

Depolanmış Ürün Zararlıları İle Savaşımında Zeolit'in Kullanım Olanakları

Özlem YILMAZ DOĞU¹  Mevlüt EMEKÇİ² 

¹Tarım Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özlem YILMAZ DOĞU, e-mail: ozlem_y@hotmail.com

Özet: Zeolitlerin temel fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında iyon değişimi yeteneği, adsorpsiyon ve bu özelliklere bağlı moleküler elek yapısı, yüksek silis içeriği bulunması, tortul zeolitlerin açık renkli olmaları, hafif yapıları, küçük kristal boyutlarına sahip gözenekli yapıları sayılabilir. Bu özellikler, zeolitlerin çeşitli endüstriyel alanlarda geniş bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamıştır. Doğal zeolitlerin, depolanmış ürün zararlılarından *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera:Bostrychidae) ve *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)'un savaşımında insektisidal potansiyele sahip oldukları bilinmektedir. Doğal zeolitlerin ve diğer inert tozların insektisit potansiyeli, doğrudan fiziksel ve kimyasal özelliklerine (yapı, SiO₂ içeriği, parçacıkların iriliği ve kompozisyonu, PH değerleri, absorpsiyon kapasitesi ve coğrafi köken) bağlı hava nemine, ürün tipine/özelliklerine ve maruziyet süresine bağlı olmaktadır. Kodeks Alimentarius Komisyonu (Codex Alimentarius Commission) tarafından tahılların depolanmasında sorun olan zararlı böceklerin yönetiminde "Silikatlar, kil, sodyum silikat" adı altında Zeolit'i tavsiye etmiş ve bitki zararlı ve hastalıklarıyla mücadelede izin verilen maddeler içinde zeolit delistelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zeolit, depo zararlıları, insektisidal potansiyel

Possibilities Of Using Zeolite In Controlling Stored Product Pests

Abstract: The main physical and chemical properties of zeolites are: ion exchange ability, adsorption and related molecular sieve structure, silica content, as well as the light color, lightness, and pore structure of small crystals in sedimentary zeolites, which have caused them to be used in a wide variety of industrial areas. Natural zeolites have insecticidal potential in the control of the stored product pests *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica*, and *Tribolium castaneum*. The insecticidal potential of natural zeolites and other inert dusts is directly dependent on their physical and chemical properties (structure, SiO₂ content, size and presence of particles, PH values, absorbent capacity, and geographic origin), relative air humidity, exposure, and their effects on the bulk density of stored products. The Codex Alimentarius Commission has recommended zeolite under the name "silicates, clay, and sodium silicate" for the control of insect pests in food communities, and zeolite is listed as a permitted substance for plant pest and disease control.

