

## KÜLTÜR MANTARLARLARINDA GÖRÜLEN VİRÜS HASTALIKLARI

İ. Özer ELİBÜYÜK

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi: 11.05.2006

**ÖZET:** Dünyanın her yerinde değişik mantar türleri yetiştirilmektedir. Dünyada 200 yenilebilir mantar türünden ancak 25'i kültüre alınmış ve insan beslenmesinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, *Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach (beyaz şapkalı kültür mantarı) yaklaşık % 32'lik bir oranla dünyada en çok kültürü yapılan mantar türüdür. Kültürü yapılan diğer mantar türleri de sırasıyla şu şekilde sıralanmaktadır: *Lentinus edodes* (meşe mantarı), *Pleurotus* türleri (kayın, kavak veya istiridye mantarları), *Volvariella volvacea* (saman mantarı), *Auricularia* türleri (ağaç kulağı veya Yahudi kulağı mantarı), *Flamminula velutipes* (inci mantarı), *Tremella fuciformis* (jöle mantarı) ve *Pholiota nameko* (nameko mantarı). Kültür mantarlarında ciddi verim kayıplarına yol açan pek çok hastalık etmeni ve zararlı bulunmaktadır. Virüs hastalıkları kültür mantarlarının en ciddi hastalık etmenlerinden biridir. Bu virüsler yavaş ve anormal misel gelişimi, verim düşüklüğü ve şapkalarda şekil bozukluğu belirtilerini de içeren pek çok hastalık belirtilerine yol açmaktadır. Kültür mantarlarında görülen virüs hastalıkları Türkiye de dahil olmak üzere mantarcılığın yapıldığı hemen hemen tüm ülkelerde bulunmaktadır. Bu çalışmada dünyada en çok üretilen kültür mantarı olmasından dolayı beyaz şapkalı kültür mantarı (*Agaricus bisporus*) üzerinde görülen virüs hastalıkları üzerinde ağırlıklı olarak durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Mantar, mikovirüs, dsRNA

### VIRUS DISEASES ON CULTIVATED MUSHROOMS

**ABSTRACT:** The cultivation of various species of mushrooms have been carried out throughout the world. Worldwide there are 200 edible fungi of which only 25 species are widely accepted as human food and are cultivated. However, *Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach (white button mushroom) is the most widely cultivated species of cultivated mushrooms comprising about 32% of world production. Other cultivated mushrooms are in descending order: *Lentinus edodes* (shiitake mushroom), *Pleurotus* spp. (oyster mushrooms), *Volvariella volvacea* (straw mushroom), *Auricularia* spp. (wood ear or Jew's ear mushroom), *Flamminula velutipes* (velvet foot, velvet stem or enokitake mushroom), *Tremella fuciformis* (white jelly or silver ear mushroom) and *Pholiota nameko* (nameko mushroom). Cultivated mushrooms are subject to a range of disease agents and pests which have the capacity to cause serious crop losses. Virus diseases are among the most serious infectious disorders of the cultivated mushrooms. Numerous symptoms have been ascribed to diseases including slow and aberrant mycelial growth, reduced yield, and development of sporophores that are misshapen. Virus diseases occur in most mushroom growing countries including Turkey. This paper focuses on virus diseases of *Agaricus bisporus* since it is most widely cultivated mushroom in the world.

**Key Words:** Mushroom, mycovirüs, dsRNA

### 1. GİRİŞ

Doğada bulunan yüzlerce mantar türünün arasında kültürü yapılanların sayısı oldukça azdır. Dünyada yenilebilir yaklaşık 200 mantar türünden 25'i kültüre alınmış ve insan beslenmesine sunulmuştur. Yenilebilir mantarlardan bütün dünyada en fazla yetiştiriciliği yapılan tür yaklaşık % 32'lik payla beyaz şapkalı kültür mantarıdır [(*Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach)] (Özbayram ve Savaşkan, 1983; Chang, 1999). Dünyada üretim olarak *Agaricus bisporus*'u *Lentinus edodes* (meşe mantarı), *Pleurotus* türleri (kayın veya istiridye mantarları) *Volvariella volvacea* (saman mantarı), *Auricularia* türleri (Yahudi kulağı veya ağaç kulağı mantarı), *Flamminula velutipes* (inci mantarı), *Tremella fuciformis* (jöle mantarı) ve *Pholiota nameko* (nameko mantarı) izlemektedir (Beelman ve ark., 2004). Dünyada ve özellikle de Avrupa ülkelerinde 19. yy'dan bu yana kültürü yapılan yemeklik mantar üretimi özellikle 1950'li yıllardan sonra büyük bir endüstri haline gelmiştir. Dünya mantar üretiminde Çin, A.B.D, Fransa ve Hollanda ilk sıraları almaktadırlar. Türkiye'de ise kültür mantarcılığı 1960'lı yıllarda meraklı bir yetiştiricinin üretim çabalarıyla başlamış, ancak ilk ciddi işletmeler 1970'li yıllarda ortaya çıkabilmiştir. Türkiye hem kültür mantarı üretimi ile geç tanışmış

olmak, hem de üretim bilgi ve teknolojisini yaygınlaştıramamış olmak bakımından bu alanda henüz bir varlık gösterememektedir (Özbayram ve Savaşkan, 1983; Bora ve ark., 1996). Yurdumuzda da yetiştiriciliği en çok yapılan kültür mantarı *A. bisporus*'dur. *Lentinus edodes* (meşe mantarı) ülkemizde yalnızca bir iki kuruluşta deneme amacıyla üretilmekte (Boztok ve Erkip, 2002), yaygın olarak ise özellikle uzak doğu ülkeleri tarafından (Çin, Japonya) yetiştirilmektedir (Chang, 1999). Kayın, kavak ya da istiridye mantarı olarak bilinen *Pleurotus* türleri üzerinde çok sayıda bilimsel araştırma yapılmış olmasına rağmen ülkemizde bu mantarların ticari anlamda yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmamaktadır. Bununla birlikte piyasada son birkaç yıldır çok düşük miktarlarda, özellikle *P. ostreatus* üretiminin yapıldığı görülmektedir (Küçükomuzlu ve Pekşen, 2005). Yine bu mantar da yaygın olarak uzak doğu ülkeleri tarafından (Çin, Japonya) üretilmektedir (Chang, 1999). Bunların dışında kalan kültür mantarları ise yurdumuzda yalnızca araştırma amacıyla yetiştirilmektedir.

*A. bisporus* B vitamini kompleksleri ile K ve Cu bakımından zengin olup toplam ağırlığının % 90 kadarını da su oluşturmaktadır. Bu mantarda yağ ve karbonhidrat az, protein ise bol miktarda

bulunmaktadır. Yağ oranının çok az olması, zaten az oranda bulunan karbonhidratlarının (kitin, glukan vb.) da sindirilemeyişleri ve kolesterol düşürücü özellikleri sebebiyle mantar iyi bir diyet yemeği olarak önerilmektedir (Beelman ve ark., 2004). Diğer bazı mantar türleri de yine bu özelliklerin yanı sıra özellikle Doğu halk tıbbında tansiyon ve kolesterol düşürücü, damar sertliği ve kansere karşı kullanılmaktadır (Chang ve Miles, 2004).

Mantarlarda tazelik, renk, yapı, şekil, büyüklük ve verim gibi özellikler çok önemli kriterlerdir. Bu kriterlerin yerine getirilmesi için belirli koşulların sağlanması ve bazı sorunların da çözülmesi gereklidir. Bu sorunlar paraziter olmayan sebepler ile paraziter hastalık ve zararlılardan kaynaklanmaktadır. Mantarcılıkta da hastalık etmenleri olarak karşımıza funguslar, bakteriler ve virüsler çıkmaktadır. Bu hastalık etmenlerinden virüsler, oluşturduğu zarar ve verdiği ekonomik kayıplar ile mantarcılıkta üretimi sınırlayan en önemli hastalık etmenlerinden biridir.

Virüslerin fungusları enfekte ettikleri 1950 yılından beri bilinmektedir. Şapkali mantarlarda ise virüs hastalıkları ilk kez *A. bisporus*'da 1948 yılında A.B.D.'nin Pensilvanya (Pennsylvania) eyaletinde La France kardeşlerin mantar çiftliğinde Dr. Sinden adlı bir araştırmacı tarafından ortaya çıkarılmıştır. Dr. Sinden görüldüğü yerden dolayı bu hastalığı La France hastalığı olarak adlandırmıştır. Dr. Sinden bu hastalığın nedeninin bir virüs olduğunu da 1956 yılında ortaya koymuştur. 1960'lı yıllarda mantar hastalıklarıyla ve bunların yol açtıkları önemli verim kayıplarıyla ilgili pek çok vaka bildirilmiş ve bunların nedeni olarak virüsler gösterilmiştir (van Zaayen, 1979; Fletcher ve ark., 1989). Virüs hastalıkları mantarcılığın yaygın olarak yapıldığı hemen hemen bütün ülkelerde bulunmaktadır (Hollings, 1982).

