



Mikrodalga radyasyonunun *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) erginleri üzerindeki öldürücü etkisi

**Uğur AZİZOĞLU¹, Salih KARABÖRKLÜ², Semih YILMAZ¹,
Abdurrahman AYVAZ³, Rıdvan TEMİZGÜL³**

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kayseri, TÜRKİYE

²Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Osmaniye, TÜRKİYE

³Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kayseri, TÜRKİYE

ÖZET

Mikrodalga radyasyonunun insektisidal aktivitesinin belirlenmesi amacıyla *T. castaneum* erginleri değişen güç ve sürelerde mikrodalga radyasyonuna maruz bırakılmıştır. Mikrodalga radyasyonunun güç ve uygulanma süresindeki artış ergin ölüm oranlarının artmasına neden olmuştur. 360 W'lık mikrodalga radyasyonu 120s süreyle uygulandığında erginlerin tamamı ölmüştür. Kaynağın gücü ve artan uygulama süresi ergin ömür uzunluğunu önemli ölçüde kısaltmıştır. Kontrolde erginlerin ortalama ömür uzunluğu 10.56 gün olarak gözlenmişken bu oran 150 W'lık radyasyon 300s uygulandığında ancak 1.26 gün olmuştur. 150 W'lık uygulamada LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri sırasıyla, 225 ve 389s olarak hesaplanmışken bu süreler 900 W'ta sırasıyla, 16 ve 32s 'ye kadar düşmüştür. Bu çalışmada *T. castaneum* ile bulaşmış ürünlerin mikrodalga radyasyonu ile kısa sürede bu zararlardan arındırılabilceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Tribolium castaneum
Mikrodalga radyasyonu
Ölüm oranı
Ömür uzunluğu

Insecticidal activity of microwave radiation on *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) adults

ABSTRACT

This study was conducted to determine the insecticidal activity of microwave radiation on the *T. castaneum* adults, and microwave radiation was applied on the adults at different power and exposure times. Increasing mortality was observed depending on the rising power of radiation source and exposure times. Complete mortality of adults occurred at 360 W and 120s exposure time. Mean longevity of adults decreased with increasing power and exposure times. The mean longevity calculated as 10.56 day for control group, but this rate decreased to 1.26 day after exposure to 150 W for 300s. LT₅₀ and LT₉₉ values were estimated as 225 and 389s, respectively at 150 W, but these values decreased to 16 and 32s at 900 W. Current study showed that the stored products contaminated with *T. castaneum* could be disinfected with microwave radiation in a short period.

Keywords

Tribolium castaneum
Microwave radiation
Mortality
Longevity

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-posta: skaraborklu@osmaniye.edu.tr

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması nedeniyle ihtiyaç duyulan besin miktarı da artmaktadır. Bu nedenle tarımsal ürünlerden, özellikle de tahıllardan yüksek verim elde etmek için etkili üretim yöntemlerinin geliştirilmesi ve meydana getirilen ürünün özellikle de depo koşullarında korunması çok önemlidir [1]. Tarım alanlarından hasat edilen ürünler depolanma sırasında birçok zararlı böceğin istilasına uğramakta ve bu zararlılar üründe ağırlık kaybına neden olmanın yanı sıra mikrobiyal aktivitenin artmasına ortam hazırlayarak zararın çok daha ciddi boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır.

Un biti, *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae), önemli bir depolanmış ürün zararlısıdır. Un değirmenlerinde ve tahıl ambarlarında ciddi tahribat meydana getirmektedir. Erginleri koku bezlerinden kötü kokulu bir sıvı salgılayarak üründe kokuşmaya ve küflenmeye neden olur [2]. Depolanmış ürün zararlısı böceklerle mücadelede genellikle malatyon, kloropirofosmetil, fosfin ve metil bromid gibi kimyasallar kullanılmaktadır [3]. Kimyasal maddelerin kullanımı ozon tabakasının incelmeye [4, 5], zararlı böceklerin direnç kazanmasına [6], memeliler üzerinde toksik etkilerin görülmesine, besin zincirinin bozulmasına, zararlı böcekler üzerinde olumsuz etkilerin görülmesine, bazı türlerin hassaslaşmasına ve bazı türlerinde yok olmasına neden olmaktadır [7]. Kimyasal ilaçların neden olduğu bu zararlar nedeniyle kimyasal mücadeleye alternatif, sağlıklı ve etkili mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır [8]. Radyasyon teknikleri kimyasal mücadeleye alternatif fiziksel mücadele yöntemleri arasında yer almaktadır. Zararlı böceklerin kontrolünde radyasyon (ışınlama) tekniklerinin kullanımı hususunda birçok araştırma yapılmıştır [8, 9-15]. Işınlama teknikleri uygun dozlarda uygulandığında, böceklerde kısırlaştırıcı, gelişimi engelleyici ve öldürücü etkilere neden olmakla birlikte direnç oluşturmama ve besinde kalıntı oluşturmama gibi avantajlara sahiptir [16, 17].

