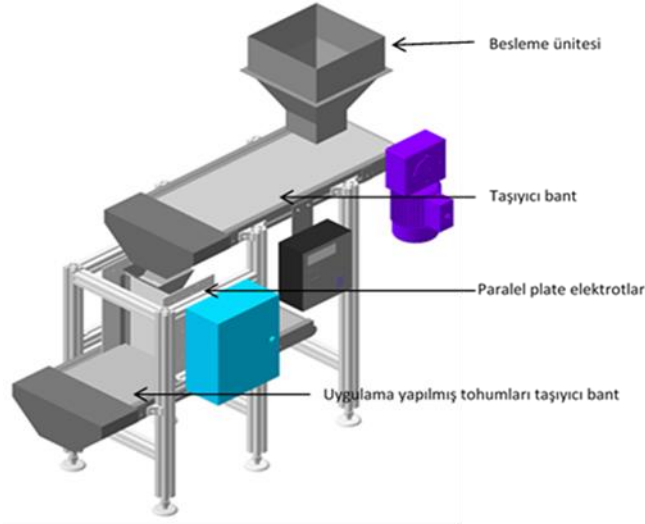


Şekil 3.1. AEA sisteminin dizaynı ve temel üniteleri



Şekil 3.2. Tek kutuplu kare dalga boyu

Pilot ölçekli AEA proses sistemi temel olarak partikül halindeki ürünlerin beslendiği titreşimli besleme ünitesi, taşıyıcı bant, paralel plate elektrotların yer aldığı uygulama odacığı ve uygulama yapılmış ürünlerin ambalajlama ünitesine taşınmasını sağlayan taşıyıcı banttandır (Şekil 3.3) oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Pilot ölçekli AEA sistemi

AEA sisteminin çalışma frekans aralığı 100-300 Hz arasında değişmekte olup, atım genişliği 1 μ s ve uygulanacak elektrik alan şiddeti 20 kV/cm'dir. Uygulama süresi 1 döngüde 0.267 saniye olarak hesaplanmıştır. Uygulama süresi aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır. Formülde t uygulama süresi (saniye), h uygulama odacığı yüksekliği (m), g yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2) olarak verilmiştir.

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Uygulanacak elektriksel alan gücü ise aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır. Formülde P güç (W), V voltaj (V), f frekans (Hz), C elektrik sığası (60 pF) olarak verilmiştir.

$$P = \frac{V^2 \times f \times C}{2}$$

Bir döngüde verilen enerji ise aşağıdaki formülle hesaplanmış olup E enerji (J), P güç (W), t uygulama süresi (s) olarak verilmiştir.

$$E = P \times t$$

Proje kapsamında test edilen tohumların fiziksel özellikleri farklı olduğu için uygulanan AEA proses parametreleri tohumların boyutu, nem miktarı gibi fiziksel özelliklerden dolayı farklılık göstermiştir. Buğday ve salatalık tohumlarında yapılan ön denemeler neticesinde tohumlara uygulanacak AEA proses parametreleri belirlenmiş ve Tablo 3.1'de belirtilen parametreler esas

alınmıştır. Oluşturulan yeni deneme dizaynında değişken olarak sabitlenmiş 4 farklı frekans değeri, 4 farklı döngü sayısı ve dolayısıyla 4 farklı uygulama süresi ve 16 farklı enerji seviyesi belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Buğday ve salatalık tohumlarına uygulanan AEA proses parametreleri

Döngü	110 Hz		140 Hz		160 Hz		180 Hz	
sayısı	t (s)	E (J)	t (s)	E (J)	t (s)	E (J)	t (s)	E (J)
1	2.47	1.07	2.47	1.36	2.47	1.92	2.47	2.16
3	7.42	3.21	7.42	4.08	7.42	5.76	7.42	6.48
5	12.37	5.35	12.37	6.80	12.37	9.60	12.37	10.8
8	19.78	8.55	19.78	10.88	19.78	15.36	19.78	17.28

Mısır daneleri fiziksel olarak buğday daneleri ve salatalık tohumlarından daha büyük ve ovale yakın olduğu için farklı AEA proses parametreleri altında proses edilmiş ve yapılan ön denemeler sonunda Tablo 3.2’de verilen proses parametreleri uygulanmıştır.

Tablo 3.2. Mısır danelerine uygulanan AEA proses parametreleri

Döngü	100 Hz		235 Hz		265 Hz		300 Hz	
sayısı	t (s)	E (J)	t (s)	E (J)	t (s)	E (J)	t (s)	E (J)
1	2.47	1.2	2.47	2.82	2.47	3.18	2.47	3.6
3	7.42	3.6	7.42	8.46	7.42	9.54	7.42	10.8
5	12.37	6.0	12.37	14.1	12.37	15.9	12.37	18.0
8	19.78	9.6	19.78	22.56	19.78	25.44	19.78	28.8

3.2.2 Mikrobiyolojik Analizler

3.2.2.1 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı

Tohumlarda doğal mikroflora inaktivasyonu amacıyla toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısındaki değişime bakılmış ve tohumlar %0.9 (w/v) NaCl solüsyonunda homojenize edilerek 1:9 oranında seri dilüsyonlar hazırlanıp bu dilüsyonlardan uygun olanları TAMB sayımı için Brain Heart Infusion (BHI) agara

yayma yöntemi ile ekilerek petriler 35°C’de 24 saat inkübasyona tabi tutulmuştur. Elde edilen sayım sonuçları log kob/g cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.2.2 Toplam Maya Küf (TMK) Sayımı

Tohumlarda doğal mikroflora inaktivasyonu amacıyla toplam maya küf (TMK) sayısındaki değişime bakılmış ve tohumlar %0.9 (w/v) NaCl solüsyonunda homojenize edilerek 1:9 oranında seri dilüsyonlar hazırlanıp bu dilüsyonlardan uygun olanları yeast extract glucose chloramphenicol agar (YGC) besiyerine yayma yöntemi ile ekilerek petriler 22-25°C’de 5-7 gün inkübe edilmiştir. Elde edilen sayım sonuçları log kob/g cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.2.3 *Aspergillus paraciticus* Sayımı

Aspergillus paraciticus kültürü ilk aşamada içlerinde YGC agar bulunan petrilere sürme yapılarak çoğaltılmış ve saf oldukları görüldükten sonra yine aynı besi yerinden hazırlanan kültürler deneylerde kullanılabilecek kadar yatık agarda (4°C) muhafaza edilmiştir. Deneylerden önce yatık agardan transfer edilen aktif kültürler YGC agar besiyerlerinde 22-24°C’ de 3 gün inkübe edilmiştir. Daha sonra tohumlar aktive edilen *A. paraciticus* kültürü ile 10^5 - 10^6 kob/g seviyesinde kontamine edilmiş ve kontamine tohumlara AEA uygulanmıştır. Daha sonra hem kontrol hem de AEA uygulanan tohumlar %0.9 (w/v) NaCl solüsyonunda homojenize edilerek 1:9 oranında seri dilüsyonlar hazırlanıp bu dilüsyonlardan uygun olanları *A. paraciticus* sayımı için YGC agara yayma yöntemi ile ekilerek petriler 22-24°C’ de 3 gün inkübasyona tabi tutulmuştur. Kontrol ve AEA uygulanan tohumlardaki *A. paraciticus* miktarı log kob/g olarak hesaplanmıştır.

3.2.3 Tohum Kalite Analizleri

3.2.3.1 Tohum partilerinin başlangıç canlılıklarının belirlenmesi

İki mm’lik kökçük çıkışı çimlenme kriteri olarak değerlendirilmiştir. Çimlenen fideler normal ve anormal olarak değerlendirilerek tohumlar nemlendirilmiş 20x20 cm ebadındaki kurutma kağıdı arasında, karanlık ortamda 25°C’de 8-14 gün tutulup ortalama çimlenme zamanının da belirlenebilmesi amacıyla günlük sayım yapılmıştır. Kağıt arasında kurulan denemelerde alta iki kat

kağıt üzerine tohum ve üzerine tekrar bir kat kağıt olacak şekilde yerleştirilip kağıtlar alt köşelerinden ~2 cm katlandıktan sonra rulo şeklinde sarılarak bu şekilde hazırlanan rulolar çimlendirme dolaplarına yerleştirilmiş ve her bir kağıdın nemlendirilmesinde 6 mL saf su kullanılıp enfeksiyonlara karşı kullanılan saf su içerisine %0.2'lik thiram ilave edilmiştir. Çimlenme oranları % olarak ifade edilmiştir.

3.2.3.2 Ortalama çimlenme oranı

Çimlendirme denemesi sırasında yapılan günlük sayımlardan elde edilen değerlerle aşağıdaki formülden yararlanılarak gün olarak hesaplanmıştır (52, 53). Formülde; *OÇO* ortalama çimlenme süresi, *n* D günde çimlenen tohum sayısı, *D* çimlenme başlangıcından itibaren geçen günü ifade etmektedir.

3.2.3.3 Normal fide oranı

Çimlendirme denemesinin sonunda oluşan fideler normal (kök ve sürgün iyi gelişmiş) ve anormal (kırılma, camsı yapı vs.) olarak ayırt edilip normal çimlenme gösterenlerin miktarı % olarak verilmiştir (53, 54).

3.2.3.4 Elektriksel iletkenlik

Her bir türe ait tohum partilerinde 2x50 (tekerrür/adet) tohum kullanılıp başlangıç ağırlıkları alınan tohumlar taban çapı 8 cm olan 350 mL'lik plastik kavanozlara konularak üzerine 250 mL saf su ilave edilmiştir. Kullanılan suyun elektriksel iletkenliğinin 5 µS/cm'den yüksek olmaması gerekmektedir. Daha sonra kavanozlar 20°C'de çalışan iklim dolaplarına yerleştirilerek üç farklı sürede (4, 8 ve 24 saat) ölçümler gerçekleştirilmiştir. Belirtilen süreler sonunda iklim dolaplarından çıkarılan tohumlarda, sızıntı miktarını belirleyebilmek için elektriksel iletkenlikleri ölçülmüştür. Yapılan okumalar sonucunda elektriksel iletkenlik değerleri aşağıdaki formülde yerine konularak tohum partilerinin elektriksel iletkenlik değerleri belirlenmiştir.

$$\text{elektriksel iletkenlik} \left(\frac{\mu S}{cmg} \right) = \frac{\text{örneklerin } E\dot{I} - \text{saf suyun } E\dot{I}}{\text{başlangıç tohum ağırlığı}}$$

3.2.3.5 Soğuk test

Soğuk test için torf kullanılıp torf 40×20 cm ebadındaki 2 kurutma kağıdı üzerine 200 g torf serilerek 35 mL su ile nemlendirildikten sonra hazırlanan bu alt katman üzerine tohumlar sıralanmıştır. Daha sonra üzerleri 2 kat kurutma kağıdı ile örtülüp rulo halinde sarılıp kilitli buzdolabı poşetleri içerisinde buzdolabına yerleştirilmiştir. Ağız kilitli poşetlere yerleştirilen tohum partileri testin birinci safhasında 10°C, 7 gün, ikinci safhasında 25°C’de, 5 gün tutulduktan sonra sayım yapılmıştır (53).

3.2.3.6 Tuzluluk stresi çıkış testi

Bu amaçla NaCl (sodyum klorür) kullanılmış ve 1 L saf suya 5.84 g (10.8 µS/cm iletkenlik) ve 11.64 g (19.8 µS/cm iletkenlik) NaCl ilave edilerek, 100 ve 200 mM olmak üzere iki farklı tuzluluk seviyesi sağlanmıştır. Hazırlanan kaplara tohumlar ~4 cm derinlikte olacak şekilde ekim yapılarak iklim dolabına yerleştirilmiş ve ilk sulamada 100 mL ile daha sonra günlük 50 mL tuzlu su ile yapılıp çıkışlar günlük olarak sayılmıştır (53). Denemelerde mısır ve salatalıkta 12 tohum, buğday için 30 tohum kullanılmış olup sonuçlar % çıkış olarak hesaplanmıştır.

3.2.4 Veri Analizi

Tüm istatistiksel veri analizleri $p < 0.05$ önem seviyesinde MINITAB (Versiyon 16.2.9 State Collage, PA) programı kullanarak gerçekleştirilmiştir. Elektrik alan kuvveti, işlem süresi ve elektrik alan enerjisi açıklayıcı değişkenler olarak seçilmiş olup Tek yönlü varyans analizini (ANOVA) takiben Tukey çoklu kıyaslama testleri kullanılarak seçilen fiziksel özellikler ve mikrobiyel inaktivasyona ait yanıt değişkenlerinin her biri için kontrol örnekleri hariç 16 AEA enerji seviyesinin bir fonksiyonu olarak istatistiksel açıdan anlamlı farkların olup olmadığı belirlenmiştir. Uygun olan yanıt değişkenleri için linear ANOVA ve genel linear model (ANOVA-GLM) modelleri çıkarılmıştır.

Kademeli seçim yöntemi ile en iyi uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon (MNLR) modelleri inşa edilerek 3 kestirici ve onların etkileşim terimlerinin bir fonksiyonu olarak yanıt değişkenindeki değişim hızları tahmin edilmiştir.

Kestiricinin modele dâhil veya modelden hariç bırakılmasında anlam seviyesi (p) olarak $p < 0.05$ benimsenmiştir. İnşa edilen regresyon modelleri aşağıdaki genel formda ifade edilebilir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

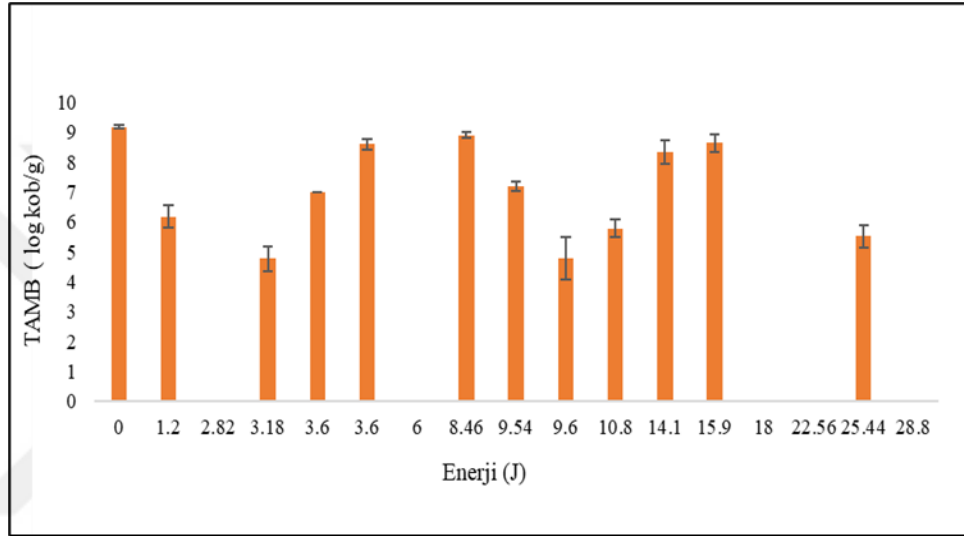
Y yanıt değişkenini; β_0 keseni; ve β_1 ile n kestiricideki bir birimlik artışa karşılık gelen yanıt değişkenindeki ortalama değişim hızını ifade eden eğim katsayılarını göstermektedir. Eğim katsayılarının işaretleri pozitif (doğrudan) veya negatif (ters) yönde nedensellik ilişkisinin olduğunu göstermektedir. X_1 ile n açıklayıcı (kestirici) değişken sayısını; ve ε rassal hatayı belirtmektedir. Modellerin uyum iyiliğinin belirlenmesi için düzenlenmiş belirleme katsayısı (R_{adj}^2); tahmin gücünün belirlenmesi için birer-kez-dışarda-bırakma çapraz validasyonu (R_{pred}^2); isabetlilik için standart hata; otokorelasyon için Durbin–Watson istatistiği (D–W); ve çoklu doğrudanlık için varyasyon enflasyon faktörü (VIF) kullanılmıştır.

Yanıt değişkenlerinin bileşik optimizasyonu (en iyilemesi), en iyi uyumlu MNLR modeline, yanıt değişkenlerine ait hedef fonksiyonlarına, 3 operasyonel koşula (uygulama süresi, frekans ve enerji) ve kompozit istenebilirlik fonksiyonuna (D) dayandırılmıştır. D değeri bireysel istenebilirlik fonksiyonlarının (d) geometrik ortalamasıdır. Bileşik optimizasyon için en iyi 3 optimum çözüm sunulmuştur. Hedef fonksiyonları için yanıt değişkeninin özelliğine göre minimum, maksimum ve hedef olarak benimsenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Mısır Danelerinin Mikrobiyolojik Özellikleri ve Tohum Kalitesi Üzerine Etkisi

4.1.1 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Mısır Danelerinin Yüzeyindeki Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Üzerine Etkisi



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.1. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) inaktivasyonu

AEA uygulamalarının mısır danelerinin doğal mikroflorasında bulunan TAMB inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Uygulamalarının hepsi kontrol mısır danelerinin TAMB sayılarında azalma sağlanmıştır. Kontrol mısır danelerinin TAMB sayısı 9.18 ± 0.06 log kob/g seviyesinde iken 8.46 J uygulama dışında diğer bütün uygulamalar istatistiksel olarak önemli miktarda azalma sağlamışlardır. 6.00, 2.82, 22.56, 18.00, ve 28.80 J uygulamalardan sonra 10^{-1} dilüsyonda hiç koloni tespit edilmemiştir. Dolayısıyla mısır danelerinde TAMB sayısında 9.18 log kob/g seviyesinde bir azalma sağlanmıştır ($p < 0.05$) (Tablo 4.2).

Yapılan bir çalışmada toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) azaltmak için lahana maydanoz ve soğan tohumlarına 50 ve 200 Hz frekansta 12 kV/cm

elektrik alan uygulanmıştır. Lahana tohumlarının başlangıç TMAB sayısı 4.66 ± 0.46 log kob/mL iken bu oran 50 ve 200 Hz frekansta AEA uygulaması ile 4.46 ± 0.22 ve 4.44 ± 0.12 log kob/mL'ye indirilmiştir. Maydanoz tohumlarının başlangıç TMAB sayısı 4.82 ± 0.32 log kob/mL iken, 50 ve 200 Hz frekansta AEA uygulaması ile bu oran sırasıyla 3.49 ± 0.22 ve 3.31 ± 0.16 log kob/mL azalması ile sonuçlanmıştır. Aynı şekilde soğan tohumlarının başlangıç TMAB sayısı 6.08 ± 0.18 log kob/mL iken 50 ve 200 Hz frekansta elektrik alan uygulanması ile bu oran sırasıyla 5.86 ± 0.08 ve 5.48 ± 0.12 log kob/mL azalma ile sonuçlanmıştır (30).

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde TAMB sayısı üzerindeki etkilerine ANOVA-general linear model analizi ile bakılmıştır ve sonuçlar Tablo 4.1'de gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinin TAMB inaktivasyonu üzerinde sadece uygulama süresi ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.72 ve 0.58 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.1. AEA uygulanmış mısır danelerinde TAMB (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	133.48	44.495	6.40	0.002
Frekans	3	57.38	19.126	2.75	0.059
Uygulama süresi*frekans	9	372.68	41.409	5.96	0.000
Hata	32	222.44	6.951	-	-

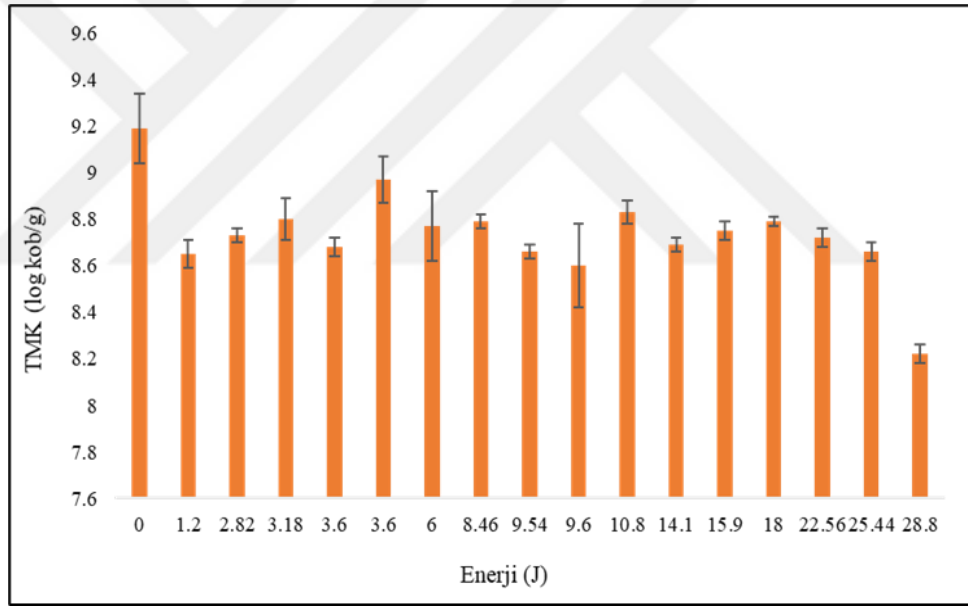
Tablo 3.2. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde TAMB, TMK ve *A. parasiticus* inaktivasyonu, ortalama çimlenme oranı ve soğuk test etkisi

Enerji (J)	Canlı mikroorganizma sayısı (log kob/g)			Ortalama çimlenme oranı (%)		Normal fide oranı (%)	Soğuk test (%)	
	TAMB	TMK	<i>Aspergillus parasiticus</i>	2. gün	3. gün		10°C 7 gün	25°C 5 gün
0.00	9.18±0.06 ^a	9.19±0.15 ^a	8.35±0.05 ^a	61.11±1.92 ^{bc}	88.89±1.92 ^c	78.77±1.73 ^e	0.00±0.00 ^b	62.22±1.92 ^{ab}
1.20	6.19±0.37 ^d	8.65±0.06 ^b	7.82±0.05 ^b	72.22±8.39 ^{abc}	97.78±1.92 ^{ab}	86.40±3.17 ^{de}	0.00±0.00 ^b	73.33±0.00 ^{ab}
2.82	0.00±0.00 ^e	8.73±0.03 ^b	7.42±0.06 ^{efg}	58.89±5.09 ^c	96.67±3.33 ^{ab}	91.87±4.16 ^{abcd}	0.00±0.00 ^b	85.56±1.92 ^{ab}
3.18	4.77±0.41 ^d	8.80±0.09 ^b	7.46±0.04 ^{defg}	70±3.33 ^{abc}	93.33±0.00 ^{bc}	100±0.00 ^c	0.00±0.00 ^b	86.67±0.00 ^{ab}
3.60	7.00±0.00 ^c	8.68±0.04 ^b	7.77±0.04 ^{bc}	71.11±1.92 ^{abc}	100±0.00 ^a	90.00±0.00 ^{abcd}	0.00±0.00 ^b	80.00±0.00 ^b
3.60	8.60±0.16 ^b	8.97±0.10 ^b	7.69±0.05 ^{bcde}	68.89±7.71 ^{abc}	98.89±1.92 ^a	97.78±1.92 ^{abc}	0.00±0.00 ^b	86.67±0.00 ^a
6.00	0.00±0.00 ^e	8.77±0.15 ^b	7.58±0.16 ^{bcdef}	70±12.02 ^{abc}	100±0.00 ^a	93.33±3.33 ^{abcd}	0.00±0.00 ^b	78.89±3.85 ^{ab}
8.46	8.91±0.10 ^{ab}	8.79±0.03 ^b	7.53±0.10 ^{bcdef}	70±3.33 ^{abc}	96.67±3.33 ^{ab}	96.63±3.33 ^{abc}	0.00±0.00 ^b	84.44±1.92 ^{ab}
9.54	7.20±0.17 ^c	8.66±0.03 ^b	7.52±0.07 ^{cdef}	73.33±3.33 ^{abc}	92.22±1.92 ^{bc}	95.15±4.20 ^{abcd}	0.00±0.00 ^b	86.67±0.00 ^{ab}
9.60	4.77±0.71 ^d	8.60±0.18 ^b	7.73±0.02 ^{bcd}	84.44±5.09 ^a	96.67±0.00 ^{ab}	89.66±0.00 ^{cd}	2.22±1.92 ^a	86.67±0.00 ^a
10.80	5.78±0.30 ^e	8.83±0.05 ^b	7.49±0.08 ^{cdef}	65.56±7.71 ^{abc}	100±0.00 ^a	92.22±1.92 ^{abcd}	0.00±0.00 ^b	86.67±0.00 ^{ab}
14.10	8.34±0.40 ^b	8.69±0.03 ^b	7.44±0.07 ^{efg}	76.67±6.67 ^{abc}	96.67±3.33 ^{ab}	90.88±3.65 ^{bcd}	0.00±0.00 ^b	80.00±0.00 ^{ab}
15.90	8.65±0.30 ^b	8.75±0.04 ^b	7.67±0.08 ^{bcde}	73.33±3.33 ^{abc}	95.56±1.92 ^{ab}	97.66±2.03 ^{abc}	2.22±1.92 ^a	85.56±1.92 ^a
18.00	0.00±0.00 ^e	8.79±0.02 ^b	7.67±0.04 ^{bcde}	72.22±8.39 ^{abc}	96.67±3.33 ^{ab}	98.89±1.92 ^{ab}	0.00±0.00 ^b	90.00±3.33 ^{ab}
22.56	0.00±0.00 ^e	8.72±0.04 ^b	7.55±0.12 ^{bcdef}	63.33±3.33 ^{bc}	97.78±1.92 ^{ab}	89.77±3.45 ^{cd}	0.00±0.00 ^b	84.44±1.92 ^{ab}
25.44	5.53±0.38 ^e	8.66±0.04 ^b	7.2±0.06 ^g	75.56±5.09 ^{abc}	96.67±0.00 ^{ab}	89.66±0.00 ^{cd}	0.00±0.00 ^b	84.44±3.85 ^{ab}
28.80	0.00±0.00 ^e	8.22±0.04 ^b	7.37±0.04 ^{fg}	80.00±6.67 ^{ab}	97.78±1.92 ^{ab}	96.59±0.07 ^{abc}	2.22±1.92 ^a	92.22±1.92 ^a

Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$). Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

4.1.2 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Mısır Danelerinin Yüzeyindeki Toplam Maya ve Küf Üzerine Etkisi

Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde toplam maya küf (TMK) inaktivasyonu Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Mısır danelerinin yüzeyindeki toplam maya ve küf (TMK) sayısındaki azalma incelendiğinde kontrol örneklerinde 9.19 ± 0.15 log kob/g seviyesinde olan TMK sayısında bütün AEA uygulamaları sonrasında önemli derecede azalma tespit edilmiştir. TAMB’deki azalmanın aksine TMK sayısında daha az azalma tespit edilmiş olup uygulanan enerjinin en yüksek olduğu 28.80 J AEA prosesi ile başlangıç TMK sayısı 8.22 ± 0.04 log kob/g seviyesine kadar düşürülmüş ve 0.97 log kob/g azalma sağlanmıştır ($p < 0.05$) (Tablo 4.2).



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.2. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde toplam maya küf (TMK) inaktivasyonu

Yapılan bir çalışmada kara lahana tohumlarına nem oranı %6, 10.5 ve 15’e ayarlanarak 16.4 kV/cm elektrik alan şiddetinde 50, 170, ve 290 Hz frekansta ve 60, 240, ve 420 μ s uygulama süreleri kullanılarak proses edilmiş ve AEA uygulamaları sonrasında mikrobiyolojik çalışmalarda elde edilen sonuçlar toplam maya küf sayısı üzerinde en yüksek inaktivasyonun %15 nem içeriğine sahip

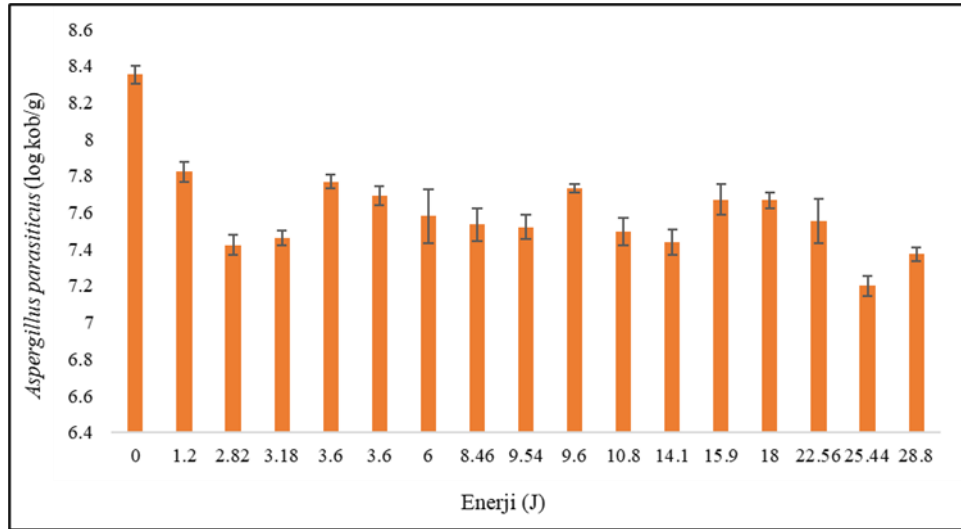
tohumlara 170 Hz frekansın 420 µs süre uygulanması ile sağlandığı görülmüş ve tohum yüzeyinin mikrobiyal yükünde 1.28 log kob/g azalma tespit edilmiştir (55).

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde başlangıç TMK sayısındaki azalma üzerine etkileri Tablo 4.3’de özetlenmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinde TMK inaktivasyonu üzerine uygulama süresi ve uygulama süresi-frekans etkileşimi etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} adj değerleri sırasıyla 0.65 ve 0.52 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.3 AEA uygulanmış mısır danelerinde TMK (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	1	0.066734	0.066734	11.63	0.002
Frekans	3	0.168435	0.056145	9.78	0.289
Uygulama süresi*frekans	9	0.129724	0.014414	2.51	0.025
Hata	34	0.195127	0.005739	-	-

4.1.3 Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Yüzeyine İnoküle Edilen *Aspergillus parasiticus* Sayısı Üzerine Etkisi



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.3. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde *Aspergillus parasiticus* (log kob/g) inaktivasyonu

Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde *A. parasiticus* inaktivasyonu Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Kontrol örneklerinde başlangıç *A. parasiticus* sayısı 8.35 ± 0.05 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan AEA uygulamaları ile 1.20 J uygulama sonrasında *A. parasiticus* sayısı 7.82 ± 0.05 log kob/g'a indirgenirken en fazla inaktivasyon 25.44 J enerji uygulanan örneklerde görülmüş olup, uygulama sonrası *A. parasiticus* sayısı 7.20 ± 0.06 log kob/g seviyesine kadar düşürülmüştür. Yapılan bütün AEA prosesleri başlangıç *A. parasiticus* sayısında istatistiksel olarak önemli miktarda azalma sağlamıştır ($p < 0.05$) (Tablo 4.2).

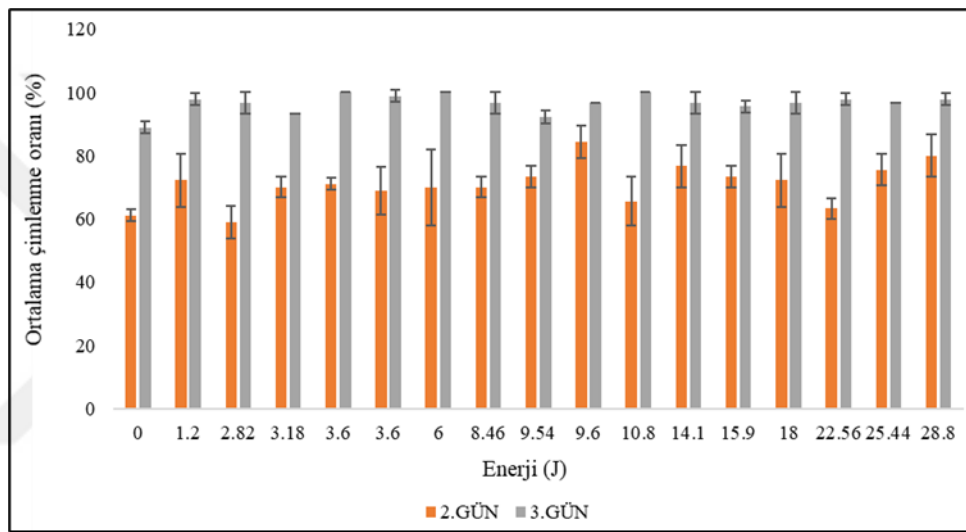
Yapılan bir çalışmada YES medium (yeast extract sucrose) besiyeri *Aspergillus flavus* ile aşılanmış ve 100, 200, 300, 400 ve 500 Hz frekansta elektrik alan uygulanmıştır. Sonuçlar, *A. flavus* ile aşılanan ortamının farklı frekansta elektrik alana maruz bırakılmasının, toplam aflatoksin miktarlarının (B1 ve G1) kontrol örneklerine göre azaldığını göstermiştir. En az azalma yüzdesi ise 400 Hz frekansta %5.9, 500 Hz frekansta %19.9 iken; en yüksek azalma yüzdesi hem 100 hem de 200 Hz frekansta %37.2 olarak bulunmuştur. Ayrıca *A. flavus* ile inoküle edilen mısır tanelerine 500+600+700+800 Hz frekansta toplam 8 saat AEA uygulanarak 25°C'de 21 gün inkübasyona bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlar, *A. flavus* ile inoküle edilen mısır tanelerinin *A. flavus* ile aşılanmamış kontrol mısır tanelerine kıyasla aflatoksin miktarı azalmıştır. *A. flavus* inoküle edilen mısır tanelerinin 800+700+600+500 Hz frekansta elektrik alana maruz bırakılmasının kontrole kıyasla aflatoksin (B1, B2, G1 ve G2) miktarında %12.36 azalma sağladığını göstermiştir. Doğal enfekte mısır tanelerinin ise 800+700+600+500 Hz frekansta elektrik alana maruz bırakılması aflatoksin üretimini (B1, B2, G1 ve G2) kontrole kıyasla yaklaşık %21.16 azalttığı gözlemlenmiştir (56).

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde *A. parasiticus* sayısındaki azalma üzerine etkileri Tablo 4.4'de özetlenmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinde *A. parasiticus* inaktivasyonunda uygulama süresinin, frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.797 ve 0.703 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. AEA uygulanmış mısır danelerinde *A. parasiticus* (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.1444	0.048136	5.08	0.005
Frekans	3	0.5080	0.169320	17.85	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	0.5460	0.060671	6.40	0.000
Hata	32	0.3035	0.009483	-	-

4.1.4 Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Ortalama Çimlenme Oranı Üzerine Etkisi



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.4. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde ortalama çimlenme oranı

Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinin OÇO 2 ve 3 günlerde takip edilmiştir ve sonuçlar Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Kontrol örneklerinin OÇO 2 ve 3 günlerde 61.11 ± 1.92 ve 88.89 ± 1.92 olarak tespit edilmiş olup, AEA uygulanan örneklerde 2. günde en düşük çimlenme oranı 2.82 J uygulamadan sonra 58.89 ± 5.09 iken, en yüksek çimlenme oranı 9.60 J uygulama sonunda 84.44 ± 5.09 olarak ölçülmüştür. Çimlenmenin takip edildiği 3. gün sonunda AEA ile proses edilen tohumlarda en düşük çimlenme oranı 92.22 ± 1.92 ile 9.54 J uygulama sonunda elde edilmişken, en yüksek OÇO ise 100 ± 0.00 ile 3.60, 6.00, ve 10.80 J uygulamalar sonunda elde edilmiştir. AEA ile proses edilen örneklerin

OÇO kontrol örneklerinden yüksek olmakla birlikte özellikle 3. gün çimlenen mısır danesi oranı 2. gün çimlenen dane oranından ve her ikisi de kontrol örneklerinin çimlenme oranlarından yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.2).

Yapılan bir çalışmada elektromanyetik alanın mısır danelerinin çimlenme ve büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla birinci grup mısır tohumları 24 saat 23 ± 2 °C’de 1 mL su/tohum oranında saf suya bekletilmiş, ikinci grup mısır tohumları ise hiçbir işlem yapılmadan 3 dakika boyunca 2, 4 ve 6 mT elektromanyetik alana maruz bırakılmıştır. Sonuçlar saf suda 24 saat bekletilen birinci grup mısır danelerine 3 dakika 4 mT elektromanyetik alan uygulamasının mısır danelerinin çimlenme yüzdesini kontrol tohumlarına kıyasla %2-3'lük bir gelişme, kök uzunluğunda ise %23-30'luk bir artış göstermiştir (57).