Burada dünyada üretimi ile tüketiminin diğerlerine göre çok daha fazla olması ve üzerinde en fazla çalışma yapılmış olması itibarıyla *A. bisporus* üzerinde görülen virüsler üzerinde ağırlıklı olarak durulmuştur.

## 2. MANTAR VİRÜSLERİNİN (MİKOVİRÜS) GENEL ÖZELLİKLERİ

Mikovirüsler partikül büyüklükleri bakımından çok heterojen bir gruptur. Bunların partikül büyüklükleri genel olarak 25-50 nm ve partikül ağırlıkları  $6-13 \times 10^6$  Da kadardır. Funguslarda değişik partikül yapısına sahip virüsler enfeksiyon yapsalar da bunlarda daha çok yuvarlak şekilli partiküller görülmektedir. Bu virüs partiküllerinin hemen hemen hepsi tek bir kapsit proteinine sahiptir ve molekül ağırlıkları da  $25-130 \times 10^6$  kDa kadardır. *Aspergillus foetidus*'da enfeksiyon yapan *Aspergillus flavus* virus S (AfV-S) gibi birkaç mikovirüsta birden fazla kapsit polipeptidi de bulunabilmektedir (Hollings, 1982; Ghabrial, 1998).

Mikovirüslerin pek çoğunun dsRNA (çift sarmallı RNA) genomu sahip olduğu, partiküllerde kapsitlendiği (Buck, 1986; Go ve ark., 1992) veya

sitoplazmada (Ahn ve Lee, 2001; Hansen ve ark., 1985) veya mitokondrilerde kapsitlenmemiş formlar olarak bulunduğu (Hong ve ark., 1998; Lakshmann, 1998) bildirilmiştir. Bugüne kadar yalnızca 5 adet pozitif anlamlı ssRNA (tek sarmallı RNA) içeren mikovirüs tespit edilmiştir. Bunlar, *A. bisporus*'da bulunan mushroom bacilliform virus (MBV) (Tavantzis ve ark., 1980), *Sclerophthora macrospora*'da *Sclerophthora macrospora* Virus B (SmVB) (Yokoi ve ark., 1999), *Botrytis cinerea*'da *Botrytis* virus F (BVF) (Robyn ve ark., 2001), *Pleurotus ostreatus*'da oyster mushroom spherical virus (OMSV) (Kim ve ark., 2005) ve *Botrytis cinerea*'da *Botrytis* virus X (BVX)'dir (Howitt ve ark., 2006).

Mikovirüsler makrofunguslar da dahil olmak üzere pek çok fungusta enfeksiyon yapmaktadır (Lemke ve Nash, 1974). Bitki patojeni funguslardan *Gaeumannomyces graminis*, *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium victoriae*, *H. maydis*, *Rhizoctonia solani*, *Nectria radicola*, *Sclerotinia sclerotium*, *Cryphonectria parasitica*, *Endothia parasitica*, *Ceratocystis ulmi* ve *Ustilago maydis* dahil olmak üzere pek çok fungusta da dsRNA içeren virüs partiküllerine rastlanmıştır (Hollings, 1982). Mikovirüsler genellikle konukçularında belirti (latent enfeksiyon) oluşturmazlar. Bununla birlikte bazı virüsler bazı funguslarda toksin salgılanması (Magliani ve ark., 1997), sitolojik bozukluklar (Newhouse ve ark. 1983), büyüme (Boland, 1992), sporulasyon (Bottacin ve ark., 1994), pigmentasyon (Anagnostakis ve Day, 1979) ve enzimatik aktivitelerde değişiklikler (Rigling ve van Alfen, 1993) gibi birtakım morfolojik ve fizyolojik farklılıklara da yol açabilmektedirler. *Cryphonectria parasitica*'da enfeksiyon yapan chestnut blight hypovirüs gibi bazı mikovirüsler de konukçularının patojenitesini (hipovirulans) azaltabilmektedir (Milgroom ve Cortesi, 2004).

Günümüzde funguslarda enfeksiyon yapan RNA virüsleri genom segment sayıları, kapsit yapıları ve nükleotid dizilerine göre *Barnaviridae*, *Chrysoviridae*, *Hypoviridae*, *Metaviridae*, *Narnaviridae*, *Partitiviridae*, *Pseudoviridae* ve *Totiviridae* olmak üzere 8 familya ve 1 cins (*Rhizidiovirus*) altında incelenmektedir (Büchen-Osmond, 2004).

## 3. BEYAZ ŞAPKALI KÜLTÜR MANTARLARINDA (*Agaricus bisporus*) GÖRÜLEN VİRÜSLER

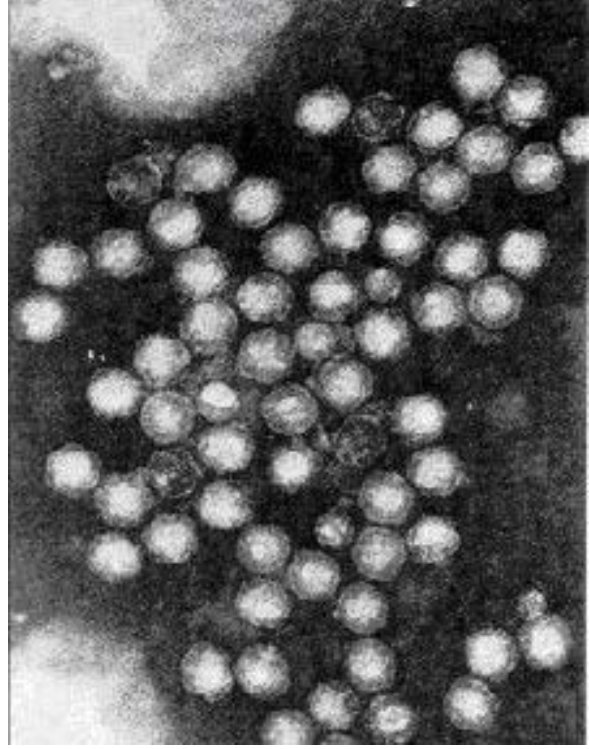
Kültür mantarlarında da hastalık yapan çeşitli virüsler bulunmaktadır. Bu mantarlar çoğunlukla birden fazla virüs tarafından enfekte edilmektedir. La France hastalığı beyaz şapkali kültür mantarlarının en tehlikeli ve tahripkar virüs hastalığı olarak bilinmektedir. Bazı araştırmacılar La France hastalığının 25 nm, 34-36 nm çaplı yuvarlak ve 19x50 nm boyutlarındaki basil şeklindeki partiküller (van Zaayen, 1972), bazı araştırmacılar da 25 nm ve 34 nm çaplı yuvarlak virüs partikülleri (Sonnenberg ve ark.,

1995) ile ilişkili olduğunu bildirmişlerse de günümüzde bu hastalığın 36 nm çaplı La France isometric virus (LIV)'dan (Şekil 1) kaynaklandığı kabul edilmektedir (Goodin ve ark., 1992; Romaine ve ark., 1993; Romaine ve Schlaghauser, 1995). LIV'in virüs sistematizindeki yeri henüz belirlenmemiştir (Goodin ve ark., 1997).

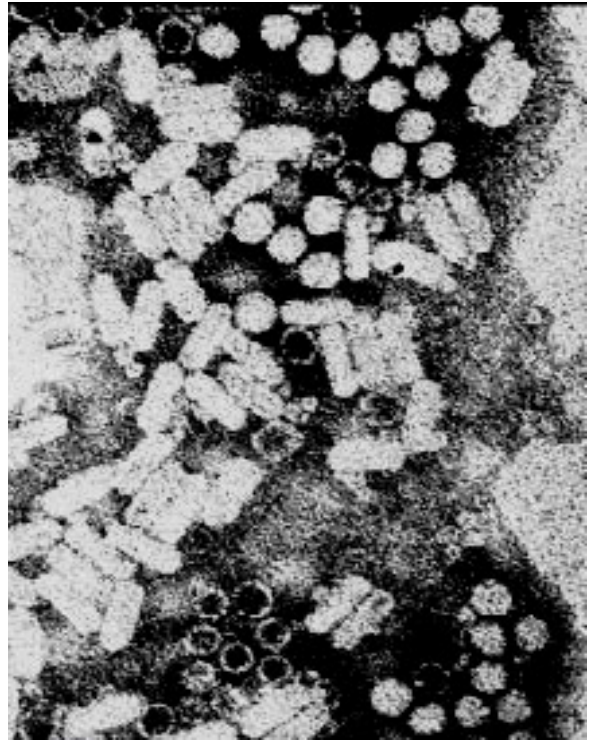
La France hastalığı belirtilerini gösteren mantarlarda ve hastalık belirtilerini gösteren misel kültürlerinde 10 adet dsRNA (0.8-3.6 kbp arası) tespit edilmiş, bunlardan 9'unun virüsle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Hastalıkla ilgili 9 adet olan dsRNA'dan beşi büyük molekülden (L1, 3.6 kbp; L2, 3.0 kbp; L3, 2.8 kbp; L4, 2.7 kbp; L5, 2.5 kbp), iki adeti orta büyüklükte molekülden (M1, 1.6 kbp; M2, 1.4 kbp) ve iki adeti de küçük molekülden (S1, 0.9 kbp; S2, 0.8 kbp) ibarettir (Revill ve Wright, 1997). Bazı araştırmacılar sağlıklı mantarlarda herhangi bir dsRNA tespit edememiş (Deahl ve ark., 1987; Koons ve ark., 1989), bazıları ise L6 (2.35 kbp) dsRNA'yı belirlemişlerdir (Harmsen ve ark., 1989; Romaine ve Schlaghauser, 1989; Goodin ve ark., 1992; van der Lende ve ark., 1994; Wach ve ark., 1987). Yapılan çalışmalar bu 9 tane olan dsRNA'nın 36 nm çaplı, yuvarlak bir virüs olan LIV'in partiküllerinde kapsitlendiğini ortaya koymuştur (Goodin ve ark., 1992; Romaine ve Schlaghauser, 1995; Revill ve Wright, 1997). LIV diğer tipik dsRNA genomlu virüsler gibi her bir dsRNA'ya uygun ssRNA kopyalarını sentezleyen RdRp (RNA-dependent RNA polymerase) içermektedir (Goodin ve ark., 1997). L1 dsRNA tarafından kodlanan RdRp'nin 115 kDa'luk virionla ilişkili bir protein olduğu, 90 kDa'luk proteinin L3 dsRNA tarafından kodlandığı ve L2 dsRNA'nın da 120 kDa'luk bir proteini kodladığı kanıtlanmıştır (van der Lende ve ark., 1996).

