



Tohum Dezenfeksiyon Yöntemleri

Seed Disinfection Methods

Bahar Atmaca¹ , Gülsün Akdemir Evrendilek^{2,*} 

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

² Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ardahan, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): G. Akdemir Evrendilek, e-mail (e-posta): gevrendilek@yahoo.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 27 Nisan 2020
Düzeltilme tarihi : 31 Ağustos 2020
Kabul tarihi : 08 Eylül 2020

Anahtar Kelimeler:

Tohum dezenfeksiyonu
Çimlenme
Tohum refahı

ÖZET

Tohumlar yüzeylerinde birçok mikroorganizma bulundurmakta ve bu mikroorganizmalar tohum kalitesini ve doğrudan ürün verimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, ürün verimliliğinde artış sağlayan ve tohumun fizyolojik yapısını olumsuz yönde etkilemeyecek çeşitli dezenfeksiyon yöntemleri uygulanmaktadır. Uygulanan yöntemlerden bazıları tohuma zarar vermeden ve çimlenmede artış sağlamakta iken bazı uygulamalar ise tohuma zarar vererek çimlenmeyi azaltmaktadır. Bu nedenle, tohuma uygulanan dezenfeksiyon yönteminin seçilmesi tohum canlılığını ve tohum refahını korumak için önemli bir işlemdir.

Article Info

Received date : 27 April 2020
Revised date : 31 August 2020
Accepted date : 08 September 2020

Keywords:

Seed disinfection
Germination
Seed vigour

ABSTRACT

Seeds have many microorganisms on their surfaces and these microorganisms also significantly affect seed quality and yield. For this reason, various disinfection methods are applied to the seeds to increase the productivity without adversely affecting the physiological structure of the seeds. Some of the applied methods increase germination without damaging the seed, while the others reduce germination by damaging the seed. Therefore, choosing the appropriate disinfection method to the seed is an important process to protect both the seed viability and seed vigour.

1. GİRİŞ

Uluslararası Tohum Federasyonu (ISF) 2012 verilerine göre, küresel tohum üretim değeri 44.9 milyar dolar olarak gerçekleşmiş olup, ABD (%26.7) ve Çin (%22.1) ilk iki sırada yer almaktadır. AB ülkelerinden Fransa ise %6.2'lik pay ile üçüncü sırada yer almış, Fransa'yı, Almanya (%2.6), İtalya (%1.7), ve İspanya (%1.5) izlemiştir. Dünya tohum piyasasında Türkiye ise %2'lik pay ile 11. sırada yer almaktadır. Dünyada 2016 yılı itibarıyla yaklaşık 9.2 milyon ton tohum dış ticarete konu olmuştur ve bu değer önceki yıla oranla %21'lik bir artış göstermiştir. 2016 yılı itibarıyla dünya tohum ihracatının %45.6'sı 9 ülke tarafından gerçekleştirilmekte ve ABD %13.5'lik payla ilk sırada yer almaktadır. Türkiye tohum dış ticaretinde 10. sırada yer almaktadır (Anonim, 2018). Görüldüğü üzere tohum ticareti dünyada ekonomik açıdan önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle, tohumlarda bulunan mikroorganizmaların ve özellikle patojenlerin tohum ticareti ile diğer ülkelere yayılmasını önlemek ve ürün kayıplarını en aza indirmek amacıyla bu mikroorganizmaların tohumlardan uzaklaştırılması gerekmektedir.

Yüksek kaliteli tohumlar tarımsal üretim için önemlidir ve gıda kaynağı olarak kullanılan tohumların mikrobiyal kontaminasyonu her yıl büyük miktarlarda ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yüksek kaliteli tohumlar ise toplam üretimin yaklaşık %30'una katkıda bulunmaktadır. Tohum kalitesi hasat, kurutma, temizleme, sınıflandırma, paketleme ve depolama gibi çeşitli faktörlerden etkilenmekte ve artan üretimle birlikte çiftçiler ve yetiştiriciler üretimi sağlamak için yüksek kaliteli tohumlar aramaktadırlar (Afzal ve ark., 2016). Tohumların yüzeylerinde bulunan mikroorganizmalar ürün verimliliğini önemli derecede etkilemekte ve gıda kaynaklı hastalıklar açısından da risk oluşturmaktadır. Bu nedenle ürün verimliliğini arttırmak ve hasta riskini azaltmak için tohum dekontaminasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla tohum yüzeylerine çeşitli dezenfeksiyon yöntemleri uygulanmaktadır. Başarılı bir tohum dezenfeksiyonu, tohum canlılığını ve çimlenme kabiliyetini korurken mikroorganizmaları inaktive etmelidir (Peñas ve ark., 2010).

Tohum dezenfeksiyon yöntemleri genel olarak fiziksel ve kimyasal dezenfeksiyon olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanması sıcaklık, uygulama süresi ve enerji dozu gibi her prosese özgü parametrelerinin optimizasyonunu gerektirir. Çünkü bu uygulamalar tohum çimlenmesini önemli ölçüde azaltabilir. Fakat her iki uygulamada da temel amaç çimlenme ve fide oluşumunu maksimum seviyeye çıkarmaktır. Fiziksel uygulamalar kimyasal uygulamalara alternatif bir yaklaşımdır ve büyümekte olan dünya tohum pazarı için daha iyi bir çözüm olarak değerlendirilmektedir (Afzal ve ark., 2016).

Çiftlikten çatala gıda tedarik zinciri sürdürülebilir bir toplumda önemli bir konudur ve tohumlarda çimlenme oranında artış sağlayabilecek teknolojiler, enerji kullanımını önemli ölçüde azaltarak gıda üretiminde sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilme potansiyeline sahiptir (Los ve ark., 2019). Bu nedenle, tohum dezenfeksiyonu; tohum verimi, tohumların taşınması ve depolanmasında önemli bir konudur. Bu derlemede tohum dezenfeksiyon yöntemleri fiziksel ve kimyasal yöntemler olarak incelenmiş ve bu yöntemler yapılan araştırmalar ile desteklenmiştir. Derlemenin tohum dezenfeksiyon yöntemlerine bir bakış açısı sunacağı düşünülmektedir.

