

Kapsaisin ve Tarımda Kullanımı

Levent ARIN¹

ÖZET: Kapsaisin *Capsicum* türlerinde büyük oranda meyvede bulunan ana acılık bileşenidir. Acılık kalıtsal bir özelliktir, ancak kültürel uygulamalar ve çevre faktörlerinden de etkilenir. Sadece baharat ve lezzet verici olarak değil aynı zamanda farmakolojik ve fizyolojik etkileri nedeniyle medikal ve tedavi amaçlı kullanılmaktadır. Kapsaisinden özellikle organik tarımda böcek ve akar gibi zararlılar için uzaklaştırıcı özelliğinin yanında bazı patojenik mantar ve bakterilere karşıda yararlanılmaktadır. Ancak, metabolizması, taşınımı ve bitki gelişimi üzerine etkisiyle ilgili bilgiler sınırlıdır. Bu makalede günümüze kadar kullanıla gelen kapsaisin ile ilgili kısa bilgi verilmiş ve bazı araştırma sonuçları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biber, acılık, organik tarım.



Capsaicin and Its Using in Agriculture

ABSTRACT: Capsaicin, existing in fruit, is the major pungent component of *Capsicum* spp. Pungency is a hereditary feature but is also influenced by environmental factors and cultural applications. It does not only add flavor and spice to the food but also useful for medical or therapeutic purpose due to pharmacological and physiological effects in human. In addition to its repelling property for pests such as insects and mites, it is used against some pathogenic fungi and bacteria, especially in organic agriculture. However there is limited information on its metabolism, its transport, and its impact on plant growth. In this paper, it is given short information about capsaicin which used since ancient time, and results of some investigations dealing with capsaicin are reviewed.

Keywords: Pepper, pungency, organic agriculture.

¹ Levent ARIN (0000-0002-0193-9912), Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Levent ARIN, larin@nku.edu.tr

GİRİŞ

Acı (Şili) biber Dünya'nın farklı yörelerinde farklı adlarla anılır. Sıklıkla 'red chile', 'chilli pepper', 'hot red pepper', 'tabasco', 'paprica', 'cayenne' vb olarak isimlendirilen *Capsicum* cinsi içindeki biberler *Solanaceae* familyasında yer alır. *Capsicum* adı, Latin kökenli Yunanca yakıcı, acı anlamındaki 'Kapto'dan gelmektedir. Türlerin orijin merkezi olarak Kolombiya'nın içlerine kadar uzanan Meksika'nın güneyi olduğu bildirilmektedir. Garcilaso de la Vega tarafından 1609 yılında yazılan 'El Inca' adlı kitapta acı biberin yaygın hatta günlük kullanıldığından bahsedilmektedir. Şili biber orta Amerika'da çok erken dönemlerde kültüre alınan bitkilerden biridir. Tehuacan vadisi (Meksika)'ndeki arkeolojik veriler şili biber tüketiminin mısır ve fasulye tarımının çok öncesine dayandığını göstermektedir. Arkeologlar yabani biberin MÖ 7 000'de doğadan toplanarak yendiğini ve muhtemelen MÖ 5 200 - 3 400 yıllarında Amerikan yerlileri tarafından kültüre alındığını göstermişlerdir. Kristof Kolomb'un şili biberi ilk gören Avrupalı olduğuna ve Avrupa'da baharatların çok önemli olduğu o dönemde kara bibere alternatif bir doğal kaynak aradığına inanılır. *Capsicum*, Kolomb tarafından İspanya'ya götürülmüş ve 15. yy.'ın ortalarında, baharat ve medikal amaçlı olarak güney ve orta Avrupa'da yetiştirilmeye başlanmıştır. Şili biber Portekizliler tarafından Hindistan'a götürülmüş ve soğuk bölgelere göre daha fazla acılığın görüldüğü Hindistan, Afrika ve tropik Amerika'ya yayılmıştır (Basu ve De, 2003; Muchena, 2009).

Acı biber tarihsel olarak çok farklı şekillerde kullanılmıştır. İlk ve en yaygın kullanım nedeni keskin acı özelliğidir. Şili biberden sadece gıdalarda tat verici olarak değil, aynı zamanda gıdalarda bozulmayla ortaya çıkan kötü tat ve kokuları gidermek içinde faydalanılmıştır. Eski kültürlerde tuzun yarattığı etkiye benzer şekilde gıdaların muhafazasında da kullanılmıştır. Daha sonraları şili biberden tıbbi amaçla yararlanılmış ve ilaç olarak diğer bitkilerle de karıştırılmıştır (Basu ve De, 2003; Mortensen ve Mortensen, 2009). Amerikan yerlilerinin işgalcilere karşı silah olarak biber dumanından faydalandıkları bildirilmektedir (Cordell ve Araujo, 1993).