Key Words: Zeolite, stored pests, insecticidal potential

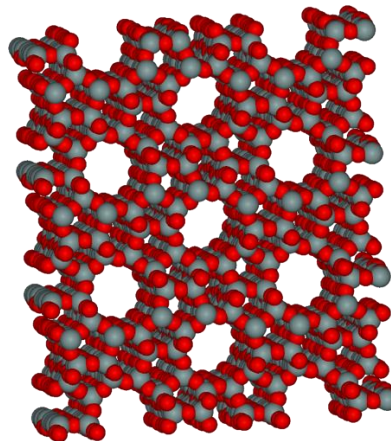
GİRİŞ

Dünya gıda ticareti için küresel olarak uyumlu düzenlemeler, zararlı organizmalardan korunurken tüketicileri, tarımsal ekosistemleri ve çevreyi etkilemeyen, daha verimli ve maliyet açısından daha etkin önlem ve yöntemlerin kullanılmasını gerektirmektedir (Hagstrum and Flin, 1996). Gıdalarda pestisit kalıntısı sorunu ve pestisitlerden kaynaklanan sorunlar nedeniyle depolanmış ürünlerde ve tarımsal üretimde zararlılara karşı zehirli olmayan materyalin kullanılmasını kapsayan yeni mücadele tekniklerinin geliştirilmesi, günümüzde tüm dünyada oldukça önem kazanmıştır (Eroğlu, 2015). FAO kayıtlarına göre hasat sonrası muhafaza sürecinde depolanmış ürün zararlısı böceklerin neden olduğu yıllık ürün kaybı dünyada ortalama %10-30 olarak bildirilmektedir (Emekçi ve Ferizli 2000). Ülkemiz iklimi depolanmış ürün zararlılarının gelişimi için uygun olduğundan bu zararlılar ülkemizde geniş bir yayılım gösterir. Son yıllarda, depo zararlılarının kimyasal kontrolünün önemli bir unsuru olarak insektisit ve fumigantların kullanımı, gıdalardaki kalıntılarının varlığı ve depo zararlılarının direnci nedeniyle artan bir kısıtlama altındadır (Kljajić and Perić, 2005; Collins, 2006). Bu nedenle alternatif yöntemlerin kullanımı giderek zorunlu hale gelmektedir. Bu yöntemlerden biri olan inert tozlar etkinlik ve güvenlik anlamında alternatif koruma yöntemlerinin içinde yerini almıştır (Ebeling, 1971). Ancak depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede alternatif yöntemlerin kullanımı, diğer tüm mücadele uygulamalarında olduğu gibi depolanmış ürün zararlılarının biyolojisi ve ekolojisinin çok iyi bilinmesini gerektirmektedir.

Ülkemiz, dünya zeolit rezervi açısından beşinci sırada yer almakta olup, Manisa'nın Gördes ilçesinden çıkarılan zeolit madeni, ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlamaktadır. 1,5 milyar tonu aşkın jeolojik zeolit rezervine sahip olan ilçede, yıllık 100 bin ton zeolit çıkarılmaktadır. Ayrıca yaklaşık 1400 yıllık daha rezerv bulunduğu bilinmektedir (Anonim, 2019a).

Ülkemizde ve dünyada depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kalıntı bırakmayan uygulamaların geliştirilmesinde ve özellikle tahıl ürünlerinin muhafaza edilmesinde kullanılacak etmenler önem arz etmektedir. Söz konusu uygulamalarda kullanılan etmenlerden birisi, zeolit minerallerini de içeren inert tozların boş depo ya da yüzey ilaçlamalarında kullanımınıdır (Eroğlu, 2015).

Gözenekli bir yapıya sahip olan zeolitler, düşük basınç ve düşük sıcaklık koşullarında suyun (H_2O) varlığıyla oluşmuş minerallerdir. Diğer silikat minerallerine kıyasla, zeolitler daha açık bir kafes yapısına sahip olduklarından daha düşük yoğunluğa sahiptir. Zeolitlerin yapısındaki katyon türüne bağlı olarak yoğunlukları farklılık gösterir ve genellikle 1,9 ila 2,3 g/cm^3 arasında değişir. Zeolitler, adsorbent olarak kullanılır ve yüzey seçiciliği Si/Al oranına dayanır (Şener, 2013). Zeolitin tetrahedral yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Zeolitin tetrahedral yapısı (Anonim, 2013).

Günümüzde, zeolitler için kullanılan üç ayrı sınıflandırma türü bulunmaktadır. Bu sınıflandırmaların ilk ikisi, kristal yapının görünümüne dayalıdır, üçüncü sınıflandırma ise benzer morfoloji gibi özelliklere sahip grupları içermektedir. Bir mineralin fiziksel özellikleri genellikle kristal yapısıyla ilişkilidir ve üçüncü sınıflandırma da dolaylı olarak zeolitin kristal yapısına dayanmaktadır (Armbruster ve Gunter, 2001). Kanserojen olduğu epidemiyolojik çalışmalarla belirlenen eriyonitin, zeolit minerallerinden biri olan ve kristal yapısı lifsel olan bir formudur. Havada asılı kalabilen birkaç mikron boyutundaki eriyonit iğnecikleri, solunum yoluyla vücuda alınabilir (Atabey, 2016). Dünya Sağlık Teşkilatı'na bağlı Uluslararası Kansere Araştırma Kurumu, şimdiye kadar bilinen en güçlü kanser oluşturan mineralin Eriyonit olduğunu onaylamıştır (Anonim, 2016).