2. TOHUM DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ

2.1. Kimyasal Yöntemler

Tohumların yüzeylerinde bulunan mikroorganizmaların kontrolü oldukça önemlidir. Bu mikroorganizmaları kontrol altına almak amacıyla tohum yüzeyleri birçok kimyasal madde ile muamele edilmektedir. Tohum kaynaklı patojenleri önlemek amacıyla tohumlara kimyasal madde uygulanmasının güvenilir, ucuz ve etkin bir yöntem olduğu ifade edilmektedir. Tohumlara kimyasal madde uygulanmasındaki asıl amaç tohumdaki inokulumu yok etmek veya etkisiz duruma getirmek bunun sonucunda sağlıklı bitki ve fidelerin üretimini gerçekleştirmektir (Erkan, 1998).

Tohum dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılan kimyasallar sodyum hipoklorit (NaOCl), kalsiyum hipoklorit ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), gümüş nitrat (AgNO_3), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2)'tir (Ramandi ve ark., 2019; Oyebanji ve ark., 2009). Sodyum hipoklorit tohum yüzey dezenfeksiyonunda bir ön uygulama olarak kullanılmaktadır (Abdul-Baki ve Moore, 1979); fakat NaOCl'in kötü tadı, sitotoksitesi ve tohum kabuğunda leke oluşturması gibi dezavantajı vardır. Ayrıca, çeşitli çalışmalar NaOCl'nin tohum derinliklerine nüfuz edemediğini göstermiştir (Kumar ve ark., 2018).

Tohum dezenfeksiyonunda NaOCl'in kullanıldığı ve tohum çimlenmesinin üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada karabuğday (*Polygonum convolvulus* L.) tohumları %6 NaOCl içine daldırılmış ve 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 ve 16 saat bekletilmiştir. Karabuğday tohumları için maksimum çimlenme 6 ve 8 saatte gözlemlenmiştir. Fakat, karabuğday tohumlarının uzun süre NaOCl içinde bekletilmesi zayıf çimlenme ve tohum parçalanması ile sonuçlanmıştır (Hsiao, 1979).

Yapılan başka bir çalışmada ise börülce tohumları *Cowpea mild mottle* virus ile aşılansın NaOCl (%0.5, %0.75 ve %1.0) ve $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (%75, %85 ve %95) ile sterilize edilmiş ve sonuç olarak farklı konsantrasyonlarda NaOCl ve $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 'ün bitkiler üzerindeki virüs hastalık şiddetini önemli ölçüde azalttığı ve kontrole kıyasla tohumların büyüme parametrelerini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Ekimden sonraki 10. haftada $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (%95) uygulamasının virüs hastalığını en düşük orana (%17.63) indirdiği, en uzun boylu (59.13 cm) ve bitki başına en fazla yaprak sayısına sahip bitkilerin gelişmesini teşvik ettiği görülmüştür (Aliyu, 2018).

Tohum dezenfeksiyonunda $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ve NaOCl'in hem ayrı ayrı hem de birlikte etkisinin incelendiği bir çalışmada ise börülce, pirinç ve sorgum tohumları %95, 90, 85 ve 70 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ konsantrasyonlarında 5, 10, 15 ve 30 dakika (metot 1), %3.5 NaOCl çözeltisinde 5, 10, 15, 20, 30 ve 45 dakika (metot 2) ve önce %90 etanolde 3 dakika sonra %3.5 NaOCl çözeltisinde

30 dakika (metot 3) bekletilmiş 3, 6 ve 9. günlerde mikrobiyal gelişim gözlemlenmiştir. Sonuçlar, 30 dakika boyunca %3.5 hipoklorit kullanımının, C₂H₅OH ve %3.5 NaOCl'in birlikte kullanımı kadar etkili olduğunu fakat pirinç tohumlarının yüzey dezenfeksiyonunda etanolün tek başına kullanımının dezenfeksiyon için uygun olmadığını göstermiştir (Oyebanji ve ark., 2009).

Tohum dezenfeksiyonunda NaOCl, C₂H₅OH ve H₂O₂ gibi kimyasalların kullanımının yanı sıra perasetik, asetik, askorbik, sitrik ve laktik asit gibi organik asitler de kullanılmaktadır. Bu asitlerin tohum üzerinde *Botrytis cinerea* büyümesini önemli ölçüde etkilediği, ancak yüksek konsantrasyonda çimlenme parametrelerini ve tohum kuvvetini olumsuz etkilediği görülmüştür (Rajkowski ve Ashurst, 2009; Szopinska, 2013).

Sıcak su, asetik asit ve H₂O₂ uygulamaları kombinasyonlarının *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Enterica ve *Listeria monocytogenes* ile kontamine edilmiş maş fasulyesi tohumlarının saklama koşulları ve çimlenme üzerine etkisi araştırılmış ve kontamine edilen fasulye tohumları ve 22°C'de dört haftalık depolamadan sonra farklı işlemlere (sıcak su 60°C'de 10 ve 20 dakika, sıcak su+asetik asit, sıcak su+hidrojen peroksit ve sıcak su+asetik asit+hidrojen peroksit) tabi tutulmuştur. Sonuçlar tüm kombine uygulamaların maş fasulyesine inoküle edilen *E. coli* O157: H7, *S. Enterica* ve *L. monocytogenes* bakterilerinin başlangıç sayılarında minimum 3 log kob g⁻¹ azalma sağladığını göstermiştir (Trzaskowska ve ark., 2018).