Biberde Kapsaisin Oluşumu

Acı biberdeki ana fitokimyasal kapsaisinoidlerdir (Othman ve ark., 2011; Dias, 2012). Acılık kalıtsal

bir özellik olup, C lokusundaki bir dominant allel gen kapsaisinoid birikiminden sorumludur. Bununla birlikte C lokusu sadece acılığın var ya da yok olduğunu belirler. Acılığın derecesi kantitatif kalıttır ve çevre faktörlerinden etkilenir (Zewdie ve Bosland, 2000).

Capsicum türlerinin meyvelerindeki kapsaisinoidler, genotipe, gelişme dönemi ile yetiştirme ve çevre koşullarına bağlı olarak farklı miktarlarda bulunur (İşlek, 2009; Rahman ve Inden, 2012). Kapsaisinoidler meyvenin plasentasında sentezlenir ve yaklaşık %90'ı perikarpıda (meyve), %10'u da tohumda bulunur. Kapsaisinoidler içersinde en önemli acılık maddesi kapsaisindir (%69). Diğerleri ise dihidrokapsaisin (%22), nordihidro-kapsaisin (%7), homokapsaisin (%1) ve homodihidro-kapsaisindir (%1) (Kadakal ve ark., 2001). Kapsaisin ve dihidrokapsaisin, *C. annuum* L. türlerinde %77-90, *C. frutescens* türlerinde %89-98 oranında bulunur (Govindarajan ve ark., 1987). Iwai ve ark. (1979) tarafından biberde çiçeklenmeden itibaren 10 gün aralıklarla 10. günden 50. güne kadar kapsaisinoid oluşumu ve değişimi izlenmiştir. Kapsaisinoid ilk olarak çiçeklenmeden 20 gün sonra belirlenmiş ve 40. günde maksimum seviyeye ulaşmış ve daha sonra göreceli olarak azalmıştır. Kapsaisinoidler içinde en çok kapsaisin (%60) tespit edilirken bunu dihidrokapsaisin izlemiştir. Farklı meyve gelişim dönemlerinde kapsaisinoid kompozisyonunda önemli değişimler görülmemiştir. Bitkide kapsaisinoid birikiminde sıcaklık, aydınlanma süresi ve gübreleme gibi (özellikle ilk ikisi önemli) yetiştirme koşulları etkili olmaktadır. Genel olarak türler, kuru ağırlık bazında 0.22-20.00 mg g⁻¹ kapsaisinoid içerir (Thomas ve ark., 1998). Kapsaisin ve dihidrokapsaisin meyvedeki tüm kapsaisinoidlerin %80-90'ını oluşturur. Toplam kuru ağırlık bazında acı çeşitler %0.3 ile %1 kapsaisinoid içerirken, orta acılar %0.3-0.01 ve az acılar %0.01-0.003 değerlerindedir (Barbero ve ark., 2006). Ülkemizdeki bir çalışmada Kahramanmaraş ve Urfa yöresinden toplanan Maraş, Süs, Cin ve İsoot biberlerinde (Şili) ana acılık komponenti olan kapsaisin, dihidrokapsaisin ve nordihidro-kapsaisin miktarları belirlenmiştir. Maraş'ın kapsaisin, dihidrokapsaisin ve nordihidro-kapsaisin içeriği sırasıyla 0.81-1.42, 0.38-0.70 ve 0.01-0.04 mg g⁻¹ olarak bulunurken, Süs, Cin ve İsoot biberlerinin meyvelerinde toplam kapsaisinoid sırasıyla 2.11, 4.70 ve 0.55 mg g⁻¹, tohumlarında ise 0.63, 1.70 ve 1.60 mg g⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Poyrazoğlu ve ark., 2005). Biberde acılık, Scovill Heat Units (SHU)

ya da mg L⁻¹ kapsaisin olarak sınıflandırılmaktadır (Kraikruan ve ark., 2008). Analitik enstrümanların hızlı gelişimiyle geleneksel duyu analizler yerine objektif olarak kapsaisinoidi belirlemek için birçok metot geliştirilmiştir. Halihazırda tercih edilen metotlar; Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC), Gaz Kromatografisi (GC) ve Kütle Spektroskopisi (MS)'dir.

Kapsaisin reseptör proteini (VRI) hücrelerde seçiciliği olmayan katyon kanalı görevi yapar. Hücre zarı üzerinde bulunur, sıcaklık ve kapsaisinoid bileşikler tarafından aktive edilerek Na ve K iyonlarının hücre içine alınımını artırır (Caterina ve ark., 1997; Jordt ve ark., 2003; İşlek 2009). Kapsaisin hem hücre zarı üzerinde hem de hücre içinde bulunan serbest radikalleri inaktif hale getirebilir ya da uzaklaştırabilir (Kogure ve ark., 2002; İşlek, 2009).

