

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ULTRA-SONİK SES DALGALARI KULLANILARAK YAPILAN
PRİMING UYGULAMASININ SEBZE TOHUMLARININ
ÇİMLENME VE FİDE ÇIKIŞ ORANINA ETKİSİ**

Nurcan MEMİŞ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2020**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Nurcan MEMİŞ tarafından hazırlanan “**Ultra-sonik Ses Dalgaları Kullanılarak Yapılan Priming Uygulamasının Sebze Tohumlarının Çimlenme ve Fide Çıkış Oranına Etkisi**” adlı tez çalışması 06/02/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İbrahim DEMİR

Ankara Üniversitesi / Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. İbrahim DEMİR

Ankara Üniversitesi / Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ

Ankara Üniversitesi / Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Eren ÖZDEN

İğdır Üniversitesi / Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM

Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

06/02/2020



Nurcan MEMİŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULTRA-SONİK SES DALGALARI KULLANILARAK YAPILAN PRİMİNG UYGULAMASININ SEBZE TOHUMLARININ ÇİMLENME VE FİDE ÇIKIŞ ORANINA ETKİSİ

Nurcan MEMİŞ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim DEMİR

Ultrasonik (US) priming bahçe türleri tohumlarında çimlenmenin ve fidenin daha kuvvetli ve güçlü gelişmesini sağlamak amacıyla kullanım alanı bulmuş bir uygulamadır. Bu çalışma 50 kHz ses dalgalarının 10, 20, 30 dakika boyunca 25 °C’de 8 tür ve 10 çeşide (karpuz, hıyar, kavun, havuç, pırasa, domates, biber, patlıcan) ait tohum partisinde çimlenme oranı ve hızı, fide çıkış oranı ve hızı üzerine etkinliğini saptamak amacıyla yürütülmüştür. Kontrol 1 (kuru tohum) ve Kontrol 2 (24 saat suda tutma) uygulamaları kontrol olarak kullanılmıştır. Uygulamaların etkisi süre ve türe göre değişkenlik göstermiştir. Türler arasında US 10, 20, 30 dakika uygulamaları Kontrol 1’e göre tohum canlılığını sırasıyla %1-16, %2-18, %3-14 arasında, Kontrol 2’ye göre %3-8, %1-7, %3-10 arasında artırmıştır. Fide üretim potansiyeli açısından ise çimlenmede olduğu gibi karpuz, hıyar, havuç, domates ve patlıcan türlerinde US 10, 20, 30 dakika uygulamalarının pozitif etkisi saptanmıştır. Uygulamaların hem çimlenme hızı hem de fide çıkış hızına etkisi olumlu olmuştur. Ultrasonik uygulamaların uygulama sonrası Kontrol 2 ile benzer düzeyde tohum nem alımını sağladığı ve tohum neminin türler arasında % 41-50 arasında değiştiği gözlenmiştir. US uygulamalarının antioksidan enzimlerden APX, CAT ve SOD’a etkisi net olmamakla beraber türe göre değişkenlik göstermiştir. Sonuç olarak tohum teknolojileri açısından US uygulamaları çimlenme ve fide kalitesi iyileştirmede potansiyel taşımaktadır.

Şubat 2020, 71 sayfa

Anahtar kelimeler: Enzim aktivitesi, Tohum kalitesi, Tohum uygulamaları

ABSTRACT

Master Thesis

THE EFFECTS OF ULTRA-SONIC SOUND PRIMING TREATMENT ON GERMINATION AND SEEDLING EMERGENCE PERCENTAGES IN VEGETABLE SEEDS

Nurcan MEMİŞ

Ankara University
Institute of Graduate School of Naturel and Applied Science
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim DEMİR

Ultrasonic (US) priming treatments have been used to enhance germination and seedling quality in agronomic and horticulture crop seeds. This work was conducted to test 50 kHz ultrasonic sound with the duration of 10, 20, 30 minutes and 25°C on watermelon, cucumber, melon, carrot, leek, tomato, pepper and aubergine seeds and relation to germination and seedling emergence and speed. Dry seeds and soaking for 24 hours were used as Control 1 and 2. Effects of treatments were ranged according to duration and species. US treatments increased seed germination 1-16%, 2-18%, 3-14% in 10, 20, 30 minutes of treatment, respectively than Control 1. The corresponding differences were 3-8%, 1-7%, 3-10% compare to Control 2. Regarding the seedling emergence potential the same as in germination the positive responds was found in watermelon, cucumber, carrot, tomato and aubergine seeds. US treatments had increased seed moisture with similar to Control 2 which changed between 41-50%. US treatments affected APX, CAT and SOD enzymes in seeds even though the influence was varied among the species. As a result US treatments appeared that they have potential to increase seed quality.

February 2020, 71 pages

Key words: Enzyme activity, Seed quality, Seed treatments

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansım süresince kıymetli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, saygıdeğer hocam Prof. Dr. İbrahim Demir'e bir danışman olmanın ötesinde bana bir arkadaş, bir ağabey olduğu ve desteğini bir an olsun esirgemediği için sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca bana iyi bir çalışma ortamı sunduğu ve kendimi geliştirme fırsatı verdiği için tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Enzim analizlerinin yapılmasında gösterdikleri iş birliği ve yardımları için Atatürk Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ertan Yıldırım'a ve laboratuvar ekibine teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca ihtiyaç duyduğumda fikir ve önerilerini benimle paylaşan sevgili ağabeylerim Ebrima S. NJIE ve Dr. Seid Hussen MUHIE' ye, laboratuvarımda bana desteği büyük olan ve zor zamanlarımda yanımdan bir an olsun ayrılmayan arkadaşlarım Merve ÖLKER ve Neslihan ISSI'ya ve Tohum Bilimi Laboratuvarı'nda birlikte çalıştığım tüm arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde beni destekleyen, sevgi ve ilgilerini her zaman üzerimde hissettiğim, başarımın arkasındaki en büyük güç olan canım aileme şükranlarımı sunarım. Babam Halis MEMİŞ'e tez çalışmam süresince verdiği destek için minnettarım.

Nurcan MEMİŞ
Ankara, Şubat 2020

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	21
3.1 Materyal	21
3.2 Yöntem	23
3.2.1 Ultrasonik (US) uygulamaları.....	23
3.2.2 Tohum nemindeki değişim ve kurutma süreci	24
3.2.3 Çimlendirme testi	25
3.2.4 Ortalama çimlenme zamanı	26
3.2.5 Fide çıkış testi	27
3.2.6 Ortalama fide çıkış zamanı	27
3.2.7 Enzim analizleri (APX, CAT, SOD)	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	29
4.1 Karpuz.....	29
4.2 Hıyar.....	31
4.3 Kavun	33
4.4 Havuç.....	35
4.5 Pırasa.....	37
4.6 Domates.....	39
4.7 Biber	41
4.7.1 Sera Demre	41
4.7.2 D2 F1	43
4.8 Patlıcan.....	45
4.8.1 Köksal F1	45
4.8.2 Vista F1	47
4.9 Tohumlarda US uygulamaları sonrası % nem oranları.....	49

4.10 Enzim sonuçları.....	51
4.10.1 Askorbat Peroksidaz (APX) enzim aktivitesi (EU g⁻¹).....	51
4.10.2 Katalaz (CAT) enzim aktivitesi (EU g⁻¹)	53
4.10.3 Süperoksit Dismutaz (SOD) enzim aktivitesi (EU g⁻¹).....	54
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	56
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ.....	71



SİMGELER DİZİNİ

°C	Celcius
d	Dakika
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
kg	Kilogram
lt	Litre
MPa	Megapaskal
µm	Mikromolar
mM	Milimolar
W	Watt
ml	Mililitre
mm	Milimetre
M	Molarite
cm	Santimetre
NaCl	Sodyum klorür
s	Saniye
W/cm ²	Ultrasonik yoğunluk
%	Yüzde
Ca(OH) ₂	Kalsiyum hidroksit

KISALTMALAR DİZİNİ

A	Amper
APX	Askorbat Peroksidaz
CAT	Katalaz
ÇO	Çimlenme oranı
DNA	Deoksiriboz Nükleik Asit
FÇO	Fide çıkış oranı
G	Çimlenme
GE	Çimlenme enerjisi
ISTA	International Seed Testing Association
K1	Kuru kontrol
K2	Sulu kontrol
NÇO	Normal çimlenme oranı
NFÇO	Normal fide çıkış oranı
OÇZ	Ortalama çimlenme zamanı
OFÇZ	Ortalama fide çıkış zamanı
ö.d	Önemli değil
PEG	Polietilen glikol
RL	Kök uzunluğu
ROS	Reaktif oksijen türevleri
SL	Gövde uzunluğu
SOD	Süperoksit dismutaz
SVI	Tohum gücü indeksi
TTC	Trifenil tetrazolium klorür
TW	Toplam ağırlık
US	Ultrasonik

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Ultrasonik ses aralığı diyagramı	4
Şekil 1.2 Ultrasonik priming uygulamasının çalışma mekanizması	5
Şekil 2.1 Ultrasonik uygulama süresinin kültürde 120 gün sonra <i>Calanthe hibrid</i> 'Hyesung' × 'Jeongmong' tohum çimlenmesi üzerine etkileri.....	10
Şekil 2.2 a) Kontrol b) Ultrasonik uygulama sonrası tohum.....	17
Şekil 2.3 a) Ultrasonik uygulama yapılmış ve kontrol tohumlarının tohum nem içeriği ve çimlenme süreci b) Su alımının ultrasonik uygulama yapılmış ve kontrol tohumlarında matematiksel modellenmesi.....	18
Şekil 3.1 Tohumların başlangıç nemlerinin belirlenmesi.....	22
Şekil 3.2 Oransal nem artımı (a), tohumların kavanozlara yerleştirilmesi (b), US uygulamasının yapılması (c, d)	23
Şekil 3.3 Tohumların kavanozdan çıkarılması ve başlangıç ağırlığına kadar kurutulması	24
Şekil 3.4 Çimlendirme testinin yapılışı.....	25
Şekil 3.5 Çimlendirme testinde normal ve anormal fide değerlendirmesi ve uygulamaların karşılaştırılması	26
Şekil 3.6 Fide çıkış testinde normal ve anormal fide değerlendirmesi ve uygulamaların karşılaştırılması	27
Şekil 4.1 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) karpuz tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).....	29
Şekil 4.2 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) hıyar tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	31
Şekil 4.3 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) kavun tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	33

Şekil 4.4 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) havuç tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	35
Şekil 4.5 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) pırasa tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	37
Şekil 4.6 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) domates tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	39
Şekil 4.7 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) biber / Sera Demre tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	41
Şekil 4.8 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) biber / D2 F1 tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	43
Şekil 4.9 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) patlıcan / Köksal F1 tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	45
Şekil 4.10 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) patlıcan / Vista F1 tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).	47
Şekil 4.11 US20 dakika uygulaması sonrasında tohumların başlangıç ağırlığına kadar yapılan kurutma sürecinde tohum nemi değişimi (%)	50
Şekil 4.12 APX enzim analizi	51
Şekil 4.13 CAT enzim analizi	53

Şekil 4.14 SOD enzim analizi54

Şekil 5.1 US (10 dakika sol, 30 dakika sağ) uygulanmış tohumların suya bıraktığı maddelerin ortaya çıkarttığı renk değişimi.....63



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Araştırmada kullanılan türlere ait toplam çimlenme oranları, tohum nemlerindeki değişim ve üretim yılları	22
Çizelge 3. 2 Enzim analizi yapılan türler ve uygulamalar	28
Çizelge 4.1 K2 ve US 20 dakika uygulama sonrası % nem oranları	49
Çizelge 5.1 Ultrasonik uygulamalarının çimlendirme testinde türler bazında Kontrol 1'e göre avantaj ve dezavantajları	57
Çizelge 5.2 Ultrasonik uygulamalarının çimlendirme testinde türler bazında Kontrol 2'ye göre avantaj ve dezavantajları.....	58
Çizelge 5.3 Ultrasonik uygulamalarının fide çıkış testinde türler bazında Kontrol 1'e göre avantaj ve dezavantajları	60
Çizelge 5.4 Ultrasonik uygulamalarının fide çıkış testinde türler bazında Kontrol 2'ye göre avantaj ve dezavantajları	61

1. GİRİŞ

Bilimsel olarak tohum, döllenmeden sonra tohum taslağının gelişmesiyle meydana gelen generatif bir yapıdır. Tohum, sebzelerin çoğunluğu, tek ve iki yıllık süs bitkileri de dahil olmak üzere çeşitli bahçe bitkileri için temel ve önemli başlangıç noktasıdır. Ancak tohum teknolojisi bakımından, koruyucu bir örtü (tohum kılıfı) ile sağlam bir embriyo, endosperm ve kotiledondan oluşan olgunlaşmış bir ovül olarak tanımlanır. Buna ek olarak tohumlar türlerin devamlılığı için önemlidir. Ebeveyn bitkiler öldüğünde ve öldükten yıllar sonra bile, embriyonun yaşamının geçici olarak durdurulmasına ve yeniden canlandırılmasına yol açar. Bu nedenle, tohumlar türün canlılığını korur ve devamlılığını sağlar.

Tohum kalitesi, bir tohum partisinin potansiyel performansını açıklar. Kaliteli bir tohum, yüksek genetik ve fiziksel saflık, canlılık, güç, yüksek verim potansiyeli, hastalık ve haşere istilasından arınmış, yabancı ot tohumlarından arı, yaşlı olmayan, zarar görmemiş, optimum miktarda nem içeriğine sahip (genellikle %8-12), yüksek çimlenme yüzdesi (>%80), hızlı ve bir örnek çimlenme özelliklerine sahiptir. İyi bir fide performansı, ekilen tohumun fizyolojik kalitesi veya gücü ve tohum yatağının çevresindeki faktörlerden etkilenir. Fizyolojik tohum kalitesi, tohumların hızlı çimlenme ve çıkış kapasitesini belirleyen ve arazi koşullarında ekim sırasında karşılaşılabilecek bir örnek güçlü bitkiler üretebilen tohumların içsel özelliklerini kapsar. Aynı zamanda, bir örnek ve olgun bitkilerin gelişimini sağlayarak daha yüksek verim sağlar. İyi kalitedeki tohum çeşitleri en az % 10 - 12 daha fazla verim artışı sağlar. Tohum kalitesi, tarımda ve gen bankalarında bitki genetik kaynaklarının uzun süreli korunmasında kritik bir unsurdur (Hampton, 2002).

Tohumda bozulma olumsuz çevre koşulları nedeniyle tohumda kalite, canlılık ve arazide çıkış kaybı anlamına gelir. Tohum kalitesinde meydana gelen kayıplar arazi koşullarında, hasat sırasında ve depolama sırasında olur. Tohumda bozulmaya etki eden birçok faktör vardır. Temel faktörler; sıcaklık, bağıl nem, tohum nem içeriği, mikroorganizmalar ve böcek zararlıları ile dokulara verilen zararlardır (Kapoor vd. 2010).

Çimlenmede oranında azalma, zayıf gelişen fide üretimi, güç kaybı, daha az canlılık ve sonuçta tohum kaybı gibi olumsuzlukların tohumda bozulmaya neden olduğu belirgindir (Tilebeni ve Golpayegani 2011). Bozulmuş tohum sağlıklı tohumlara göre eşit gelişmeye sahip olmayan fideler üreteceğinden, birim alandan daha az verim alınmasına neden olur (Biabani vd. 2011). Genel olarak, tohum kalitesi, hasattan önce, hasatta ve hasattan sonraki kurutma, işleme ve depolama sırasında arazide meydana gelen çok sayıda faktörden etkilenir. Tohum bozulması, kromozomal sapmalar ve DNA'nın zarar görmesi, RNA ve protein sentezinde bozulma, enzimlerdeki değişiklikler, gıda rezervleri ve membran bütünlüğünün kaybı gibi çeşitli hücresel, metabolik ve kimyasal değişiklikler ile ilişkilidir (Kibinza vd. 2006).

Hücre zarı bütünlüğünün kaybı, tohumlarda canlılık kaybının başlıca nedenidir. Kötü depolama koşullarında, hücre zarı geçirgenliğinde kayıp, tohum bileşenlerinin daha fazla süzülmesine ve dolayısıyla canlılık kaybına yol açar. Bozulmuş bir tohumda, hücre zarının yapısının bozulması elektrolit sızıntısını artırır. Bu nedenle, tohum çimlenmesi, arazideki çıkış ve fide gücündeki düşüş, yüksek düzeyde elektrolit sızıntısı ile ilişkilidir. ROS ve hidrojen peroksitler, çeşitli metabolik reaksiyonlardan üretilir, katalaz ve peroksitler gibi temizleyici enzimlerin aktivitesi ile imha edilebilir. Yüksek bağıl nem, bozulmayı hızlandıran ve artan depolama süresiyle nükleik asitlerin azalmasına neden olan bir diğer faktördür. Canlı olmayan tohumlar, canlı tohumlara göre düşük metabolik aktivite gösterirler. Ayrıca, uzun süreli depolama, nükleik asit ve nükleotid oluşturma yeteneğini azaltır (Tilebeni ve Golpayegani 2011).

Tohum bozulması kısmen metabolik süreç tarafından üretilen serbest radikallerin birikimi ile ilişkilidir. Tohumların uzun süreli depolanması, lipidlerin oksijen ile yavaş yavaş parçalanmasına, hidrojen peroksitler, oksijenli yağ asitleri ve serbest radikaller oluşturmaya neden olur. Serbest radikaller kararsızdır ve yakın moleküllere zarar verebilir. Tohumların uzun süreli depolanması sonucu ortaya çıkan yaşlanmaya bağlı değişikliklerden biri, bazen mutajenik etkiler olarak görülen kromozomal sapmadır. Tohumlardaki kromozom değişimlerinin bazıları, parçalanma, birleşme, kromozomların halka oluşumu ve nükleer boyuttaki varyasyonları içermektedir (Jyoti ve Malik 2013).

Tohum kalitesini artırıcı bazı mekanizmalar, ürün üretimini ve üretkenliğini arttırmak için kullanılabilir. Bunlardan biri tohum kalitesini artıran ve metabolik aktiviteyi

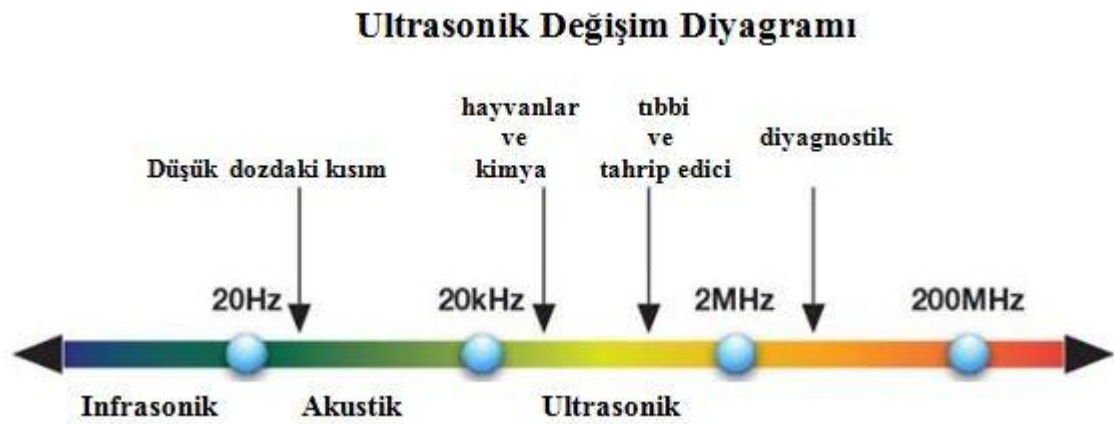
başlatarak tohumu çimlenmeye yaklaştıran ancak kökçük çıkışına izin vermeyen priming uygulamalarıdır (Deepti ve Chauhan 2014). Tohumlarda yapılan ön uygulamaların (priming vs.) en temel amaçlarından biri, daha hızlı çimlenmenin temini dolayısıyla da gelişmiş fideler elde etmek; bir diğeri ise depolama süresince oluşan yaşlanmanın fizyolojik etkilerini elimine etmektir (Parera ve Cantliffe 1994, Jisha vd. 2013). Tohum çimlenmesinin hızlandırılması gelişmiş fide üretimini ve güçlü bitkiler elde edilmesini sağlar. Hızlı çıkış, üniformiteyi populasyondaki bitki boyutları arasındaki farkı azaltarak artırır (Demir vd. 2008). Nitekim erken çimlenme ile daha iri ve gelişmiş bitki oluşumu arasında yüksek düzeyde bir doğrusal ilişki bulunmuştur (Mavi vd. 2010). Ayrıca priming tohum ekim yöntemlerinin mahsulün performansındaki olumsuz etkisini en aza indirmekte ve verimi artırmaya yardımcı olmaktadır. Priming uygulaması, yüksek ve düşük sıcaklıklar altında maydanoz tohumlarının çimlenmesi (Dursun ve Ekinci 2010), fasulye tohumlarının erken fide çıkışı, fide gelişimi ve toplam hasat verimi (Khan vd. 2008), mısır tohumlarının çimlenme oranı, sıra başına fide sayısı, koçan uzunluğu, çap, 1000 tohum ağırlığı, tohum verimi ve hasat indeksi (Soleimanzadeh 2013), domateste, ortalama tohum çimlenme süresi, hızı ve birörnek fide gelişimi üzerine olumlu etkiye neden olmuştur (Mavi vd. 2006). Ayrıca priming uygulamalarından farklı sebze türlerinde, hem çimlenmenin iyileştirilmesinde hem de yaşlanmanın tamirinde olumlu sonuçlar alınmıştır (Demir vd. 2009, Ozden vd. 2018).

Priming tohumda çimlenme öncesi metabolik aktiviteleri uyarmak için su, tuz, PEG ve diğer kimyasalların içinde bulunduğu çözeltilerde tohumların belirli bir süre boyunca ıslatılarak ekim öncesi nem alımını sağlamaktadır. Prime edilmiş tohumlarda nem alımının pozitif etkisi, nükleik asitlerin ve proteinlerin sentezi, ATP üretimi, sterollerin ve fosfolipitlerin birikmesi, DNA onarımının ve antioksidan mekanizmaların aktivasyonu gibi ana hücrel süreçlerin tetiklenmesine yol açar (Paparella vd. 2015).

Priming, fidelerin hızlı ve homojen çimlenmesine yol açmakta ve gıda rezervlerinin verimli kullanımını sağlamaktadır. Priming, öngörülemez yağışların olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, üreticiler tarafından yüksek kaliteli tohumlara erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde çok güvenilir ve verimli bir uygulamadır. Son yıllarda priming uygulamalarının etkinliğinin artırılması ve maksimum etkinin sağlanması için

uygulamalar farklı tekniklerle kombine edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan biri ultra-sonik ses dalgaları ile yapılan uygulamadır (Aladjadjiyan 2002, Goussous vd. 2010).

Ses dalgalarının 20 kHz'den yüksek frekanslı olanlarına ultra-sonik ses dalgaları denir. Ultrasonik ses aralığı diyagramı Şekil 1.1' de gösterilmiştir. Ultra-sonik uygulamalarda tohumlar 20 ile 100 kHz arasındaki ses dalgalarına maruz bırakılırlar. Ultra-sonik uygulamalar gıda sektöründe de ürünün yüzey temizliğinin sağlanması, steril materyal üretimi bakımından yaygın kullanım alanı bulmuştur (Benedito vd. 2002). Ultra-sonik ses dalgaları, sıcaklık ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'nin kombine uygulamasının, Salmonella ve E.coli ile bulaşık yonca tohumlarının dezenfekte edilmesinde etkili olduğu (Scouten ve Beuchat 2001), benzer sonuçların brokoli tohumlarında da alındığı saptanmıştır (Kim vd. 2006).