La France hastalığı belirtilerini gösteren bazı beyaz şapkali kültür mantarlarından basil şeklinde (bacilliform) 19x50 nm boyutlarında başka bir virüs daha (mushroom bacilliform virus-MBV) izole edilmiştir (Şekil 2). MBV *Barniviridae* olarak bilinen virüs familyasının tek üyesidir. MBV pozitif anlamı ssRNA'ya (4 kbp) ve yaklaşık 24K molekül ağırlıklı bir protein kılıfa sahiptir. MBV genomunun tek sarmallı olması pek çok mikovirüs dsRNA genomlu olduğundan olağan dışıdır. MBV'nin genomu ortaya çıkarılmış ve 4 tane açık okuma parçasına (open reading frame, ORF) sahip olduğu belirlenmiştir. LIV ve MBV'nin replikasyonlarının da birbirinden bağımsız olduğu bilinmektedir (Revill ve ark., 1994; Revill ve ark., 1999).

LIV ile enfekteli misellerde en yüksek konsantrasyonda dsRNA'ya 21-24<sup>0</sup> C'lerde ulaşılmış, 30<sup>0</sup> C'de dsRNA belirlenmemiş ve 16<sup>0</sup> C'de de nispeten düşük bir konsantrasyonda dsRNA saptanmıştır. Şapkalarda ise dsRNA sentezinin en çok 16<sup>0</sup> C'ye yakın sıcaklıklarda olduğu gösterilmiştir (Koons ve ark., 1989).



Şekil 1. Yuvarlak LIV partikülleri (van Zaayen, 1972)



Şekil 2. LIV ile birlikte basil şeklinde MBV partikülleri (van Zaayen, 1972).

Beyaz şapkali kültür mantarlarında LIV ve MBV'den başka 1996 yılında İngiltere'de yataklarda baş çıkışı baskılayan başka bir virüs daha belirlenmiş ve bu virüse mushroom virus X (MVX)

adı verilmiştir. MVX'in tek bir virüs olmayıp birden fazla virüsten ibaret bir virüs kompleksi olduğu düşünülmektedir. Bugüne kadar MVX ile ilişkili virüsler elektron mikroskop ile belirlenememiştir. MVX dsRNA'ların kapsitlenmemiş oldukları düşünülmektedir. Bu hastalık belirtilerini gösteren mantarlarda elektroforezde 26 dsRNA'ya kadar band elde edilmiştir (2.4, 9.4, 16.2, 7.0, 3.6, 18.3, 4.8, 14.4, 7.8, 8.6, 1.8, 2.0, 20.2, 5.4, 12.6, 10.3, 1.1, 1.6, 3.3, 4.1, 2.2, 0.8, 13.6, 0.6, 6.6, 5.9 kbp). Hastalıklı mantarların hepsinde bu kadar bant görülmemekte, hatta bunlardan üçü (16.2 kbp, 9.4 kbp, 2.4 kbp) çoğunlukla sağlıklı mantarlarda da bulunmaktadır. Bu bantlardan 2.0, 1.8, 0.8 ve 0.6 kbp olanlarının kahverengileşme belirtileri ile ilişkili olduğu kanıtlanmıştır. Bugüne kadar yalnızca 17 bant bir arada görülmüştür (Grogan ve ark., 2003; Adie ve ark., 2004).

Hastalıklı mantarlarda 50 nm çaplı yuvarlak partiküller gözlemlense de bunların viral doğası aydınlatılamamıştır. Sağlıklı mantarlarda da görüldüğünden bunların bakteriyofaj partiküllerine ait oldukları düşünülmektedir. Yine bazı İngiliz araştırmacılar 29 nm'lik partiküller de bildirmişlerse de bunun 25 nm'lik partiküllerin negatif boyayı emmelerindeki farklılıktan kaynaklandığı kabul edilmektedir (Fletcher ve ark., 1989).

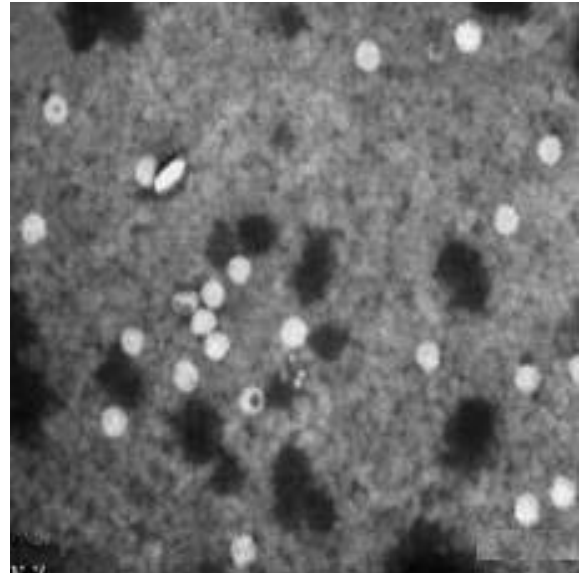
Virüs partikülleri çoğunlukla hastalıklı şapka, sap ve misel hücre sitoplazmalarında, bazen de vakuollerde görülmüştür. Basidiosporlarda partiküller çoğunlukla vakuollerde ve daha az olarak da sitoplazmada bulunmaktadır (Fletcher ve ark., 1989).

#### 4. DİĞER KÜLTÜR MANTARI VİRÜSLERİ

*Lentinus edodes*'in şekil bozukluğu gösteren şapkaları ile miselyumundan yuvarlak polihedra kadar olan şekillerde 25 nm, 30 nm ve daha çok da 39 nm çapında partiküller ve 15x700-900 nm boyutlarında çubuk şekilli partiküller izole edilmiştir. Bazı araştırmacılar bu mantarlarda 23, 36 ve 45 nm çapında yuvarlak ve 17x200-1200 nm boyutlarında çubuk şekilli partiküller gözlemlemişlerdir. Daha sonra da çoğunlukla 30 ve daha az oranda sırasıyla 36 ve 45 nm çaplı partiküller bildirilmiştir. 39 nm çapında olan partiküller bu mantarın sap, lamel ve miselyumlarında saptanmıştır. Bu partiküller daha çok sitoplazma ve vakuollerde görülmektedir (van Zaayen, 1979). Yapılan çalışmalar 39 nm çapında olan *Lentinus edodes* virus partiküllerinin 6.5 kbp'lik dsRNA'ya sahip olduğunu göstermiştir (Ushiana ve Nakai, 1982). Bu virüsün de sistematikteki yeri henüz belli değildir (Büchen-Osmond, 1995).