Kapsaisinin Özellikleri ve Kullanımı

İlk defa P.A. Bucholtz 1816'da kapsaisin molekülünü izole etmiş ve saflaştırmıştır. 1878'de Endre Hogyes bu maddenin mukoza membranlarına temas ettiğinde yanma hissi uyandırdığını ve mide salgısında bir artışa yol açtığını rapor etmiştir. 1930'da E. Spath ve F.S. Darling kapsaisin molekülünü sentezleyen ilk bilim adamlarıdır (Mortensen ve Mortensen, 2009).

Kapsaisinin hayvan repellenti ve zararlılara karşı kullanımı ilk olarak 1962 yılında ABD'de Çevre Koruma Ajansı tarafından kayıtlanmıştır (Anonymous, 2015). Ayrıca ABD'de su nakil boruları ve tekne su altı kesimindeki organizmalara karşı ve tohum zararlıları için önleyici olarak kapsaisin içerikli materyaller patent almıştır (Fisher, 1993; Neumann, 2004).

Kapsaisin (Trans-8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide), kimyasal formülü C₁₈H₁₇NO₃ olan acı, yakıcı, beyaz ve kokusuz proalkaloid bir maddedir. Saf bir madde değildir, bazı amidlerin karışımı halindedir (Şalk ve ark., 2008; Tütüncü ve Özfiliz, 2011). Kapsaisin güçlü bir alkaloid olup soğuğa ve sıcağa karşı dirençlidir (biber pişirildiğinde ve dondurulduğunda aktivitesini kaybetmez) (İşlek, 2009). Kapsaisinoidler C₉-C₁₁ dallanması gösteren yağ asitlerinin ve vanillylamin bileşiklerinin asit amit türevleridir. Suda çözünmeyen kapsaisin, ancak benzer hidrokarbon molekülleri ya da belli proteinlerle çözülebilir. Yağ ve alkoller çözücü olarak iyi bir seçimdir. Örneğin süt ve yoğurt gibi hayvansal ürünler, süt proteini kasein yağlı kapsaisin moleküllerini çözebileceğinden etkilidir (Mortensen

ve Mortensen, 2009). Kapsaisinin balıklara etkisiyle ilgili bilgi yokken, bal arısı ve faydalı böceklere toksik olduğu kabul edilir (Anonymous, 2015). Kuşlar kapsaisinoidlere duyarlı olmadığından biberi tükettiklerinde memelilerde görülen irrite edici etki görülmemiştir. Sindirim sisteminden geçen tohumlar eğer uygun koşullara denk gelirse çimlenebilmektedir. Bu durum biber tohumlarının dağılımında kuşların önemli rolüne işaret etmektedir (Tewksbury ve Nabhan, 2001; Mortensen ve Mortensen, 2009).

Kapsaisinoidler, insanda birçok aktiviteye yol açmaktadır. Kapsaisinin çok güçlü antioksidan, anti-mutajenik ve tümör önleyici olduğu bulunmuştur. Keza anti-inflamatuvar özelliği gösterilmiştir. Kapsaisin ağrıya karşı analjezik etki gösterir ve kardiyovasküler ve solunum sistemini uyarır. Keza patojenik bakterilere karşı antimikrobiyal etki gösterir (Muchena, 2009; Luo ve ark., 2011). Kapsaisin içeren acı biber, temas sonucu göz, boğaz ve burunda oluşturduğu tahriş ve ağızda oluşturduğu yanma hissi dışında metabolizmayı hızlandırır ve yağ metabolizmasını düzenler. Kapsaisin kısa süreliğine kendini iyi hissetmeye sebep olacak endorfin salgısını artırır ve yüksek dozda alındığında ağrının şiddetini azaltabilir.

Kapsaisin bileşikler endüstriyel ve medikal amaçlarla yoğun olarak kullanılmaktadır. Gıda olarak salça ve sos malzemelerinin yapımında, antikanser, antioksidan, ağrı kesici özellikleriyle medikal amaçlı, saç dökülmesini engelleyici etkisiyle kozmetik alanında kullanımları vardır (Gonzalez ve ark., 2011; Dias, 2012). Uçuk ve zonanın sebep olduğu ağrıyı gidermek, kas ve eklem ağrılarında rahatlama sağlamak için kullanılan jel ve kremlerin içine dahil edilmektedir (Surh, 2002). Medikal amaçlı kullanılan ağrı giderici bantlarda kapsaisin konsantrasyonu genellikle %0.025-0.075 arasındadır (Anonymous, 2015). Kapsaisin ile ilişkisi net olmasada, biber tüketiminin daha yüksek olması nedeniyle Tayland'ta diğer Asya ülkelerine ve Meksika'da ABD'ye göre sindirim sistemi kanser vakalarına daha az rastlanıldığı bildirilmektedir. Özellikle Japonya ve Çin'deki araştırmalar doğal kapsaisinin lösemi hücreleri gelişimini inhibe ettiğini göstermiştir (Mortensen ve Mortensen, 2009).

