



## Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences

### Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi

## Araştırma Laboratuvarından Meksika Mutfağına: *Ustilagomaydis*

Mehmet AYDOĞDU<sup>1\*</sup>, Nuh BOYRAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı Bölümü, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Konya, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi: 13.03.2017

Kabul tarihi: 18.04.2017

Anahtar Kelimeler:

Huitlacoche

Mısır mantarı

Fungus

Model organizma

### ÖZET

*Ustilagomaydis* DC (Corda), mısır bitkisinin topraküstü organlarında özellikle koçanlarda “gal (ur)” adı verilen şişkinlikler oluşturan, mısırın verim ve kalitesini azaltan bir bitki patojenidir. Buna karşılık, kültüre alınabilmesi ve karmaşık hayat çemberiyle araştırma laboratuvarlarında genetik çalışmalar için model organizma olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, fungusun mısır koçanlarında oluşturduğu rastık galeri Meksika ve Latin Amerika’da Aztekler zamanından beri çok sevilen bir gıda olarak tüketilmektedir. Meksika’da “huitlacoche” veya “cuitlacoche” olarak isimlendirilen rastık galeri, “mısır mantarı”, “Meksikantrüfü”, ve “maizteka” gibi isimlerle de bilinmektedir. Bu derleme, mısır rastık fungusunun detaylı olarak ortaya konulması ve fungusun oluşturduğu galerinin Dünya’da özellikle gıda olarak değerlendirilmesi noktasında farkındalık yaratılması amacı ile hazırlanmıştır.

## *Ustilagomaydis*: From Research Laboratory to Mexican Cuisine

### ARTICLE INFO

Article history:

Received date: 13.03.2017

Accepted date: 18.04.2017

Keywords:

Huitlacoche

Maize mushroom

Fungus

Model organism

### ABSTRACT

*Ustilagomaydis* DC (Corda) is a plant pathogen that causes swellings called gall (tumor) on above-ground parts of the maize plants in particular on cobs and reduces yield and quality of maize. However, it is used as a model organism in genetic studies in research laboratories with complex life cycle and cultured in nutrient media. Smut galls, formed by the fungus on the cobs, also have been consumed as a delicacy in Mexico and Latin America since Aztecs times. Smut galls, named as huitlacoche or cuitlacoche in Mexico, are also known as the names, maize mushroom, Mexican truffle and maizteka. This review was prepared to reveal smut fungus in detail and raise awareness about evaluating the galls formed by the fungus as food in the World.

### 1. Giriş

Rastık hastalığı (*Ustilagomaydis*) mısır (*Zeamays* L.) bitkisinin toprak üstü kısımlarında (sap, boğum, koçan ve tepe püskülü) galeri(ur) oluşturmaktadır. *U. maydis* diğer hububat rastıklarından farklı olarak, lokal enfeksiyon yapmakta, özellikle koçan ve sapta dikkati çekecek zararlar oluşturmaktadır. Hastalıkla mücadele en etkili yol dayanıklı veya toleranslı çeşitlerin kullanılmasıdır. Ayrıca galerinin olgunlaşmadan toplanarak imha edilmesi, alınacak en önemli kültürel önlemler arasında yer almaktadır. Diğer taraftan, Meksika ve Latin Amerika’da ise koçan galeri toplanarak gıda olarak tüketilmektedir. Ayrıca, fungus araştırma labo-

olarak kullanılmaktadır.

Bu bağlamda, farklı özellikleriyle Dünya’da farklı şekillerde değerlendirilen bu fungusun ayrıntılı şekilde araştırılarak farkındalık yaratılması önemlidir. Bu kapsamda, fungusun tanımı, konukçuları, sistematiği, hayat çemberi, patojenik gelişmesi, genotipik yapısı, model organizma olarak kullanılması ve gıda olarak tüketilmesi bu derlemede verilecektir.

### 2. Hastalığın Tanımı, Konukçuları ve Sistematiği

Hastalık, enfekte edilen konukçu dokusundaki hücre-

\*Sorumlu yazar email: mehmet9498@yahoo.com

ratuvarlarında genetik çalışmalarda model organizma meydana gelen yarı etsi bir yapı olarak tanımlanabilir. *U. maydis*, mısır (*Zeamays L.*) ve mısırın ebeveyni teosinte (*Zeamexicana*)' ye özel bir fungustur (Ruiz-Herrera ve Martínez-Espinoza, 1998). Fungusun mısır ve teosinte bitkilerinde oluşturduğu hastalık belirtileri; kloroz, antosiyanin oluşumu, bodurlaşma, kısırlaşma ve gal oluşumu gibi çeşitli morfolojik ve fizyolojik değişimlerdir.