Verilen örneklerden de anlaşılacağı üzere tohum dezenfeksiyonunda kimyasal kullanımı tohumun fizyolojik yapısını ve tohum çimlenmesini olumsuz yönde etkilemektedir (Spadaro ve Gullino, 2005). Kimyasallar tarafından hastalık kontrolünün yönetimi genellikle kolaydır (Kang ve ark., 2020); fakat kimyasal kullanımı insan sağlığına zararlı olmakla birlikte, çevreye zararlı kimyasal kalıntılar bırakmaktadır. Bu nedenle, artan nüfusa ayak uydurmak ve tohum çimlenmesini artırmak için yeni alternatif teknolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Thirumdas ve ark., 2017).

2.2. Fiziksel Yöntemler

Tohum teknolojisi bakımından bitki üretimini artırmak için fiziksel yöntemlerin kullanılması kimyasal yöntemlere göre avantajlar sunmaktadır (Araújo ve ark., 2016). Örneğin gereğinden fazla ve uzun süreli gübre kullanıldığında; topraklarda tuzlanma, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi ve ozon tabakasının incilmesi gibi çevre sorunları oluşmaktadır (Sönmez ve ark., 2008). Fiziksel yöntemler ise gübre kullanımını azaltıp tohum çimlenmesini ve fide canlılığını artırarak çevre dostu avantajlar sunmaktadır (Araújo ve ark., 2016). Bu kısımda fiziksel uygulamalardan atımlı elektrik alan (pulsed electric fields, PEF), soğuk atmosferik plazma (cold atmospheric plasma, CAP), yüksek hidrostatik basınç (high hydrostatic pressure, HHP) ve ultraviyole (UV) uygulamalarından bahsedilerek bu uygulamalara örnekler verilecektir.

2.2.1. Atımlı Elektrik Alan (PEF)

Atımlı elektrik alan (PEF) teknolojisi paralel iki elektrot arasına yerleştirilmiş olan ürünlere 100 V cm⁻¹ ile 80 kV cm⁻¹ arası elektrik akımının kısa süreli (nanosaniye ve milisaniye) uygulanması ile gerçekleştirilmektedir (Evrendilek ve Tanasov, 2017). Uygulanan elektrik alan kısa sürede elektrik akımını ileten iyonlar tarafından proses edilecek ürüne iletilir (Evrendilek ve ark., 2019). Mikrosaniye veya daha uzun süreli elektrik alanın hücreye uygulanması, hücre zarının her iki tarafında da büyük miktarda ters yüklü iyonların birikmesine neden olur. Hücre zarındaki iyonların birikmesi atım yoğunluğuna ve süreye bağlıdır. Uygulanan elektrik alan bir zar boyunca yaklaşık 1 V'luk bir voltaj farkına neden olursa, zar geçirgen hale gelir ve iyonların zardan geçişine izin verilir. Bu durum hücre zarının elektroporasyonuna neden olur (Takaki ve ark., 2019). Elektrik akımı uygulaması son bulduğunda hücre zarı ilk haline dönebilir, ancak elektrik alan uygulaması uzun sürerse hücre zarında geri dönüşümü olmayan, kalıcı bir hasar meydana gelir. Uygulanan elektrik alan hücrenin kritik elektrik alan potansiyelinden yüksekse hücrede por denilen delikler oluşur. Bu aşamadan sonra uygulanan elektrik alan kaldırıldığında porlar geri dönüşümlü olarak kapanabilir. Fakat, uygulanan elektrik alan devam ettirildiğinde porlar geri dönüşümsüz olarak açık kalır ve hücre içi ve dışı transport mekanizmasında bozulmalar meydana gelir. Hücre, hücre içi ve dışı madde alışverişini kontrol edemeyeceği için lizis olayı başlar ve hücre canlılığını kaybeder. Uygulanan elektrik alan altında hücrenin bu davranışı elektroporasyon olarak adlandırılır ve elektroporasyon, atımlı elektrik alan uygulamalarında mikroorganizmaların inaktivasyonunu açıklayan en önemli teorilerden birisidir (Castro ve ark., 1993).

Yapılan bir çalışmada lahana, marul, roka ve buğday tohumlarının toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam küf sayısını azaltmak amacıyla tohumlara 50 ve 200 Hz frekansta 12 kV cm⁻¹ elektrik alan kuvveti uygulanmıştır. Uygulama sonrası lahana ve marul tohumlarında toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve toplam küf (TF) miktarında sırasıyla 0.22 ± 0.06 log kob mL⁻¹, 2.81 ± 0.69 log kob mL⁻¹, roka tohumlarında TMAB sayısının 0.49 ± 0.10 log kob mL⁻¹, buğday tohumlarında TF sayısının ise 2.85 ± 0.8 log kob mL⁻¹ azaldığı görülmüştür. Kontrol ve PEF uygulanan buğday tohumları arasında çimlenme açısından önemli bir fark gözlenmediği belirtilmiş ve PEF prosesinin TMAB ve TK sayısını azaltmak için alternatif bir teknoloji olabileceği sonucuna varılmıştır (Evrendilek ve Tanasov, 2017).

Yapılan başka bir çalışmada ise nohut tohumları üç farklı sıcaklıkta (13, 16 ve 19°C) 15 dakika boyunca 0-1300 V'a kadar elektrik alanına maruz bırakılmış ve nohut tohumlarının elektrik alanına maruz kalmasının, kontrole kıyasla su alım kapasitesinde bir artışa neden olduğu saptanmıştır. Sıcaklığın, elektrik alan uygulanan tohumlar üzerinde bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Mahajan ve Pandey, 2014). Bu durumun tohumun içinde, çok miktarda elektrik dipolünün oluşmasından ileri geldiği ve elektrik alanı tarafından uygulanan dipol-dipol etkileşiminin tohumlarda fizyolojik değişikliklere neden olurken; tohumun solunumu, su emilimini ve fotosentetik seviyesini artırarak çimlenmeyi iyileştirdiği sonucuna varılmıştır (Rifna ve ark., 2019).

