

## Önemli Depo Fungusları ve Depolanmış Hububatın Biyokimyasal, Fonksiyonel ve Kalite Özellikleri Üzerindeki Önemleri

Prof. Dr. Hazım ÖZKAYA, Araş. Gör. Berrin KAHVECİ

A. Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü — ANKARA

### GİRİŞ

Birçok yabancı ülkede olduğu gibi ülkemizde de gerek bilgisizlik ve gerekse dikkatsizlik nedeni ile üretilen hububatın önemli bir kısmı tüketimden önce kaybedilmektedir. FAO verilerine göre üretilen tahılın hasat, depolama ve işleme sırasında yaklaşık % 5 i ziyan olmaktadır. Kaybın boyutu ülkeden ülkeye ve seneden seneye değişse de özellikle Hindistan, bazı Afrika ülkeleri ve Güney Amerika ülkeleri gibi ülkelerde tüketimden önceki tahıl kaybının % 30 ları bulunduğu tahmin edilmektedir. Bugün dünya ortalaması olarak % 5 sınırı bile kabul edilse, kaybın yılda 25 milyon tondan fazla pirinç ve buğdaya tekabül ettiği hesaplanmaktadır. Bu miktar açlık sorununun gündemde olduğu dünyamızda pek de küçümsenecek bir rakam değildir.

Tüketim öncesi hububat kaybı, hasat, depolama, işleme ve tüketim aşamalarında söz konusu ise de bunların içinde en önemlisi özellikle modern depolama imkanlarına sahip olmayan ülkeler için depolama aşamasındaki kayıplardır.

Depolanmış hububatta kayba neden olan etmenler mikroorganizmalar, böcekler, fareler ve kimyasal reaksiyonlardır. Bunların etkileri birbirine sıkı sıkıya bağlıdır ve örneğin mikroorganizmaların üremesi, böcek faaliyetini ve kimyasal olayları teşvik eder veya farelerin bulunduğu yerde mikroorganizma faaliyeti, mikroorganizma faaliyeti olan yerde de böcek üremesi vardır. Fakat burada sadece mikroorganizmaların, daha doğrusu fungusların depolanmış hububat üzerine etkilerinden söz edilecektir.

### Funguslar :

Depolanmış hububatın bozulmasında en önemli faktörler böcekler ve funguslardır. Fakat bugün böceklerin faaliyetleri değişik önlemlerle tamamen önlenemediği için funguslar üzerinde daha fazla durulmaktadır. Fungi, yaşayan bitkinin en önemli hastalık etmenlerinden

birisi olduğu gibi, özellikle bünyesinde selüloz bulunduran canlı olmayan bitkisel metaryalin de bozulup çürümesinde esas faktördür. Fungusların akla gelen her türlü bitkisel ve hayvansal materyal üzerinde gelişebilen çeşitleri bulunmaktadır. Christensen ve Kaufmann (1969) tarafından hububat taneleri üzerinde 150 den fazla fungus spesiesinin bulunduğu belirtilmiştir. Bunlar depoda, ambarda, değirmenlerde veya taşıma araçlarında gelişebilirler ve buralarda astronomik sayıda spor meydana getirerek hava akımı ile her tarafa kısa sürede yayılırlar.

Hububat üzerinde pek çok fungus çeşidi izole edilebilmekte ise de, bunlar tarla fungusları (field fungi) ve depo fungusları (storage fungi) olarak iki başlık altında toplanabilir. Bu sınıflamanın taksonomik bakımdan önemi bulunmamakla beraber ekolojik bakımdan ve rutubet istekleri bakımından böyle bir sınıflama yapmak mümkündür.