De Hoog ve ark.(2000)fungusun sınıflandırmasını aşağıdaki gibi yapmıştır.

Âlem: Fungi

Şube: Basidiomycota

Sınıf: Basidiomycetes

Takım: Ustilaginales

Familya: Ustilaginaceae

Cins: Ustilago

Tür: *Ustilagomaydis* (DC) Corda.

Bununla birlikte fungusunsinonimleriTablo 1' de verilmiştir.

Tablo1

*Ustilagomaydis*'in Sinonimleri(Christensen, 1963)

-*Ustilagomaydis* (DC.)

Cda.,1842

*Ustilagocarbo-*

*maydis*Phillipar., 1837

-*Ustilagomaydis*Lev., 1839

-*Lycoperdonzeae*Beckm.,1768

-*Uredosegetum* var. *mayszeae*DC., 1805

-*Uredozeae -mays* DC., 1806

-*Uredosegetum* f. *zeae- maydis*DC., 1808

-*Uredomaydis* DC., 1815

-*Uredozeae*Schw., 1822

-*Caeomazeae* Link., 1824

-*Erysibemaydis* (DC.) Wallr.,1833

-*Ustilagozeae* (Schw.) 1836

-*Ustilagoschweinitzii* Tul., 1847

-*Ustilagozeae- mays*Wint., 1881

-*Ustilagoeuchlaenae*Archang., 1882

-*Ustilagomaydis* (DC.) Cda. f. *foliicola*Sacc., 1886

-*Ustilagomaydis* f. *androphila* D. Sacc., 1886

### 3. Hayat Çemberi ve Patojenik Gelişmesi

Hastalığın tipik belirtisi gal adı verilen şişkinliklerdir (Şekil 1).

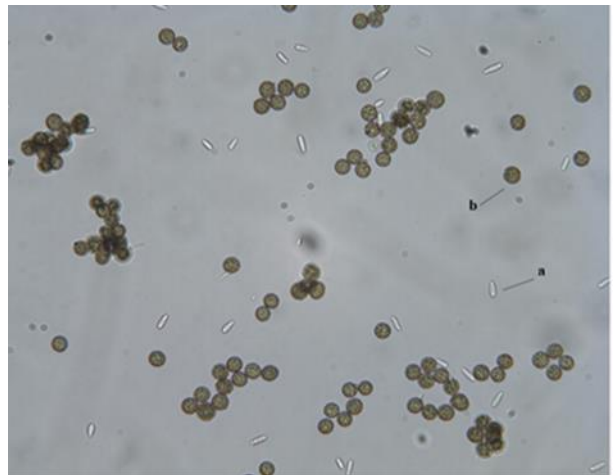
lerin genişlemesi ile birlikte fungusun karışımından



Şekil 1

Koçanda rastık gali

Galler, önceleri serttir, parlak gri-beyaz renkte bir zarla kaplıdır ve olgunlaştıkça zar sararıp çatlar ve süngerimsi bir hal alır. Galin çatlamasıyla teliosporlar (klamidiospor) kahverengi-siyahımsı toz kitlesi halinde görülür ve çeşitli yollarla (rüzgâr, yağmur, vb.) etrafa dağılırlar. Teliosporlar, kahverenkli, elipsoid-yuvarlaktırlar (Şekil 2b). Fungus kışı teliospor halinde hastalıklı bitki artıkları ve toprakta geçirir. İlkbaharda hava sıcaklığı 18-21 °C olduğunda diploidteliosporlar çimlenmeye başlar, mayoz ve mitoz bölünmelerle genellikle 4 bölmeli promisyum (basidium)' un her bir hücrelerinden haploid tek hücreli, renksiz, yuvarlak-uzun oval basidiosporlar (Şekil 2a) oluşur ve fungusunsaprofitik dönemi başlar.