Kapsaisinden elde edilen biber gazının (sprey) toplumsal olaylarda müdahale ya da savunma amacıyla bilinen kullanımı yanında kapsaisinin odun endüstrisinde, teknelerin bakımında vb. amaçlarla

kullanımında vardır. Örneğin, biber tohum ekstraksiyonu sonrası atık ürün olarak kalan meyve suyu (Rocoto çeşidi) ve Habanero biberden ekstrakte edilmiş ticari capsicum oleoresin, odunda renk bozulmasına yol açan *Sphaeropsis sapinea* ve *Leptographium procerum* mantarlarına karşı etkinliği test edilmiştir. Her ikisinin de orta derecede antifungal aktivite gösterdiği, biber ile *Lactobacillus casei* kombine edildiğinde inhibisyon etkisinin yüksek olduğu ve *L. casei*'li %25 Şili biber suyunun fungusların gelişimini durdurduğu belirlenmiştir (Singh ve Chittenden, 2008). Teknelerde zehirli boya yerine kullanılabilir kapsaisinin çevresel risk değerlendirilmesinin yapıldığı bir çalışmada, kapsaisinin aerobik koşullarda biyolojik ayrışmaya uğradığı belirtilmektedir. Ayrışma, biyoakümülyasyon, toksidite ve sedimentte birikim analizi sonuçlarına göre liman ve marina ortamında düşük risk göstermesi nedeniyle kapsaisinin teknelerdeki alg ve organizmalardan korunmak amacıyla kullanılabilirliği ifade edilmiştir (Wang ve ark., 2014).

Tarımda Kapsaisin Kullanımı

Dokuz biber çeşidinden alınan süzüntülerin 6 yabancı ot türünde çimlenme ve kök gelişimi üzerine etkisi test edilmiştir. Çeşitlere göre fenolik bileşiklerin farklı olduğu ve allelopatik etkinin toprakların farklı toksik kapasiteleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Gonzales ve ark., 1997).

Kapsaisinin insektisit olmadığı, ancak kapsaisinoid içeriğine göre kitinaz gibi bazı bitki defans enzim seviyelerinde görülen artışa bağlı olarak bazı fungal patojenlere karşı dayanıklılığı teşvik edebildiği belirtilmiştir (Crombie, 1999).

Curtis ve ark. (2000), kuş yemi olarak kullanılan tohumları önemli miktarda tüketen boz sincap (*Sciurus carolinensis*)'a karşı halen etkili bir koruyucu yöntemin olmaması nedeniyle caydırıcı olması amacıyla ayçiçeği tohumlarını kabukta 40 000 SHUs (2 424 ppm) ve içte 2 000 SHUs (121 ppm) acılık olacak şekilde kapsaisin oleoresin ile muamele etmiş ve New York'ta 3 lokasyonda teste tabi tutmuştur. Kapsaisin ile muamele, boz sincabın hem tükettiği tohum miktarını hem de beslenme için harcadığı süreyi kısaltmıştır. Sonuç olarak 40 000 SHUs'de kapsaisin oleoresin ile muamele edilmiş tam ayçiçeği tohumları sincapların tohumla beslenmesini etkin şekilde engellemiştir. Ayrıca bu tekniğin tohumlarda kayba yol açan Amerikan siyah ayısı (*Ursus americanus*) ve diğer memeliler için de kullanılabilirliği ifade edilmiştir.

Doğal pestisitlerin [Garlic barrier, Hot pepper wax (acı biber), Organica neem oil, Neem Azal T/S, Herba vetyl, Savona, Arap sabunu, Şap, Nişasta, Sodyum bikarbonat, Isırgan otu ve Tütün] önemli zararlılar olan yaprak bitleri, beyaz sinekler ve kırmızı örümceklere karşı laboratuvar ve sera hıyar üretiminde etkinliklerinin test edildiği çalışmada, Hot pepper wax'ın iki aya yakın süreyle zararlıları uzaklaştırdığı belirlenmiştir (Madanlar ve ark., 2000).

