

## Mikrodalga Enerjisinin Buğdayda Çimlenme, Erken Fide Büyümesi ve Mitotik Bölünme Üzerine Etkisi

Ayten EROĞLU<sup>1\*</sup> Nilüfer ÇİRİĞ SELÇUK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Van, Türkiye

\*e-mail: ayteneroglu@gmail.com

Geliş tarihi/Received:26/06/2019

Kabul tarihi/Accepted:18/07/2019

### Özet

Bu çalışmada, mikrodalga enerjisinin buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Tir ve Bezostaja) tohumlarında çimlenme, erken fide büyümesi ve mitotik bölünme üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. İki kışlık buğday çeşidine ait tohumlar mikrodalga fırında 30, 60 ve 90 saniye süre ile orta dereceli enerjiye (460 W) maruz bırakılmıştır. Kontrol olarak mikrodalga uygulanmamış tohumlar kullanılmıştır. Kontrol ve mikrodalga uygulanmış tohumlar ortalama 25 °C sıcaklık ve 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyotta 1 hafta süreyle çimlenme ve fide büyümesi açısından gözlemlenmiştir. 2 günlük çimlenmiş tohumların kök uçları fikse edildikten ve asetik orsein ile boyandıktan sonra mitotik bölünme fazları incelenmiştir. Mikrodalgaya maruz bırakılmış tohumların çimlenme yüzdeleri kontrol bitkilerine göre önemli oranda düşük bulunmuştur. Bu etki, sürenin uzamasına bağlı olarak artmaktadır. Fidelerin kök ve gövde uzunluğu ile kök ve gövde yaş ağırlıkları üzerinde mikrodalga enerjisinin negatif bir etkisi görülmediği gibi mitotik bölünme fazlarında ve kromozom yapısında herhangi bir anormallik gözlenmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday, Mikrodalga enerjisi, Çimlenme, Mitotik bölünme

### Effect of Microwave Energy on Some Physiological Parameters and Mitotic Division of Wheat

#### Abstract

This study was conducted to examine the effects of microwave energy on germination, early seedling growth and mitotic division of wheat (*Triticum aestivum* L. cvç Tir and Bezostaja). Seeds of two winter wheat variety were exposed to middle level microwave energy (460 W) for 30, 60, 90 seconds in a household type microwave oven. For control, seeds not subjected to micrawave energy were used. Germination and seedling growth of control and microwave treated seeds at approximately 25 °C and 16 h light/8 hour dark photoperiod were observed for 7 days. Mitotic division phases were examined using fixed and stained root tips of germinated wheat seeds for two days. Germination percentage of microwave treated seeds was much lower than control ones. This effect was increased with prolonged exposure. As well as there was no negative effect of microwave energy on root and shoot lengths and fresh weights, any abnormalities on mitotic division phases and chromosome structure were not observed.

**Keywords:** Wheat, Microwave energy, Germination, Mitotic division

#### Giriş

Mikrodalgalar 300 MHz- 300 GHz frekans, 1mm-1m dalga boyuna sahip, iyonize edici olmayan, elektromanyetik spektrumun radyo dalgaları ile kızıl ötesi ışınlar arasında yer alan dalgalardır (Banik ve ark., 2003). II. Dünya Savaşı yıllarında askeri amaç için radar vakum tüpleri konusunda yapılan araştırmalar sırasında tesadüfen mikrodalganın aynı zamanda yiyecekleri ısıtma amaçlı kullanılabileceği bulunmuştur

(Osepchuk, 1984). Bilimsel, medikal ve endüstriyel amaçlı mikrodalga ısıtma için, çoğunlukla Federal İletişim Komitesi (FCC) tarafından onaylanan 2 frekans (0.915 ve 2.45 GHz) kullanılmaktadır. 2.45 GHz frekans su moleküllerinin rezonans frekansı olması sebebiyle genellikle ev tipi mikrodalga fırınlarda kullanılmasına rağmen, son yıllarda malzeme işleme amaçlı olarak 0.9-18 GHz arasında frekansa sahip mikrodalga fırınlar geliştirilmiştir (Lauf ve ark., 1993).