Yapılan başka bir çalışmada ise farekulağı teresi (*Arabidopsis thaliana*) tohumları 5, 10, 15 ve 20 kV/cm elektrik alan, 10 ns (nanosaniye) ve 5 Hz frekansta proses edilmiş ve tohumların yaprak büyüklükleri kıyaslanmıştır. Proses edilen tohumların ekiminden iki hafta sonra yapılan ölçümler 5, 10, 15 ve 20 kV/cm elektrik alan uygulanan tohumların kontrole kıyasla sırasıyla %65, 80, 60 ve 70 oranında arttırdığı sonucuna varılmıştır (58).

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde 2. güne ait ortalama çimlenme oranı üzerine etkileri Tablo 4.5’de özetlenmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinde sadece uygulama süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.519 ve 0.293 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.5. AEA uygulanmış mısır danelerinde 2. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	472.9	157.64	3.21	0.036
Frekans	3	352.5	117.52	2.39	0.087
Uygulama süresi*frekans	9	870.6	96.73	1.97	0.077
Hata	32	1570.4	49.07	-	-

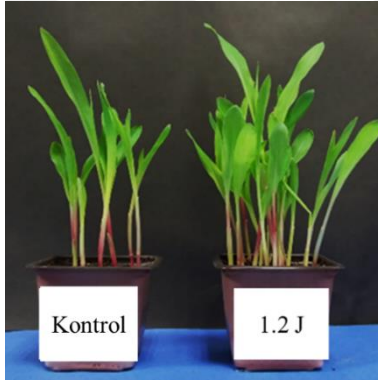
AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde 3. güne ait ortalama çimlenme oranı üzerine etkileri Tablo 4.6’de özetlenmiştir. ANOVA sonuçlarına

göre, mısır danelerinde sadece frekansın etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Uygulama süresi ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.616 ve 0.436 olarak hesaplanmıştır.

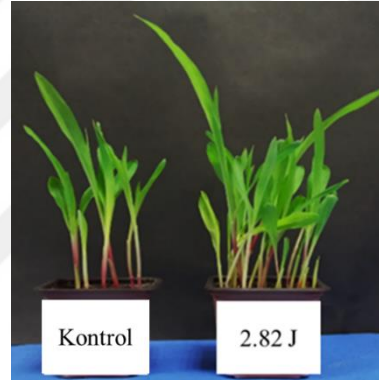
Tablo 4.6. AEA uygulanmış mısır danelerinde 3. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	2.778	0.9259	0.22	0.880
Frekans	3	130.556	43.5185	10.44	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	80.556	8.9506	2.15	0.054
Hata	32	133.333	4.1667	-	-

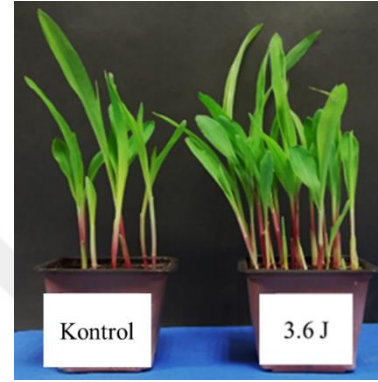
Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinin normal koşullar altında fide oluşumunu gözlemlemek amacıyla tohumlar 8x8x8 cm boyutlarındaki fidan yetiştirme kaplarına ekilmiştir. Fotoğraf 4.1 ve Fotoğraf 4.2’de kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinin normal koşullar altında fide oluşumu gösterilmiştir. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında farklı enerji seviyelerinde AEA ile proses edilen danelerde çimlenmenin daha fazla olduğu, çimlenen filizlerin sayıca daha fazla olduğu, daha uzun ve gür oldukları gözlenmiştir.



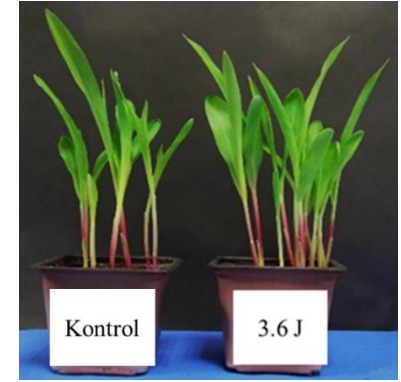
Kontrol ve 1.20 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



Kontrol ve 2.82 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



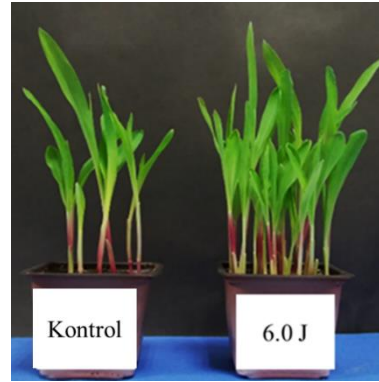
Kontrol ve 3.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



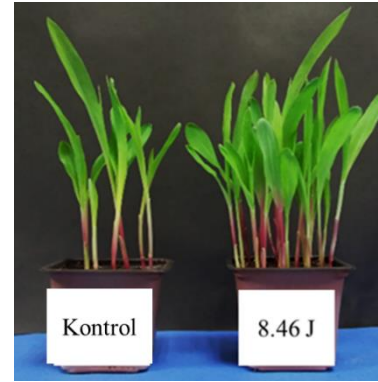
Kontrol ve 3.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



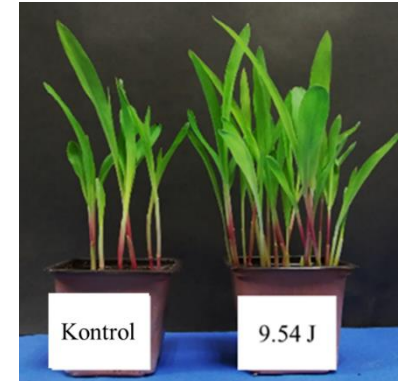
Kontrol ve 3.18 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



Kontrol ve 6.00 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

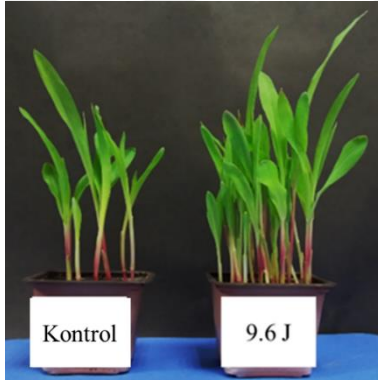


Kontrol ve 8.46 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

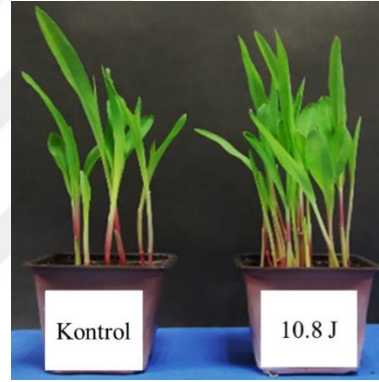


Kontrol ve 9.54 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

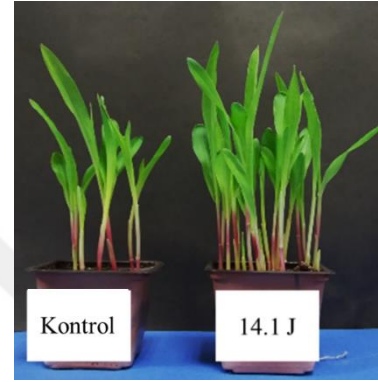
Fotoğraf 4.1. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde fide oluşumu



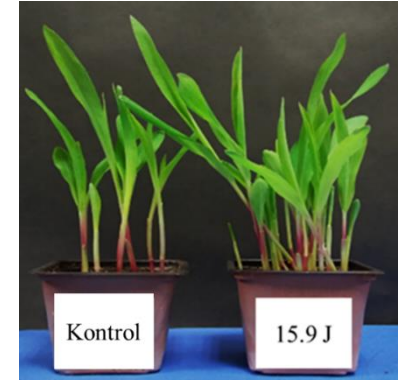
Kontrol ve 9.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



Kontrol ve 10.80 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



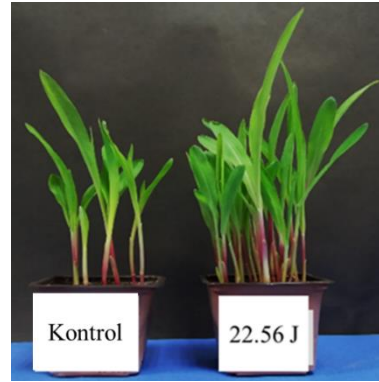
Kontrol ve 14.10 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



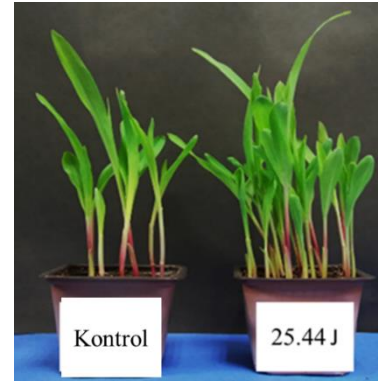
Kontrol ve 15.90 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



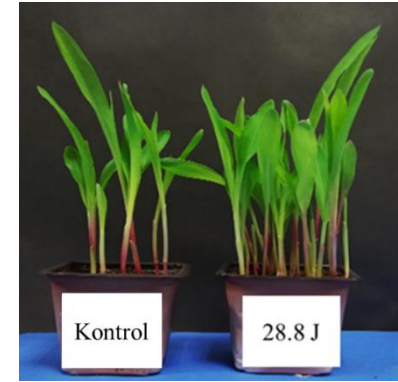
Kontrol ve 18.00 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



Kontrol ve 22.56 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



Kontrol ve 25.44 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

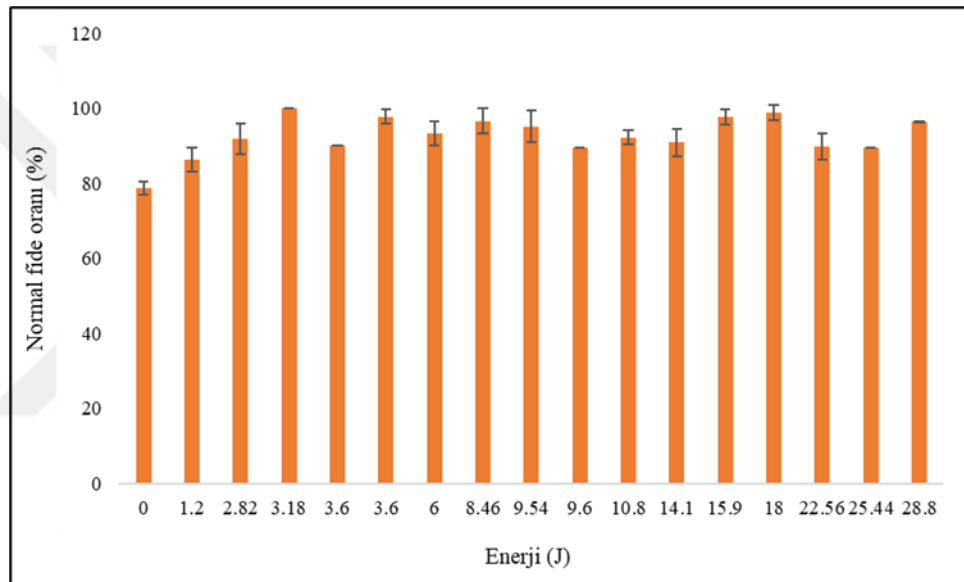


Kontrol ve 28.80 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

Fotoğraf 4.2. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde fide oluşumu

Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Normal Fide Oranı Üzerine Etkisi

Kontrol ve AEA uygulanan mısır danelerinde normal fide oranı incelendiğinde kontrol örneklerinde 78.77 ± 1.73 olan normal fide oranının AEA ile proses edilen danelerde 1.20 J uygulama yapılan danelerde en düşük oranla 86.40 ± 3.17 iken, 3.18 J uygulama sonunda 100.00 'e kadar çıkmıştır (Şekil 4.5). Kontrol örnekleri ile kıyaslandığında AEA ile proses edilen örneklerde normal fide oranı istatistiksel olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.2).



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.5. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde normal fide oranı

Yapılan başka bir çalışmada ise mısır daneleri 15, 45, 80 ve 150 saniye boyunca 2, 4, 9 ve 14 kV elektrik alan ile proses edilmiştir. Elektrik alan yoğunluğunun 9 kV/m'ye çıkarılmasının ortalama çimlenme süresini artırdığı sonucuna varılmıştır. Elektrik alan yoğunluğunun 2'den 9 kV/m'ye çıkarılmasıyla çimlenme oranında önemli bir artış elde edilmiş, fakat elektrik alan yoğunluğunun daha fazla artışı çimlenme oranında azalmaya neden olmuştur. Ayrıca, uygulama süresinin artışı ile kök uzunluğunda azalma meydana gelmiştir (59).

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde normal fide oranı değerleri üzerine etkisi Tablo 4.7’de gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinin normal fide oranı değerleri üzerine sadece frekansın etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.51 ve 0.41 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.7. AEA uygulanmış mısır danelerinde normal fide oranı (%) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	89.38	29.795	2.49	0.075
Frekans	1	188.56	188.555	15.73	0.000
Frekans*frekans	1	19.18	19.176	1.60	0.213
Uygulama süresi*frekans	3	88.40	29.465	2.46	0.077
Hata	39	467.54	1.988	-	-

Mısır danelerinin çimlenme kabiliyeti incelediğinde ise kontrol ve AEA ile proses edilen örneklerde uygulanan enerji seviyesinin çimlenme ve kök oluşumunda etkili olduğu görülmektedir. Fotoğraf 4.3 ve Fotoğraf 4.4’de kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinin normal koşullar altında kök oluşumu gösterilmiştir. Kontrol mısır danelerinde kök oluşumu daha zayıf iken, AEA uygulanmış mısır daneleri daha çok çimlenmiş ve kök oluşumunun daha kuvvetli olduğu görülmüştür. Ayrıca kök saçaklarının daha uzun ve daha kabarık olduğu görülmüştür.



Kontrol

Kontrol
danelerinde
oluşumu



1.2 J

1.20 J AEA uygulanan
mısır danelerinde kök
oluşumu



2.82 J

2.82 J AEA uygulanan
mısır danelerinde kök
oluşumu



3.6 J

3.60 J AEA uygulanan
danelerinde kök
oluşumu



3.6 J

3.60 J AEA uygulanan
danelerinde kök
oluşumu



3.18 J

3.18 J AEA uygulanan
danelerinde kök
oluşumu



6.0 J

6.00 J AEA uygulanan
danelerinde kök
oluşumu



8.46 J

8.46 J AEA uygulanan
danelerinde kök
oluşumu



9.54 J

9.54 J AEA uygulanan
mısır danelerinde kök
oluşumu



9.6 J

9.60 J AEA uygulanan
mısır danelerinde kök
oluşumu

Fotoğraf 4.3. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde kök oluşumu



10.8 J AEA uygulanan mısır danelerinde kök oluşumu



14.1 J AEA uygulanan mısır danelerinde kök oluşumu



15.9 J AEA uygulanan mısır danelerinde kök oluşumu



18.0 J AEA uygulanan danelerinde kök oluşumu



22.56 J AEA uygulanan mısır danelerinde kök oluşumu



25.44 J AEA uygulanan mısır danelerinde kök oluşumu



28.8 J AEA uygulanan mısır danelerinde kök oluşumu

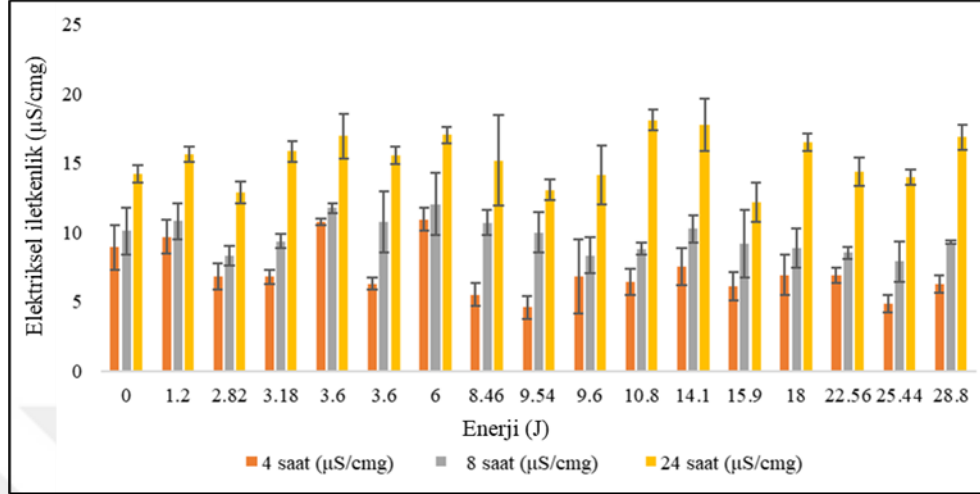
Fotoğraf 4.4. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde kök oluşumu

4.1.5 Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Elektriksel İletkenliği Üzerine Etkisi

Hücrelerde meydana gelen morfolojik değişimlerin tespitine yönelik birçok yöntem bulunmakla birlikte en kolay ve basit yöntem elektrik iletkenliğin tespitidir. Hücre içi maddelerin hücre dışına sızması ile yani elektroporasyonun artması ile hücrenin bulunduğu ortamın iletkenliği artmaktadır. Tohumlardaki elektrik iletkenliğin ölçülmesinin nedeni hücrede meydana gelen elektroporasyon hakkında fikir sahibi olmaktır. Bakteri hücrelerinde hücre membranı bitki hücrelerine kıyasla daha ince olduğu ve yapısal olarak daha çok protein, lipid ve karbonhidrat içerdiği için AEA ile bakteri hücre membranının destabilizasyonu daha kolay gerçekleşmekte ve elektrik iletkenlikteki değişim daha kısa sürede görülmektedir. Tohumlarda hücre membranı daha kompleks ve rijid yapıda olduğu için membranda meydana gelen değişimlerin ve buna bağlı olarak elektrik iletkenlikte meydana gelen değişimlerin uygulamalardan hemen sonra gözlenmesi beklenmemektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında EI değerleri 4, 8 ve 24 saat sonra ölçülmüştür. Tohumlarla yapılan çalışmalarda AEA uygulamalarının tohumlarda elektrik iletkenlik üzerine etkisi konusunda çok fazla çalışma bulunmadığından kesin olarak bir sonuca varmak mümkün değildir. Bununla birlikte, tez kapsamında elde edilen sonuçlar membran yapısına bağlı olarak AEA'nın etkisini açıklar niteliktedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde hücre zarında oluşan porların 24 saat sonra daha da büyüdüğü ve hücre dışına sızan hücre içi materyalin daha fazla olduğu ve dolayısıyla iletkenlikte artış olduğu tahmin edilmektedir.

Uygulanan enerjiye bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerlerinde değişim meydana gelmiş ve bazı uygulamalarda elektriksel iletkenlik değerleri kontrol örneklerinden yüksek iken, bazı uygulamalarda ise AEA uygulanmış örneklerin elektriksel iletkenlik değerleri daha düşüktür (Şekil 4.6). Dolayısıyla AEA uygulamalarının elektriksel iletkenlik değerleri üzerindeki etkileri farklı şekilde ortaya çıkmaktadır. Elektriksel iletkenlik değerleri kontrol edildiğinde örneklerin elektriksel iletkenlik değerleri üzerinde AEA prosesinden ziyade sürenin daha etkin olduğu görülmüştür. Şöyle ki, kontrol ve AEA ile proses edilen mısır danelerinde 4, 8 ve 24 saat sonunda elektriksel iletkenlikte önemli bir fark görülmezken, 24 saat sonundaki elektriksel iletkenlik değerleri 8 saat sonundaki elektriksel iletkenlik

değerlerinden 8 saat sonundaki elektriksel iletkenlik değerleri de 4 saat sonundaki elektriksel iletkenlik değerlerinden önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.8).



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.6. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde elektriksel iletkenlik testi

Yapılan bir çalışmada soğan örneklerine AEA uygulanarak elektriksel iletkenlikleri ölçülerek iyon sızıntı tespiti yapılmıştır. Bu amaçla soğan örneklerine 125, 250, 500, 750, 1000, 1250 ve 1500 V/cm'de ve 1 Hz frekansta, 100 μs boyunca elektrik alan uygulanmıştır. Sonuçlar 250 ve 500 V/cm elektrik alan kuvvetlerinin uygulanması, kontrole kıyasla iyon sızıntısında önemli bir artışlara neden olduğunu göstermiştir. Elektrik alanın 500 V/cm'nin üzerine çıkarılması iyon sızıntısında herhangi bir artışa neden olmadığını bu durum hücrelerin zaten 500 V/cm'de parçalandığını göstermiştir. 125 ve 250 V/cm AEA uygulamaları ile yaklaşık %12 ve %30 iyon sızıntısı tespit edilirken bu oranın kontrol örneklerinde 7.8 ± 1.7 olduğunu göstermiştir (60).

Tablo 4.8. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde elektriksel iletkenlik

Enerji (J)	Elektriksel İletkenlik		
	4 saat ($\mu\text{S}/\text{cmg}$)	8 saat ($\mu\text{S}/\text{cmg}$)	24 saat ($\mu\text{S}/\text{cmg}$)
0.00	8.92 $\pm$ 1.61 ^{abcdB}	10.10 $\pm$ 1.72 ^{abB}	14.21 $\pm$ 0.63 ^{abcdeA}
1.20	9.69 $\pm$ 1.24 ^{abB}	10.83 $\pm$ 1.31 ^{abB}	15.66 $\pm$ 0.54 ^{abcdeA}
2.82	6.80 $\pm$ 0.96 ^{abcdC}	8.31 $\pm$ 0.71 ^{abB}	12.89 $\pm$ 0.82 ^{deA}
3.18	6.82 $\pm$ 0.51 ^{abcdC}	9.38 $\pm$ 0.48 ^{abB}	15.85 $\pm$ 0.72 ^{abcdeA}
3.60	10.77 $\pm$ 0.21 ^{abcC}	11.75 $\pm$ 0.33 ^{abB}	16.96 $\pm$ 1.60 ^{abcdA}
3.60	6.31 $\pm$ 0.46 ^{abcC}	10.78 $\pm$ 2.20 ^{abB}	15.58 $\pm$ 0.64 ^{abcdA}
6.00	10.95 $\pm$ 0.83 ^{aB}	12.05 $\pm$ 2.22 ^{aB}	17.06 $\pm$ 0.59 ^{abcA}
8.46	5.51 $\pm$ 0.85 ^{bcdC}	10.72 $\pm$ 0.93 ^{abB}	15.19 $\pm$ 3.28 ^{a^{bcd}eA}
9.54	4.58 $\pm$ 0.83 ^{dC}	10.01 $\pm$ 1.46 ^{abB}	13.08 $\pm$ 0.72 ^{cdeA}
9.60	6.83 $\pm$ 2.70 ^{abcdC}	8.35 $\pm$ 1.31 ^{abB}	14.16 $\pm$ 2.12 ^{abcdeA}
10.80	6.40 $\pm$ 0.95 ^{bcdC}	8.82 $\pm$ 0.44 ^{abB}	18.10 $\pm$ 0.75 ^{aA}
14.10	7.51 $\pm$ 1.34 ^{abcdC}	10.27 $\pm$ 0.97 ^{abB}	17.79 $\pm$ 1.89 ^{abA}
15.90	6.13 $\pm$ 1.02 ^{bcdC}	9.22 $\pm$ 2.44 ^{abB}	12.18 $\pm$ 1.40 ^{eA}
18.00	6.93 $\pm$ 1.43 ^{abcdC}	8.86 $\pm$ 1.41 ^{abB}	16.50 $\pm$ 0.62 ^{abcdA}
22.56	6.88 $\pm$ 0.54 ^{abcdC}	8.52 $\pm$ 0.44 ^{abB}	14.42 $\pm$ 1.02 ^{abcdeA}
25.44	4.85 $\pm$ 0.62 ^{cdC}	7.90 $\pm$ 1.44 ^{bB}	13.99 $\pm$ 0.55 ^{bcdeA}
28.80	6.29 $\pm$ 0.65 ^{bcdC}	9.30 $\pm$ 0.15 ^{abB}	16.89 $\pm$ 0.92 ^{abcdA}

Çizelgedeki sonuçlar ortalama $\pm$ ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Tablodaki küçük harfler satırlar arasındaki değişimi, büyük harfler ise sütunlar arasındaki değişimi göstermektedir. Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Tablo 4.9’de mısır danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde 4. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinin 4. saat elektriksel iletkenlik üzerine uygulama süresi, frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşimlerinin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.802 ve 0.709 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.9. AEA uygulanmış mısır danelerinde 4. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	18.74	6.248	5.19	0.005
Frekans	3	106.37	35.456	29.45	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	30.97	3.441	2.86	0.014
Hata	32	38.52	1.204	-	-

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde 8. saat elektriksel iletkenlik değerleri üzerine etkisi Tablo 4.10’da gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinin 8. saat elektriksel iletkenlik değerleri üzerine uygulama süresi ve frekansın etkisi önemli bulunmuş iken ($p < 0.05$) uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi ise önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.559 ve 0.352 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.10. AEA uygulanmış mısır danelerinde 8. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

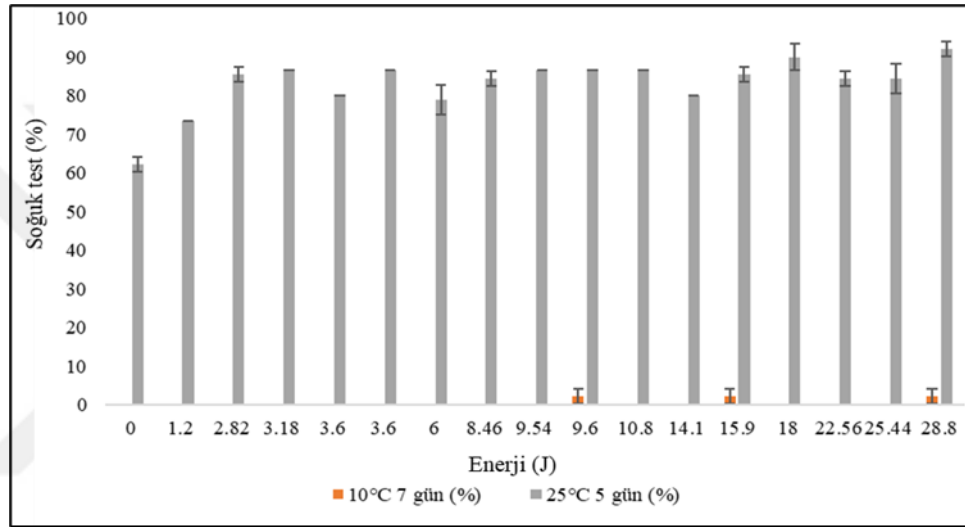
Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	23.60	7.866	4.44	0.010
Frekans	3	18.49	6.163	3.48	0.027
Uygulama süresi*frekans	9	29.80	3.311	1.87	0.094
Hata	32	56.70	1.772	-	-

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde 24. saat elektriksel iletkenlik değerleri üzerine etkisi ise Tablo 4.11’da gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinin 24. saat elektriksel iletkenlik değerleri üzerine frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Uygulama süresinin etkisi ise önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.713 ve 0.578 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.11. AEA uygulanmış mısır danelerinde 24. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	10.39	3.463	1.90	0.150
Frekans	3	59.04	19.680	10.77	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	76.00	8.444	4.62	0.001
Hata	32	58.47	1.827	-	-

4.1.6 Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Soğuk Test Üzerine Etkisi



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.7. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde soğuk test

Kontrol ve AEA uygulanan mısır danelerinde soğuk test çalışmasından elde edilen sonuçlar Şekil 4.7’da gösterilmiştir. Soğuk testinde 10°C’de 7 gün soğuk stresi altında çimlenmeye bırakılan mısır danelerinde kontrol örneklerinde hiçbir gelişme gözlenmezken, AEA ile proses edilen danelerden sadece 9.60, 15.90 ve 28.80 J uygulamaya maruz bırakılan örneklerde %2.2 düzeyinde gelişme görülmüştür. Buna karşın 25°C’de 5 gün stres koşullarına maruz bırakılan örneklerin hepsinde çimlenme görülmüştür. 25°C’de 5 gün stres koşullarında kontrol danelerde çimlenme oranı %62.22±1.92 iken, AEA ile proses edilen örneklerde çimlenme oranları 1.20 J uygulama sonunda %73.33±0.00 ile 28.80 J uygulama sonunda %92.22±1.92 arasında değişim göstermiştir. AEA ile proses

edilen mısır danelerinin 25°C’de 5 gün stres altında çimlenme oranları istatistiksel olarak kontrol örneklerinden yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

Yapılan bir çalışmada kara lahana tohumlarının nem oranı %6, 10.5 ve 15’e ayarlanarak 16.4 kV/cm elektrik alan şiddetinde 50, 170, ve 290 Hz frekansta ve 60, 240 ve 420 μ s uygulama süreleri kullanılarak proses edilmiş ve tohumlar 10°C’lik inkübatörde 7 gün bekletilmiştir. AEA uygulamaları ile birlikte tohumlara soğuk uygulamasının çimlenme oranını arttırdığı tespit edilmiştir. En yüksek çimlenme oranının 420 μ s sürede 290 Hz frekansın %10.5 nem içeren tohumlara uygulanması ile gerçekleştiği saptanmıştır (55).

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde 10°C’de gerçekleştirilen soğuk test değerleri üzerine etkisi Tablo 4.12’de gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinin soğuk test değerleri üzerine uygulama süresi ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.619 ve 0.440 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.12. AEA uygulanmış mısır danelerinde 10°C gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

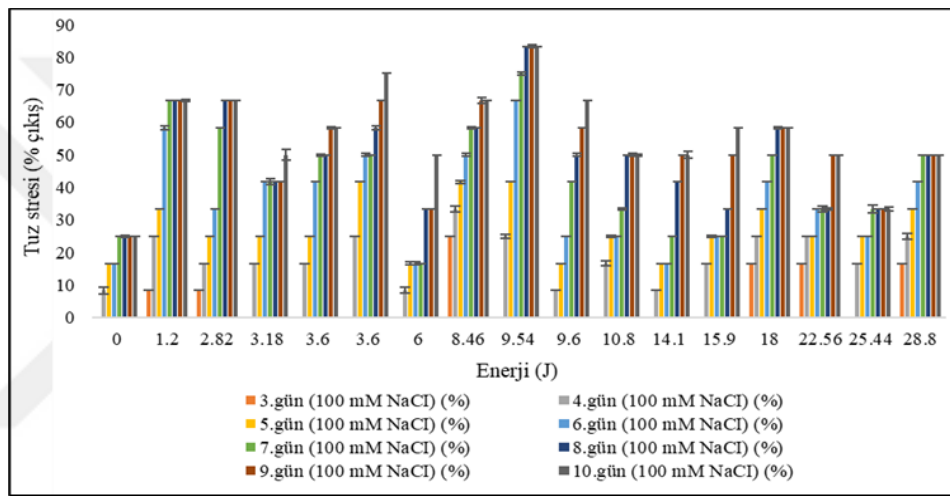
Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	10.185	3.3951	4.89	0.007
Frekans	3	2.778	0.9259	1.33	0.281
Uygulama süresi*frekans	9	23.148	2.5720	3.70	0.003
Hata	32	22.222	0.6944	-	-

AEA proses parametrelerinin mısır danelerinde 25°C’de gerçekleştirilen soğuk test değerleri üzerine etkisi Tablo 4.13’de gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, mısır danelerinin soğuk test değerleri üzerine uygulama süresi, frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.887 ve 0.835 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.13. AEA uygulanmış mısır danelerinde 25°C gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	106.3	35.417	9.56	0.000
Frekans	3	535.9	178.627	48.23	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	294.7	32.742	8.84	0.000
Hata	32	118.5	3.704	-	-

4.1.7 Atımlı Elektrik Alanı Uygulamasının Mısır Danelerinin Tuzluluk Stresi Üzerine Etkisi



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.8. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde tuzluluk stresi (100 Mm NaCl)

Mısır danelerinin 100 mM NaCl tuzluluk stresine karşı davranışları 3 ile 10 günlük bir periyotta incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Üçüncü gün sadece 1.20, 2.82, 8.46, 22.56, 18.00 ve 28.80 J uygulama yapılan örneklerde çıkış görülmüştür. Dördüncü günden itibaren kontrol ve AEA uygulanan tohumların hepsinde gelişme görülmüştür. Kontrol örneklerinin çimlenme oranı 4. günde %8.33’ten 10. gün sonunda %25.00 seviyesine yükselmiştir. AEA uygulanan örneklerde 10. gün sonunda en düşük çimlenme oranı 25.44 J uygulama yapılan örneklerde %33.33±0.70 iken, 10. gün sonunda en yüksek çimlenme oranı 3.60 J uygulama yapılan örneklerde %75.00±0.00 olarak tespit edilmiştir. AEA

uygulamaları sonrasında tohumların 100 mM NaCl tuz stresi altında çıkış oranları kontrol örneklerinden önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.14).

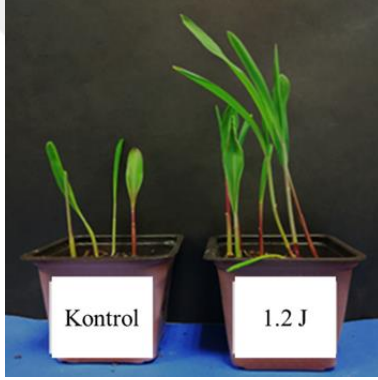
Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinin 100 mM tuz stresi altında fide oluşumu Fotoğraf 4.5 ve Fotoğraf 4.6'da gösterilmiştir. Kontrol mısır danelerinden oluşan fide boyları daha kısa iken, AEA uygulanmış mısır danelerinden oluşan fide boylarının daha uzun olduğu görülmüştür. Ayrıca 100 mM tuz stresi altında AEA uygulanan mısır danelerinden oluşan fide yapraklarının da daha yeşil olduğu gözlemlenmiştir.



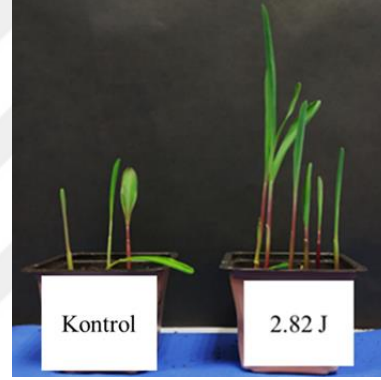
Tablo 4.14. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde tuzluluk stresi (100 mM NaCl)

Enerji (J)	100mM NaCl (%)							
	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	8.gün	9.gün	10.gün
0.00	0.00±0.00	8.33±1.00 ^d	16.67±0.00 ^d	16.67±0.00 ^e	25.00±0.00 ^g	25.00±0.40 ^g	25.00±0.00 ^g	25.00±0.00 ^g
1.20	8.33±0.00 ^c	25.00±0.00 ^b	33.33±0.00 ^b	58.33±0.50 ^a	66.67±0.00 ^b	66.67±0.00 ^b	66.67±0.00 ^b	66.67±0.40 ^c
2.82	8.33±0.00 ^c	16.67±0.00 ^c	25.00±0.00 ^c	33.33±0.00 ^d	58.33±0.00 ^c	66.67±0.00 ^b	66.67±0.00 ^a	66.67±0.00 ^c
3.18	0.00±0.00 ^d	16.67±0.00 ^c	25.00±0.00 ^c	41.67±0.00 ^c	41.67±0.90 ^e	41.67±0.00 ^e	41.67±0.00 ^e	50.00±1.60 ^e
3.60	0.00±0.00 ^d	16.67±0.00 ^c	25.00±0.00 ^c	41.67±0.00 ^c	50.00±0.30 ^d	50.00±0.00 ^d	58.33±0.40 ^c	58.33±0.00 ^d
3.60	0.00±0.00 ^d	25.00±0.00 ^b	41.67±0.00 ^a	50.00±0.50 ^b	50.00±0.00 ^d	58.33±0.70 ^c	66.67±0.00 ^a	75.00±0.00 ^b
6.00	0.00±0.00 ^d	8.33±0.90 ^d	16.67±0.40 ^d	16.67±0.50 ^e	16.67±0.00 ^h	33.33±0.00 ^f	33.33±0.00 ^f	50.00±0.00 ^e
8.46	25.00±0.00 ^a	33.33±0.90 ^a	41.67±0.40 ^a	50.00±0.50 ^b	58.33±0.30 ^c	58.33±0.00 ^c	66.67±1.00 ^a	66.67±0.00 ^c
9.54	0.00±0.00 ^d	25.00±0.70 ^b	41.67±0.000 ^a	66.67±0.00 ^a	75.00±0.40 ^a	83.33±0.00 ^a	83.33±0.40 ^a	83.33±0.00 ^a
9.60	0.00±0.00 ^d	8.33±0.00 ^d	16.67±0.00 ^d	25.00±0.00 ^d	41.67±0.00 ^e	50.00±0.40 ^d	58.33±0.00 ^c	66.67±0.00 ^c
10.80	0.00±0.00 ^d	16.67±0.70 ^c	25.00±0.40 ^c	25.00±0.00 ^d	33.33±0.30 ^f	50.00±0.00 ^d	50.00±0.40 ^d	50.00±0.00 ^e
14.10	0.00±0.00 ^d	8.33±0.00 ^d	16.67±0.00 ^d	16.67±0.00 ^e	25.00±0.00 ^g	41.67±0.00 ^e	50.00±0.00 ^d	50.00±1.00 ^e
15.90	0.00±0.00 ^d	16.67±0.00 ^c	25.00±0.40 ^c	25.00±0.00 ^d	25.00±0.00 ^g	33.33±0.00 ^f	50.00±0.00 ^d	58.33±0.00 ^d
18.00	16.67±0.00 ^b	25.00±0.00 ^b	33.33±0.00 ^b	41.67±0.00 ^c	50.00±0.00 ^d	58.33±0.30 ^c	58.33±0.00 ^c	58.33±0.30 ^d
22.56	16.67±0.00 ^b	25.00±0.00 ^b	25.00±0.00 ^c	33.33±0.00 ^d	33.33±0.90 ^f	33.33±0.40 ^f	50.00±0.00 ^d	50.00±0.00 ^e
25.44	0.00±0.00 ^d	16.67±0.00 ^c	25.00±0.00 ^c	25.00±0.00 ^d	33.33±1.20 ^f	33.33±0.00 ^f	33.33±0.00 ^f	33.33±0.70 ^f
28.80	16.67±0.00 ^b	25.00±1.00 ^b	33.33±0.00 ^b	41.67±0.00 ^c	50.00±0.00 ^d	50.00±0.00 ^d	50.00±0.00 ^d	50.00±0.00 ^e

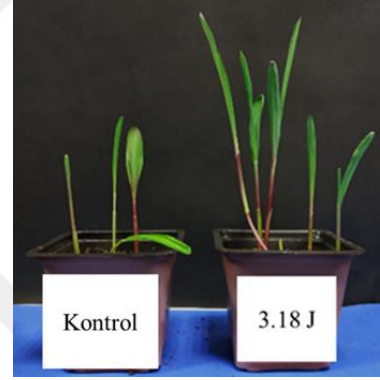
Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).
Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.