Şapkalarında şekil bozukluğu ve verimde düşüklük belirtileri gösteren *Pleurotus* türü mantarlarda 20, 23-24, 27, 30, 32 ve 34 nm çapında yuvarlak ve 600x14 nm boyutlarında çubuk şeklinde virüs partikülleri görülmüştür. *P. pulmonarius*'da büyüklükleri 1500-10100 bp arasında değişen 7 adet, *P. florida*'da da 1650-8100 bp arasında 6 dsRNA bandı gözlenmiştir. *P. ostreatus*'da daha çok 27 nm ve 34 nm partiküller

birlikte görülmüş, 27 nm'lik partiküller oyster mushroom spherical virus (OMSV) olarak adlandırılmıştır. Bu günümüze kadar tespit edilmiş ilk yuvarlak, (+) anlamlı ssRNA'lı mikovirüstür; partiküllerde 6.0 ve 1.25 kbp'lik iki farklı ssRNA kapsitlenmiştir. Genomun replikasyonu virüste kodlanmış RdRp vasıtasıyla olmaktadır. 34 nm'lik partiküller ise oyster mushroom isometric virus-I (OMSV-I) olarak adlandırılmıştır ve bunlar 12 dsRNA (2.6, 2.45, 2.4, 2.2, 2.15, 2.1, 2.05, 2.0, 1.9, 1.8, 1.0 ve 0.8 kbp) içermektedir. Bu mantarlarda aynı boyutta (34 nm) başka bir virüs daha bulunmuş ve buna da oyster mushroom isometric virus-II (OMSV-II) adı verilmiştir. OMIV-II 3 ds-RNA (2.25, 2.15 ve 2.05 kbp) içermektedir. Sağlıklı mantarlarda dsRNA'ya rastlanmamıştır. OMIV-II ile etkili mantarlarda davul tokmağı görünüşü ortaya çıkmakta, baş çıkışı bazen çok yoğun olmakta, bazen de hiç olmamakta ve verim % 50'ye varan oranlarda azalmaktadır (Go ve ark., 1992; Rinker ve ark., 1993; van der Lende ve ark., 1995; Lee, 2001; Yu ve ark., 2003; Kim ve ark., 2005). Son zamanlarda yine *Pleurotus ostreatus*'da 28-30 nm çapında yuvarlak virüs partikülleri izole edilmiştir (Şekil 3). Bu virüse *Pleurotus ostreatus* virus 1 (PoV1) adı verilmiştir. *Partitiviridae* familyasından *Partitivirus* cinsine sokulmuş olan PoV1 *P. ostreatus*'u latent olarak enfekte etmektedir. Bu virüsten 2 adet dsRNA izole edilmiştir. DsRNA-1 tek bir ORF içermekte olup bunun RdRp'yi, dsRNA-2 de yine tek ORF içermekte olup bunun da kılıf proteinini kodladığına inanılmaktadır (Lim ve ark., 2005).



Şekil 3. Yuvarlak *Pleurotus ostreatus* virus 1 (PoV1) partikülleri (Lim ve ark., 2005).

*Flammulina velutipes* (inci mantarı) en çok Japonya'da üretilen bir kültür mantarıdır. Bu mantarın 2 çeşidinde renk değişikliği ve şekil bozukluğu veya verim düşüklüğü şeklinde belirtiler görülmüştür. Rengi kahverengine dönmüş mantarlardan alınan

misel örneklerinde 1.9 ve 1.8 kbp'lik iki dsRNA elementi belirlenmiştir. DsRNA'lar sağlıklı mantarlarda görülmemiştir. Hastalıklı mantarlardaki dsRNA'lar çekirdek ve mitokondrilerde görülmemiş sitoplazmada bulunmuşlardır. Hastalıklı mantarlarda dsRNA'larla ilişkili olarak 40-50 nm çaplı virüs benzeri partiküller belirlenmiştir (Magae ve Hayashi, 1999).

*Volvaria volvacea* (saman mantarı) en çok Çin ve diğer Malezya, Endonezya, Tayland gibi Güneydoğu Asya ülkelerinde üretilmektedir. Bu mantarlarda 35 nm çapında, yuvarlak virüs partikülleri görülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda bu virüsten tek bir dsRNA izole edilmiştir (Chen ve ark. 1988).

*Agrocybe aegerita* (karakavak mantarı) dünyanın pek çok yerinde doğal olarak yetişen bir mantar olup kültüre de alınabilmiştir. Bu mantarların miselyumlarında 6.2, 1.9, 1.8 ve 1.7 kbp'lik dsRNA'lar saptanmıştır. Bunlardan 6,2 kbp olanının yuvarlak şekilli bir virüsten kaynaklandığı ve diğer üçünün ise çıplak RNA molekülleri olduğu anlaşılmıştır (Barroso ve Labarere, 1990).

Şapkalarında küçülme ve şekil bozukluğu görülen *Boletus edulis*'lerde (çörek veya ayı mantarı) 50 nm çapında virüs benzeri partiküller bulunmuştur. Bazı araştırmacılar da bu mantarlardan daha çok 33 nm ve daha az olarak da 42 nm çapında partiküller gözlemlemişlerdir. Bazen da 28 nm çapında yuvarlak ve 13x500 nm boyutlarında ipliğimsi partiküller de görülmüştür. Bu mantarın miselyumunun kültürdeki gelişmesindeki güçlükler yüzünden araştırmalar güçlüklerle yürütülmektedir (van Zaayen, 1979). Bazı hastalıklı ve sağlıklı mantarlardan 500x13 nm boyutlarında ipliğimsi virüs benzeri partiküller izole edilmişse de bunların hastalığındaki rolü bilinmemektedir (Huttinga ve ark., 1975). Bu mantarlar henüz kültüre alınmamış, ancak kültüre alınma çalışmaları devam etmektedir (Hall ve Yun, 2000).

## 5.BEYAZ ŞAPKALI KÜLTÜR MANTARLARINDAKİ HASTALIKLARININ BELİRTİLERİ VE EKONOMİK ÖNEMİ

Verdikleri ekonomik kayıplar bakımından günümüzde en tehlikeli ve zararlı mantar virüsleri olarak karşımıza LIV ve MVX çıkmaktadır. Bunlardan LIV'in sebep olduğu X hastalığı, geriye doğru ölüm, sulu sap ve kahverengi hastalık adlarıyla da bilinen La France hastalığı, bir kültür mantarı olan *A. bisporus*'un en ciddi hastalıklarından biridir.

La France hastalığının kültür mantarlarındaki belirtileri şu şekilde görülmektedir:

1. Miselyumlar üst toprağı sarmaz veya zorlukla sarar veya sarsa bile sonra ölür. Böyle alanlarda baş oluşmaz ve buralar boş kalır, dolayısıyla da büyük verim kayıpları görülür. Böyle boş alanların etrafında sıkışık adeta demet halinde mantar oluşumları görülür ve bunlar da çok erken olgunlaşırlar (Şekil 4).



Şekil 4. LIV'den kaynaklanan ve *Chromelosporium ollare* fungusu tarafından işgal edilmiş büyük boşluklar (van Zaayen 1979)

2. Hastalıklı fungal yapılardan gelişen miselyumlar agarda yavaş gelişir ve düzensiz bir gelişme gösterirler.

3. İlk flaşta baş görünüşü gecikir ve baş primordiumları da toprağın altında oluşur. Böyle mantarların şapkaları toprağın üstüne çıkar çıkmaz hemen açılmaktadır.

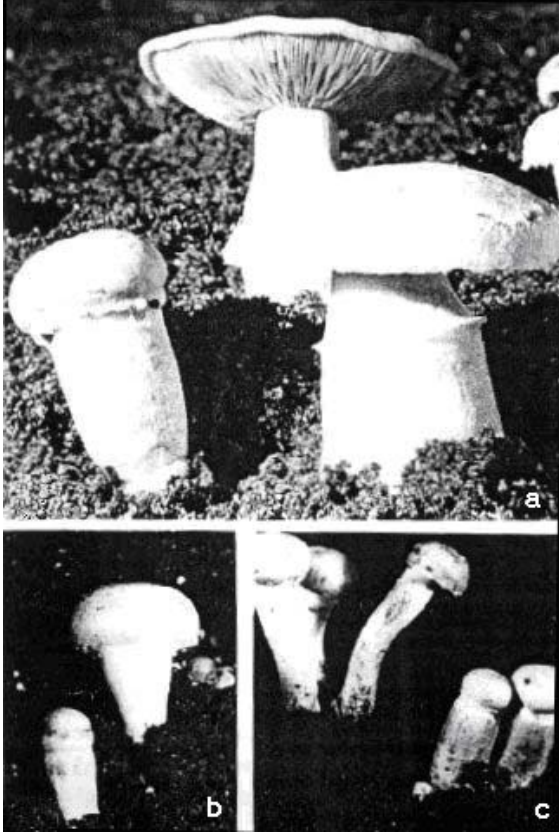
4. Şapkaların beyaz rengini kaybedip kahverengileşmesi, erken olgunlaşma, yavaş baş gelişimi ve cücelik, uzun ve hafif eğik sap ve küçük şapka oluşumu görülmektedir. Hastalıklı mantarların sapları uzun, şapka da küçük olduğundan mantar adeta davul tokmağı görünüşünde olmaktadır (Şekil 5, Şekil 6c). Sağlıklı mantarlarda böyle bir durum söz konusu değildir (Şekil 7).