Geleneksel ısıtma yöntemlerinde, ısı materyale konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyon gibi yollarla transfer edilir, mikrodalga enerjisi ise elektromanyetik alanla moleküler etkileşim yoluyla maddelere doğrudan aktarılır. Mikrodalga ısıtma ısı transferi değil, elektromanyetik enerjinin termal enerjiye transferini sağlayan bir enerji dönüşümüdür. Mikrodalgaların metal dışındaki maddelerden geçebilme ve su içeren maddeler tarafından emilme gibi özellikleri, ısınmanın yüzeyden başladığı geleneksel ısıtma yöntemlerinin aksine mikrodalga ile hızlı ve homojen bir ısıtma yapılabilmesini mümkün kılar (Thostenson ve Chou, 1999).

Farklı alanlarda kullanımı olan mikrodalga uygulamalarına örnek olarak seramik üretiminde sinterleme (Meek ve ark., 1987), sentezleme, liç işlemi, kurutma, ısıtma (Yıldız ve Alp, 1999; Kutbay ve Kuşkonmaz, 2004), gıda teknolojisinde buz çözme (Taher ve Farid, 2001), pişirme (Knutson ve ark., 1987), haşlama (Lin ve Brewer, 2005), kurutma (Vadivambal ve Jayas, 2007; Erdem, 2007), sterilizasyon (Pucciarelli ve Benassi, 2005), pastörizasyon (Schlegel, 1992), tarım alanında toprak sterilizasyonu (İslam ve Weil, 1998), yabancı ot kontrolü (Sartorato ve ark., 2006), zararlı kontrolü (Kılıç ve ark., 2016; Vadivambal ve ark., 2010), çimlenmeyi arttırma (Ragha ve ark., 2011) verilebilir.

Mikrodalgalar uzun dalga boylarına sahip oldukları için enerjileri düşüktür, böylece gıdalar veya biyolojik materyallerle mikrodalgaların etkileşimi sonucu radyoaktivite ortaya çıkmadan maddeyi ısıtmak mümkündür (Bih, 2003). Ancak mikrodalgaların biyolojik etkilerinin tanımlanması ve değerlendirilmesi komplekstir ve bu yüzden tartışmalıdır. Son yıllarda mikrodalgaların dokular üzerinde ısıya bağlı olmayan etkilerinin olabileceği ile ilgili araştırmalar yapılmıştır (Banik ve ark., 2003).

Bu çalışmada, orta derecede mikrodalga enerjisinin iki kışlık buğday çeşidinde (*Triticum aestivum* L. cv. Tir ve Bezostaja) çimlenme, vejetatif büyüme ve mitotik bölünme üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılacak olan iki kışlık buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Tir ve Bezostaja) çeşidine ait tohumlar Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'nden temin edilmiştir. Mikrodalga uygulamaları için Beko MD2610 model ev tipi mikrodalga fırın kullanılmıştır.

## Yöntem

Denemeler Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga uygulamaları için buğday tohumları 30, 60 ve 90 saniye süreyle ev tipi bir mikrodalga fırında orta dereceli enerjiye (2.45 GHz, 460 W) maruz bırakılmıştır. Kontrol denemeleri için mikrodalga muamelesi görmemiş tohumlar kullanılmıştır. Uygulamalar için benzer görünüşlü tohumlar seçilmiştir. Mikrodalga uygulamasının ardından kontrol ve mikrodalgaya maruz kalan