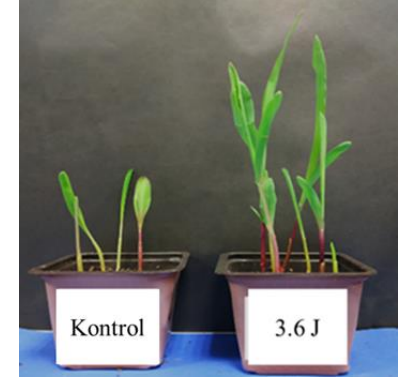
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.20 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



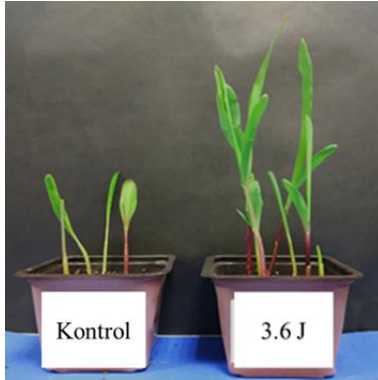
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 2.82 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



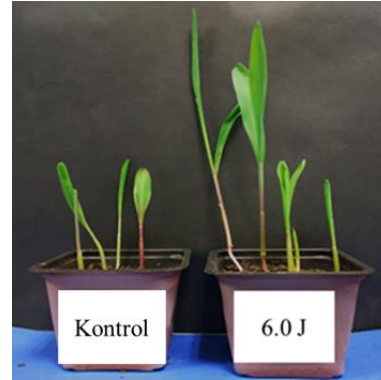
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.18 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



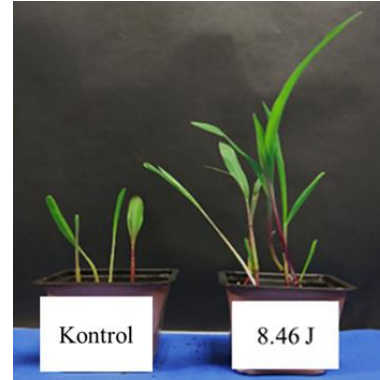
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



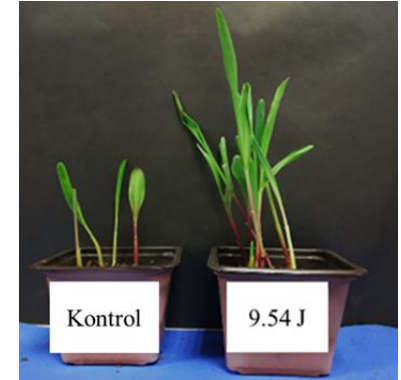
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 6.00 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

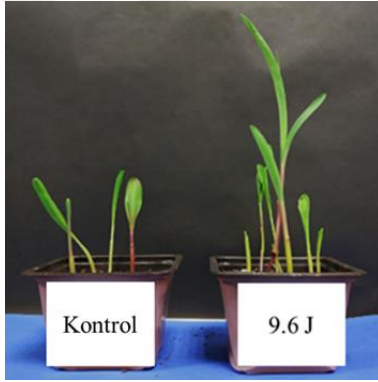


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 8.46 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

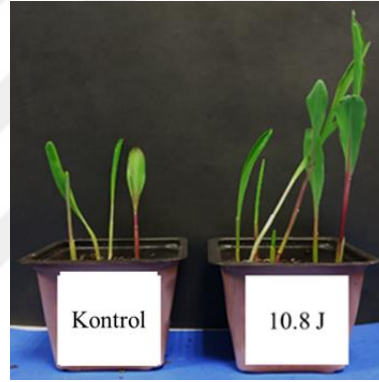


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 9.54 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

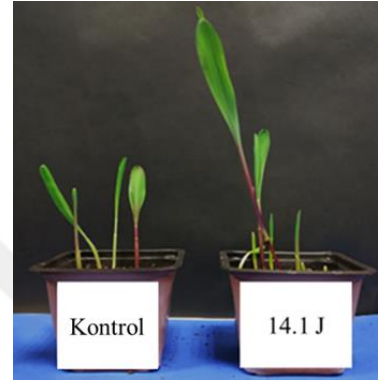
Fotoğraf 4.5. 100 mM tuz stresi altında kontrol AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



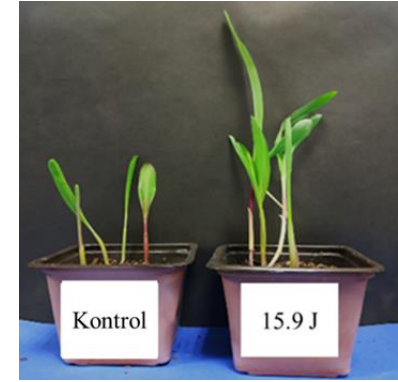
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 9.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



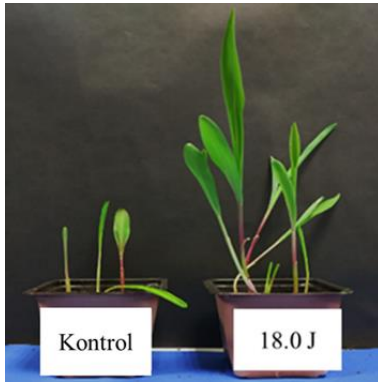
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 10.80 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 14.10 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



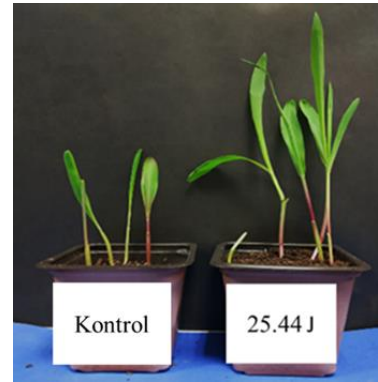
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 15.90 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



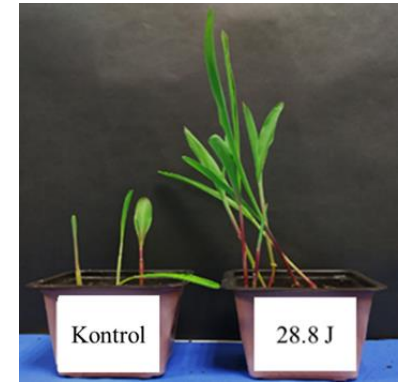
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 18.00 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 22.56 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

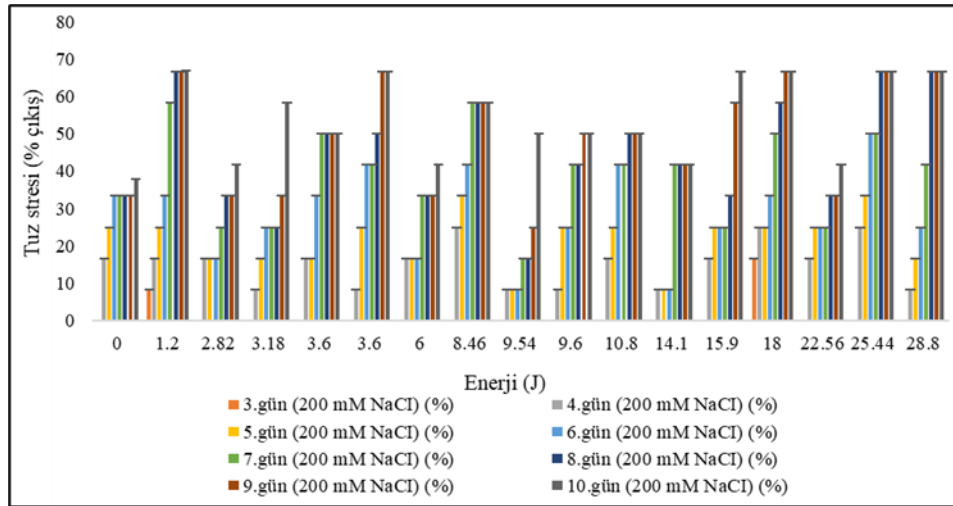


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 25.44 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 28.80 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

Fotoğraf 4.6. 100 mM tuz stresi altında kontrol AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



*Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.

Şekil 4.9. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde tuzluluk stresi (200mM NaCl)

Tuzluluk stresi 200 mM NaCl tuz konsantrasyonu altında da incelenmiş olup 100 mM NaCl stresi altında elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.9). Üçüncü gün sonunda yapılan ölçümlerde sadece 1.20 J (%8.33±0.00) ve 18.00 J (%16.67±0.00) prosesleri dışındaki örneklerde gelişme gözlenmezken; 4. günden itibaren bütün örneklerde çıkış görülmüştür. Çimlenme için örnekler daha uzun süre bekletildiğinde hem kontrol hem de AEA ile proses edilen örneklerde çimlenmede artış görülmüştür. Kontrol örneklerinin çimlenme oranı 4. gün sonunda %16.67±0.00 iken 5. günde %25.00, 6, 7, 8 ve 9. günlerde %33.33 ve 10. günde %38.00 olarak tespit edilmiştir. AEA uygulanan örneklerde 200 mM NaCl tuz stresi altında 10. günde en düşük çimlenme 2.82, 6.00, 14.10 ve 22.56 J uygulaması sonrasında %41.67 olarak gözlenmiş olup; 10. günde en yüksek çimlenme 1.20 J uygulama ile %67.00 oranında görülmüştür. AEA ile proses edilen örneklerde çıkış oranı kontrol örneklerinin çıkış oranından önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.15).

Yapılan bir çalışmada mısır danesi ve soya fasulyesi tohumuna, tuzlu koşulların tohumların çimlenme ve büyüme özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için 200 mT'lik manyetik alan 1 saat boyunca uygulanmıştır. Farklı tuzluluk seviyeleri (25, 50, 75 ve 100 mM NaCl) altında gelişen tohumların çimlenme yüzdesi ve fide büyüme parametreleri (kök ve sürgün uzunluğu)

incelenmiştir. Sonuçlar hem mısır hem de soya fasulyesine uygulanan manyetik alanın fidelerdeki tuzluluk stresini azaltmada manyetik alan uygulanmamış tohumlara kıyasla daha etkili olduğunu göstermiştir. Manyetik alan ile proses edilmemiş tohumlara kıyasla, manyetik alan ile proses edilen tohumlarda artan su alımı ve hidrolitik enzimlerin (α amilaz ve proteaz) daha yüksek aktivitesi tohumların çimlenme oranını ve fide kuvvetini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır (61).

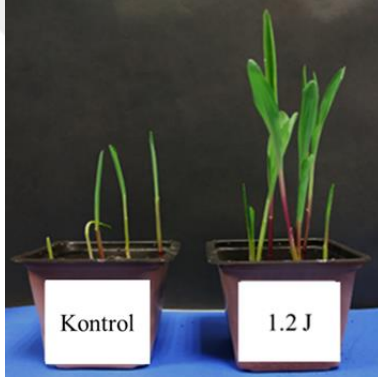
Mısır tanelerinin 200 mM tuz stresi altında büyüme ve çimlenmeleri incelendiğinde yine AEA ile proses edilen danelerin kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında daha fazla çimlendiği ve çimlenen fidelerin daha uzun ve kuvvetli olduğu görülmüştür (Fotoğraf 4.7 ve Fotoğraf 4.8).



Tablo 4.15. Kontrol ve AEA uygulanmış mısır danelerinde tuzluluk stresi (200 mM NaCl)

Enerji (J)	200mM NaCl (%)							
	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	8.gün	9.gün	10.gün
0.00	0.00±0.00 ^c	16.67±0.00 ^b	25.00±0.00 ^b	33.33±0.00 ^c	33.33±0.00 ^d	33.33±0.00 ^e	33.33±0.00 ^e	38.00±0.00 ^f
1.20	8.33±0.00 ^b	16.67±0.00 ^b	25.00±0.00 ^b	33.33±0.00 ^c	58.33±0.00 ^a	66.67±0.00 ^a	66.67±0.00 ^a	67.00±0.00 ^a
2.82	0.00±0.00 ^c	16.67±0.00 ^a	16.67±0.00 ^a	16.67±0.00 ^b	25.00±0.00 ^f	33.33±0.00 ^g	33.33±0.00 ^g	41.67±0.00 ^f
3.18	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^c	16.67±0.00 ^c	25.00±0.00 ^d	25.00±0.00 ^e	25.00±0.00 ^f	33.33±0.00 ^e	58.33±0.00 ^c
3.60	0.00±0.00 ^c	16.67±0.00 ^b	16.67±0.00 ^c	33.33±0.00 ^c	50.00±0.00 ^b	50.00±0.00 ^c	50.00±0.00 ^c	50.00±0.00 ^d
3.60	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^c	25.00±0.00 ^b	41.67±0.00 ^b	41.67±0.00 ^c	50.00±0.00 ^c	66.67±0.00 ^a	66.66±0.00 ^a
6.00	0.00±0.00 ^c	16.67±0.00 ^b	16.67±0.00 ^c	16.67±0.00 ^e	33.33±0.00 ^d	33.33±0.00 ^e	33.33±0.00 ^e	41.67±0.00 ^e
8.46	0.00±0.00 ^c	25.00±0.00 ^a	33.33±0.00 ^a	41.67±0.00 ^b	58.33±0.00 ^a	58.33±0.00 ^b	58.33±0.00 ^b	58.33±0.00 ^c
9.54	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^c	8.33±0.00 ^d	8.33±0.00 ^f	16.67±0.00 ^f	16.67±0.00 ^g	25.00±0.00 ^f	50.00±0.00 ^d
9.60	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^c	25.00±0.00 ^b	25.00±0.00 ^d	41.67±0.00 ^c	41.67±0.00 ^d	50.00±0.00 ^c	50.00±0.00 ^d
10.80	0.00±0.00 ^c	16.67±0.00 ^b	25.00±0.00 ^b	41.67±0.00 ^b	41.67±0.00 ^c	50.00±0.00 ^c	50.00±0.00 ^c	50.00±0.00 ^d
14.10	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^c	8.33±0.00 ^d	8.33±0.00 ^f	41.67±0.00 ^c	41.67±0.00 ^d	41.67±0.00 ^d	41.67±0.00 ^e
15.90	0.00±0.00 ^c	16.67±0.00 ^b	25.00±0.00 ^b	25.00±0.00 ^d	25.00±0.00 ^e	33.33±0.00 ^e	58.33±0.00 ^b	66.67±0.00 ^a
18.00	16.67±0.00 ^a	25.00±0.00 ^a	25.00±0.00 ^b	33.33±0.00 ^c	50.00±0.00 ^b	58.33±0.00 ^b	66.67±0.00 ^a	66.67±0.00 ^b
22.56	0.00±0.00 ^c	16.67±0.00 ^b	25.00±0.00 ^b	25.00±0.00 ^d	25.00±0.00 ^e	33.33±0.00 ^e	33.33±0.00 ^e	41.67±0.00 ^e
25.44	0.00±0.00 ^c	25.00±0.00 ^a	33.33±0.00 ^a	50.00±0.00 ^a	50.00±0.00 ^b	66.67±0.00 ^a	66.67±0.00 ^a	66.67±0.00 ^a
28.80	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^c	16.67±0.00 ^c	25.00±0.00 ^d	41.67±0.00 ^c	66.67±0.00 ^a	66.67±0.00 ^a	66.67±0.00 ^b

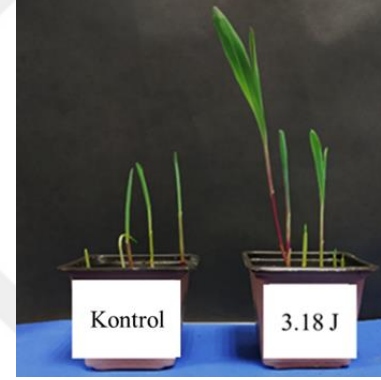
Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).
Grafikte ilk belirtilen 3.6 J enerji uygulaması 100 Hz-3 döngü AEA uygulamasına ait iken ikinci belirtilen 300 Hz-1 döngü AEA uygulamasına aittir.



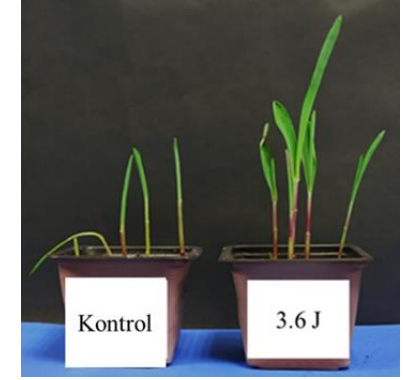
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.20 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



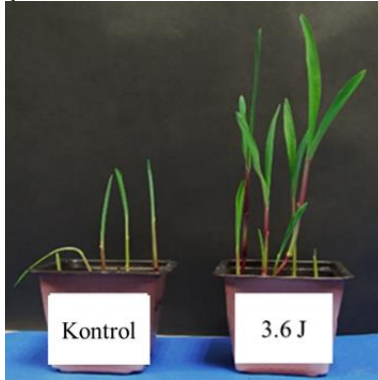
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 2.82 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



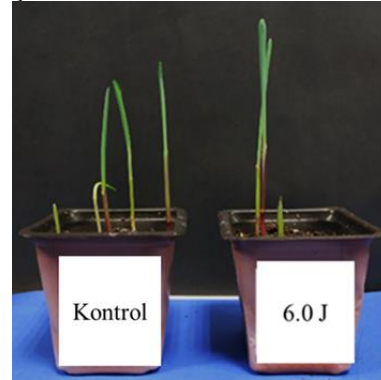
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.18 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



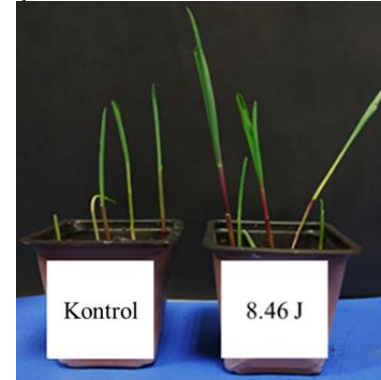
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



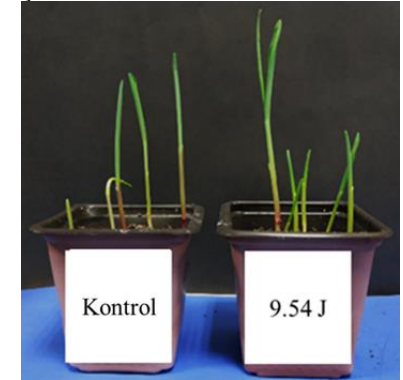
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 6.00 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

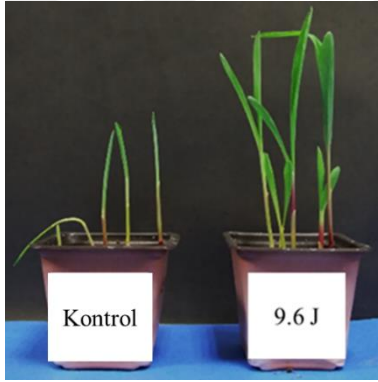


200 mM tuz stresi altında kontrol ve 8.46 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

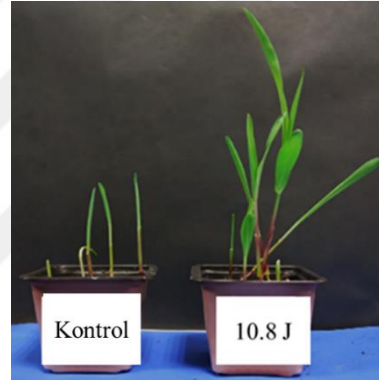


200 mM tuz stresi altında kontrol ve 9.54 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

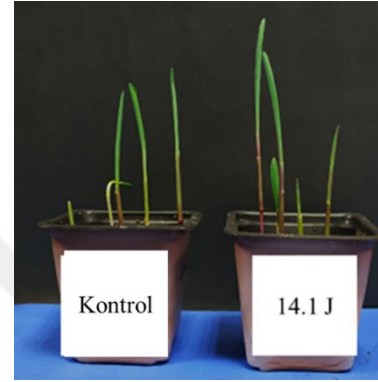
Fotoğraf 4.7. 200 mM tuz stresi altında kontrol AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



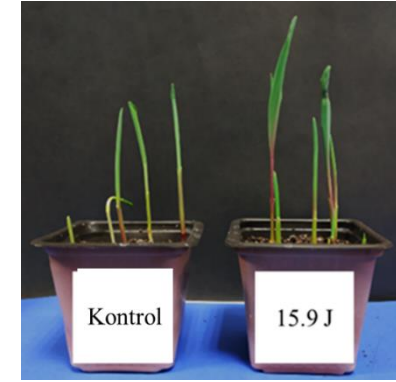
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 9.60 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



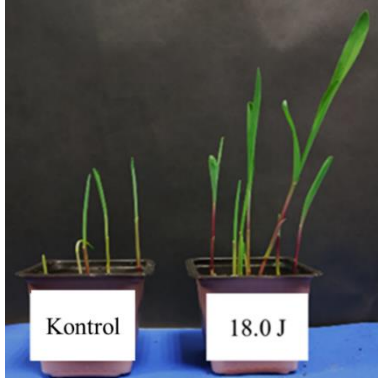
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 10.80 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



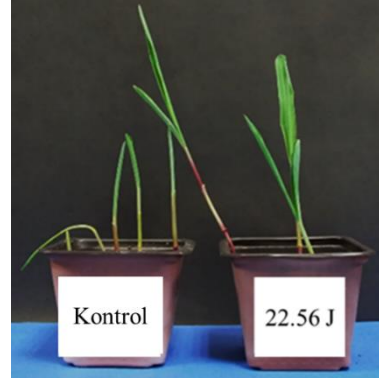
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 14.10 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



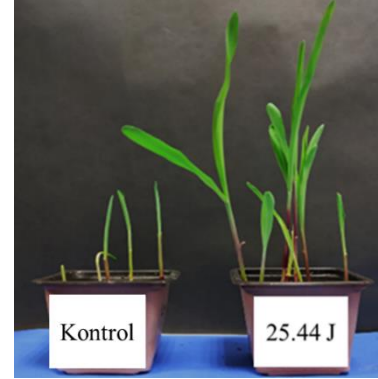
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 15.90 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



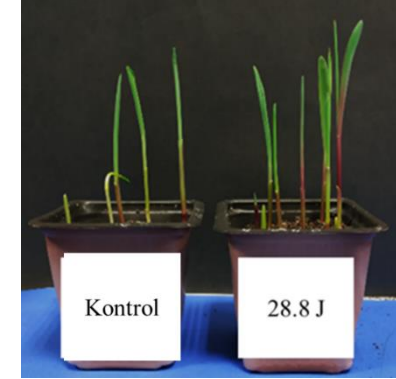
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 18.00 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 22.56 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 25.44 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 28.80 J AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

Fotoğraf 4.8. 200 mM tuz stresi altında kontrol AEA uygulanan mısır danelerinin çimlenmesi

4.1.8 Mısır Tohumlarında En İyi Uyumlu Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri ve Eş Zamanlı Optimizasyon

Mısır tohumlarına ait sonuçların modellenenebilmesi amacıyla lineer (doğrusal) model denemeleri yapılmış olup, Tablo 4.16’de gösterilen model elde edilmiştir. Tohumlara ait modellerde yaşanan sorun lack-of-fit (uyum eksikliği) değerinin $p < 0.05$ ’den küçük çıkmasıdır. Bu nedenle, pek çok analiz sonucu modellenememiştir. Lack-of-fit değeri modelin uygun olup olmadığını gösteren en önemli parametrelerdendir. Tablo 4.16’de gösterilen modelin oluşturulmasında R^2 , R_{adj}^2 , R_{pred}^2 , lack-of-fit ve varyans enflasyon faktörü (VIF) değerleri dikkate alınmıştır. Çizelgede gösterilen model uyumluluğu var, lack-of-fit sorunları yok ($p > 0.05$) ve $VIF < 10$ ’dan küçük bulunmuşken, R^2 leri genellikle düşük çıkmıştır.

Tablo 4.16. AEA ile proses edilen mısır danelerine ait linear model

Yanıt değişkeni	Denklem	R^2	R_{adj}^2	R_{pred}^2	Lack-of-fit	VIF
TMK (log kob/g)	$Y = 8.7414 - 0.0671 * X_1 - 0.0058 * X_2 - 0.0367 * X_1 * X_2$	0.652	0.518	0.294	0.496	1.50

X_1 : frekans X_2 : uygulama süresi X_3 : enerji

Mısır danelerinde en iyi uyumlu doğrusal olmayan regresyon modellerinde regresyon model uyumunun en iyi olduğu yanıt değişkenleri %90.04 ile 24°C’de 5 gün olarak uygulanan soğuk testi, %55.58 ile normal fide oranı ve %51.95 ile 4. saat sonunda ölçülen elektriksel iletkenlik ($\mu S/cm$) gelmektedir (Tablo 4.17). Mısır danelerinin eş zamanlı optimizasyonunda 19 yanıt değişkeni için optimizasyon yapılmış olup en iyi üç çözüm için kompozit istenebilirlik fonksiyonları sırasıyla 0.582, 0.558, ve 0.501 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.17. Mısır danelerinde en iyi uyumlu doğrusal olmayan regresyon modelleri

Yanıt değişkeni	Amaç	Model	R^2 (%)	R^2_{pred} (%)	SE	p	DW
2. gün sayımı (%)	Maksimum	$65.46+1.380X_2$	19.76	12.35	7.66	0.001	1.98
Normal fide oranı (%)	Maksimum	$83.13+0.04847X_1-0.000080X_2^2*X_2^2*X_3^2*X_3^2$	55.58	49.68	3.82	0.029	1.121
Soğuk test 10°C'de 7 gün (%)	Maksimum	$-0.039+0.01849X_2^2*X_2^2$	17.42	7.62	0.99	0.02	1.58
Soğuk test 25°C' de 5 gün (%)	Maksimum	$62.82+0.09469X_1+4.014X_2-0.02299X_1^2*X_2^2$ $+0.000001X_1^2*X_1^2*X_3^2*X_3^2-0.000003X_1^2*X_3^2*X_3^2$	90.04	87.25	2.34	0.038	1.761
E.I- 4 saat (µS/cmg)	Hedef (10.10)	$9.877-0.000001 X_1^2*X_1^2*X_1^2+0.000000 X_1^2*X_1^2*X_1^2$	51.95	45.66	1.45	0.01	1.82
E.I- 8 saat (µS/cmg)	Hedef (8.90)	$10.944-0.000015 X_1^2*X_1^2-0.000373X_2^2*X_2^2*X_2^2$	24.81	15.18	1.45	0.023	1.392
TAMB (log kob/g)	Minimum	$6.080-0.000005 X_1^2*X_2^2*X_3^2$	14.12	7.32	3.84	0.07	1.274
TMK (log kob/g)	Minimum	$8.9080-0.0519X_2+0.001069X_2^2*X_3^2$	29.05	18.11	0.13	0.048	1.2
3.gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	$3.99+0.000000X_1^2*X_1^2*X_3^2*X_3^2$	12.24	6.33	7.61	0.012	0.613
4.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$9.92+0.04111X_1$	25.99	21.06	6.41	0	0.944
5.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$20.07+0.0551X_1-1.072X_2$	37.74	31.89	6.89	0.05	1.026
6.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$22.18+27.64X_2-$ $6.98X_2^2*X_2^2+0.05494X_2^2*X_2^2*X_2^2+0.000000$ $X_1^2*X_1^2*X_3^2*X_3^2$	51.9	43.99	10.59	0.019	0.983

Tablo 4.17. (devam)

7.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$50.13-1.747X_2$	9.02	2.37	15.29	0.032	0.81
8.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$24.83+0.608X_1-0.002525X_1*X_1-0.02180X_2*X_2*X_2*X_3+0.000000X_1*X_1*X_1*X_1+0.0363X_2*X_2*X_2*X_2$	48.57	39.31	11.31	0.04	0.841
8.gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	$38.34+0.000000X_1*X_1*X_3*X_3$	23.44	18.95	14.33	0	0.542
9.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$26.44+0.3987X_1-0.000972X_1*X_1-0.1002X_3*X_3+0.000001X_1*X_1*X_3*X_3$	43.13	34.95	11.36	0.036	1.068
9.gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	$41.19+0.000000X_1*X_1*X_1*X_3$	21.99	17.22	14.46	0.001	0.7
10.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$24.95+0.584X_1-0.002301X_1*X_1+0.000000X_1*X_1*X_1*X_1-0.000430X_2*X_2*X_3*X_3$	54.67	46.69	9.83	0.004	0.924
10.gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	$52.39-0.000003X_1*X_1*X_1+0.000000X_1*X_1*X_1*X_1$	30.44	20.92	11.51	0.024	0.788

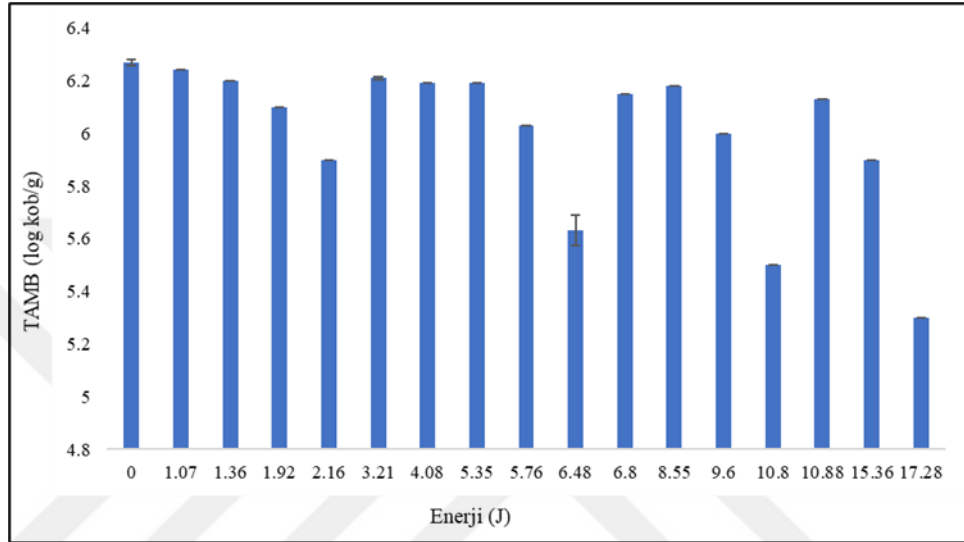
X_1 : frekans X_2 : uygulama süresi X_3 : enerji

Tablo 4.18. Mısır danelerinde eş zamanlı optimizasyon

No	Yanıt değişkeni	En iyi çözüm (R ²)			Kompozit istenebilirlik fonksiyonu
		1	2	3	
1	2. gün sayımı (%)	76.5	76.5	71.66	
2	Normal fide oranı (%)	93.503	93.418	94.797	
3	Soğuk test 10°C’de 7 gün (%)	1.145	1.145	0.335	
4	Soğuk test 25°C’ de 5 gün (%)	91.707	91.968	93.384	
5	E.I- 4 saat (μS/cm ^g)	6.320	6.320	6.052	
6	E.I- 8 saat (μS/cm ^g)	8.047	8.047	9.733	
7	TAMB (log kob/g)	2.097	6.080	6.048	
8	TMK (log kob/g)	8.737	8.739	8.801	0.582
9	3.gün (200mM NaCl) (%)	14.212	14.422	10.716	0.558
10	4.gün (100mM NaCl) (%)	22.255	22.255	20.766	0.501
11	5.gün (100mM NaCl) (%)	28.024	28.024	29.786	
12	6.gün (100mM NaCl) (%)	40.573	40.959	40.244	
13	7.gün (100mM NaCl) (%)	36.148	36.148	42.271	
14	8.gün (100mM NaCl) (%)	83.307	213.640	74.927	
15	8.gün (200mM NaCl) (%)	66.854	67.439	57.107	
16	9.gün (100mM NaCl) (%)	47.615	47.391	41.043	
17	9.gün (200mM NaCl) (%)	68.341	68.618	58.220	
18	10.gün (100mM NaCl) (%)	42.545	42.087	55.808	
19	10.gün (200mM NaCl) (%)	68.165	68.165	54.465	

4.2 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Mikrobiyolojik Özellikleri ve Tohum Kalite Özelliklerinin Üzerine Etkisi

4.2.1 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Yüzeyindeki TAMB Üzerine Etkisi



Şekil 4.10. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde toplam mezofilik aerobik bakteri (TAMB) inaktivasyonu

Kontrol buğday danelerinin TAMB sayısı 6.27 ± 0.01 log kob/g olarak tespit edilmiş olup; AEA prosesleri sonucu başlangıç TAMB sayısında önemli derecede inaktivasyon sağlanmıştır (Şekil 4.10). Uygulanan enerji miktarının en az olduğu 1.07 J uygulaması sonucunda TAMB sayısı 6.24 ± 0.00 log kob/g sayısına indirgenirken; uygulanan enerjinin en yüksek olduğu 17.28 J olduğu proses sonrasında TAMB sayısı 5.30 ± 0.00 log kob/g olarak tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Yapılan bütün uygulamalar TAMB sayısında azalma sağlamıştır. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında yaklaşık 0.97 log azalma sağlanmıştır (Tablo 4.20).

Diğer ısı olmayan gıda muhafaza yöntemlerinden soğuk plazma yaban mersini meyvesine yüzey dezenfeksiyonu amacıyla 15, 30, 45, 60, 90 veya 120 saniye boyunca uygulanmış ve meyveler 4°C’de depolanmıştır. Daha sonra meyvelerdeki toplam aerobik bakteri sayısı 1, 2 ve 7 günlerde sayılmış ve soğuk

plazma uygulamasının depolama süresi boyunca taze yaban mersini üzerindeki doğal mikroflora popülasyonunu etkili bir şekilde azalttığı sonucuna varılmıştır. Soğuk plazma ile proses edilen ve 4°C'de 7 gün depolanan yaban mersini kontrole kıyasla en az 1.5 log kob/g azalma göstermiştir (62).