Klinoptilolit ve Şabazit başlıca tüketilen doğal zeolitlerdendir. Dünya zeolit tüketiminin %18'ini doğal zeolitler, %82'sini ise sentetik zeolitler oluşturmaktadır (Demir ve Polat, 2003). Klinoptilolitler esas olarak tarım, hayvancılık, arıtım ve yapı sektörlerinde kullanılmakta ve kullanımı son yıllarda sürekli artmaktadır (Öz ve ark. 2003).

Sentetik zeolitler ise saf ve düzgün yapılıdır ve 200 türü vardır. Silisyum bakımından zengin içeriği, kristal yapısı, iyon değişimi, moleküler elek özelliği ve adsorblama kapasitesi gibi özellikler doğal ve sentetik zeolitlerde ortak özellik olarak yer almaktadır. Başta kimya ve deterjan sektöründe kullanılan sentetik zeolitlerin günümüzde Türkiye'de henüz üretimi bulunmamaktadır (Anonim, 2019b).

Dünyadaki zeolit rezervleri 1950'li yıllardan sonra belirlenmiştir. Doğal zeolitlerin kullanım alanları, deniz ve göl kayaçlarının zeolit içerdiğinin tespit edilmesi sonucunda hızla genişlemiştir. Çin dünyada zeolit üretiminin en fazla yapıldığı ülkedir. Diğer önemli zeolit üretimi gerçekleştiren ülkeler arasında Küba, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Macaristan, Bulgaristan ve İtalya bulunmaktadır (Sand and Mumpton 1978; Virta, 2002; Soylu ve Gökkuş 2017).

Türkiye'de zeolit keşfi, ilk defa 1971 yılında Gölpazarı-Göynük bölgesinde bulunan doğal bir zeolit türüyle gerçekleşmiştir. Ülkemizdeki en önemli zeolit mineralleri arasında Klinoptilolit, Çabazit, Mordenit, Erionit ve Analsim bulunmaktadır.

Önemli bir doğal zeolit olan Klinoptilolit, tarım ve hayvancılık sektöründe gübre katkı maddesi, yem katkı maddesi, toprak için ıslah edici, su filtresi, kimyasal elek, gas absorblayıcı ve koku kontrol malzemesi olarak kullanılmaktadır. Klinoptilolit tarımda özellikle toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ve mahsulün veriminin artırılması için yaygın olarak kullanılır ve aynı zamanda mikotoksin varlığını azaltması nedeniyle çiftlik hayvanları için yemlerin daha verimli kullanımını sağlamak amacıyla gıda takviyesi olarak da kullanılırlar (Doğan, 2003), (Reháková et al., 2004). Ancak, zeolitlerin bazı durumlarda olumsuz etkileri olabilir.

Inert tozlar içinde yer alan zeolitin depolanmış tahıllarda ürüne karıştırılarak zararlılara karşı uzun süreli koruma sağladığı birçok çalışmada belirtilmektedir (Rumbos et al. 2016). Bununla birlikte, zeolitin, ürün akışkanlığını azaltması; ürünün daha hacimli olmasına neden olması ile depolanan ürün miktarını düşürmesi ve sürtünmeye neden olması nedeniyle hassas yüzeylerde aşındırıcı etki sergilemesi gibi uygulamada ortaya çıkabilecek olumsuz yönlerinin de bulunduğu bildirilmektedir (Korunic et. al. 1996). Keza solunum yoluyla veya doğrudan deriden penetrasyon ile memelilerde sağlık sorunlarına da neden olabileceği ifade edilmektedir (Golob, 1997).