tohumların yüzey sterilizasyonu 15 dakika boyunca % 5 hidroklorik asit kullanılarak yapılmıştır. 3 kez distile su ile yıkanan tohumlar filtre kağıdı yerleştirilmiş petri kaplarına her birine eşit miktarda (20 adet) tohum olacak şekilde yerleştirilmiş ve distile su kullanılarak her gün düzenli olarak sulanmıştır. Tohumlar ortalama 25 °C sıcaklık ve 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyotta laboratuvar koşullarında 1 hafta süreyle çimlenme ve vejetatif büyüme açısından gözlenmiştir. 3. günün sonunda tohumların % çimlenme oranları kaydedilmiş, 7. günde fideciklerin kök ve gövde uzunluğu ile yaş ağırlık değerleri alınmıştır. Kök ve gövde yaş ağırlık ölçüm değerlerinin alınabilmesi için kök ve gövde birbirinden ayrılmış, kurutma kağıdı ile fazla nem uzaklaştırıldıktan sonra her bir uygulama grubuna ait kök ve gövde parçalarının toplu olarak ağırlık ölçümleri kaydedilmiş, bulunan değerler bitki sayısına bölünerek ortalaması alınmıştır. Denemeler en az 3 biyolojik ve 3 teknik tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Mitotik bölünme denemeleri için 2. günün sonunda çimlenen buğday tohumlarının kök uçları carnoy çözeltisi kullanılarak fikse edilmiştir. 1 N HCl ile muamele edilen kök uçları asetik orsein boyası ile boyanarak ezme preparat yöntemiyle mikroskop altında incelenmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

### Buğdayda Erken Fide Büyümesine İlişkin Bulgular

Çimlenme değerlerine ait sonuçlar incelendiğinde, kontrol tohumlara göre mikrodalga uygulamasının her iki buğday çeşidinde de çimlenmeyi azaltıcı etkisinin bulunduğu görülmektedir. Buğday tohumlarının mikrodalga fırında enerjiye maruz kalma süreleri uzadıkça tohumların çimlenme kapasitelerinde önemli oranda düşüşler gözlenmiştir. Her iki çeşitte de en düşük çimlenme değerleri 90 saniye mikrodalgaya maruz kalmış tohumlardan elde edilmiştir. *Triticum aestivum* L. cv. Tir çeşidinde kontrole göre çimlenme değerindeki azalma 30 saniyede % 8, 60 saniyede % 40, 90 saniyede % 70 olmuştur. *Triticum aestivum* L. cv. Bezostaja çeşidinde ise bu değerler sırasıyla % 3, % 47 ve % 58'dir (Tablo 1). % çimlenme değerleri karşılaştırıldığında Bezostaja çeşidinin Tir çeşidine göre mikrodalga uygulamasına daha dayanıklı olduğu görülmektedir.

**Tablo 1.** Orta derecede mikrodalga enerjisinin Tir ve Bezostaja buğday çeşitlerinde çimlenme üzerine etkisi

	% Çimlenme	
	Tir	Bezostaja
<b>Kontrol</b>	96.6	93.3
<b>30 s</b>	88.8	90.0
<b>60 s</b>	56.6	46.6
<b>90 s</b>	26.6	35.3

Davis ve ark. (1971) mikrodalga ısıtmanın tohumlar üzerinde öldürücü etkisiyle ilgili yaptıkları çalışmada tohum hasarının tohumun su içeriği ve tohum tarafından absorbe edilen enerjiye bağlı olduğunu, fitotoksik etkinin kuru tohumlarda düştüğünü, bazı bitki türlerinin çok duyarlı olduğu halde bazılarının direnç gösterdiğini, ayrıca tohum kütlesi ve büyüklüğünün de türler arasında mikrodalga uygulamalarındaki sonuçlar üzerinde etkili olduğunu bulmuştur. (Davis ve ark., 1973). Yabani yulaf ve İngiliz çimine göre tane ağırlığı daha fazla olan buğday tohumlarının mikrodalga

uygulamalarına daha hassas olduğu belirlenmiştir (Brodie ve ark., 2007). Tohum kütlesi azaldıkça mikrodalgaya dayanıklılık artmaktadır. (Brodie ve Hollins, 2015).

Mercimek (*Lens culinaris* Med.) tohumları ile yapılan bir çalışmada 2.45 GHz frekansa sahip bir magnetron mikrodalga kaynağı olarak kullanılmıştır.. 0, 30, 60, 90 ve 120 saniye boyunca mikrodalga (450 W) muamelesi uygulanan tohumların çimlenme değerleri incelendiğinde 30 saniyelik uygulamada çimlenmede artış görülürken, süre uzadıkça çimlenme değerlerinde belirgin bir düşüş olduğu ve 120 saniyelik uygulamanın çimlenmeyi tamamen engellediği bulunmuştur (Aladjadjiyan, 2010).