Domates tohumları ile yapılan bir çalışmada ise tohumlar 10-30 kV cm⁻¹ ve 50 Hz frekansta 10 ila 30 saniye boyunca elektrik alanlarına maruz bırakılmıştır. Kontrol tohumları %92 oranında çimlenirken, 20 saniye boyunca 20 kV cm⁻¹ elektrik alan uygulanan tohumların çimlenme oranı %100'e çıkmıştır. Domates tohumlarına atımlı elektrik alan uygulanmasının çimlenmenin artışında etkili bir araç olabileceği sonucuna varılmıştır (Patwardhan ve Gandhare, 2013).

PEF teknolojisinin sadece tahıl ve sebze tohumlarına değil, yağlı tohumlara da uygulandığı ve bu tohumlardan elde edilen yağ veriminde artış sağladığına yönelik çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin, ayçiçeği tohumuna 7 kV cm⁻¹lik elektrik alan uygulandığında kontrol grubuna göre yağ veriminde %2.3 artış görülmüştür (Shorstkii ve ark., 2020). Yenilikçi bir yöntem olan PEF teknolojisinde daha az solvent kullanılması bu yöntemin yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonu için iyi bir uygulama olabileceğini göstermektedir (Kumari ve ark., 2018).

2.2.2. Soğuk Atmosferik Plazma (CAP)

Bir gaz enerji uygulanmasıyla oluşan ve maddenin dördüncü hali olarak bilinen plazma; elektronlar, iyonlar, serbest radikaller, gaz atomları, temel ve uyarılmış durumdaki moleküller, ışık kuantası gibi çok sayıda reaktif tür içerir. Soğuk plazmada gaz düşük sıcaklıkta kalır ve iyonlar, elektronlar ve moleküller dengede bulunmazlar. Soğuk plazma, atmosferik veya düşük basınçlarda (vakum) elde edilir. Atmosferik basınçta çalışan plazma sitemlerine korona deşarjı, dielektrik bariyer deşarjı, radyo frekanslı plazma ve ark deşarjı örnek olarak verilebilir (Misra ve ark., 2016).

Bitkilerin büyümesinde önemli rol oynayan ve eko-tarımsal teknoloji olarak bilinen soğuk plazma, tohumların yüzeyinde bulunan *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *E. coli* ve *Bacillus subtilis* inaktivasyonunu sağlayarak tohum çimlenmesi ve bitki büyümesini artırmaktadır (Ling ve ark., 2014; Selcuk ve ark., 2008). Ayrıca soğuk plazma teknolojisi dehidrojenaz aktivitesi, süperoksit dismutaz (Meiqiang ve ark., 2005; Ling ve ark., 2014) ve peroksidaz aktiviteleri (Jiang ve ark., 2014; Ling ve ark., 2014), fotosentetik pigmentler, fotosentetik verimlilik ve nitrat redüktaz aktivitesi gibi bitkinin fiziksel metabolizmasını geliştirebilir ve tohum kabuğunun su geçirgenliğini artış sağlayarak tohumun çimlenmesini ve fide büyümesini sağlayabilir (Groot ve ark., 2018). Soğuk plazma prosesinin etkinliği tohum tipine ve tohumun yetiştiği iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Los ve ark., 2019; Randeniya ve De Groot, 2015).

Soğuk plazma tohumlara iki farklı şekilde uygulanabilmektedir:

- 1) Tohumların direkt işlenmesi,
- 2) Tohumların plazma aktif su veya plazma asiti ile dolaylı yoldan işlenmesi.

Doğrudan soğuk plazma işleminde tohumlar elektrotlar arasına yerleştirilerek proses edilirken, dolaylı yöntemde tohumlar soğuk plazma ile proses edilmiş su ile ya da su altında soğuk plazma ile muamele edilirler (Thirumdas ve ark., 2018). Ayrıca, soğuk plazma düşük sıcaklıkta ve kısa işlem süreleriyle tohumlara uygulanabilmektedir ve kimyasal işlem gerektirmediği için toksik kalıntı bırakmadığından dolayı kullanımı zararsızdır (Dhaval ve ark., 2006; Selcuk ve ark., 2008).

Soğuk plazma prosesinin soya fasulyesinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada tohumlar 15 saniye boyunca 0, 60, 80, 100 ve 120 W soğuk plazma ile ön işleme tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlarda 80 W soğuk plazma uygulamasının soya fasulyesi tohumlarında en iyi uyarıcı etkiye sahip olduğu ve soğuk plazma teknolojisinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde olumlu etki oluşturduğu gözlemlenmiştir (Ling ve ark., 2014).

Soğuk plazma teknolojisinin uygulandığı başka bir çalışmada ise buğday tohumları, 80 kV soğuk plazmaya 30, 60 ve 180 saniye boyunca maruz bırakılmış ve plazma uygulamalarının buğday tohumlarının büyüme parametreleri ile çimlenmesinde önemli ölçüde artış sağladığı sonucuna varılmıştır (Los ve ark., 2019). Soğuk plazma teknolojisi, tohum performansını ve mahsul verimini artırmak için kullanılan hızlı, ekonomik ve çevre kirliliği oluşturmayan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