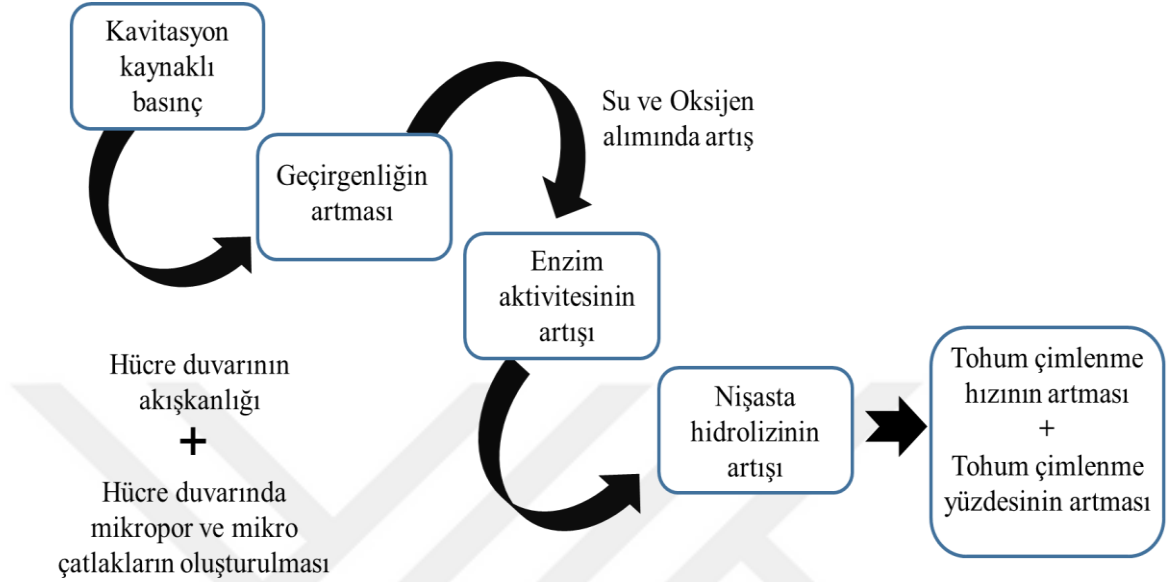


Şekil 1.1 Ultrasonik ses aralığı diyagramı

Yüksek düzeyde ses dalgaları veren ultra-sonik dalgaların tohum kabuğundaki çimlenmeyi engelleyici maddelerin yıkanmasını sağlama, titreşimlerin embriyonik gelişimi artırma, tohum kabuğunun dış kısmındaki geçirimsiz tabakayı inceltme gibi etkilere sahip olduğu ifade edilmiştir (Gaba vd. 2008). Tohum kabuğunda açılan mikro delikler uygulama sürecinde oksijen alımını ve suyun embriyo ile temasını artırarak olumlu etki yaratmaktadır (Moussatov vd. 2005, Yaldagard vd. 2008a).

Ultrasonik dalgalar, tohum çimlenmesi için gerekli olan su ve oksijeni sağlar. Kavitasyon, suda mikro kabarcık oluşturarak çalışır. Tohum üzerinde mekanik bir basınç uygulayarak hücre duvarı akışkanlığına, hücre duvarında mikro gözeneklerin ve

mikro çatlakların oluşmasına yol açar. Bu durum su ve oksijen alımını artırır. Tohumların su alması ile enzim aktivitesi de artar. Ultrasonik dalgalarının tohum üzerindeki etki mekanizması Şekil 1.2' de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Ultrasonik priming uygulamasının çalışma mekanizması (Nazari ve Eteghadipour 2017)

Tohumlarda ultrasonik priming uygulaması ya da ultrasonifikasyon basit, düşük maliyetli bir priming metodu olup tohumlar tarafından su, mineral ve diğer faydalı maddelerin alımını artırır. Bunun sonucunda tohumların hızlı ve üniform çimlenmesi, iyi fide performansı ve daha yüksek ürün verimi sağlanmaktadır. Geniş sıcaklıklar aralığında çimlenme yeteneğini artırır. Aynı zamanda hastalıkların etkisini azaltmada yardımcı olabilir. Ultrasonik priming düşük maliyet, su tasarrufu, düşük enerji kullanımı, kolay ve güvenli olduğundan avantajlıdır. Tohumlardaki dormansiyi kırmakta da yardımcı olur (Nazari ve Eteghadipour 2017). Ayrıca çimlenme yüzdesini, fidelerin kök ve gövde uzunluğunu, fide çıkış indeksini artırır. Enzim aktivitesini ve diğer biyolojik süreçlerin başlamasını teşvik eder (Shekari vd. 2015).

Ultrasonik priming uygulamasının farklı bitkilerin çimlenme özellikleri üzerindeki olumlu etkisi, farklı araştırmacılar tarafından bulunmuştur. Örneğin, bezelye tohumlarında çimlenme artışı gözlenmiştir (Chiu ve Sung 2014). Benzer bir deneyde

nohut, buğday ve karpuzun çimlenme oranı artmış, ancak biber tohumlarında kontrol grubu ile karşılaştırıldığında azalmıştır (Goussous vd. 2010). Bu nedenle, ultrasonik priming uygulamasının etkisinin bitki türlerine bağımlı olduğunu söylemek mümkündür.

Ultrasonik priming uygulamasının farklı bitkilerin çimlenme hızı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Genel olarak ultrasonik uygulamanın çimlenme hızı üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Örneğin, bezelye, nohut, buğday, karpuz ve maş fasulyesinde çimlenme hızı sırasıyla %93, %20, %36, %16 ve %25 oranında artmıştır (Chiu ve Sung 2014, Goussous vd. 2010, Miano vd. 2015).

Sebze türlerinde ultra-sonik uygulamanın kullanıldığı türler sınırlıdır. Halbuki sebzeler fide ile üretim potansiyeli daha yüksek olan ve tohum kalitesindeki değişimlerden üretim potansiyelinin önemli düzeyde etkilendiği türlerdir. Buna ek olarak da sebzelerde hibrit tohum kullanımının ve yüksek maliyetli tohum materyali kullanımının farklı priming uygulamalarının daha etkin kullanılmasının gerekliliğini artırmaktadır. Bu araştırmanın amacı, farklı sebze türleri tohumlarında ultra-sonik priming uygulamasının farklı familyalara ait sebze türlerinde tohum çimlenmesi ve fide çıkış oranına etkisini belirlemektir. Ayrıca uygulamaların fizyolojik etkilerinin saptanması için uygulama yapılmış tohumlarda askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzim analizleri yapılması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Priming tohum kalitesini iyileştiren ve değişken iklim koşullarına karşı tohum çimlenmesini arttırmayı teşvik eden bir uygulamadır. Fiziksel priming (sıcaklık, ultraviyole, manyetik alan vb.) metotları üzerine yapılan çalışmalar ise son yıllarda öne çıkmaktadır. Ses dalgaları uygulamaları bu metotlardan biridir. Ultrasonik ses dalgaları gıda, tıp, inşaat, kimya vb. sektörlerde kullanılmaktadır. Tarım da ise tohumda dormansiye kırmak, tarla bitkileri, tıbbi bitkiler ve yaşlanmış tohumlarda çimlenme oranını artırmak, oluşan fidelerin kök ve gövde uzunluğunu artırmak, tohum kabuğundaki mikrobiyal maddelerin yıkanmasını sağlamak, çimlenmesi zor olan bazı meyve ve süs bitkileri tohumlarını çimlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Çalışmalarda kullanılan frekans ve yoğunluk uygulamanın etkinliği açısından öne çıkmaktadır.

Gebre otu (*Capparis spinosa* L.) tohumlarında yapılan çalışmada çimlenmenin ultrasonik dalgalara maruz kalma süresi, sıcaklık ve gibberellik asitle ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma 1700 kHz' de 1 dakika ve 6 saat süreleri ile 25-35 °C'ler arasında yapılmıştır. Sadece sülfürik asitle önceden aşındırılan tohumlar ultrasonik uygulamasına olumlu cevap vermiştir. 10 dakika ve 6 saat ultrasonik uygulamasına maruz kalan tohumların çimlenme oranı önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca 25 ve 35 °C' de yapılan ultrasonik uygulamalar ve US + gibberellik asit uygulaması da çimlenme yüzdesine olumlu etkide bulunmuştur. Çimlenme oranlarında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Ultrasonik uygulamasında kullanılan popülasyonun kaynağının da etkili olduğu vurgulanmıştır (Rinaldelli 2000).

Scouten ve Beuchat (2001), filiz üretimi için kullanılan yonca tohumlarında *Escherichia coli* O157: H7 ve *Salmonella*'nın öldürülmesinde kimyasallar, ısı ve ultrason kombine uygulamalarının etkinliğini belirlemeyi amaçlamıştır. *Salmonella* veya *E. coli* O157: H7

ile aşılanan yonca tohumları ultrason (38.5 ± 40.5 kHz) uygulamasına tabi tutulmuştur. 23 ve 55°C 'de 2 ve 5 dakika boyunca içerisinde Ca(OH)_2 ve Tween 20 bulunan solüsyonda bekletilmiştir. Sonuç olarak bu uygulamalar *Escherichia coli* O157: H7 ve *Salmonella*'nın öldürülmesinde etkili bulunmuştur. Araştırmacılar, ultrasonik uygulamanın farklı kimyasallar ve farklı sıcaklıklarla kombine edildiğinde patojen popülasyonunun ve tohumlardan üretilen filizlerde patojen riskinin azalacağını öne sürmüştür.

Havuç (*Daucus Carota L.*) tohumlarının canlılığını artırmayı hedefleyen çalışmada 22 kHz frekansında ve 150 W gücünde ultrason uygulaması yapılmıştır. Uygulama süresine bağımlı olarak tohum ekstraktının absorpsiyon spektrumu ölçülmüş bunun yanı sıra çimlenme ve uygulama süresine bağlı çimlenme enerjisi belirlenmiştir (Aladjadjiyan 2002).

Arabidopsis tohumlarının çimlenme kabiliyetini ve çimlenme hızını artırmak amacıyla tohumların mekanik titreşim uygulamasına önceden tabi tutulduğu vurgulanmıştır. Yaklaşık 48 saat boyunca 23 °C'de 0.42 mm'lik bir genlikte 100 Hz'lik titreşime maruz kalan *Arabidopsis* tohumlarının, tohum çimlenme oranında ve çimlenme hızında kayda değer bir artış kaydedilmiştir (Uchida ve Yamamoto 2002).

Araştırmada *Cypripedium formosanum*'un embriyo gelişiminin *invitro* koşullarda tohum çimlenmesi ile ilişkisi incelenmiştir. Araştırmada 15, 30, 45 ve 60 dakika boyunca ultrasonik uygulaması yapılmıştır. Ultrasonik 30 dakika uygulaması kontrol ile karşılaştırıldığında çimlenmede artış sağlamıştır. Ancak ultrasonik 45 ve 60 dakika uygulamaları ise çimlenme periyodunun uzamasına sebep olmuştur. Sonuç olarak, doğal ortamda *Cypripedium formosanum* tohum kabuğuna zarar vermede mekanik aşındırmanın önemli bir faktör olabileceği vurgulanmıştır (Lee vd. 2005).

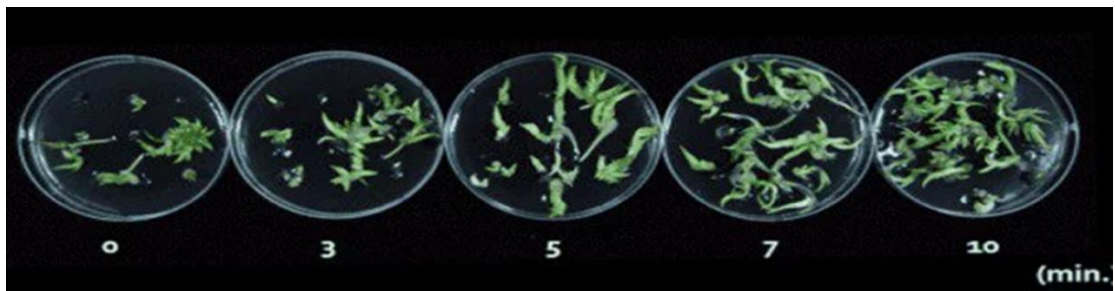
Arpa tohumunun çimlenmesini hızlandırmak ve artırmak için ultrasonik priming tekniği incelenmiştir. Bu çalışmada farklı yoğunlukta ve sürede olan ultrasonik uygulamaların çimlenme üzerine etkileri belirlenmiştir. US uygulaması yapılan tohumun çimlenme oranları ve verimi, normal koşullar altında çimlenen işlenmemiş tohumunkilerle karşılaştırılmıştır. Tohumlar ultrasonik uygulamaya (giriş gücü %20-100, 460W) tabi tutulmuş ve 5 ile 15 dakika arasında değişen üç farklı dakikaya maruz bırakılmıştır. Uygulama yapılmış arpa tohumu çimlenmesi, uygulama yapılmamış tohum çimlenmesi ile karşılaştırıldığında yaklaşık 1.042-1.065 kat arttığı bulunmuştur. Ultrasonik uygulamasının çimlenme süresini %30-45 oranında azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır (Yaldagard vd. 2008a).

Ultrasonik uyarmanın, suda bekletme öncesi kuru arpa tohumlarının çimlenme ve alfa-amilaz aktiviteleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tüm deneyler, 20 kHz sabit frekansta çalışan 3 farklı ultrasonik güçte (460W), %20, %60 ve %100 ayarında (5, 10 ve 15 dakika) ve 30 °C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Enzim aktivitesi artmış ve bununla birlikte çimlenme oranı da artmıştır. Ultrasonik güç ve ultrasonik uygulama sürelerinin tüm parametreler üzerinde baskın bir etkisi olduğu görülmüştür. Islatmadan önce arpa tohumları üzerinde kullanılan ultrason dalgaları daha iyi ve daha hızlı çimlenme göstermiştir. Bunun nedenin de kuru tanelerde daha fazla su tutma kapasitesine yol açan kabuğun parçalanması olduğu düşünülmektedir (Yaldagard vd. 2008b).

Nohut, buğday, karpuz ve biber türlerinde ultrasonik priming uygulaması farklı sürelerde (5, 10, 15, 30, 45 veya 60 dakika) ve iki farklı sıcaklıkta (15 veya 20 °C) çimlenmeye etkisi belirlenmiştir. Çalışma ultrasonik su banyosu cihazında 40 kHz' de gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda US uygulaması nohut, buğday ve karpuzun çimlenme oranı indeksini önemli ölçüde artırmış, bu da kontrol tohumlarının üzerinde sırasıyla %133 (45 dakika), %95 (30 dakika) ve %45 (5 dakika) artışa neden olmuştur. US uygulamasının çimlenme oranı üzerindeki yararlı etkileri hem 15 hem de 20 °C'de saptanmıştır (Goussous vd. 2010).

Aladjadjyan (2011), çalışmasında ultrasonik uygulamanın mercimek (*Lens culinaris*, *Med.*) ve buğday (*Triticum aestivum*) tohumlarının gelişimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada 42 kHz frekanslı ultrasonik dalga kullanılmıştır. Ultrasonik uygulama 0, 1, 2 ve 3 dakika boyunca yapılmıştır. 7. ve 14. günlerde yapılan ölçümlerde çimlenme enerjisi (GE), çimlenme (G), gövde uzunluğu (SL) ve kök uzunluğunun (RL) yanı sıra toplam ağırlık (TW) parametreleri değerlendirilmiştir. Çimlenme enerjisi ve çimlenmeye bakıldığında US 1 dakika uygulaması, kök ve gövde uzunluğuna bakıldığında ise US 3 dakika uygulaması en iyi sonucu vermiştir. Toplam ağırlık hem mercimek hem de buğday tohumlarında kontrole göre daha fazla olmuştur, ultrason etkisi mercimekte buğdaya göre daha etkili bulunmuştur.

Orkide *Calanthe* hibritleri bitkilerinde (“Hyesung” x “Jeongmong”, “Hwagung” x “Heysung”) asimbiyotik tohum çimlenmesi ve protokorm oluşumunda aktif kömür, bitki büyüme düzenleyicileri ve ultrasonik ön uygulama süresinin etkileri araştırılmıştır. Ultrasonik uygulama 42 kHz frekansta, 0 (kontrol), 3, 5, 7 ve 10 dakika boyunca sürmüştür (Şekil 2.1). Ultrasonik uygulama çimlenen tohum sayısını önemli ölçüde artırmıştır. Sonuç olarak, doğada düşük çimlenme oranı gösteren türlerde ultrasonun kullanışlı bir priming metodu olabileceği ileri sürülmüştür (Shin vd. 2011).



Şekil 2.1 Ultrasonik uygulama süresinin kültürde 120 gün sonra *Calanthe* hibrid ‘Hyesung’ x ‘Jeongmong’ tohum çimlenmesi üzerine etkileri (Shin vd. 2011)

Manyetik su ve ultrasonik dalgaların rezene (*Foeniculum vulgare*) tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. US uygulamaları 22 kHz

frekansta gerçekleşmiştir. Ultrasonik uygulama 0 (kontrol), 2, 4, 6 ve 8 dakika boyunca yapılmıştır. En yüksek çimlenme oranı %93 ile kontrol uygulamasında bulunurken en düşük çimlenme oranı %60 ile 8 dakikada bulunmuştur. Ultrasonik uygulama süresi arttıkça çimlenme oranının düştüğü gözlenmiştir. Rezenenin kök ve gövde kısımlarının özellikleri incelendiğinde ise kayda değer bir etki görülmemiştir. Sonuç olarak, araştırmacılar çimlenme ve fide gelişimi için ultrasonik uygulamasının kullanılmasını tavsiye etmemiştir (Fateh vd. 2012).

Yetiştiricilik öncesi ve yetiştiricilik sırasında ultrason uygulamasının buğdaygil fidelerinde koleoptil uzunluğu üzerinde etkisi araştırılmıştır. Araştırma 15 dakika süre ile 30-40 kHz frekanslı ultrasonik su banyosunda ve 25 °C’de sürmüştür. Koleoptil uzunluğu en fazla Triticale’ de gözlenmiştir. Kontrolde 3.1 ile 4.0 cm arasında değişirken, ultrasonik uygulama yapılmış tohumlarda ise bu değer 3.3 ile 5.5 arasında değişmiştir. Mezokotil uzunluğu en fazla ($5.525 \text{ cm} \pm 0.697$) olan tür ise ultrasonik uygulaması yapılmış olan avdardır. Sonuç olarak, daha uzun koleoptil elde etmek için tahıllarda kullanabilecek bir yöntem olduğunu, kuraklığa ve verim düşüklüğüne yol açan küresel ısınma ve belirgin iklim değışiklikleri göz önüne alındığında, tohumlara ultrasonik priming uygulanmasının yararlı olabileceğini söylemişlerdir (Kratovalieva vd. 2012).

Gazelboynuzu (*Lotus corniculatus* L.) bitkisinin tohumlarının ultrasona maruz kalmasının çimlenme kapasitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada 20 kHz frekans kullanmıştır. Ultrasonik süreleri 10-160 saniye arasında, ultrasonik yoğunluk ise 0.11 W/cm^2 ile 2.72 W/cm^2 arasında değişmiştir. Tohumlar boyutlarına göre 4 gruba (karışık, küçük, orta ve büyük boyut) ayrılmıştır. Çimlenme kapasitesi ultrasonik uygulamadan 21, 31 ve 137 gün sonra değerlendirilmiştir. Orta büyüklükteki tohumlar için maksimum çimlenme derecesi, ultrasonik uygulama süresi 72.33 saniye ve 1.465 W/cm^2 yoğunluğunda uygulandığında 137 gün (%86.11) sonra elde edilmiştir. Büyük tohumlarda ise, ultrasonik uygulama süresi 62.3 saniye ve yoğunluğu 1.79 W/cm^2 olan

bir ultrason uygulandığında, en iyi çimlenme kapasitesi (%81.85) elde edilmiştir (Toth 2012).

Çim tohumunda ultrason uygulamasının çimlenme ve fide üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada 5, 15, 25, 35 dakika uygulama süresi, 25, 35, 45, 55 °C uygulama sıcaklığı ve 200, 300, 400, 500 W ultrasonik güç kullanılmıştır. Sonuç olarak ultrasonik güç fide büyümesi üzerinde en büyük etkiye sahip olmuş, sıcaklık ise çimlenme için en etkili faktör olmuştur. 39.7 °C 'de, 348 W'lık bir ultrasonik güç ile 22.5 dakika ultrason uygulaması, en büyük çimlenme yüzdesini ve en iyi fide büyümesini sağlamıştır. Tohum sızıntılarının elektriksel iletkenliği (sadece suya batırılmış kontrol ve ultrason uygulaması) suyun ultrason uygulamalarındaki etkisini ortadan kaldırmak için belirlenmiştir. Ultrason uygulaması sırasında tohum sızıntılarının elektriksel iletkenliği, kontrole göre önemli ölçüde daha yüksek olmuş ve ultrason uygulamasının çim tohumu üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermiştir (Wang 2012).

Biyofiziksel tohum priming tekniklerinin çimlenme ve laboratuvar denemelerinde eş zamanlı iki toprakta (*Melissa officinalis L.*) yetiştiriciliği ve sera koşullarında saksı çalışmaları yapılmıştır. Çimlenme yüzdesi (GP), çimlenme oranı (GR), fide uzunluğu (SL), fide ağırlığı (SW) ve esansiyel yağ oranı kriterlerine bakılmıştır. Ultrason uygulaması 20 dakika boyunca yapılmıştır. 20 dakika uygulaması her iki toprakta tüm kriterler bakımından kontrol uygulamasıyla kıyaslandığında daha yüksek bulunmuştur (Hoseini vd. 2013).

Sentetik ayçiçeği tohumları üzerinde ultrasonik uygulamanın etkisi araştırılmıştır. Tüm uygulamalar, ultrasonik jeneratör toplam gücünün (250 W) %40, 60, 80 ve 100'ü yoğunlukta ve 5, 10, 15 ve 20 dakikalık süreler boyunca 40 kHz frekansta gerçekleştirilmiştir. Tohum çimlenme oranı, tohum gücü indeksi (SVI), fidelerin kök ve sürgün uzunluğu ile ilgili parametreler incelenmiştir. Sonuçlar ultrasonik işlem görmüş

fidelerin çimlenme, SVI, kök ve sürgün uzunluklarının ultrasonun yoğunluğuna bağlı olarak kontrolden farklı olduğunu göstermiştir. Ultrasonik uygulama çimlenme üzerinde kontrol tohumlarına göre %40 ve %60 yoğunlukta maksimum %43'lük bir artışa neden olmuştur. Ayrıca bu iki yoğunlukta fideler kontrole göre daha uzun kök ve sürgün oluşturmuştur. Uygulama süreleri arasında tohum gücü indeksi ve kök uzunluğu diğer özelliklere göre daha öne çıkmıştır. Sentetik ayçiçeği tohumları için 40 kHz frekansta ultrasonik uygulama için optimum koşullar, 5-10 dakika süreleri ile %40 ila %60 yoğunluk olarak belirlenmiştir (Machikowa vd. 2013).

Fiziksel priming tekniklerinin Civanperçemi (*Achillea millefolium*) tohumunun çimlenme özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Araştırmada 3 tekerrür ve her tekerrürde 25 tohum kullanılmıştır. Önceden nemlendirilen tohumlar 5 ve 10 dakika boyunca ultrasona maruz bırakılmıştır. Fide uzunluğu, fide kuru ağırlığı ve fide güç indeksi incelenmiştir. Sonuç olarak, en yüksek tohum çimlenme oranı 5 dakika uygulamasından, en yüksek fide uzunluğu ise 5 ve 10 dakikalık uygulama sürelerinde 33 ve 30 cm olarak ölçülmüştür. En yüksek fide kuru ağırlığı da 5 dakika uygulamasından elde edilmiştir. Ultrasonik 5 dakika uygulaması tüm kriterlerde en iyi sonucu vermiştir (Mirshekari vd. 2013).