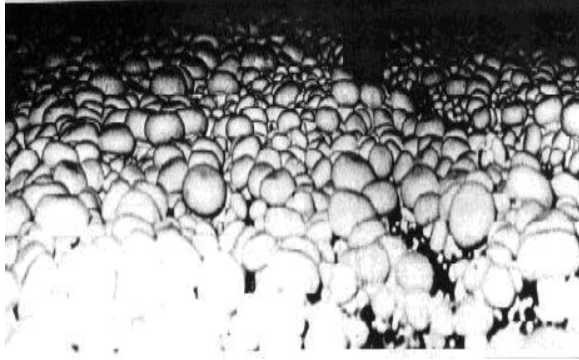
Şekil 5. LIV'den kaynaklanan davul tokmağı görünüşünde mantarlar (van Zaayen 1979)

5. Bazen saplar kalınlaşmakta, şapkanın çapına yaklaşmakta ve mantarlar adeta bir fiçî görünüşü almaktadır. Lamel zarı sapın en kalın kısmı üzerindedir, bu yüzden de genellikle normalden daha alt kısımdadır (Şekil 6a,b).





Şekil 6. (a) Kalın varil şeklinde saplar ve ince, düz şapkalar (zar sapın en kalın yerindedir); (b) şapka ve sap aynı çapta (solda) ve aşağıya doğru incelen sap ve anormal zar (sağda), (c) davul tokmağı görünümünde mantar (ortada), aynı çapta şapka ve sapa sahip iki mantar (van Zaayen, 1979).



Şekil 7. Sağlıklı mantarlar (van Zaayen, 1979)

6. Şapkalar sap üzerinde yana doğru yatabilmektedir.

7. Hastalıklı şapkalar sağlıklı olanlardan daha az sayıda spor üretirler.

8. Mantarlar komposta gevşek bir şekilde bağlanmaktadır.

6. Saplar süngerimsi, sulu görünümlü ve çizgili şekilde görülebilirler.

7. Hastalıklı şapkalar sağlıklı olanlardan daha az sayıda spor üretirler.

8. Mantarlar komposta gevşek bir şekilde bağlanmaktadır.

9. Saplar süngerimsi, sulu görünümlü ve çizgili şekilde görülebilirler.

10. Virüs enfeksiyonundan sonra sekonder organizmalar (saprotik nematodlar, kırmızı örümcekler, funguslar) görülebilir ve bunlar da miselyum gelişimini zayıflatırlar (Şekil 4).

11. Oda sıcaklığı yükseldikçe de (15-16<sup>0</sup> C yerine 20-21<sup>0</sup> C) belirtiler şiddetlenmektedir.

Şiddetli enfeksiyonlarda hastalık tüm ürünün kaybına yol açabilir. LIV 1960-1970 yıllarında İngiliz mantar endüstrisinde büyük kayıplara yol açmıştır. Pensilvanya'da 1973'de mantar üretiminde bu hastalık yüzünden % 15 azalma olmuştur. Hollanda'da da bu hastalık yüzünden 1967'de % 4.5, 1969'da % 1.3 ve 1973'de % 3.5 kadar ürün kaybı ortaya çıkmıştır (van Zaayen, 1972; van Zaayen, 1979; Fletcher ve ark., 1989). Avustralya'da 50 mantar evinde yapılan survey sonucunda, mantar evlerinin % 68'inin virüsle bulaşık olduğu saptanmıştır (Nair, 1979). Ülkemizde mantar virüslerin varlığı ilk kez Fidan ve ark. (1998 ve 1999) tarafından Antalya, Kocaeli, İzmir ve Bursa illerinde ortaya çıkarılmıştır.

MBV'nin La France hastalığındaki rolü henüz belirgin değildir, fakat bu virüsün hastalık belirtilerinin oluşumunda bir rol oynamadığı düşünülmektedir, zira bu virüs sağlıklı mantarlardan da izole edilmiştir. Bununla birlikte MBV La France hastalığı vakalarının yaklaşık % 60 kadarında LIV partikülleri ile birlikte (Şekil 1b) bulunmuştur (Revill ve ark., 1994).

Mantarlarda son yıllarda ortaya çıkan MVX'in belirtileri de şu şekilde olmaktadır:

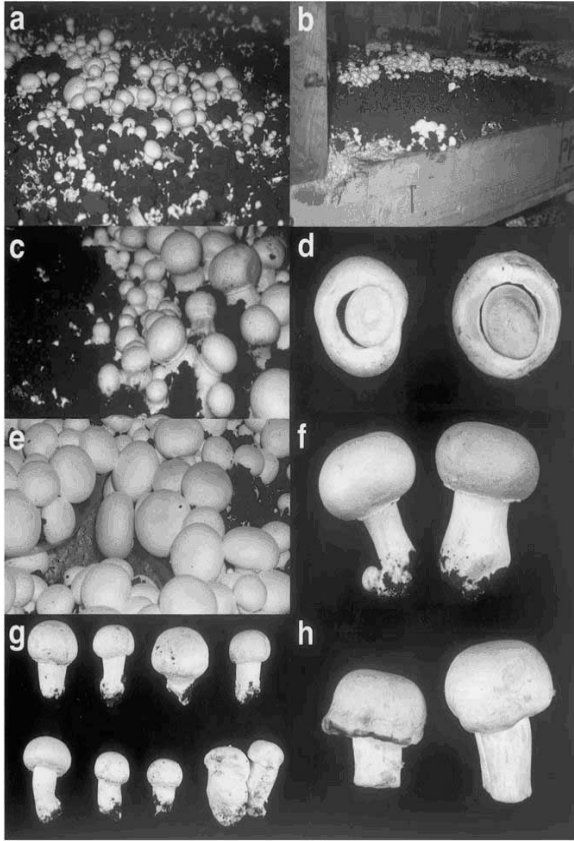
1. Başların gelişmemesi ve onun sonucu olarak boş alanlar görülür. Bununla birlikte genellikle başlar gecikmeli olarak gelişir, fakat bu sefer de yataktaki mantarlar arasında olgunluk bakımından farklılıklar ortaya çıkar ve hasatta gecikme olur (Şekil 8a,b,c).

2. Hasta mantarların şapkaları erken açılır. Bu tip mantarlar yataklarda normal olarak gelişirken toplandıktan hemen sonra şapkalar zamansız açılır ve dolayısıyla ürünün kalitesi de düşer (Şekil 8d). En kötü durum ise lamel zarının hiç oluşmaması durumudur ki bu çoğunlukla 2. flaşa görülür.

3. Hasta mantarlar normal beyaz rengini kaybeder veya kahverenginde gelişir (Şekil 8e, f). Kahverengileşme üretim kasalarında görüldüğü gibi depolama sırasında da ortaya çıkabilmektedir. Bunun sonucunda ürünün kalitesi düşmekte ve bazen de ürün pazarlanamamaktadır.

4. Mantarlarda şekil bozuklukları (Şekil 8g,h) ve % 50-80'e varabilen verim kayıpları görülmektedir.

MVX'in sebep olduğu hastalık yüzünden 1996-2000 yıllarında İngiltere'de toplam üretimin yaklaşık % 10'unu karşılayan büyük ve orta ölçekli 4 mantar işletmesi kapanmış ve bu yüzden toplam üretim % 14 civarında azalma göstermiştir (Grogan ve ark., 2003).



Şekil 4. *Agaricus bisporus*'da MVX belirtileri: (a) normal gelişen bir mantar grubunun etrafında baş gelişimi baskılanmış mantarlar; (b) baş oluşmamış boş bir alan; (c) baş gelişindeki farklılıklar, solda hiç baş gelişimi yok, sağda tam gelişmiş mantarlar; (d) erken açılmış mantarlar; (e) beyaz mantarların kahverengileşmesi; (f) kalın saplı kahverengi mantar (sağda), normal gelişmiş sağlıklı mantar (solda); (g-h) mantarlarda şekil bozuklukları (Grogan ve ark., 2003).

## 6. MANTAR VİRÜSLERİNİN YAYILMASI

Mantarlarda LIV'in yayılması enfekteli miselyum, enfekteli miselyumdan sağlıklı miselyuma hücre içeriğinin aktarılması (anastomosis) ve enfekteli sporlar (basidiospor) aracılığıyla olmaktadır. Bir şapkada 16 milyon kadar spor oluşmaktadır. Bu bakımdan enfekteli sporların bir işletmede ne kadar büyük bir enfeksiyon kaynağı olduğu açıktır. Günümüze kadar hiçbir böcek, nematod veya diğer vektörlerce virüsün taşınmadığı bildirilmektedir. Bununla birlikte enfekteli mantar sporları hava ile kolaylıkla taşınabilir; sciarid mantar sinekleri (*Lycoriella* türleri), phorid mantar sinekleri (*Megaselia* türleri) ve işçiler tarafından vücuda bulaşma şeklinde sağlıklı alanlara ulaştırılabilmektedir.

Pastörizasyondan sonra kompost soğutma sırasında enfekteli mantar sporları tarafından bulaştırılabilir. Virüs ürüne yerleşir yerleşmez virüs partikülleri miselyumdan kolaylıkla dağılabilmektedir. Yapılan araştırmalar hastalıklı sporların sağlıklı olanlardan daha çok oluştuğu ve daha çabuk çimlendiğini de

göstermiştir. Mantar sporları mantar miselyumunun yakınında çimlenme eğilimindedirler. Hastalıklı miselyum sağlıklı miselyuma göre basidiosporlar üzerinde daha etkili bir çimlendirmeyi teşvik edici bir madde salgılamaktadır.