2.2.3. Ultraviyole

Ultraviyole (UV), güneşten veya ışık kaynağından üretilen ve insan gözüyle algılanamayan elektromanyetik ışık radyasyonudur. Ultraviyole ışınları dalga boyları 100-400 nm arasında değişir ve UV ışınları dalga boyunun uzunluğuna göre dört dalga boyu bölgesine ayrılabilir: UV-A (315 ila 400 nm arasında), UV-B (280 ila 315 nm arasında), UV-C (200 ila 280 nm arasında) ve vakum UV (100 ila 200 nm arasında) (Rifna ve ark., 2019). UV-C ışınları bitki dokuları ile etkileşime girdiğinde DNA moleküllerinde hasara ve ayrıca protein moleküllerinin yapılarında ve sentezinde değişikliğe neden olur (Pournavab ve ark., 2019). Fakat, UV-C ışınları stratosferdeki ozon tabakası tarafından filtrelendiğinden dolayı dünya yüzeyine ulaşma miktarı çok düşüktür. UV-B ışınları da ozon tabakası tarafından filtrelendiği için dünya yüzeyine sadece küçük bir kısmı ulaşır. UV-A ışınları ise ozon tabakası tarafından emilemediğinden dünya yüzeyine tamamı ulaşır. Bu üç tip UV ışını arasında UV-B, toplam radyasyonun %1.5'ine sahip olmasına rağmen bitki büyümesi ve gelişmesi üzerindeki ciddi zararlı etkileri vardır. UV-A ışınları ise toplam radyasyonun %6.3'ünü temsil etmesine rağmen diğer dalga boylarından daha az zararlıdır (Nawkar ve ark., 2013). Bilimsel kaynaklarda UV yoğunluk değeri J m⁻², μW cm⁻², W, mW cm⁻², W m⁻² birimleriyle kullanılmaktadır.

Ultraviyole (UV-C) ışınlarının mısır ve şeker pancarı tohumlarının çimlenme yüzdesi ve çimlenme oranına etkisinin incelendiği bir çalışmada mısır ve pancar tohumları 30 dakika, 2 saat, 4 saat, 8 saat ve 12 saat süresince 254 nm dalga boyuna sahip ultraviyole ışına maruz bırakılmıştır. UV-C radyasyon tedavileri tohumların çimlenme yüzdesini önemli ölçüde etkilememiş, ancak tohum çimlenme oranı UV-C radyasyonundan önemli ölçüde etkilenmiştir. En düşük tohum

çimlenme oranı kontrollere ait iken, 8 ve 12 saatlik uygulama süreleri mısır ve şeker pancarı tohumunda en yüksek çimlenme oranına yol açmıştır (Sadeghianfar ve ark., 2019).

Yapılan başka bir çalışmada yağlı tohumlardan olan kolza tohumlarına farklı dozlarda (10, 20, 50, 80, 100, 120 ve 200 J m⁻²) UV-C ışınlarına maruz bırakılmış ve tohumların çimlenme ve büyüme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar 80-120 J m⁻² dozlarında ışınlama uygulamasının kontrole kıyasla kolza tohumlarının çimlenme enerjisini %20-26, çimlenme kabiliyetini ise %16 artırdığını göstermiştir. Aynı zamanda 10 günlük büyüme sonunda, ışınlanmış tohumlardan elde edilen bitkilerin ortalama biyokütlesinin kontrol numunelerine kıyasla %18.3 artış sağladığı sonucuna varılmıştır (Semenov ve ark., 2018).

Işık, bitki büyümesi için gerekli olan önemli bir faktördür ve güneş ışınlarının zararlı kısmı olan ultraviyole (UV) ışınları fotosentezdeki metabolik hızı azaltmaya ve büyümede bozulmaya neden olabilir. Bitkilere ulaşan ultraviyole ışının doğru kullanımı, bitkilerin şekli ve rengi, bitkilerin erken oluşu ve zararlıların ve hastalıkların kontrolünde bir iyileşme gibi üretimin farklı yönlerinin iyileştirilmesine izin verir (Pournavab ve ark., 2019). Bu nedenle UV ışın uygulamalarının sadece tohuma değil bitki fidelerine de uygulandığı çalışmalarda mevcuttur. Örneğin çimlenmiş yeşil fasulye tohumları 7, 15, 30 ve 60 dakikalık süreler boyunca UV-C ışınlarına (254 nm) maruz bırakılmış, daha sonra fideler tuzluluk stresine (50 mM NaCl) tabi tutulmuştur. Sonuçlar UV-C radyasyonu uygulanan yeşil fasulye fidelerinin tuzluluk stresine tolerans kazandığını ve sürgün köklerin ağırlığında kontrole göre sırasıyla %83 ve %94'lük artış sağlandığını göstermiştir (Noble, 2002).

2.2.4. Yüksek Hidrostatik Basınç (HHP)

Yüksek hidrostatik basınç oda sıcaklığında ya da oda sıcaklığının biraz altında veya üstündeki sıcaklıklarda proses edilecek ürünün 100-1000 MPa basınç aralıklarında belirli süre adyabatik olarak yüksek basınca maruz bırakılmasıyla gerçekleştirilir (Rifna ve ark., 2019). Bu teknolojinin ortam sıcaklığında ve hatta daha düşük sıcaklıklarda uygulanabilmesi, boyut ve şekle bakılmaksızın basıncın eşit bir şekilde tüm yüzeye iletilebilmesi, kimyasal koruyucu kullanımını neredeyse ortadan kaldırması gibi avantajları mevcuttur (Rastogi ve ark., 2007). Gıda proseslerinde YHB'nin kullanımı iki prensiple doğrudan ilgilidir. Dengede bulunan bir sisteme dışarıdan bir etkiye bulunulduğunda sistem bu etkiyi azaltıcı yönde bir denge hali oluşturmaya çalışır ve bu durum "Le Chatelier Prensibi" ile açıklanmaktadır (Jeager ve ark., 2012). İkinci prensip ise "İzostatik Basınç Kuralı"dır ve Pascal kanununa dayanmaktadır. Bu kanuna göre sızdırmaz ve kapalı bir durumda olan bir sistem içerisindeki sıvıya basınç uygulanırsa bu sıvı basıncı her noktaya eşit dağıtmaktadır (Elamin ve ark., 2015; Yordanov ve Angelova, 2010).