Tablo 4.19’de buğday danelerine uygulanan farklı uygulama süresi, frekans ve enerji seviyelerinin başlangıç TAMB sayısının azaltılması üzerine etkisi gösterilmiştir. Uygulanan farklı elektriksel alan altında TAMB değerleri baz alındığında general linear model ile ANOVA çizelgesi oluşturulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin TAMB inaktivasyonu üzerine uygulama süresi ve frekansın ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.959 ve 0.951 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.19. AEA uygulanmış buğday danelerinde TAMB (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	1	0.33424	0.334243	573.23	0.000
Frekans	3	2.92954	0.976514	1674.73	0.000
Uygulama süresi*uygulama süresi	1	0.00501	0.005009	8.59	0.006
Uygulama süresi*frekans	3	0.28886	0.096288	165.14	0.000
Hata	39	0.02274	0.000583	-	-

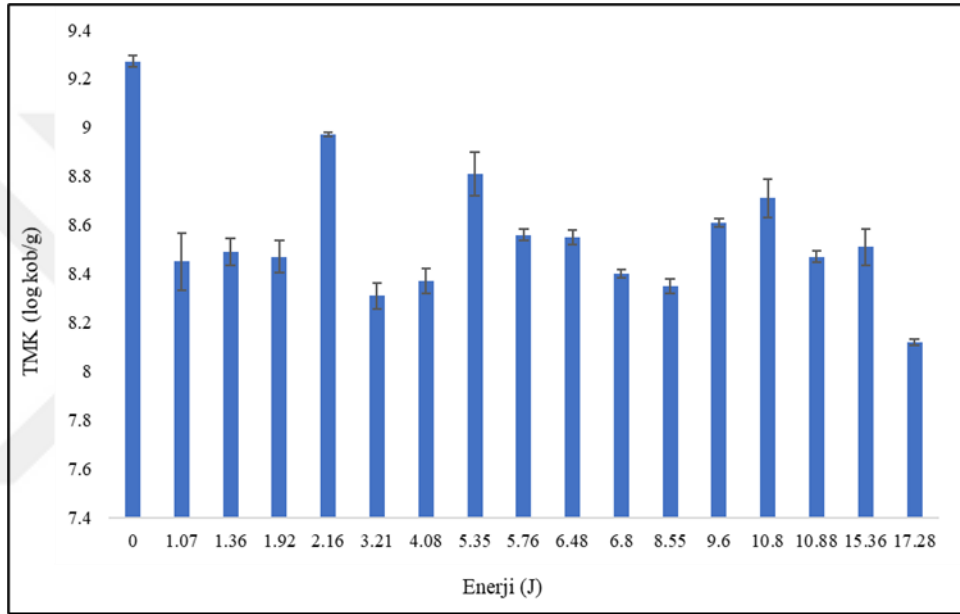
Tablo 4.20. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde TAMB, TMK ve *A. parasiticus* inaktivasyonu, ortalama çimlenme oranı ve soğuk test etkisi

Enerji (J)	Canlı mikroorganizma sayısı (log kob/g)			Ortalama çimlenme oranı (%)			
	TAMB	TMK	<i>Aspergillus parasiticus</i>	2. gün	5. gün	7. gün	8. gün
0.00	6.27±0.012 ^a	9.27±0.023 ^a	9.27±0.01 ^a	90.00±0.00 ^e	94.00±0.00 ^o	94.00±0.00 ^p	94.00±0.00 ^d
1.07	6.24±0.000 ^{ab}	8.45±0.118 ^{efgh}	8.45±0.08 ^{efgh}	88.09±0.00 ^f	90.48±0.00 ^q	90.48±0.00 ^q	92.86±0.00 ^d
1.36	6.20±0.000 ^{bc}	8.49±0.056 ^{efg}	8.49±0.04 ^{efg}	97.62±0.00 ^b	97.62±0.00 ^h	97.62±0.00 ^k	97.62±0.00 ^b
1.92	6.10±0.000 ^f	8.47±0.067 ^{efgh}	8.47±0.05 ^{efgh}	95.24±0.00 ^c	95.24±0.00 ⁿ	95.24±0.00 ^o	95.24±0.00 ^c
2.16	5.90±0.000 ^h	8.97±0.009 ^{efg}	8.97±0.01 ^b	90.48±0.00 ^d	92.86±0.00 ^p	95.24±0.00 ⁿ	95.24±0.00 ^c
3.21	6.22±0.006 ^{bc}	8.31±0.054 ^h	8.31±0.04 ^h	92.86±0.00 ^d	95.24±0.00 ^m	97.62±0.00 ^j	97.62±0.00 ^b
4.08	6.19±0.000 ^{cd}	8.40±0.052 ^{fgh}	8.40±0.04 ^{fgh}	97.62±0.00 ^a	97.62±0.00 ^b	97.62±0.00 ⁱ	100±0.00 ^b
5.35	6.19±0.000 ^{cd}	8.81±0.091 ^{bc}	8.81±0.06 ^{bc}	95.24±0.00 ^c	100±0.00 ^c	100±0.00 ^c	100±0.00 ^a
5.76	6.03±0.000 ^g	8.56±0.024 ^{def}	8.56±0.02 ^{def}	95.24±0.00 ^c	95.24±0.00 ^l	95.24±0.00 ^m	95.24±0.00 ^c
6.48	5.63±0.058 ⁱ	8.55±0.028 ^{def}	8.55±0.02 ^{def}	90.48±0.00 ^e	95.24±0.00 ^k	95.24±0.00 ^l	95.24±0.00 ^c
6.80	6.15±0.000 ^{de}	8.40±0.017 ^{fgh}	8.40±0.01 ^{fgh}	100±0.00 ^a	100±0.00 ^b	100±0.00 ^b	100±0.00 ^a
8.55	6.18±0.000 ^{cd}	8.36±0.029 ^{gh}	8.35±0.02 ^{gh}	95.24±0.00 ^c	97.62±0.00 ^a	97.62±0.00 ^h	100±0.00 ^b
9.60	6.00±0.000 ^g	8.61±0.016 ^{de}	8.61±0.01 ^{de}	97.62±0.00 ^b	97.62±0.00 ^f	100±0.00 ^a	100±0.00 ^a
10.80	5.50±0.000 ^j	8.71±0.079 ^{cd}	8.71±0.05 ^{cd}	95.24±0.00 ^c	97.62±0.00 ^e	97.62±0.00 ^g	97.62±0.00 ^b
10.88	6.13±0.000 ^{ef}	8.47±0.023 ^{efgh}	8.47±0.02 ^{efgh}	95.24±0.00 ^a	97.62±0.00 ^j	97.62±0.00 ^f	100±0.00 ^b
15.36	5.90±0.000 ^h	8.51±0.074 ^{efg}	8.51±0.05 ^{efg}	97.62±0.00 ^b	97.62±0.00 ^d	97.62±0.00 ^e	97.62±0.00 ^b
17.28	5.30±0.000 ^k	8.12±0.013 ^{cd}	8.70±0.01 ^{cd}	95.52±0.00 ^c	95.24±0.00 ⁱ	97.62±0.00 ^d	97.62±0.00 ^b

Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Tablodaki küçük harfler satırlar arasındaki değişimi, büyük harfler ise sütunlar arasındaki değişimi göstermektedir. Aynı sütunda farklı üstsels harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

4.2.2 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Yüzeyindeki Toplam Maya ve Küf Üzerine Etkisi

Buğday danelerinde kontrol örneklerinde TMK sayısı ise 9.27 ± 0.23 log kob/g olarak belirlenmiştir. AEA prosesi sonrasında uygulanan enerjinin en yüksek olduğu 17.28 J uygulama sonrasında en fazla inaktivasyon sağlanmış olup; TMK sayısı 8.12 ± 0.01 log kob/g olarak belirtilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 4.20). Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında TMK sayısında 1.15 log kob/g inaktivasyon elde edilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde toplam maya küf (TMK) inaktivasyonu

Yapılan bir çalışmada taze kesilmiş domates dilimlerine 4, 6 ve 8 J/cm'lik akışlarda darbeli ışık ile proses edilerek 20°C'de 5 gün depolanmıştır. Sonuçlar domateslerin başlangıç maya küf miktarı 4.9 ± 0.1 log kob/g iken; 6 ve 8 J/cm darbeli ışık uygulamalarından sonra 4.2 ve 3.8 log kob/g azaldığını göstermiştir. Depolama boyunca domates dilimlerinin toplam maya küf sayısı artarken, en fazla artış kontrol domates dilimlerinde (8.0 ± 0.2 log kob/g) en az artış ise 8 J/cm'lik (0.5 log kob/g) darbeli ışık uygulamasında görülmüştür (63).

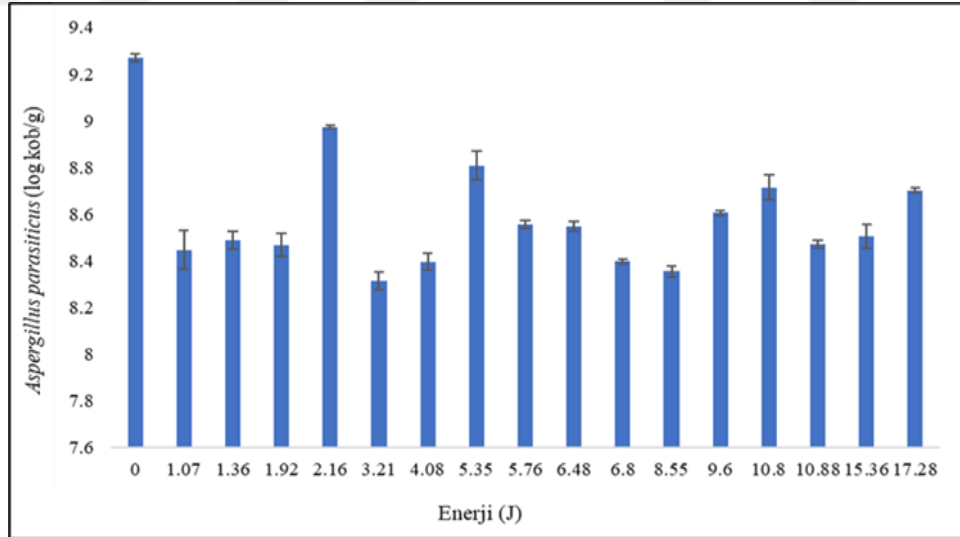
Tablo 4.21'de buğday danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin başlangıç TMK üzerine etkisi gösterilmiştir. Uygulanan farklı elektriksel alan

altında TMK sayısındaki azalmalar dikkate alınarak general linear model ile ANOVA sonuçları oluşturulmuştur. ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin TMK inaktivasyonu üzerine uygulama süresi ve frekansın etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.731 ve 0.676 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.21. AEA uygulanmış buğday danelerinde TMK (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.2364	0.078789	7.58	0.000
Frekans	1	0.5771	0.577137	55.50	0.000
Uygulama süresi*uygulama süresi	3	0.2523	0.084094	8.09	0.000
Uygulama süresi*frekans	1	0.2809	0.280933	27.01	0.000
Hata	39	0.4056	0.010399	-	-

4.2.3 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Yüzeyine İnoküle Edilen *Aspergillus parasiticus* Üzerine Etkisi



Şekil 4.12. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde *Aspergillus parasiticus* (log kob/g) inaktivasyonu

Buğday danelerinde kontrol örneklerinde *A. parasiticus* sayısı 9.27 ± 0.01 log kob/g olarak belirlenmiştir. Yapılan 3.21 J uygulama sonrasında en fazla inaktivasyon sağlanmış olup *A. parasiticus* sayısı 8.31 ± 0.04 log kob/g olarak belirtilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 4.20). Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında TMK sayısında 0.96 log kob/g inaktivasyon elde edilmiştir (Şekil 4.12).

Antep fıstığının *A. flavus* ile kontaminasyonu sağlık ve gıda güvenliği açısından ciddi bir sorundur. Bu nedenle yapılan bir çalışmada antep fıstıklarına farklı güç (50, 75, 100, 125 ve 150 Watt) ve zamanlarda (2, 6 ve 10 dakika) argon gazı kullanılarak soğuk atmosferik plazma uygulanmış ve 100 Watt ve 10 dakikalık ışınlama süresinde 4 log (%66.6) *A. flavus* inaktivasyonu gerçekleşmiştir. 100 Watt'ın altındaki güç ve daha uzun ışınlama sürelerinde ise *A. flavus* azalması gözlemlenmemiştir (64).

Tablo 4.22’de buğday danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin buğday yüzeyine inoküle edilen *A. parasiticus* üzerine etkisi gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin *A. parasiticus* inaktivasyonu üzerine uygulama süresi, frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşimlerinin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.932 ve 0.901 olarak bulunmuştur.

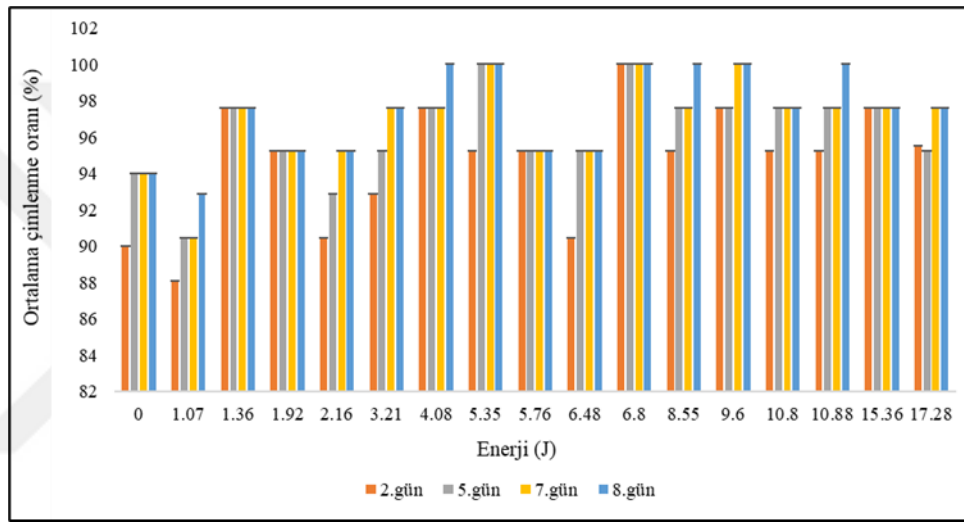
Tablo 4.22. AEA uygulanmış buğday danelerinde *Aspergillus parasiticus* (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.2364	0.078789	24.78	0.000
Frekans	3	0.6155	0.205168	64.53	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	0.5554	0.061711	19.41	0.000
Hata	32	0.1017	0.003179	-	-

4.2.4 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Ortalama Çimlenme Oranı Üzerine Etkisi

Buğday danelerinin OÇO sırasıyla 2, 5, 7 ve 8 günlerde takip edilmiş olup sonuçlar Şekil 4.13’de gösterilmektedir. Takip edilen günlerde kontrol örneklerinin çimlenme oranları sırasıyla 90.00 ± 0.00 , 94.00 ± 0.00 , 94.00 ± 0.00 ve 94.00 ± 0.00 olarak ölçülmüştür. AEA ile proses edilen örneklerde 2, 5, 7 ve 8 günlerde en düşük

çimlenme oranı 1.07 J uygulama yapılan örneklerde 88.09 ± 0.001 , 90.48 ± 0.00 , 90.48 ± 0.00 ve 92.86 ± 0.00 olarak tespit edilmiştir. Çimlenmenin en yüksek oranda görüldüğü örnekler ise 2. günde 1.36, 4.08, 9.60 ve 15.36 J uygulama yapılan örneklerde 97.62 ± 0.00 olarak tespit edilmiştir. Beşinci günde 5.35 ve 6.80 J uygulama yapılan örneklerde, 7. günde 5.35 ve 6.80 J uygulama yapılan örneklerde ve 8. günde 5.35, 6.80 ve 9.60 J uygulama yapılan örneklerde 100 ± 0.00 çimlenme görülmüştür. Genel olarak OÇO değerleri incelendiğinde 1.07 J uygulama hariç diğer örneklerin OÇO değerleri kontrol örneklerinden istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.20).



Şekil 4.13. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde ortalama çimlenme oranı

Yapılan bir çalışmada buğday tohumlarına 1, 5 ve 10 dakika 50, 100 ve 200 kV/m olmak üzere üç farklı elektrik alan uygulanmıştır. Beş dakika 50 kV/m elektrik alan uygulanan buğday tohumları kontrol ile karşılaştırıldığında, ortalama fide boylarında %3 ve ortalama fide ağırlıklarında ise %26.1'lik bir artış meydana gelmiştir (65).

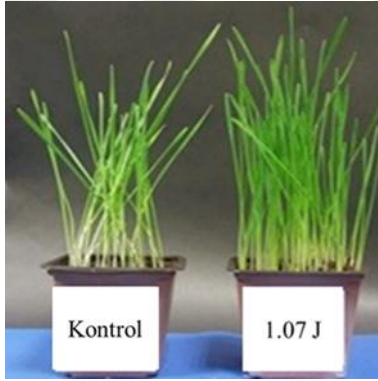
Yapılan başka bir çalışmada ise ayçiçeği tohumları 9, 11, 13 ve 15 kV'da 90 saniye boyunca proses edilmiştir. Sonuçlar, uygulanan işlemin ayçiçeği tohumlarının çimlenme oranını ve çimlenme yüzdesini geliştirebileceğini ve çimlenme oranının kontrol grubundan yaklaşık %14 daha yüksek olduğunu göstermiştir. En yüksek çimlenme %62.5 ile tohumlara 9 kV elektrik alan uygulaması ile gerçekleşmiştir (66).

1. Gün ortalama çimlenme oranı üzerine etkisi ANOVA sonuçları oluşturulmuştur ve Tablo 4.23’de gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin 2. gün ortalama çimlenme oranı üzere uygulama süresi, frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin önemli etkisi bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.979 ve 0.969 olarak bulunmuştur.

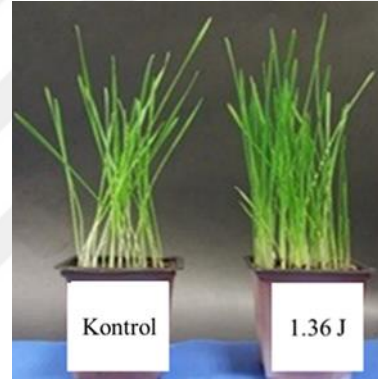
Tablo 4.23. AEA uygulanmış buğday danelerinde 2. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	117.39	39.131	117.39	0.000
Frekans	3	323.86	107.952	323.86	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	64.42	7.158	21.47	0.000
Hata	32	10.67	0.333	-	-

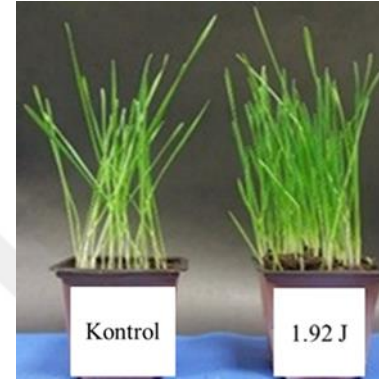
Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinin normal koşullar altında fide oluşumunu Fotoğraf 4.9 ve Fotoğraf 4.10’da gösterilmiştir. Buğday danelerinin normal çimlenme koşulları altında çimlenme kabiliyetleri incelendiğinde farklı enerji seviyelerinde AEA ile proses edilen örneklerin daha erken çimlendiği, daha fazla geliştiği ve daha uzun boylu oldukları gözlemlenmiştir.



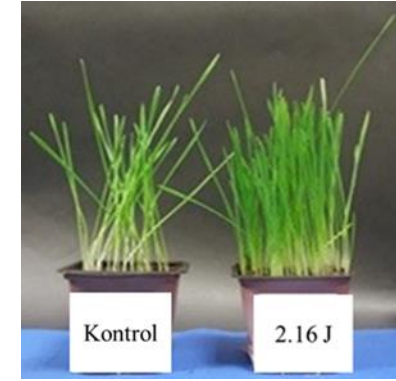
Kontrol ve 1.07 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



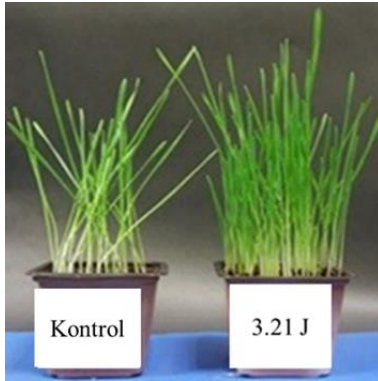
Kontrol ve 1.36 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



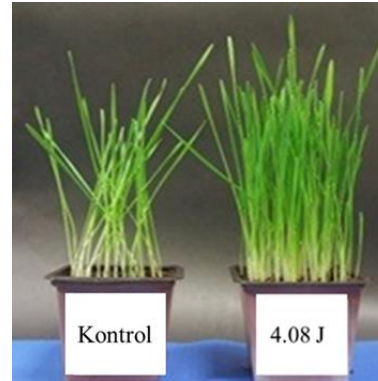
Kontrol ve 1.92 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



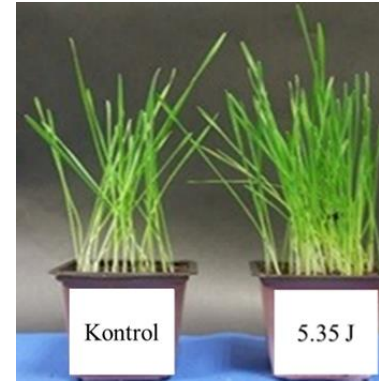
Kontrol ve 2.16 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



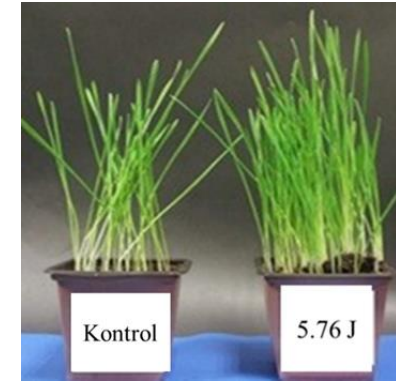
Kontrol ve 3.21 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



Kontrol ve 4.08 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

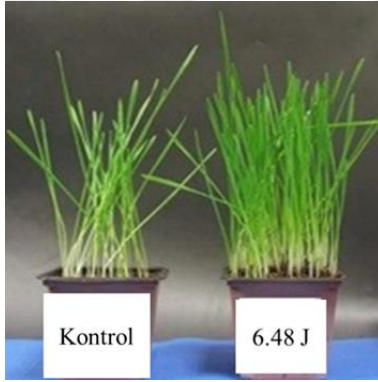


Kontrol ve 5.35 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

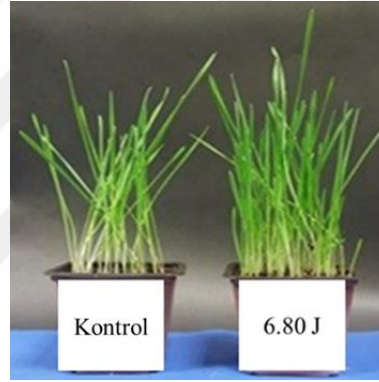


Kontrol ve 5.76 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

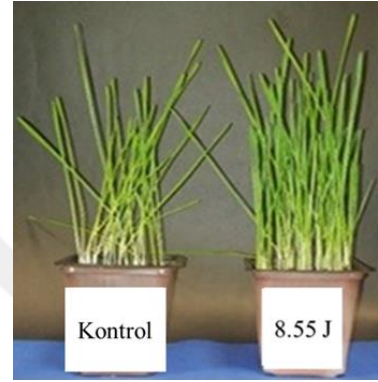
Fotoğraf 4.9. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde fide oluşumu



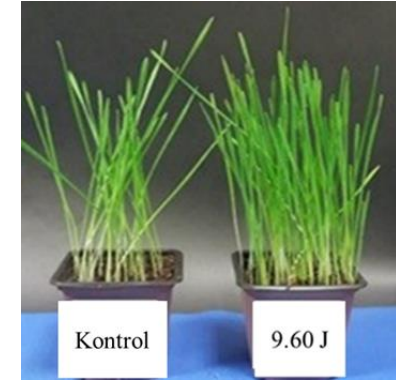
Kontrol ve 6.48 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



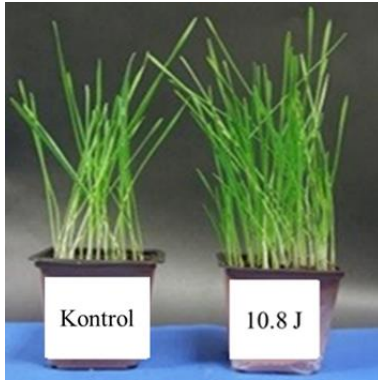
Kontrol ve 6.80 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



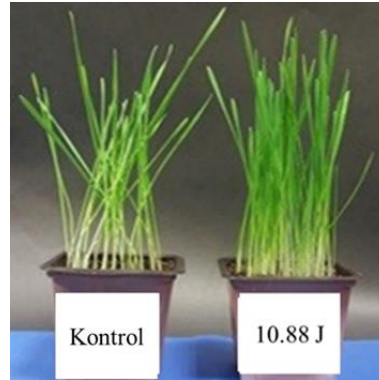
Kontrol ve 8.55 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



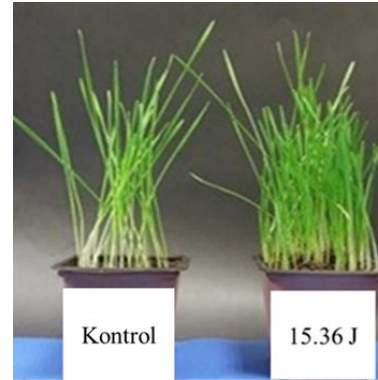
Kontrol ve 9.60 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



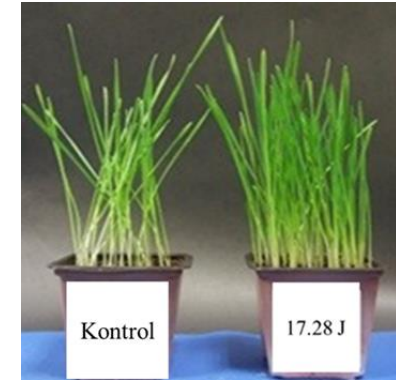
Kontrol ve 10.80 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



Kontrol ve 10.88 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



Kontrol ve 15.36 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

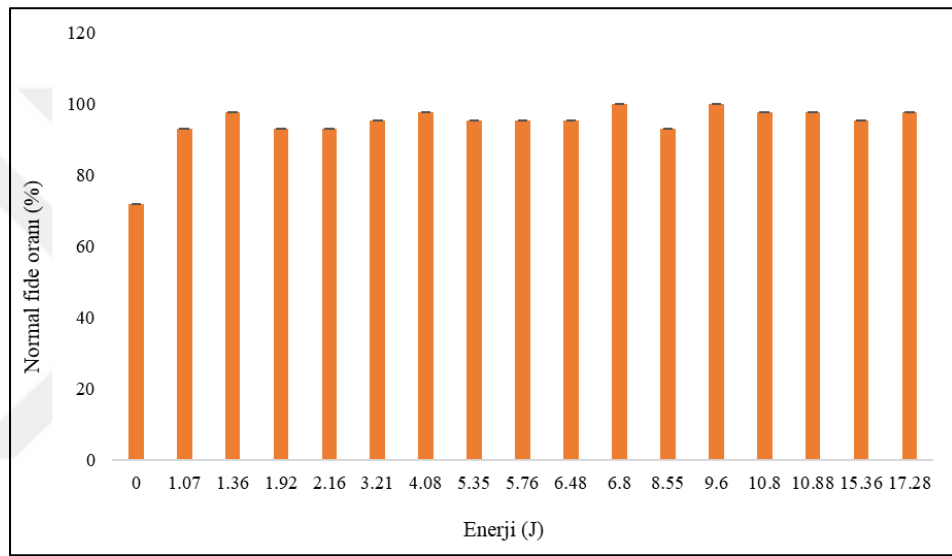


Kontrol ve 17.28 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

Fotoğraf 4.10. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde fide oluşumu

Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Normal Fide Oranı Üzerine Etkisi

AEA uygulamaları öncesi ve sonrası normal fide oranı incelendiğinde bütün AEA uygulamalarının çimlenen fide oranında önemli derecede artış sağladığı görülmektedir (Şekil 4.14). Kontrol örneklerinde 72 ± 0.00 oranında görülen çimlenme oranı AEA uygulamaları sonrasında 1.07 J uygulama sonunda 92.86 ± 0.00 ile 6.80 ve 9.60 J uygulamaları sonunda ise 100 ± 0.00 oranında değişim göstermiştir (Tablo 4.25).



Şekil 4.14. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinin normal fide oranı

Yapılan bir çalışmada buğday tohumlarına 50 mT manyetik alan 30 dakika, 1 ve 2 saat boyunca uygulanmış tohumların çimlenmesi üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Sonuçlar manyetik alanın 50 mT ve 30 dakika uygulanması buğday tohumlarının çimlenme sürecini etkileyen çok önemli bir faktör olduğunu ve kontrole kıyasla kök uzunluğu, radikül uzunluğu ve protein yüzdesinin sırasıyla %10, 14 ve 8'e kadar arttığını göstermiştir (67).

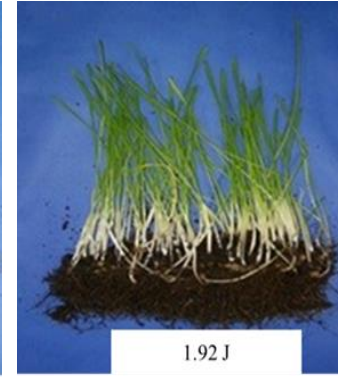
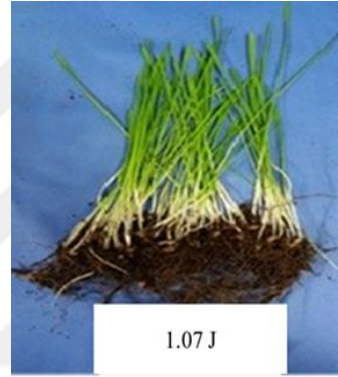
Buğday danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin normal fide oranına etkisi incelenip general linear model ile ANOVA çizelgesi oluşturulmuştur (Tablo 4.24). ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin normal fide oranına uygulama süresi, frekans, uygulama süresi-uygulama süresi etkileşimi ile uygulama

süresi-frekans etkileşimlerinin etkisi önemli bulunmuşken ($p < 0.05$) R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.994 ve 0.992 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.24. AEA uygulanmış buğday danelerinde normal fide oranına ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	1	51.864	51.8642	55.30	0.000
Frekans	3	105.230	35.0765	37.40	0.000
Uygulama süresi*uygulama süresi	1	67.686	67.6858	72.16	0.000
Uygulama süresi*frekans	3	27.209	9.0696	9.67	0.000
Hata	39	36.580	0.9380	-	-

Buğday danelerinin çimlenme kabiliyeti incelediğinde kontrol ve AEA ile proses edilen örneklerde uygulanan enerji seviyesinin çimlenme ve kök oluşumunda etkili olduğu görülmektedir. Fotoğraf 4.11 ve Fotoğraf 4.12’de kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinin normal koşullar altında kök oluşumu gösterilmiştir. Buğday danelerinin kök gelişimleri incelendiğinde kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında farklı proses parametreleri ve enerji altında AEA ile proses edilen çimlenen danelerin kök oluşumunun daha kuvvetli olduğu, saçak köklerin daha uzun olduğu gözlemlenmiştir.



Kontrol buğday danelerinde kök oluşumu

1.07 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu

1.36 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu

1.92 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu

2.16 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu



3.21 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu

4.08 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu

5.35 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu

5.76 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu

6.48 J AEA uygulanan buğday danelerinde kök oluşumu

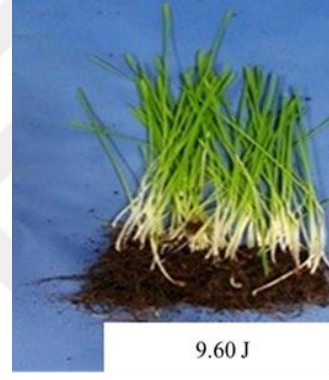
Fotoğraf 4.11. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde kök oluşumu



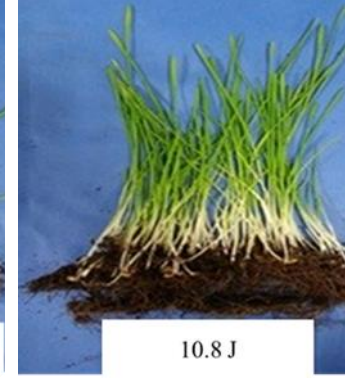
6.80 J AEA uygulanan
buğday danelerinde kök
oluşumu



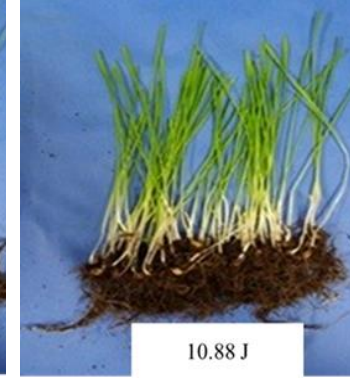
8.55 J AEA uygulanan
buğday danelerinde kök
oluşumu



9.60 J AEA uygulanan
buğday danelerinde kök
oluşumu



10.80 J AEA uygulanan
buğday danelerinde kök
oluşumu



10.88 J AEA uygulanan
buğday danelerinde kök
oluşumu



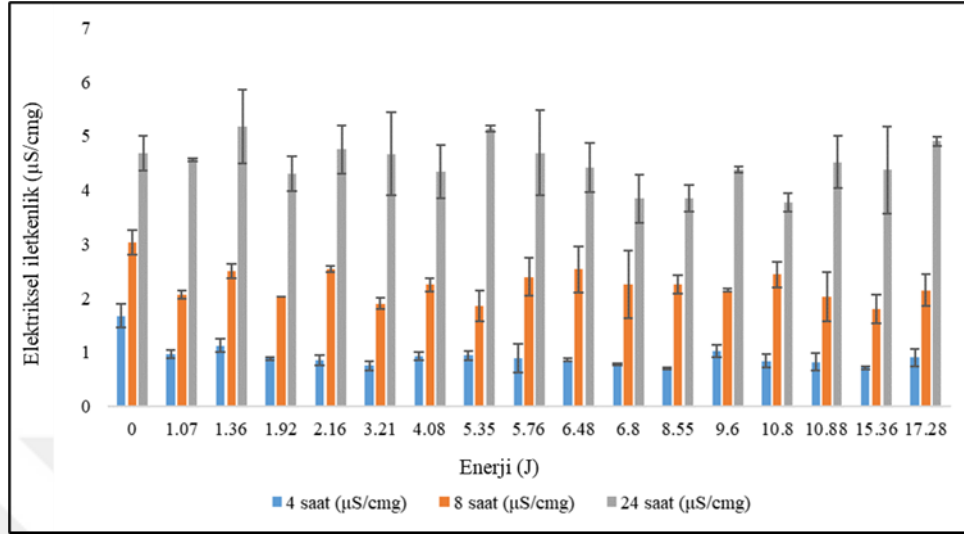
15.36 J AEA uygulanan
buğday danelerinde kök
oluşumu



17.28 J AEA uygulanan
buğday danelerinde kök
oluşumu

Fotoğraf 4.12. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde kök oluşumu

4.2.5 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Elektriksel İletkenlik Üzerine Etkisi



Şekil 4.15. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde elektriksel iletkenlik testi

Kontrol ve AEA prosesi uygulanan buğday danelerin elektriksel iletkenlik testi üç farklı sürede ölçülmüştür ve sonuçlar Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Kontrol ve AEA prosesi uygulanan buğday danelerin elektriksel iletkenliklerindeki değişim incelendiğinde 24 ve 8 saat sonra yapılan ölçümlerin elektriksel iletkenlik değerleri 4 saat sonra yapılan elektriksel iletkenlik değerlerinden istatistiksel olarak yüksek bulunmuşken; kontrol ve AEA ile proses edilen örneklerin 24 saat sonra ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinde önemli bir fark tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, 24 saat sonunda ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri 8 saat sonunda ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinden ve 8 saat sonunda ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri 4 saat sonunda ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinden yüksek bulunmuştur. Uygulanan enerjiye göre bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.25).

Yapılan bir çalışmada %6-16 nem içeriğine sahip olan lahana tohumlarına 100-300 Hz frekanslarda 100-400 μ s boyunca 12 kV/cm elektrik alan uygulanmış ve tohumların elektriksel iletkenlikleri 2 ve 24 saat sonunda ölçülmüştür. Yaklaşık %10.5’lik bir nem içeriğine sahip lahana tohumlarına uygulanan AEA işleminden

sonra 24 saat sonunda ölçülen elektriksel iletkenliğin kontrol grupları ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde arttığı sonucuna varılmıştır (31).