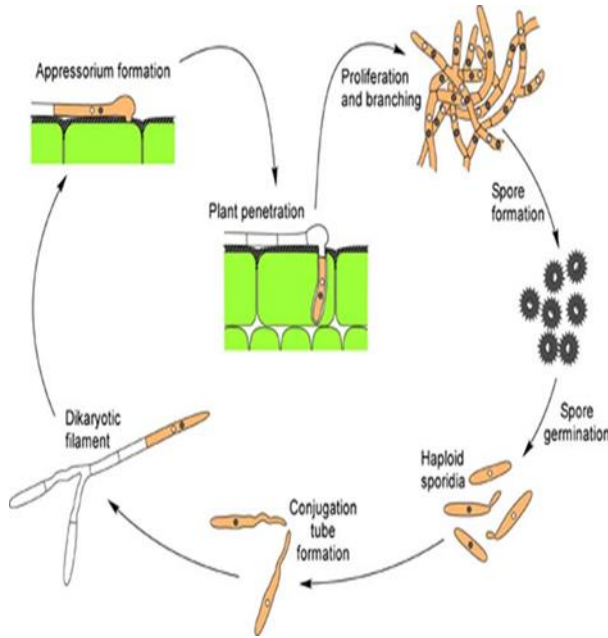


Şekil 2

a. Sporidia b. Teliospor

Bu dönemde haploidbasidiosporlar tomurcuklanarak çoğalırlar ve oluşan bu sporlara sporidia denir. Sporidia konukçuyu enfekte edemezler. Fakat, uyumlu haploidsporidia hücreleri birleşir ve dikaryotikhif gelişir. Dikaryotikhifin ucunun hafifçe şişkinleşmesiyle-appressorium oluşur. Penetrasyon esnasında enfeksiyonhifi bitki hücrelerini geçse de konukçunun belirgin

bir savunma tepkisi yoktur ve bitki dokusu enfeksiyon sürecinin son safhasına kadar canlı kalır. Konukçu dokularında fungusmiselyum formunda gelişir ve miselyumteliosporları oluşturmak için bölmelere ayrılır. Bu aşamada karyogami ile eşeyssel dönem başlar ve siyah renkli diploid spor (teliospor) kitleleri üretilir (Şekil 3).



Şekil 2

*U. maydis* 'in şematik hayat çemberi (Anonim, 2016)

Milyonlarca koyu renkli teliospor kitleleri galleri doldururlar. Eşeyli çemberin tamamlanması ve spor üretimi ancak enfekte edilen bitkilerde doğal şartlar altında meydana gelir. Fungusun hayat döngüsü teliosporların çimlenerek basidiosporları oluşturmasıyla tekrar başlar (Banuett ve Herskowitz., 1988; Ruiz-Herrera ve ark., 1999; Bölker, 2001; Kahmann ve Kämper, 2004; Anonim, 2016; Aydoğdu, 2013).

#### 4. Fungusun Genotipik Yapısı

*U. maydis* 'deki genetik varyasyon, fungusun farklı mısır genotiplerinin enfekte edebilmesine olanak sağlar. Genetik varyasyonun miktarı organizmanın eşleşme sistemi tarafından etkilenmektedir. Nitekim geniş bir coğrafik alanda (Le Seuer, Minnesota, Tatariras ve Uruguay) yapılan bir araştırmada Minnesota ve Uruguay mısır tarlalarında çok farklı çiftçilik pratiklerinin uygulandığı yerler arasında çok yüksek seviyede genetik varyasyon bulunmuştur (Barnes ve ark., 2004).

Teosinte bitkisinden mısır bitkisinin ıslah edilmesi ve mısırın yaygın olarak yetiştirilmesiyle birlikte, *U. maydis* populasyonunun tarihsel demografisinde ikisi Meksika, ikisi Güney Amerika ve bir tanesi de A.B.D.'de olmak üzere toplam beş büyük *U. maydis* populasyonu belirlenmiştir. Meksika'daki iki populasyon 6,000-10,000 yıl öncesinde mısırın ıslah edilmesiyle

birlikte mevcut olan diğer populasyonlarla kıyaslandığında, Meksika'daki iki populasyonun 6,000-10,000 yıl öncesindeki populasyonlardan açılma gösterip farklılaştığı ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, tarımda mısır ıslahı *U. maydis* populasyonlarını geniş çaplı değişimlere zorlamıştır (Munkacsı ve ark., 2008).

*U. maydis* 6902 adet protein kodlayan gen içerir ve genleri agresif patojenik fungusların genomlarında bulunan patojenisite özelliklerine sahip değildir. *U. maydis* antibiyotik veya mikotoksinler gibi küçük biyoaktif bileşiklerin üretimine karışan enzimleri kodlayan sadece 3 gen içerir, bunun yanı sıra *U. maydis* 33 hidrolitik enzim içerir ve bu hidrolitik enzimler fungusun biyotrofik yaşam tarzı ile mükemmel bir paralellik gösterir. *U. maydis*'in enfeksiyon esnasında salgıladığı protein efektörleri bitki dokusunda fungal çoğalma için gereklidir, fungus bitki hücre duvarı parçalanmasını minimize ederken, yeni protein efektörlerini salgılamaya devam eder. Fungusun enfeksiyon esnasında sergilediği bu strateji (konukçusuyla uyumlu gibi davranarak yaşama) sadece diğer obligat biyotrofik patojenlerde değil ayrıca bitki gelişmesini destekleyen mikorhizal funguslarda da ortak olabilir (Kämper ve ark., 2006). Biyotrofik yaşam tarzında konukçuya zarar minimize edilmeli ve çoğunlukla bitki savunma tepkilerini tetikleyen hücre duvarı fragmentlerinin salınmasından kaçınılması zorundadır (Mendgen ve Hahn, 2002).