New Mexico (ABD)'da tavşanlar için uzaklaştırıcı olarak kapsaisinoidin etkisi marulda test edilmiştir. Sonuçlara göre kapsaisinoid tavşanların beslenmesini azaltmıştır. Muhtemelen diğer memeliler gibi tavşanlarında kokuyla kapsaisinoidi belirleyecek özel bir reseptöre sahip olduğu ve ticari üretim alanlarında dikkatli olmak kaydıyla bazı hallerde tavşan repellenti olarak kapsaisinoidin kullanılabilirliği ifade edilmiştir (Bosland ve Bosland, 2001).

Tavuk rasyonuna kırmızı acı biber (kapsaisin) ilavesinin metabolizma üzerinde uyarıcı etki yaptığı, karaciğer enzim aktivitesini arttırdığı ve yağların yakılmasını kolaylaştırarak döl ve yumurta verimini yükselttiği görülmüştür (Özfiliz ve ark., 2002).

Kato-Noguchi ve Tanaka (2003), farklı dozlardaki kapsaisinin 6 farklı bitki türünde bitki gelişimi üzerine etkisini belirlemişlerdir. Kapsaisin genel olarak tüm türlerde çimlenme, kök ve sürgün gelişimini geriletmiştir. Örneğin marul tohumlarına uyguladıkları 3 mM'den yüksek konsantrasyonlar çimlenmeyi baskılamış, kök gelişimi 0.1 mM'den ve sürgün gelişimi 0.3 mM'den yüksek konsantrasyonlarda inhibe olmuştur. Kapsaisinin bu özelliğinden (allelopati) tarımsal amaçlı yararlanılabileceği ifade edilmiştir.

Agrokimyasal olarak kapsaisinoidlerin orta düzeyde antimikrobiyal ve antifungal etki gösterdiği ve kitinaz gibi bitki defans mekanizmasını harekete geçiren bazı enzimlerin seviyesinde artışa yol açarak fungal patojenlere karşı rezistanslığı teşvik ettiği bildirilmiştir (Diaz ve ark., 2004).

Siddiqui ve Zaman (2005) tarafından yürütülen bir çalışmada, biberin (*Capsicum annuum* L.) sulanmasıyla oluşan drenaj suyu %25, 50 ve 75 oranında seyreltilmiş ve maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) tohumları 10 dk süreyle bunlarla muamele edilmiş ve 15 gün sonra çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu belirlenmiştir. Analizler için örnekler uygulamadan 0, 6, 12, 24 ve 48

saat sonra alınmıştır. Deneme sonuçlarına göre %50 ve %75 oranında seyreltilmiş çözeltilerin, tohumların çimlenmesini inhibe ettiği ve kök ve sürgün gelişiminin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Bu engelleyici özellik uygulamadan 6 saat sonra görülmeye başlanmıştır.

Antonious ve ark. (2007), kurutulmuş bitki ve ekstraktlarının gelişmekte olan birçok ülkede lif ve gıda bitkilerini böceklerden korumak için çiftçilerce kullanılmakta olduğunu ve günümüzde sentetik pestisitlerin zararlı kalıntıları nedeniyle zararlı kontrolünde doğal ürünlerin kullanımının tercih edildiğini vurgulayarak, bu amaçla önceki çalışmalarda şili biber tozunun soğan sineğinin (*Delia antiqua*) yumurta bırakmasını engellemek için kullanıldığını, kapsaisin dikeni kurt (*Earias insulana*) larva gelişimini azalttığını ve oleresinden pamuk zararlılarında repellent olarak faydalandığını belirtmektedir. Yürüttükleri çalışmada ise lahana kelebeği tırtılı [*Trichopulsia ni* (Hübner)] ve kırmızı örümceğe [*Tetranychus urticae* (Koch)] karşı *Capsicum chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, ve *C. annuum* (24 hat) meyve ekstraktların insektisit ve akarisit etkileri test edilmiştir. Meyve ekstraktlarının minimum kapsaisin ve dehidrokapsaisin seviyesinin ortalama 0.02 ile 0.005 µg g⁻¹ olduğu belirlenmiştir. PI-241675 (*C. frutescens*) ve PI-310488 (*C. annuum*) hatları kırmızı örümceğe karşı uzaklaştırıcı etki gösterirken, lahana kelebeği larvalarında en yüksek ölüm (%94) PI-593566 (*C. annuum*) hattından elde edilen ekstrakt uygulamasında tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, biber meyvelerinden elde edilen ham ekstraktların sentetik insektisit ve akarisitlere alternatif, kolay parçalanan doğal ürünler geliştirme potansiyelinin olduğu ve bitki korumada repellent olarak meyve ve yapraktaki zararı önleme ve yumurta bırakmayı engellemede kullanılabileceği bildirilmiştir.