Tablo 4.25. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde elektriksel iletkenlik, normal fide oranı ve soğuk test etkisi

Enerji (J)	Elektriksel İletkenlik			Normal fide oranı	Soğuk Test	
	4 saat (μS/cmɡ)	8 saat (μS/cmɡ)	24 saat (μS/cmɡ)	(%)	10°C 7 gün (%)	25°C 5 gün (%)
0.00	1.67±0.22 ^{aC}	3.03±0.23 ^{aB}	4.68±0.33 ^{aA}	72.00±0.00 ^e	74.67±1.15 ⁱ	0.00±0.00 ^c
1.07	0.96±0.08 ^{bC}	2.06±0.08 ^{aB}	4.56±0.03 ^{aA}	92.86±0.00 ^d	89.74±1.11 ^e	0.00±0.00 ^c
1.36	1.12±0.12 ^{ab}	2.50±0.14 ^a	5.17±0.68 ^a	97.62±0.00 ^b	91.07±0.00 ^d	0.00±0.00 ^c
1.92	0.88±0.02 ^{bC}	2.02±0.00 ^{aB}	4.30±0.32 ^{aA}	92.86±0.00 ^d	94.23±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c
2.16	0.85±0.09 ^{bC}	2.54±0.06 ^{aB}	4.75±0.44 ^{aA}	92.86±0.00 ^d	85.71±0.00 ^f	0.00±0.00 ^c
3.21	0.75±0.09 ^{bC}	1.90±0.11 ^{aB}	4.67±0.77 ^{aA}	95.24±0.00 ^c	82.00±0.00 ^h	0.00±0.00 ^c
4.08	0.93±0.08 ^{bC}	2.25±0.12 ^{aB}	4.34±0.50 ^{aA}	97.62±0.00 ^b	89.29±0.00 ^e	0.00±0.00 ^c
5.35	0.94±0.08 ^{bC}	1.86±0.28 ^{aB}	5.14±0.06 ^{aA}	95.24±0.00 ^c	85.42±0.00 ^f	0.00±0.00 ^c
5.76	0.89±0.26 ^{bB}	2.39±0.35 ^{aB}	4.69±0.79 ^{aA}	95.24±0.00 ^c	94±0.00 ^{bc}	0.00±0.00 ^c
6.48	0.86±0.02 ^{bC}	2.53±0.43 ^{aB}	4.42±0.46 ^{aA}	95.24±0.00 ^c	94.34±0.00 ^b	0.667±0.577 ^b
6.80	0.78±0.02 ^{bC}	2.25±0.63 ^{aB}	3.84±0.45 ^{aA}	100±0.00 ^a	100±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a
8.55	0.70±0.01 ^{bC}	2.26±0.17 ^{aB}	3.85±0.24 ^{aA}	92.86±0.00 ^d	91.30±0.00 ^d	0.00±0.00 ^c
9.60	1.02±0.11 ^{bB}	2.15±0.03 ^{aB}	4.38±0.06 ^{aA}	100±0.00 ^a	94.23±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c
10.80	0.84±0.13 ^{bC}	2.44±0.24 ^{aB}	3.78±0.17 ^{aA}	97.62±0.00 ^b	90.19±0.00 ^{de}	0.00±0.00 ^c
10.88	0.82±0.16 ^{bC}	2.03±0.46 ^{aB}	4.52±0.48 ^{aA}	97.62±0.00 ^b	84±0.00 ^g	0.00±0.00 ^c
15.36	0.71±0.02 ^{bB}	1.80±0.26 ^{aB}	4.37±0.81 ^{aA}	95.24±0.00 ^c	92.86±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c
17.28	0.90±0.16 ^{bC}	2.15±0.29 ^{aB}	4.90±0.09 ^{aA}	97.62±0.00 ^b	94.23±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c

Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Tablodaki küçük harfler satırlar arasındaki değişimi, büyük harfler ise sütunlar arasındaki değişimi göstermektedir. Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

Buğday danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin 4. saat elektriksel iletkenlik etkisi general linear model ile ANOVA çizelgesi oluşturulmuştur (Tablo 4.26). ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin 4. saat elektriksel iletkenlik üzerine uygulama süresi ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuşken ($p < 0.05$), frekansın etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.587 ve 0.393 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.26. AEA uygulanmış buğday danelerinde 4. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.18682	0.06227	5.04	0.006
Frekans	3	0.03630	0.01210	0.98	0.414
Uygulama süresi*frekans	9	0.33878	0.03764	3.05	0.009
Hata	32	0.39517	0.01235	-	-

Buğday danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin 8. saat elektriksel iletkenlik etkisi general linear model ile ANOVA çizelgesi oluşturulmuştur ve sonuçlar Tablo 4.27’de gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin 8. saat elektriksel iletkenlik üzerine sadece frekansın etkisi önemli bulunurken ($p < 0.05$), uygulama süresi ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.501 ve 0.267 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.27. AEA uygulanmış buğday danelerinde 8. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

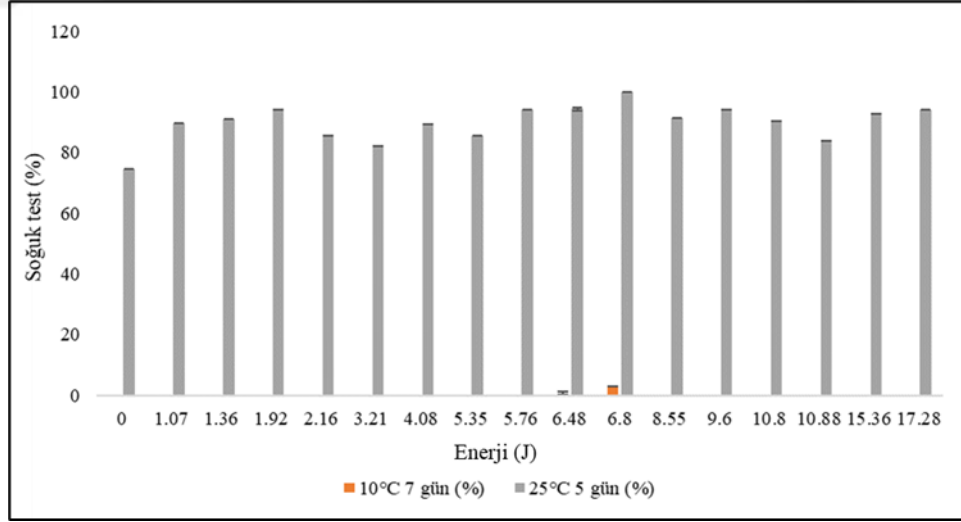
Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.3747	0.12490	1.55	0.220
Frekans	3	1.1193	0.37310	4.64	0.008
Uygulama süresi*frekans	9	1.0939	0.12155	1.51	0.186
Hata	32	2.5724	0.08039	-	-

Buğday danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin 24. saat elektriksel iletkenlik etkisi general linear model ile ANOVA çizelgesi oluşturulmuştur (Tablo 4.28). ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin 24. saat elektriksel iletkenlik üzerine sadece uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunurken ($p < 0.05$), uygulama süresi ve frekans etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.522 ve 0.298 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.28. AEA uygulanmış buğday danelerinde 24. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	1.1137	0.37122	1.64	0.199
Frekans	3	0.0962	0.03208	0.14	0.934
Uygulama süresi*frekans	9	6.6962	0.74402	3.29	0.006
Hata	32	7.2380	0.22619	-	-

4.2.6 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Soğuk Test Üzerine Etkisi



Şekil 4.16. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde soğuk test

Soğuk stresine bırakılan buğday danelerinde soğuk testi 10°C’de 7 gün ve 25°C’de 5 gün olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 4.16’de gösterilmiştir. Salatalık tohumlarının aksine 25°C’de 5 gün soğuk testine maruz kalan tohumlarda 6.48 ve 6.80 J uygulamaları dışında çimlenme görülmezken; 10°C’de 7 gün soğuk

testine maruz bırakılan örneklerde çıkış gözlemlenmiştir. Kontrol örneklerinde tespit edilen çıkış oranı 74.67 ± 1.15 iken; AEA ile proses edilen örneklerde 3.21 J enerji uygulanan örneklerde 82.00 ± 0.00 ile 6.8 J enerji uygulanan örneklerde 100.00 ± 0.00 arasında değişim göstermektedir. AEA ile proses edilen ve 10°C 'de 7 gün soğuk stresine maruz bırakılan örneklerdeki çıkış oranları istatistiksel olarak kontrol örneklerinin çıkış oranlarından önemli oranda yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.25).

Yapılan bir çalışmada elektrik alanın fidelere uygulanarak soğuk stresin bitki metabolizması üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla fasulye ve kara lahana tohumları ekilerek 15 gün boyunca kontrollü olarak yetiştirilmiş ve oluşan fidelere soğuk test öncesi 50 Hz, 100 kV/cm elektrik alan 10 ve 40 dakika boyunca uygulanmıştır. Her iki bitki yaprağında da soğuk uygulama, toplam çözünür protein seviyelerinde ve katalaz, peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidan enzim aktivitelerinde artışlara neden olmuştur. Elektrik uygulamasının fasulye ve kara lahana yapraklarında önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Kırk dakika elektrik alan uygulaması ise her iki bitki türünde soğukun bozucu etkisini artırırken, 10 dakika elektrik uygulaması doku canlılığını ve antioksidan enzim aktivitelerini artırarak bitkilerin soğuk direncini artırdığı sonucuna varılmıştır (68).

Buğday danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin 10°C soğuk test üzerine etkisi general linear model ile ANOVA çizelgesi oluşturulmuştur (Tablo 4.29). ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin 10°C soğuk test üzerine uygulama süresi, frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.997 ve 0.996 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.29. AEA uygulanmış buğday danelerinde 10°C 'de gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	47.634	15.8780	206.08	0.000
Frekans	3	275.224	91.7414	1190.73	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	665.869	73.9855	960.27	0.000
Hata	32	2.465	0.0770	-	-

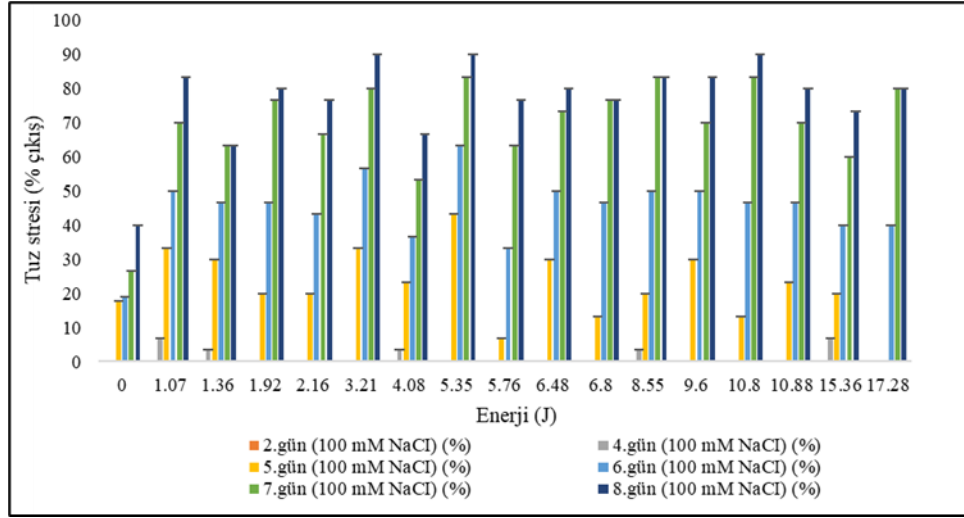
Buğday danelerine uygulanan AEA proses parametrelerinin 25°C soğuk test üzerine etkisi general linear model ile ANOVA çizelgesi oluşturulmuştur (Tablo 4.30). ANOVA sonuçlarına göre, buğday danelerinin 10°C soğuk test üzerine uygulama süresi, frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.974 ve 0.963 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.30. AEA uygulanmış buğday danelerinde 25°C’de gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	4.5625	1.52083	73.00	0.000
Frekans	3	4.5625	1.52083	73.00	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	16.6875	1.85417	89.00	0.000
Hata	32	0.6667	0.02083	-	-

4.2.7 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Buğday Danelerinin Tuzluluk Stresi Üzerine Etkisi

Buğday danelerinin tuzluluk stresi altındaki davranışları incelendiğinde 100 mM NaCl koşulları altında 2. günde çimlenme olmadığı tespit edilmiştir. Çimlenmenin gerçekleştiği 5, 6, 7 ve 8 günlerde AEA ile proses edilen örneklerin çimlenme kabiliyeti kontrol örneklerinden fazla bulunmuştur. Benzer şekilde, 5 günden 8 güne doğru ilerlendiğinde çimlenme oranının AEA uygulanan buğday danelerinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Kontrol örneklerinde 5, 6, 7 ve 8 günlerde 100 mM NaCl altında çimlenme izlendiğinde %17.78, 18.89, 26.67 ve 40 oranlarında çimlenme gözlenmiştir. Çimlenme çalışmalarında 8 gün sonunda en az çimlenmenin görüldüğü 1.36 J uygulamalarda sırasıyla 5, 6, 7 ve 8 günlerde %30, 46.67, 63.33 ve 63.33 oranlarında çimlenme görülmüştür. Sekiz gün sonunda en fazla çimlenen tohum oranı %90.00 olurken; 3.21, 5.35 ve 10.80 J uygulamaları sonucunda bu oran elde edilmiştir (Tablo 4.31).



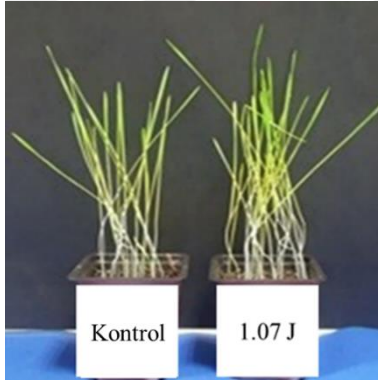
Şekil 4.17. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde tuzluluk stresi (100 mM NaCl)

Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinin 100 mM tuz stresi altında fide oluşumu Fotoğraf 4.13 ve Fotoğraf 4.14’de gösterilmiştir. Tuz stresi altında buğday danelerinin çimlenmesi ve çimlenen filizlerin fiziksel özellikleri incelendiğinde AEA prosesi uygulanan danelerin daha kuvvetli olduğu, daha çok çimlendiği ve toprak üstündeki gövde ve yapraklarının daha büyük olduğu gözlemlenmiştir.

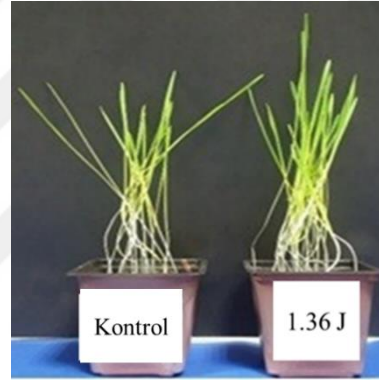
Tablo 4.31. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde tuzluluk testi (100 mM)

Enerji (J)	100mM NaCl (%)					
	2.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	8.gün
0.00	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	17.78±0.30 ^d	18.89±0.30 ^h	26.67±0.00 ^j	40.00±0.00 ^h
1.07	0.00±0.00 ^a	6.67±0.00 ^a	33.33±0.00 ^b	50.00±0.00 ^c	70.00±0.00 ^e	83.33±0.00 ^b
1.36	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	30.00±0.00 ^c	46.67±0.00 ^d	63.33±0.00 ^g	63.33±0.00 ^g
1.92	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	20.00±0.00 ^f	46.67±0.00 ^d	76.67±0.00 ^c	80.00±0.00 ^c
2.16	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	20.00±0.00 ^f	43.33±0.00 ^e	66.67±0.00 ^f	76.67±0.00 ^d
3.21	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	33.33±0.00 ^b	56.67±0.00 ^b	80.00±0.00 ^b	90.00±0.00 ^a
4.08	0.00±0.00 ^a	3.33±0.00 ^b	23.33±0.00 ^e	36.67±0.00 ^g	53.33±0.00 ⁱ	66.67±0.00 ^f
5.35	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	43.33±0.00 ^a	63.33±0.00 ^a	83.33±0.00 ^a	90.00±0.00 ^a
5.76	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	6.67±0.00 ^g	33.33±0.00 ^h	63.33±0.00 ^g	76.67±0.00 ^d
6.48	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	30.00±0.00 ^h	50.00±0.00 ^c	73.33±0.00 ^d	80.00±0.00 ^c
6.80	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	13.33±0.00 ^g	46.67±0.00 ^d	76.67±0.00 ^c	76.67±0.00 ^d
8.55	0.00±0.00 ^a	3.33±0.00 ^b	20.00±0.00 ^f	50.00±0.00 ^c	83.33±0.00 ^a	83.33±0.00 ^b
9.60	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	30.00±0.00 ^h	50.00±0.00 ^c	70.00±0.00 ^e	83.33±0.00 ^b
10.80	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	13.33±0.00 ^g	46.67±0.00 ^d	83.33±0.00 ^a	90.00±0.00 ^a
10.88	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	23.33±0.00 ^e	46.67±0.00 ^d	70.00±0.00 ^e	80.00±0.00 ^c
15.36	0.00±0.00 ^a	6.67±0.00 ^a	20.00±0.00 ^f	40.00±0.00 ^f	60.00±0.00 ^h	73.33±0.00 ^e
17.28	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^h	40.00±0.00 ^f	80.00±0.00 ^b	80.00±0.00 ^c

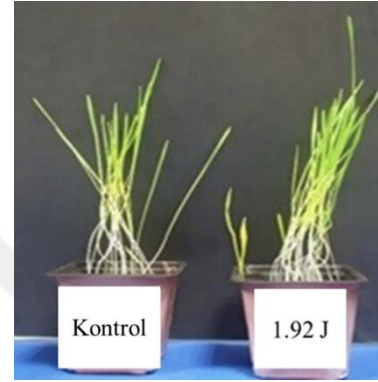
Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Aynı sütunda farklı üsts el harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).



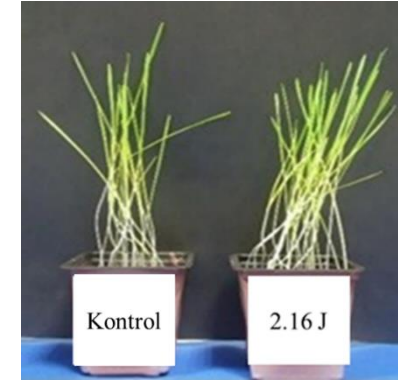
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.07 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



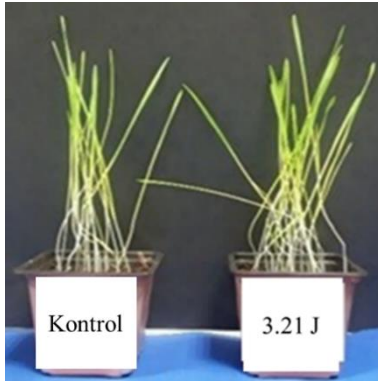
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.36 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



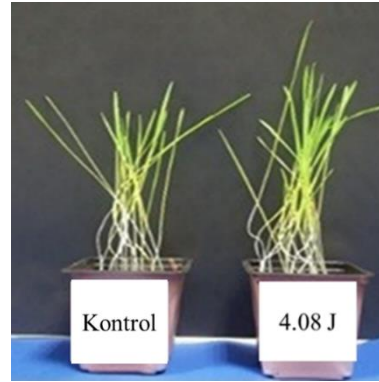
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.92 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



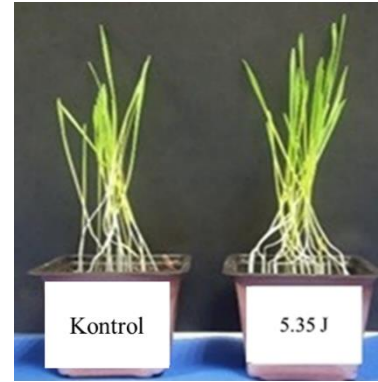
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 2.16 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



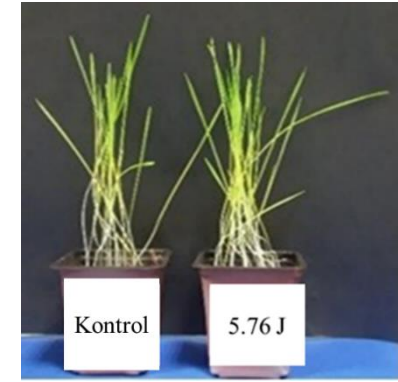
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.21 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 4.08 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

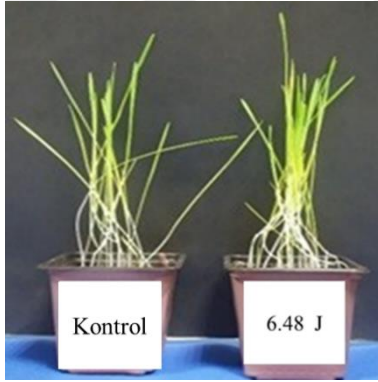


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 5.35 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

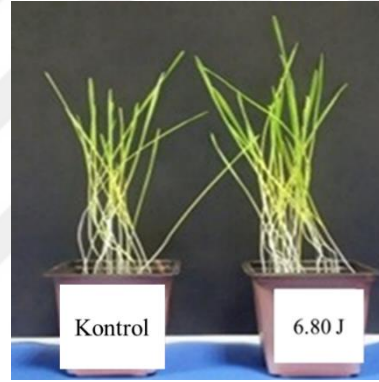


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 5.76 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

Fotoğraf 4.13. 100 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



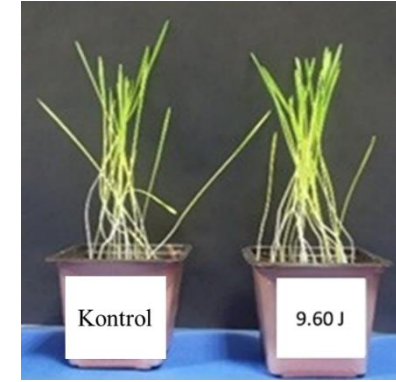
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 6.48 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



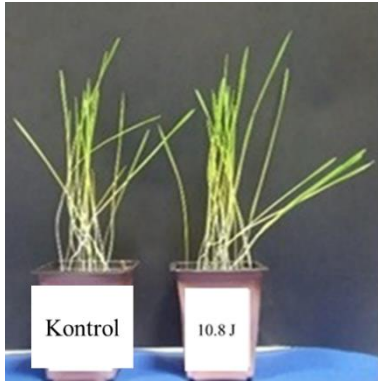
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 6.80 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



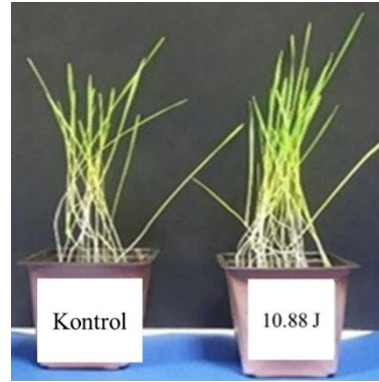
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 8.55 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



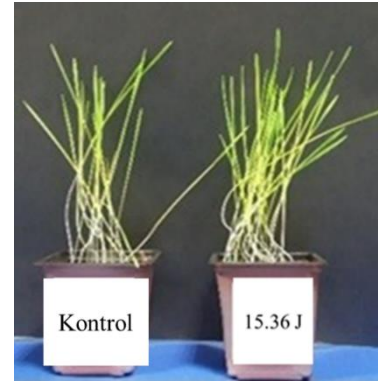
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 9.60 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



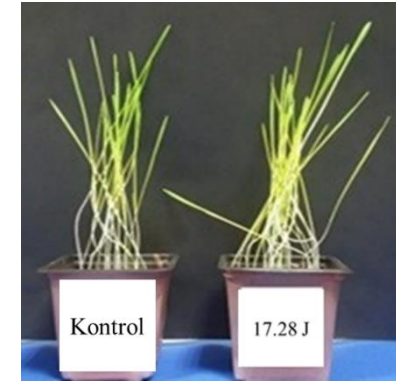
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 10.8 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 10.88 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

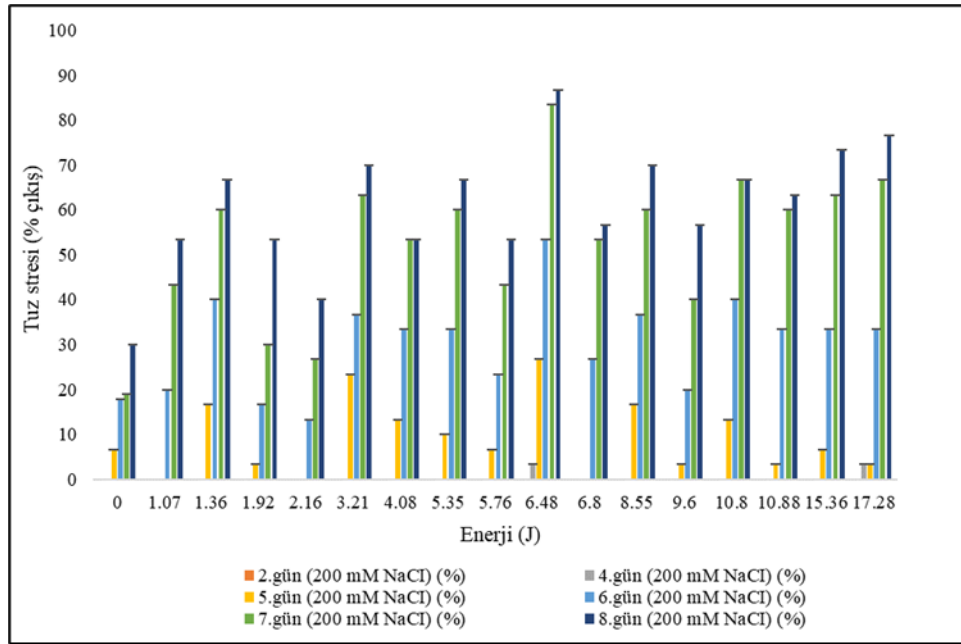


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 15.36 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 17.28 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

Fotoğraf 4.14. 100 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



Şekil 4.18. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde tuzluluk stresi (200 mM NaCl)

Benzer durum 200 mM NaCl tuz stresi altında da gerçekleşmiştir, fakat çimlenen tohum sayısı 100 mM NaCl stresi altında çimlenen tohumlardan daha az sayıdadır (Şekil 4.18). Genel olarak tüm örnekler 5 günden itibaren çimlenmeye başlamıştır. Kontrol örneklerinde 5, 6, 7 ve 8 günlerde çimlenen tohum oranı sırasıyla %6.67, 17.78, 18.89 ve 30.00 iken; çimlenme oranının en düşük olduğu 2.16 J sonunda bu oranlar %0.00, 13.33, 26.67 ve 40.00 olarak tespit edilmiştir. Çimlenmenin en yüksek olduğu 6.48 J uygulamada ise 4, 5, 6, 7 ve 8 günlerde çimlenme oranları %3.33, 26.67, 53.33, 83.33 ve 86.67 olarak kaydedilmiştir. Genel olarak incelendiğinde AEA ile proses edilen tohumların çimlenme oranı kontrol örneklerin çimlenme oranından daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.32).

Yapılan bir çalışmada yonca tohumlarına 350 mT elektromanyetik alan uygulanarak tohumların 2000, 4000, 6000 ve 8000 ppm tuz konsantrasyonlarına karşı gösterdiği çimlenme incelenmiştir. Laboratuvar sonuçları elektromanyetik alandan geçirilen tohumların kontrol tohumlarına kıyasla farklı tuzluluk stres seviyeleri altında çimlenme özelliklerini, fide büyümesini ve canlılık özelliklerini arttırdığını göstermiştir. Elektromanyetik alanla işlem gören tohumlar, işlem görmemiş tohumlarla karşılaştırıldığında sürgün uzunluğunda %3.15-17.50, kök uzunluğunda %3.00-12.43, fide taze ve kuru ağırlığında %8.33-12.50 artış meydana

gelmiştir. Ayrıca elektromanyetik alan ile proses edilen tohumlarda kontrol tohumlarına kıyasla belirtilen tuzluluk stresleri altında çimlenme oranını %2.87, 7.61, 4.96 ve 5.10 oranında arttırdığı sonucuna varılmıştır (69).

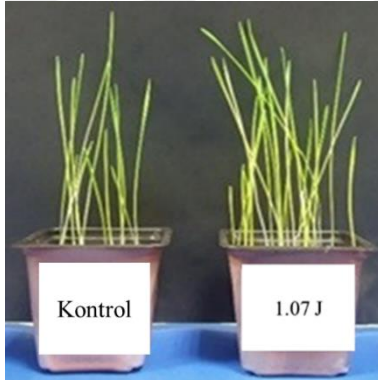
Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinin 200 mM tuz stresi altında fide oluşumu Fotoğraf 4.15 ve Fotoğraf 4.16’da gösterilmiştir. Tuz stresi altında buğday danelerinin çimlenmesi ve çimlenen filizlerin fiziksel özellikleri incelendiğinde AEA prosesi uygulanan danelerin daha kuvvetli olduğu, daha çok çimlendiği ve toprak üstündeki gövde ve yapraklarının daha büyük olduğu gözlenmiştir.



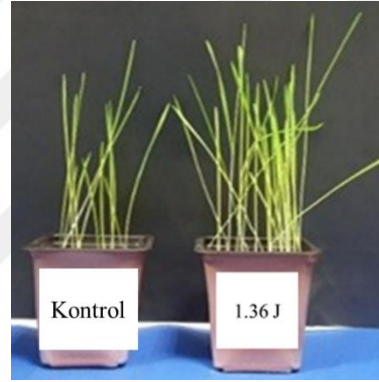
Tablo 4.32. Kontrol ve AEA uygulanmış buğday danelerinde tuzluluk testi (200 mM)

Enerji (J)	200mM NaCl (%)					
	2.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	8.gün
0.00	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	6.67±0.00 ^f	17.78±3.00 ^e	18.89±1.00 ^j	30.00±0.00 ^j
1.07	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^h	20.00±0.00 ^h	43.33±0.00 ^f	53.33±0.00 ^h
1.36	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	23.33±0.00 ^b	36.67±0.00 ^c	63.33±0.00 ^c	70.00±0.00 ^d
1.92	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	3.33±0.00 ^g	16.67±0.00 ^g	30.00±0.00 ^h	53.33±0.00 ^h
2.16	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^h	13.33±0.00 ⁱ	26.67±0.00 ⁱ	40.00±0.00 ⁱ
3.21	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	16.67±0.00 ^c	36.67±0.00 ^c	60.00±0.00 ^d	70.00±0.00 ^d
4.08	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	13.33±0.00 ^d	33.33±0.00 ^d	53.33±0.00 ^e	53.33±0.00 ^h
5.35	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^h	26.67±0.00 ^f	53.33±0.00 ^e	56.67±0.00 ^g
5.76	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	6.67±0.00 ^f	23.33±0.00 ^g	43.33±0.00 ^f	53.33±0.00 ^h
6.48	0.00±0.00 ^a	3.33±0.00 ^a	26.67±0.00 ^a	53.33±0.00 ^a	83.33±0.00 ^a	86.67±0.00 ^a
6.80	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^h	26.67±0.00 ^f	53.33±0.00 ^e	56.67±0.00 ^g
8.55	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	16.67±0.00 ^c	36.67±0.00 ^c	60.00±0.00 ^d	70.00±0.00 ^d
9.60	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	3.33±0.00 ^g	20.00±0.00 ^h	40.00±0.00 ^g	56.67±0.00 ^g
10.80	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	13.33±0.00 ^d	40.00±0.00 ^b	66.67±0.00 ^b	66.67±0.00 ^e
10.88	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	3.33±0.00 ^g	33.33±0.00 ^d	60.00±0.00 ^d	63.33±0.00 ^f
15.36	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^b	6.67±0.00 ^f	33.33±0.00 ^d	63.33±0.00 ^c	73.33±0.00 ^c
17.28	0.00±0.00 ^a	3.33±0.00 ^a	3.33±0.00 ^g	33.33±0.00 ^d	66.67±0.00 ^b	76.67±0.00 ^b

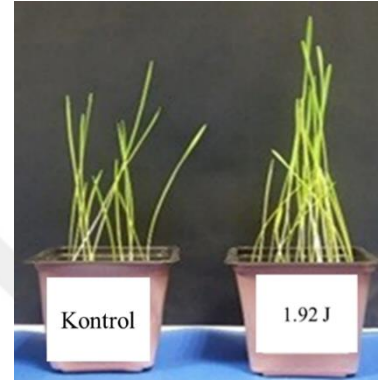
Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).



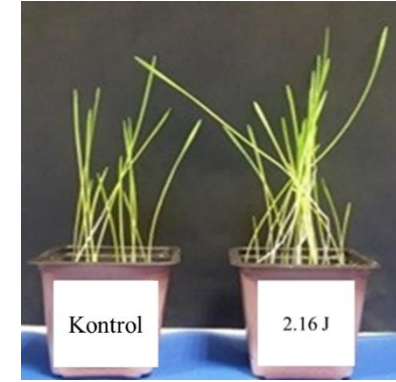
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.07 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.36 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.92 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



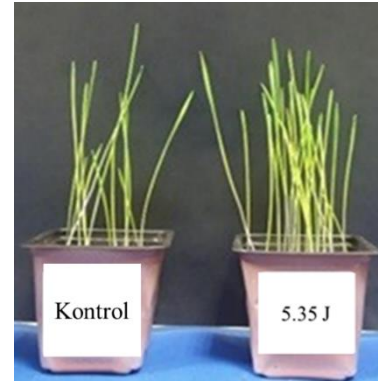
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 2.16 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



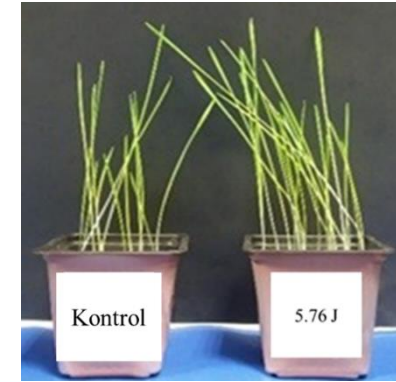
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.21 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 4.08 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

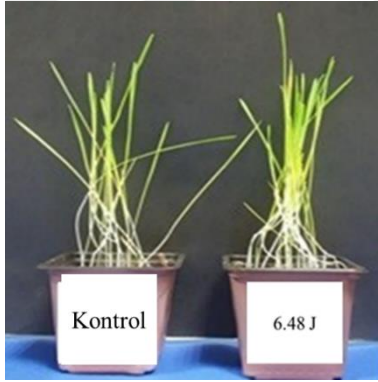


200 mM tuz stresi altında kontrol ve 5.35 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 5.76 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

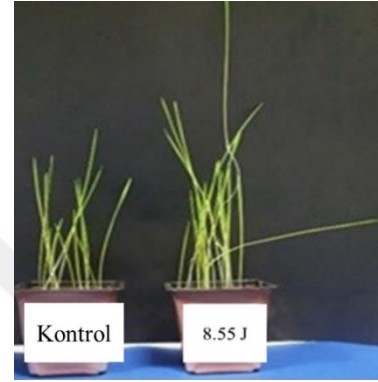
Fotoğraf 4.15. 200 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



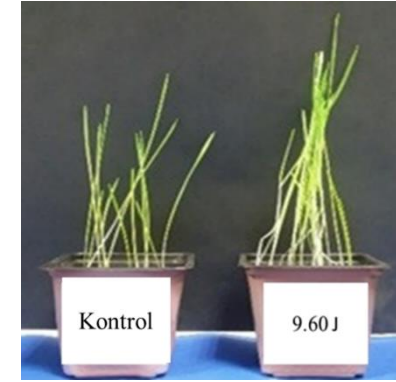
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 6.48 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



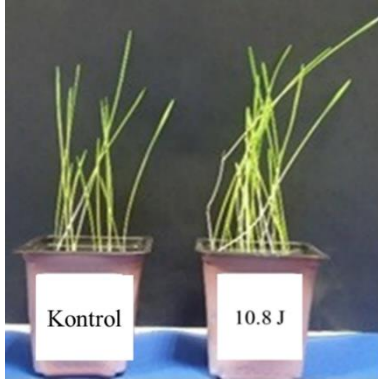
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 6.80 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



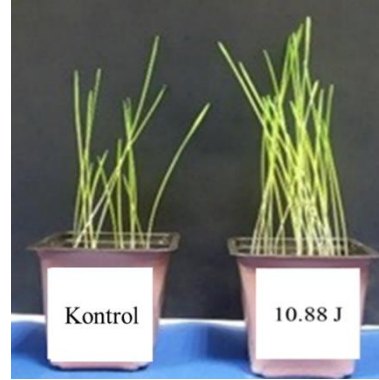
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 8.55 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



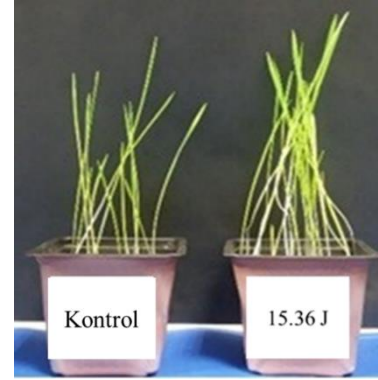
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 9.60 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



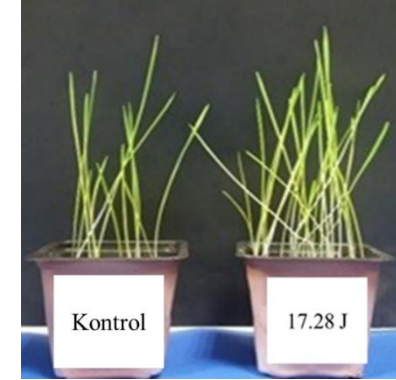
200 mM tuz stresi altında kontrol ve 10.80 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 10.88 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 15.36 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi



200 mM tuz stresi altında kontrol ve 17.28 J AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

Fotoğraf 4.16. 200 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan buğday danelerinin çimlenmesi

4.2.8 Buğday Danelerinde En İyi Uyumlu Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri ve Eş Zamanlı Optimizasyon

Buğday danelerine ait sonuçların modellenenbilmesi amacıyla linear model denemeleri yapılmış ve buğday tohumlarına ait modellerde yaşanan sorun lack-of-fit değerinin $p < 0.05$ 'den küçük çıkmasıdır. Bu nedenle, pek çok analiz sonucu modellenememiştir. Lack-of-fit değeri modelin uygun olup olmadığını gösteren en önemli parametrelerdendir.