Yüksek hidrostatik basıncın tohumlarda çimlenme yüzdesini artırdığı, çimlenme süresini azalttığı ve tohumların mikrobiyolojik kalitesini geliştirdiği tespit edilmiştir (İşlek ve ark., 2013). Yüksek basınç teknolojisinin tohumlardaki patojenik mikroorganizmaları ortadan kaldırmak için etkili olduğu rapor edilmiş (Skin ve ark., 2013), fakat tohumlara yüksek basınç uygulaması biyokimyasal reaksiyonlardaki değişikliklerden sorumlu enzim ve proteinlerin denatürasyonuna neden olduğundan tohumlarda çimlenmeyi geciktirdiği ve bu nedenle tohum dezenfeksiyonunda sınırlı bir etki gösterdiği rapor edilmiştir (Ariefdjohan ve ark. 2004; Wuytack ve ark., 2003; Skin ve ark., 2013; Linton ve Patterson, 2000). Yapılan bir çalışmada, tere tohumlarının çimlenme yüzdesi, tohumların mikrobik kalitesi, klorofil a, b ve fidelerde toplam fenolik bileşik konsantrasyonlarını karşılaştırmak için tohumlara 100-400 MPa'da, 30°C'de 10 dakika boyunca basınç uygulanmış ve aerobik mezofilik bakteriler, toplam ve fekal koliformlar ve tohumlarda maya ve küf popülasyonlarındaki en iyi inaktivasyonun 300 MPa'da olduğu gözlemlenmiştir. 300 MPa basınç uygulaması tohumların çimlenme üzerinde olumsuz etki göstermezken, basıncın 400 MPa'a çıkarılması tohumların çimlenme yüzdesinde azalmaya neden olmuştur. Bu nedenle belirli bir basıncın üzerinde embriyo etkilendiği için tohum çimlenme yüzdesinde azalma meydana geldiği sonucuna varılmıştır (İşlek ve ark., 2013).

Yapılan başka bir çalışmada ise tere, susam, turp ve hardal tohumlarına 250, 300, 350 ve 400 MPa'da 20°C'de 15 dakika yüksek basınç uygulanmış ve uygulama sonrası tohumların çimlenme yüzdeleri ölçülmüştür. Turp ve hardal tohumlarının uygulanan en yüksek basınca (400 MPa) duyarlı olduğu ve 250 MPa'da işlem gören turp tohumlarının kontrol tohumlarından 9 gün sonra %100 çimlenmeye ulaştığı ve 24 saat sonra farklı basınç seviyelerinde (250 ila 400 MPa) proses edilen tohum türlerinin her biri için çimlenme yüzdesinin kontrol örneklerine göre düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Susam tohumları 250 MPa'da proses edildiğinde ise çimlenme oranında yaklaşık 8 ila 9 günlük bir gecikme görülmüştür. Ayrıca tere tohumu yedi farklı (*Salmonella Typhimurium*, *E. coli* MG1655, *Listeria innocua*, *Shigella flexneri*, *E. coli* LMM1010, *Staphylococcus aureus* ve *Enterococcus faecalis*) bakteri süspansiyonları (10⁷ log kob mL⁻¹) ile kontamine edildikten sonra tohumlara yüksek basınç uygulanmıştır. 300 MPa basınç uygulandığında (20°C'de 15 dakika) *S. Typhimurium*, *E. coli* MG1655 ve *L. innocua*'da 6 log kob mL⁻¹ bir azalma görülürken, *S. flexneri* ve basınca dayanıklı *E. coli* LMM1010 bakterilerinde 4 log kob mL⁻¹, *S. aureus*'da ise 2 log kob mL⁻¹ azalma görülmüştür. *E. faecalis* ise neredeyse hiç inaktif edilememiştir (Wuytack ve ark., 2003).

Yapılan başka bir çalışmada ise *E. coli* O157 ve *L. monocytogenes* ile kontamine edilen yonca tohumları 275-575 MPa'da 2 dakika ve 475 MPa'da 2-8 dakika boyunca yüksek basınca tabi tutulmuştur. Yonca tohumlarına uygulanan 575 MPa'da 2 dakika ve 475 MPa'da 8 dakika prosesleri sonucu *E. coli* O157 sayısında 1.4 log ve 2.0 log azalma meydana geldiği görülmüştür. Fakat, bu uygulamalar *L. monocytogenes* sayısında sadece 0.8 log kob g⁻¹ ve 1.1 log kob g⁻¹ azalmaya neden olmuştur. Ayrıca, yüksek basınç ile proses edilen tohumlarda %34'e yakın çimlenme oranı gözlemlenirken kontrol tohumlarının yaklaşık %95'i çimlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yüksek basınç prosesinin yonca tohumlarındaki *E. coli*

O157 ve *L. monocytogenes* miktarını azaltmasına rağmen bu mikroorganizmaları tamamen ortadan kaldırmadıklarını göstermiştir (Ariefdjohan ve ark. 2004).

Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere uygulanan fiziksel yöntemin etkisi tohumun türüne göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle, tohum dezenfeksiyonunda hangi yöntemin kullanılması gerektiği önem taşımaktadır. Aşağıdaki tabloda belirtilen fiziksel yöntemlerin tohum çimlenmesi üzerine etkisi gösterilmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. PEF, CAP, UV ve HPP uygulamalarının tohum çimlenmesi üzerindeki etkisi (Rifna ve ark., 2019).

Parametreler	Uygulamalar			
	PEF	CAP	UV	HPP
Çimlenme Oranı	↑	↑	↑	↓
Bitki Hormonu	×	✓	×	×
Yüzey değişikliği	×	✓	✓	×
Geçirgenlik	×	✓	×	×
Biyokimyasal Değişim	×	×	×	×
Fizyolojik Değişim	✓	×	×	✓
✓: Etkili	PEF: Atımlı elektrik alan			
×: Etkisiz	CAP: Soğuk atmosferik plazma			
↑: Çimlenmeyi artırır	UV: Ultraviyole			
↓: Çimlenmeyi azaltır	HPP: Yüksek hidrostatik basınç			