Ultrasonikasyon, ısıtma ve kimyasal yıkama uygulamalarının üç bezelye (*Pisum sativum*) çeşidinin tohumlarının dekontaminasyonu ve filizlerinin mikrobiyal güvenliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Uygulama 40 kHz frekansta, 25 °C'de 1 dakika boyunca yapılmıştır. Sonuç olarak, ultrasonikasyon çimlenme oranını (aynı zamanda ortalama % 83 ila 97) ve çimlenme hızını (3.17 gün) arttırmanın yanında, toplam aerobik sayımları tohum filizlerinde $2.21 \log_{10}$ CFU g⁻¹'e düşürmüştür. Ultrasonik uygulama görmüş tohumlardan üretilen filizlerin hipokotil ve köklerinin uzunlukları, kontrol tohumlarından üretilen filizlerinkinden %34 ve %74 daha uzun bulunmuştur. Ultrasonikasyon ayrıca, filizlerin verimini 10 g tohum başına 301.83 g'a çıkarmıştır. Bu sonuçlar incelendiğinde, ultrasonikasyonun bezelye filiz üretimi için mikrobiyal kontrol uygulaması olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Chiu ve Sung 2014).

Chowdhury vd. (2014), ses dalgalarının tohum çimlenmesini, kök uzamasını, sürgün büyümesini olumlu yönde etkileyebileceğini, aynı zamanda bitki kallus büyümesi, hücre döngüsü, sinyal iletim sistemleri, enzimatik ve hormonal aktiviteler ve gen ekspresyonu üzerindeki morfolojik parametrelerin geliştirilmesini olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Çeşitli araştırmalar, değişen sesin domates ve arpada büyüme ve verim üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, bitkilerin ses yoğunluğuna, sıklığına ve ses tipine bağlı olarak ses işleminden farklı şekilde etkilendiği vurgulanmıştır.

Sert tohum kabuğuna sahip bir bitki olan *Medicago scutellata*'da dormansinin kırılması üzerine ultrasonik ses dalgalarının etkisi araştırılmıştır. US uygulamaları laboratuvar koşullarında 0, 1, 3, 5, 7 ve 9 dakika olarak yapılmıştır. Sonuçlar, ultrasonik dalgaların tohum dormansisinin kırılmasında önemli ölçüde pozitif bir etkiye sahip olduğunu, ancak büyüme özelliklerinden herhangi biri ile US uygulama süreleri arasında doğrusal bir ilişki olmadığını ortaya çıkarmıştır. Çimlenme yüzdesi için en iyi uygulama 7 dakika, kök uzunluğunun artması için ise en iyi uygulama 3 dakika olmuştur. 3, 5 ve 7 dakikalık uygulamalar, sap uzunluğu büyümesi üzerinde aynı etkiye sahiptir ve diğer tüm uygulamalardan daha iyi bulunmuştur. 9 dakika uygulaması, kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, değerlendirilen tüm özelliklerin büyümesini azaltmış ve negatif etki de bulunmuştur (Nazari vd. 2014).

Hassanien vd. (2014), frekansa, ses basıncı seviyelerine (SPL'ler), uygulama sürelerine ve ses dalgalarının kaynağından uzaklığına bağlı olarak, bitkilerin yetiştiriciliği için ses dalgalarının hayati fizyolojik parametreleri ve büyüme parametrelerini olumlu yönde artırabileceğini ve böylece büyümeyi ve bitkilerin verimini artırdığını belirtmiştir. Hücre bölünmesi, büyüme ve kallus hücre akışkanlığı, enzimler ve endojen bitki hormonları, bitkiler 0.20 m'lik bir mesafe içerisinde 1 saat boyunca 1 kHz ve 100 dB'lik bir ses dalgası işlemine tabi tutulduklarında olumlu yönde etkilenmiştir.

Miano vd. (2015), ultrasonik teknolojisinin etkisini tohumların su alım sürecini iyileştirmek ve olumlu sonuçlar almak için kullanmıştır. Dört arpa tohumu partisinde ultrasonik teknolojisinin çimlenme ve çıkış üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 42 kHz frekans kullanmışlardır. US uygulamasının çimlenmeyi ve canlılığı olumsuz etkilemediği ve çimlenme oranını artırdığı gösterilmiştir. Dört grubun çimlenme oranları arasında 1.parti en yüksek (% 89), bunu takiben 2.parti (% 79), 3.parti (% 68) ve 4. parti (% 43) bulunmuştur. Sonuç olarak US teknolojisinin tohum kalitesini olumsuz yönde etkilemeden su alım sürecini geliştirmek için kullanılabilceğini ve yüksek çimlenme kapasitesine sahip partilerde bile tohum gücünü artırıcı mekanizmalarını çalışmak için çok yararlı olabileceğini söylemişlerdir.

Lycopersicon esculentum ve *Anethum graveolens* tohumlarının çimlenmesi üzerinde ultrasonik dalgaların etkilerine ilişkin çalışmalarında ultrasonik dalga uygulaması ile tohum çimlenmesi arasındaki ilişkiyi bildirmişlerdir. Ultrasonikatör (Maxsell şirket, hacim: 3.8 litre, boyut: L×W×D: 302 × 152 × 100 mm, frekans: 40 kHz, güç: 100W, ağırlık: 5 kg, boyut: 70 × 38 × 60) ultrasonik dalgaların tohumlara etki etmesi için kullanılmıştır. Çimlenme örnekleri için çalışma yapılmış ve kontrol sistemi ile karşılaştırılmıştır (damıtılmış su bir kontrol olarak kullanılmış ve çimlenme örnekleri ultrasonik dalgalar olmadan incelenmiştir). Sonuçlar, ultrasonik dalga uygulamasının kontrole göre tohum çimlenme yüzdesi, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve fide boyu üzerinde etkisinin iyi olduğunu göstermiştir. Ancak ultrasonik uygulaması, *Anethum graveolens* bitkisinde daha etkili bulunmuştur (Ramteke vd. 2015).

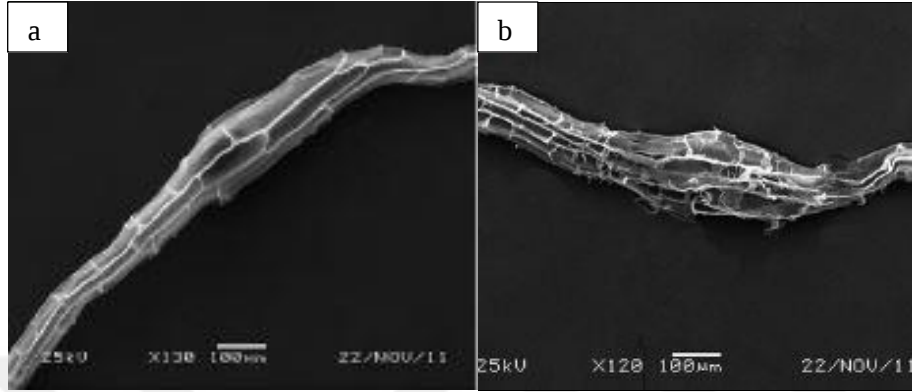
Atiplex lentiformis, *Cuminum cyminum* ve *Zygophyllum eurypterum*'da ultrasonik dalgaların tohum çimlenmesine etkisi incelemiştir. Çalışmada 42 kHz frekans tohumlara 1, 3, 5, 7 ve 9 dakika süreyle uygulanmıştır. Her 3 türde de çimlenme yüzdesi, ultrasonik dalgaya maruz kalan tohumlarda pozitif etkiyi ortaya çıkarmıştır. 5 ve 7 dakikalık uygulamalardan en yüksek çimlenme oranı elde edilmiş, 9 dakika uygulaması ise diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında, çimlenme üzerinde olumsuz etkide bulunmuştur (Sharififar vd. 2015).

Ultrasonik ses dalgalarının susam tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Uygulama süreleri 10, 20, 30 dakika ve çimlenme sıcaklığı 15, 20, 25°C olmak üzere çalışma ultrasonik su banyosunda 20 kHz'de gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 10 ve 20 dakika uygulamalarında düşük sıcaklıklarda çimlenme ve fide performansı daha yüksek belirlenmiştir. US 20 dakika uygulamasının SOD aktivitesi, diğer uygulamalardan nispeten daha yüksek bulunmuştur. CAT aktivitesi US 10 dakika ve US 20 dakika uygulamalarında artmıştır. Uygulamalar arasında, US titreşiminin 10 ve 20 dakika boyunca uygulanması hem malondialdehit hem de H₂O₂ içeriğini azaltmıştır. Ancak yüksek US süresi (30 dakika) her iki özelliği de arttırmıştır (Shekari vd. 2015).

Besiyeri ve tohum ön uygulamalarının *Paphiopedilum armeniacum* S. C. orkidesinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma oda sıcaklığında 2, 4, 6, 8 ve 10 dakika boyunca 40 kHz' de yapılmıştır. Ultrasonik uygulama yapılmış tohumlar 2,3,5-trifenil tetrazolyum klorür (TTC) ile boyanmıştır. Tüm uygulamalar 3 tekerrür her tekerrür başına 10 kültür içermektedir. Tohumlara 2 ila 8 dakika boyunca ultrasonik uygulama yapıldığında TTC boyama ve çimlenme yüzdesi kademeli olarak artmış, ultrasonikasyon süresi 10 dakikayı aştığında azalmıştır. Ancak en yüksek TTC boyama (%19.7) ve çimlenme yüzdesi (%25.4), 8 dakikalık ultrason süresi sonrasında gözlenmiştir. Ultrasonikasyon ön uygulamasından sonra TTC embriyo boyama ve tohum çimlenmesi arasında güçlü bir korelasyon bulunmuştur (Pearson'un R=0.989; P=0.01) (Zhang vd. 2015).

Ultrasonun TTC boyamasında, *invitro* *Paphiopedilum* SCBG Red Jewel tohum çimlenmesi üzerindeki etkisi araştırılmış ve bu priming uygulamalarının tohumda çimlenmeyi teşvik edip edemeyeceği belirlenmiştir. Ultrasonik uygulama oda sıcaklığında 40 kHz frekansta 2, 3, 4, 6, 8 ve 10 dakika süre ile yapılmıştır (Şekil 2.2). Tohumlara 2-8 dakika boyunca ultrason uygulaması yapıldığında çimlenme yüzdesi artmıştır. En yüksek TTC boyama (%18.3 ve %20.0) ve çimlenme yüzdesi (%53.1 ve

%54.03) 6 ve 8 dakikalık ultrason uygulamalarında görülmüştür. Uzun süreli ultrason (10 dakika) olumsuz etki görülmesine sebep olmuştur (Fu vd. 2016).

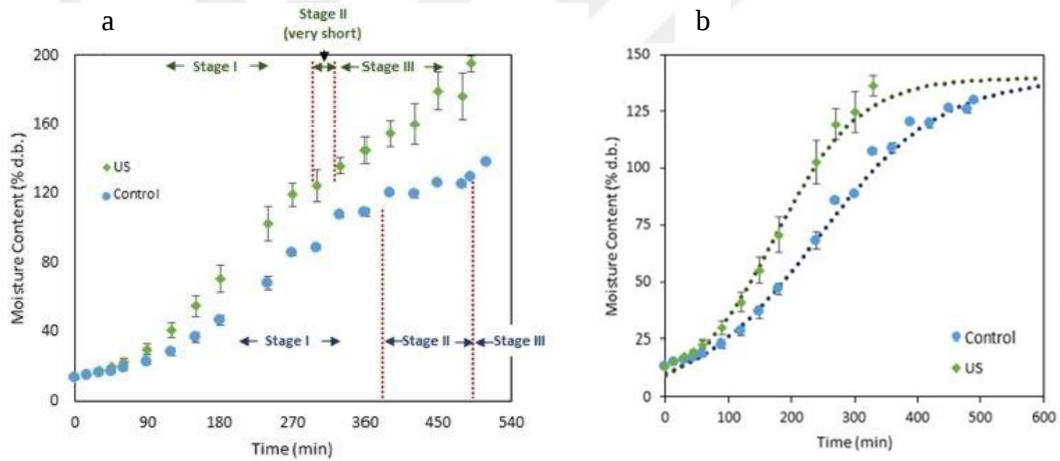


Şekil 2.2 a) Kontrol b) Ultrasonik uygulama sonrası tohum (Fu vd. 2016)

Liu vd. (2016), ultrasonik uygulamaları dört ultrasonik faktörle ortogonal matriks deneysel dizaynı kullanılarak yaşlı uzun boylu kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) ve Rus yabani çavdar (*Psathyrostaehys juncea Nevski*) tohumlarının çimlenme ve fide büyümesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çok değişkenli varyans analizi, çift yönlü faktörlerin önemli farklılıkları ve birleştirme etkilerini saptamıştır. Superoksit Dismutaz (SOD) ve Peroksidaz (POD) ve Malondialdehit (MDA) aktiviteleri etkilenmiştir. Ultrasonik uygulamalar, yaşlı tohumların çimlenme yüzdesi (GP) ve fidelerin (GS) büyümesi üzerinde olumlu etkilere sahiptir ve bu nedenle yaşlı çimlerin tohumlarına ekim öncesi ultrasonik uygulanması için kanıt niteliği taşımaktadır. Dört ultrasonik faktör için en uygun koşullar 36.7 dakikalık bir sonikasyon süresi, 35 °C' lik bir sonikasyon sıcaklığı, 367'lik bir çıkış gücü ve ikili kuadratik regresyon analizlerinden sonra 4.1 saat tohum ıslatma süresi bulunmuştur. Ultrasonik uygulaması, fide büyümesini iyileştirme potansiyeline sahip olmaktadır.

Ultrason teknolojisinin maş fasulyesinin (*Vigna radiata*) su alım aşamalarına olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma 25 °C'de 25 kHz frekansta, 41 W/ L güçte gerçekleşmiştir. Ultrasonun, su alım sürecini artırdığını ve denge nemine ulaşma süresini yaklaşık %25

azalttığı açıkça görülmüştür. Ultrason uygulaması, aşama I' in uzunluğunu azaltarak ve aşama II' yi neredeyse kaybederek, maş fasulyenin çimlenme sürecini de hızlandırmıştır (Şekil 2.3). Su alım oranıyla ilgili olan k parametresi, fasulyeler ultrason uygulamasına tabi tutulduğunda yükselmiş, (0.0104 ± 0.0004 dk-1 ile 0.0150 ± 0.0016 dk-1) %44' lük bir artış sağlamıştır. Su alım uygulamasının duraklama aşamasına bağlı olan τ parametresi, ultrason teknolojisi uygulandığında (243.7 ± 9.6 dakika ile 174.5 ± 14.2 dakika) %28 azalmıştır (Şekil 2.1). Sonuç olarak, ultrason teknolojisinin, maş fasulyesinin su alım sürecini iyileştirdiği, toplam su alım süresini neredeyse %25 azalttığı (duraklama fazı süresini ~%28 ve su emme oranını ~%44 artırdığı) gösterilmiştir. Ek olarak, amaca bağlı olarak, ultrason bakliyat endüstrisi için çok istenilen ve çimlenmeyi hızlandırmak için önerilen bir uygulama olmuştur (Miano vd. 2016).



Şekil 2.3 a) Ultrasonik uygulama yapılmış ve kontrol tohumlarının tohum nem içeriği ve çimlenme süreci b) Su alımının ultrasonik uygulama yapılmış ve kontrol tohumlarında matematiksel modellenmesi (Miano vd. 2016)

Pascaru vd. (2016) çalışmasında, ultrasonun *Vicia sativa* tohumlarında çimlenme üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada kontrol, 1,5A – 40s, 1,5A-80s, 1A-60s ve 2A-60s uygulamaları yapılmıştır. Çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve kök uzunluğu kriterleri göz önüne alındığında, tüm uygulamalar kontrolden daha düşük bulunmuştur.

Nazari ve Eteghadipour (2017), ultrasonik priming uygulamasının tohum çimlenme oranını ve çimlenme hızını önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir. Yapılan incelemede, ultrasonik priming uygulamasının olumlu etkileri bezelye, buğday, maş fasulyesi, biber, karpuz tohumu gibi çeşitli araştırmalarda tohum çimlenmesini %1-93 artırdığını ortaya koymuştur.

Lahijanian ve Nazari (2017), yaptıkları çalışmada ultrasonik priming uygulamasının tohum kabuğunda küçük gözenekli boşluklar yaratırken aynı zamanda tohum kotiledonlarının hücre duvarını zayıflattığını, tohumların emilimini ve oksijen alımını artırdığını belirtmiştir. Çalışmada 42 kHz frekans kullanmışlardır. Ultrasonik uygulama 0 (kuru kontrol ve sulu kontrol), 10, 20 ve 30 dakika sürelerinde ve 30°C’ de yapılmıştır. Ultrasonik uygulamaya tabi tutulan fasulye tohumlarında, en yüksek değerler 20 dakikalık ultrasonik uygulamasından elde etmiştir. Tohum çimlenme hızında (11.30 tohum d⁻¹) ve hücre alanında (1467.21 µ²) önemli bir artış sağlamıştır.

Ultrasonik uygulamanın *Arabidopsis thaliana* L. tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bütün deneyler sabit sıcaklıkta (24 °C) 45 kHz frekans kullanılarak 0, 30, 60, 120 saniye süre ile kontrol tohumlarında ve yapay yaşlandırılmış tohumlarda gerçekleştirilmiştir. Yapay yaşlandırılmış tohumlarda 60 dakika uygulaması çimlenmeyi önemli ölçüde artırmıştır. Optimal süre 30 saniye olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar *Arabidopsis* tohumlarında ultrasonik uygulamanın uzun süre depolanan hatların geri kazanılmasına katkıda bulunabileceğini vurgulamışlardır (Ribera ve Vicient 2017).

Üç yaşlı yem tohumunda çimlenme ve fide büyümesi üzerinde ultrasonik dalgaların etkileri incelemiştir. Ortogonal matriks deneyi; ultrason süresi, ultrason sıcaklığı, çıkış gücü, tohum ıslatma süresi dahil olmak üzere test materyalleri olarak bir yıl boyunca oda sıcaklığında beş yıl saklanan uzun boylu *Festuca arundinacea*, çok yıllık çim (beş yıl boyunca saklanan *Lolium perenne*) ve Rus yabani çavdarı (altı yıl boyunca saklanan

Psathyrostachys juncea) tohumları kullanılmıştır. Sonuçlar, yaşlanmış tohumların çimlenmesi için ultrason sıcaklığının en önemli faktör olduğunu göstermiştir. Uygun ultrason uygulaması beş yıl saklanan uzun boylu *Festuca arundinacea* ve Rus yabani çavdarı yaşlanmış tohumlarında çimlenme yüzdesini, kök ve sürgün uzunluğunu önemli ölçüde artırmıştır. Ultrasonun olumlu etkisi, bir yıl boyunca saklanan uzun boylu (*Festuca arundinacea*) tohumların ve çok yıllık çim otunun tohumlarının çimlenmesinde önemli bulunmamıştır, fakat kök uzunluğu üzerinde önemli bulunmuştur. Ultrason uygulaması, süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) aktivitelerini artırarak ve malondialdehid (MDA) içeriğini azaltarak yaşlı tohumları yeniden canlandırmıştır (Liu vd.2018).

Süt dedediken (*Silybum marianum*) tohumlarında ultrasonik priming uygulamasının yaşlanma zararını azaltması üzerine etkileri incelenmiş ve priming ile tohum gelişimi arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Çalışmada, ultrasonik priming (20, 40, 80 ve 160 saniye) ile 24 kHz frekans ve 400 W güç etkileri kullanılmıştır. Kök büyümesi, ultrasonik enerji kullanılarak önemli ölçüde geliştirilmiştir. 24 saat süreyle yaşlanmış ve 20 saniye boyunca ultrasonik maddelere maruz kalan tohumlar, aynı yaşlanma süresine sahip ultrasonik uygulaması yapılmayan tohumlardan 5.48 cm daha uzun bir kök uzunluğu göstermiştir. Elde edilen sonuçlar ayrıca, hızlandırılmış yaşlandırma koşullarında, ultrasonik primingin, tohum çimlenmesi için tatmin edici bir artış sağlayamadığını, buna karşılık, hiçbir tohum çimlenmesinin, ultrasonik primingin etkisiyle önemli ölçüde geliştirilemediğini ortaya çıkarmıştır (Moosavi vd. 2018).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırma 2018/2019 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Tohum Bilimi laboratuvarında yürütülmüştür.

Araştırmada karpuz (*Citrullus lanatus* Matsum and Nakai cv. Crimson Sweet), hıyar (*Cucumis sativus* cv. Beith Alpha), kavun (*Cucumis melo* cv. Kırkağaç 637), havuç (*Daucus carota* cv. Maestro F1), pırasa (*Allium porrum* cv. İnegöl), domates (*Solanum lycopersicum* cv. H2274), biber (*Capsicum annuum* cv. Sera Demre, D2 F1) ve patlıcan anaçları (*Solanum aeriticum* x *Solanum melongena*, *Solanum melongena* cv. Köksal F1, Vista F1) olmak üzere toplam 8 tür ve 10 çeşit kullanılmıştır. Tohumlar farklı firmalardan temin edilmiştir.

Tohumların başlangıç nem içeriği 1 gram tohum x 2 tekerrür olmak üzere domates, havuç, hıyar, karpuz ve kavunda 130 °C de 1 saat olarak, biber, pırasa ve patlıcanda 103 °C de 17 saat tutulduktan sonra (ISTA, 2006) % nem değerleri belirlenmiştir (Şekil 3.1).

Başlangıç örnek ağırlığı (g) - Kurutmadan sonraki örnek ağırlığı (g)

Tohum Nemi (%) = ----- x100

Başlangıç örnek ağırlığı (g)



Şekil 3.1 Tohumların başlangıç nemlerinin belirlenmesi

Denemede kullanılan tür ve çeşitler, başlangıç canlılık seviyeleri, üretim yılları ve üretici firma isimleri Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Araştırmada kullanılan türlere ait tohumların toplam ve normal çimlenme oranı, tohum nemlerindeki değişim ve üretim yılları

Tür / Çeşit	Toplam Çimlenme Oranı (%)	Normal Çimlenme Oranı (%)	Tohum Nemi (%)	Üretim yılı
Karpuz / Crimson Sweet	81	60	5.86	2018
Hıyar / Beitha Alpha	65	40	7.58	2014
Kavun / Kırkağaç 637	91	85	6.99	2015
Havuç / Maestro F1	88	78	6.13	2015
Pırasa / İnegöl	91	65	7.54	2018
Domates / H2274	93	80	6.30	2014
Biber / Sera Demre	87	75	6.49	2018
Biber / D2 F1	73	45	7.18	2017
Patlıcan / Köksal F1 (Anaç)	91	70	5.88	2013
Patlıcan / Vista F1 (Anaç)	96	70	5.28	2013

3.2 Yöntem

3.2.1 Ultrasonik (US) uygulamaları

US uygulamalarında her tür için 3 tekrür x 50 tohum olacak şekilde 150 tohum delikli fileler içerisine yerleştirilmiştir. 17 saat 25 °C’de, 40 ml saf su bulunan plastik kaplarda suya değmeyecek şekilde, teller üzerinde kapalı olarak tohum neminin % 10’un üzerine çıkması için oransal nem alımına tabi tutulmuştur. Ultrasonik su banyosu cihazı ultrasonik priming uygulaması yapılmadan 30 dakika önce boş (sadece saf su) olarak çalıştırılmıştır. Daha sonra tohumlar, içerisinde saf su bulunan cam kavanozlar içerisine koyularak ultrasonik su banyosuna Şekil 3.2’de gösterildiği gibi yerleştirilmiştir. Ultrasonik su banyosuna cam kavanoz içerisindeki su miktarını geçecek kadar saf su eklenmiştir (Şekil 3.2). Daha sonra cam kavanozlara akvaryum pompası ile hava verilmiştir. Ultrasonik uygulamalar 10, 20 ve 30 dakika süre ile yapılmıştır. 24 saat boyunca tohumlar cihaz içerisinde bırakılarak ultrasonik uygulama yapılmadan havalandırma işlemine devam edilmiştir. Ultrasonik uygulaması karanlık ortamda gerçekleştirilmiştir. Bu sürelerin sonunda tohumlar kavanozlardan çıkarılarak fanlı kurutma sisteminde 25°C’de başlangıç ağırlığına kadar kurutulmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.2 Oransal nem artımı (a), tohumların kavanozlara yerleştirilmesi (b), US uygulamasının yapılması (c, d)



Şekil 3.3 Tohumların kavanozdan çıkarılması ve başlangıç ağırlığına kadar kurutulması

Hiçbir uygulama yapılmayan kuru tohumlar, Kontrol 1 olarak alınmıştır. Kontrol 2 ise her tür için 3 tekrür x 50 tohum olacak şekilde 150 tohum fileler içerisine konulduktan sonra 24 saat 25 °C’de saf su içerisinde ultrasonik uygulama yapılmadan tutulmuştur. Sudan çıkarılan tohumlar fileler içerisinde fanlı kurutma sistemine koyularak 25 °C’de başlangıç ağırlığına kadar kurutulmuştur. Hem ultrasonik uygulamasına tabi tutulan hem de Kontrol 1 ve 2 tohumları çimlendirme ve fide çıkış testlerine tabi tutulmuştur. Testler yapılana kadar tohumlar buzdolabında cam kavanozlarda muhafaza edilmiştir.