Son yıllarda *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica* ve *Tribolium castaneum* gibi önemli depolanmış ürün zararlıları coleopterler ile yapılan çalışmalar zeolitin depolanmış ürün zararlılarının mücadelesinde önemli böcek öldürücü potansiyeline işaret etmektedir. Ancak etkinlikleri bağıl hava nemi, maruz kalma süresi, taneler üzerinde tozun tutulması, tane sıcaklığı ve nemi, depolanan ürünün durumu, zararlı türü gibi birtakım etkenlere bağlıdır (Kljajić et al., 2007).

Böceklerin gelişim aşaması, boyutu (yüzey alanı/hacim oranı), balmumu (wax) tabakasının yumuşaklığı, tüylülük ve fiziksel hareketlilik de depolanmış ürünlerde zeolit ve inert tozların kullanımını etkileyen faktörlerdendir. Böceğin kütükula tabakasını aşındıran inert tozlar, balmumu tabakasının emilmesine yol açarak böceğin aşırı su kaybetmesine neden olur. Bu durum, böceklerde görülen ölümün temel sebebinin aşırı su kaybı veya kurumadan kaynaklı olduğu şeklinde bildirilmiştir (Subramanyam and Roesli 2000). Böceklerde, toz partiküllerinin etkili bir şekilde temas etmesi için böcek hareketliliğinin yanı sıra, böcek epikütikula kalınlığındaki farklılıkların da önemli olduğu vurgulanmıştır (Korunic 1998, Subramanyam and Roesli 2000). Ayrıca, bu konuda yapılan çalışmalarda böceklerin epikütikula kalınlığındaki farklılıkların önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir (Kavallieratos et al. 2007). Dolayısıyla tozun özellikleri moleküler yapı, silisyum dioksit içeriği, partiküllerin şekli ve boyutu, Al/Si oranları, soğurma kabiliyeti ve coğrafi orijinali insektisidal potansiyelini de etkilemektedir (Eroğlu, 2014).

Depolanmış tahıllarda bulunan zararlıların fiziksel mücadele yöntemleri kapsamında İtalya'da yapılan bir araştırmada bir sodyum silikat olan silika jel kullanımı ile buğdayda *R. dominica*, mısırdaki *S. oryzae* ve pirinçte *Oryzaephilus surinamensis*' in sırasıyla 70, 128 ve 139 günde tüm evreleri dahil olmak üzere öldüğü tespit edilmiştir (Pezzutti et al., 1979). *Rhyzopertha dominica* ve *O. surinamensis*'in erginleri, gelişmemiş evrelerine göre daha fazla tolerans gösterirken, *S. oryzae*'nin erginleri daha az tolerans göstermiştir. Aynı çalışmada, zeolit dahil olmak üzere diğer absorbantlarla yapılan testlerde 98 günlük maruziyet süresinde *O. surinamensis*'in tüm evrelerinin öldüğü, tanelerin çimlenme yeteneği ve un kalitesinin de iyileştiği kaydedilmiştir.

Mısır tanelerine uygulanan doğal zeolit, laboratuvarında 27-30°C, %75-85 bağıl nemde 6 haftalık bir maruziyet sonunda *Sitophilus zeamais* üzerinde etkili olarak bulunmuştur (Haryadi et al., 1994). Zeolit uygulanmamış mısır tanelerinde *S. zeamais*'in ergin popülasyonu %69.3 iken, %4 zeolit dozu uygulandığında bu popülasyon %20.3'e, %8 ve %12 zeolit dozu uygulamalarında ise %20'a düştüğü rapor edilmiştir.

Sırbistan menşeli doğal zeolit formülasyonları ve diatom toprağı (DT) formülasyonu (Protect-ItTM), *R. dominica*, *T. castaneum* ve *S. oryzae*'e karşı etkinlik için farklı dozlarda buğdaya uygulanmıştır (Kljajic et al., 2010). En yüksek ergin ölüm oranı, en uzun maruz kalma süresinden (21 gün) sonra gözlenmiştir.