Mantar virüsleri hasat sonunda üretim kasalarında kalan miselyumlarda bile yaşayabilmektedir. Eğer pastörizasyon etkili değilse virüs canlı miselyumlarda kalır, eski ve yeni miselyumlar arasındaki anastomosisi takiben yeni ürüne geçer. Miselyum öldüğünde virüs partikülleri de enfeksiyon yeteneklerini kaybetmektedirler. Eğer kullanılan miseller enfekteliyse mantar tohumları da bir virüs kaynağı olmaktadır.

Enfekteli olduğu bilinen mantar sporları ile yapılan inokulasyon denemeleri mantar yetiştiriciliğinde en hassas döneminin 2. fazda soğutma ile topraklama (örtü toprağı serme) arasındaki dönem olduğunu açıkça göstermiştir (van Zaayen, 1972; Fletcher ve ark., 1989).

MVX de LIV'de olduğu gibi işletmede enfekteli basidiosporlarla ve misel parçaları ile yayılmaktadır (Grogan ve ark., 2004). Bunların dışında *Pleurotus* türlerinde (Poppe ve ark., 1987) ve *L. edobes*'de (van Zaayen, 1979) de virüslerin enfekteli spor ve miselyumlar vasıtasıyla yayıldıkları gösterilmiştir.

## 7. MANTAR VİRÜSLERİNİN TANILANMASI

Mantar virüslerinin tanısında değişik teknikler kullanılmaktadır. Bunlar:

1. Agar üzerinde miselyumun gelişme oranlarının kıyaslanması
2. Elektion mikroskopi teknikleri (EM, IEM, ISEM)
3. Monoklonal ve poliklonal antibadiler kullanılarak enzyime-linked immunosorbent assay (ELISA) testleri.
4. DS-RNA testleri
5. Polimeraz zincir reaksiyonu (polymerase chain reaction, PCR) teknikleridir (Del Vecchio ve ark., 1978; Wach ve ark., 1987; Fletcher ve ark., 1989; Lee, 2001, Romaine, 2002).

Sağlıklı mantarlarınkiyle kıyaslandığında virüs şüpheli misellerdeki en az % 15'lik bir gelişme geriliği bile virüs enfeksiyonunun varlığını göstermektedir (Fletcher ve ark., 1989). Virüslü miseller tipik olarak yavaş, anormal ve kahverengi olarak gelişmektedir (Koons ve ark., 1989; Romaine ve Schlaghauser, 1995). OMSV, OMIV-I ve OMIV-II virüsleri için monoklonal ve poliklonal antibadiler geliştirilmiş olup bunlar TAS-ELISA (triple-antibody sandwich ELISA) ile büyük hassasiyetle tanılanmaktadır (Lee, 2001).

PCR komposttan bile tanı olanağı sağlaması ve diğer yöntemlere göre çok daha hassas olmasından dolayı günümüzde en hassas yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. LIV ve MBV'nin genom parçalarının reverse transcription PCR (RT-PCR) ile çoğaltılması hastalıklı dokularda 10 fg'dan da aşağıda büyük bir hassasiyette LIV'i tek başına veya LIV ile birlikte MBV'yi ortaya çıkarmaktadır (Romaine ve

Schlaghauer, 1995; Sonnenberg ve ark., 1995). MVX'in de 4 dsRNA elementi başarıyla PCR ile çoğaltılmıştır. PCR'nin MVX'in tanısında da en hassas yöntem olduğu bildirilmektedir (Grogan ve ark., 2003).

## 8. ÖNLEM YOLLARI

Tüm mantar virüs hastalıklarının başarılı bir şekilde önlenmesi bütün kontrol yöntemlerinin kombinasyonu ile yapılmaktadır. Bunda amaç herhangi bir mantar sporu veya canlı mantar miselyumunun yeni ürüne temasını önlemektir (Bora ve rak., 1996).

Bir işletmede viral hastalıklardan korunmak için aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

1. Her yetiştirme dönemi sonunda odalar, yer ve duvarlardaki çatlaklar, pencereler, raflar, zemin ve duvarlar formaldehit (% 0.8-1.5) ile dezenfekte edilmelidir. İlaçlanan odalar en az 24 saat kapalı tutulmalıdır. Aynı zamanda gübrelik ve yanındaki yerler de formaldehit (% 4 saf formaldehit veya % 37'lik ticari solüsyondan % 10 kadar) ile dezenfekte edilmelidir. Odalar formaldehit dışında kuarternler amonyum tuzlarından biri (didesil dimetil amonyum klorür, dimetil benzil amonyum klorür vb.) ile de dezenfekte edilebilir.

2. Odalar arasındaki koridorlara sentetik bir materyal (plastik) serilmelidir. Eğer bu mümkün değilse hasat başlayınca kadar yetiştirme odalarına arka taraftan girilmelidir.

3. Oda girişlerine konulan paspaslara ayakkabıların dezenfeksiyonunu sağlamak için dezenfektan solüsyonu emdirilmelidir.

4. Üretim alanı ve etrafı çok temiz tutulmalıdır. Mantarcılıkta kullanılan tüm alet ve ekipmanlar iyice temizlenip yıkandıktan sonra yine formaldehit (% 0.4), klorlu bileşiklerden sodyum hipoklorit (%1-2) veya kuarternler amonyum tuzlarından biri ile dezenfekte edilmelidir. Formaldehit ve klorlu bileşikler asla birbirleriyle karıştırılarak kullanılmamalıdır, çünkü karıştırıldıklarında kanserojen bir bileşik olan bis-kloro-metil-eter oluşmaktadır.

5. Odalar doldurulmadan önce hava girişlerine spor filtreleri (HEPA filtreler, 2 µ çapında filtreler veya 2 cm kalınlıktaki cam yünü) yerleştirilmelidir. Yetiştirme zamanında bu spor filtreleri havadaki toz miktarına göre 1-2 kez değiştirilmelidir.

6. Pastörize edilmiş kompost kullanılmalıdır.

7. Virüsten ari tohumluk mantar miselyumu kullanılmalıdır.

8. Üretim kasaları ahşapsa % 2 sodyum pentaklorofenat (sodium pentachlorophenat-SPCP) + % 0.5-1 soda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ile ilaçlanmalıdır (200 l su/100 m<sup>2</sup>). SPCP kuruduktan sonra su ile mutlaka yıkanmalıdır (300-400 l su/100 m<sup>2</sup>). Soda SPCP'nin üretim kasaları üzerine daha iyi yayılmasını sağlamaktadır. Bu amaçla Cu-8-quinolinolate, Cu ve Zn naphthenate veya propiconazole etkili maddeli preparatlar da kullanılabilir.

9. Mantarların öngelişmesi sırasında mantar sineklerine karşı ilaçlama yapılmalı ve kompostun üzeri bir kağıt veya ince plastik bir örtü ile kapatılmalıdır. Kağıt haftada 2 kez formaldehit (% 37'lik ticari formaldehitten % 2'lik hazırlayarak) ile ıslatılmalıdır. Bu işlem topraklamadan (örtü toprağı serme) birkaç gün öncesine kadar tekrarlanmalıdır. Örtü, işi bittikten sonra dikkatli bir şekilde kaldırılmalıdır.

10. Koridorlar öngeliştirme öncesi ve sonrasında % 2 ticari formaldehit solüsyonu (formalin) ile ilaçlanmalıdır.

11. Odaların ayrı bir girişi olmalı ve her odaya girişte ayrı elbise, ayakkabı, merdiven, kova, kesim bıçağı, üretim kasaları, fan vs. kullanılmalıdır. Hastalıklı alanlar % 2'lik formaldehit ile ilaçlanmalı ve daha da büyümesine engel olmak için bir plastik örtü ile kaplanmalıdır. Ayrıca sporların dağılmasını önlemek için olabildiğince tüm mantarlar açılmadan toplanmalıdır. Önce sağlıklı mantarlar, sonra hastalıklı olanlar toplanmalıdır. Eller de sık sık yıkanmalıdır.

12. Hastan sonra kompostun bulunduğu torba veya kasalar buhar odalarında 70<sup>0</sup> C'de en az 12 saat tutulmalı ve işletmeden hemen uzaklaştırılmalıdır (van Zaayen, 1979; Fletcher ve ark., 1989; Ormrod ve van Dalssen, 1993; Howard ve ark. 1994, Bora ve ark., 1996; Romaine, 2002, Anonymous, 2004).