3.2.2 Tohum nemindeki değişim ve kurutma süreci

Kontrol 2 (suda tutma)’ de % olarak tohumların ne kadar nem aldığını belirlemek için suya koymadan önce 150 tohumun ağırlığı alınmıştır. Daha sonra saf su içerisinde 24 saat tutulan tohumların üzerindeki fazla nem kağıt havlu ile alındıktan sonra tartılmıştır.

US uygulamalarında başlangıçta 150 tohumun ağırlığı tartılmıştır. Daha sonra 17 saat oransal nem alımına tabi tutulduktan sonra tohumların ağırlıkları kaydedilmiş ve aynı tohumlar US uygulamasına tabi tutulduktan sonra cam kavanozlardan çıkartılarak kağıt havlu ile üzerindeki fazla nem alınmış ve tartılmıştır. US20 dakika uygulamasında tohumlar başlangıç ağırlığına düşene kadar her saat başı tartım işlemi devam etmiştir.

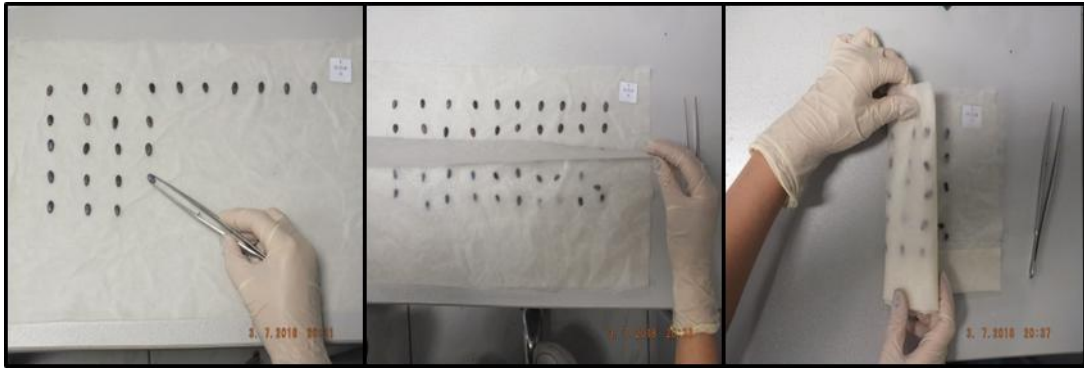
Örnek ağırlığı (g) x (100-Örneğin başlangıç tohum nemi, %)

$$\text{İstenen Nemdeki} = \frac{\text{Tohum Ağırlığı (g)}}{100 - \text{Örneğin olması gereken nemi (\%)}}$$

Yukarıdaki formüle göre tohumların ağırlıklarından hareketle % nemdeki değişim belirlenmiştir.

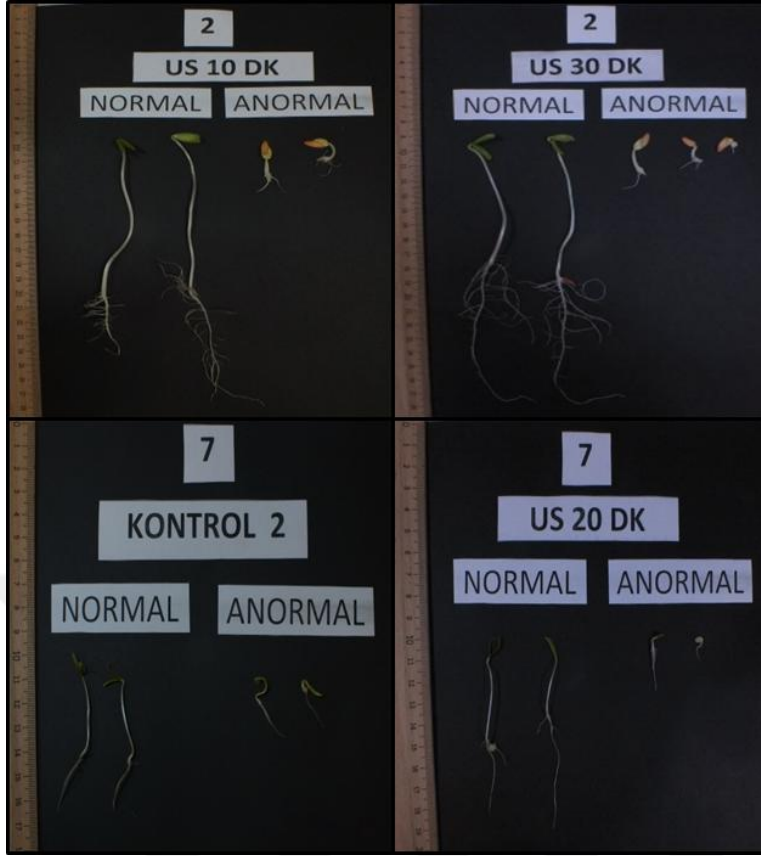
3.2.3 Çimlendirme testi

Çimlendirme testi her uygulamada 150 tohum (3 tekerrür x 50 tohum) olacak şekilde kağıt arasında yürütülmüştür. Çimlendirme testleri karpuz, hıyar, kavun, domates, biber ve patlıcanda 25 °C’de havuç ve pırasada ise 20 °C’deki etüvlerde karanlıkta yapılmıştır. Çimlendirme testleri karpuz, havuç, pırasa, domates, biber ve patlıcan için 14 gün, hıyar ve kavun için 8 gün sürdürülmüştür.



Şekil 3.4 Çimlendirme testinin yapılışı

Tohumlara test süresi boyunca gerekli sulamalar yapılmıştır. Test süresinin sonunda ise normal çimlenme (NÇ) ve toplam çimlenme (TÇ) değerlendirmesi ISTA, (2010) standartlarına göre yapılmıştır. Sonuçlar paylaşılırken normal çimlenme oranından çimlenme oranı olarak bahsedilmiştir.



Şekil 3.5 Çimlendirme testinde normal ve anormal fide değerlendirilmesi ve uygulamaların karşılaştırılması

3.2.4 Ortalama çimlenme zamanı

Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ, gün), çimlendirme denemesi sırasında günde iki kez yapılan sayımlardan (2 mm kökçük çıkışı) yararlanılarak gün olarak Demir vd. (2008)'e göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$OÇZ = (\sum n \times D) / \sum n$$

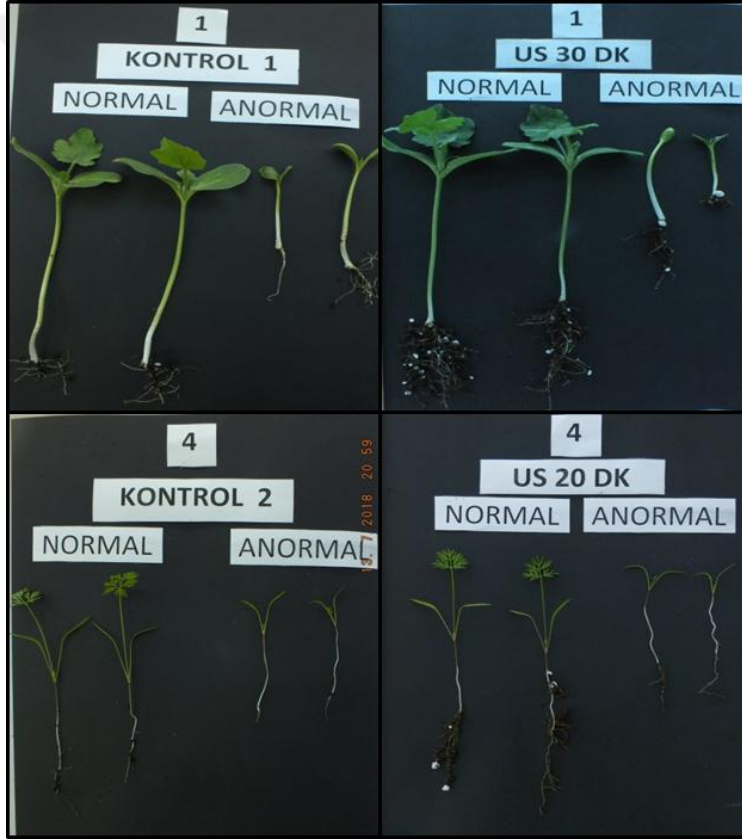
OÇZ: Ortalama çimlenme zamanı

n: Günde çimlenen/çıkan tohum sayısı

D: Çıkış /çimlenme testinin başlangıcından itibaren geçen gün sayısı

3.2.5 Fide çıkış testi

Fide çıkış testin her tür için 150 tohum (3 tekerrür x 50 tohum) olacak şekilde torf: perlit (2:1) ortamında yürütülmüştür. Tohumlar yaklaşık 3 cm derinliğe ekilmiştir. 22 ± 2 °C’ de 16 saat ışık ($72 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 8 saat karanlıkta çıkış testine tabi tutulmuştur. Toprakta kotiledonların görünmesi temel çıkış kriteri olarak değerlendirilmiştir. Çıkış testi 20 gün boyunca sürdürülmüştür. Test süresinin sonunda ise normal (NFÇO) ve toplam (TFÇO) fide değerlendirmesi ISTA, (2010) standartlarına göre yapılmıştır. Sonuçlar paylaşılırken normal fide çıkış oranından fide çıkış oranı olarak bahsedilmiştir.



Şekil 3.6 Fide çıkış testinde normal ve anormal fide değerlendirmesi ve uygulamaların karşılaştırılması

3.2.6 Ortalama fide çıkış zamanı

Ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ), ortalama çimlenme zamanının belirlenmesinde kullanılan yöntemle hesaplanmıştır.

3.2.7 Enzim analizleri (APX, CAT, SOD)

Enzim analizleri Atatürk Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Ana Bilim Dalı'nda yapılmıştır. Analizler, belirlenen türlerde kontrole göre daha olumlu sonuç veren US 30 dakika ve kontrol uygulamalarında yapılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3. 2 Enzim analizi yapılan türler ve uygulamalar

Türler	Uygulamalar
Karpuz	K1, K2, US 30 dakika
Havuç	K1, K2, US 30 dakika
Pırasa	K1, K2, US 30 dakika
Domates	K1, K2, US 30 dakika

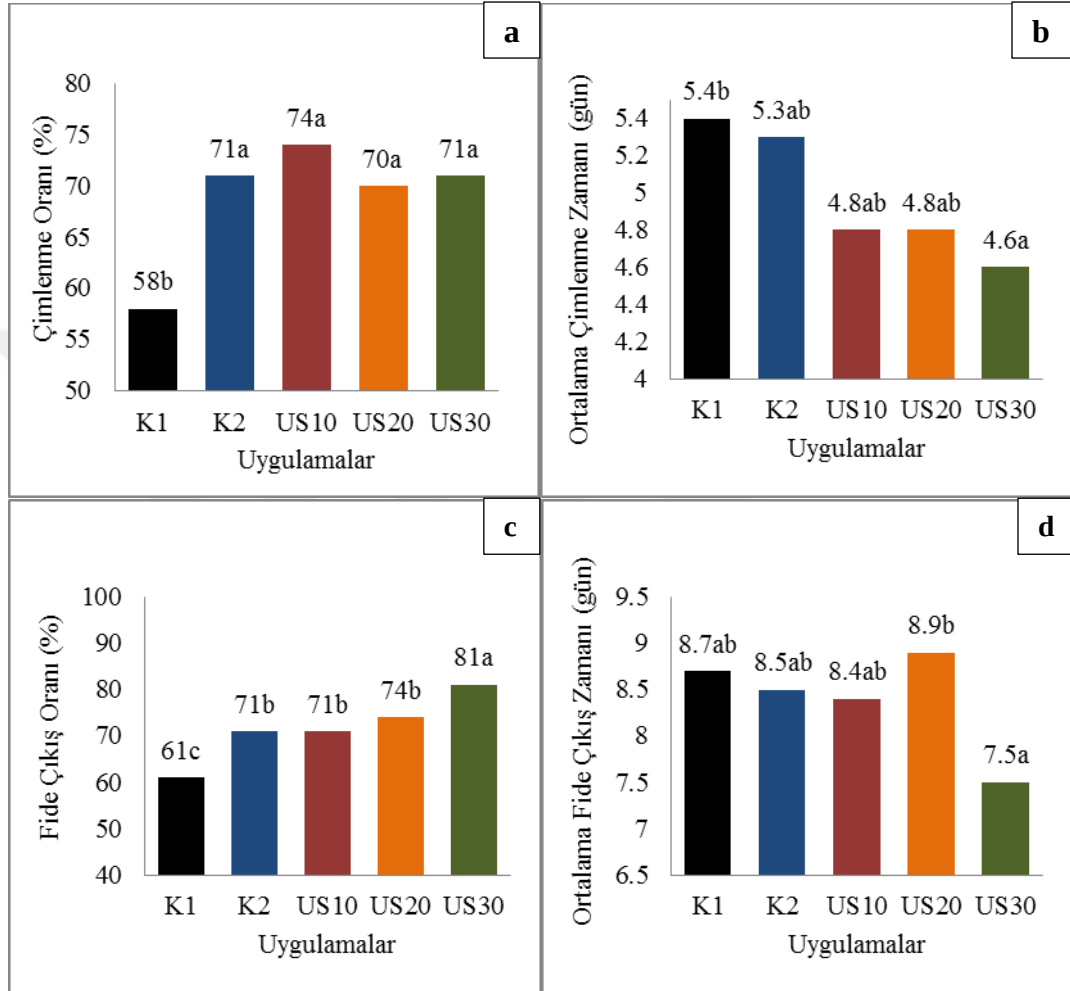
Enzim okumaları seçilen uygulamalarda üç tekerrür ve her tekerrürde 0.5 g olacak şekilde yapılmıştır. CAT ve APX etkinliği, Abedi ve Pakniyat (2010)'a göre hidrojen peroksit ayrışma oranı üzerinden analiz edilmiştir. APX ve CAT aktiviteleri, protein (g) başına ifade edilmiş ve bir ünite, dakikada protein (g) başına reaksiyona giren 1 μ m substratı temsil etmiştir. SOD aktivitesi, Abedi ve Pakniyat (2010) yöntemine göre nitroblue tetrazolyumun 560 nm'de fotokimyasal indirgenmesinde inhibisyonun belirlenmesine dayanarak hesaplanmıştır.

3.2.8 İstatiksel analiz ve değerlendirme

Araştırma Tesadüf Parselleri deneme desenine uygun olarak yürütülmüştür. SPSS paket programı kullanılarak her türde ANOVA testi ile yapılmıştır. Ortalamalar arasında istatistiksel farklılıklar % 5 önem düzeyinde ortaya konmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Karpuz



Şekil 4.1 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) karpuz tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Karpuz tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %58 ile 74 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları kuru kontrol, K1 (%58) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuçlar vermiştir. K2 (%71) ile karşılaştırıldığında ise sadece US20 dakika (%70) daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US10 dakikada (% 74), en düşük ÇO'nun ise US20 dakikada (%70) olduğu görülmektedir. K2 ve US uygulamaları arasında istatistiksel olarak önem bulunmamışken ($p>0.05$), K1 ile tüm uygulamalar arasındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.1 a).

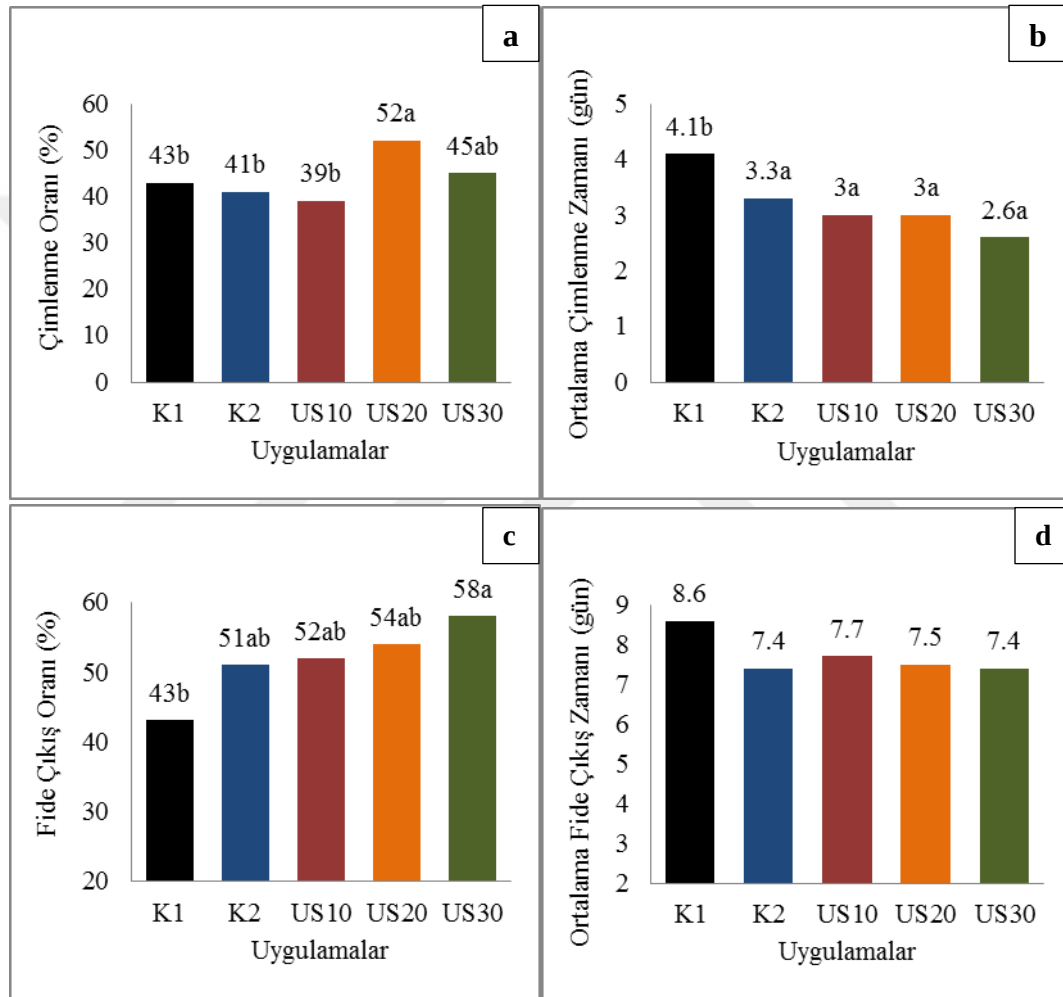
Çimlenme testinde karpuz tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 4.6 ile 5.4 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (5.4) ve K2 (5.3) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US30 dakikada (4.6), en düşük OÇZ'nin ise US10 dakika (4.8) ve US20 dakikada (4.8) olduğu gözlenmiştir. K2, US10 dakika, US20 dakika arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken ($p>0.05$), K1 ile aralarındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.1 b).

Karpuz tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FÇO) %61 ile 81 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%61) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (%71) ile karşılaştırıldığında ise US10 dakika (%71) hariç daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US30 dakikada (% 81), en düşük FÇO'nun ise US10 dakikada (%71) olduğu gözlenmiştir. K2 ile US30 dakika hariç diğer US uygulamaları arasında istatistiksel olarak önem bulunmamışken ($p>0.05$), K1 ile aralarındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.1 c).

Fide çıkış testinde karpuz tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 7.5 ile 8.9 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (8.7) ve K2 (8.5) ile karşılaştırıldığında US20 dakika (8.9) hariç daha yüksek sonuç vermiştir. US

uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US30 dakikada (7.5), en düşük OFÇZ'nin ise US20 dakika (8.9) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US30 dakika ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.1 d).

4.2 Hıyar



Şekil 4.2 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) hıyar tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Hıyar tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %39 ile 52 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%43) ile karşılaştırıldığında K2 (%41) ve US10 dakika (%39) daha düşük sonuç vermiştir. K2 (%41) ile karşılaştırıldığında ise sadece US10 dakika (%39) daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US20 dakikada (%52) ve US30 dakikada (%45), en düşük ÇO'nun ise US10 dakikada (%39) olduğu gözlenmiştir. K1, K2 ve US10 dakika arasında istatistiksel olarak fark bulunmamışken, diğer US uygulamaları ile aralarındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.2 a).

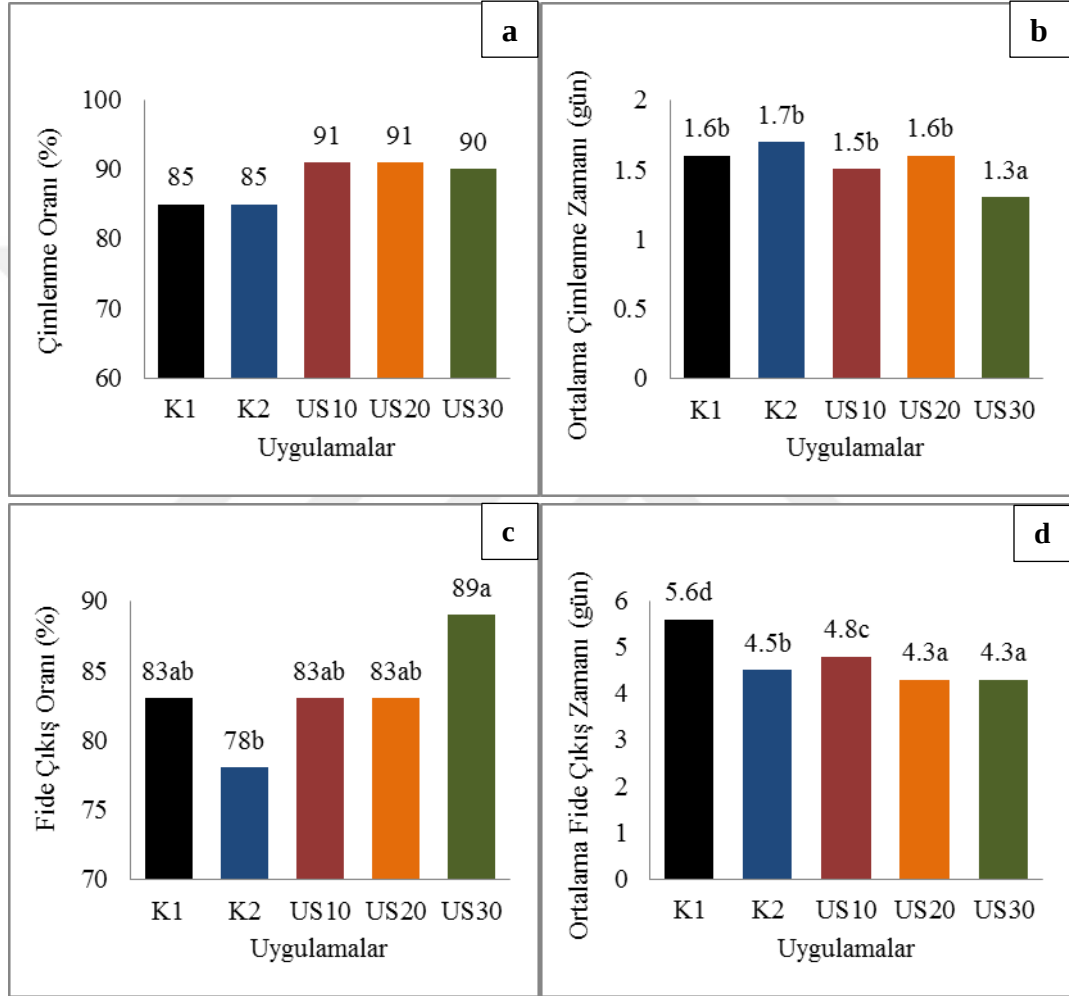
Çimlenme testinde hıyar tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 2.6 ile 4.1 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (5.4) ve K2 (5.3) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US30 dakikada (2.6) olduğu gözlenmiştir. K2 ve US uygulamaları arasında istatistiksel olarak önem çıkmamışken ($p>0.05$), K1 ile aralarındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.2 b).