Mikrodalga radyasyonu, iyonize olmayan fiziksel ışınlama tekniklerinden biridir. Mikrodalga uygulanan materyale iyi bir şekilde nüfuz eder, üründe kalıntı bırakmaz, çevre üzerinde minimal etki gösterir ve ürün içerisinde ve dışarısında bulunan zararlıları öldürme özelliğine sahiptir [18]. Bu çalışma, mikrodalga radyasyonunun, önemli bir zararlı olan *T. castaneum* üzerindeki öldürücü etkisinin araştırılması ve zararlının kimyasal mücadeleye alternatif bir yöntemle kontrol edilmesi amacıyla planlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Böcek Kültürü

T. castaneum erginleri, enfekte olmuş buğday tohumlarından toplanarak Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyolojik Mücadele Araştırma Laboratuvarına getirilmiş ve bira mayası (%5) ve un karışımından oluşan besi yerlerinde kültüre alınmıştır [19]. Kültür, $27\pm 1^\circ\text{C}$ ve $\%60\pm 5$ nispi neme ve 14:10 (Aydınlık: Karanlık) saatlik fotoperiyoda ayarlanmış yetiştirme odasında üretilmiştir [15, 20, 21].

Mikrodalga Uygulaması

Mikrodalga radyasyonunun *T. castaneum* erginleri üzerindeki öldürücü etkisinin belirlenmesi amacıyla, 10'ar adet ergin birey alınmış ve cam petrilere konulmuştur. Petrilerin üst kapakları açık bırakılmış ve daha sonra mikrodalga fırınına (2.45 GHz ve 900W, Vestel MD 23) yerleştirilmiştir. Erginler, 150-900 Watt arasında değişen güçlerde (doz) ve 10-300 saniye arasında değişen süreler boyunca mikrodalga radyasyonuna maruz bırakılmıştır. Uygulamadan sonra ölen ve yaşayan bireyler tespit edilmiş ve her bir güç ve uygulama süreleri için yüzde ölüm oranları belirlenmiştir. Yaşayan bireyler petri kaplarından alınarak her bir tüpe lade olacak şekilde cam tüplere konulmuş ve ömür uzunlukları takip edilmiştir. Üçer tekrür halinde gerçekleştirilen her bir doz ve uygulama süresi için, ortalama ömür uzunlukları belirlenmiştir. Her bir uygulamadan sonra uygulanan süre ve ölüm oranlarından yola çıkarak populasyonun % 50 ve % 99'unu öldürmek için gerekli olan süreler (Letal Time; LT_{50} ve LT_{99}) hesaplanmıştır.

İstatistiksel Analiz

LT_{50} ve LT_{99} değerlerinin hesaplanmasında SPSS programı kullanılmış ve probit analizi yapılmıştır [22].

Ortalama ömür uzunluklarının karşılaştırılmasında tek faktör ANOVA testi uygulanmıştır. Ortalama değerlerin ayırt edilmesinde %5'lik güven aralığında LSD testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR

T. castaneum erginleri 150 W'lık mikrodalga radyasyonuna (10-300s arasında değişen sürelerde) maruz bırakılmıştır. 120s ve altındaki sürelerde ölüm gerçekleşmemişken 120s ve üzerindeki uygulama sürelerinde ölüm gözlenmiştir. En uzun uygulama süresinin sonunda (300s) erginlerdeki ölüm oranı

%86.67 olarak belirlenmiştir. Uygulama süresindeki artış ömür uzunluğunu önemli ölçüde kısaltmıştır ($F = 57.135$; s.d.= 8; $P<0.0001$). Kontrol grubundaki ortalama ömür uzunluğu 10.56 gün iken bu oran en uzun uygulama süresinde 1.26 olarak kaydedilmiştir (Tablo 1). 360 W'lık mikrodalga radyasyonu uygulamasının 60s sonrasında ölümler görülmüş ve bu uygulama süresinin üzerindeki sürelerde bireylerin tamamı ölmüştür. Uygulama süresi arttıkça yaşayan erginlerin ömür uzunluğunun önemli oranda kısaldığı görülmüştür ($F = 19.809$; s.d.= 4; $P<0.0001$). Kontrol grubunda ortalama ömür uzunluğu 10.36 gün iken, 60s süreyle 360 W'lık mikrodalga radyasyonu uygulandığında 4.33 güne inmiştir. 360 W'lık uygulamada olduğu gibi 430W'lık uygulamada da 60s sonrasında ölümler görülmüş ve bu sürenin üzerindeki uygulama sürelerinde erginlerin tamamı ölmüştür (Tablo 1). Uygulama süresi arttıkça ömür uzunluğunun kısaldığı ve 60s sonrasında 11.33