Tüm zeolit dozlarının (0.25 g/kg, 0.50 g/kg, 0.75 g/kg) uygulanmasıyla *S. oryzae*'nin ölüm oranı %97 ile %100 arasında değişmektedir. Benzer şekilde, *T. castaneum* için uygulanan tüm zeolit dozları (0.25 g/kg, 0.50 g/kg, 0.75 g/kg) için %94 ile %100 arasında ölüm oranları tespit edilmiştir. Çalışmada incelenen zeolit formülasyonlarının etkinlikleri, DT formülasyonunun etkinliği ile karşılaştırılabilir düzeyde önemli olduğu belirtilmiştir. (Kljajic et al., 2010).

Arpa tanelerine 0, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500 ve 2000 ppm dozlarında uygulanan dört farklı zeolit formülasyonunun (0-8 mikron filtre altı ham zeolit, 0-15 mikron ham zeolit, %70 0-8 mikron ham zeolit + %30 silika jel, %90 0-8 mikron ham zeolit + %10 silika jel) depolanmış ürün zararlısı *Tribolium confusum* üzerindeki insektisidal etkinliği 18 °C, 24 °C, 30 °C sıcaklıklarda ve %60 orantılı nemde 7, 14, 21, 28 günlük maruziyet sürelerinde araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca 24°C'de %55 nemde 0, 200, 400, 600 ve 800 mg/kg dozlarında ham Zeolit + %30 silika jel karışımı uygulanan arpada 90 ve 150 günlük maruziyet sonunda *T. confusum* F1 ergin gelişimi de araştırılmıştır (Eroğlu, 2015). Araştırma sonucunda %30 silika jel ile %10 silika jel uygulamasında ölümlerin 500 ppm dozda başladığı ve maruziyet süresi ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada uygulanan silika jel içeren zeolit formülasyonlarında *T. confusum* üzerinde % 100 ölüm oranı görülürken silika jel içermeyen formülasyonlarda sırasıyla yaklaşık % 98 ve % 94 ölüm oranı elde edilmiştir.

Doğal zeolitin, sentetik zehirli insektisitlere göre depolanan ürün zararlıları üzerinde daha yavaş öldürücü etkiye sahip olması, uygulamada etki süresinin önemli bir faktör olduğu sonucuna işaret etmektedir.

SONUÇ

İnert tozlar içinde yer alan doğal zeolitlerin depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede alternatif olarak kullanımı, mücadelenin başarısı yanında ayrıca gıda güvenliğini de olumlu yönde etkileyen bir faktör olarak değerlendirilmelidir. Doğal zeolitin en önemli özelliği çok düşük memeli toksisitesine sahip doğal bir malzeme olmasıdır (Kljajić et al., 2011). Zeolitler bu bağlamda çevre dostu materyaller olarak gıdalarda kalıntı sorununa yol açmazlar; keza ticari olarak teminleri ve kullanımları mümkündür. Bu özellikle ile IPM ve organik tarım için büyük avantaja sahiptirler. Ayrıca, hayvan yemi olarak amaçlanan buğdayda doğal zeolit kullanımı, hayvanların büyümesini ve sağlığını olumsuz etkileyen mikotoksin üreten mikroorganizmaların gelişimini engeller.

Kodeks Alimentarius Komisyonu, gıdalarda zararlı böceklerin savaşımında “Silikatlar, kil, sodyum silikat” adı altında Zeolit'i tavsiye etmiş; bitki zararlıları ve hastalık kontrolü için izin verilen maddeler içinde zeoliti de listelemiştir (Bodroza Solarov et al., 2011). Bu liste altındaki silikon bileşikleri doğrudan gıda bileşeni, gıda ambalajı ve filtre yardımcıları olarak belirtilmektedir (SCOGS, 1979). Zeolitler öte yandan diatom toprağı ile karşılaştırılabilir düzeyde etkilidir ve bu bağlamda depolanmış ürünlerin zararlı arthropodlardan korunmasında kullanım potansiyeline sahiptir.