Motallebi (2016)'nin kanola, soya fasulyesi ve aspir ile yaptığı bir çalışmada 2450 MHz frekanslı mikrodalgaya 0, 100, 200, 400, 600 ve 800 W güç seviyelerinde üç ve beş dakika boyunca maruz kalan tohumların tohum canlılığı ve güç seviyesi arasında negatif yönde bir ilişki olduğunu bulunmuştur. Ayrıca mikrodalga radyasyonunun tohum çimlenme yüzdesini de düşürdüğü görülmüştür.

Iuliana ve ark. (2013) arpa (*Hordeum vulgare* L.) tohumları üzerine mikrodalga radyasyonunun etkilerini inceledikleri araştırmalarında 2.45 GHz frekanslı bir magnetron kullanmışlardır. Arpa tohumları 400 W ve 720 W olmak üzere iki farklı enerji seviyesinde 30, 60 ve 90 saniye tutulduktan sonra tohumların çimlenmeleri 3, 7 ve 10 gün boyunca gözlenmiştir. Çimlenme değerleri 30 saniye boyunca 400 W enerji alan bitkilerde kontrol tohumlara göre artış gösterirken, artan süre ve enerji düzeylerinin tohum çimlenmesi üzerine önemli derecede inhibe edici etkisinin olduğu bulunmuştur. Yüksek enerji seviyelerinde moleküller tarafından absorbe edilen enerji miktarı artmakta, aynı zamanda uygulama süresi uzadıkça hücre fonksiyonları üzerinde tahrip edici etki olmaktadır.

Bamya ve mısırın 2450 MHz mikrodalga radyasyonu ile 1, 2, 3 ve 5 saniye muamelesi sonucu mısır tohumlarının çimlenmesinin mikrodalgadan etkilenmediği, buna karşılık bamya tohumlarının mikrodalga uygulamasında çimlenme değerlerinde kontrol değerlerle karşılaştırıldığında düşüş olduğu bulunmuştur (Naeem ve ark, 2013).

Mikrodalga uygulaması ayrıca topraklardaki yabancı ot tohumlarının elimine edilmesi için kullanılabilir. Yabancı otlarla mücadelede sıklıkla herbisitler kullanılmakta, ancak zaman içinde bitkilerde herbisit direnci gelişebilmekte, bu yüzden yeni kontrol stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yabani yulaf ve diğer ot tohumlarının bulunduğu bir toprağa mikrodalga uygulandığında tohum hassasiyetinin tamamen ısıya bağlı olduğu bulunmuştur. Toprak sıcaklığı 75 °C'ye yükseldiğinde tohum çimlenmesinde ani bir düşüş görülürken, 80 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda tohum çimlenmesi tamamen inhibe olmuştur (Barker ve Craker, 1991). 126 saniye boyunca mikrodalga enerjisine maruziyet roka ve tere tohumlarının çimlenmesini % 100'e varan bir oranda engellemiştir (Şahin, 2014). Çim ve yabani turp bitkisi tohumlarının topraktan elimine edilebilmesi için gerekli mikrodalga enerjisi miktarının araştırıldığı bir çalışmada bu tohumlar için % 100 oranında ölümcül etki yapan değerler belirlenmiştir (Brodie ve Hollins, 2015). Çalışmamızda orta seviyede mikrodalga enerjisinin uygulama süresi uzadıkça tohum çimlenmesi üzerine çimlenmeyi engelleyici etkisinin bulunmasının mikrodalga fırın içinde oluşan ısı artışına bağlı olarak tohumda embriyo ve benzeri yapıların hasar görmesi sonucu olduğu düşünülmektedir.