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Sağlıklı ve verimli mahsul üretmek için tohum dezenfeksiyonu önemli bir konudur. Çünkü, bazı tohumlar çok hassastır ve yanlış seçilen bir uygulama tohuma zarar vererek tohumun çimlenme performansını etkileyebilir. Bu derlemede tohum dezenfeksiyonunda kullanılan bazı fiziksel ve kimyasal yöntemler incelenmiştir. Kimyasal yöntemlerin tohumlara zarar vererek çevre kirliliğine neden olması gibi dezavantajları mevcuttur. Fiziksel yöntemler içinde bulunan yenilikçi teknolojilerin ise çevre dostu olması, tohum çimlenmesini artırması gibi avantajları vardır. Sonuç olarak tohum dezenfeksiyonu konusunda gıda güvenliğini korumak için kimyasal uygulamalardan ziyade daha çok çevre dostu teknolojilerden olan fiziksel ve yenilikçi uygulamaların geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Abdul-Baki, A. A., ve Moore, G. M. 1979. Seed disinfection with hypochlorites: a selected literature review of hypochlorite chemistry and definition of terms. *Journal of Seed Technology*, 4(1): 43-56.
- Afzal, I., Ur Rehman, H., Naveed, M., ve Basra, S. M. A. 2016. New Challenges in Seed Biology - Basic and Translational Research Driving Seed Technology. "Alınmıştır: Recent Advances in Seed Enhancements, (ed) Araujo, S., Balestrazzi A., InTech, Rijeka, Croatia, 47-74.
- Aliyu, T., H. 2018. The effect of sodium hypochlorite and ethanol as seed sterilants on cowpea infected with cowpea mottle virus. *Nigerian Journal of Pure and Applied Sciences*, 31(1): 3122-3128
- Anonim. 2018. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı 2018- 2022 Stratejik Plan.
- Araújo, S. S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., ve Balestrazzi, A. 2016. Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*, 7: 646.
- Ariefdjohan, M. W., Nelson, P. E., Singh, R. K., Bhunia, A. K., Balasubramaniam, V. M., Singh, N. 2004. Efficacy of High Hydrostatic Pressure Treatment in Reducing *Escherichia coli* O157 and *Listeria monocytogenes* in Alfalfa Seeds. *Journal of Food Science*, 69(5): 117-120
- Castro, A. J., Barbosa-Cánovas, G. V., ve Swanson, B. G. 1993. Microbial inactivation of foods by pulsed electric fields. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17(1): 47-73.
- Dhayal, M., Lee, S. Y., Park, S. U. 2006. Using low-pressure plasma for *Carthamus tinctorium* L. seed surface modification. *Vacuum*, 80: 499-506.
- Elamin, W. M., Endan, J. B., Yosuf, Y. A., Shamsudin, R., ve Ahmedov, A. 2015. High pressure processing technology and equipment evolution: A review. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(5): 75-83.
- Erkan, S. 1998. Tohum Patolojisi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, İzmir, 200-201 s.
- Evrendilek, G. A., ve Tanasov, I. 2017. Configuring pulsed electric fields to treat seeds: An innovative method of seed disinfection. *Seed Science and Technology*, 45(1): 72-80.
- Evrendilek, G. A., Karatas, B., Uzuner, S., ve Tanasov, I. 2019. Design and effectiveness of pulsed electric fields towards seed disinfection. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7): 3475-3480.
- Groot, G. J. J. B., Hundt, A., Murphy, A. B., Bange, M. P., ve Mai-Prochnow, A. 2018. Cold plasma treatment for cotton seed germination improvement. *Scientific Reports*, 8(1): 1-10.

- Hsiao, A. I. 1979. The effect of sodium hypochlorite, gibberellic acid, and light on seed dormancy and germination of wild buckwheat (*Polygonum convolvulus*) and cow cockle (*Saponaria vaccaria*). *Canadian Journal of Botany*, 57(16): 1735-1739.
- Işlek, C., Altuner, E. M., Çeter, T., ve Alpas, H. 2013. Effect of high hydrostatic pressure on seed germination, microbial quality, anatomy-morphology and physiological characteristics of garden cress (*Lepidium sativum*) seedlings. *High Pressure Research*, 33(2): 440-450.
- Jaeger, H., Reineke, K., Schoessler K., ve Knorr, D. 2012. Effects of Emerging Processing Technologies on Food Material Properties, "Alınmıştır: Food Materials Science and Engineering, First Edition, (ed) Bhandari, B., Roos, Y. H., Blackwell Publishing, UK, 222-261.
- Jiang, J., Lu, Y., Li, J., Li, L., He, X., Shao, H., ve Dong, Y. 2014. Effect of seed treatment by cold plasma on the resistance of tomato to *Ralstonia solanacearum* (bacterial wilt). *PLOS one*, 9(5): 1-6.
- Kang, M.-H., Veerana, M., Eom, S., Uhm, H.-S., Ryu, S., ve Park, G. 2020. Plasma mediated disinfection of rice seeds in water and air. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 53(21): 214001.
- Kumar, S. A., P. Ajitha, Sandhya, R., Muralidaran. 2018. Comparative evaluation of antimicrobial activity of 3% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, and 5% grape seed extract against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* - An in vitro study. *Drug Invention Today*, 12(1): 53-56.
- Kumari, B., Tiwari, B. K., Hossain, M. B., Brunton, N. P., ve Rai, D. K. 2018. Recent Advances on Application of Ultrasound and Pulsed Electric Field Technologies in the Extraction of Bioactives from Agro-Industrial By-products. *Food and Bioprocess Technology*, 11(2): 223-241.
- Ling, L., Jiafeng, J., Jianguang, L., Minchong, S., Xin, H., Hanliang, S., Yuanhua, D. 2014. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean. *Scientific Reports*, 4(1): 1-7.
- Linton, M., ve Patterson, M. F. 2000. High pressure processing of foods for microbiological safety and quality. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 47(2-3): 175-182.
- Los, A., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P. J., ve Bourke, P. 2019. Investigation of mechanisms involved in germination enhancement of wheat (*Triticum aestivum*) by cold plasma: Effects on seed surface chemistry and characteristics. *Plasma Processes and Polymers*, 16(4): 1-12.
- Mahajan, T. S., ve Pandey, O. P. 2014. Effect of electric field (at different temperatures) on germination of chickpea seed. *African Journal of Biotechnology*, 13(1): 61-67.
- Meiqiang, Y., Mingjing, H., Buzhou, M., ve Tengcai, M. 2005. Stimulating effects of seed treatment by magnetized plasma on tomato growth and yield. *Plasma Science and Technology*, 7(6): 3143-3147.
- Misra, N. N., Schlüter, O., ve Cullen, P. J. 2016. Cold Plasma in Food and Agriculture. Elsevier Academic Press, London, UK, 8-9 s.
- Nawkar, G. M., Maibam, P., Park, J. H., Sahi, V. P., Lee, S. Y., ve Kang, C. H. 2013. UV-induced cell death in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(1): 1608-1628.
- Noble, R. E. 2002. Effects of UV-irradiation on seed germination. *Science of the Total Environment*, 299(1-3): 173-176.
- Oyebanji, O. B., Nweke, O., Odeunmi, O., Galadima, N. B., Idris, M. S., Nnodi U. N., Afolabi A. S., ve Ogbadu, G. H. 2009. Simple, effective and economical explant-surface sterilization protocol for cowpea, rice and sorghum seeds. *African Journal of Biotechnology*, 8(20): 5395-5399.
- Patwardhan, M. S., ve Gandhare, W. Z. 2013. High voltage electric field effects on the germination rate of tomato seeds. *Acta Agrophysica*, 20(2): 403-413.
- Peñas, E., Gómez, R., Frías, J., ve Vidal-Valverde, C. 2010. Effects of combined treatments of high pressure, temperature and antimicrobial products on germination of mung bean seeds and microbial quality of sprouts. *Food Control*, 21(1): 82-88.
- Pournavab, R. F., Mejía, E. B., Mendoza, A. B., Salas Cruz, L. R., ve Heya, M. N. 2019. Ultraviolet radiation effect on seed germination and seedling growth of common species from northeastern Mexico. *Agronomy*, 9(6): 269
- Rajkowski, K., T., ve Ashurst, K. 2009. Use of 1% peroxyacetic acid sanitizer in an air-mixing wash basin to remove bacterial pathogens from seeds. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6(9): 1041-1046
- Ramandi, A., Javan, I. Y., Tazehabadi, F. M., ve Asl, G. I., Khosravanian, R., Ebrahimzadeh, M. H. 2019. Improvement in seed surface sterilization and in vitro seed germination of ornamental and medicinal plant-*Catharanthus roseus* (L.). *Chiang Mai Journal of Science*, 46(6): 1107-1112.