Türkiye bol miktarda klinoptilolit rezervine sahiptir; bu nedenle tek başına veya diğer entomopatojen ajanlarla veya diğer mücadele yöntemleriyle kombine olarak kullanımına ilişkin çalışmaların yapılması önerilmektedir (Eroglu, 2014).

Zeolitlerin depolanmış ürünlerde zararlı organizmalarla mücadeledeki potansiyelinin araştırılması ve bu alandaki kullanımının daha fazla yaygınlaştırılması için gerekli çalışmaların yapılması gereklidir. Bu sayede tarım ürünlerinin depolanmış ürün zararlıları daha etkin, ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim 2013. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zeolite-ZSM-5-3D-vdW.png>
- Anonim 2016. Tarım İşletmelerinde Tozla Mücadele Rehberi. Bakanlık Yayın No: 5. ISBN: 978-975-455-263-8. Ankara.
- Anonim 2019a. <http://www.manisadagundem.com/gundem/manisadan-24-ulkeye-zeolit-ihracati-h21136.html>. Erişim Tarihi: 20.09.2019.
- Anonim 2019b. <https://www.enerjiportali.com/zeolit-nedir-nerelerde-kullanilir/> Erişim Tarihi: 02.05.2019.
- Armbruster T. ve Gunter M. E., 2001, Crystal Structures of Natural Zeolites. Reviews in Min. And Geochem. Vol. 45. Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Applications, 1-116.
- Atabay E., 2016. Jeolojinin Yeni alt Bilim Dalları 8 s.
- Bodroza-Solarov, M., Kljajic, P. Goran, A., Bojana, F., Olivera, S., Prazic-Golic, M., Adamovic, M., 2011. Application of principal component analysis in assessment of relation between the parameters of technological quality of wheat grains treated with inert dusts against rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). Pestic. Phytomed. (belgrade) 26, 385-390.
- Collins, P.J. 2006. Resistance to chemical treatments in insect pests of stored grain and its management. In: Lorini, I., Bacaltchuk, B., Beckel, H., Deckers, D., Sunfeld, E., dos Santos, J.P., Biagi, J.D., Celaro, J.C., D'A. Faroni, L.R., de O.F. Bortolini, L., Sartori, M.R., Elias, M.C., Guedes, R.N.C., da Fonseca, R.G., Scussel,