Çeşitli stres faktörleri veya içsel faktörler yüzünden tohum çimlenmesinin engellendiği durumlarda priming ismi verilen bazı uygulamalarla çimlenmeme sorunlarının önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemlerden bir tanesi mikrodalga uygulamasıdır (Campbell, 1977). Sert ve geçirgen olmayan bir kabuğa sahip akasya tohumlarıyla yapılan bir çalışmada 2450 MHz mikrodalga enerjisine maruz kalan

tohumların kabuklarının geçirgenliğinin artmasıyla çimlenme değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir (Tran, 1979). Kimyon tohumları 20 W mikrodalga radyasyonunda 40 ve 50 saniye muamele edildiğinde tohumların çimlenme seviyesinde artış görülürken, 60, 70 ve 80 saniye mikrodalga uygulamasının tohum çimlenmesi üzerinde engelleyici etkisinin olduğu bulunmuştur (Amirnia ve ark., 2015). 200 ve 300 W mikrodalga enerjisinde 20 saniye boyunca tutulan soya fasulyesi tohumlarının çimlenme değerlerinin arttığı görülmüştür (Ghiyasi ve ark., 2011).

Mikrodalga uygulamasının bir hafta boyunca gözlemlenen kök ve gövde büyümesi üzerinde engelleyici etkisi bulunmamıştır. Tir çeşidinde kontrol ve mikrodalga uygulaması ile elde edilen kök uzunluğu değerleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Aynı çeşidin gövde uzunluğu değerlerine ait sonuçlar incelendiğinde mikrodalga uygulamalarının kontrole göre gövde uzunluğunu artırıcı etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bezostaja çeşidine ait kök uzunluğu değerlerinin mikrodalga uygulamasında Tir çeşidine benzer şekilde önemli bir değişim göstermediği, buna karşın gövde uzunluğu değerlerinin kontrol uygulamasına göre yüksek olduğu bulunmuştur (Tablo 2).

Kök yaş ağırlığı değerleri incelendiğinde Tir ve Bezostaja çeşidinde 30 ve 60 saniyelik mikrodalga uygulamalarında kontrole göre ağırlık değerlerinde artma gözlenirken, 90 saniyelik uygulamada kontrol uygulamasına göre bir farklılık görülmemiştir. Gövde yaş ağırlık değerlerinde her iki çeşitte de mikrodalga uygulamasında kontrol değerlere göre artış bulunmuştur (Tablo 3).

**Tablo 2.** Orta derecede mikrodalga enerjisinin Tir ve Bezostaja buğday çeşitlerinde kök ve gövde uzunluğu üzerine etkisi (SE: standart hata)

	Kök uzunluğu (cm) ± SE		Gövde uzunluğu (cm) ± SE	
	Tir	Bezostaja	Tir	Bezostaja
<b>Kontrol</b>	11.87 ± 0.87	12.22 ± 0.8	12.08 ± 0.85	10.87 ± 0.97
<b>30 s</b>	12.35 ± 0.75	12.81 ± 0.96	14.58 ± 1.69	11.72 ± 0.73
<b>60 s</b>	11.75 ± 0.88	11.15 ± 0.64	13.24 ± 1.21	12.16 ± 0.85
<b>90 s</b>	12.12 ± 0.76	11.56 ± 0.72	14.24 ± 1.63	12.22 ± 0.72

**Tablo 3.** Orta derecede mikrodalga enerjisinin Tir ve Bezostaja buğday çeşitlerinde kök ve gövde yaş ağırlığı üzerine etkisi (SE: standart hata)

	Kök yaş ağırlığı (mg) ± SE		Gövde yaş ağırlığı (mg) ± SE	
	Tir	Bezostaja	Tir	Bezostaja
<b>Kontrol</b>	40.5 ± 1.68	28.00 ± 1.35	77.6 ± 2.91	70.15 ± 2.10
<b>30 s</b>	56.79 ± 1.82	40.59 ± 2.23	83.45 ± 1.98	74.00 ± 2.47
<b>60 s</b>	59.87 ± 2.18	41.03 ± 2.03	103.77 ± 3.22	81.31 ± 1.88
<b>90 s</b>	34.21 ± 2.25	29.49 ± 1.61	89.85 ± 2.43	82.68 ± 1.74

Hamada (2007) yaptığı bir araştırmada buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Sakha 61) tohumlarını 15, 45 ve 75 dakika boyunca 2.85 cm dalga boyu ve 10.525 GHz frekansa sahip mikrodalga radyasyonuna maruz bırakmıştır. Çimlenen tohumlar 7 ve 14 gün sonra hasat edilmiş, 15 ve 45 dakika mikrodalga uygulanan tohumlarda gövde uzunluğu, yaş ve kuru ağırlık değerlerinin arttığı görülmüştür.