#### 5. Model Organizma Olarak Kullanımı

*U. maydis* dimorfik (iki şekilli) bir fungustur ve maya benzeri saprofitik formu (sporidia) yapay ortam üzerinde kolaylıkla çoğaltılabilir (Kahmann ve Kämper, 2004). Fungusundimorfizm özelliği ve patojenik gelişmesine dair bilinen detaylı bilgiler fungusu, fungal farklılaşma ve içinde bulunduğu Ustilaginales grubundaki agresif bitki patojenlerinin davranışlarının incelenmesi açısından ideal bir denek yapmaktadır (Leon-Ramirez ve ark., 2014). DNA kopyalanması, kopyalama sonrası düzenleme, sinyal, moleküler taşıma, hücre döngüsü gibi çok sayıda önemli hücresel işlemleri için bir model olarak bu fungus üzerine çok kapsamlı araştırmalar yapılmıştır (Perez-Martin ve ark., 2006; Feldbrügge ve ark., 2008; Steinberg ve Perez-Martin, 2008; Brefort ve ark., 2009).

BRCA2 geni meme kanseri kalıtımının bir predispozisyon geni tarafından kodlanan bir insan tümör baskılayıcısıdır. *U. maydis*'den sağlanan BrH2 aktif rekombinaz komplekslerinin toplanmasını hızlandırır ve kırılan uçları yeniden birleştirmek için çift-sarmal tamirinde rol oynamaktadır (Yang ve ark., 2005; Mazloun ve Holloman, 2009). Bu çalışmalar ve memelilerle ilgili BRCA2 araştırmaları BRCA2'nin moleküler fonksiyonunu çözmeye önemli ivme kazandırmıştır. BRCA2 proteini şimdi daha düşük ökaryotlardan daha yüksek ökaryotlara kadar rekombinaz düzenleyicisi olarak değerlendirilmektedir (Thorslund ve West, 2007; Thorslund ve ark., 2010).

## 6. Huitlacoche (Mısır Mantarı, Meksikan Trüfü)

Mısır bitkilerinin koçanlarında *U. maydis*' in koçan enfeksiyonu sonucunda tanelerin yerlerinde gelişen rastık gallerine "huitlacoche" veya "cuitlacoche" denmektedir. Bu galler ayrıca "mısır mantarı" "Meksikan trüfü" gibi isimlerle de bilinmektedir. Doğal şartlar altında mısır koçanlarında gelişen galler tarlalardan toplanmakta ve Aztekler zamanından beri Meksika ve Latin Amerika'nın bazı kesimlerinde insan gıdası olarak tüketilmektedir (Kennedy, 1989).



Şekil 4

Taze huitlacoche

Huitlacoche Meksika'nın iç kesimlerinde pazarlarda taze olarak satıldığı gibi (Şekil 4), konserve edilerek büyük konserve kutularında da satılmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5

Konserve edilmiş huitlacoche

Huitlacoche, ilginç besinsel özellikleri ve kendine özgü tadı ile tipik bir Meksika yiyeceğidir. Dünyanın bazı yerlerinde diğer yiyeceklerden farklı eşsiz tadından dolayı da son yıllardaki tüketimi önemli derecede artmıştır. Nitekim, A.B.D, Japonya, Çin, Fransa, İspanya ve Almanya gibi ülkelerin mutfaklarında huitlacoche tanınmaya başlanmıştır. Huitlacoche, besinsel değerine katkı yapan protein, karbonhidrat, yağ, mineral ve vitaminler içermektedir. Mantar ayrıca antioksidan özelliğinde bileşikler içerdiği için fonksiyonel gıdalar grubuna girmektedir (Leon-Ramirez ve ark., 2014). Huitlacoche'nin temel bileşimi % 88-94 kuru madde, % 3-6 kül, % 7-12 protein, ve % 2-5 oranında yağdan oluşmaktadır (Valdez-Morales ve ark., 2010). Bu mantarın besinsel değeri insan beslenmesinde büyük öneme sahiptir. Protein içeriği diğer yenilebilir mantarlarla benzer veya bazen daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Bu noktada, huitlacochevejeteryen diyetlerinde alternatif bir protein kaynağı olarak kullanılabilir.