günden 4.83 güne düştüğü görülmüştür ($F = 22.535$; s.d.= 4; $P<0.0001$). Mikrodalga radyasyonu 600W'lık güçte 30s süreyle uygulandığında erginlerdeki ölüm oranının % 70 olduğu ve bu sürenin üstündeki uygulamalarda erginlerin tamamının öldüğü görülmüştür. Uygulama süresindeki artış ömür uzunluğunu önemli ölçüde azaltmıştır ($F = 31.940$; s.d.= 3; $P<0.0001$). Mikrodalga radyasyonu 765 W'lık güçte uygulandığında erginlerin tamamı 30s içerisinde ölmüş ve bu sürenin altındaki sürelerdeki yaşayan erginlerin ömür uzunluğu kısalmıştır ($F = 12.174$; s.d.= 2; $P<0.0001$). 900 W'lık mikrodalga radyasyonu diğer uygulamalara oranla erginler üzerinde daha etkili olmuş, 20s'lik uygulamada erginlerin %70' ölmüş ve yaşayan bireylerin ömür uzunluğu önemli oranda kısalmıştır ($F = 41.389$; s.d.= 2; $P<0.0001$). Daha uzun süreli uygulamalarda ise erginlerin tamamı ölmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. *T. castaneum* erginleri üzerine mikrodalga radyasyonun etkisi

	Uygulama Süresi								
	Kontrol	10s	20s	30s	60s	120s	180s	240s	300s
150 Watt									
% lüm	-	-	-	-	-	-	33.34	56.67	86.67
ÖU (±SS)	10.56±2.6a*	10.20±2.7ab	10.00±2.5ab	9.43±2.6abc	8.63±2.9bc	7.90±2.9c	4.66±3.2d	3.16±2.9e	1.26±0.6f
360 Watt									
% Ölüm	-	-	-	-	36.67	100	100	100	100
ÖU (±SS)	10.36±2.9a	9.06±2.7a	8.56±2.62a	7.10±3.18b	4.33±2.90c	♦	♦	♦	♦
430 Watt									
% Ölüm	-	-	-	-	66.67	100	100	100	100
ÖU (±SS)	11.33±3.16a	9.00±2.62ab	9.40±2.49b	8.16±2.22b	4.83±3.86c	♦	♦	♦	♦
600 Watt									
% Ölüm	-	-	-	70	100	100	100	100	100
ÖU (±SS)	11.70±3.55a	11.06±3.72a	7.53±4.62b	4.26±3.78c	♦	♦	♦	♦	♦
765 Watt									
% Ölüm	-	-	33.34	100	100	100	100	100	100
ÖU (±SS)	11±3.84a	8.77±6.28b	4.96±4.35c	♦	♦	♦	♦	♦	♦
900 Watt									
% Ölüm	-	13.40	70.00	100	100	100	100	100	100
ÖU (±SS)	11.2±2.74a	9.46±4.36a	3.23±2.95b	♦	♦	♦	♦	♦	♦

SS: Standart Sapma, ♦: Uygulama sonrası bütün bireyler ölmüştür.

*: Aynı satırda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak bir farklılık yoktur.

ÖU: Ömür uzunluğu.

Farklı güçlerde mikrodalga uygulandıktan (10-300s) sonra LT_{50} ve LT_{99} değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler, 150 W'lık uygulamada 225 ve 389s olarak

hesaplanmışken güç artışına bağlı olarak azalmış ve 900 W'da sırasıyla 16 ve 32s olarak hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo2. Probit analizi sonucu hesaplanan LT₅₀ ve LT₉₉ değerleri

Uygulanan Güç (Watt)	LT ₅₀ (fl)	LT ₉₉ (fl)	Ki-Kare (χ^2)
150	225.00 (207.23-245.08)	389.15 (349.64-452.52)	6.92
360	74.69 (66.03-85.38)	132.13 (115.35-159.90)	26.31
430	64.72 (56.63-76.55)	118.07 (100.05-151.10)	7.82
600	25.45 (22.81-28.86)	45.05 (38.73-58.09)	12.16
765	17.48 (14.94-20.19)	37.43 (32.13-46.92)	18.30
900	16.11 (13.84-18.45)	31.81 (27.65-39.02)	15.37

fl: fiducial limit (alt ve üst sınır)