Buğday, nohut, maş fasulyesi ve güve fasulye (matki) ile yapılan bir çalışmada farklı güç seviyeleri ve uygulama sürelerinin çimlenmeyi ve fidelerin büyüme parametrelerini artırıcı etkisinin olduğu bulunmuştur. Artan güç ve uygulama süresine bağlı olarak çimlenme, gövde ve kök uzunluğu, biyokütle gibi değerlerde kontrole kıyasla azalmalar gözlenmiştir. Düşük mikrodalga güç seviyelerinde ise daha iyi fide

büyümesinin olduğu belirlenmiştir. Artan frekans çimlenme ve biyokütle üzerinde artırıcı etki göstermiştir. Çimlenme ve fizyolojik parametrelerin bitki türlerine bağlı olarak farklılık gösterdiği bulunmuştur (Ragha ve ark., 2011). Yaptığımız çalışmada iki buğday çeşidi arasında çimlenme ve fizyolojik değerler arasında farklılıkların olması mikrodalga uygulamalarından türlerin farklı şekilde etkilendiğini doğrulamaktadır. Ayrıca büyüme artışının mikrodalga enerjisine bağlı olarak tohumdaki karbohidratların parçalanması ve besin maddelerinin embriyoya aktarılması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Dario ve Salgado, 1994).

### **Mitotik Bölünme Parametrelerine İlişkin Bulgular**

Artan sürelerde orta derecede mikrodalgaya maruz kalan iki buğday çeşidinin tohumlarının 2 günlük çimlenme periyodunun ardından kök uçları kullanılarak yapılan çalışmada, orta derecede mikrodalga enerjisinin her iki buğday çeşidinde mitoz bölünme evreleri ve kromozom yapısı üzerinde herhangi bir anormalliğe sebep olmadığı bulunmuştur.

Mısır tohumları TEM (transverse electromagnetic) hücre içinde, 1 GHz frekansa sahip, 10 W ve 17 W güç seviyesinde düşük düzeyde mikrodalga altında 30, 60 ve 180 saniye boyunca tutulmuştur. Mikrodalga muamesesi gören tüm örneklerde bölünen hücre sayısının azaldığı, bu etkinin uygulama süresi uzadıkça arttığı görülmüştür. Bunun yanında kromozom yapısında da değişimler görülmüştür. İnterfazda mikronukleus oluşumu, anafazda kırılmış kromozomlar ve kromozom köprüsü oluşumu gözlenen anormallikler arasında bulunmaktadır (Răuciu ve ark., 2014).

Radyofrekans elektromanyetik alanlar elektromanyetik spektrumun uzun dalga boyulu, düşük frekanslı ve enerjili kısmını oluşturmaktadır. Tkalec ve ark. (2009) soğan tohumları üzerine radyofrekans elektromanyetik alanların etkisini araştırmışlardır. Tohumlar 400 ve 900 MHz olmak üzere iki farklı frekansta ve farklı alan güçlerinde ( 0, 23, 41 ve 120 V m<sup>-1</sup>) 2 saat tutulmuştur. 400 ve 900 MHz'de yüksek alan gücünde mitotik indekste artışlar görülürken, aynı zamanda kontrolle kıyaslandığında yüksek oranda mitotik anormalliklerin olduğu bulunmuştur.

Yaptığımız çalışmada orta derecede mikrodalga enerjisinin buğdayda mitotik bölünme ve kromozom yapısı üzerinde herhangi bir değişikliğe sebep olmamasının bitki türlerinin mikrodalgadan farklı şekilde etkilenmesi, uygulama yöntemi ve süresi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Davis ve ark. (1973) tohum kütlesi ve büyüklüğü arttıkça bitki türlerinin mikrodalgaya daha duyarlı hale geldiğini belirtmiştir.