Antraknoza sebep olan *Colletotrichum capsici*'ye karşı farklı şili biberi kültür çeşitlerinin etkilerinin test edildiği bir çalışmada, patates dekstroz agar (PDA) ortamında konidyumlar 0, 25, 50, 100 ve 200 mg L⁻¹ kapsaisin içeren kaplarda çimlendirilmiştir. Her bir ortamda yaklaşık 400 konidyum içeren çözeltiler 25 °C sıcaklık ve %70 nemde, ışık ortamında 5, 6, 7 saat süreyle tutulmuştur. Kapsaisin içermeyen ortamda 6 saat sonra %96 konidyum çimlenmesi görülürken 25 mg L⁻¹ kapsaisin içeren PDA'da sadece %53 çimlenme

görülmüştür. 100 ve 200 mg L⁻¹ kapsaisinli PDA'da *C. capsici* konidyumlarının çimlenmesi tamamen inhibe olmuştur (Kraikruan ve ark., 2008).

Kök ur nematodları bitkisel üretimde zarar oluşturan en önemli canlılardır. Son yıllarda nematodlara karşı kimyasal yerine çevre gıda güvenliği ve hayvan hakları çerçevesinde alternatif nematod kontrol yöntemleri araştırılmaktadır (Ntalli ve ark., 2012).

Farklı toprak ve iklim koşullarına sahip Akdeniz'de nematisit etkili bitkilerin gözden geçirildiği bir çalışmada Neves ve ark. (2009), sera domates üretiminde kök ur nematodlarına (*Meloidogyne javanica*) karşı sarımsak, hardal ve acı biber (*C. frutescens*) ekstraktlarının etkilerini test etmişlerdir. Sonuçlara göre, gal sayısı kullanılan preparatların hepsinde kontrole göre azalmıştır. Kök başına en yüksek yumurta ve gal sayısında azalma 400 ppm'lik acı biber ekstraktında görülmüştür.

Flesar ve ark. (2010), bal arılarında ciddi, yaygın bir hastalık olan gram pozitif bakteri *Paenibacillus larvae*'nin neden olduğu Amerikan yavru çürüklüğü (AFB)'ne karşı, antibiyotik kullanımına alternatif olabilecek farklı kimyasal sınıftaki (flavonoid, alkaloid, terpenoid) 26 doğal bileşik ve 19 bitki ekstraktının antibakteriyel özelliklerini araştırmışlardır. Doğal bileşikler içerisinde en güçlü antibakteriyel etki, sanguinarin'i (MIC 4 µg ml⁻¹) takiben kapsaisin de (MIC 32 µg ml⁻¹) içinde yer aldığı 4 bileşikte görülmüştür (MIC: Minimum engelleyici konsantrasyon). Kapsaisin gibi bitkilerden elde edilen bileşikler *P. larvae*'ye karşı önceki çalışmalarda rapor edilen diğer preparatlardan çok daha düşük MIC değerleri göstermiştir. Kapsaisin LD₅₀ değerinin 100 µg arı⁻¹ olması nedeniyle bitkilerden elde edilen bu ürünlerin arılara düşük toksiditeleri ve bakteri gelişimini inhibe edici özellikleri nedeniyle alternatif kullanım potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir.

Solanaceae familyası üyelerinde ve acı biber meyvelerinde de beslenme kabiliyetindeki birkaç zararlıdan olan Tütün tomurcuk kurdu -*Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae), aynı familya içindeki diğer zararlı türlerle kapsaisine toleranslık bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışmada kapsaisin *Capsicum* bitkilerinde görülmeyen zararlılara karşı defansif allelokimyasal olarak rol oynayabileceği ileri sürülmüştür (Ahn ve ark., 2011).

Kapsaisinin biyokimyasal pestisit olarak, kuş, hayvan ve böcek repellenti şeklinde kullanılabildiği belirtilmiştir (Chinn ve ark., 2011).

Arın (2016) tarafından yürütülen bir çalışmada, kapsaisinin farklı dozlarının tohum ve fide uygulamaları ile iki biber çeşidinde çimlenme/çıkış, fide gelişimi ve verimi üzerine etkisi belirlenmiştir. Sonuçlara göre, 0.1 ppm kapsaisin ile muamele edilen tohumlar kontrolden daha erken ve daha yüksek çimlenme ve çıkış oranı göstermiştir. Keza 6 aylık depolama sonrasında da tohumların çimlenme özelliklerinde bir kayıpla karşılaşmamıştır. Fide uygulamalarında ise 1.0 ppm kapsaisin uygulananlardan kontrole göre daha iyi sonuçlar alınmıştır.