*A. bisporus*'un tüm ırkları (beyazımsı, krem vb) LIV enfeksiyonuna karşı hassas olsa da hastalığın şiddeti ırklar arasında farklılıklar göstermektedir, örneğin *A. bisporus*'un kar beyazı ırkı altın beyazı ırkından çok daha şiddetli belirtiler göstermektedir. *Agaricus bitorquis* ise LIV'a karşı immün (bağışık) olarak bulunmuştur. Bununla birlikte bu mantarın verimi düşük ve şekil olarak da cazip değildir. Virüs taşıyan *A. bisporus* ile sağlıklı *A. bitorquis* arasında gerçekleştirilen anostomosis ile bile virüs *A. bitorquis*'e geçememiştir. 1973-1974 yıllarında *A. bitorquis* miseli ticari olarak üretilmiştir. Bununla birlikte bu erkenci çeşidi yetiştirmek kolay olmamış ve verimi de tatminkar bulunmamıştır. Sonra geliştirilen çeşitlerle kar beyazı renkte olan ve *A. bisporus*'tan daha büyük olan *A. bitorquis*'in verimi artmış, görünüş ve tat tatminkar hale getirilmiştir. Bu mantar hasat döneminde 16-17<sup>0</sup> C yerine 35<sup>0</sup> C sıcaklık ister, yani *A. bitorquis* sıcaklığı sevmektedir. Bu durum şüphesiz sıcak ülkelerde bir avantajdır (van Zaayen, 1979; Fletcher ve ark., 1989). Sonuç olarak, işletmelerde virüsler spor ve misel vasıtasıyla yayıldıkları için La France'de olduğu gibi hijyene uyulması MVX (Grogan ve ark., 2003) de dahil olmak üzere tüm mantar virüs hastalıklarının etkili bir şekilde önleyebilecektir.

Günümüzde gen aktarımı ile virüslere karşı dayanıklı bitki elde çalışmaları büyük bir hızla sürmektedir. Kültür mantarlarında da bu yönde çalışmalar devam etmekte ve özellikle *A. bisporus*'a gen aktarımıyla ilgili uygun ve oldukça etkili bir yöntem de geliştirilmiştir (Romaine, 2002).



## 9. KAYNAKLAR

- Adie, B., Choi, I., Soares, A., Holcroft, S., Eastwood, D., Mead, A., Grogan, H., Kerrigan, R., Challen, M., Mills, P. 2004. MVX disease and double-stranded RNA elements in *Agaricus bisporus*. Proceedings of the XVI th International Congress on the Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi (Eds.: C.P. Romaine, C.B. Keil, D.L. Rinker, D.J. Royse, Miami, FL, U.S.A).
- Ahn, I.P., Lee, Y.H., 2001. A viral double-stranded RNA up regulates the fungal virulence of *Nectria radicola*. Mol. Plant Microbe. Interact., 14: 496-507.
- Anagnostakis, S.L., Day, P.R., 1979. Hypovirulence conversion in *Endothia parasitica*. Phytopathology, 69: 1226-1229.
- Anonymous, 2004. Diseases of mushrooms, chapter five. In: Guideliness for the control of plant diseases in Western Canada, Prepared by The Western Committee on Plant Diseases for the use of Alberta Agriculture, Food and Rural Development, British Columbia Ministry of Agriculture and Lands Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives, Saskatchewan Department of Agriculture and Food (Eds.: M. Desjardins, T. Shinnars-Carnelley), 5.1-5.10.
- Barroso, G., Labarere, J., 1990. Evidence for viral and naked double-stranded RNAs in the basidiomycete *Agrocybe aegerita*. Curr. Gen., 18: 231-237.
- Beelman, R.B., Royse, D., Chikhimmah, N. 2004. Bioactive components in button mushroom *Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach of nutritional, medicinal, and biological importance (Review). Proceedings of the XVI th International Congress on the Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi (Eds.: C.P. Romaine, C.B. Keil, D.L. Rinker, D.J. Royse, Miami, FL, U.S.A).
- Boland, G.J., 1992. Hypovirulence and double-stranded RNA in *Sclerotinia sclerotiorum*. Can. J. Plant Pathol., 14: 10-17.
- Bora, T., Toros, S., Özaktan, H., 1996. Kültür Mantarı Hastalıkları, Zararlıları ve Savaşımı. Afa Matbaacılık, İstanbul, 137 s.
- Bottacin, A.M., Levesque, C.A., Punja, Z.K., 1994. Characterization of dsRNA in *Chalara elegans* and effects on growth and virulence. Phytopathology, 84: 303-312.
- Boztok, K., Erkip, N., 2002. Meşe mantarının (*Lentinula edodes*) ağaç kütükleri üzerinde yetiştiriciliği. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 39:149-155.
- Buck, K.W., 1986. Fungal virology: An overview. In: Fungal Virology (Ed.: K.W. Buck), CRC Press, Boca Raton, FL, 1-85.
- Büchen-Osmond, A., 1995. ICTVdB - A Universal Virus Database Descriptions of ICTV, Approved Virus Taxa, Unassigned Viruses. Available from URL: [Ulaşım[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ICTVdb/Ictv/fs\\_unassigned.htm#Type37](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ICTVdb/Ictv/fs_unassigned.htm#Type37): 20 Nisan 2006].
- Büchen-Osmond, A., 2004. ICTVdb Index of viruses. Available from URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ICTVdb/Ictv/index.htm> [Ulaşım: 20 Nisan 2006].
- Chang, S.T., 1999. World production of edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. in China. Int. J. Med. Mush., 1: 291-300.
- Chang, S.T., Miles, P.G. 2004. Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact, second edition, CRC Press, 480 pp.
- Chen, K.Y., Liang, P.Y., Chang, S.T., Yu, M.L., 1988. *Volvariella volvacea* virus-a new fungal dsRNA virus from mushroom. Acta-Microbiologica-Sinica-Weishengwa-Xuebao, 28: 19-23.
- Deahl, K.L., San Antonio, J.P.S., Ciandrolo, E.L., 1987. Electrophoretic analysis of double-stranded RNA in stocks of cultivated mushroom (*Agaricus brunnescens*). Plant Dis., 71: 430-433.
- Del Vechio, V.G., Dixon, C., Lemke, P.A., 1978. Immune electron microscopy of virus-like particles of *Agaricus bisporus*. Exp. Mycol., 2: 138-144.
- Fidan, Ü., Bora, T., Özaktan, H., Gümüş, M. 1998. Kültür mantarı üretim merkezlerinde virüs ve ıslak kabarcık hastalıkları üzerinde araştırmalar. Türkiye VIII. Fitopatoloji Kongresi Bildirileri, 131-138.
- Fidan, Ü., Bora, T., Özaktan, H., Gümüş, M., 1999. Türkiye’de önemli kültür mantarı üretim merkezlerinde virüs ve ıslak kabarcık (*Mycogone perniciosa*) hastalıkları üzerinde araştırmalar. Bornova Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü/Bornova/İzmir, Proje Kod No: BS/97/04/08/114.
- Fletcher, J.T., White, P.F., Gaze, R.H., 1989. Mushrooms: Pest and disease control. 2. Edition. Intercept. Andover, Hants, 174 p.
- Ghabrial, S.A., 1998. Origin, adaptation and evolutionary of fungal viruses. Vir. Gen., 16: 119-131.
- Go, S.J., Cha, D.Y., Wessels, J.G.H., 1992. Symptoms of virus infected oyster mushroom, *Pleurotus florida*. Korean J. Mycol., 20: 229-233.
- Goodin, M.M., Schlagnhauser, B., Romaine, C.P., 1992. Encapsulation of the La France disease-specific double-stranded RNAs in 36 nm isometric virus like particles. Phytopathology, 82: 285-290.
- Goodin, M.M., Schlagnhauser, B., Weir, T., Romaine, C.P., 1997. Characterization of an RNA-dependent RNA polymerase activity associated with La France isometric virus. J. Virol., 71: 2264-2269.
- Grogan, H.M., Adie, B.A. T., Gaze, R.H., Challen, M.P., Mills, P.R., 2003. Double-stranded RNA elements associated with the MVX Disease of *Agaricus bisporus*. Mycol. Res., 107: 147-154.
- Grogan, H.M., Tomprefa, N., Mulcahy, J., Holcroft, S., Gaze, R.H. 2004. Transmission of mushroom virus X disease in crops. Proceedings of the XVI th International Congress on the Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi (Eds.: C.P. Romaine, C.B. Keil, D.L. Rinker, D.J. Royse, Miami, FL, U.S.A).
- Hall, I.R., Yun, W., 2000. Edible mushrooms as secondary crops in forests. Quart. J. Forest., 94: 299-304.
- Hansen, D.R., van Alfen, N.K., Gillies, K., Powell, W.A., 1985. Naked dsRNA associated with hypovirulence of *Endothia parasitica* is packaged in fungal vesicles. J. Gen. Virol., 66: 2605-2614.
- Harmsen, M.C., van Griensven, L.J.L.D., Wessels, J.G.H., 1989. Molecular analysis of *Agaricus bisporus* double-stranded RNA. J. Gen. Virol., 70: 1613-1616.
- Hollings, M., 1982. Mycoviruses and plant pathology. Plant Dis., 66: 1106-1112.
- Hong, Y., Cole, T.E., Brasier, C.M., Buck, K.W., 1998. Evolutionary relationships among putative RNA-dependent RNA polymerases encoded by a mitochondrial virus-like RNA in the Dutch elm disease fungus, *Ophiostoma novo-ulmi*, by other viruses and virus-like RNAs and by the *Arabidopsis* mitochondrial genome. Virology, 246: 158-169.
- Howard, R.J., Garland, J.A., Seaman, W.L. 1994. Diseases and pests of vegetable crops in Canada, Chapter 26.