### **Sonuç**

Bu çalışmada orta derecede mikrodalga enerjisinin buğday tohumlarında çimlenme, erken fide büyümesi ve mitotik bölünme fazları üzerine olan etkisi incelenmiştir. Buğday tohumlarının mikrodalga fırın içinde kalma süresi uzadıkça çimlenme oranlarında buna paralel olarak düşüşler gözlenmiştir. Mikrodalga uygulamasının kök ve gövde uzunluğu ile yaş ağırlık gibi erken fide büyümesine ait değerlerde olumsuz bir etkisi görülmemiştir. Fide büyümesine ait değerlere benzer şekilde mitotik bölünme fazlarında mikrodalganın herhangi bir anormalliğe neden olduğu gözlenmemiştir. Bu çalışmanın devamı olabilecek ve buna benzer daha ileri çalışmalar için yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Aladjadjiyan, A. (2010). Effect of microwave irradiation on seeds of lentils (*Lens culinaris* Med.). *Romanian Journal of Biophysics*, 20(3), 213-221.
- Amirnia, R., Ghiyasi, M., Tajbakhsh, M. (2015). Effect of microwave radiation period on germination of cumin. *4th National Congress on Medicinal Plants*, 12- 13 May, Tehran, Iran.
- Banik, S., Bandyopadhyay, S. and Ganguly, S. (2003). Bioeffects of microwave-a brief review. *Bioresource Technology*, 87(2), 155-9.
- Barker, A.V., Craker, L.E. (1991). Inhibition of weed seed germination by microwaves. *Agronomy Journal*, 83(2), 302–305.
- Bih, J.Z. (2003). The microwave technology. *13th Int. Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology*, 15-21.
- Brodie, G., Botta, C., Woodworth, J. (2007). Preli-minary investigation into microwave soil pasteurization using wheat as a test species. *Plant Protection Quarterly*, 22(2):72-75.
- Brodie, G., Hollins, E. (2015). The effect of microwave treatment on ryegrass and wild radish plants and seeds. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 2, 16-24.
- Campbell, G. S.(1977). *An introduction to environmental biophysics*. Springer-Verlag, N.Y., USA.
- Dario, A. C., Salgado, J. M. (1994). Supplementation of irradiated and non-irradiated cowpea bean (*Vigna unguiculata* L. var. *walp*) protein with cereal proteins. *Plant Foods Human Nutr.*, 46, 213-219.
- Davis, F. S., Wayland, J. R., Merkle, M. G. (1971). Ultrahighfrequency electromagnetic fields for weed control: phytotoxicity and selectivity. *Science*, 173(3996), 535–537.
- Davis, F. S., Wayland, J. R., Merkle, M. G. (1973). Phytotoxicity of a UHF electromagnetic field. *Nature*, 241 (5387), 291–292.
- Erdem, T. (2007). *Ozonlu su ile yikanan kırmızı pul biberin mikrodalga enerjisi ile kurutulması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana, 78 sayfa.
- Ghiyasi, M., Amirnia, R., Tajbakhsh, M., Hassanzadeh, A., Valizadegan, G.O. (2011). Effect of microwave radiation on germination and seedling growth of soybean (*Glycine max*) seeds. *9. Tarla Bitkileri Kongresi*, 12-15 Eylül, Bursa.
- Hamada, E. A. M. (2007). Effects of microwave treatment on growth, photosynthetic pigments and some metabolites of wheat. *Biologia Plantarum*, 51(2), 343-345.
- Islam, K. R., Weil, R. R. (1998). Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biology and Fertility of Soils*, 27(4), 408-416.
- Iuliana, C., Giancarla, V., Sorina, R. (2013). The effect of microwave irradiation on the germination of barley seeds (*Hordeum vulgare* L.). *48th Croatian & 8th International Symposium on Agriculture* , Dubrovnik , Croatia.
- Kılıç E., Çelen S., Önler E., Durgut M. R., Çelen İ. H., Kılıç N., Kama N. (2016). Effectiveness of microwave energy as a tool for red spider (*Tetranychus urticae*) control and their side effects on some vegetable plants, *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, 4, 18-25.
- Knutson, K.M., Marth, E.H., Wagner, M.K. (1987). Microwave heating of food. *Lebensm.Wiss. u.Technol.*, 20, 101-110.