SONUÇ

Kapsaisin, günümüzde gıda, sağlık ve kozmetik alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Tarımsal anlamda ise repellent olarak faydalanılmaktadır. Ayrıca yukarıda örnekleri aktarıldığı gibi bazı patojen bakteri, fungus ve zararlılara karşı kullanımıyla ilgili bildirişler mevcut iken bitkilerde kapsaisin metabolizması, taşınım ve dağılımı ile ilgili bilgiler yetersizdir (Anonymous, 2015). Oysa kapsaisinin bitkilerdeki etki mekanizmasının aydınlatılması ve bitkilerde farklı amaçlarla kullanılabilirliğinin araştırılması yeni gelişmelerin önünü açacaktır.

KAYNAKLAR

- Ahn SJ, Badenes-Perez FR, Heckel DG, 2011. A host-plant specialist, *Helicoverpa assulta*, is more tolerant to capsaicin from *Capsicum annuum* than other noctuid species. *Journal of Insect Physiology*, 57(9): 1212-1219.
- Anonymous, 2015. Capsaicin Technical Fact Sheet. National Pesticide Information Center. http://npic.orst.edu/factsheets/Capsaicin_tech.pdf. (Erişim tarihi: 20.11.2015).
- Antonious GF, Meyer JE, Rogers JA, Hu, YH, 2007. Growing hot pepper for cabbage looper, *Trichopulsia ni* (Hübner) and spider mite, *Tetranychus urticae* (Koch) control. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 42, 559-567.
- Arın L, 2016. Kapsaisinin biberde (*Capsicum annuum* L.) çimlenme, çıkış ve bitki gelişimine etkileri. Tübitak Proje No: 114O871, 57 s.
- Barbero GF, Palma M, Barroso CG, 2006. Pressurized liquid extraction of capsaicinoids from peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(9): 3231-3236.
- Basu SK, De AK, 2003. *Capsicum*: historical and botanical perspectives. (Edited by A.K. De) *Capsicum*, The Genus *Capsicum*. Taylor&Francis Ltd. London, 1-16.
- Bosland WK, Bosland PW, 2001. Preliminary field tests of capsaicinoids to reduce lettuce damage by rabbits. *Crop Protection*, 20, 535-537.
- Caterina MJ, Schumacher MA, Tominaga M, Rosen TA, Levine JD, Julius D, 1997. The capsaicin receptor: a heat-activated ion channel in the pain pathway. *Nature*, 389(23): 816-824.
- Chinn MS, Sharma-Shivappa RR, Cotter JL, 2011. Solvent extraction and quantification of capsaicinoids from *Capsicum chinense*. *Food and Bioprocess Technology*, 89, 340-345.
- Cordell GA, Araujo OE, 1993. Capsaicin: identification, nomenclature, and pharmacotherapy. *Annals of Pharmacotherapy*, 27(3): 330-336.
- Crombie L, 1999. Natural product chemistry and its part in the defence against insects and fungi in agriculture. *Pesticide Science*, 55, 761-774.
- Curtis PD, Rowland ED, Curtis GB, 2000. Capsaicin-treated seed as a squirred deterrent at birdfeeders. *Wildlife Damage Management Conferences*, p: 86-102, Oct. 5-8, 2000 State College, PA USA.
- Dias JS, 2012. Nutritional quality and health benefits of vegetables. *Food and Nutrition Sciences*, 3, 1354-1374.
- Diaz J, Pomar F, Bernal A, Merino F, 2004. Peroxidases and metabolism of capsaicin in *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry Reviews*, 3, 141-157.
- Fisher KJ, 1993. Marine organism repellent covering for protection of underwater objects and method of applying same. USA Patent No: 5226380.
- Flesar J, Havlik J, Kloucek P, Rada V, Titera D, Bendar M, Stropnický M, Kokoska L, 2010. In vitro growth-inhibitory effect of plant-derived extracts and compounds against *Paenibacillus larvae* and their acute oral toxicity to adult honey bees. *Veterinary Microbiology*, 145, 129-133.
- Gonzales L, Souto XC, Reigosa MJ, 1997. Weed control by *Capsicum annuum*. *Allelopathy Journal*, 4(1): 101-110.
- Gonzalez AG, Palenius HGN, Alejo NA, 2011. Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper (*Capsicum* spp.). *Plant Cell Reports*, 30, 695-706.
- Govindarajan VS, Rajalakshmi D, Chand N, 1987. Capsicum-production, technology, chemistry, and quality. Part IV. Evaluation of quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 25(3): 185-282.
- Iwai K, Suzuki T, Fujiwake H, 1979. Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues, in *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. Karayatsubusa at different growth stages after flowering. *Agricultural and Biological Chemistry*, 43 (12): 2493-2498.
- İşlek C, 2009. Serbest ve tutuklanmış *Capsicum annuum* L. hücre süspansiyon kültürlerinde kapsaisin üretimi üzerine bazı uyarıcıların etkisi., Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış).
- Jordt SE, Kemy DD, Julius D, 2003. Lessons from pepper and peppermint: the molecular logic of thermosensation. *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 487-492.
- Kadalkal Ç, Poyrazoğlu E, Yemiş O, Artık N, 2001. Kırmızı biberlerde acılık ve renk bileşikleri. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7, 359-366.
- Kato-Noguchi H, Tanaka Y, 2003. Effects of capsaicin on plant growth. *Biologia Plantarum*, 47(1): 157-159.