- Randeniya, L. K., De Groot, G. J. J. B. 2015. Non-thermal plasma treatment of agricultural seeds for stimulation of germination, removal of surface contamination and other benefits: A Review. *Plasma Processes and Polymers*, 12(7): 608–623.
- Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Balasubramaniam, V. M., Niranjana, K., ve Knorr, D. 2007. Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1): 69–112.
- Rifna, E. J., Ratish Ramanan, K., ve Mahendran, R. 2019. Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science and Technology*, 86: 95-108.
- Sadeghianfar, P., Nazari, M., ve Backes, G. 2019. Exposure to ultraviolet (UV-C) radiation increases germination rate of maize (*Zea mays* L) and sugar beet (*Beta vulgaris*) seeds. *Plants*, 8(2): 49
- Selcuk, M., Oksuz, L., ve Basaran, P. 2008. Decontamination of grains and legumes infected with *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. by cold plasma treatment. *Bioresource Technology*, 99(11): 5104-5109.
- Semenov, A., Kozhushko, G., ve Sakhno, T. 2018. Influence of pre-sowing UV-radiation on the energy of germination capacity and germination ability of rapeseed. *Technology Audit and Production Reserves*, 5(43): 61-65.
- Shorstkii, I., Khudyakov, D., ve Mirshekarloo, M. S. 2020. Pulsed electric field assisted sunflower oil pilot production: Impact on oil yield, extraction kinetics and chemical parameters. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 60: 102309
- Skin, A. M. D., Zoellner, C., ve Rizvi, S. S. H. 2013. Current intervention strategies for the microbial safety of sprouts. *Journal of Food Protection*, 76(12): 2099–2123
- Sönmez, İ., Kaplan, M., ve Sönmez, S. 2008. Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2): 24-34.
- Spadaro, D., ve Gullino, M. L. 2005. Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens. *Crop Protection*, 24(7): 601–613
- Szopińska, D. 2013. The effects of organic acids treatment on germination, vigour and health of zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) seeds. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 12(5): 17–29.
- Takaki, K., Hayashi, N., Wang, D., ve Ohshima, T. 2019. High-voltage technologies for agriculture and food processing. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 52(47): 1-42.
- Thirumdas, R., Kothakota, A., Annapure, U., Siliveru, K., Blundell, R., Gatt, R., ve Valdramidis, V. P. 2018. Plasma activated water (PAW): Chemistry, physico-chemical properties, applications in food and agriculture. *Trends in Food Science and Technology*, 77 (2018): 21-31
- Thirumdas, R., Kothakota, A., Kiran, K., Pandiselvam, R., ve Prakash, V. 2017. Exploitation of cold plasma technology in agriculture. *Advances in Research*, 12(4): 1–7.
- Trzaskowska, M., Dai, Y., Delaquis, P., ve Wang, S. 2018. Pathogen reduction on mung bean reduction of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Enterica* and *Listeria monocytogenes* on mung bean using combined thermal and chemical treatments with acetic acid and hydrogen peroxide. *Food Microbiology*, 76: 62-88.
- Wuytack, E. Y., Diels, A. M. J., Meersseman, K., ve Michiels, C. W. 2003. Decontamination of seeds for seed sprout production by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Protection*, 66(6): 918–923.
- Yordanov, D. G., ve Angelova, G. V. 2010. High pressure processing for foods preserving. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 24(3): 1940–1945.