Hıyar tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FÇO) %43 ile 58 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%43) ve K2 (%52) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US30 dakikada (%58), en düşük FÇO'nun ise US10 dakikada (%52) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US30 dakika ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.2 c).

Fide çıkış testinde hıyar tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 7.4 ile 8.6 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (8.6) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (7.4) ile karşılaştırıldığında ise US30 dakika (7.4) hariç daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US30 dakikada (7.4), en düşük OFÇZ'nin ise US10 dakika (7.7)

olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p>0.05$) bulunmamıştır (Şekil 4.2 d).

4.3 Kavun



Şekil 4.3 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) kavun tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Kavun tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %85 ile 91 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%85) ve K2 (%85) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US10 dakika (%91) ve US20 dakikada (%91) en düşük ÇO'nun ise US30 dakikada (%90) olduğu gözlenmiştir. K1, K2 ve US uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark anlamlı ($p>0.05$) bulunmamıştır (Şekil 4.3 a).

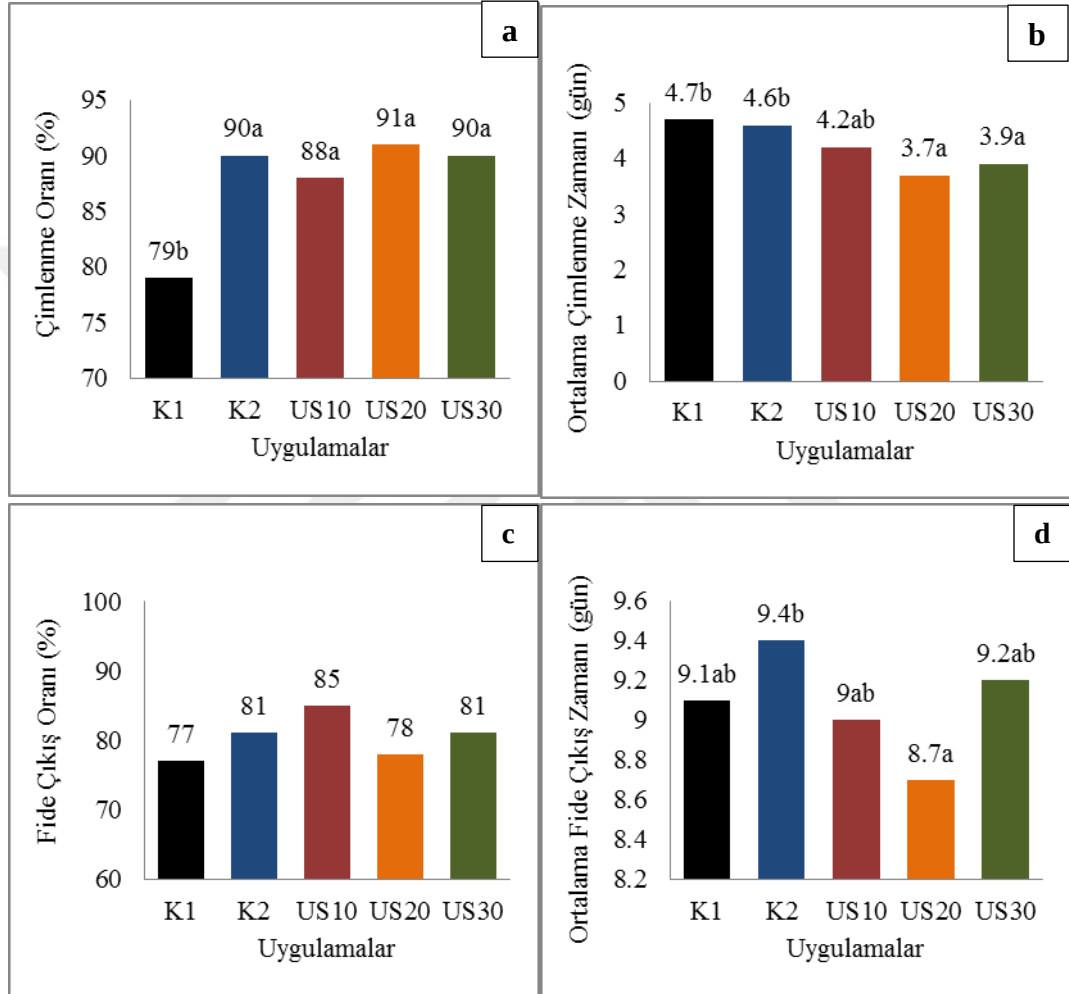
Çimlenme testinde kavun tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 1.3 ile 1.7 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (1.6) ile karşılaştırıldığında US20 dakika (1.6) hariç daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (1.7) ile karşılaştırıldığında ise daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US30 dakikada (1.3), en düşük OÇZ'nin ise US20 dakika (1.6) olduğu gözlenmiştir. US30 dakika, K1 ve K2 ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur. (Şekil 4.3 b).

Kavun tohumlarının fide çıkış testinde normal fide çıkış oranları (FÇO) %78 ile 89 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%83) ile karşılaştırıldığında US30 dakika (%89) yüksek sonuç vermiştir. K2 (%78) ile karşılaştırıldığında ise daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US30 dakikada (%89), en düşük FÇO'nun ise US10 dakika (%83) ve US30 dakikada (%83) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US30 dakika ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.3 c).

Fide çıkış testinde kavun tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 4.3 ile 5.6 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (5.6) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (4.5) ile karşılaştırıldığında ise US10 dakika (4.8) hariç daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US20 dakika (4.3) ve US30 dakikada (4.3), en düşük OFÇZ'nin ise

US10 dakika (4.8) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.3 d).

4.4 Havuç



Şekil 4.4 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) havuç tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Havuç tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (O) %79 ile 91 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%79) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (%90) ile karşılaştırıldığında ise sadece US10 dakika (%88) daha düşük sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek O'nun US20 dakikada (%91), en düşük O'nun ise US10 dakikada (%88) olduğu gözlenmiştir. K2 ve US uygulamaları arasında istatistiksel olarak önem bulunmamışken K1 ile aralarındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (şekil 4.4 a).

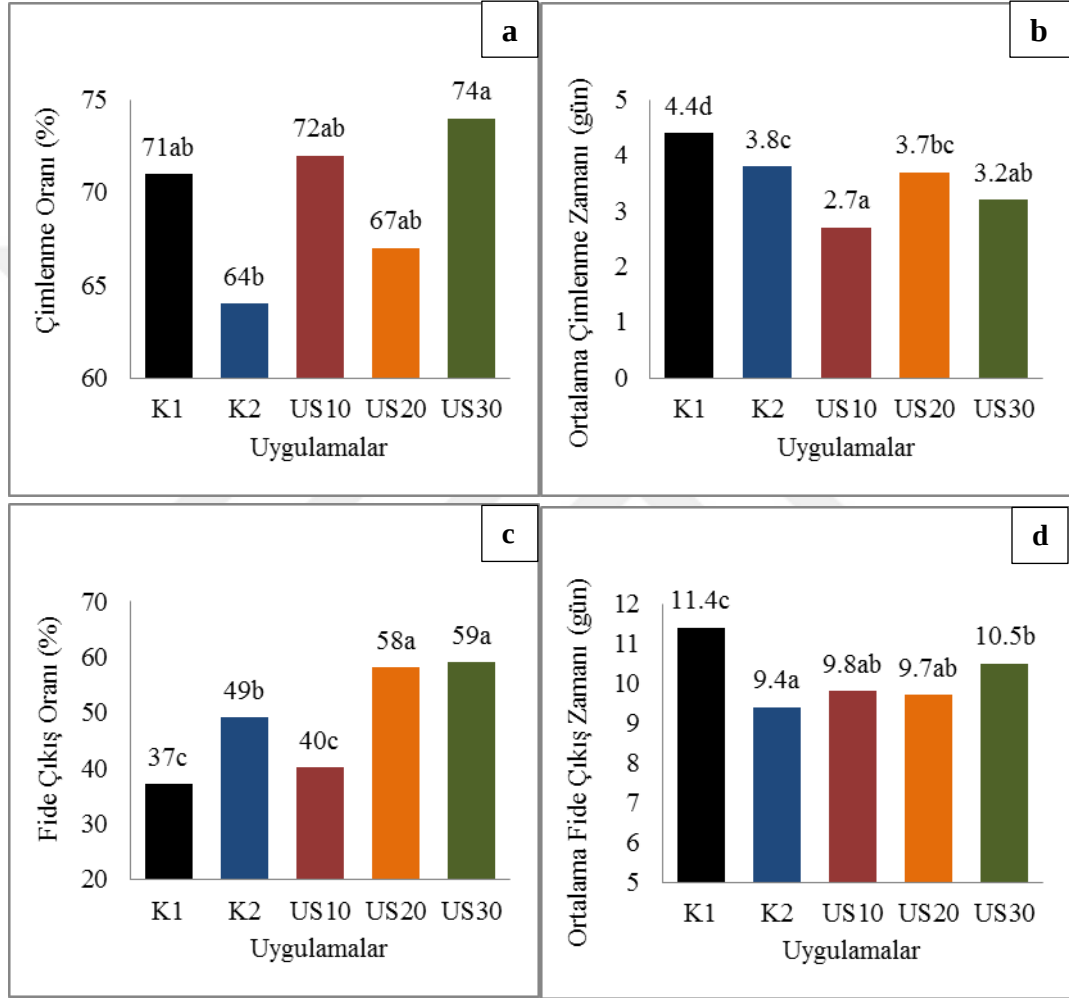
Çimlenme testinde havuç tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OZ) 3.7 ile 4.7 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (4.7) ve K2 (4.6) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OZ'nin US20 dakikada (3.7), en düşük OZ'nin ise US10 dakika (4.2) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (şekil 4.4 b).

Havuç tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FO) %77 ile 85 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%77) ile karşılaştırıldığında yüksek sonuç vermiştir. K2 (%81) ile karşılaştırıldığında ise US20 dakika (%78) hariç daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FO'nun US10 dakikada (%85), en düşük FO'nun ise US20 dakika (%78) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p>0.05$) bulunmamıştır (şekil 4.4 c).

Fide ıkış testinde havuç tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFZ) 8.7 ile 9.4 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (9.1) ile karşılaştırıldığında US30 dakika (9.2) hariç daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (9.4) ile karşılaştırıldığında ise daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFZ'nin US20 dakika (8.7), en düşük OFZ'nin ise US30 dakika (9.2) olduğu

gözlendi. K1 ve K2'nin US20 dakika ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.4 d).

4.5 Pırasa



Şekil 4.5 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) pırasa tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

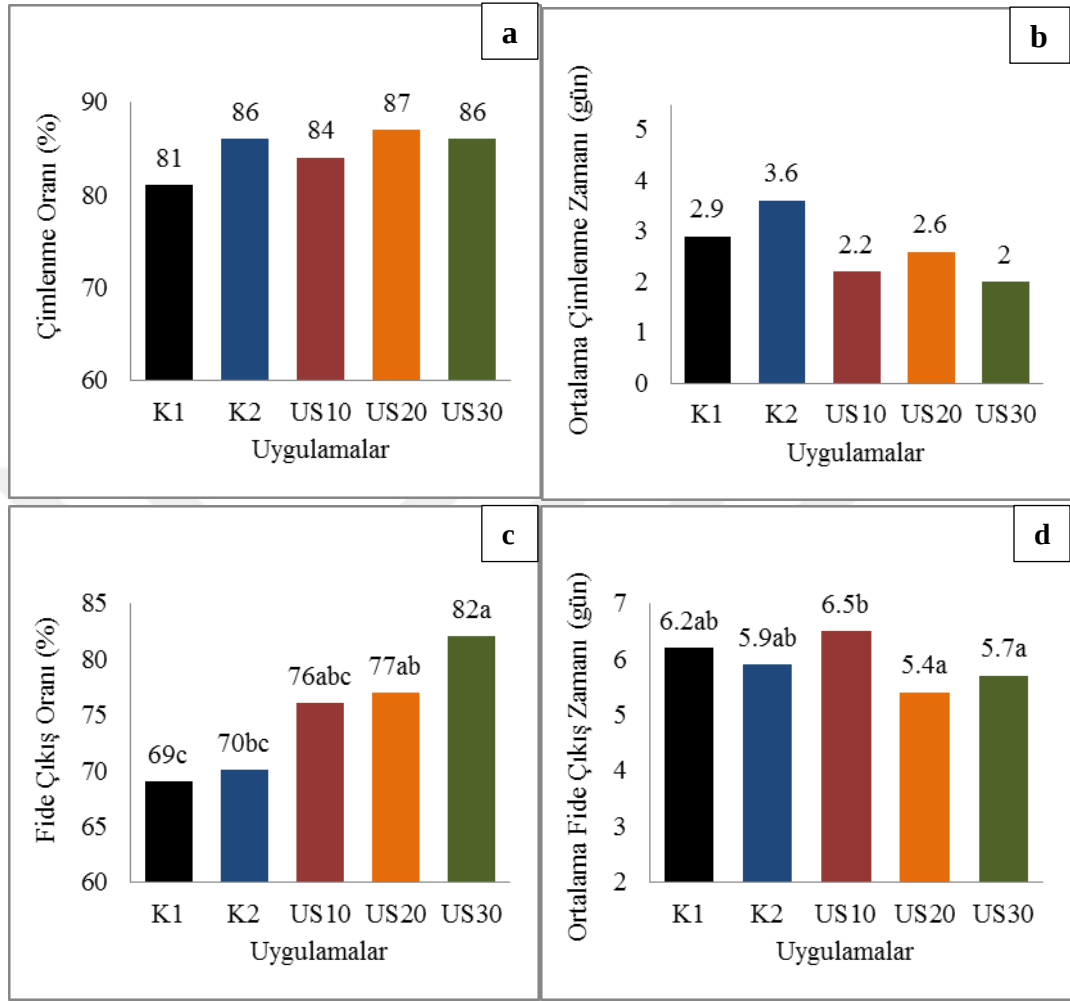
Pırasa tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %64 ile 74 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%71) ile karşılaştırıldığında K2 (%64) ve US20 dakika (%67) daha düşük sonuç vermiştir. K2 (%64) ile karşılaştırıldığında ise daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US30 dakikada (%74), en düşük ÇO'nun ise US20 dakikada (%67) olduğu gözlenmiştir. K1, US10 dakika, US20 dakika arasında istatistiksel olarak fark bulunmamışken ($p>0.05$), K2 ile aralarındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.5 a).

Çimlenme testinde pırasa tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 2.7 ile 4.4 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (4.4) ve K2 (3.8) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US10 dakikada (2.7), en düşük OÇZ'nin ise US20 dakika (3.7) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.5 b).

Pırasa tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FÇO) %37 ile 59 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%37) ve K2 (%49) ile karşılaştırıldığında US10 dakika (%40) hariç yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US20 ve US30 dakikada (%58 ve 59) olduğu gözlenmiştir. Her iki uygulamada K1, K2 ve US10 dakikadan daha anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.5 c).

Fide çıkış testinde pırasa tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 9.4 ile 11.4 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (11.4) ile karşılaştırıldığında yüksek sonuç vermiştir. K2 (9.4) ile karşılaştırıldığında ise daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US20 dakika (9.7), en düşük OFÇZ'nin ise US30 dakika (10.5) olduğu gözlenmiştir. K1 ile US uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur ve K2 ise US uygulamalarından istatistiksel olarak farklı çıkmamıştır ($p>0.05$) (Şekil 4.5 d).

4.6 Domates



Şekil 4.6 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) domates tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Domates tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %81 ile 87 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%81) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (%86) ile karşılaştırıldığında ise sadece US10 dakika (%84) daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US 20 dakikada (%87), en düşük ÇO'nun ise US10 dakikada (%84) olduğu gözlenmiştir.

K1, K2, US10 dakika, US20 dakika ve US30 dakika arasında istatistiksel olarak fark anlamlı ($p>0.05$) bulunmamıştır (Şekil 4.6 a).

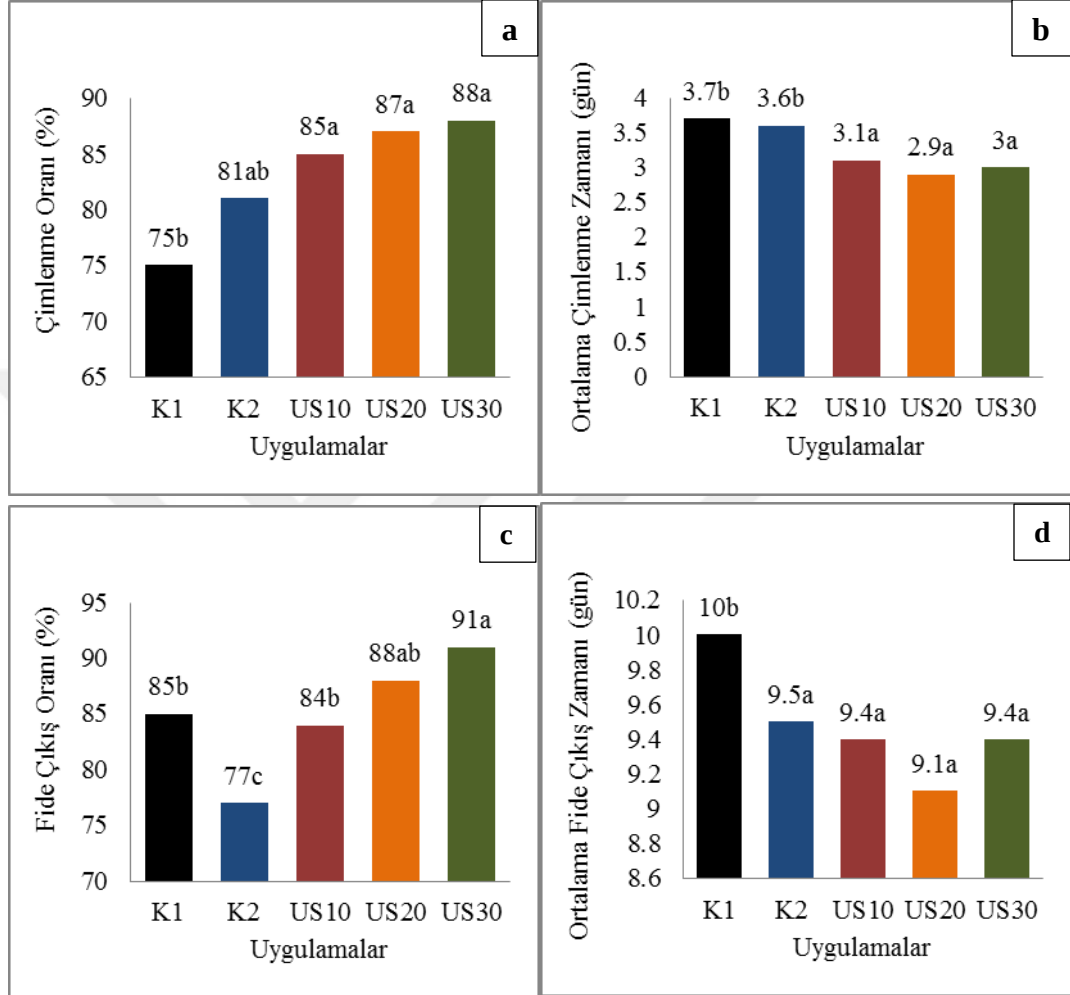
Çimlenme testinde domates tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 2 ile 3.6 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (2.9) ve K2 (3.6) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US30 dakikada (2), en düşük OÇZ'nin ise US20 dakika (2.6) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p>0.05$) bulunmamıştır (Şekil 4.6 b).

Domates tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FÇO) %69 ile 82 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%69) ve K2 (%70) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US30 dakikada (%82), en düşük FÇO'nun ise US10 dakika (%76) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.6 c).

Fide çıkış testinde domates tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 5.4 ile 6.5 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (6.2) ve K2 (5.9) ile karşılaştırıldığında yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US20 dakika (5.4), en düşük OFÇZ'nin ise US10 dakika (6.5) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US20 dakika ve US30 dakika ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.6 d).

4.7 Biber

4.7.1 Sera Demre



Şekil 4.7 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) biber / Sera Demre tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Biber tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %75 ile 88 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%75) ve K2 (%81) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları süresi uzadıkça çimlenme oranı da kademeli olarak yükselmektedir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US30 dakikada (%88), en düşük ÇO'nun ise US10 dakikada (%85)

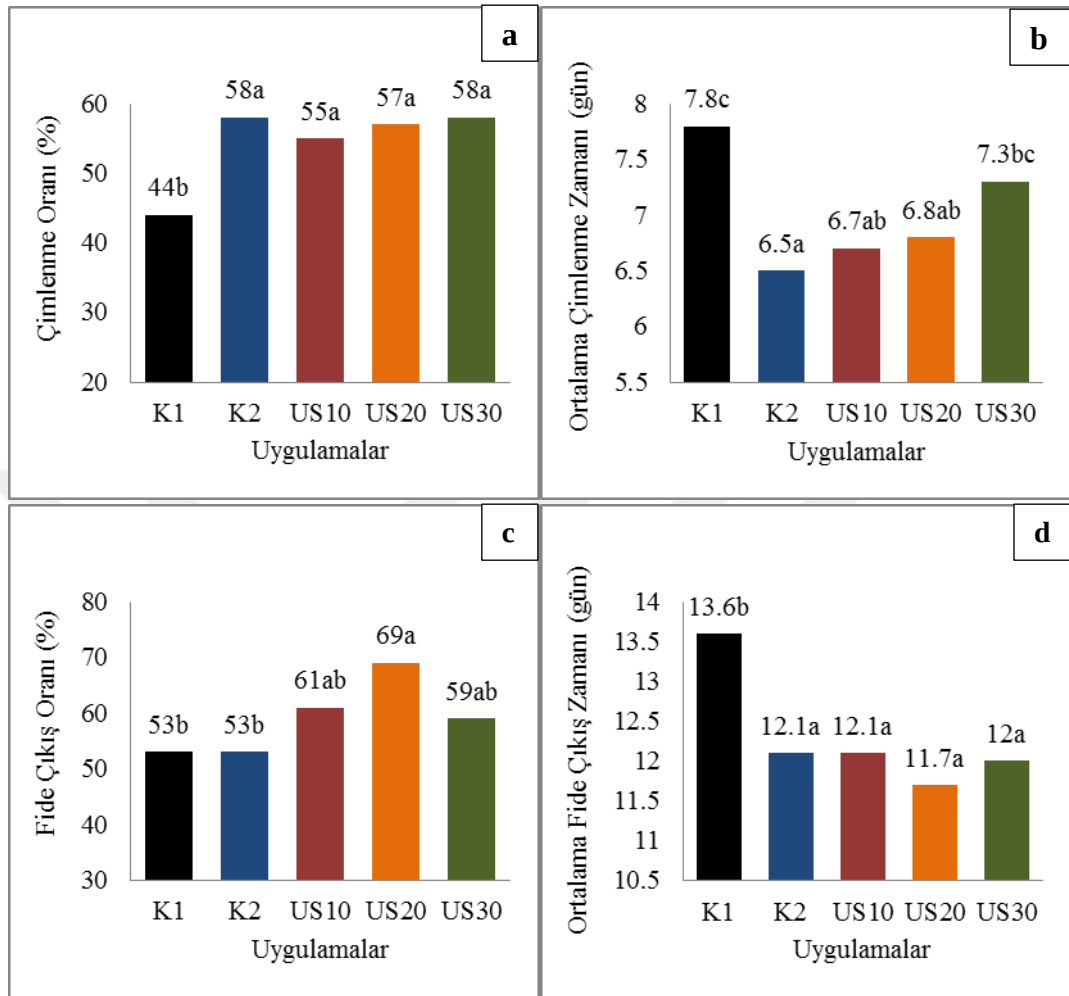
olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.7 a).