- Kogure K, Goto S, Nishimura M, Yasumoto M, Abe K, Ohiwa C, Sassa H, Kusumi T, Terada H, 2002. Mechanism of potent antiperoxidative effect of capsaicin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1573, 84-92.
- Kraikruan W, Sangchote S, Sukprakarn S, 2008. Effect of capsaicin of *Colletotrichum capsici* conidia. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 42, 417-422.
- Luo XJ, Peng J, Li YJ, 2011. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. *European Journal of Pharmacology*, 650, 1-7.
- Madanlar N, Yoldaş Z, Durmuşoğlu E, Gül A, 2000. İzmir'de sebze seralarında zararlılara karşı doğal pestisitlerle savaş olanakları. Tübitak proje No: Tarp-2150, 45 s.
- Mortensen JM, Mortensen JE, 2009. The power of capsaicin. *Journal of Continuing Education*, 11(1): 8-13.
- Muchena JK, 2009. Studies of capsaicinoids contents of locally grown and commercial chilles using reversed-phase high performance liquid chromatography. East Tennessee State University, Master Thesis.
- Neumann R, 2004. Capsicum based seed coating and method of use. USA Patent Publication No: 20030056436.
- Neves WS, Freitas LG, Coutinho MM, Giaretta-Dallemole R, Fabry CFS, Dhingra OD, Ferraz S, 2009. Nematicidal activity of extracts of red hot chilli pepper, mustard and garlic on *Meloidogyne javanica* in greenhouse. *Summa Phytopathologica*, 35(4): 255-261.
- Ntalli NG, Caboni P, 2012. Botanical nematicides in the mediterranean basin. *Phytochemistry Reviews*, 11(4): 351-359.
- Othman ZA, Ahmed YBH, Habila MA, Ghafar AA, 2011. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum* fruit samples using high performance liquid chromatography. *Molecules*, 16, 8919-8929.
- Özfiliz N, Zık B, Altunbaş K, 2002. Tavuklarda kırmızı acı biberli rasyonla beslemenin karaciğer ve safra kesesi üzerine etkisinin histolojik yönden incelenmesi. *Gıda*, 27(3): 157-163.
- Poyrazoğlu ES, Yemiş O, Kadakal Ç, Artık N, 2005. Determination of capsaicinoid profile of different peppers grown in Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1435-1438.
- Rahman MJ, Inden H, 2012. Effect of nutrient solution and temperature on capsaicin content and yield contributing characteristics in six sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10, 524-529.
- Siddiqui ZS, Zaman AU, 2005. Effects of *Capsicum* leachates on germination, seedling growth and chlorophyll accumulation in *Vigna radiata* (L.) Wilczek seedling. *Pakistan Journal of Botany*, 37(4): 941-947.
- Singh T, Chittenden C, 2008. In-vitro antifungal activity of chilli extracts in combination with *Lactobacillus casei* against common sapstain fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62, 364-367.
- Surh YJ, 2002. More than spice: Capsaicin in hot chili peppers makes tumor cells commit suicide. *Journal of the National Cancer Institute*, 94(17): 1263-1265.
- Şalk A, Arın L, Deveci M, Polat S, 2008. Özel Sebzeçilik. Onur Grafik Matbaa, İstanbul, 488 s.
- Tewksbury JJ, Nabhan GP, 2001. Seed dispersal; Directed deterrence by capsaicin in chilles. *Nature*, 412(6845): 403-404.
- Thomas BV, Schreiber AA, Weisskopf CP, 1998. Simple method for quantitation of capsaicinoids in peppers using capillary gas chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(7): 2655-2663.
- Tütüncü Ş, Özfiliz N, 2011. Vanilloid reseptör 1 (VR1) (Capsaicin reseptörü). *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 30(2): 53-60.
- Wang J, Shi T, Yang X, Han W, Zhou Y, 2014. Environmental risk assessment on capsaicin used as active substance for antifouling system on ships. *Chemosphere*, 104, 85-90.
- Zewdie Y, Bosland PW, 2000. Pungency of Chile *Capsicum annum* L. fruits as affected by node position. *HortScience*, 35, 137-139.