Buğday danelerinin AEA ile prosesinde en iyi uyumlu doğrusal olmayan regresyon modelleri incelendiğinde en yüksek R^2 değerlerine sırasıyla %99.78 oranla TAMB (log kob/g), %97.39 oranla normal fide oranı (%) ve % 81.15 oranla 8. gün ortalama çimlenme oranının sahip olduğu görülmektedir (Tablo 4.33). Buğday danelerinde eş zamanlı optimizasyonunda en iyi 3 çözüm sıralanmış ve 19 yanıt değişkeni optimizasyona uygun bulunmuştur. Yapılan modeller için kompozit istenebilirlik fonksiyonu sırasıyla 0.667, 0.595 ve 0.571 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.34).

Tablo 4.33. Buğday danelerinde en iyi uyumlu doğrusal olmayan regresyon modelleri

Yanıt değişkeni	Amaç	Model	R^2 (%)	R^2_{pred} (%)	SE	p	DW
2.gün sayımı (%)	Maksimum	$92.594+0.2662X_2$	26.71	20.91	3	0	0.288
5.gün ort. çimlenme (%)	Maksimum	$92.190+1.575X_1-0.000103X_1*X_2*X_2*X_2$	54.21	48.83	1.92	0	0.686
7.gün ort. çimlenme (%)	Maksimum	$94.558+0.01554X_2*X_2*X_2-0.01113X_2*X_2*X_2*X_2$	60.11	55.85	1.53	0.000	0.623
8.gün ort. çimlenme (%)	Maksimum	$93.858+0.000097X_1*X_1+0.02011X_2*X_2*X_2-0.01470X_2*X_2*X_2*X_2-0.000000X_1*X_1*X_1*X_3+0.000080X_3*X_3*X_3*X_3$	81.15	78.12	0.93	0.000	0.744
Normal fide oranı (%)	Maksimum	$72.074+0.27014X_1-0.000005X_1*X_1*X_1-0.000030X_1*X_1*X_3+0.000012X_1*X_1*X_2*X_3-0.001761X_2*X_2*X_3*X_3$	97.39	96.74	1.05	0.017	0.623
Soğuk test 25°C-5gün (%)	Maksimum	$73.93+0.1466X_1-0.000000X_1*X_1*X_1*$	55.52	51.16	4.00	0.010	0.961
E.I 4 saat (μ S/cmg)	Hedef (1.7)	$1.643-0.01016X_1-0.0225X_2+0.000037X_1*X_1$	52.79	23.56	0.19	0.037	1.778
E.I 8 saat (μ S/cmg)	Hedef (3.0)	$2.466-0.0554X_2$	11.28	2.09	0.43	0.016	1.664
TAMB (log kob/g)	Minimum	$6.27656-0.002912X_1-0.04840X_2+0.000042X_1*X_1-0.000000X_1*X_1*X_1-0.00066X_3*X_3*X_3+0.000014X_1*X_1*X_3-0.000000X_1*X_1*X_1*X_3+0.000001X_1*X_1*X_3*X_3-0.000000X_1*X_1*X_2*X_3+0.000023X_2*X_2*X_3*X_3$	99.78	99.61	0.01	0.002	2.068
TMK (log kob/g)	Minimum	$9.2776-0.010318X_1+0.000000X_1*X_1*X_1$	69.86	66.32	0.14	0.000	1.373

Tablo 4.33. (devam)

4.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	1.600- 0.000000X ₁ *X ₁ *X ₁ *X ₁ +0.000420X ₂ *X ₂ *X ₂ * X ₂	16.19	4.27	2.14	0.040	0.793
4.gün (200mM NaCl)(%)	Maksimum	0.061+0.00316X ₁ *X ₂ -0.000069 X ₁ *X ₁ *X ₃ +0.000000X ₁ *X ₁ *X ₁ *X ₃	55.79	49.33	0.74	0.014	1.098
5.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	28.64-0.000000X ₁ *X ₁ *X ₁ *X ₃	38.12	34.17	8.27	0.000	0.730
6.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	40.01+0.957X ₁ - 0.01172X ₁ *X ₁ +0.000036X ₁ *X ₁ *X ₁	50.49	44.02	5.16	0.000	0.964
6.gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	26.59+1.048X ₂	8.57	2.62	9.43	0.037	0.646
7.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	17.81+2.324X ₁ - 0.02463X ₁ *X ₁ +0.000075X ₁ *X ₁ *X ₁	70.30	51.20	9.39	0.000	1.039
7.gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	16.64+29.02X ₂ -5.13 X ₂ *X ₂ +0.000926X ₂ *X ₂ *X ₂ *X ₂	49.13	36.06	12.93	0.004	0.842
8.gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	18.89+7.11X ₁ - 0.1298X ₁ *X ₁ +0.000833X ₁ *X ₁ *X ₁ - 0.000002X ₁ *X ₁ *X ₁ *X ₁	78.15	59.00	8.48	0.048	1.240
8.gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	18.84+1.107X ₁ +2.101X ₂ - 0.00840X ₁ *X ₁ +0.000000X ₁ *X ₁ *X ₁ *X ₁	55.03	29.05	11.50	0.009	1.222

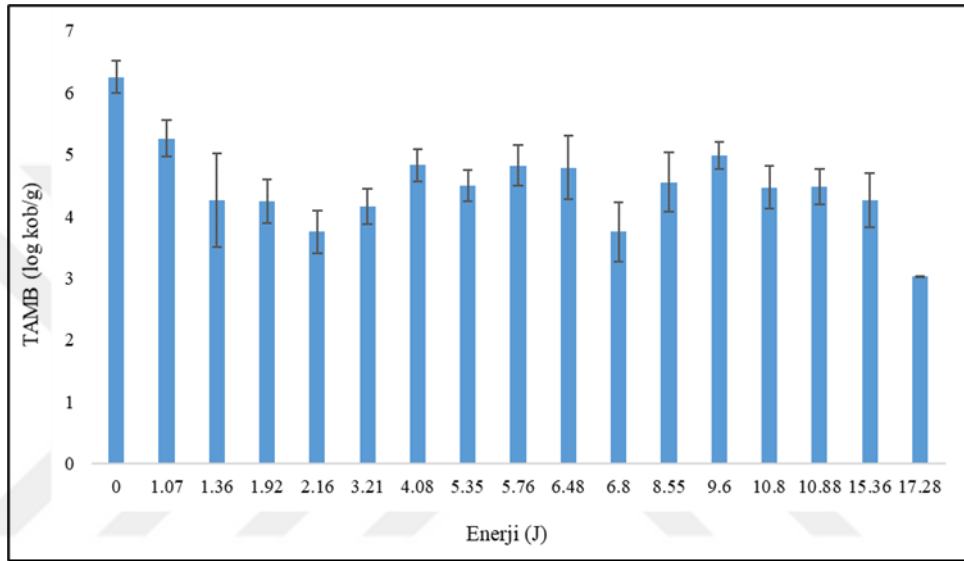
*X₁: frekans X₂: uygulama süresi X₃: enerji

Tablo 4.34. Buğday danelerinde eş zamanlı optimizasyon

NO	Yanıt değişkeni	En iyi çözüm (R^2)			Kompozit istenebilirlik fonksiyonu
		1	2	3	
1	2.gün sayımı (%)	97.860	95.589	97.852	
2	5. gün ort. çimlenme (%)	100.119	97.996	95.548	
3	7.gün ort. çimlenme (%)	103.692	99.512	99.814	
4	8.gün ort. çimlenme (%)	105.490	100.923	99.949	
5	Normal fide oranı (%)	92.813	92.457	97.860	
6	Soğuk test 25°C-5 gün (%)	86.486	86.209	91.976	
7	E.I-4 saat ($\mu\text{S}/\text{cmg}$)	0.857	0.944	0.821	
8	E.I-8 saat ($\mu\text{S}/\text{cmg}$)	2.044	2.240	2.030	0.667
9	TAMB (log kob/g)	5.865	6.034	5.290	0.595
10	TMK (log kob/g)	8.516	8.528	8.725	0.571
11	4.gün (100mM NaCl) (%)	2.887	1.616	1.368	
12	4.gün (200mM NaCl) (%)	2.197	1.177	2.879	
13	5.gün (100mM NaCl) (%)	28.644	28.644	5.512	
14	6.gün (100mM NaCl) (%)	58.035	58.609	45.045	
15	6.gün (200mM NaCl) (%)	34.554	30.859	34.825	
16	7.gün (100mM NaCl) (%)	82.472	83.061	76.088	
17	7.gün (200mM NaCl) (%)	83.068	64.659	69.254	
18	8.gün (100mM NaCl) (%)	98.803	101.549	81.667	
19	8.gün (200Mm NaCl) (%)	73.512	66.283	74.804	

4.3 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumunun Mikrobiyolojik Özellikleri ve Tohum Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

4.3.1 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Yüzeyindeki Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Üzerine Etkisi



Şekil 4.19. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) inaktivasyonu

Salatalık tohumlarında kontrol örneklerinde TAMB sayısı 6.25 ± 0.26 log kob/g olarak ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 4.36'da gösterilmiştir. AEA uygulamaları sonucu başlangıç bakteri yükünde istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek azalma tespit edilmiş olup en az inaktivasyon 1.07 J uygulanan AEA prosesinde görülmüş ve başlangıç TAMB sayısı 5.26 ± 0.29 log kob/g seviyesine düşürülmüştür. En fazla inaktivasyon 17.28 J uygulamanın yapıldığı AEA prosesinde gözlenmiş olup; uygulama sonrası TAMB sayısı 3.03 ± 0.01 log kob/g seviyesine kadar düşürülmüştür ($p < 0.05$) (Şekil 4.19).

Yapılan bir çalışmada yaban mersini meyvesine 2, 4, 6, 8 ve 10 dakika boyunca soğuk plazma uygulanmış ve meyveler 25°C'de 4, 8, 12, 16 ve 20 gün boyunca depolanmıştır. Soğuk plazma uygulanmayan yaban mersini meyvelerinde

TAMB sayısı 2.16 log kob/g iken; 10 dakika soğuk plazma uygulanan meyvelerde bu oran 2.01 log kob/g azalmıştır. Sonuçlar ön uygulama olarak kullanılan soğuk plazma yönteminin yaban mersini meyvesinin yüzeyindeki TAMB sayısını azaltmada etkili olabileceğini göstermiştir (70).

Salatalık tohumlarına uygulanan farklı elektriksel alan altında başlangıç TAMB değerindeki azalma baz alındığında general linear model ile ANOVA sonuçları oluşturulmuştur (Tablo 4.35). ANOVA sonuçlarına göre, salatalık tohumunun TAMB değerleri üzerine uygulama süresi, frekans ayrıca uygulama süresi-frekans etkileşimi de önemli çıkmıştır ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} adj değerleri sırasıyla 0.508 ve 0.407 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.35. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında TAMB (log kob/mL) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	1.9880	0.6627	2.89	0.048
Frekans	1	1.6401	1.6401	7.14	0.011
Frekans*frekans	1	0.2459	0.2459	1.07	0.307
Uygulama süresi*frekans	3	5.5870	1.8623	8.11	0.000
Hata	39	8.9566	0.2297	-	-

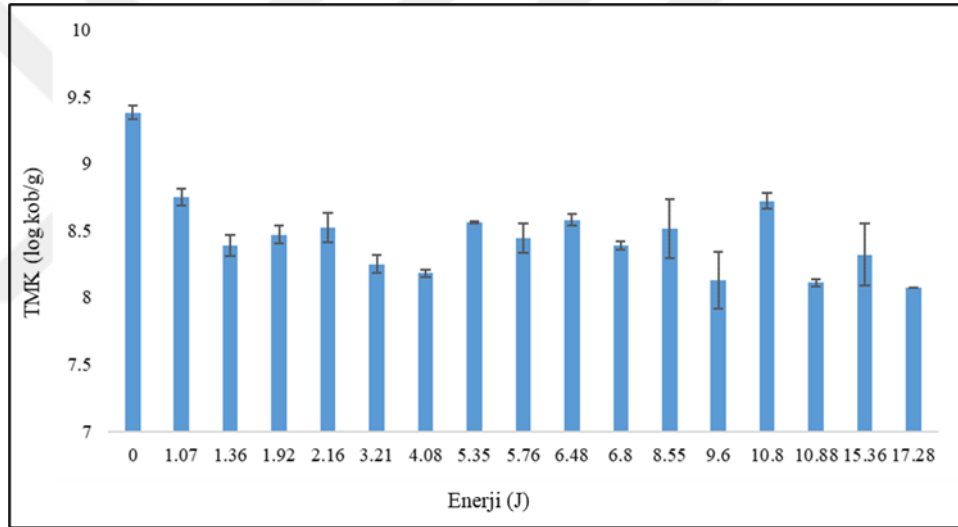
Tablo 4.36. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında TAMB, TMK ve *A. parasiticus* inaktivasyonu ile ortalama çimlenme oranı üzerine etkisi

Enerji (J)	Canlı mikroorganizma sayısı (log kob/g)			Ortalama çimlenme oranı (%)		
	TAMB	TMK	<i>Aspergillus parasiticus</i>	2.gün	3.gün	4.gün
0.00	6.25±0.26 ^a	9.38±0.05 ^a	9.38±0.03 ^a	90.00±0.00 ^b	91.11±1.92 ^b	93.33±0.00 ^c
1.07	5.26±0.29 ^{ab}	8.75±0.06 ^b	8.75±0.04 ^b	95.56±1.92 ^{ab}	95.56±1.92 ^{ab}	96.67±0.00 ^b
1.36	4.26±0.75 ^{bc}	8.39±0.08 ^{cdefgh}	8.40±0.05 ^{cdefg}	93.33±3.33 ^{ab}	96.67±3.33 ^{ab}	98.89±1.92 ^{ab}
1.92	4.24±0.35 ^{bc}	8.47±0.07 ^{bcdef}	8.47±0.05 ^{bcdef}	95.56±1.92 ^{ab}	96.67±3.33 ^{ab}	98.89±1.92 ^{ab}
2.16	3.75±0.35 ^{cd}	8.52±0.11 ^{bcde}	8.52±0.07 ^{bcde}	98.89±1.92 ^b	98.89±1.92 ^a	100.00±0.00 ^a
3.21	4.16±0.29 ^{bcd}	8.25±0.07 ^{efgh}	8.25±0.05 ^{efg}	90.00±0.00 ^b	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
4.08	4.83±0.26 ^{bc}	8.18±0.03 ^{fgh}	8.17±0.01 ^{fg}	96.67±3.33 ^{ab}	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
5.35	4.49±0.25 ^{bc}	8.56±0.01 ^{bcde}	8.57±0.01 ^{bcde}	96.67±3.33 ^{ab}	96.67±0.00 ^{ab}	100.00±0.00 ^a
5.76	4.82±0.33 ^{bc}	8.44±0.11 ^{bcdefg}	8.44±0.08 ^{bcdefg}	95.56±5.09 ^{ab}	98.89±1.92 ^a	100.00±0.00 ^a
6.48	4.79±0.52 ^{bc}	8.58±0.04 ^{bcd}	8.58±0.03 ^{bcde}	93.33±3.33 ^{ab}	94.44±1.92 ^{ab}	97.78±1.92 ^{ab}
6.80	3.75±0.48 ^{cd}	8.39±0.03 ^{defgh}	8.39±0.02 ^{defg}	96.67±3.33 ^{ab}	96.67±3.33 ^{ab}	98.89±1.92 ^{ab}
8.55	4.55±0.48 ^{bc}	8.51±0.22 ^{bcde}	8.51±0.15 ^{bcde}	95.56±1.92 ^{ab}	95.56±1.92 ^{ab}	100.00±0.00 ^a
9.60	4.99±0.22 ^b	8.13±0.21 ^{gh}	8.13±0.15 ^g	93.33±0.00 ^{ab}	96.67±0.00 ^{ab}	100.00±0.00 ^a
10.8	4.47±0.34 ^{bc}	8.72±0.06 ^{bc}	8.72±0.04 ^{bc}	96.67±3.33 ^{ab}	97.78±1.92 ^a	100.00±0.00 ^a
10.88	4.48±0.29 ^{bc}	8.11±0.03 ^{gh}	8.11±0.02 ^g	95.56±1.92 ^{ab}	96.67±0.00 ^{ab}	100.00±0.00 ^a
15.36	4.26±0.43 ^{bc}	8.32±0.23 ^{defgh}	8.32±0.16 ^{efg}	96.67±0.00 ^{ab}	96.67±0.00 ^{ab}	100.00±0.00 ^a
17.28	3.03±0.01 ^d	8.07±0.00 ^h	8.70±0.01 ^{bcd}	98.89±1.92 ^a	97.78±1.92 ^a	100.00±0.00 ^a

Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Aynı sütunda farklı üsts harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

4.3.2 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Yüzeyindeki Toplam Maya ve Küf Üzerine Etkisi

Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında toplam maya küf (TMK) inaktivasyonu Şekil 4.20’de gösterilmiştir. Kontrol örneklerinde başlangıç TMK sayısı 9.38 ± 0.05 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan AEA uygulamaları ile 1.07 J uygulama sonrasında başlangıç TMK sayısı 8.75 ± 0.06 log kob/g’a indirgenirken en fazla inaktivasyon 17.28 J enerji uygulanan örneklerde görülmüş olup, uygulama sonrası TMK sayısı 8.07 ± 0.00 log kob/g seviyesine kadar düşürülmüştür. Yapılan bütün AEA prosesleri başlangıç TMK sayısında istatistiksel olarak önemli miktarda azalma sağlamıştır ($p < 0.05$) (Tablo 4.36).



Şekil 4.20. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında toplam maya küf (TMK) inaktivasyonu

Yapılan bir çalışmada yaban mersini yüzeyindeki TMK sayısını azaltmak amacıyla yaban mersini yüzeyine 2, 4, 6, 8 ve 10 dakika boyunca soğuk plazma uygulanmıştır. Sonuçlar soğuk plazma uygulanmayan yaban mersini meyvelerinde TMK 2.25 log kob/g iken; 10 dakika soğuk plazma uygulanan meyvelerde bu oran 0.58 log kob/g azalmıştır (70).

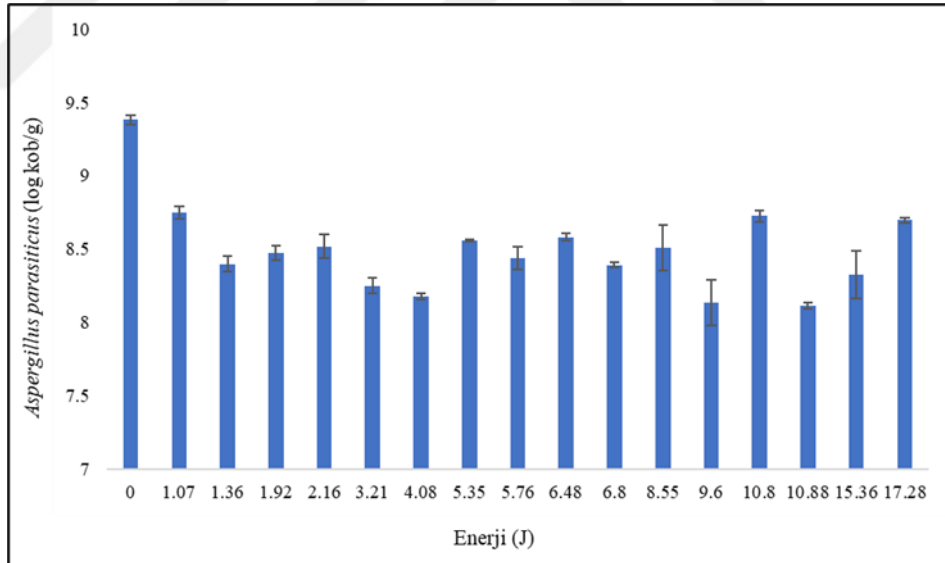
Uygulanan farklı elektriksel alan altında salatalık tohumlarının başlangıç TMK sayısındaki azalmalar baz alınarak general linear model ile ANOVA oluşturulmuş ve sonuçlar Tablo 4.37’de gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre,

salatalık tohumunun TMK sayısının inaktivasyon değerleri üzerine uygulama süresi, uygulama süresi-frekans etkileşimi ile uygulama süresi-uygulama süresi etkileşimi önemli çıkmıştır. R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.618 ve 0.540 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.37. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında TMK (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.52100	0.17367	7.49	0.000
Frekans	1	0.02682	0.02682	1.16	0.289
Frekans*frekans	1	0.43708	0.43708	18.86	0.000
Uygulama süresi*frekans	3	0.47761	0.15920	6.87	0.001
Hata	39	0.90372	0.02317	-	-

4.3.3 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Yüzeyine İnoküle Edilen *Aspergillus parasiticus* Üzerine Etkisi



Şekil 4.21. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında *Aspergillus parasiticus* (log kob/g) inaktivasyonu

Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında *A. parasiticus* (log kob/g) inaktivasyonu Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Kontrol örneklerinde başlangıç *A. parasiticus* sayısı 9.38 ± 0.03 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan AEA

uygulamaları ile 1.07 J uygulama sonrasında *A. parasiticus* sayısı 8.75 ± 0.04 log kob/g'a indirgenirken; en fazla inaktivasyon 10.88 J enerji uygulanan örneklerde görülmüş olup, uygulama sonrası *A. parasiticus* sayısı 8.11 ± 0.02 log kob/g seviyesine kadar düşürülmüştür. Yapılan bütün AEA prosesleri başlangıç *A. parasiticus* sayısında istatistiksel olarak önemli miktarda azalma sağlamıştır ($p < 0.05$) (Tablo 4.36).

Yapılan bir çalışmada atmosferik basınçta çalışan akışkan yataklı plazma prosesinin fındık yüzeyine kontamine edilen *A. flavus* ve *A. parasiticus* üzerine etkisi araştırılmıştır. Fındık örnekleri *A. flavus* ve *A. parasiticus* ile kontamine edildikten sonra iki farklı akışkan yatak reaktöründe çeşitli plazma parametrelerinde 5 dakikaya kadar kuru hava veya nitrojen plazma ile muamele edilmiştir. Plazmanın sporlar üzerindeki öldürme etkisi, akışkan yataklı reaktörün çapı arttıkça azalmış ve reaktör çapının 49 mm ve 25 kHz'de 655 W hava plazma muamelesi en yüksek inaktivasyonla sonuçlanmış ve bu plazma işlemi, *A. flavus* ve *A. parasiticus* sporlarını 5 dakikada 4.50 ± 0.15 ve 4.19 ± 0.06 log kob/g inhibe etmiştir (71).

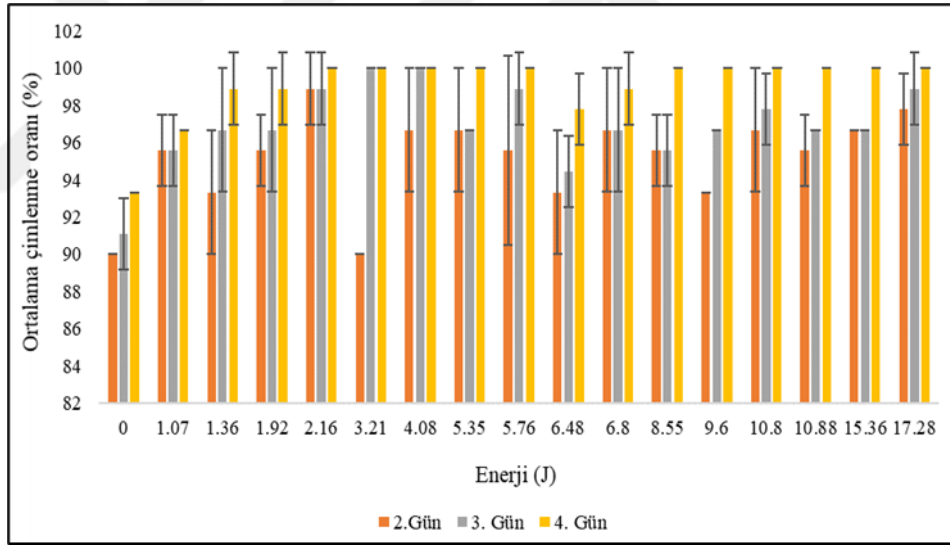
Uygulanan farklı elektriksel alan altında salatalık tohumlarının *A. parasiticus* sayısındaki azalmalar baz alınarak general linear model ile ANOVA sonuçları oluşturulmuştur (Tablo 4.38). ANOVA sonuçlarına göre, salatalık tohumunun *A. parasiticus* sayısının inaktivasyon değerleri üzerine uygulama süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca, ANOVA sonuçlarına göre, uygulama süresi-frekans etkileşimi de önemli çıkmıştır ($p < 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.821 ve 0.738 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.38. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında *A. parasiticus* (log kob/g) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.1923	0.06409	5.16	0.005
Frekans	3	0.9652	0.32175	25.91	0.000
Uygulama süresi*frekans	9	0.6736	0.07484	6.03	0.000
Hata	32	0.3974	0.01242	-	-

4.3.4 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Ortalama Çimlenme Oranı Üzerine Etkisi

Kontrol ve proses edilen salatalık tohumlarının OÇO 2, 3, ve 4 günlerde takip edilmiş ve sonuçlar Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Genel olarak bakıldığında çimlenme için beklenen gün sayısı arttıkça çimlenme oranında artış gözlenmiştir. Kontrol örneklerinin çimlenme oranı 2, 3 ve 4 günlerde sırasıyla 90.00 ± 0.00 , 91.11 ± 1.92 ve 93.33 ± 0.00 olarak değişirken en düşük çimlenme oranı 1.07 J uygulamadan sonra sırasıyla 95.56 ± 1.92 , 95.56 ± 1.92 ve 96.67 ± 0.00 olarak değişim gösterirken 2.16, 3.21, 4.08, 5.35, 5.76, 8.55, 9.60, 10.80, 10.88, 15.36 ve 17.28 J uygulamaları sonucunda ekilen bütün tohumlarda çimlenme görülmüş ve çimlenme oranı 4. gün sonunda 100.00% ’e çıkmıştır. AEA uygulamaları sonucunda test edilen bütün salatalık tohumlarının çimlenme oranı kontrol örneklerinden daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.36).



Şekil 4.22. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında ortalama çimlenme oranı

Yapılan başka bir çalışmada salatalık tohumlarına 1, 2 ve 3 saat süreyle 100-250 mT manyetik alan uygulanmıştır. Kontrol tohumlarına kıyasla çimlenme yüzdesi, 200 mT manyetik alanın 1 saat uygulanması ile 18.5% artmıştır. Ayrıca 200 mT 1 saat manyetik alan uygulanması sonucu hidrolitik enzimlerin, amilaz ve proteaz aktiviteleri, kontrol tohumlarına kıyasla sırasıyla 51% ve 13% artış göstermiştir (72).

Uygulanan farklı elektriksel alan altında salatalık tohumlarına ait 2. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA sonuçları Tablo 4.39’da gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, salatalık tohumunun 2. gün ortalama çimlenme oranı üzerine uygulama süresinin, frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.491 ve 0.223 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.39. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında 2. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	50.00	16.667	2.32	0.094
Frekans	3	38.89	12.963	1.81	0.166
Uygulama süresi*frekans	9	133.33	14.815	2.06	0.064
Hata	32	229.63	7.176	-	-

Uygulanan farklı elektriksel alan altında salatalık tohumlarına ait 3. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA sonuçları Tablo 4.40’da gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, salatalık tohumunun 3. gün ortalama çimlenme oranı üzerine sadece uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Uygulama süresi ve frekansın etkisi ise önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.483 ve 0.241 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.40. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında 3. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları

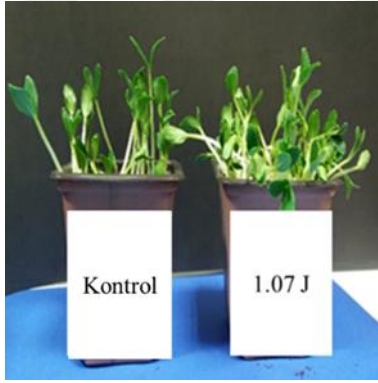
Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	20.370	6.7901	1.83	0.161
Frekans	3	1.852	0.6173	0.17	0.918
Uygulama süresi*frekans	9	88.889	9.8765	2.67	0.020
Hata	32	118.519	3.7037	-	-

Uygulanan farklı elektriksel alan altında salatalık tohumlarına ait 4. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA sonuçları ise Tablo 4.41’de gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, salatalık tohumunun 4. gün ortalama çimlenme oranı üzerine uygulama süresi ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Frekansın etkisi ise önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.600 ve 0.412 olarak bulunmuştur.

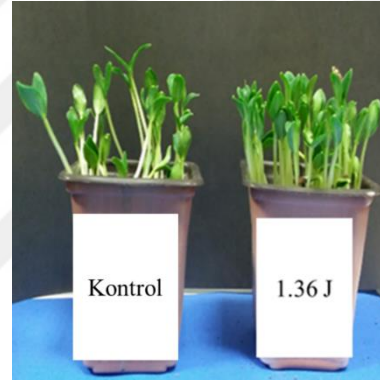
Tablo 4.41. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında 4. gün ortalama çimlenme oranına ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	12.963	4.3210	4.67	0.008
Frekans	3	1.852	0.6173	0.67	0.579
Uygulama süresi*frekans	9	29.630	3.2922	3.56	0.004
Hata	32	29.630	0.9259	-	-

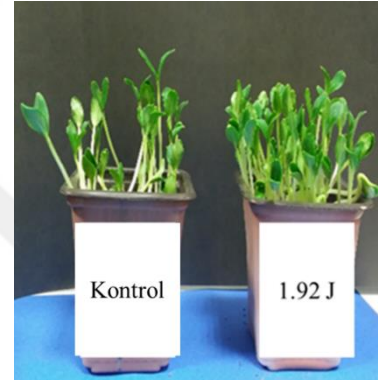
Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarının normal koşullar altında fide oluşumunu Fotoğraf 4.17 ve Fotoğraf 4.18’de gösterilmiştir. Salatalık tohumlarının normal koşulları altında çimlenme kabiliyetleri incelendiğinde 10.8 ve 17.28 J enerji uygulamaları hariç farklı enerji seviyelerinde AEA ile proses edilen örneklerin daha erken çimlendiği, daha fazla geliştiği gözlemlenmiştir.



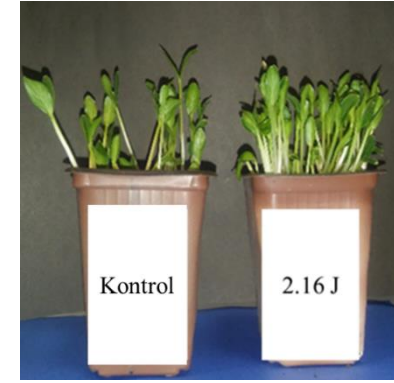
Kontrol ve 1.07 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



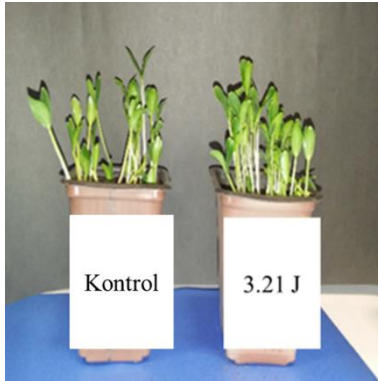
Kontrol ve 1.36 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



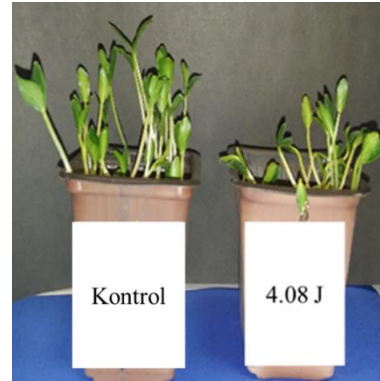
Kontrol ve 1.92 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



Kontrol ve 2.16 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



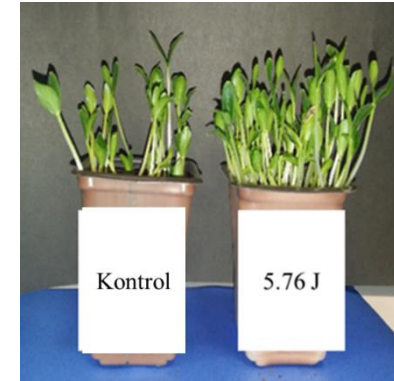
Kontrol ve 3.21 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



Kontrol ve 4.08 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi

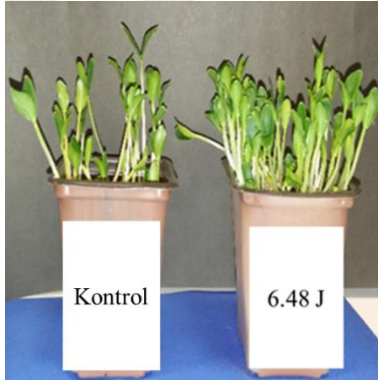


Kontrol ve 5.35 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi

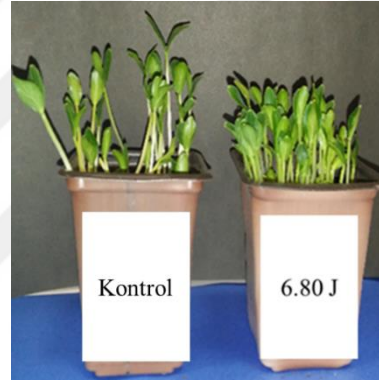


Kontrol ve 5.76 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi

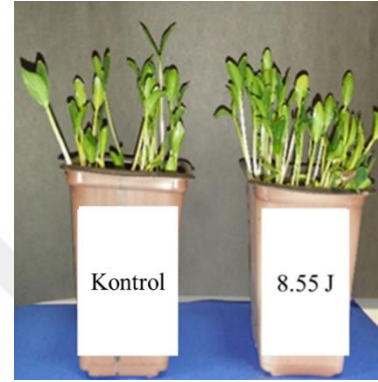
Fotoğraf 4.17. Kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarında fide oluşumu



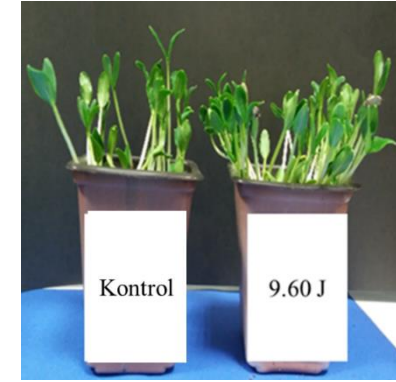
Kontrol ve 6.48 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



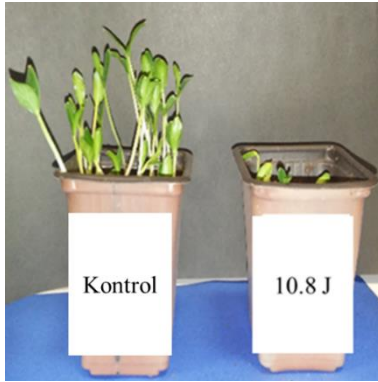
Kontrol ve 6.80 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



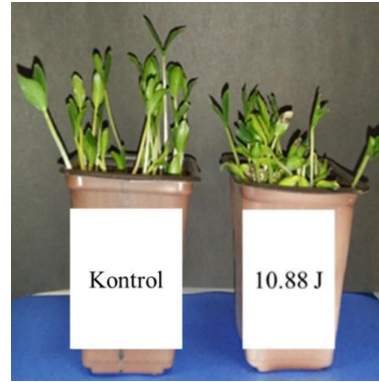
Kontrol ve 8.55 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



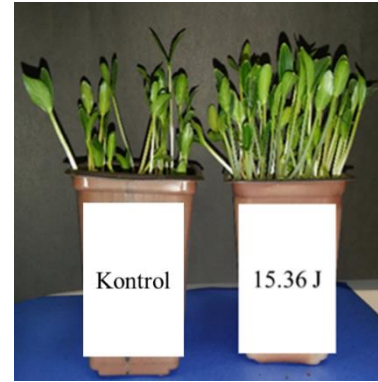
Kontrol ve 9.60 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



Kontrol ve 10.80 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



Kontrol ve 10.88 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



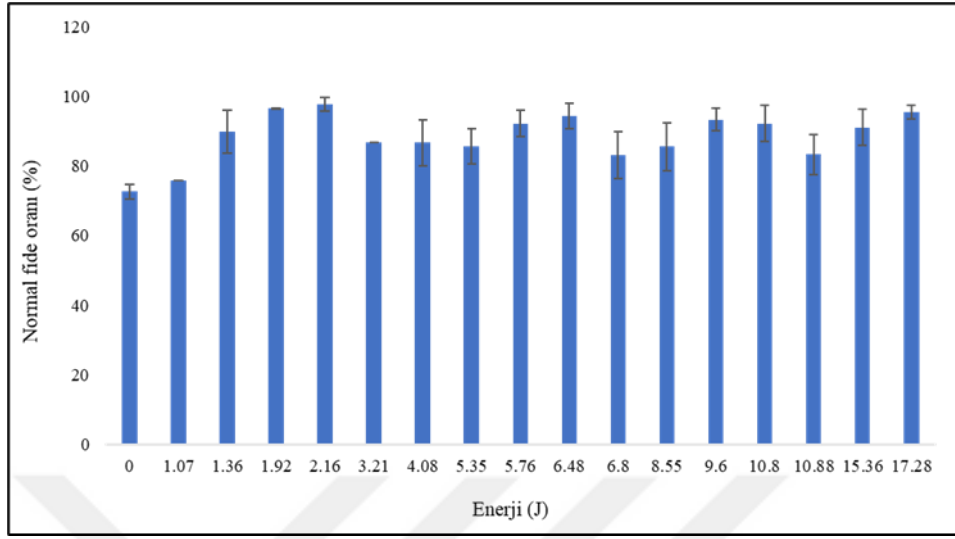
Kontrol ve 15.36 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi



Kontrol ve 17.28 J AEA uygulanan salatalık tohumunun çimlenmesi

Fotoğraf 4.18. Kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarında fide oluşumu

Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Normal Fide Oranı Üzerine Etkisi



Şekil 4.23. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında normal fide oranı

Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında normal fide oranı Şekil 4.23’de gösterilmiştir. Salatalık tohumlarında kontrol örneklerinde normal fide oranı 72.62 ± 2.06 iken; yapılan uygulamalar sonucunda normal fide oranı 1.07 J uygulama sonunda 75.86 ile 17.28 J uygulama sonunda 95.55 ± 1.92 arasında değişim göstermiştir. Kontrol örnekleri ile AEA uygulamaları karşılaştırıldığında bütün örneklerin normal fide oranı istatistiksel olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.46).