### Tarla fungusları (field fungi) :

Tarlada gelişen funguslar Alternaria, Cladosporium, Fusarium ve Helminthosporiumlardır. Bunlar bitki tarlada iken yani hasattan önce tane üzerinde gelişebilirler. Depolanmış üründe önemli bir bozma etmeni sayılmazlar (mısır bundan istisnadır. Çünkü koçanlı mısır depoda bozulmuşsa bozulma nedeni tipik tarla funguslarıdır). Çünkü gelişebilmeleri için yüksek rutubete gereksinme duyarlar. Bunlar % 90-95 nisbi rutubete eşdeğer rutubette faaliyet gösterirler ki bu rutubet de depodaki hububat için oldukça yüksektir. Tarla funguslarının üremesi halinde tane renginde bozulmalar olur, embriyo zayıflar ve ölür, tane nin çimlenme kabiliyeti düşer ve bazıları da toksin üretirler.

### Depo fungusları (storage fungi) :

Depo fungusları, 10-15 aspergillus ile birkaç da penisillum spesiesiden ibarettir. Aspergilluslardan da 5 veya 6 adedi depolanmış hu-

bubati esas bozma etmenidir (Misliver ve Tuite 1970). Bunlar tarla funguslarına kıyasla daha düşük rutubette faaliyet gösterirler. % 70-90 nisbi rutubete eşdeğer rutubette, hatta serbest suyun mevcut olmadığı materyal üzerinde bile gelişme kabiliyetindedir (Tuite ve Christensen 1957). Optimum gelişme ortamı, 25°C sıcaklık ve % 85 nisbi rutubetli bir ortam ise de % 65 nisbi rutubetin üstündeki bir yerde 50°C ye kadar da faaliyette bulunabilirler.

Depolanmış hububat üzerinde gelişen önemli fungusların gelişebilmeleri için gerekli sıcaklık ve rutubet miktarları Cetvel - 1 de verilmiştir.

Depolanmış hububatta fungusların gelişmesi oldukça muntazam bir ekolojik sıra takip eder. Önce *A. restrictus* ve *A. glaucus* gelişir. Sonra bozulmanın ilk aşamalarında bunları *A. candidus* ve *A. flavus* izler. Tanelerin % 5-10 u *A. candidus* ve *A. flavus* istilasına uğradığı zaman bozulma iyiden iyiye başlamış demektir ve bu aşamaya kadar depoda ısınma olmamışsa kısa sürede kızılaşma meydana gelir.

**Cetvel 1. Önemli Depo Funguslarının Gelişmeleri İçin Gerekli Rutubet ve Sıcaklık Dereceleri (\*)**

Fungi	Nisbi nem (min. %)		Sıcaklık (°C)	
	min.	opt.	opt.	mak.
<i>A. restrictus</i>	70	5-10	30-35	40-45
<i>A. glaucus</i>	73	0-5	30-35	40-45
<i>A. candidus</i>	80	10-15	45-50	50-55
<i>A. flavus</i>	85	10-15	40-45	45-50
<i>Penicillium</i>	80-90	5-0	20-25	35-40

(\*) Christensen ve Kaufmann (1969).

Depo fungusları hububat üzerinde üredikleri takdirde şu zararlara neden olurlar.

a) Çimlenme kabiliyetinin azalması

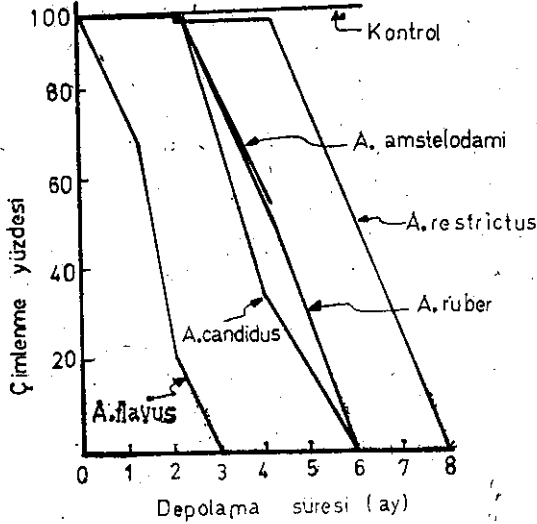
Funguslar önceleri tanenin rüşeym kısmı üzerinde ürerler, bu kısmında zarar yaparlar, bunun sonucu olarak da çimlenme oranı düşer veya tamamen kaybolur (Fields ve King 1962, Schroeder ve Sarenson 1961). Cetvel 2'de ticari ve tohumluk amacı ile satılan % 16 rutubetli mısır örneklerinin 25°C de 4 ay depolanmasıyla küf sayısındaki artış ve çimlenme % sindeki düşme verilmiştir.