Çimlenme testinde biber tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 2.9 ile 3.7 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (3.7) ve K2 (3.6) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US20 dakikada (2.9), en düşük OÇZ'nin ise US10 dakika (3.1) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.7 b).

Biber tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FÇO) %77 ile 91 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%85) ile karşılaştırıldığında US10 dakika (%84) hariç yüksek sonuç göstermiştir. K2 (%77) ile karşılaştırıldığında ise daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US30 dakikada (%91), en düşük FÇO'nun ise US10 dakika (%84) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US20 dakika ve US30 dakika ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.7 c).

Fide çıkış testinde biber tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 9.1 ile 10 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (10) ve K2 (9.5) ile karşılaştırıldığında yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US20 dakika (9.1) olduğu gözlenmiştir. K2 ile US uygulamaları arasında istatistiksel olarak önem bulunmamışken ($p>0.05$), K1 ile aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.7 d).

4.7.2 D2 F1



Şekil 4.8 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) biber / D2 F1 tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Biber tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %44 ile 58 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%44) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (%58) ile karşılaştırıldığında ise US10 dakika (%55) ve US20 dakika daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US30 dakikada (%58), en düşük ÇO'nun ise US10 dakikada (%55) olduğu

gözlenmiştir. K2 ve US uygulamaları arasında istatistiksel olarak önem bulunmamışken K1 ile aralarındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.8 a).

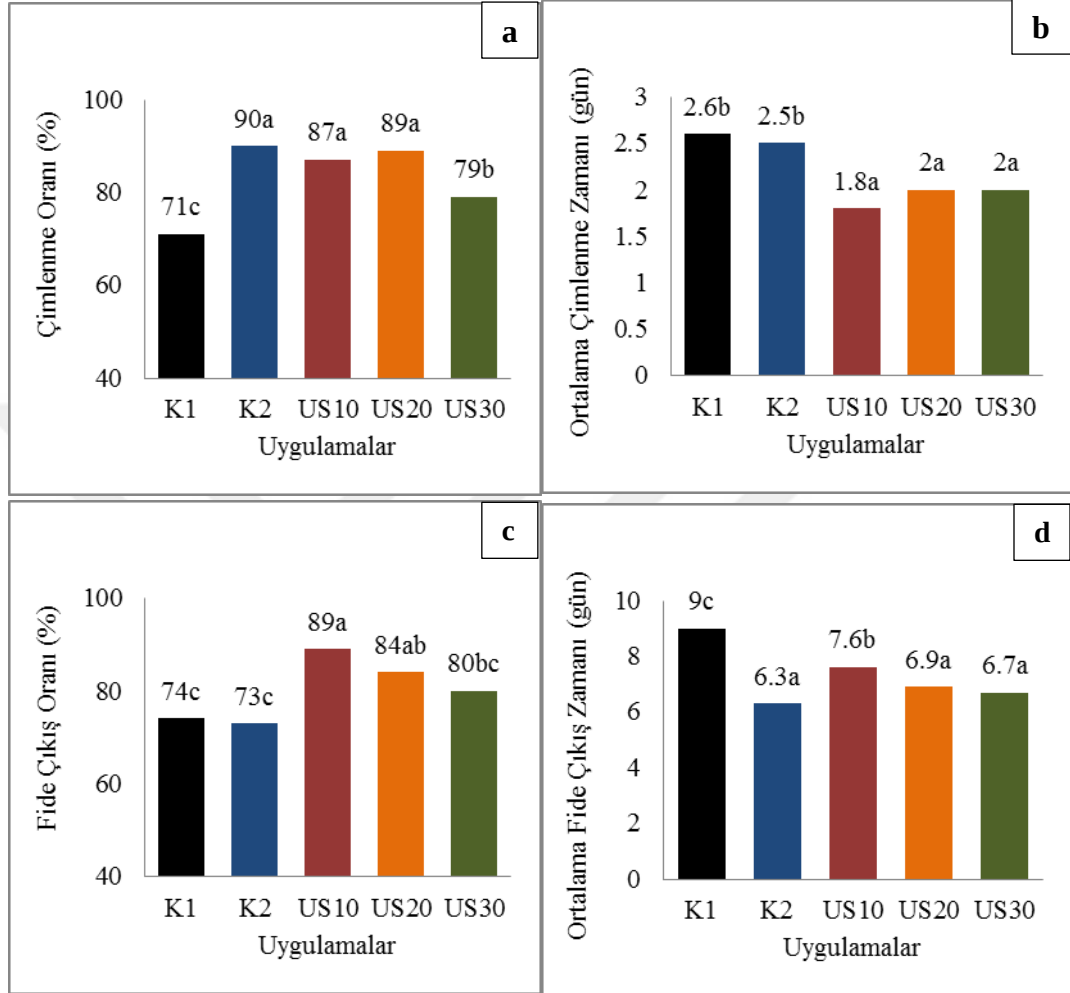
Çimlenme testinde biber tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 6.5 ile 7.8 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (7.8) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (6.5) ile karşılaştırıldığında ise daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US10 dakikada (6.7), en düşük OÇZ'nin ise US30 dakika (7.3) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.8 b).

Biber tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FÇO) %53 ile 69 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%53) ve K2 (%53) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US20 dakikada (%69) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.8 c).

Fide çıkış testinde biber tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 11.7 ile 13.6 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (13.6) ve K2 (12.1) ile karşılaştırıldığında yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US20 dakika (11.7) olduğu gözlenmiştir. K2 ile US uygulamaları arasında istatistiksel olarak önem bulunmamışken ($p>0.05$), K1 ile aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.8 d).

4.8 Patlıcan

4.8.1 Köksal F1



Şekil 4.9 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) patlıcan / Köksal F1 tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Patlıcan tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %71 ile 90 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%71) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (%90) ile karşılaştırıldığında ise daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US20 dakikada (%89), en düşük ÇO'nun ise US30 dakikada (%79) olduğu gözlenmiştir. K2 ve US uygulamaları arasında

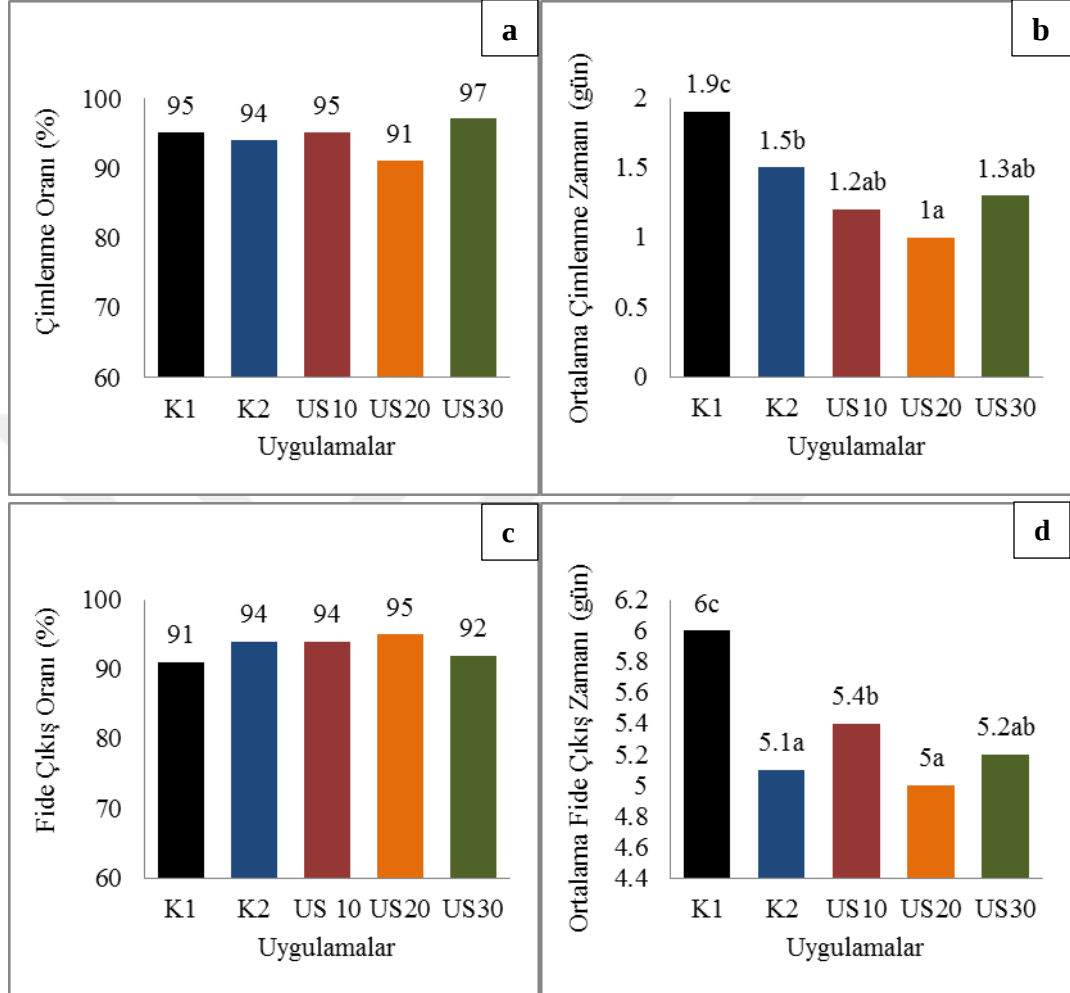
istatistiksel olarak önem bulunmamışken ($p>0.05$), K1 ile aralarındaki fark anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.9 a).

Çimlenme testinde patlıcan tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 1.8 ile 2.6 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (2.6) ve K2 (2.5) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US10 dakikada (1.8) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.9 b).

Patlıcan tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FÇO) %73 ile 89 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%74) ve K2 (%73) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US10 dakikada (%89) ve US 20 dakikada (%84), en düşük FÇO'nun ise US30 dakika (%80) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.9 c).

Fide çıkış testinde patlıcan tohumlarının ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 6.3 ile 9 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (9) ile karşılaştırıldığında yüksek sonuç vermiştir. K2 (6.3) ile karşılaştırıldığında ise daha düşük sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US30 dakika (6.7), en düşük OFÇZ'nin ise US10 dakika (7.6) olduğu gözlenmiştir. K2 ile US20 dakika ve US30 dakika arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken ($p>0.05$), K1 ile US uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.9 d).

4.8.2 Vista F1



Şekil 4.10 Ultrasonik uygulama yapılmış (US10, US20, US30) ve kontrol (K1: kuru tohum, K2: nemlendirilmiş) patlıcan / Vista F1 tohumlarının a) çimlenme oranı (%), b) ortalama çimlenme zamanı (gün), c) fide çıkış oranı (%), d) ortalama fide çıkış zamanındaki değişim. Aynı kriter içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Patlıcan Vista F1 çeşidi tohumlarının çimlendirme testinde çimlenme oranları (ÇO) %91 ile 97 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%95) ve K2 (%94) ile karşılaştırıldığında US20 dakika (%91) düşük sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek ÇO'nun US10 dakika (%95) ve US20 dakikada (%91) en düşük ÇO'nun ise US30 dakikada (%90) olduğu gözlenmiştir. K1, K2, US10 dakika, US20

dakika ve US30 dakika arasında istatistiksel açıdan fark anlamlı ($p>0.05$) bulunmamıştır (Şekil 4.10 a).

Çimlenme testinde patlıcan Vista F1 çeşidi tohumlarının ortalama çimlenme zamanı (OÇZ) 1 ile 1.9 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (1.9) ve K2 (1.5) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OÇZ'nin US20 dakikada (1), en düşük OÇZ'nin ise US30 dakika (1.3) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.10 b).

Patlıcan Vista F1 çeşidi tohumlarının fide çıkış testinde fide çıkış oranları (FÇO) %91 ile 95 arasında değişkenlik göstermiştir. US uygulamaları K1 (%91) ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuç vermiştir. K2 (%94) ile karşılaştırıldığında US20 dakika (%95) daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek FÇO'nun US20 dakika (%95), en düşük FÇO'nun ise US30 dakika (%92) olduğu gözlenmiştir. K1 ve K2'nin US uygulamaları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p>0.05$) bulunmamıştır (Şekil 4.10 c).

Fide çıkış testinde ortalama fide çıkış zamanı (OFÇZ) 5 ile 6 arasında değişkenlik göstermiştir. Ultrasonik uygulamaları (US) K1 (6) ile karşılaştırıldığında yüksek sonuç vermiştir. K2 (5.1) ile karşılaştırıldığında ise US20 dakika (5) daha yüksek sonuç göstermiştir. US uygulamaları arasında en yüksek OFÇZ'nin US20 dakika (5), en düşük OFÇZ'nin ise US10 dakika (5.4) olduğu gözlenmiştir. K2 ile US20 dakika ve US30 dakika arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken ($p>0.05$), K1 ile US uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur (Şekil 4.10 d).

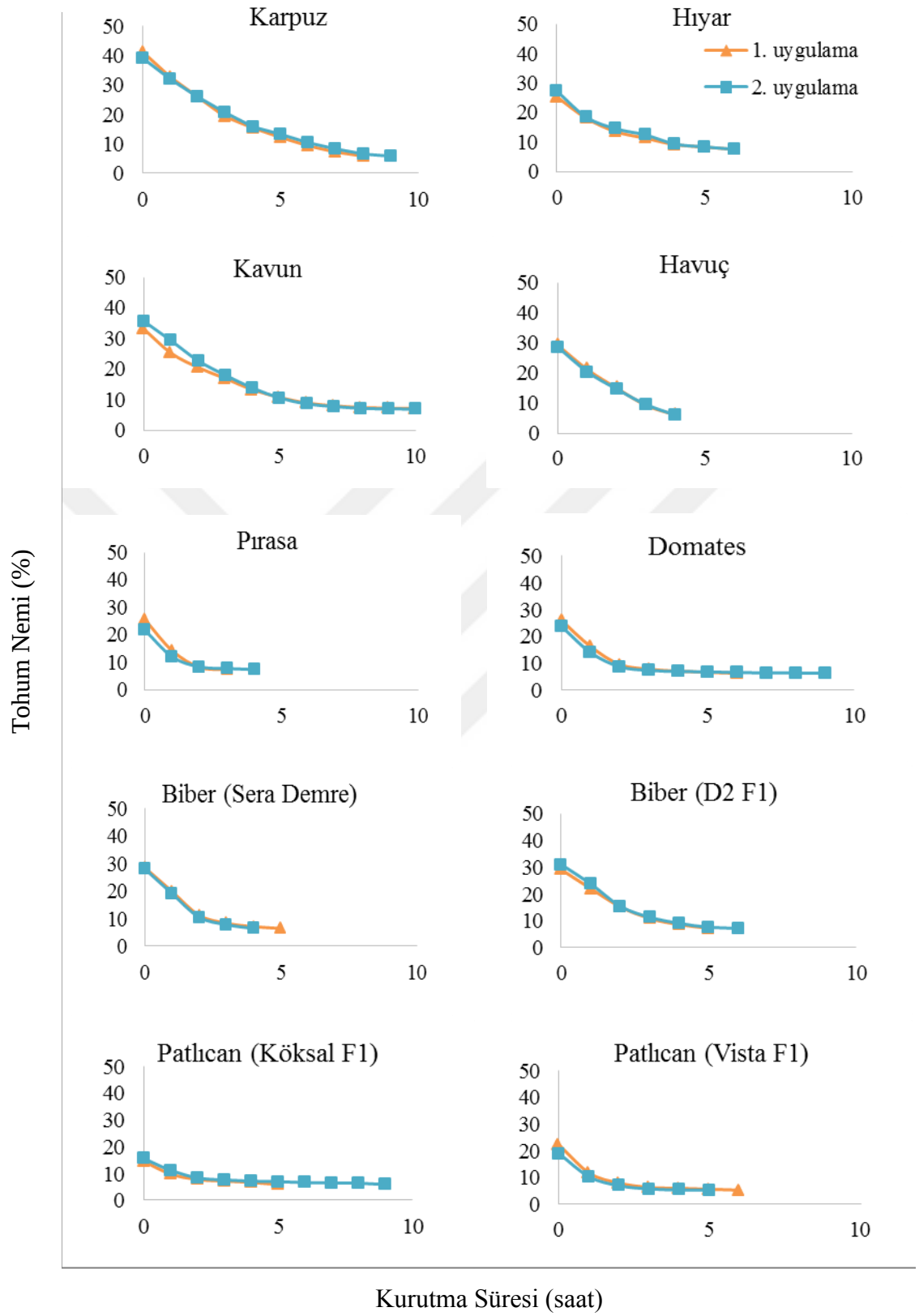
4.9 Tohumlarda US uygulamaları sonrası % nem oranları

K2 ve US20 dakika uygulaması sonrası tohumların % nem oranları benzerlik göstermiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 K2 ve US 20 dakika uygulama sonrası % nem oranları

Türler	K2		US 20	
	1. uygulama	2.uygulama	1. uygulama	2.uygulama
Karpuz	49.49	50.09	48.84	49.48
Hıyar	39.37	39.10	39.64	38.70
Kavun	41.87	40.00	42.68	43.95
Havuç	49.26	49.69	50.53	50.69
Pırasa	48.99	48.98	48.56	47.14
Domates	50.70	48.85	49.26	50.24
Biber (Sera Demre)	48.30	48.93	48.47	47.75
Biber (D2 F1)	51.42	52.34	52.98	52.58
Patlıcan (Köksal F1)	36.60	37.64	35.74	37.02
Patlıcan (Vista F1)	47.60	48.68	48.43	47.94

US20 dakika uygulaması yapılan tohumlarda tohum neminin türler arasında %41-50 arasında değiştiği gözlenmiştir. Kurutma sürecindeki % nem oranları Çizelge 4.41' de verilmiştir. Tohumların US uygulamaları sonrası tohum nemi türlere göre farklılıklar göstermiştir. Örneğin, hıyar tohumlarında %38.7 ile 39.64 oranında değişim olmuş, domateste %48.85 ve 50.70 oranında ve kavunda %40.0 ile 43.95 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1). Hatta, aynı türde farklı çeşitler arasında bile uygulama sonrası tohum neminde değişiklik olmuştur. Köksal F1 patlıcan çeşidinde %35.7 ile 37.64 arasında olurken, Vista F1' de %47.6 ile 48.68 arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). Her iki uygulama zamanında da türlerde uygulamalar arasında nem değişimleri aynı olmuştur.



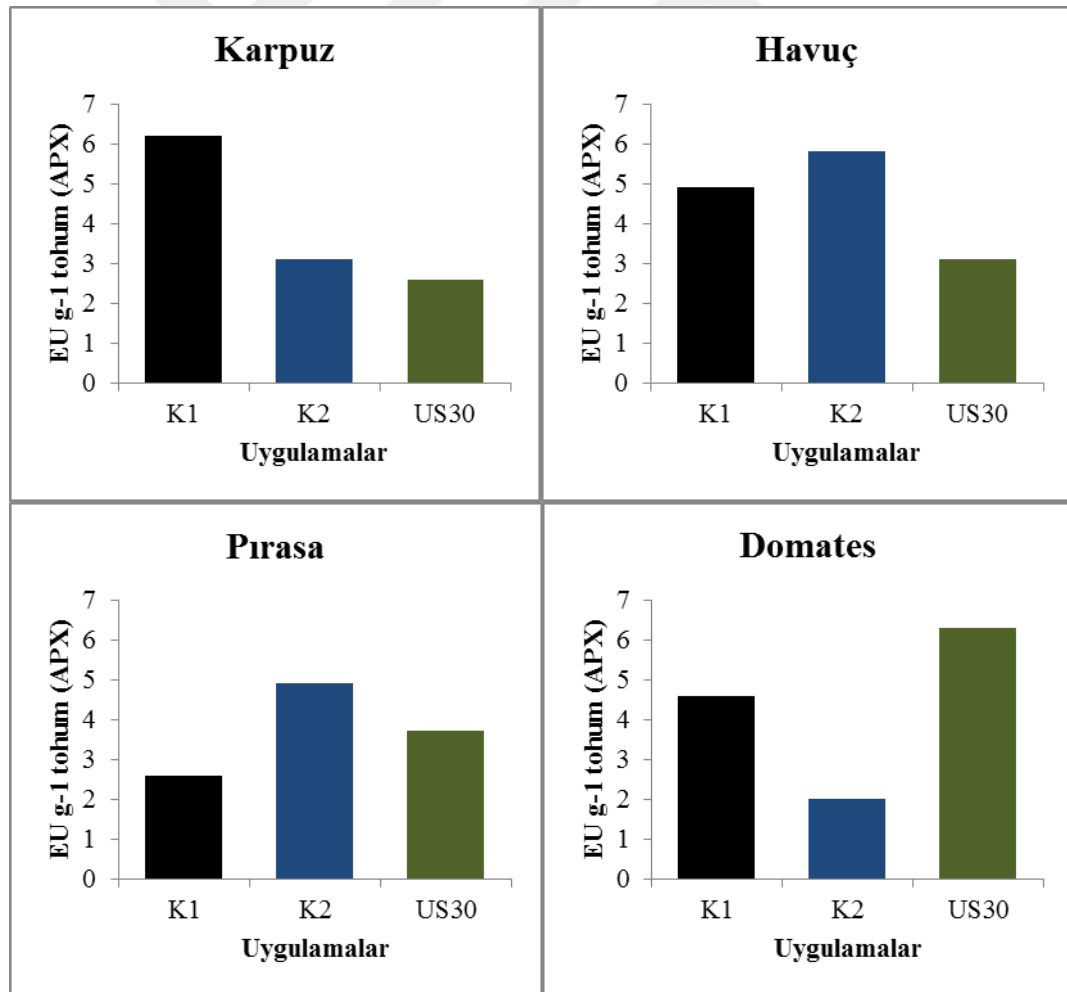
Şekil 4.11 US20 dakika uygulaması sonrasında tohumların başlangıç ağırlığına kadar yapılan kurutma sürecinde tohum nemi değişimi (%)

Türlerin %10 nemin altına iniş süresi farklılaşmıştır. Bu süre karpuzda 5-6 saat, patlıcanda 2 saat, domatesta 3 saat ve biberde 2 saatte gerçekleşmiştir. Türlerin uygulama sonrası nem kaybı farklılık göstermiştir. Ancak sonuçlar her türde yapılan iki uygulama sonrası benzer oranda nem kaybetmiştir.