Salatalık tohumlarının AEA ile prosesi sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizlerinde tohumlara uygulanan elektriksel alanın farklı uygulama süresi, frekans ve enerji altındaki normal fide oranı üzerine etkisi gösterilmiştir. Uygulanan farklı elektriksel alan altında normal fide oranı değerleri baz alındığında general linear model ile ANOVA sonuçları oluşturulmuştur (Tablo 4.42). ANOVA sonuçlarına göre, salatalık tohumunun normal fide oranı değerleri üzerine frekansın ve uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri sırasıyla 0.591 ve 0.507 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.42. AEA uygulanmış salatalık tohumlarında normal fide oranı (%) değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	20.12	6.707	0.29	0.835
Frekans	1	959.01	959.01	40.88	0.000
Frekans*frekans	1	40.22	40.224	1.71	0.198
Uygulama süresi*frekans	3	253.35	84.450	3.60	0.022
Hata	39	914.97	23.461	-	-

Yapılan bir çalışmada diyabet ve diğer hastalıklarda faydalı olduğu bilinen kudret narı tohumlarına (*Momordica charantia*), 20 dakika boyunca 300, 500, 700 ve 1000 V/cm elektrik alanına maruz bırakılmıştır. 1000 V/cm elektrik alan uygulamasının çimlenmeyi geciktirdiği ve 300 ve 500 V/cm'de çimlenmeyi artırdığı sonucuna varılmıştır. Elektrik alanının düşük seviyelerde uygulanmasının kudret narı tohumlarının çimlenmesini pozitif olarak uyardığını yüksek elektrik alan uygulamasının ise çimlenmeyi azalttığı görülmüştür (73).

Salatalık tohumlarının çimlenme kabiliyeti incelendiğinde ise kontrol ve AEA ile proses edilen örneklerde uygulanan enerji seviyesinin çimlenme ve kök oluşumunda etkili olduğu görülmektedir. Fotoğraf 4.19 ve Fotoğraf 4.20'de kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarının normal koşullar altında kök oluşumu gösterilmiştir. Salatalık tohumlarının kök gelişimleri incelendiğinde kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında 10.8 ve 17.28 J AEA uygulamaları hariç farklı proses parametreleri ve enerji altında AEA ile proses edilen tohumların kök oluşumunun daha kuvvetli olduğu, saçak köklerin daha uzun olduğu gözlenmiştir.



Kontrol

Kontrol salatalık tohumlarında kök oluşumu



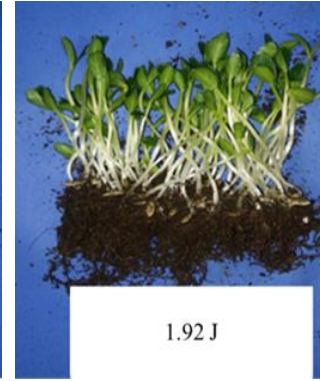
1.07 J

1.07 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



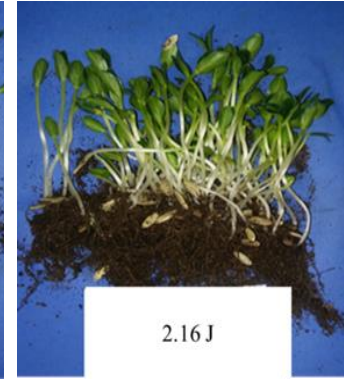
1.36 J

1.36 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



1.92 J

1.92 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



2.16 J

2.16 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



3.21 J

3.21 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



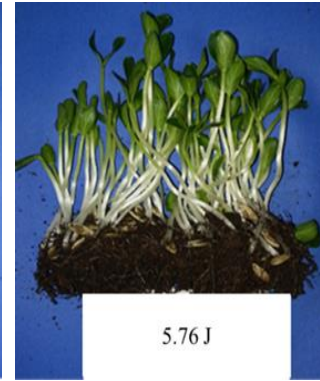
4.08 J

4.08 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



5.35 J

5.35 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



5.76 J

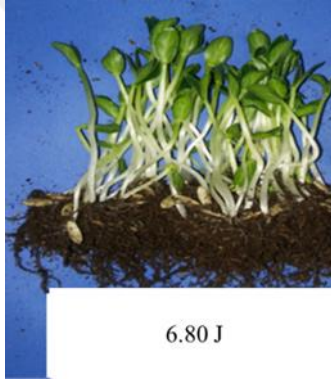
5.76 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



6.48 J

6.48 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu

Fotoğraf 4.19. Kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



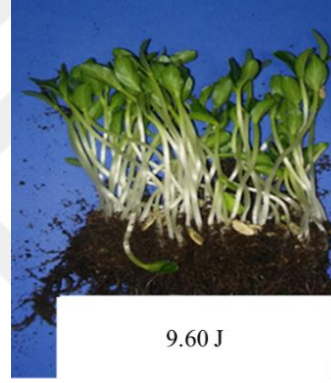
6.80 J

6.80 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



8.55 J

8.55 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



9.60 J

9.60 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



10.8 J

10.80 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



10.88 J

10.88 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu



15.36 J

15.36 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu

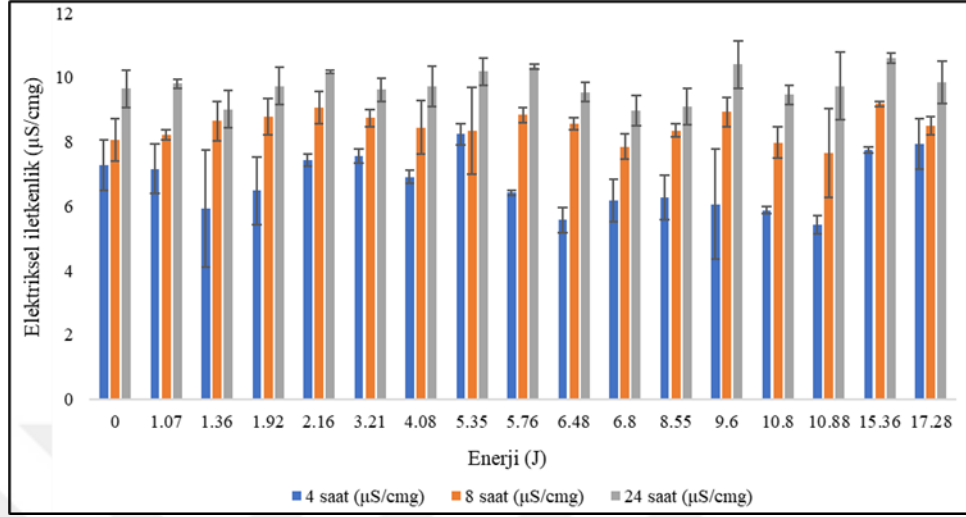


17.28 J

17.28 J AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu

Fotoğraf 4.20. Kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarında kök oluşumu

4.3.5 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Elektriksel İletkenlik Üzerine Etkisi



Şekil 4.24. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında elektriksel iletkenlik testi

Elektriksel iletkenlik testi sonuçları incelendiğinde hem kontrol hemde AEA ile proses edilen örneklerde elektriksel iletkenliğin süre geçtikçe arttığı ve bu nedenle her iki grup örnekte en yüksek iletkenlik değerlerinin 24 saat sonunda tespit edildiği ve bunu sırasıyla 8 ve 4 saat sonunda yapılan ölçümlerin izlediği görülmüştür. Ortalama elektriksel iletkenlik değerlerine bakıldığında kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında 4, 8 ve 24 saat sonunda her iki grup örnekler arasında önemli fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$) (Tablo 4.46). Genel olarak AEA uygulamasından ziyade bekleme süresinin elektriksel iletkenliğin artışında daha etkin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.24).

Yapılan bir çalışmada soğan örnekleri 167 V/cm ve 333 V/cm alan 100 μ s darbe genişliği, 1 Hz frekans ve darbe sayısı 1-100 arasında olacak şekilde proses edilmiştir. Kontrol örneklerinde iyon sızıntısı 11.5 ± 1.3 iken 10 ve 100 darbe sayısı ve 167 V/cm elektrik alan uygulamasından sonra iyon sızıntısı sırasıyla 21.6 ± 1.7 ve 41.4 ± 0.4 olarak tespit edilmiştir. İlaveten 333 V/cm elektrik alan 2, 10 ve 100 darbe sayısı uygulamasının ardından numunelerin iyon sızıntısı sırasıyla 24.5 ± 9.0 , 67.5 ± 10.0 ve 92.2 ± 5.9 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar atım

sayısının arttıkça iyon sızıntısı değerlerinin ve hasar görmüş hücre sayısının arttığını göstermiştir (74).

Tablo 4.43’de AEA uygulanan salatalık tohumlarının 4. saat elektriksel iletkenlik değerlerine ait ANOVA sonuçları gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşimi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Uygulama süresinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri ise sırasıyla 0.637 ve 0.467 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.43. AEA uygulanan salatalık tohumlarında 4. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.5444	0.1815	0.29	0.832
Frekans	3	8.7361	2.9120	4.65	0.008
Uygulama süresi*frekans	9	25.9120	2.8791	4.60	0.001
Hata	32	20.0396	0.6262	-	-

Tablo 4.44’de salatalık tohumlarına uygulanan AEA proses parametrelerinin 8. saat elektriksel iletkenlik üzerine etkisi gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, salatalık tohumlarının 8. saat elektriksel iletkenlik değeri üzerine sadece frekansın etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Uygulama süresi uygulama süresi-frekans etkileşiminin etkisi ise önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri sırasıyla 0.400 ve 0.119 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.44. AEA uygulanan salatalık tohumlarında 8. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	1.377	0.4588	1.17	0.335
Frekans	3	3.701	1.2338	3.16	0.038
Uygulama süresi*frekans	9	3.263	0.3625	0.93	0.515
Hata	32	12.502	0.3907	-	-

Tablo 4.45’de AEA uygulanan salatalık tohumlarının 24. saat elektriksel iletkenlik değerlerine ait ANOVA sonuçları gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre frekans ve uygulama süresi-frekans etkileşimi önemli iken ($p < 0.05$); uygulama süresinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). R^2 ve R_{adj}^2 değerleri ise sırasıyla 0.563 ve 0.358 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.45. AEA uygulanan salatalık tohumlarında 24. saat elektriksel iletkenlik değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

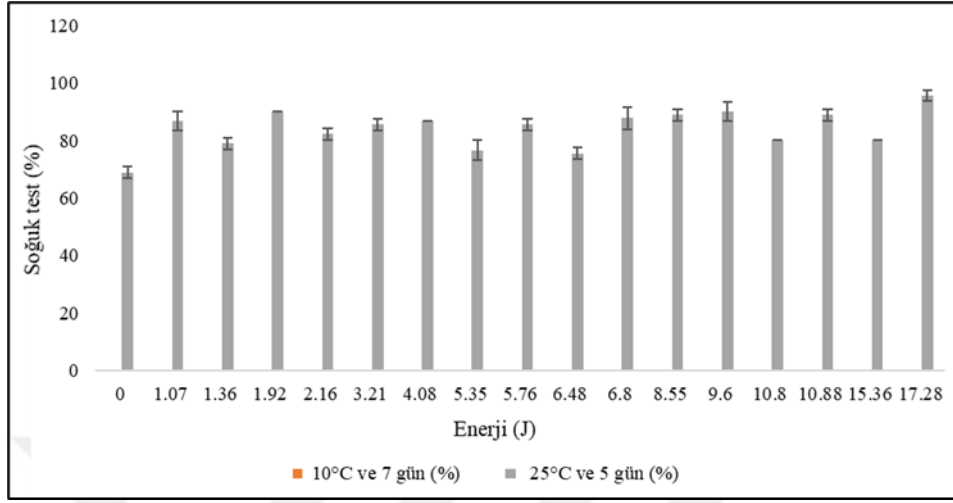
Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	0.1317	0.04391	0.17	0.917
Frekans	3	5.0956	1.69854	6.50	0.001
Uygulama süresi*frekans	9	5.5485	0.61650	2.36	0.036
Hata	32	8.3566	0.26114	-	-

Tablo 4.46. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında elektriksel iletkenlik, normal fide oranı ve soğuk test etkisi

Elektriksel İletkenlik				Normal Fide Oranı	Soğuk test	
Enerji (J)	4 saat (μ S/cm g)	8 saat (μ S/cm g)	24 saat (μ S/cm g)	(%)	10°C ve 7 gün (%)	25°C ve 5 gün (%)
0.00	7.29 $\pm$ 0.79 ^{abcA}	8.06 $\pm$ 0.67 ^{aAB}	9.65 $\pm$ 0.58 ^{abA}	72.62 $\pm$ 2.06 ^d	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	68.89 $\pm$ 1.92 ^f
1.07	7.17 $\pm$ 0.76 ^{abcB}	8.22 $\pm$ 0.17 ^{aB}	9.82 $\pm$ 0.14 ^{abA}	75.86 $\pm$ 0.00 ^{cd}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	86.67 $\pm$ 3.33 ^{abc}
1.36	5.92 $\pm$ 1.82 ^{abcB}	8.65 $\pm$ 0.62 ^{aA}	9.02 $\pm$ 0.57 ^{bA}	89.81 $\pm$ 6.11 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	78.89 $\pm$ 1.92 ^{de}
1.92	6.48 $\pm$ 1.06 ^{abcC}	8.79 $\pm$ 0.56 ^{aB}	9.74 $\pm$ 0.57 ^{abA}	96.63 $\pm$ 0.07 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	90.00 $\pm$ 0.00 ^a
2.16	7.44 $\pm$ 0.18 ^{abcC}	9.07 $\pm$ 0.50 ^{aB}	10.17 $\pm$ 0.05 ^{abA}	97.78 $\pm$ 1.92 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	82.22 $\pm$ 1.92 ^{cde}
3.21	7.56 $\pm$ 0.21 ^{abcC}	8.75 $\pm$ 0.27 ^{aB}	9.62 $\pm$ 0.37 ^{abA}	86.67 $\pm$ 0.00 ^{abc}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	85.56 $\pm$ 1.92 ^{abcd}
4.08	6.91 $\pm$ 0.21 ^{abcB}	8.45 $\pm$ 0.84 ^{aAB}	9.73 $\pm$ 0.64 ^{abA}	86.67 $\pm$ 6.67 ^{abc}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	86.67 $\pm$ 0.00 ^{abc}
5.35	8.24 $\pm$ 0.32 ^{aB}	8.35 $\pm$ 1.34 ^{aB}	10.19 $\pm$ 0.43 ^{abA}	85.56 $\pm$ 5.09 ^{abcd}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	76.67 $\pm$ 3.33 ^e
5.76	6.42 $\pm$ 0.07 ^{abcC}	8.84 $\pm$ 0.23 ^{aB}	10.33 $\pm$ 0.08 ^{abA}	92.22 $\pm$ 3.85 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	85.56 $\pm$ 1.92 ^{abcd}
6.48	5.57 $\pm$ 0.40 ^{bcC}	8.56 $\pm$ 0.18 ^{aB}	9.55 $\pm$ 0.29 ^{abA}	94.37 $\pm$ 3.78 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	75.56 $\pm$ 1.92 ^{ef}
6.80	6.17 $\pm$ 0.66 ^{abcC}	7.85 $\pm$ 0.39 ^{aB}	8.98 $\pm$ 0.47 ^{bA}	83.14 $\pm$ 6.67 ^{bcd}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	87.78 $\pm$ 3.85 ^{ab}
8.55	6.28 $\pm$ 0.69 ^{abcB}	8.36 $\pm$ 0.21 ^{aA}	9.09 $\pm$ 0.56 ^{bA}	85.56 $\pm$ 6.94 ^{abcd}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	88.89 $\pm$ 1.92 ^{ab}
9.60	6.07 $\pm$ 1.72 ^{abcC}	8.93 $\pm$ 0.46 ^{aB}	10.41 $\pm$ 0.73 ^{abA}	93.33 $\pm$ 3.33 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	90.00 $\pm$ 3.33 ^a
10.80	5.87 $\pm$ 0.11 ^{abcC}	7.98 $\pm$ 0.49 ^{aB}	9.47 $\pm$ 0.30 ^{abA}	92.22 $\pm$ 5.09 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	80 $\pm$ 0.00 ^{cde}
10.88	5.43 $\pm$ 0.29 ^{cC}	7.65 $\pm$ 1.38 ^{aB}	9.74 $\pm$ 1.04 ^{abA}	83.33 $\pm$ 5.77 ^{bcd}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	88.89 $\pm$ 1.92 ^{ab}
15.36	7.75 $\pm$ 0.08 ^{abcC}	9.18 $\pm$ 0.07 ^{aB}	10.61 $\pm$ 0.15 ^{aA}	91.11 $\pm$ 5.09 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	80 $\pm$ 0.00 ^{cde}
17.28	7.94 $\pm$ 0.79 ^{abC}	8.51 $\pm$ 0.28 ^{aB}	9.85 $\pm$ 0.67 ^{abA}	95.56 $\pm$ 1.92 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	95.55 $\pm$ 1.94 ^a

Çizelgedeki sonuçlar ortalama $\pm$ ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Tablodaki küçük harfler satırlar arasındaki değişimi, büyük harfler ise sütunlar arasındaki değişimi göstermektedir. Aynı sütunda farklı üstel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

4.3.6 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Soğuk Test Üzerine Etkisi



Şekil 4.25. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında soğuk test

Salatalık tohumlarının soğuk stresine karşı davranışları incelendiğinde 10°C’de 7 gün süresince uygulanan stres koşulları altında kontrol ve AEA ile proses edilen örneklerde herhangi bir çıkış gözlenmemiştir (Şekil 4.25). Bununla birlikte, 25°C’de 5 gün bekletilen örneklerde kontrol örneklerinde soğuk stresi sonunda çıkış oranı %68.89±1.92 iken, AEA uygulanan örneklerde çıkış oranı 6.48 J uygulama sonrasında %75.55±1.92 ile 17.28 J uygulama yapılan örneklerde ise %95.55±1.94 arasında değişim göstermiştir ($p < 0.05$) (Tablo 4.46).

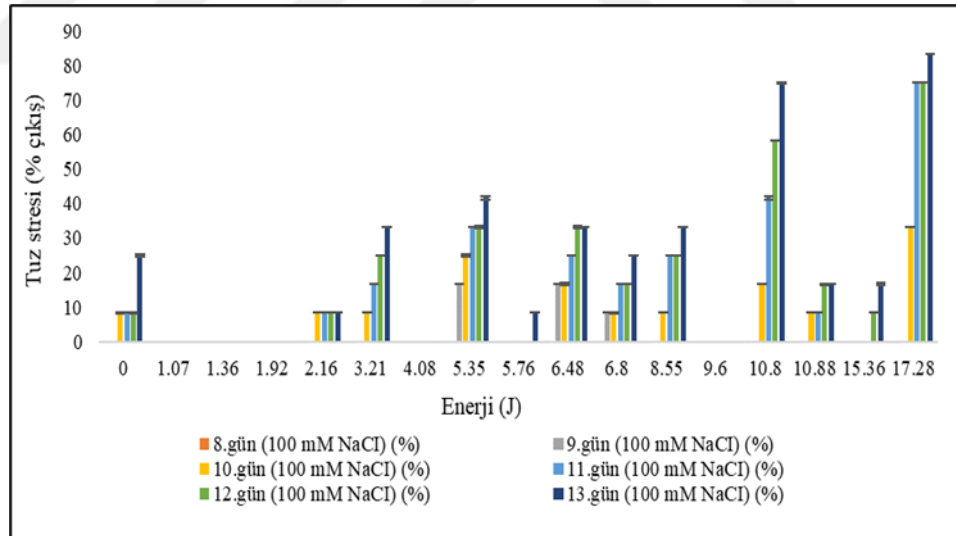
Tablo 4.47’de AEA uygulanan salatalık tohumlarının 25°C’de gerçekleştirilen soğuk test değerlerine ait ANOVA sonuçları gösterilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre frekans, uygulama süresi ve uygulama süresi-frekans etkileşimlerinin hepsi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). R^2 ve R^2_{adj} değerleri ise sırasıyla 0.851 ve 0.782 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.47. AEA uygulanan salatalık tohumlarında 25°C’de gerçekleştirilen soğuk test değerine ait ANOVA-GLM sonuçları

Açıklayıcı değişken	DF	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Uygulama süresi	3	113.7	37.886	6.06	0.002
Frekans	3	117.4	39.120	6.26	0.002
Uygulama süresi*frekans	9	918.8	102.083	16.33	0.000
Hata	32	200.0	6.250	-	-

4.3.7 Atımlı Elektrik Alan Uygulamalarının Salatalık Tohumlarının Tuzluluk Stresi Üzerine Etkisi

Salatalık tohumlarının tuzluluk stresine karşı toleransının ölçümleri 8-13 gün arasında takip edilmiştir. Çimlenmenin gözlemlendiği 8. günde 100 mM NaCl tuz stresi altında hiç gelişme gözlenmezken; 13 gün sonunda 1.07, 1.36, 1.92, 4.08 ve 9.6 J uygulamaların dışındaki uygulamalarda çimlenme gözlenmiştir. 13. gün sonunda 100 mM NaCl stresi altında kontrol örneklerinin çimlenme oranı %25.00±0.30 iken, en fazla çimlenme %83.33±0.00 ile 17.28 J uygulaması sonunda görülmüştür (Şekil 4.26) (Tablo 4.48).



Şekil 4.26. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında tuzluluk stresi (100 mM NaCl)

Normal ve 100 mM tuz stresi altında salatalık tohumlarının çimlenmesi gözlenmiş ve farklı AEA proses parametreleri altında proses edilen tohumlarla kontrol tohumlarının fide gelişimi Fotoğraf 4.21 ve Fotoğraf 4.22’de gösterilmiştir.

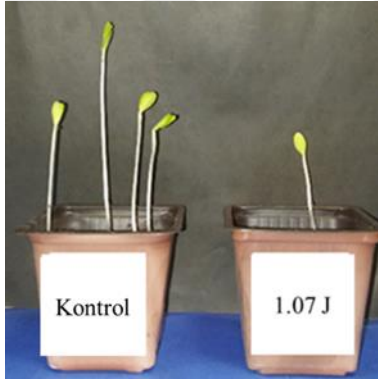
Genel olarak normal ve tuz stresi altında AEA ile proses edilen salatalık tohumlarının daha erken çimlendiği, daha fazla tohumun çimlenme kabiliyetinde olduğu ve AEA ile proses edilen tohumların boylarının daha uzun ve fiziksel yapılarının daha büyük olduğu görülmüştür.



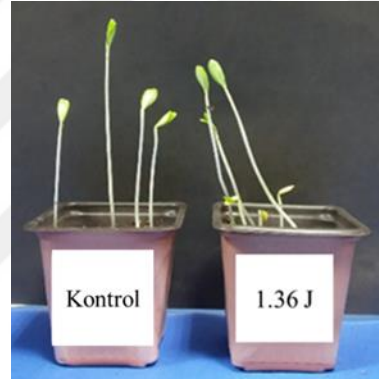
Tablo 4.48. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında tuzluluk testi (100 mM)

Enerji (J)	100mM NaCl (%)					
	8.gün	9.gün	10.gün	11.gün	12.gün	13.gün
0.00	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	8.33±0.20 ^d	8.33±0.00 ^f	8.33±0.30 ^f	25.00±0.30 ^e
1.07	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^h
1.36	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^h
1.92	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^h
2.16	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^d	8.33±0.00 ^f	8.33±0.00 ^f	8.33±0.00 ^g
3.21	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^d	16.67±0.30 ^e	25.00±0.00 ^d	33.33±0.00 ^d
4.08	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^h
5.35	0.00±0.00 ^a	16.67±0.00 ^a	25.00±0.30 ^b	33.33±0.00 ^c	33.33±0.30 ^c	41.67±0.40 ^c
5.76	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^g	8.33±0.00 ^g
6.48	0.00±0.00 ^a	16.67±0.00 ^a	16.67±0.30 ^c	25.00±0.00 ^d	33.33±0.30 ^c	33.33±0.00 ^d
6.80	0.00±0.00 ^a	8.33±0.00 ^b	8.33±0.30 ^d	16.67±0.00 ^e	16.67±0.00 ^e	25.00±0.00 ^e
8.55	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^d	25.00±0.00 ^d	25.00±0.00 ^d	33.33±0.00 ^d
9.60	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^g	0.00±0.00 ^h
10.8	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	16.67±0.00 ^c	41.67±0.40 ^b	58.33±0.00 ^b	75.00±0.30 ^b
10.88	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	8.33±0.00 ^d	8.33±0.00 ^f	16.67±0.20 ^e	16.67±0.00 ^f
15.36	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^g	8.33±0.00 ^f	16.67±0.30 ^f
17.28	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c	33.33±0.00 ^a	75.00±0.00 ^a	75.00±0.00 ^a	83.33±0.00 ^a

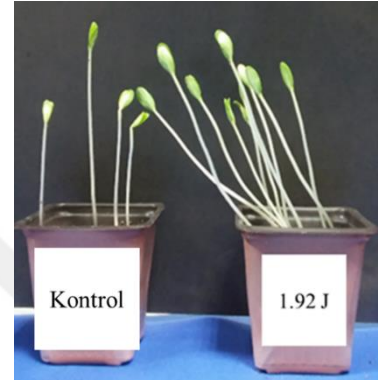
Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).



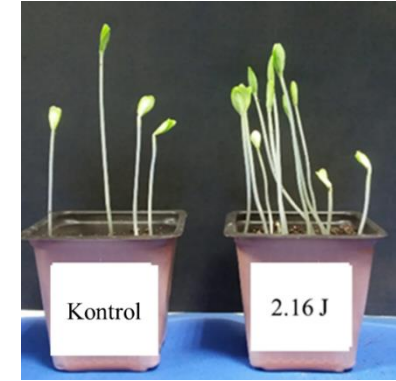
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.07 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



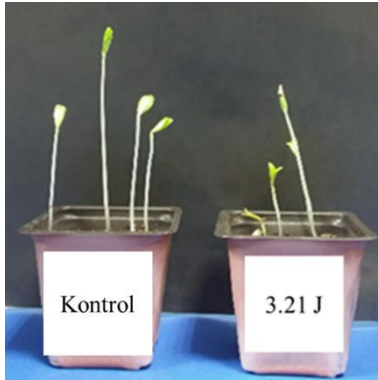
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.36 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



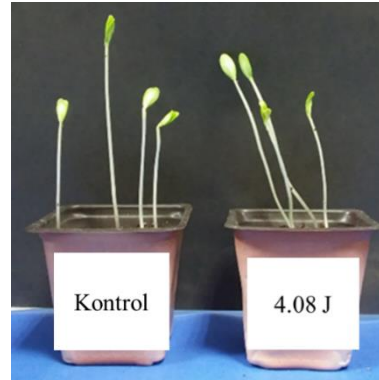
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 1.92 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 2.16 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



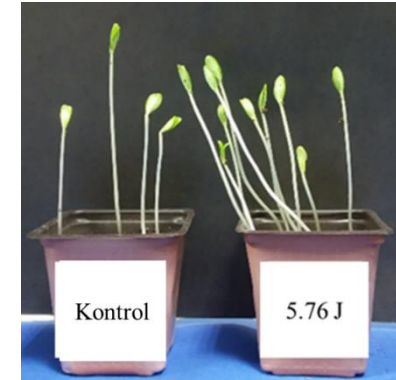
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 3.21 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 4.08 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi

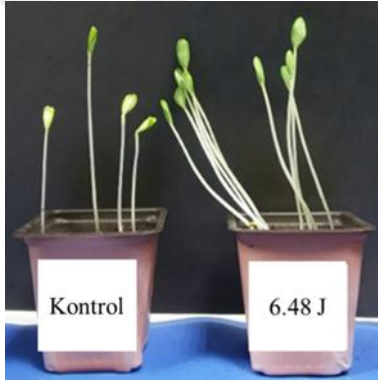


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 5.35 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi

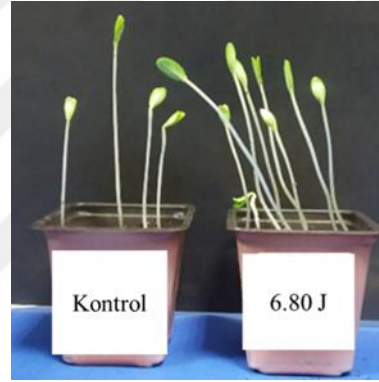


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 5.76 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi

Fotoğraf 4.21. 100 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



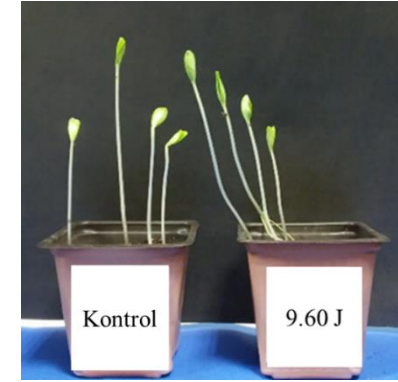
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 6.48 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



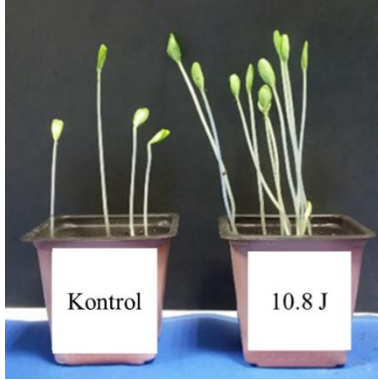
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 6.80 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 8.55 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



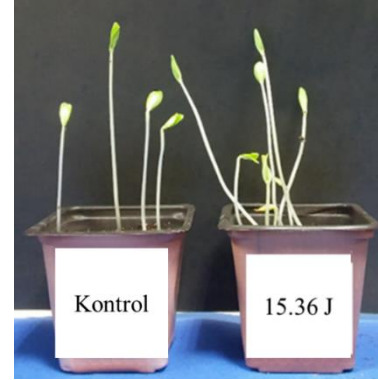
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 9.60 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



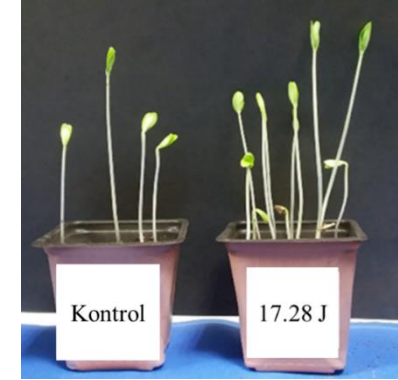
100 mM tuz stresi altında kontrol ve 10.8 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 10.88 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi

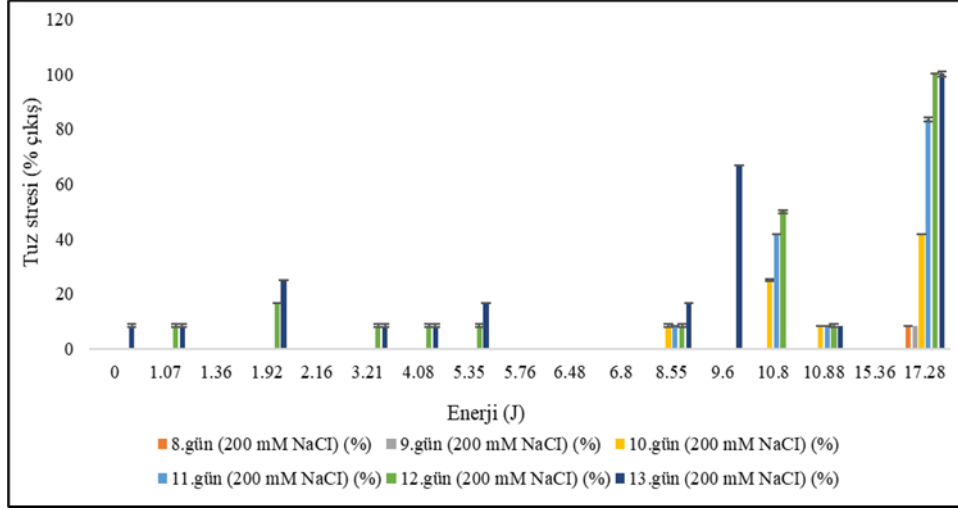


100 mM tuz stresi altında kontrol ve 15.36 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



100 mM tuz stresi altında kontrol ve 17.28 J AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi

Fotoğraf 4.22. 100 mM tuz stresi altında kontrol ve AEA uygulanan salatalık tohumlarının çimlenmesi



Şekil 4.27. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında tuzluluk stresi (200 mM NaCl)

200 mM tuz stresi altında salatalık tohumlarının çimlene gücü daha az bulunmuştur. Çimlenmenin 8 ve 9. günlerde sadece 17.28 J enerji uygulanan örneklerde gelişme gözlenmiştir. Kontrol örneklerinde 13. gün sonunda 8.33 ± 0.60 seviyesinde bir gelişme gözlenirken, 17.28 J uygulaması sonunda %100 gelişme gözlenmiştir (Şekil 4.27). Ayrıca çıkış miktarları günlere göre karşılaştırıldığında gerek 100 mM NaCl gerekse 200 mM NaCl stres altında çıkış miktarlarındaki sıralama 13 gün>12 gün>11 gün>10 gün>9 gün=8 gün olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.49).