Huitlacoche hemen hemen tüm esansiyel amino asitleri içerir ve bileşiminde en fazla bulunan maddelerden birisi de lizin (6.3–7.3 g/100 g protein) dir. Serine, glycine, aspartik, ve glutamikasid ise toplam amino asitlerin % 44.3- 48.9'unu oluşturur. Ayrıca, yüksek esansiyel yağ asitleri içeriği huitlacoche'nin yüksek besinsel değere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yağ asitleri arasında % 54.5 oleik ve % 77.5 linoleik asit gibi bazı önemli yağ asitleri bulunmaktadır. Huitlacoche yüksek kalitede nutrasötik (hastalıkları önleyici ve tedavi edici özelliği olan) bir gıda olarak da karakterize edilebilir ve sahip olduğu eşsiz aroma ve kalitesiyle diğer yiyecekleri zenginleştirmek için de önemli bir gıda bileşenidir (Valverde ve Paredes-López, 1993; Vanegas ve ark., 1995; Valverde ve ark., 2015). Huitlacoche'nin toplam diyet lifi,  $\beta$ -glukanlar ve toplam serbest şeker değerleri çoğunlukla diğer yenilebilir mantarlardan daha yüksektir. Ayrıca, antimutagen özellikli maddelerin yüksek konsantrasyonlarda bulunması bu mantarı çok değerli bir lezzet kılmaktadır (Valdez-Morales ve ark., 2010).

Besinsel değerinin yanısıra para getiren bir ürün olarak da huitlacoche' ye olan ilgi, her geçen gün artmaktadır. Huitlacoche A.B.D.' de mısır mantarı, Meksikan yermantarı veya maizteka mantarı gibi isimlerle pazarlanmaktadır. Huitlacoche internet üzerinden satın alınabilmektedir. Meksika' da diğer mantarlar arasında taze huitlacoche'nin fiyatı 5.60 dolar/kg ve konserve edilmiş fiyatı ise 10.54 dolar/kg ilk sıralarda yer almaktadır (Mayett ve ark., 2012).

### 6.1. Huitlacoche Üretimi

Bu mantarın uluslararası pazarlara sunulması yıl boyunca fazla miktarlarda huitlacoche üretimini sağlayan tekniklerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (Valverde ve ark., 2015). Bu noktada, ticari olarak huitlacoche üretmek için koçan galleri oluşumunu sağlayan uygun inokulum ve inokulasyon tekniklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Huitlacoche üretimi için

gerekli inokulum kontrollü bir işleme temin edilmek zorundadır.

**6.1.2 İmokolunun elde edilmesi:** *U. maydis* saf kültürlerinin geliştirilmesinde Patates Dekstroz Agar (PDA) ve sporidia çoğalması için % 20' lik havuç solüsyonu kullanılabilir. Rastıklıgallerdeki *U. maydisklamidiosporları* % 1' lik CuSO<sub>4</sub> içinde 20-60 saat bekletilip sterildestile sudan geçirildikten sonra besiyerine (PDA) aktarılırlar. İnkübatörde 20-22 °C' de 4-5 gün inkubasyona bırakılır ve PDA'da gelişen hif uçlarından PDA ortamına aktarılarak saf kültürleri elde edilir. Kültürlerden alınan küme sporidia, % 20 'liksteril havuç suyu ihtiva eden erlenmayerlere aktararak 7 gün oda sıcaklığında bırakılır ve sporidia çoğalması ile inokulasyon için gerekli inokulum temin edilir (Tunçdemir, 1985; Aydoğdu, 2006).

**6.1.3 İnokulasyon:** Mısır rastık hastalığı konusunda çalışan çeşitli araştırmacılar çeşitli inokulasyon teknikleri denemişlerdir. Sonuçta, ipek kanalı inokulasyon metodunun (*U. maydis* sporidia ve teliosporlarının enjektörle mısır koçanlarının ipeklerine verilmesi) gerek rastık hastalığına karşı mısır genotiplerinin test edilmesi ve gerekse huitlacoche' nin ticari olarak üretilmesi için en uygun teknik olduğu belirlenmiştir (duToit ve Pataky 1999a; Pataky ve Chandler, 2003; Aydoğdu, 2015).