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Mikrodalga radyasyonunun insektisidal aktivitesinin belirlenmesi amacıyla *T. castaneum* erginleri değişen güç ve süreler boyunca radyasyona maruz bırakılmıştır. Mikrodalga radyasyonunun gücündeki ve uygulanma süresindeki artış erginlerde görülen ölüm oranlarının artmasına neden olmuştur. 150 W'lık radyasyona 180s maruz bırakılan erginlerden %33.34'ü ölmüşken 360 W'da aynı süre içerisinde erginlerin tamamı ölmüştür. 900 W'lık mikrodalga radyasyonuna 10s maruz bırakılan erginlerdeki ölüm oranı %13.40 iken bu oran 30s sonunda %100'e ulaşmıştır. *T. castaneum*'un yumurta, larva, pupa ve ergin dönemleri değişen güç ve sürelerde mikrodalga radyasyonuna maruz bırakıldığında da benzer etkiler gözlenmiştir [23]. *T. castaneum* erginlerine 360 W'lık mikrodalga radyasyonuna 60s süreyle maruz kalan erginlerin yalnızca %36'sı ölmüşken, 120s' de erginlerin tamamı ölmüştür. Vadivambal ve ark. [23] tarafından yapılan çalışmada ise 400 W'lık uygulamada 56s sonunda erginlerin %90'ı ölmüştür. Yüksek güçte (900 W) ve kısa süreli (10 ve 20s) radyasyon uygulamalarında dahi yaşayan bireylerin olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalar böceklerin erginlerinin diğer dönemlerine oranla mikrodalga radyasyonuna karşı daha dirençli olduğunu göstermiştir [24, 25]. Bu durumun ergin dönemdeki hücre bölünmesi ve doku farklılaşmasının diğer dönemlere oranla daha az olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [17].

Bu çalışmada, mikrodalga radyasyon uygulama süresinin güç artışına oranla daha etkili olduğu görülmüştür. 900 W ve 20s'lik uygulamada yaşayan

ergin görülmüşken 300 W ve 120s'lik uygulamalarda erginlerin tamamı ölmüştür. *T. castaneum* erginleriyle mücadelede 2 dk'lık uygulama süresi yeterli olabilmektedir. Mikrodalga radyasyonunun böceklerde DNA hasarlarına neden olduğu da belirlenmiştir [2]. Güç ve süredeki artış hayatta kalan bireylerin ömür uzunluğunu önemli ölçüde kısaltmıştır. Kontroldeki ömür uzunluğu 10.56 gün iken bu oran 150 W'ın 300s'lik uygulamasında 1.26 olmuştur. Ömür uzunluğundaki azalmanın vücut ağırlığındaki azalma ve meydana gelen hücre hasarlarından kaynaklanabileceği belirtilmiştir [26].

Bu çalışmada hesaplanan Letal Time (LT) değerleri, zararlı popülasyonu ile mücadelede hangi güçte ve ne kadar süreyle uygulama yapılacağını belirlemek açısından önemli olmuştur. 150' W'lık uygulamada %50 ve 99 oranında kontrol için sırasıyla, 225 ve 389s gerekli iken 900 W'ta bu değerler 16 ve 32s olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak mikrodalga radyasyonu *T. castaneum* erginlerinde öldürücü etki göstermiş ve ömür uzunluğunu kısaltmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, zararlıların kontrolünde bu fiziksel mücadele yönteminin, kimyasal mücadeleye alternatif olarak kullanılabilmesini göstermesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Schöller, M., et al., Towards Biological Control as a Major Component of Integrated Pest Management in Stored Product Protection, J. Stored Prod. Res., 33(1), 81-97, 1997.
- Lu, H., et al., Effects of Low-Intensity Microwave Radiation on *Tribolium castaneum* Physiological and Biochemical Characteristics