Tablo 4.49. Kontrol ve AEA uygulanmış salatalık tohumlarında tuzluluk testi (200 mM)

Enerji (J)	200mM NaCl (%)					
	8.gün	9.gün	10.gün	11.gün	12.gün	13.gün
0.00	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^e	8.33±0.60 ^e
1.07	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	8.33±0.60 ^d	8.33±0.60 ^e
1.36	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	8.33±0.60 ^d	8.33±0.60 ^e
1.92	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	16.67±0.00 ^c	25.00±0.00 ^c
2.16	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^f
3.21	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	8.33±0.60 ^d	8.33±0.60 ^e
4.08	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	8.33±0.60 ^d	8.33±0.60 ^e
5.35	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	8.33±0.60 ^d	16.67±0.00 ^d
5.76	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^f
6.48	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^f
6.80	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^f
8.55	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	8.33±0.60 ^c	8.33±0.00 ^c	8.33±0.60 ^d	16.67±0.00 ^d
9.60	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^e	66.67±0.00 ^b
10.80	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	25.00±0.50 ^b	41.67±0.00 ^b	50.00±0.60 ^f
10.88	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	8.33±0.00 ^c	8.33±0.00 ^c	8.33±0.60 ^d	8.33±0.00 ^e
15.36	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^e	0.00±0.00 ^f
17.28	8.33±0.00 ^a	8.33±0.00 ^a	41.67±0.00 ^a	83.33±0.70 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.90 ^a

Çizelgedeki sonuçlar ortalama±ortalama sapma olarak gösterilmiştir. Aynı sütunda farklı üstel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

4.3.8 Salatalık Tohumlarında En İyi Uyumlu Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri ve Eş Zamanlı Optimizasyon

Salatalık tohumlarına ait sonuçların modellenenebilmesi amacıyla linear model denemeleri yapılmış olup, Tablo 4.50’de gösterilen model elde edilmiştir. Tohumlara ait modellerde yaşanan sorun lack-of-fit değerinin $p < 0.05$ ’den küçük çıkmasıdır. Bu nedenle, pek çok analiz sonucu modellenememiştir. Lack-of-fit değeri modelin uygun olup olmadığını gösteren en önemli parametrelerdendir. Tablo 4.50’de gösterilen modelde modellerin oluşturulmasında R^2 , R_{adj}^2 , R_{pred}^2 , lack-of-fit ve VIF değerleri dikkate alınmıştır. Çizelgede gösterilen modellerin lack-of-fit sorunları yok ($p > 0.05$) ve $VIF < 10$ ’dan küçük bulunmuşken, R^2 leri genellikle düşük çıkmıştır.

Tablo 4.50. AEA ile proses edilen salatalık tohumuna ait linear model

Yanıt değişkeni	Denklem	R^2	R_{adj}^2	R_{pred}^2	Lack-of-fit	VIF
Salatalık tohumu normal fide oranı (%)	$Y = 88.23 + 0.172 * X_1 - 0.133 * X_1 * X_2$	0.591	0.507	0.397	0.196	1.50

* X_1 : frekans X_2 : uygulama süresi X_3 : enerji

Salatalık tohumlarında doğrusal olmayan regresyon modelleri oluşturulduğunda en yüksek R^2 değerlerine sırasıyla 8.gün (200mM NaCl) için %100, 9.Gün (200mM NaCl) için %100, 10. gün (100mM NaCl) için %99.97, 10. gün (200mM NaCl) için %99.53, 11. gün (100mM NaCl) için %99.52, 11. gün (200mM NaCl) için %97.06, 12. gün (200mM NaCl) için %96.54, 12. gün (100mM NaCl) için %94.54 ve 13. gün (100mM NaCl) için %91.66 olarak bulunmuştur (Tablo 4.51). Salatalık tohumlarında eş zamanlı optimizasyonda 18 farklı optimizasyon yapılmış olup bütün optimizasyonlar için 0.868, 0.432 ve 0.416 olarak bulunmuştur (Tablo 4.52).

Tablo 4.51. Salatalık tohumlarında en iyi uyumlu doğrusal olmayan regresyon modelleri

Yanıt değişkeni	Amaç	Model	R^2 (%)	R^2_{pred} (%)	SE	p	DW
2.gün sayımı (%)	Maksimum	$90.64+0.03362X_1$	21.26	16.20	2.94	0.001	1.949
3.gün sayımı (%)	Maksimum	$91.15+0.0876X_1-0.000303 X_1*X_1$	31.14	22.38	2.22	0.008	1.578
Normal fide oranı (%)	Maksimum	$75.53+0.000623X_1*X_1$	58.89	55.83	5.05	0.000	1.596
Soğuk test 25°C- 5 gün (%)	Maksimum	$68.89+0.1715X_1-0.000000X_1*X_1*X_1*X_1+0.000007X_1*X_3*X_3*X_3$	43.72	33.18	4.96	0.047	1.215
E.I- 4 saat ($\mu\text{S}/\text{cmg}$)	Hedef (7.30)	$7.335+0.000054X_3*X_3*X_3*X_3-0.000000X_1*X_1*X_1*X_2$	35.59	28.36	0.88	0.000	1.754
TAMB (log kob/g)	Minimum	$6.026-0.01320X_1-0.000031X_3*X_3*X_3*X_3+0.000000X_1*X_1*X_1*X_3$	55.42	48.86	0.52	0.001	1.233
TMK (log kob/g)	Minimum	$9.4140-0.01034X_1+0.000000X_1*X_1*X_1*X_1-0.000005 X_3*X_3*X_3*X_3$	71.93	68.17	0.17	0.000	1.578
8.Gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	$-0.000000+0.000043X_1-0.000001X_1*X_1*X_1+0.1300X_3*X_3*X_3+0.000093X_1*X_3*X_3-0.005486X_1*X_3*X_3+0.000063X_1*X_2*X_2-0.003200X_3*X_2*X_2+0.000000X_1*X_1*X_1*X_1+0.02446X_3*X_3*X_3*X_3-0.000001X_1*X_1*X_1*X_3+0.000034X_1*X_1*X_3*X_3+0.000003X_1*X_2*X_3*X_3-0.000783X_1*X_3*X_3*X_3-0.1035X_2*X_3*X_3*X_3+0.02328X_3*X_3*X_2*X_2-0.004283X_3*X_2*X_2*X_2$	100	100	0.00	*	*

Tablo 4.51. (devam)

9.Gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	-0.000000+0.000043X ₁ - 0.000001X ₁ *X ₁ *X ₁ +0.1300X ₃ *X ₃ *X ₃ +0.00009 3X ₁ *X ₁ *X ₃ - 0.005486X ₁ *X ₃ *X ₃ +0.000063X ₁ *X ₃ *X ₃ - 0.003200X ₃ *X ₂ *X ₂ +0.00000022X ₁ *X ₁ *X ₁ *X ₁ +0.02446X ₃ *X ₃ *X ₃ *X ₃ +0.000001X ₁ *X ₁ *X ₁ * X ₃ +0.000034X ₁ *X ₁ *X ₃ *X ₃ +0.000003X ₁ *X ₂ * X ₃ *X ₃ -0.000783X ₁ *X ₃ *X ₃ *X ₃ - 0.1035X ₂ *X ₃ *X ₃ *X ₃ +0.02328X ₃ *X ₃ *X ₂ *X ₂ - 0.004283 X ₃ *X ₂ *X ₂ *X ₂	100	100	0.00	*	*
10.Gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	8.316+0.10445X ₁ -16.635X ₂ - 0.24945X ₁ *X ₃ +0.01730X ₁ *X ₂ + 19.458X ₂ *X ₃ +0.6244X ₂ *X ₂ - 0.024510X ₁ *X ₃ *X ₂ -2.570X ₂ *X ₂ *X ₃ - 0.16956X ₂ *X ₃ *X ₃ - 0.04402X ₂ *X ₂ *X ₂ *X ₂ +0.000006X ₁ *X ₁ *X ₁ *X ₁ +0.002509X ₁ *X ₂ *X ₃ *X ₂ +0.13530 X ₂ *X ₂ *X ₂ *X ₃	99.97	99.95	0.18	0.000	1.122
10.Gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	0.000-3.313X ₂ -0.000397X ₁ *X ₁ +0.2139X ₁ *X ₃ + 0.3253X ₃ *X ₃ *X ₃ - 0.000749X ₁ *X ₁ *X ₃ +0.004663X ₂ *X ₂ *X ₂ - 0.05417X ₁ *X ₃ *X ₃ - 0.008062X ₃ *X ₃ *X ₃ *X ₃ +0.000196X ₁ *X ₁ *X ₃ *X ₃ -0.00494X ₂ *X ₃ *X ₃ *X ₃	99.53	99.30	0.86	0.000	1.039
11.Gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	8.310-0.04121X ₁ +3.9408X ₂ *X ₂ - 0.001377X ₁ *X ₁ *X ₃ -0.013595X ₁ *X ₃ *X ₃ - 0.06285X ₂ *X ₂ *X ₂ *X ₂ +0.000008X ₁ *X ₁ *X ₁ *X ₃ +0.000050X ₁ *X ₁ *X ₃ *X ₃ +0.012250 X ₂ *X ₂ *X ₃ *X ₂	99.52	99.41	1.50	0.000	1.099

Tablo 4.51. (devam)

11.Gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	$-1.310+0.009838X_1*X_2*X_2-$ $0.019665X_1*X_3*X_3+0.000106 X_1*X_1*X_3*X_3$	97.06	96.76	3.78	0.000	1.000
12.Gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$8.55-0.0908X_1+0.1832X_1*X_2-$ $0.002519X_1*X_1*X_3-$ $0.00435X_2*X_2*X_2*X_2+0.000012X_1*X_1*X_1*X_3$	94.54	93.18	5.28	0.000	0.673
12.Gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	$-0.39+0.1158X_1+0.009501X_1*X_2*X_2-$ $0.02382X_1*X_3*X_3-0.001925X_3*X_3*X_3*X_3-$ $0.000002X_1*X_1*X_1*X_3+0.000169$ $X_1*X_1*X_3*X_3$	96.54	95.66	4.96	0.000	0.869
13.Gün (100mM NaCl) (%)	Maksimum	$23.61-0.1593X_1+1.699X_2*X_2+0.1132X_1*X_2-$ $0.002365X_1*X_1*X_3-0.01960$ $X_2*X_2*X_2*X_2+0.000012 X_1*X_1*X_1*X_3$	91.66	88.83	7.60	0.021	0.905
13.Gün (200mM NaCl) (%)	Maksimum	$5.32+0.615X_2*X_2-$ $0.1553X_3*X_3*X_3+0.000913X_1*X_3*X_3*X_3$	57.29	53.13	17.93	0.011	0.790

*X₁: frekans X₂: uygulama süresi X₃: enerji

Tablo 4.52. Salatalık tohumlarında eş zamanlı optimizasyon

No	Yanıt değişkeni	En iyi çözüm (R^2)			Kompozit istenebilirlik fonksiyonu
		1	2	3	
1	2.gün sayımı (%)	96.692	95.795	95.752	
2	3.gün sayımı (%)	97.104	97.461	97.468	
3	4.gün sayımı (%)	100.136	99.879	99.957	
4	Normal fide oranı (%)	95.724	90.181	89.940	
5	Soğuk test 25°C-5 gün (%)	86.611	85.060	85.174	
6	EI-4 saat (μ S/cm g)	8.050	4.788	4.850	
7	TAMB(log kob/g)	3.335	4.002	4.020	0.868
8	TMK(log kob/g)	8.168	8.374	8.369	0.432
9	8.gün (200 mM NaCl) (%)	8.333	3.705	2.995	0.416
10	9.gün (200 mM NaCl) (%)	8.333	3.705	2.995	
11	10. gün (100 mM NaCl) (%)	33.322	15.469	0.743	
12	10. gün (200 mM NaCl) (%)	41.715	1.849	7.273	
13	11. gün (100 mM NaCl) (%)	74.977	63.537	63.512	
14	11. gün (200 mM NaCl) (%)	85.361	43.076	49.439	
15	12. gün (100 mM NaCl) (%)	78.818	143.255	151.728	
16	12. gün (200 mM NaCl) (%)	101.526	60.239	66.096	
17	13. gün (100 mM NaCl) (%)	89.275	126.314	134.443	
18	13. gün (200 mM NaCl) (%)	91.636	23.407	26.173	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tohum dezenfeksiyonu kaliteli ürün elde etmenin önemli bir parçasıdır. Tohumlara uygulanan dezenfeksiyon yöntemleri farklılık gösterirken en yaygın olarak kullanılan yöntem kimyasal uygulamalarıdır. Kimyasal yöntemler tohuma zarar vererek tohum çimlenmesini azaltırken çevre ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle kimyasallar kullanılmadan tohum üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, her tohum farklı kimyasal ve fiziksel özellikte olduğu için tohuma uygulanan dezenfeksiyon yönteminin de seçimine önem verilmelidir. AEA teknolojisi iki elektrot arasında oluşturulan yüksek voltajlı kısa dalga boylu elektrik alanının inhibitif etkisine dayanmakta ve daha çok düşük viskoziteli ve yüksek asitli gıdaların pastörizasyonu amacıyla geliştirilen ve ısısal olmayan bir gıda proses teknolojisi. Çevre dostu bir yöntem olup mikroorganizma, enzim inaktivasyonu, biyoaktif bileşiklerin geri kazanımı ve dehidrasyon gibi birçok gıda işleme prosesinde etkin bir şekilde uygulanabilmektedir. AEA prosesinin işlem süresinin kısa olması, prosesin yaklaşık olarak oda sıcaklığında gerçekleşmesi ve çevre dostu bir yöntem olması gibi avantajları bulunmaktadır. Bu amaçla bu tezde termal olmayan gıda işleme prosesi olan atımlı elektrik alan prosesinin mısır, buğday, salatalık tohumlarının mikrobiyolojik ve tohum kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

AEA uygulamasının tohum yüzeyinde bulunan TAMB ve TMK üzerine etkisi incelendiğinde mısır tohumlarında en iyi TAMB inaktivasyonu 6.00, 2.82, 22.56, 18.00 ve 28.80 J uygulamalardan sonra elde edilirken; en iyi TMK inaktivasyonu en yüksek enerji seviyesi olan 28.8 J AEA uygulaması ile yaklaşık 1 log kob/g azalmıştır. Buğday tohumlarında ise en iyi TAMB ve TMK inaktivasyonu 28.8 J enerji uygulamasıyla gerçekleşmiş ve TAMB ve TMK sayısında sırasıyla 0.97 ve 1.15 log kob/g azalma sağlanmıştır. Salatalık tohumlarında ise en iyi TAMB ve TMK inaktivasyonu yine en yüksek enerji seviyesi olan 17.28 J AEA uygulaması ile gerçekleşmiş ve TAMB ve TMK sayısında sırasıyla 3.22 ve 1.31 log kob/g azalma sağlanmıştır.

Aspergillus parasiticus mikotoksin üreten, hasat öncesi ve sonrası çok sayıda mahsulü kontamine eden küflerden biridir. Aflatoksinler ise gıda veya yem

olarak tüketildiğinde insan ve hayvan sağlığı için tehlikeli olabilmektedir. Bu çalışmada mısır ve buğday daneleri ile salatalık tohumları *A. parasiticus* ile kontamine edilmiş ve inaktivasyon sağlamak amacıyla AEA uygulanmıştır. Mısır danelerinde en iyi *A. parasiticus* inaktivasyonu 25.44 J AEA uygulaması ile 1.15 log kob/g azalma sağlamıştır. Buğday daneleri ve salatalık tohumlarında sırasıyla 3.21 ve 10.89 J AEA uygulamaları ile 0.96 ve 1.27 log kob/g azalma olmuştur.

AEA uygulamasının tohum kalite kriterleri üzerine etkisini incelemek amacıyla mısır, buğday ve salatalık tohumlarının ortalama çimlenme oranı, normal fide oranı, soğuk test, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk stres çıkış testi yapılmıştır. Elde edilen veriler kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında buğday ve mısır danelerinde ve salatalık tohumlarında AEA uygulaması sonrasında tohumların çimlenme kabiliyetinin arttığı AEA ile proses edilen tohumların soğuk ve tuzluluk streslerine karşı daha dayanıklı olduğu, daha fazla sayıda tohumun çimlendiği ve çimlenen tohumların daha uzun olduğu, gövde ve kök yapılarının daha kuvvetli olduğu görülmüştür. Hücrede meydana gelen elektroporasyon hakkında fikir sahibi olmak için elektriksel iletkenlik testi yapılmıştır. Kontrol ve AEA uygulanan mısır ve buğday daneleri ile salatalık tohumlarının elektriksel iletkenlikleri 4, 8 ve 24 saat sonra ölçülmüştür. Tohumlarla yapılan çalışmalarda AEA uygulamalarının tohumlarda elektriksel iletkenliği üzerine etkisi konusunda çok fazla çalışma bulunmadığından kesin olarak bir sonuca varmak mümkün değildir. Sonuçlar değerlendirildiğinde hücre zarında oluşan porların 24 saat sonra daha da büyüdüğü ve hücre dışına sızan hücre içi materyalin daha fazla olduğu ve dolayısıyla iletkenlikte artış olduğu tahmin edilmektedir.

Atımlı elektrik alan uygulamasının tohum yüzey dezenfeksiyonu amacıyla kullanılması yönünde literatürde az miktarda bilgi vardır. Bu çalışma da atımlı elektrik alan uygulamasının tohumun mikrobiyolojik ve kalite kriterlerini artırdığı sonucuna varılırken bu uygulamanın altında yatan mekanizmayı aydınlatmak için daha fazla çalışma yapılması gerekmele birlikte tez kapsamında elde edilen veriler gıda güvenliği açısından alternatif teknolojilerden AEA teknolojinin potansiyelinin değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında Vancouver atıf sistemi kullanılmıştır.)

1. Anonim, Türkiye Tohumcular Birliği (TÜRKTOB), Tohumculuk Sektör Raporu, Ankara. 2019.
2. Bradbeer JW. Seed Dormancy and Germination, Springer, Boston, USA, 1988.
3. Rahman A, Cho BK. Assessment of seed quality using non-destructive measurement techniques: A review. Seed Science Research. 2016;26: 285–305.
4. Khanzada KA, Rajput MA, Shah GS, Lodhi AM, Mehboob F. Effect of Seed Dressing Fungicides for the Control of Seedborne Mycoflora of Wheat. Asian J Plant Sci. 2002;1(4): 441-444.
5. Ramteke AA, Narwade ML, Gurav AB, Chavan SP, Wandre AG. Study of germination effect of fertilizers like urea NPK and biozyme on some vegetable plants. Pelagia Res Libr. 2013;4(3):22-26.
6. Rifna EJ, Ratish Ramanan K, Mahendran R. Emerging technology applications for improving seed germination. Trends in Food Science and Technology. 2019;86: 95-108.
7. Gullino ML and Munkvold G. Global Perspectives on the Health of Seeds and Plant Propagation Material, 6th ed, Springer, 2014.
8. Skin AD, Zoellner C, Rizvi SSH. Current Intervention Strategies for the Microbial Safety of Sprouts. J Food Protect. 2013;76(12): 2099–2123.
9. Miche L, Balandreau J. Effects of Rice Seed Surface Sterilization with Hypochlorite on Inoculated *Burkholderia vietnamiensis*. Appl Environ Microbiol. 2001;67(7): 3046-3052.
10. Li K, Dong W, Zhao Y, Xu H, Chen J, Xu C. Effects of cultivar and ethanol disinfection on aseptic germination of loquat (*Eriobotrya japonica*) seeds. HortScience. 2017;52(7): 941-945.
11. Van Der Wolf JM, Birnbaum Y, Van Der Zouwen PS, Groot SPC. Disinfection of vegetable seed by treatment with essential oils, organic acids and plant extracts. Seed Sci Technol. 2008;36: 76-88.
12. Zhang Q, Barbosa-Cánovas G V., Swanson BG. Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization. J Food Eng. 1995;25: 261-281.
13. Sulaiman A, Farid M, Silva FVM. Quality stability and sensory attributes of apple juice processed by thermosonication, pulsed electric field and thermal processing. Food Sci Technol Int. 2016;23(3): 265–276.
14. Huang K, Jiang T, Wang W, Gai L, Wang J. A Comparison of Pulsed Electric Field Resistance for Three Microorganisms with Different Biological Factors in Grape Juice via Numerical Simulation. Food Bioprocess Technol. 2014;7: 1981–1995.
15. Evrendilek GA. Change regime of aroma active compounds in response to pulsed electric field treatment time, sour cherry juice apricot and peach nectars, and physical and sensory properties. Innov Food Sci Emerg Technol. 2016;33:195-205.

16. McAuley CM, Singh TK, Haro-Maza JF, Williams R, Buckow R. Microbiological and physicochemical stability of raw, pasteurised or pulsed electric field-treated milk. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2016;38: 365-373.
17. Bhat ZF, Morton JD, Mason SL, Bekhit AEDA. The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products. *Food Chem.* 2020;306: 125622.
18. Puligundla P, Pyun YR, Mok C. Pulsed electric field (PEF) technology for microbial inactivation in low-alcohol red wine. *Food Sci Biotechnol.* 2018;27(6): 1691–1696.
19. Xin H, Ahmad Khan N, Sun K, Sun F, Ur Rahman S, Fu Q, et al. Batch-to-batch variation in protein molecular structures, nutritive value and ruminal metabolism in corn coproducts. *Anim Feed Sci Technol.* 2020;263: 114428.
20. Ranum P, Peña-Rosas JP, Garcia-Casal MN. Global maize production, utilization, and consumption. *Ann NY Acad Sci.* 2014;1312: 105–112.
21. Bilgiç Ş, Sade B, Soylu S, Bilgiçli N, Cerit İ, Öz A, Cengiz R, Özkan İ. Mısır Raporu, Ulusal Hububat Konseyi. 2012.
22. Shewry PR. Wheat. *Journal of Experimental Botany.* 2009;60(6): 1537–1553.
23. Anonim. Hububat Raporu, Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara. 2017.
24. Salunkhe DK and Kadam SS. *Handbook of Vegetable Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing*, 86, Marcel Dekker, New York. 1998
25. Rubatzky VE, Yamaguchi M. *World Vegetables: Principles, Production and Nutritive Values*, Second Edition, Springer, California. 1997.
26. Anonim, T.C Ekonomi Bakanlığı, Yaş Meyve ve Sebze Sektör Raporu. [Internet]. [cited 2020 Sep. 9]. Available from: https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Yas_Meyve_ve_Sebze.pdf.
27. Barbosa-Cánovas GV, Tapia MS and Cano MP, Martín-Belloso O, Martínez A. *Novel Food Processing Technologies*, 1st Edition, Marcel Dekker, New York. 2005.
28. Jeyamkondan S, Jayas DS, Holley RA. Pulsed electric field processing of foods: A review. *Journal of Food Protection.* 1999;62(9): 1088–1096.
29. Palaniappan S and Sastry SK, Richter ER. Effects of Electricity on Microorganisms: A Review, *J Food Process Preserv.* 1990;14: 393-414.
30. Akdemir Evrendilek G, Tanasov I. Configuring pulsed electric fields to treat seeds: An innovative method of seed disinfection. *Seed Sci Technol.* 2017;45(1): 1-9.
31. Evrendilek GA, Karatas B, Uzuner S, Tanasov I. Design and effectiveness of pulsed electric fields towards seed disinfection. *J Sci Food Agric.* 2019;99: 3475–3480.
32. Mohamed M, Eissa A. Pulsed Electric Fields for Food Processing Technology. *Struct Funct Food Eng.* 2012;275–301.
33. Castro AJ, Barbosa-Canovas GV and Swanson BG. Microbial Inactivation of Foods by Pulsed Electric Fields. *J Food Process Preserv.* 1993;17: 47-73.

34. Sale AJH and Hamilton WA (1968) "Effects of High Electric Fields on Micro-organisms III. Lysis of Erythrocytes and Protoplasts", BBA - Biomembr. 1968;163: 37-43.
35. Zimmermann U, Benz R. Dependence of the electrical breakdown voltage on the charging time in *Valonia utricularis*. J Membr Biol. 1980;53: 33-43.
36. Chang DC, Chassy BM, Saunders JA, Sowers AE. Guide to Electroporation and Electrofusion, Academic Press, USA. 1992.
37. Zimmermann U, Schulz J, Pilwat G. Transcellular Ion Flow in *Escherichia coli* B and Electrical Sizing of Bacterias. Biophys J. 1973;13: 1005-1013.
38. Zimmermann U, Pilwat G, Beckers F, Riemann F. Effects of external electrical fields on cell membranes. Bioelectrochemistry Bioenerg. 1976;3: 58-83.
39. Santra TS, Tseng FG. Recent Trends on Micro/Nanofluidic Single Cell Electroporation. Micromachines, 2013;4: 333-356.
40. Donsi F, Ferrari G, Pataro G. Applications of pulsed electric field treatments for the enhancement of mass transfer from vegetable tissue. Food Eng Rev. 2010;2: 109-130.
41. Patwardhan MS, Gandhare WZ. High Voltage Electric Field Effects on the Germination Rate of Tomato Seeds. Acta Agrophys. 2013;20(2): 403-413.
42. Sarkis JR, Boussetta N, Tessaro IC, Marczak LDF, Vorobiev E. Application of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges for oil extraction from sesame seeds. J Food Eng. 2015;153: 20-27.
43. Shorstkii I, Mirshekarloo MS, Koshevoi E. Application of Pulsed Electric Field for Oil Extraction from Sunflower Seeds: Electrical Parameter Effects on Oil Yield. J Food Process Eng. 2017;40: 1-7.
44. Mahajan TS and Pandey OP. Effect of Electric Field (at Different Temperatures) on Germination of Chickpea Seed. Afr. J. Biotechnol. 2014: 13(1): 61-67.
45. Molamofrad F, Lotfi M, Khazaei J, Tavakkol-Afshari R, Shaiegani-Akmal AA. The effect of electric field on seed germination and growth parameters of onion seeds (*Allium cepa*). Adv Crop Sci. 2013;3(4): 291-298.
46. Dymek K, Dejmek P, Panarese V, Vicente AA, Wadsö L, Finnie C, vd. Effect of pulsed electric field on the germination of barley seeds. Food Sci Technol. 2012;47(1): 161-166.
47. Kiatgamjorn P, Khan-ngern W and Nitta S. The Effect of Electric Field on Bean Sprout Growing. International Conference on Electromagnetic Compatibility (ICEMC), Bangkok, Thailand, 2002;237-241.
48. Pozeliene A. Influence of Electric Field on the Quality of Flaxseed. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal. 2001;3: 1-6.
49. Rezaei-Zarchi S, Imani S, Mehrjerdi HA and Mohebbifar MR. The Effect of Electric Field on the Germination and Growth of Medicago Sativa Planet, as a Native Iranian Alfalfa Seed. Acta Agric Serbica. 2012;17(34): 105-115.
50. Moon JD, Chung HS. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. J Electrostat. 2000;48: 103-114.

51. Mbah MC and Akueshi CO. Effect of Seed Borne Fungi *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger* on the Germinability of Sesame Seeds. Niger. J. Hortic. Sci.. 2000;4: 57– 64.
52. Demir I, Ermis S, Mavi K, Matthews S. Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. Seed Sci Technol. 2008;36: 21-30.
53. Mavi K. Kabakgil türlerinde tohum gücü testlerinin kullanımı ve stres koşullarında çıkış ile ilişkileri. Ankara Üniversitesi; 2009.
54. ISTA. International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 2003.
55. Karataş B. Atımlı elektrik alanı ve ozon uygulamalarının lahana tohumlarının kalite özellikleri ve yüzey dezenfeksiyonu üzerine etkisi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi; 2019.
56. Eisa NA, Ali FM, El-Habbaa GM, Abdel-Reheem SK, Abou-El-Ela MF. Pulsed electric field technology for checking aflatoxin production in cultures and corn grains. Egypt J Phytopathol. 2003;31(1–2):75–86.
57. Isaac E, Hernández C, Domínguez A, Cruz A. Effect of Pre-Sowing Electromagnetic Treatment on Seed Germination and Seedling Growth in Maize (*Zea mays* L.). Agron Colomb. 2011;29(2), 213-220.
58. Songnuan W, Kirawanich P. Early growth effects on *Arabidopsis thaliana* by seed exposure of nanosecond pulsed electric field. J Electrostat. 2012;70: 445-450.
59. Sedighi, NT, Abedi M, Hosseini SE. Effect of Electric Field Intensity and Exposing Time on Some Physiological Properties of Maize Seed. Eur. J. Exp. Biol. 2013;3(3): 126-134.
60. Ersus S, Oztop MH, McCarthy MJ, Barrett DM. Disintegration efficiency of pulsed electric field induced effects on onion (*Allium cepa* L.) tissues as a function of pulse protocol and determination of cell integrity by ¹H-NMR relaxometry. J Food Sci. 2010;75(7): 444-452.
61. Kataria S, Baghel L, Guruprasad KN. Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. Biocatal Agric Biotechnol. 2017;10: 83-90.
62. Lacombe A, Niemira BA, Gurtler JB, Fan X, Sites J, Boyd G, et al. Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. Food Microbiol. 2015;46: 479-484.
63. Valdivia-Nájar CG, Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny R. Impact of pulsed light treatments and storage time on the texture quality of fresh-cut tomatoes. Innov Food Sci Emerg Technol. 2018; 45: 29-35.
64. Tasouji MA, Ghorashi AH, Hamedmoosavian MT, Mahmoudi MB. Inactivation of pistachio contaminant *Aspergillus flavus* by Atmospheric Pressure Capacitive Coupled Plasma (AP-CCP). J Microbiol Biotechnol Food Sci. 2018;8(1): 668-671.
65. Yılmaz Öİ, Erol T, Kara K, Doğan M and Erdem Ü. Impacts of High Voltage Electric Field (HVEF) Applications on Germination and Seedling Growth of Wheat Seed (*Triticum aestivum* L.) with Analysis by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Fresenius Environ Bull. 2018;27(7): 5153-5162.
66. Matra K. Electrical Treatment Methods for Sunflower Seed Germination Enrichment. Management and Innovation Technology International Conference, MITiCON. 2016.

67. Hussein HF, Hail RCA, Jabail WA. Effect of magnetic field on seed germination of wheat. *Walailak J Sci Technol.* 2012;9(4): 341-345.
68. Cakmak T, Dumlupinar R, Erdal S. Chilling resistance of *Phaseolus vulgaris* and *Brassica oleracea* under a high-intensity electric field. *Zeitschrift fur Naturforsch - Sect C J Biosci.* 2010; 65: 380–386.
69. Hozayn M, Ahmed AA, El-Saady AA, Abd-Elmonem AA. Enhancement in germination, seedling attributes and yields of alfalfa (*Medicago sativa*, L.) under salinity stress using static magnetic field treatments. *EurAsian J Biosci.* 2019;13: 369-378.
70. Dong XY, Yang YL. A Novel Approach to Enhance Blueberry Quality During Storage Using Cold Plasma at Atmospheric Air Pressure. *Food Bioprocess Technol.* 2019;12: 1409–1421.
71. Dasan BG, Boyacı IH, Mutlu M. Nonthermal plasma treatment of *Aspergillus* spp. spores on hazelnuts in an atmospheric pressure fluidized bed plasma system: Impact of process parameters and surveillance of the residual viability of spores. *J Food Eng.* 2017;196: 139-149.
72. Bhardwaj J, Anand A, Nagarajan S. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiol Biochem.* 2012;57: 67-73.
73. Mahajan TS, Pandey OP. Effect of electric and magnetic treatments on germination of bitter gourd (*Momordica charantia*) seed. *Int J Agric Biol.* 2015;17: 351–356.
74. Ersus S, Barrett DM. Determination of membrane integrity in onion tissues treated by pulsed electric fields: Use of microscopic images and ion leakage measurements. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2010;11(4): 598-603

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bahar ATMACA

Doğum Yeri ve Tarihi .

Lisans Üniversite .

Elektronik posta

İletişim Adresi :

Yayın Listesi : Bulut N, Atmaca B, Evrendilek GA and Uzuner S (2020), Potential of Pulsed Electric Field to Control *Aspergillus parasiticus*, Aflatoxin and Mutagenicity Levels: Sesame Seed Quality, Journal of Food Safety, 40:6.

Atmaca B and Evrendilek GA (2020), Tohum Dezenfeksiyon Yöntemleri, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 16(3): 18-25.

Uluslararası Kongreler: Atmaca, B., Bulut, N., Evrendilek G.A, 2019. Antimikrobiyel Özellik Taşıyan Yenilebilir Filmlerin Tavuk Göğüs Örneklerinin Raf Ömrü Üzerine Etkisi. 5. Uluslararası Beyaz Et Kongresi. 24-28 Nisan, Antalya, Türkiye.

Atmaca, B., Bulut, N., Evrendilek G.A, 2019. Application of Pulsed Electric Fields in Liquid Food. I. Uluslararası Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi Kongresi. 08-10 Kasım, Antalya, Türkiye.

Bulut, N., Atmaca, B., Evrendilek G.A, 2019. Atımlı (vurgulu) Elektrik Alanı Uygulamasının Domates Tohumlarında Kalite ve Yüzey Dezenfeksiyon Üzerine Etkisi. I. Uluslararası Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi Kongresi. 08-10 Kasım, Antalya, Türkiye.

Atmaca, B., Bulut, N., Evrendilek G.A, 2019. Tohum Dezenfeksiyon Yöntemleri. Poster Sunumu. I. Uluslararası Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi Kongresi. 08-10 Kasım, Antalya, Türkiye.

Bulut, N., Atmaca, B., Evrendilek G.A, 2019. Use of Ames test For Detection of Aflatoxin. Poster Sunumu. I. Uluslararası Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi Kongresi. 08-10 Kasım, Antalya, Türkiye.

Atmaca, B., Bulut, N., Uzuner, S., Evrendilek, GA. 2019. Effect of Pulsed Electric Fields on Surface Disinfection and Germination of Wheat Seeds. International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences, 16-18 Nisan, 2019 Trabzon.

Atmaca B, Bulut N, Uzuner S, Evrendilek GA. Seed Surface Disinfection Methods: Current Applications and New Directions. 1st International Conference on Advanced Production and Processing, ICAPP, 10-12 Ekim, Novi Sad, Sırbistan.

8. ORJİNALLİK RAPORU

118- İntihal beyan formu



**T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ**

ÖĞRENCİ ve TEZ DANIŞMANI İNTİHAL BEYAN FORMU

Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği
Öğrencinin Adı ve Soyadı	Behar ATMACA
Numarası	18161030103
Lisansüstü Programı	Tezli Yüksek Lisans ☒ Doktora ☐
Tez Sınavına Girdiği Eğitim Yılı ve Dönemi	2020 / 2021 ☒ Güz ☐ Bahar
Tez Sınavına Girdiği Tarih	25.12.2020
Tezin Sayfa Sayısı	147
Tez Başlığı (Tr)	Pilot Ölçekli Akıllı Elektrik Alanı Sistem Prosesinin Selektif, Buğday Ve Mısır Tohumlarının Kalite Özellikleri İle Tohum Gücü Üzerine Etkisi
Tez Başlığı (En)	Effect of Pilot Scale Electric Field System Processing on the Quality Characteristics and Seed Vigour of Cucumber, Wheat and Corn Seeds

Teze ilişkin 06 / 01 / 2021 tarihinde yapılan Turnitin adlı intihal tespit programından enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 11 olarak tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimizi ve yukarıda vermiş olduğumuz bilgilerin doğru olduğunu beyan ederiz.

Behar ATMACA
Öğrenci
(Adı, Soyadı, tarih ve İmza)

Prof. Dr. Gökün AKDEMİR EVRENDİLEK
Tez Danışmanı Olarak
(Adı, soyadı, tarih ve İmza)

Açıklamalar:
1- Tez savunma sınavı sonrasında hazırlanmış öğrencinin tez çalışması muhtemel değişiklikleri içeren doğru kullanılarak ikinci kez benzerlik raporu alınır. "Öğrenci ve Tez Danışmanı İntihal Beyan Formu"na işlenir.
2- Bu form öğrenci tarafından elektronik ortamda hazırlandıktan ve tez savunma sınavı "tez savunma formu (tez savunma sınavı)" ile birlikte öğrenci danışman tarafından ibare tez danışmanı tarafından EAD'di aracılığı ile Enstitüye teslim edilmektedir.