**İpek inokulasyon tekniği:** İnokulasyondan önce erlenmayerler içindeki süspansiyonlar karıştırılarak inokulumun spor yoğunluğu hemositometrede incelenerek ayarlanır. Bu yöntemle göre mısır bitkileri ipek (koçan püskülü) oluşumundan sonra (bitki tozlaşması gerçekleşmeden önce, ipekler yeşil iken) her bir bitkiye 3x10<sup>6</sup> sporidia/ml + 1x10<sup>6</sup> klamidiospor/ml yoğunluğunda 3 ml inokulum enjektörle her bitkinin koçan ipeklerine verilir (Pataky ve ark., 1995; Aydoğdu, 2015).

Huitlacoche'nin randımanlı olarak üretilmesinde hassas mısır çeşitlerinin kullanılması gerekmektedir. Huitlacoche'nin ticari üretiminde uzun yıllardır *U. maydis*' e hassas olduğu düşünölen şeker mısır çeşitlerine odaklanılmıştır (Pataky, 1991; Valverde ve ark., 1993; duToit ve Pataky, 1999a, b). Buna karşılık, Almanya'nın bazı yerlerinde Avrupadaki yaygın sert mısır çeşitlerinden elde edilen hibritlerde rastık enfeksiyonu %50' den daha fazla olduğu belirlenmiştir (Pataky ve Snetselaar, 2006). Ayrıca, Polonya'da, sert mısır hattı U12 rastık fungusuna karşı hassas bulunmuştur (Bojanowski, 1969).

Bununla birlikte, Pataky (1991) at dişi, sert, unlu ve diğer mısır çeşitleri içinde *U. maydis*' e son derece hassas genotipler olabileceğini ve koçanlarda gal oluşumuna hassas olan mısır genotiplerinin huitlacoche üretimi için uygun olacağını vurgulamıştır. Bu bağlamda, Ülkemizde yapılan bir çalışmada test edilen mısır çeşitleri arasında en yüksek huitlacoche verimi sert mısır çeşitleri (Karadeniz Yıldızı, Karaçay) ve at dişi mısır çeşitlerinde (Ada-523, Side) saptanmıştır (Aydoğdu, 2015).

Bu itibarla, huitlacoche'nin ticari üretiminde huitlacoche verimi yüksek olan sert ve at dişi mısır çeşitlerinin kullanılması uygun olacaktır.

**6.1.4 Hasat:** Huitlacoche'nin kolayca zarar görebilen hassas dokusu nedeniyle, ideal bir hasat zamanının belirlenmesi çok önemlidir. Bu bağlamda, yapılan çalışmalarda huitlacoche'nin en uygun hasat zamanının inokulasyondan 16-19 gün sonra olduğu belirlenmiştir (Valverde ve ark. 1993; Pataky ve Chandler, 2003; Aydoğdu, 2015). Rastık galeri genellikle orta-ipek döneminden (koçanların %50'si ipekli) yaklaşık 12-18 gün sonra koçan yaprakları arasından ortaya çıkmaktadır. *U. maydis*' in sporulasyonu bu periyotta artmakta ve orta-ipekdöneminden 19 gün sonra ise çoğu koçan galerihuitlacoche için kabul edilemeyecek kadar çok olgunlaşmaktadır. Koçan galeri süngerimsi, sulu ve taze olduğu için zararsız hasat edilmesi ve taşınması gerekmektedir. Bu noktada, huitlacoche'nin verim ve kalitesi hasat periyoduyla ters ilişkilidir (Pataky, 1991).

Huitlacoche 'nin tat, aroma ve besinsel değeri mısır çeşidi ve huitlacoche'nin hasat edildiği zamandaki gelişme durumuna bağlı olarak değişmektedir (Valdez-Morales ve ark., 2010). Nitekim, bazı mısır genotiplerinin farklı gelişme safhalarında üretilen huitlacoche 'nin fenolik bileşik, antioksidan aktivitesi, ergosterol ve yağ asidi profilinin incelendiği çalışmada, mısırın gelişme safhası ve pişirme işleminin değerlendirilen bileşikler üzerine bazen pozitif bazen de negatif etkisi olduğu belirlenmiştir (Valdez-Morales ve ark., 2016).

## 7. Sonuç

*U. maydis*' in mısır koçanlarda oluşturduğu galler Ülkemizde ve Dünyanın pek çok yerinde mısırın en tahripkâr hastalıklarından birisi olarak görölmektedir. Buna karşılık, fungus karmaşık hayat çemberi ve dimorfik özelliği ile genetik çalışmalarda model organizma olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, fungusun koçanlarda oluşturduğu galler (huitlacoche) Aztekler'den beri Meksika ve Latin Amerika 'da sevilen bir gıda olarak tüketilmektedir. Huitlacoche içerdiği biyoaktif maddelerle fonksiyonel bir gıda olmasından dolayı, son

Yıllarda A. B. D., Japonya ve Avrupa gibi uluslararası mutfaklarda popülerite kazanmıştır. Huuitlacoche'nin

ticari olarak üretimi Meksika ve A.B.D. 'nin bazı kısımlarında şeker mısırlardan yapılmaktadır. Buna karşılık, huitlacoche'nin sert ve at dişi mısır çeşitleriyle üretimi daha randımanlı olarak yapılabilir. Ülkemizde mısır üretiminde doğal enfeksiyonlarlaoluşan koçan galeri toplanarak gıda maddesi olarak değerlendirilmesi düşünölebilir veya yapay inokulasyonlarla huitlacoche'nin ticari üretimi yapılabilir.