4.10 Enzim sonuçları

Çalışmada ultrasonik uygulamalar arasında en iyi sonuç veren US30 dakika uygulaması ve 4 tür (karpuz, havuç, pırasa, domates) seçilmiştir. Bu türlerde APX, CAT ve SOD enzimi analizleri yapılmıştır (Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14).

4.10.1 Askorbat Peroksidaz (APX) enzim aktivitesi (EU g⁻¹)



Şekil 4.12 APX enzim analizi

Karpuz tohumlarında APX aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 6.2 EUg^{-1} ile K1 grubunda, en düşük değer 2.6 EUg^{-1} olarak US30 dakika uygulamasında ölçülmüştür. K2 grubunda ise 3.1 EUg^{-1} değeri elde edilmiştir.

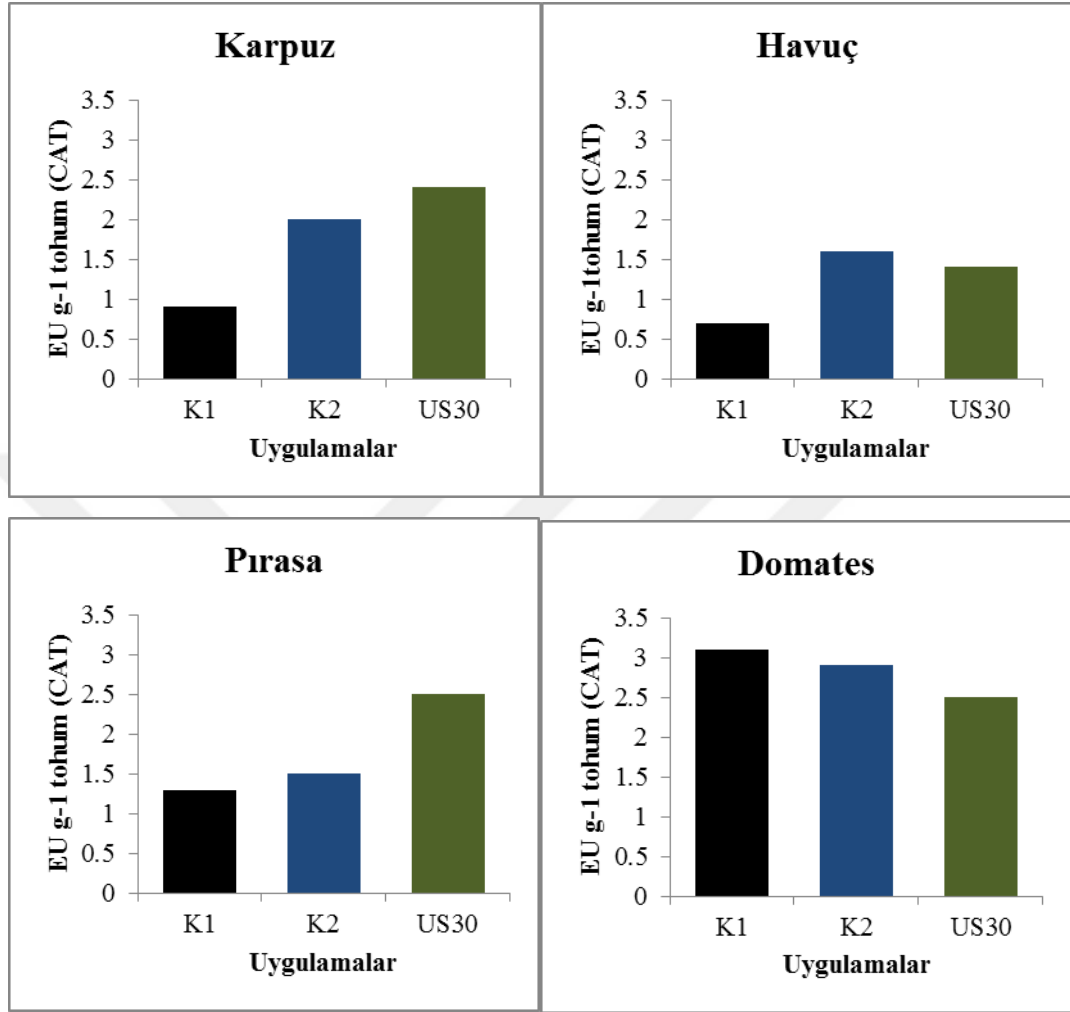
Havuç tohumlarında APX aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 5.8 EUg^{-1} ile K2 grubunda, en düşük değer 3.1 EUg^{-1} olarak US30 dakika uygulamasında ölçülmüştür. K1 grubunda ise 4.9 EUg^{-1} değeri elde edilmiştir.

Pırasa tohumlarında APX aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 4.9 EUg^{-1} ile K2 grubunda, en düşük değer 2.6 EUg^{-1} olarak K2 grubunda ölçülmüştür. US30 dakika uygulamasında ise 3.7 EUg^{-1} değeri elde edilmiştir.

Domates tohumlarında APX aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 6.3 EUg^{-1} ile US30 dakika uygulamasında, en düşük değer 2.0 EUg^{-1} K2 grubunda olarak ölçülmüştür. K1 grubunda ise 4.6 EUg^{-1} değeri elde edilmiştir.

Seçilen türlerde, yapılan APX enzim analizi sonuçlarına göre, en yüksek değerleri K2 grubu vermiştir.

4.10.2 Katalaz (CAT) enzim aktivitesi (EU g^{-1})



Şekil 4.13 CAT enzim analizi

Karpuz tohumlarında CAT aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 2.4 EUg^{-1} ile US30 dakika uygulamasında, en düşük değer 0.9 EUg^{-1} olarak K1 grubunda ölçülmüştür. K2 grubunda ise 2.0 EUg^{-1} değeri elde edilmiştir.

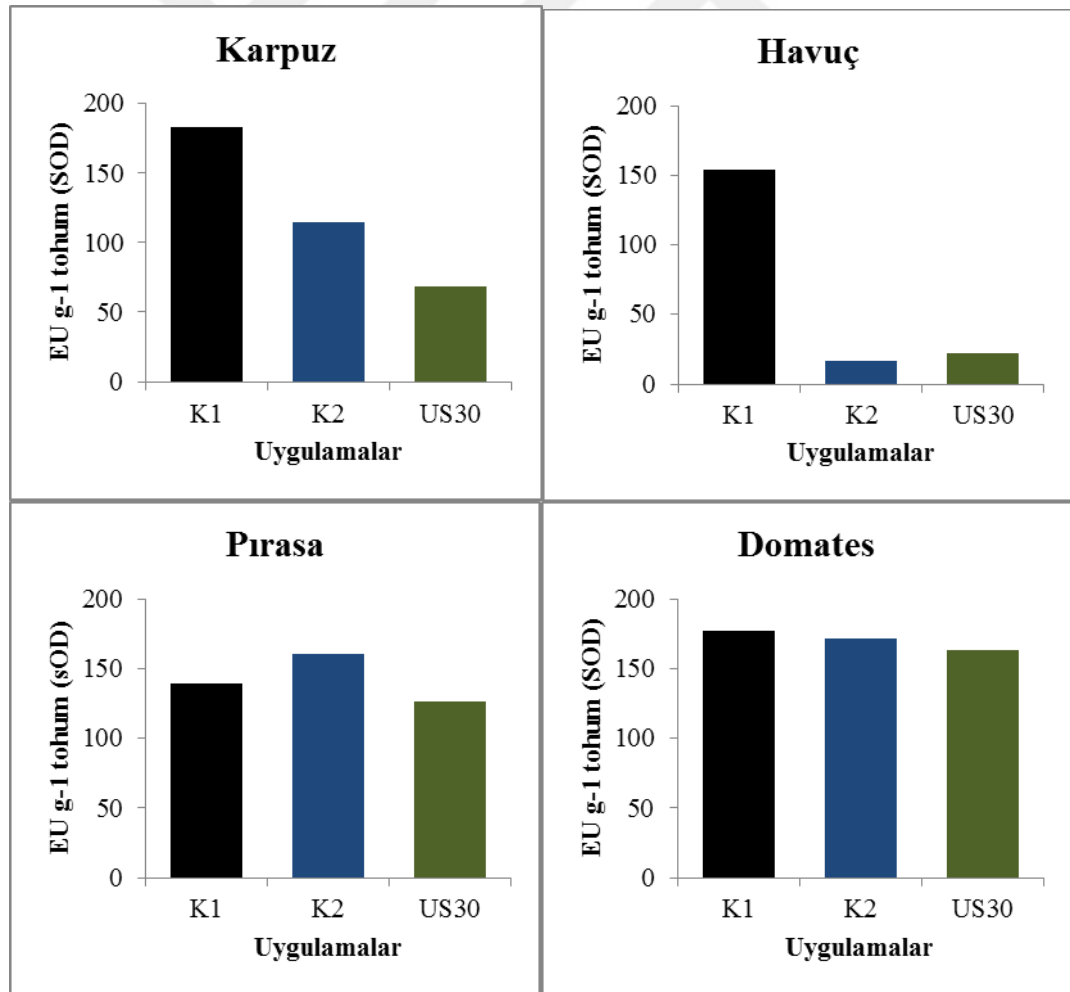
Havuç tohumlarında CAT aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 1.6 EUg^{-1} ile K2 grubunda, en düşük değer 0.7 EUg^{-1} K1 grubunda olarak ölçülmüştür. US30 dakika uygulamasında ise 1.4 EUg^{-1} değeri elde edilmiştir.

Pırasa tohumlarında CAT aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 2.5 EUg⁻¹ ile US30 dakika uygulamasında, en düşük değer 1.3 EUg⁻¹ olarak K1 grubunda ölçülmüştür. K2 grubunda ise 1.5 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Domates tohumlarında CAT aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 3.1 EUg⁻¹ ile K1 grubunda, en düşük değer 2.5 EUg⁻¹ olarak US30 dakika uygulamasında ölçülmüştür. K2 grubunda ise 2.9 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Seçilen türlerde, yapılan CAT enzim analizi sonuçlarına göre, en yüksek değerleri US30 dakika uygulaması vermiştir.

4.10.3 Süperoksit Dismutaz (SOD) enzim aktivitesi (EU g⁻¹)



Şekil 4.14 SOD enzim analizi

Karpuz tohumlarında SOD aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 182.6 EUg⁻¹ ile K1 grubunda, en düşük değer 68.8 EUg⁻¹ olarak US30 dakika uygulamasında ölçülmüştür. K2 grubunda ise 114.8 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Havuç tohumlarında SOD aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 153.9 EUg⁻¹ ile K1 grubunda, en düşük değer 17.2 EUg⁻¹ olarak K2 grubunda ölçülmüştür. US30 dakika uygulamasında ise 22.5 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Pırasa tohumlarında SOD aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 160.4 EUg⁻¹ ile K2 grubunda, en düşük değer 126.5 EUg⁻¹ olarak US30 dakika uygulamasında ölçülmüştür. K1 grubunda ise 139.6 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Domates tohumlarında SOD aktivitesi incelendiğinde, en yüksek değer, 176.7 EUg⁻¹ ile K1 grubunda, en düşük değer 163.1 EUg⁻¹ olarak US30 dakika uygulamasında ölçülmüştür. K2 grubunda ise 171.9 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Seçilen türlerde, yapılan SOD enzimi analizi sonuçlarına göre, en yüksek değerleri K1 grubu vermiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez ultrasonik uygulamaların 8 farklı türde 10 ayrı çeşitte çimlenme ve fide çıkış kalitesini artırmak üzere planlanmıştır. Sonuçlar, ultrasonik uygulamaların (US) etkisinin türlere ve uygulama sürelerine göre farklılıklar gösterdiğini ve bunun etki düzeyinin değiştiğini göstermiştir (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4). Türler sınıflandırıldığında en yüksek olumlu etki pırasa, biber (Sera Demre, D2 F1) ve patlıcanda (Köksal F1) görülmüş, hıyar ve domateste ise etkili olmadığı ortaya konulmuştur. Ultrasonik uygulamaların etki nedenlerinin değişken olduğu bilinmektedir. Örneğin bunlardan birisi, tohumun su alımını hızlandırarak enzim ve diğer biyolojik süreçlerin başlamasını teşvik etmesidir (Miano vd. 2016). Böylece fide gelişimi daha hızlı gerçekleşmekte ve daha güçlü fideler oluşması sağlanmaktadır. Ultrasonik uygulamaların yaşlanmış tohumlarda da çimlenme yüzdeleri belirli düzeylerde artabilmekte ve verim olumlu yönde etkilenmektedir (Moosavi vd. 2018). Ultrasonik ses dalgaları su alım sorunu olan tohumlarda dormansiye kırmak için tohum kabuğuna mekanik baskı uygulamaktadır (Nazari vd. 2014). Bu baskı çatlamalara neden olarak su alımını artırmaktadır. Ayrıca ultrasonik uygulamalar tohum kabuğunda çimlenmeyi engelleyici maddelerin ve kontaminasyona sebep olacak bakterilerin yıkanmasını da temin etmektedir (Scouten ve Beuchat 2001, Chiu ve Sung 2014). Erken çıkış ve üniform çimlenme fidelerde kök ve gövde uzunluğunda ise pozitif bir etki ortaya çıkarmaktadır (Ramteke vd. 2015, Liu vd. 2016, Liu vd. 2018). Köklerin gelişmesi ve kuvvetli yapısı kurak, yarı kurak ve sıcaklıkların tohum çimlenmesi için uygun olmadığı koşullarda diğer priming teknikleri ile karşılaştırıldığında ultrasonik primingin etkisini öne çıkarmaktadır (Shekari vd. 2015).

US uygulamasının süreye bağlı etkisindeki değişim incelendiğinde US30'un diğer uygulamalardan daha etkili olduğu gözlenmiştir. Hem K1 hem de K2'ye göre en yüksek anlamlılık bu uygulamada bulunmuştur (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4). Ultrasonik uygulamalarda kullanılan uygulama süresinin 10 saniyeden 6 saate kadar değişebildiği gözlenmiştir (Rinaldelli 2000, Toth 2012). Sürelerin etkisine

bakıldığında, türlere göre değişmekle beraber en çok etkin kullanım 5 dakika ile 36.7 dakika arasında değiştiği saptanmıştır (Sharififar vd. 2015, Liu vd. 2016).

Çizelge 5.1 Ultrasonik uygulamalarının çimlendirme testinde türler bazında Kontrol 1'e göre avantaj ve dezavantajları

Tür / Çeşit	ÇO (%)			OÇZ(gün)			Toplam
	US10	US20	US30	US10	US20	US30	
Karpuz	+	+	+	ö.d	ö.d	+	4
Hıyar	ö.d	+	ö.d	+	+	+	4
Kavun	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	+	1
Havuç	+	+	+	ö.d	+	+	5
Pırasa	ö.d	ö.d	ö.d	+	+	+	3
Domates	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	0
Biber (Sera demre)	+	+	+	+	+	+	6
Biber (D2 F1)	+	+	+	+	+	ö.d	5
Patlıcan (Köksal F1)	+	+	+	+	+	+	6
Patlıcan (Vista F1)	ö.d	ö.d	ö.d	+	+	+	3
Toplam	5	6	5	6	7	8	

+: olumlu, -: olumsuz, ö.d: önemli değil

Ultrasonik uygulamaları çimlendirme testi sonuçlarına göre değerlendirecek olursak, Kontrol 1'e göre istatistik açıdan öne çıkan türler; havuç, biber ve patlıcan (Köksal F1) türleri olmuştur. Biber (Sera Demre) ve patlıcan (Köksal F1) türlerinde NÇO ve OÇZ tüm ultrasonik uygulamalarda Kontrol 1'e göre istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Ultrasonik uygulamalar OÇZ üzerinde NÇO'ya göre daha etkili olmuştur. Ultrasonik uygulama sürelerini değerlendirecek olursak, US20 dakika ve US30 dakika daha etkili bulunmuştur.

Belirli süreden daha uzun süreli uygulamalar, bazı durumlarda olumsuz etki yaratmaktadır (Fateh vd. 2012, Sharififar vd. 2015, Shekari 2015, Pascaru vd. 2016). Örneğin biber türünde 5 dakikanın üzerinde yapılan uygulama çimlenme yüzdesinde azalmaya neden olmuştur (Goussous vd. 2010). Bizim araştırmamızda maksimum süre 30 dakika olarak belirlenmiştir. Bu süre birçok türde olumlu sonuçlar vermiştir. Daha uzun süreli uygulamalar yapılmış olsaydı, olumsuz etkiler gözlenebilirdi. Ancak 30 dakikaya kadar fazla bir olumsuz etki gözlenmemiştir (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4). Süreye bağlı etkinin K1 ve K2 kontrollerine göre değiştiği görülmektedir.

Çizelge 5.2 Ultrasonik uygulamalarının çimlendirme testinde türler bazında Kontrol 2'ye göre avantaj ve dezavantajları

Tür / Çeşit	ÇO (%)			OÇZ(gün)			Toplam
	US10	US20	US30	US10	US20	US30	
Karpuz	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	0
Hıyar	ö.d	+	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	1
Kavun	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	+	1
Havuç	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	+	+	2
Pırasa	ö.d	ö.d	+	+	ö.d	+	3
Domates	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	0
Biber (Sera demre)	ö.d	ö.d	ö.d	+	+	+	3
Biber (D2 F1)	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	-	0
Patlıcan (Köksal F1)	ö.d	ö.d	-	+	+	+	3
Patlıcan (Vista F1)	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	+	ö.d	1
Toplam	0	1	1	3	4	5	

+: olumlu, -: olumsuz, ö.d: önemli değil

Ultrasonik uygulamaları Kontrol 2 ile karşılaştırıldığında, istatistik açıdan öne çıkan türler; pırasa, biber (Sera Demre) ve patlıcan (Köksal F1) türleri olmuştur. Bu türler Kontrol 1'e göre öne çıkan türlerle paralellik gösterirken olumlu etkinin de azaldığını görmekteyiz. Ayrıca biber (Sera Demre) ve patlıcan (Köksal F1) türlerinde ultrasonik uygulamaların etkisi OÇZ üzerinde NÇO'ya göre daha etkili olmuştur. Ultrasonik uygulama sürelerini değerlendirecek olursak, US30 dakika daha etkili bulunmuştur.

Ultrasonik uygulamaların çimlendirme testi sonuçlarına göre sebze türlerinde OÇZ üzerinde olumlu etkisinin yüksek olduğu görülmüştür. Nitekim birçok araştırmacı da yaptığı çalışmalarda OÇZ'nin arttığını söylemiştir (Yaldagard 2008, Nazari ve Eteghadipour 2017).

Çimlenme ve OÇZ değerlerine göre K1'e göre uygulamanın etkisi daha fazla türde gözlenirken K2'ye göre, etki ağırlıklı olarak pırasa, biberde ve patlıcanda gözlenmiştir (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2). K1'e göre 5 türde etki çok yüksek sayıda olmuş, ancak K2'ye göre etkinin tüm kriterlerde olduğu türler pırasa ve biber (Sera Demre) ve

patlıcan (Köksal F1) olmuştur. Bu sonuç ultrasonik uygulamaların türler arasında etki faktörünün değiştiğini göstermektedir. Ayrıca K2 tohumlarında tohum nem emilimine izin verildiği için nem alım seviyesini tamamlamıştır. Türler arası farklılıklar tohumun kabuk yapısından kaynaklanabileceği gibi, içsel madde içeriklerinden kabuktaki kimyasal madde kompozisyonu ile de ilintili olabilir. Nitekim Goussous (2010) 'da US uygulamalarına etkisinin türler arasında farklı olduğunu ve tohum kabuğunun önem taşıdığını ortaya koymuştur (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4).

Ultrasonik (US) uygulamalarda önemli olan bir diğer faktörde uygulamanın yapıldığı sıcaklıktır. Birçok araştırmacı ultrasonik uygulama sırasında optimal sıcaklıklar tercih etmiş ve olumlu sonuçlar almışlardır (Kratovalieva vd. 2012, Miano vd. 2016). Nitekim biz çalışmamızda optimal sıcaklığı (25°C) tercih ettik. Yüksek sıcaklıkların çeşitli araştırmalarda pozitif etkide bulunduğu belirtilmiştir (Machikowa 2013, Lahijanian ve Nazari 2017). Yaşlandırılmış tohumlarda ultrasonik uygulamaların yaşlanmayı tamir edici etkileri gözlenmiş ya da çok etkili bulunmasa da kontrol uygulamalarına göre daha olumlu sonuçlar verdiği vurgulanmıştır (Liu vd. 2018, Moosavi vd. 2018). İlaç yapımında kullanılan bitkilerin ve çimlenmesi güç olan süs bitkileri vb. tohumların çimlenmesini iyileştirmek için ultrason uygulaması invitro koşullarda başarılı sonuçlar alınan bir uygulama olmuştur (Shin vd. 2011, Zhang vd. 2015, Fu vd. 2016). Gıda ve yem olarak tüketilen tohumlarda ise tohum verim kaybını önlemek amacıyla kullanılabilecek bir uygulamadır. Bezelye ve yonca tohumlarında bunun üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Chiu ve Sung 2014, Scouten ve Beuchat 2001). Ayrıca ticari olarak üretimi yapılan tarla bitkileri ve özellikle yem bitkilerinde, ultrason kök ve gövde uzunluğunu artırmada, daha kaliteli ve güçlü fidelerin oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır (Aladjadjiyan 2011, Liu vd. 2018). Bu bakımdan sebzecilik sektöründe fide ile üretimi yapılan sebze türlerinde kullanılma potansiyeli bulunmaktadır. Fakat ultrasonik uygulama yapılan cihazların boyutlarının küçük olması ya da firmanın yaptığı üretim miktarına uygun boyutların bulunmaması, bu uygulamanın kullanılmasını kısıtlayıcı bir etki yapabilir (Nazari ve Eteghadipour 2017).

Çizelge 5.3 Ultrasonik uygulamalarının fide çıkış testinde türler bazında Kontrol 1'e göre avantaj ve dezavantajları

Tür / Çeşit	FÇO (%)			OFÇZ(gün)			Toplam
	US10	US20	US30	US10	US20	US30	
Karpuz	+	+	+	ö.d	ö.d	ö.d	3
Hıyar	ö.d	ö.d	+	ö.d	ö.d	ö.d	1
Kavun	ö.d	ö.d	ö.d	+	+	+	3
Havuç	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	0
Pırasa	ö.d	+	+	+	+	+	5
Domates	ö.d	+	+	ö.d	ö.d	ö.d	2
Biber (Sera demre)	ö.d	ö.d	+	+	+	+	4
Biber (D2 F1)	ö.d	+	ö.d	+	+	+	4
Patlıcan (Köksal F1)	+	+	ö.d	+	+	+	5
Patlıcan (Vista F1)	ö.d	ö.d	ö.d	+	+	+	3
Toplam	2	5	5	6	6	6	

+: olumlu, -: olumsuz, ö.d: önemli değil

Ultrasonik uygulamaları fide çıkış testi sonuçlarına göre değerlendirecek olursak, Kontrol 1'e göre istatistik açıdan öne çıkan türler; pırasa, biber ve patlıcan (Köksal F1) türleri olmuştur. Burada öne çıkan türler çimlendirme testinde öne çıkan türlerle örtüşmektedir. Pırasa ve patlıcan (Köksal F1) türlerinde olumlu etkinin en fazla görüldüğü türlerdir. Ultrasonik uygulamalar OFÇZ üzerinde NFÇO'ya göre daha etkili olmuştur. Ultrasonik uygulama sürelerini değerlendirecek olursak, US30 dakika daha etkili bulunmuştur.