- Kutbay, I., Kuşkonmaz, N. (2004). Mikrodalga ısıtmanın seramik üretiminde kullanılması. *Metalurji Dergisi*, 137.
- Lauf, R. J., Bible, D. W., Johnson, A. C., Everliegh, C. A. (1993). 2-18 GHz broadband microwave heating systems. *Microwave Journal*, 36(11), 24–27.
- Lin, S., Brewer, M. S. (2005). Effects of blanching method on the quality characteristics of frozen peas. *J. Food Quality*, 28, 350–360.
- Meek, T. T., Blake, R. D., Petrovic, J. J. (1987). Microwave sintering of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiC whisker composites. *Ceram. Eng. Sci.Proc.*, 8(7-8), 861-871.
- Motallebi, A. (2016). Effect of microwave radiation on seed viability, survival of *Aspergillus niger* L. Van Tieghem and oil quality of oilseeds crops canola, soybean and safflower. *Acta Agriculturae Slovenica*, 107(1), 73 – 80.
- Naeem, A., Saeed, M., Abid, M., Shaukat, S. S. (2013). Effect of UV-B and microwave radiation on seed germination and plant growth in corn and okra. *Fuuast J. Biol.*, 3(1): 55-62.
- Osepchuk, J. M. (1984). A History of microwave heating applications. *Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 32(9), 1200-1224.
- Pucciarelli, A. B., Benassi, F. O. (2005). Inactivation of *Salmonella enteritidis* on raw poultry using microwave heating. *Braz. Arch. Biol. Techn.*, 48(6), 939-945.
- Răuciu, M., Iftode, C., Miclăuș, S. (2014). 1 GHz low-thermal microwaves effect on mitotic division of vegetal tissues. *International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering*, 16-18 October, Iasi, Romania.
- Ragha, L., Mishra, S. , Ramachandran, V., Bhatia, M. S. (2011). Effects of low-power microwave fields on seed germination and growth rate. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 3, 165-171.
- Sartorato, I., Zanin, G., Baldoin, C., De Zanche, C. (2006). Observations on the potential of microwaves for weed control. *Weed Research*, 46,1-9.
- Schlegel, W. (1992). Commercial pasteurization and sterilization of food products using microwave technology. *Food Technology*, 46(12), 62-63.
- Şahin, H. (2014). Effects of microwaves on the germination of weed seeds. *Journal of Biosystems Engineering*, 39(4), 304-309.
- Taher, B. J. ve Farid, M. M. (2001). Cyclic microwave thawing of frozen meat: experimental and theoretical investigation. *Chem. Eng. Process*, 40, 379-389.
- Thostenson, E. T., Chou, T. W. (1999). Microwave processing: *Fundamentals and applications*. *Composites A.*, 30, 1055-1071.
- Tkalec, M., Malarić, K., Pavlica, M., Pevalek-Kozlina, B., Vidaković-Cifreka, Z. (2009). Effects of radiofrequency electromagnetic fields on seed germination and root meristematic cells of *Allium cepa* L. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 672(2), 76-81.
- Tran, V.N. (1979). Effects of microwave energy on the strophiole, seed coat and germination of Acacia seeds. *Functional Plant Biology*, 6(3), 277-287.
- Vadivambal, R., Jayas, D.S. (2007). Changes in quality of microwave-treated agricultural products. *Biosyst. Eng.*, 98, 1-16.
- Vadivambal, R., Deji, O.F., Jayas, D.S., White, N.D.G. (2010). Disinfestation of stored corn using microwave energy. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(1), 18-26.
- Yıldız, K., Alp, A. (1999). Using of microwave in metallurgical processes. *Metalurji TMMOB*, 24(125), 1300-1324.