Uluslararası mutfaklarda popülerite kazanmasından dolayı huitlacoche'nin ticari olarak üretimi, depolanması ve ticareti üzerine daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

## 8. Kaynaklar

- Anonim (2016). <https://ww.uni-marburg.de/fb17/forschung/fobericht/Foberichtneu/kahmann> (Erişim tarihi: 29.6.2016)
- Aydoğdu M (2006). Bazı Mısır eşitlerinin Rastık Hastalığına (*Ustilagomaydis*) Karşı Duyarlılıklarının Belirlenmesi ve Gübrelemenin Hastalık Üzerine Etkisi. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Aydoğdu M (2013). Farklı Mısır Varyete Gruplarına Ait eşitlerin Rastık Hastalığına (*Ustilagomaydis*) Karşı Duyarlılıkları, Tozlaşmanın Hastalık Üzerine Etkisi ve Hastalıklı Koanlarda Fungal Floranın Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Konya.
- Aydoğdu M (2015). Huitlacoche yield in some maize varieties in the Mediterranean region of Turkey. *Food Science and Technology (Campinas)* 35(2): 386-390.
- Banuet F, Herskowitz I (1988). *Ustilagomaydis*, smut of maize. In: Sidhu GS (ed) *Advances in Plant Pathology*. Vol 6. London: *Academic Press*, pp 427-456.
- Barnes CW, Szabo LJ, May G, Groth JV (2004). Inbreeding level of two *Ustilagomaydis* populations. *Mycologia* 96: 1236-1244.
- Bojanowski J (1969). Studies of inheritance of reaction to common smut in corn. *Theoretical and Applied Genetics* 39: 32-42.
- Bölker M (2001). *Ustilagomaydis* – a valuable model system for the study of fungal dimorphism and virulence. *Microbiology* 147: 1395-1401.
- Brefort T, Doehlemann G, Mendoza-Mendoza A, Reismann S, Djamei A, Kahmann R (2009). *Ustilagomaydis* as a pathogen. *Annual Review of Phytopathology* 47: 423-445.
- Christensen JJ (1963). Corn smut caused by *Ustilagomaydis*. Monograph 2, *American Phytopathological Society*, St. Paul, MN.
- De Hoog GS, Guarro J, Gene J, Figueras MJ (2000). Atlas of clinical fungi, 2nd edition, vol. 1, *Centraalbureau voor Schimmelcultures*, Utrecht, The Netherlands.
- du Toit LJ, Pataky JK (1999a). Effects of silk maturity and pollination on infection of maize ears by *Ustilagomaydis*. *Plant Disease* 83: 621-626.
- du Toit LJ, Pataky JK (1999b). Variation associated with silk channel inoculation for common smut of sweet corn. *Plant Disease* 83: 727-732.
- Feldbrügge M, Zarnack K, Vollmeister E, Baumann S, Koepke J, König J, Münsterkötter M, Mannhaupt G (2008). The posttranscriptional machinery of *Ustilagomaydis*. *Fungal Genetics and Biology* 45: S40-S46.
- Kahmann R, Kamper J (2004). *Ustilagomaydis*: how its biology relates to pathogenic development. *New Phytologist* 164: 31-42.
- Kämper J, Kahmann R, Bölker M, vd. (2006). Insights from the genome of the biotrophic fungal plant pathogen *Ustilagomaydis*. *Nature* 444: 97-101.
- Kennedy D (1989). *The art of Mexican cooking*. New York: Bantam.
- Leon-Ramirez CG, Sanchez-Arreguin JA, Ruiz-Herrera J (2014). *Ustilagomaydis*, a delicacy of the Aztec Cuisine and a Model for Research. *Natural Resources* 5: 256-267.
- Mayett Y, Martinez-Carrera D, Sobal M, Morales P, Bonilla M (2012). Mushroom Prices and Their effect on Consumption: the case of Mexico. *Micologia Aplicada International* 24(1): 11-26.
- Mazloun N, Holloman WK (2009). Second-end capture in DNA double-strand break repair promoted by Brh2 protein of *Ustilagomaydis*. *Molecular Cell* 33: 160-170.
- Mendgen K, Hahn M (2002). Plant infection and the establishment of fungal biotrophy. *Trends in Plant Science* 7: 352-356.
- Munkacsı AB, Stoxen S, May G (2008). *Ustilagomaydis* population tracked maize through domestication and cultivation in the Americas. *Proceedings of the Royal Society B* 275: 1037-1046.
- Pataky JK (1991). Production of huitlacoche [*Ustilagomaydis* (DS) Corda] on sweet corn. *Hortscience* 26(11): 1374-1377.
- Pataky JK, Chandler MA (2003). Production of huitlacoche, *Ustilagomaydis*: timing of inoculation and controlling pollination. *Mycologia* 95(6): 1261-1270.
- Pataky JK, Nankam C, Kerns MR (1995). Evaluation of a silk inoculation technique to differentiate reactions of sweet corn hybrid to common smut. *Phytopathology* 85: 1323-1328.
- Pataky JK, Snetselaar KM (2006). Common smut of corn. The Plant Health Instructor. Common smut of corn. *The Plant Health Instructor* DOI:10.1094/PHI-I-2006-0927-01.
- Perez-Martin J, Castillo-Lluva S, Sgarlata C, Flor-Parra I, Mielnichuk N, Torreblanca J, Carbo N (2006). Pathocycles: *Ustilagomaydis* as a model to study the relationships between cell cycle and virulence in pathogenic fungi. *Molecular Genetics and Genomics* 276: 211-229.
- Ruiz-Herrera J, Martínez-Espinoza AD (1998). The fungus *Ustilagomaydis*, from the Aztec cuisine to the research laboratory. *International Microbiology* 1: 149-158.