- Mushrooms. The Canadian Phytopathological Society and the Entomological Society of Canada. Ottawa, Ontario, 363-379.
- Howitt, R.L., Beever, R.E., Pearson, M.N., Forster, R.L., 2006. Genome characterization of a flexuous rod-shaped mycovirus, *Botrytis* virus X, reveals high amino acid identity to genes from plant 'potex-like' viruses. Arch. Virol. 151: 563-79.
- Huttinga, H., Wichers, H.J., Van Zaayen, A.D., 1975. Filamentous and polyhedral virus-like particles in *Boletus edulis*. Europ. J. Pl. Pathol. 81: 102-106.
- Kim, S.W., Lee, K., Lee, H.S., Ro, H.S., 2005. Expression and characterization of oyster mushroom spherical virus (OMSV) genome-encoding proteins. Annual Meeting and International Symposium Microorganisms and Human Well-Being. The Korean Society for Microbiology and Biotechnology.
- Koons, K., Schlagnhauser, B., Romaine, P., 1989. Double-stranded RNAs in mycelial cultures of *Agaricus bisporus* affected by La France disease. Phytopathology, 79: 1272-1275.
- Küçüközümlü, B., Pekşen, A., 2005. Yetiştirme ortamı ağırlıklarının *Pleurotus* mantar türlerinin verim ve kalitesi üzerine etkileri. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20: 64-71.
- Lakshman, D.K., Jian, J., Tavantzis, S.M., 1998. A double-stranded RNA element from a hypovirulent strain of *Rhizoctonia solani* occurs in DNA from and is genetically related to the pentafunctional AROM protein of the shikimate pathway. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 95: 6425-6429.
- Lee, H.S., 2001. Kit production for diagnosis of viruses in oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. Available from [http://www.mushworld.com/disease/view.asp?cline=15&cata\\_id=3200&vid=537](http://www.mushworld.com/disease/view.asp?cline=15&cata_id=3200&vid=537) [Ulaşım 25 Nisan 2006].
- Lemke, P.A., Nash, C.E., 1974. Fungal viruses. Bact. Rev., 38: 29-56.
- Lim, W.S., Jeong, J.H., Jeong, R.D., Yoo, Y.B., Yie, S.V., Kim, K.H., 2005. Complete nucleotide sequence and genome organisation of a dsRNA partitivirus infecting *Pleurotus ostreatus*. Virus Res., 108: 111-119.
- Magae, Y., Hayashi, N., 1999. Double-stranded RNA and virus-like particles in the edible basidiomycete *Flammulina velutipes* (enokitake). FEMS Microbiology Letters, 180: 331-335.
- Magliani, W., Conti, S., Gerloni, M., Bertolotti, D., Polonelli, L., 1997. Yeast killer systems. Clin. Microbiol. Rev., 10: 369-400.
- Milgroom, M.G., Cortesi, P., 2004. Biological control of chestnut blight with hypovirulence: A critical analysis. Ann. Rev. Phytopath., 42:311-338.
- Nair, N.G., 1979. Studies on the behaviour of mushroom spores in relation to the epidemiology of virus disease. Austr. J. Agric. Res., 30: 1123-1132.
- Newhouse, J.R., Hoch, H.C., MacDonald, W.L., 1983. The ultra structure of *Endothia parasitica*. comparison of a virulent with a hypovirulent isolate. Can. J. Bot., 61: 389-399.
- Ormerod, D.J., van Dalfsen, B., 1993. Wood preservation on the farm. British Columbia Ministry of Agriculture , Fisheries and Food, Resource Management-Crop Protection, 20 pp.
- Özbayram, K., Savaşkan, Ç., 1983. Yemeklik mantar üretimi. T.C. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No:91, Çiftçi Yayın No: 8, 28 s.
- Poppe, J., Samyn, G., Welvaert, W., Meulewaeter, F. 1987. Mycoviroses and their control in Belgian mushroom farms, especially on *Agaricus*, *Pleurotus*, and *Lentinus*. Mededelingen. Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit, Gent, 52 (3a): 1005-1013.
- Revill, P.A., Davidson, A.D., Wright, P.J., 1994. The nucleotide sequence and genome organization of mushroom bacilliform virus: A single-stranded RNA virus of *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. Virology, 202: 904-911.
- Revill, A.P., Wright, P.J., 1997. RT-PCR detection of dsRNAs associated with La France disease of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. J. Virol. Methods, 63: 17-26.
- Revill, P.A., Davidson, A.D., Wright, P.J., 1999. Identification of a subgenomic mRNA encoding the capsid protein of mushroom bacilliform virus, a single-stranded RNA mycovirus. Virology, 260: 273-276.
- Rigling, D., van Alfen, N.K., 1993. Extra- and intracellular laccase of the chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica*. Appl. Environ. Microbiol., 59:3634-3639.
- Rinker, D.L., Stobbs, L.W., Alm, G., 1993. Effect of virus disease on oyster mushroom production. Micol. Neotrop. Appl., 6: 73-79.
- Robyn, L.J.H., Beaver, R.E., Pearson, M.N., Foster, R.L.S., 2001. Genomic characterization of *Botrytis* virus F, a flexuous rod-shaped mycovirus resembling plant "potex-like" viruses. J. Gen. Virol., 82: 67-78.
- Romaine, C.P., Schlagnhauser, B., 1989. Prevalence of double-stranded RNAs in healthy and La France disease-affected basidiocarps of *Agaricus bisporus*. Mycologia, 81: 822-825.
- Romaine, C.P., Ulrich, P., Schlagnhauser, B., 1993. Transmission of La France isometric virus during basidiosporogenesis in *Agaricus bisporus*. Mycologia, 85: 175-179.
- Romaine, C.P., Schlagnhauser, B., 1995. PCR analysis of the viral complex associated with la France disease of *Agaricus bisporus*. Appl. Environ. Microbiol., 61: 2322-2325.
- Romaine, C.P. 2002. Virus diseases. In: Pennsylvania mushroom integrated pest management handbook, Pennsylvania State University, CAT AGRS-83, 91 pp.
- Sonnenberg, A.S.M., van Kempen, I.P.J., van Griensven, L.J.D.L., 1995. Detection of *Agaricus bisporus* viral dsRNAs in pure cultures, spawn and spawn-run compost by RT-PCR. In: Mushroom Science, 14 (Eds.: T.J. Elliott, A.A. Balkema), Rotterdam, the Netherlands, 587-594.
- Tavantzis, S.M., Romaine, C.P., Smith, S.H., 1980. Purification and partial characterization of a bacilliform virus from *Agaricus bisporus*: a single stranded RNA mycovirus. Virology, 105: 94-102.
- Ushiyama, R., Nakai, Y., 1982. Ultrastructural features of virus-like particles from *Lentinus edodes*. Virology, 123: 93-101.
- van der Lende, T.R., Harmsen, M.C., Wessels, J.G., 1994. Double-stranded RNAs and proteins associated with the 34 nm virus particles of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. J. Gen. Virol., 75: 2533-2536.
- van der Lende, T.R., Harmsen, M.C., Go, S.J., Wessel, J.G.H., 1995. Double-stranded RNA mycoviruses in mycelium of *Pleurotus ostreatus*. FEMS Microbiology Letters, 125: 51.
- van der Lende, T. R., Duitman, E. H., Gunnewijk, M. G. H., Li, Y., Wessels, J.G.H., 1996. Functional analysis of dsRNAs (L1, L3, L5, and M2) associated with isometric

- 34-nm virions of *Agaricus bisporus* (white button mushroom). *Virology*, 217: 88-96
- van Zaayen, A.D., 1972. Mushroom virus disease in the Netherlands: Symptoms, etiology, electron microscopy, spread and control. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 130 p.
- van Zaayen, A., 1979. Mushroom viruses. In: *Viruses and plasmids in fungi* (Ed.: P.A. Lemke), Marcel Dekker Inc. New York and Basel, 240-324.
- Wach, M.P., Sriskantha, A., Romaine, C.P., 1987. Double-stranded RNAs associated with La France disease of the commercial mushroom. *Phytopathology*, 77: 1321-1325.
- Yokoi, T., Takemoto, Y., Suzuki, M., Yamashita, S., Hibi, T., 1999. The nucleotide sequence and genome organization of *Sclerophthora macrospora* virus B. *Virology*, 264: 344-349.
- Yu, H.J., Lim, D., Lee, H.S., 2003. Characterization of a novel single-stranded RNA mycovirus in *Pleurotus striatus*. *Virology*, 314: 9-15.