- and Survival, J. Insect Physiol., (2010) doi:10.1016/j.insphys.2010.04.019.
3. Arthur, F. H., Grain protectants: current status and prospects for the future. J. Stored Prod. Res. 32: 293-302, 1996.
 4. Hansen, L.S., Jensen, K.M.V., Effect of Temperature on Parasitism and Host-Feeding of *Trichogramma turkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), J. Econ. Entomol., 95(1), 50–56, 2002.
 5. Fields, P.G., White, N.D.G., Alternatives to Methyl Bromide Treatments for Stored-Product and Quarantine Insects, Annu. Rev. Entomol., 47, 331-359, 2002.
 6. Sinha, R.N., Watters, F.L., Insect Pests of Flour Mills, Grain Elevators, and Feed Mills and Their Control, Agriculture Canada, Winnipeg, M.B., Canada, 1985.
 7. Regnault-Roger, C., The Potential of Botanical Essential Oils for Insect Pest Control, Integrated Pest Manag. Rev., 2, 15–34, 1997.
 8. Ayvaz, A., Karabörklü S., Effect of Cold Storage and Different Diets on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep:Pyralidae), J. pest sci., 81, 57–62, 2008.
 9. Brower J.H., Gamma Radiation of Adult *Plodia interpunctella*: Effects on Mating Sterility and Number of Progeny, Ann. Entomol. Soc. Am., 68, 1086–1090, 1975.
 10. Brower J.H., Tilton E.W., The Potential of Irradiation as A Quarantine Treatment for Insects Infesting Stored-Food Commodities, in Proceedings: Radiation Disinfestation of Food and Agricultural Products Conf., Honolulu, 1983. ed. By Moy JH., Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, pp. 75–86, 1985.
 11. Tuncbilek, A.S., Effect of ⁶⁰Co Gamma Radiation on the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), Anz. Schadlingskd. Pflanzenschutz Umweltschutz, 68,37-38, 1995.
 12. Sharma, M.K., Dwivedi S.C., Investigation on the Effects of Ultraviolet and Infrared Light on the Life Cycle of *Callosobruchus chinensis* Linn., J. Adv. Zool., 18, 27-31, 1997.
 13. Faruki SI, Das, D.R., Khatun, S., Effects of UV-Radiation on the Larvae of the Lesser Mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer)(Coleoptera: Tenebrionidae) and Their Progeny, Pakistan J. Biol. Sci., 5, 444-448, 2005.
 14. Ayvaz A., Tuncbilek, A.S., Effects of Gamma Radiation on Life Stages of the Mediterranean Flour Moth *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), J. Pestic. Sci., 79:215–222, 2006.
 15. Ayvaz A., Albayrak, S., Tuncbilek, A.S., Inherited Sterility in Mediterranean Flour Moth *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae): Effect of Gamma Radiation Doses on Insect Fecundity Fertility and Developmental Period, J. Stored Prod. Res., 43, 234–239, 2007.
 16. Lapidot M., et al., Insect Disinfestation by Irradiation, in Insect Disinfestation of Food and Agricultural Products by Irradiation. IAEA, Vienna, p. 103, 1991.
 17. Ahmed M, Disinfestations of Stored Grains Pulses Dried Fruits and Nuts and Other Dried Foods, in Food Irradiation Principles and Applications, ed. by Molins R. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, pp. 77–112, 2001.
 18. Halverson, S., et al., The Control of Various Species of Stored-Product Insects with EHF Energy. In: Proceeding of the Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, Published Abstract, pp. 54-1–54-4, 1999.
 19. Ayvaz, A., et al., Effects of the Gamma Radiations and Malathion on Confused Flour Beetle, *Tribolium confusum* J. du Val., Pakistan J. Biol. Sci., 5, 560–562, 2002.
 20. Ayvaz, A., Karaborklu, S., Sagdic, O., Fumigant Toxicity of Five Essential Oils against the Eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller and *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), Asian J. Chem., 21, 596-604, 2009.
 21. Ayvaz, A., et al., Insecticidal Activity of the Essential Oils from Different Plants against Three Stored Product Insects, 13pp. J. Insect Sci., 10:21 available online, insect science, org/10.21, 2010.
 22. SPSS. 2001. SPSS Version 10.0. SPSS Inc, 233 S. Wacker Drive, Chicago, Illinois.
 23. Vadivambal, R., Jayas, D.S., White, N.D.G., Determination of Mortality of Different Life Stages of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) in Stored Barley Using Microwaves, J. Econ. Entomol., 101(3), 1011-1021, 2008:
 24. Tilton, E.W., J.H., Brower, Radiation Effects on Arthropods, vol. 2, pp. 269-316. In E. S. Josephson and M. S. Peterson [eds.], Preservation of Food by Ionizing Radiation, CRC, Boca Raton, FL., 1983.
 25. Hasan, M., Khan, A.T., Control of Stored-Product Pests by Irradiation, Integr. Pest Manag. Rev., 3, 15-29, 1998.
 26. Nelson, S.O., Review and Assessment of Radio-Frequency Microwave Energy for Stored-Grain Insect Control, Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 39, 1475–1484, 1996.