- Ruiz-Herrera J, León-Ramírez C, Cabrera-Ponce JL, Martínez-Espinoza AD, Herrera-Estrella L (1999). Completion of the sexual cycle and demonstration of genetic recombination in *Ustilagomaydis* in vitro. *Molecular and General Genetics* 262: 468–472.
- Steinberg G, Perez-Martin J (2008.) *Ustilagomaydis*, a new fungal model system for cell biology. *Trends in Cell Biology* 18: 61–67.
- Thorslund T, West SC (2007). BRCA2: a universal recombination regulator. *Oncogene* 26: 7720–7730.
- Thorslund T, McIlwraith MJ, Compton SA, Lekomtsev S, Petronczki M, Griffith JD, West SC (2010). The breast cancer tumor suppressor BRCA2 promotes specific targeting of RAD51 to single-stranded DNA. *Nature Structural and Molecular Biology* 17: 1263–1265.
- Tunçdemir M (1985). Buğday vemişir hastalıkları semineri. *Orta Anadolu Bölge Ziraat Araştırma Enstitüsü*, 25-29 Mart 1985, Ankara.
- Valdez-Morales M, Barry K, George C, Fahey Jr, Domínguez J, de Mejía EG, Valverde ME, Paredes-López O (2010). Effect of maize genotype, developmental stage, and cooking process on the nutraceutical potential of huitlacoche (*Ustilagomaydis*). *Food Chemistry* 119(2): 689-697.
- Valverde ME, Fallah Moghaddam P, Zavala-Gallardo MS, Patakyl JK, Paredes-Lopez O, Pedersen WL (1993). Yield and quality of huitlacoche on sweet corn inoculated with *Ustilagomaydis*. *Hort-Science* 28(8): 782-785.
- Valverde ME, Hernández-Pérez T, Paredes-López O (2015). Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. *International Journal of Microbiology* 2015(2015), 14 p.
- Valverde ME, Paredes-López O (1993). Production and evaluation of some food properties of huitlacoche (*Ustilagomaydis*). *Food Biotechnology* 7(3): 207-219.
- Vanegas PE, Valverde ME, Paredes-Lopez O, Patakyl JK (1995). Production of the edible fungus huitlacoche (*Ustilagomaydis*): Effect of maize genotype on chemical composition. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 80(1): 104-106.
- Valdez-Morales M, Carlos LC, Valverde ME, vd. Ramírez-Chávez E, Paredes-López O (2016). Plant Foods for Human Nutrition *Abst.* doi:10.1007/s11130-016-0572-3.
- Yang H, Li Q, Fan J, Holloman WK, Pavletich NP (2005). The BRCA2 homologue Brh2 nucleates RAD51 filament formation at a dsDNA-ssDNA junction. *Nature* 433: 653–657.