- V.M. (Eds.), Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, Brazil, October 2006. ABRAPOSBrazilian Post-harvest Association, Brazil, pp. 277-282.
- Demir D. ve Polat E., 2003, Zeolit (Klinoptilolit) ve Tarımda Kullanımı Hasad (221), 54-59, Ekim 2003.
- Doğan, H. 2003. Doğal ve Sentetik Zeolitler ve Uygulama Alanları, Bor Teknolojileri ve Mineraller Grubu. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- Ebeling, W. (1971). Sorptive dusts for pest control. Annual Review of Entomology 16, 123-158.
- Emekçi, M. and Ferizli, A.G. 2000. Current status of stored products protection in Turkey. Integrated Protection of Stored Products, IOBC Bulletin 23(10), 39-46.
- Eroğlu, N., 2014. A review: Insecticidal potential of Zeolite (Clinoptilolite), toxicity ratings and general properties of Turkish Zeolites. 11th International Working Conference on Stored Product Protection, DOI: 10.14455/DOA.res. 2014.116.
- Eroğlu, N., 2015. Zeolit'in Depolanmış Ürün Zararlısı *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae)'a Karşı Mücadelede Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, 182 sf., Ankara, 2015.
- Golob P, İnert tozlar için mevcut durum ve gelecek perspektifleri Depolanan üründeki böceklerin kontrolü.JStoredProdRes33:69–79 (1997).
- Hagstrum, D.W., Flin, P.W. 1996. Integrated Pest Management. In: Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (Eds), Integrated management of insects in stored products, Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, pp. 399-408.
- Haryadi, Y., Syarief, R., Hubeis, M., Herawati, I., 1994. Effect of zeolite on the development of *Sitophilus zeamais* Motsch, In: Highley E., Wright, E.J., Banks, H.J., Champ, B.R. (Eds), Stored Products Protection. Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-product Protection, 17-23 April 1994, Canberra, Australia, CAB International, Wallingford, UK, pp. 633-634.
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J. ve Maistrou, S.N., 2007. Influence of temperature on susceptibility of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) strains to three modified diatomaceous earth formulations. Florida Entomologist 90, 616–625.
- Kljajić, P., Perić, I. 2005. Resistance of stored-product insects to insecticides (Rezistentnost skladišnih insekata prema insekticidima). Pesticide & Phytomedicine (Pesticidi i fitomedicina) 20, 9-28, 2005 (in Serbian with abstract in English).
- Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Prijović, M. and Perić, I. 2007. Efficacy of inert dusts in control of rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) and red flor beetle (*Tribolium castaneum* Herbst). In: Psodorov, Đ. (Ed.), Proceedings of the 1th International Congress - Food Technology, Quality and Safety (XVI Symposium of Cereal-Bread), Institute for Food Technology in Novi Sad, November 2007. Novi Sad, Serbia. pp. 159-164.
- Kljajc, P., Andric, G., Adamovic, M., Bodroza-Solarov, M., Markovic, M., Peric, I., 2010. Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. Journal of Stored Products Research 46, 1-6.
- Kljajic, P., Andric, G., Adamovic, M., Prazic Golic, M., 2011. Possibilities of application of natural zeolites in stored wheat grain protection against pest insects. Journal on processing and Energy in Agriculture 15, 1, p. 12-16.
- Korunic, Z., Fields, P.G., Kovacs, M.I.P., Noll, J.S., Lukow, O.M., Demianyk, C.J., Shibley, K.J., 1996. The effect of diatomaceous earth on grain quality. Postharvest Biology and Technology 9 (1996) 373-87.
- Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. J. Stored Prod. Res. 34: 87-97

- Öz, S., Hepbaşı, A., Koçer G., Akar, A. 2003. “Doğal Zeolitlerin (Klinoptilolit) Ülkemizdeki Kullanım Olanakları ve Enerji Uygulamaları”. 1. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, 22-24 Mayıs, 2003, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Denizli.
- Pezzutti, R., 1979. Effects of dry air on some beetles infesting stored cereals. *Journal Domenichini, G. (Convener): 2nd symposium on pest control in food processing plant and the protection of foodstuffs: 135-144 Record Number 19790566454.*
- Reháková, M., Čuvanová, S., Dzivák, M., Rimár, J., Gaval'ová, Z., (2004). Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 8, 397-404.
- Rumbos, C.I., Sakka, M., Berillis, P. ve Athanassiou, C.G., 2016. Insecticidal potential of zeolite formulations against three storedgrain insects, particle size effect, adherence to kernels and influence on test weight of grains. *Journal of Stored Products Research* 68 (2016), 93-101
- Sand, L.B., Mumpton, F.A., 1978. *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, and Use*, Pergamon Press, Inc., Elmsford, New York, USA, 1978.
- SCOGS, 1979. Database of Select Committee on GRAS Substances (SCOGS) Reviews. Sodium Aluminasilicates. Accessed November 2014. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=scogsListing&id=281>
- Soylu, M., Gökkuş, Ö., 2017. Türkiye'deki Doğal Zeolitler Ve İyon Değişimi Uygulamaları. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, (2017), 11-20.
- Subramanyam, Bh. ve Roesli, R. 2000. Inert dusts, In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds), *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, pp. 321-380.
- Virta, R.L., “Zeolites”, *US Geological Survey Minerals Yearbook*, 84, 1-4, 2002.