Çalışmamızda söz konusu olan türlerden önemli bir kısmı fide ile üretilen türlerdir. Sera koşullarında viyollerde fide üretim safhasında güçlü fide çıkışı ve fide boyutu olumlu kriterlerdir. US uygulamalarının fide çıkış oranı ve OFÇZ'de olumlu etki yapması US'nin fide çalışmaları için kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 5.4 Ultrasonik uygulamalarının fide çıkış testinde türler bazında Kontrol 2'ye göre avantaj ve dezavantajları

Tür / Çeşit	FÇÖ (%)			OFÇZ(gün)			Toplam
	US10	US20	US30	US10	US20	US30	
Karpuz	ö.d	ö.d	+	ö.d	ö.d	ö.d	1
Hıyar	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	0
Kavun	ö.d	ö.d	+	-	+	+	3
Havuç	ö.d	ö.d	ö.d	ö.d	+	ö.d	1
Pırasa	-	+	+	ö.d	ö.d	ö.d	2
Domates	ö.d	ö.d	+	ö.d	ö.d	ö.d	1
Biber (Sera demre)	+	+	+	ö.d	ö.d	ö.d	3
Biber (D2 F1)	ö.d	+	ö.d	+	+	+	4
Patlıcan (Köksal F1)	+	+	ö.d	-	ö.d	ö.d	2
Patlıcan (Vista F1)	ö.d	ö.d	ö.d	-	ö.d	ö.d	0
Toplam	2	4	5	1	3	2	

+: olumlu, -: olumsuz, ö.d: önemli değil

Ultrasonik uygulamaları Kontrol 2 ile karşılaştırıldığında, istatistik açıdan öne çıkan türler; kavun ve biber türleri olmuştur. Ultrasonik uygulamalar NFÇÖ üzerinde OFÇZ'ye göre daha etkili olmuştur. Ultrasonik uygulama sürelerini değerlendirecek olursak, US20 dakika ve US30 dakika daha etkili bulunmuştur ve özellikle 10 dakika uygulamasının bazı türlerde Kontrol 2'ye göre geride kaldığı görülmüştür.

Ultrasonik uygulamaların fide çıkış testi sonuçlarına göre sebze türlerinde NFÇÖ ve OFÇZ üzerindeki etkisi çimlendirme testi sonuçlarına göre daha az gibi görülse de özellikle pırasa, biber ve patlıcan (Köksal F1) türleri üzerinde olumlu etki yaptığı saptanmıştır. Köksal F1'in anaçlık bir çeşit olması nedeniyle uygulama metodunun anaçlıklarda da potansiyeli olabileceğini göstermektedir.

Bu bağlamda, pırasa ve biberde çimlenmedeki olumlu değişim fideye de yansımıştır. Bu sonuç, US uygulamalarının hem çimlenme ortamında hem de torf kullanılan fide ortamında olumlu sonuçlar doğurmuştur. Sonuçlar, çimlenme ve fide safhaları için aynı bağlamda olmuştur. Açık tozlananlarda US30 dakika etkili olurken hibritlerde US20 dakika daha etkili olmuştur. Bu da kullanılan tohumun genetik yapısının önemi ortaya koymaktadır.

Genetik yapıyı değerlendirdiğimizde ultrasonik uygulamasının tohum da ya da bitki de çeşitli özellikleri iyileştirmesi için kullanılan frekans ve ultrasonik güç önem kazanmaktadır. Her türün olumlu cevap verdiği farklı frekanslar (kHz) ve ultrasonik güçler (W) bulunmaktadır. Bunun sebebi tohumun sahip olduğu genetik yapıdır. Örnek verecek olursak; tohum yaşı, tohum boyutları, tohumun kabuk yapısı, tohumun sahip olduğu besin içeriği gibi faktörlerdir. Nitekim bizim çalışmamızda türlerin farklı genetik yapılarıya sahip olması uygulama yaptığımız türlerde farklı sonuçlar elde etmemize neden olmuştur. Uygulamada kullandığımız frekans ve güç bazı türlerde olumlu etki yaparken diğer türlerde etkisiz bulunmuştur. Toth (2012) yaptığı çalışmada tohumları boyutlarına göre sınıflara ayırmış ve orta boyuttaki tohumların çimlenme kapasitesinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bizim çalışmamızda orta boyuttaki (biber) tohumların çimlenme kapasitelerinin daha iri olan karpuzla göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

US uygulamalarının tezdeki önemli etkenlerinden biri yaşlanmış ve çimlenmesi düşük olan tohum partilerinde daha etkin olmasıdır. Örneğin karpuz ve pırasa tohumlarının kontrol çimlenmesi K1 kontrol grubunda %58 ve 71 iken US30’da bu değer %71 ve 74’ e çıkmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.5). Bu sonuç göstermektedir ki US uygulamaları tohumdaki yaşlanmanın tamir mekanizmasında etkili olmakta ve kaliteyi bu yönde artırmaktadır. Nitekim Riberia ve Vicient (2017) da benzer şekilde US’nin yaşlanmış tohumlarda daha etkin olduğunu ortaya koymuştur.

US uygulamalarının tohum nem kapsamını türler arasında sadece kavunda (Çizelge 4.1) olumlu etkilediği, diğer türlerde uygulama ile K2 arasında fark olmadığı saptanmıştır. Bu açıdan bakıldığında, US uygulamaları bizim çalışmamızda tohum nem alımından ziyade, kabuktaki bazı çimlenme engelleyici maddelerin, flavenoller gibi uzaklaştırılmasını sağlayarak çimlenmeyi teşvik ettiği ileri sürülebilir. Nitekim bunun uygulanmış suda renk değişiminin olması ve suyun daha mat renk almasıyla gözlemlendiğini söylemeliyiz. US uygulamaları bamya gibi sert kabuk yapısına sahip türlerde etkinliğini tartmak, kabuğa yaptığı tahrip edici ve su alımını olumlu etkileyici

özelliğini gözlemek bakımından önerilebilen çalışmalar olacaktır. Tohum kabuğunun inceltilmesi ve kabuktaki engelleyici maddelerin uzaklaştırılması konusunda daha önce saptanmış olumlu veriler bulunmaktadır (Rinaldelli 2000, Lee vd. 2005).



Şekil 5.1 US (10 dakika sol, 30 dakika sağ) uygulanmış tohumların suya bıraktığı maddelerin ortaya çıkarttığı renk değişimi

Bizim çalışmamızdaki türlerin sert tohum kabuk yapısında sahip olmadığını bilmekle beraber, tohum kabukları bazı engelleyici maddeleri kapsayabilir.

Uygulama sonrası tohumların başlangıç ağırlığına kadar kurutma süreleri maksimum 10 saate kadar gerçekleşmiştir. Kurutma süresini 10 saate kadar tutup ölçüm yapmak da, türlerin büyük çoğunluğu 5-6 saat içinde istenilen ağırlığa ulaşmıştır. Tohum kurutma teknolojileri açısından, %10 nemin altında tohumun kurutulması gereklidir. US uygulamaları sonrası aynı nem seviyesine kadar tohumlar kurutulmuştur. Kurutma sonrası tohum performansının olumlu etkilenmesi, kurutulmuş tohumların ticari olarak da ekimlerinin makine ile yapılmasına olanak vermesi bakımından önemlidir. Çünkü, yüksek nemdeki tohumların hem makineli ekime, hem de depolanabilmeye uygun olmadığını belirtmek gereklidir.

Priming uygulamalarının fizyolojik olarak tohumda oluşturduğu önemli bir değişim ROS enzimlerindeki değişimdir (Kibinza vd. 2011). US uygulamaları CAT, SOD ve APX enzimlerinde değişimler oluşturmuştur (Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14). Bu değişimler, uygulamalarla özdeş bulunmamış ancak bu konudaki çalışmaların daha detaylı ve kapsamlı yapılmasında yarar vardır. Biz çalışmamızda bütün uygulamalarda enzim analizlerini yapamadık. Ancak gelecekte yapacağımız çalışmalarda bu analizlerin yapılmasının yararlı olacağı kanısındayız. Birçok araştırmada ROS enzimlerinin, priming uygulamaları ile yüksek düzeyde artış gösterdiği saptanmıştır (Oliveira vd. 2012). ROS enzimleri uygulama sonrası strese toleransı da artırmaktadır. Bu bakımdan uygulanmış tohumların fide çıkış oranlarının yüksekliği ve fide kalitesinin daha iyi olması bu enzim aktivitesiyle bağlantılı olabilir (Farhoudi vd. 2011, Ran vd. 2015).

US uygulamaları priming amacıyla tohum kalitesinin artırılmasında kullanılma şansını taşımaktadır. Türler arası etkinin farklılığı, uygulamanın etkinliğinin türe göre değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu açıdan gelecekte daha uzun süreli ve farklı kombinasyonlar kullanılarak US uygulamalarının tekrarlanması düşünülmektedir. Farklı ultrasonik uygulama süreleri, frekansları, güçleri, sıcaklıkları denemek; kontrollü bozulma veya hızlı yaşlandırma testi, EC güç testi, stres uygulamaları ve depolama çalışmaları yapmak, sudaki oksijen miktarını ölçmek gibi uygulamalar yapılabilir. Sebze tohum teknolojisi bakımından bu çalışmaların yararı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abedi, T. and Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzymes changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 46(1): 27-34.
- Aladjadjiyan, A. 2002. Increasing carrot seeds (*Daucus carota* L. cv. Nantes) viability through ultrasound treatment. Bulgarian Journal of Agricultural Science 8: 469-472.
- Aladjadjiyan A. 2011. Ultrasonic stimulation of the development of lentils and wheat seedlings. Romanian Journal of Biophysics 21(3): 179-187.
- Benedito, J., Carcel, J. A., Gonzalez, R. and Mulet, A. 2002. Application of low intensity ultrasonics to cheese manufacturing processes. Ultrasonics 40: 19-23.
- Biabani A, LC. Boggs, M. Katozi, and H. Sabouri. 2011. Effects of seed deterioration and inoculation with *Mesorhizobium cicerion* yield and plant performance of chickpea. Australian Jour. of Crop Science, 5(1): 66-70.
- Chiu, K.Y. and Sung, J.M., 2014. Use of ultrasonication to enhance pea seed germination and microbial quality of pea sprouts. International Journal of FoodScience and Technology, 49: 1699 -1706.
- Chowdhury Md. E. K., Hyoun-Sub Lim and Hanhong Bae 2014. Update on the Effects of Sound Wave on Plants. Research in Plant Disease. 20(1) : 1-7.
- Deepti P. and J.S. Chauhan. 2014. Physiological Seed Enhancement Techniques. Pop. Kheti, 2(1): 162-163.
- Demir, I., Ermiş, S., Mavi, K. and Matthews, S. 2008. Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests. Seed Science and Technology 36: 21-30.
- Demir, I., Light, M.E., Van Staden, J., Kenanoglu, B.B. and Celikkol, T. 2009. Improving seedling growth of unaged and aged aubergine seeds with smoke-derived butenolide Seed Science and Technology 37: 255-260.
- Dursun, A. and Ekinici, M. 2010. Effects of different priming treatments and priming durations on germination percentage of parsley (*Petroselinum crispum* L.) seeds. Agricultural Sciences 1(1): 17-23.
- Farhoudi R., Saeedipour S. and Mohammadreza D. 2011. The effect of NaCl seed priming on salt tolerance, antioxidant enzyme activity, proline and carbohydrate accumulation of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) under saline condition. African Journal of Agricultural Research 6(6): 1363-1370.

- Fateh E., Hossein Noroozi, Mansoor Farbod and Farzad Gerami 2012. Assessment of Fennel (*Foeniculum vulgare*) seed germination characteristics as influenced by ultrasonic waves and magnetic water. *European Journal of Experimental Biology*, 2(3): 662-666.
- Fu, Y.Y., Jiang, N., Wu, K.L., Zhang, J.X., Teixeira da Silva, J.A., Duan, J., Liu, H.T. and Zeng, S.J. 2016. Stimulatory effects of sodium hypochlorite and ultrasonic treatments on tetrazolium staining and seed germination in vitro of *Paphiopedilum* SCBG Red Jewel Seed Sci. and Technol., 44: 77-90.
- Gaba, V., Kathiravan, K., Amutha, S., Singer, S., Xiaodi, X., and Ananthakrishnan, G. 2008. The uses of ultrasound in plant tissue culture. In *Focus on Biotechnology, Vol VI. Plant Tissue Culture Engineering*, 6: 417- 426.
- Goussous, S. J., N. H. Samarah, A. M. Alqudah and M. O. Othman 2010. Enhancing seed germination of four crop species using an ultrasonic technique *Experimental Agriculture*, 46(2): 231–242.
- Hampton. 2002. What is Seed Quality? *Seed Science and Technology*, 30: 1-10.
- Hassanien R. H E, HOU Tian-zhen, LI Yu-feng and LI Bao-ming 2014. Advances in Effects of Sound Waves on Plants. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(2): 335-348.
- Hoseini M., Mirshekari B. and IGDIR H. B. 2013. Influence of biophysical priming on seed germination and yield on two landraces of Lemon-Balm (*Melissa officinalis* L.). *Not Sci Biol*, 5(2): 238-243.
- ISTA. 2010. *International Rules for Seed Testing*, Edition, International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Jisha, K.C., Viyajakumari, K. and Puthur, J.T. 2013. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview *Acta Physiologia Plantarum*, 35(5): 1381–1396.
- Jyoti and C.P. Malik. 2013. Seed Deterioration: A Review. *Int. J. Life Sc. Bt and Pharm. Res.* 2(3): 374-385.
- Kapoor R, A. Arya, MA. Siddiqui, A. Amir and H. Kumar. 2010. Seed Deterioration in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing, *Asian J Plant Sci.*, 9(3): 158-162.
- Khan, A, Khalil, S. K., Khan, A. Z., Marwat K. B. and Afzal I. 2008. The Role of seed priming in semi-arid area for mung bean phenology and yield. *Pakistan Journal of Botany* 40(6): 2471-2480.

- Kibinza S, D. Vinel, D, Côme, C. Bailly and F. Corbineau. 2006. Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. *Physiologia Plantarum*, 128(3): 496-506.
- Kibinza, S., Bazin, J., Bailly, C., Farrant, J.M., Corbineau F. and Bouteau H.E. 2011. Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Science*, 181(3): 309-315.
- Kim, H. J., Feng, H., Kushad, M.M. and Fan, X. 2006. Effects of ultrasound, irradiation, and acidic electrolyzed water on germination of alfalfa and broccoli seeds and *Escherichia coli* O:157:H7. *Journal of Food Science* 71(6): 168-173.
- Kratovalieva S., Srbnoska M., Popsimonova G., Selamovska A., Meglic V and Andjelkovic V. 2012. Ultrasound influence on Coleoptile Length at *Poaceae* Seedlings as valuable criteria in Prebreeding and breeding processes. *Genetika*, 44(3): 561-570.
- Lahijanian S. ve Nazari M. 2017. Increasing Germination Speed of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Seeds by Ultrasound Treatments. *Seed Technology*. 38(1):49-55.
- Lee Y.I., Lee N., Yeung E.C. and Chung M.C. 2005. Embryo development of *Cypripedium formosanum* in relation to seed germination in vitro. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(5): 752-753.
- Liu J, Wang Q, Karagić D, Liu X and Cui J. 2016. Effects of ultrasonication on increased germination and improved seedling growth of aged grass seeds of tall fescue and Russian wildrye. *Scientific Reports Nature* 6: 22403.
- Liu X , Chen Z., Liu Q , Gao YN., Zhou WN , Cui XW , Wang QZ 2018. Effects of ultrasound on the germination and seedling growth of three aged forage seeds. *The Journal of Applied Ecology*. 29(6): 1857-1866.
- Machikowa T, Kulrattanarak T, Wonprasaid S 2013. Effects of ultrasonic treatment on germination of synthetic sunflower seeds. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural Food and Biotechnological Engineering* 7(1): 1-3.
- Mavi, K., Ermis, S. and Demir, I. 2006. The Effect of priming on tomato rootstock seeds in relation to seedling growth. *Asian Journal of Plant Sciences* 5(6): 940-947.
- Mavi, K., Demir, I. and Matthews, S. 2010. Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. *Seed Science and Technology* 38: 14-25.

- Miano, A.C., Forti, V.A., Abud, H.F., Gomes-Junior, F.G., Cicero, S.M. and Augusto, P.E.D. 2015. Effect of ultrasound technology on barley seed germination and vigour. *Seed Science and Technology*, 43: 297-30.
- Miano CA, da Costa Pereira J, Castanha N, da Matta Júnior MD and Augusto ED 2016. Enhancing mung bean hydration using the ultrasound technology: description of mechanisms and impact on its germination and main components. *Scientific Reports Nature* 6: 38996.
- Mirshekari B., Farahvash F., Siyami R., Moghbeli A. H. And A. S. Khiabani 2013. Ultrasonic irradiation could increase germination and seedling vigor of common yarrow (*Achillea millefolium*), as a medicinal plant. *Life Science Journal* 10(5): 302-305.
- Moosavi S. A., S. A. Siadat, A. Poshtdar and F. Direkvand 2018. Ultrasonic Assisted Seed Priming to Alleviate Aging Damages to Milk Thistle (*Silybum marianum*) Seeds. *Not Sci Biol*, 10(2): 275-281.
- Moussatov, A., Granger, C. and Dubus, B. 2005. Ultrasonic cavitation in thin liquid layers. *Ultrasonics Sonochemistry* 12: 415-422.
- Nazari M. and Eteghadipour M. 2017. Impacts of Ultrasonic Waves on Seeds: Mini-Review. *Agricultural Research and Technology*. 6(3) : 555- 688.
- Nazari M., Sharififar A. and Asghari HR. 2014. *Medicago scutellata* seed dormancy breaking by ultrasonic waves. *Plant Breeding and Seed Science* 69(1): 15-24.
- Oliveira A. B., Filho E.G., Filho J.E., Prisco J.T. and Alencar N.L.M. 2012. Seed priming effects on growth, lipid peroxidation, and activity of ROS scavenging enzymes in NaCl-stressed sorghum seedlings from aged seeds, *Journal of Plant Interactions*, 7:2, 151-159.
- Ozden, E., Ermiş, S., Sahin, O., Taskın, M.B. and Demir I. 2018. Solid matrix priming treatment with O₂ enhanced Quality of leek seed lots. *Not Bot Horti Agrobo*, 46(2): 371-375.
- Paparella S., Arau S.S., Rossi G., Wijayasinghe M., Cabonera D. and Balestrazzi A. 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Rep*. 34: 1281–1293.
- Parera C.A. and Cantliffe D. J. 1994. Presowing seed priming. *Horticultural Review* 16: 109–114.
- Pascaru A., Giorgievici, A. Ş., Camen, D., Toth, I., Petolescu, C., Danci, M. and Moatăr, M. 2016. Ultrasounds effects on germination indices on *Vicia sativa*. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 20(2): 148- 151.

- Ramteke A.A., Meshram U. P. and Yaul A. R. 2015. Effect of Ultrasonic Waves on Seed Germination of *Lycopersicon Esculentum* and *Anethum Graveolens*. International Journal of Chemical and Physical Sciences, ISSN:2319-6602 IJCPS Vol. 4 Special Issue
- Ran H.Y, Yang L. and Cao Y. 2015. Ultrasound on Seedling Growth of Wheat under Drought Stress Effects. Agricultural Sciences, 6: 670-675.
- Ribera I. L. and Vicient C. M. 2017. Use of ultrasonication to increase germination rates of *Arabidopsis* seeds 13:31.
- Rinaldelli E. 2000. Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Capparis spinosa* L. as related to exposure time, temperature, and gibberellic acid. Advances in Horticultural Science, 14(4): 182-188.
- Scouten, A.J. and Beuchat, L.R. 2001. Combined effects of chemical heat and ultrasound treatments to kill *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. Journal of Applied Microbiology 92: 668-674.
- Sharififar A, Nazari M, Asghari HR 2015. Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, and *Zygophyllum eurypterum*. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants 2(3) : 102-104.
- Shekari F., Mustafavi S.H. and Abbasi A. 2015. Sonication of seeds increase germination performance of sesame under low temperature stress. Acta agriculturae Slovenica, 105(2): 203 – 212.
- Shin Y.K., Baque Md. A., Elghamedi S., Lee E.J., and Paek K.Y. 2011. Effects of activated charcoal, plant growth regulators and ultrasonic pre-treatments on *in vitro* germination and protocorm formation of *Calanthe* hybrids. Australian Journal of Crop Science, 5(5):582-588.
- Soleimanzadeh, H., 2013. Effect of seed priming on germination and yield of corn. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5(4): 366-369.
- Tilebeni GH. and A. Golpayegani 2011. Effect of seed ageing on physiological and biochemical changes in rice seed (*Oryza sativa* L.), International Journal of Agri Science, 1(3): 138-143.
- Toth I. 2012. The Effects of Ultrasound Exposure on the Germination Capacity of Birdsfoot Trefoil (*Lotus Corniculatus* L.) Seeds. Romanian J. Biophys., 22 (1): 13–20.
- Uchida and Yamamoto 2002. Effects of Mechanical Vibration on Seed Germination of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Plant Cell Physiol. 43(6): 647–651.

- Wang, Q., G., Chen, H., Yersaiyiti, Y., Liu, J., Cui, C., Wu, Y. and, Zhang, X., He I. 2012. Modeling analysis on germination and seedling growth using ultrasound seed pretreatment in switchgrass. Plos One 7(10): 47204.
- Yaldagard, M., Mortazavi, S.A. and Tabatabaie, F. 2008a. Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barley seed: optimization of method by the taguchi approach. Journal of The Institute of Brewing 114(1):14-21.
- Yaldagard, M., Mortazavi, S.A. and Tabatabaie, F. 2008b. Influence of ultrasonic stimulation on the germination of barley seed and its alpha-amylase activity. African Journal of Biotechnology 7 (14): 2465-2471.
- Zhang, Y.Y., Wu K.L., Zhang J.X., Deng R.F., Duan J., da Silva J. A. T., Huang W.C. and Zeng S.J. 2015. Embryo development in association with asymbiotic seed germination *in vitro* of *Paphiopedilum armeniacum* S. C. Chen et F. Y. Liu. Science Reports 5, 16356.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nurcan MEMİŞ

Doğum Yeri : EDİRNE

Doğum Tarihi : 30.06.1995

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise: Diyarbakır 80. Yıl Cumhuriyet Lisesi (2009-2011), Isparta Gazi Lisesi (2011-2013)

Lisans: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü (2013-2017)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı (Mart, 2020)

Bildiri ve Posterler

Özden E., Memiş N., Kapçak D., Durmuş E., Özdamar C., Özdemir M. ve Demir I. 2017. Electrical Conductivity Relates Seed Germination in Cress. 2nd International Balkan Agriculture Congress Tekirdağ .476-481. (Bildiri)

Özden E., Özel K., Kapçak D., Memiş N. and Demir I. 2017. The Effect of Priming Plus Vermicompost on Seed Quality and Seedling Performance of Dill (*Anethum graveolens* L.) International Congress on Medicinal and Aromatic Plants Konya. 421-424. (Bildiri)

Özden E., Kapçak D., Memiş N. ve Demir I. 2018. Farklı Priming Uygulamalarının Soğan Tohumlarında Başlangıç Canlılığı ve Depolama Koşullarına Etkisi. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Tohumculuk Kongresi Niğde. 188-194. (Bildiri)

Özden E., Memiş N., Ölker M., Issı N. ve Demir I. 2018. Farklı Sürelerde Yaşlandırmanın Kısa ve Uzun Gün Soğan Çeşitlerinde Tohum Çimlenmesine Etkisi. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Tohumculuk Kongresi Niğde. (Poster)

Memiş N. ve Demir I. 2019. Ultrasonik Priming Uygulamasının Sebze Tohumlarının Çimlenme ve Fide Çıkış Oranına Etkisi. XII. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu Kayseri. Bildiri Özetleri Kitabı syf: 18. (Bildiri)

Araştırma Projeleri

1180947 Etanolün Sebze Tohumlarında Güç Testi Olarak Kullanımı. TÜBİTAK, Bursiyer, Şubat 2019- Şubat 2020.