**Cetvel 2. Muhtelif Mısır Örneklerine 4 Ay Depolama Süresi İçinde Fungusların Neden Olduğu Zararlar (\*)**

Örnek	Depolama Süresi (ay)	Çimlenme (%)	Rüşeym rengindeki değişme (%)		Küf sayısı (x 1000)
			Esmar	Kırmızı	
A	0	50	1	16	75
	2	12	2	14	60
	4	0	16	26	442
B	0	62	2	11	11
	2	1	6	28	350
	4	0	18	46	960
C	0	48	5	22	81
	2	6	10	36	700
	4	0	28	58	1200
D	0	98	0	0	4
	2	0	0	2	48
	4	69	4	4	92

(\*) Rasem ve Christensen (1958).

Şekil - 1 de ise % 85 nisbi rutubette 30°C de depolanmış bezelye tohumlarının çimlenme kabiliyetine, depo funguslarının etkisi gösterilmiştir.



Şekil 1. Depo funguslarının depolanmış bezelye tohumlarının çimlenme özelliklerine etkisi

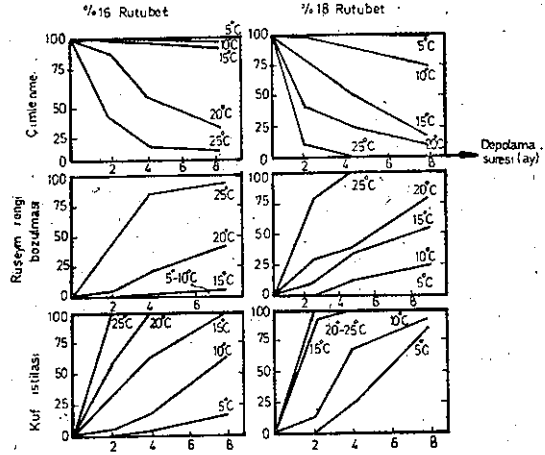
#### b) Renk değişimi

Hem tarla hem de depo fungusları, tanenin tamamı veya rüşeym kısmının rengini değiştirir. Fungus gelişimi başladığı zaman tane rüşeymi kahverengi olur ve giderek siyaha kadar koyulaşır. Bu tip tanelerde germinasyon sıfırdır. Ayrıca rüşeyimde asitlik yükselmiş ve yapı gevrekleşmiştir. Bu nedenle, öğütme sırasında ezilip una karışarak unun kalitesini çok düşürür. Rüşeymi zarar görmüş buğdayda en çok bulunan küfler *A. restrictus*, *A. repens*, *A. candidus* ve *A. flavus* tür (Christensen 1957).

Muhtelif sıcaklık ve rutubette depolanmış mısırdaki, küflerin rüşeym rengi üzerine olan etkileri Şekil - 2 de verilmiştir.

#### c) Mikotoksin üretimi

Depolanmış hububat üzerinde fungusların en önemli zararlarından birisi de insan ve hayvanlar için toksik olabilen ve kanserojen olduğu iddia edilen bir takım mikotoksinlerin meydana gelmesidir. *A. flavus*, *A. ochroceus* ve *A. parasiticus* bu bakımdan en önemli olanlardır. Ayrıca bazı penisillum (*P. toksicarium*) ve fusariumlar (*F. trunctum* ve *F. roceum*) da toksik maddeler üretebilirler.



Şekil 2. Muhtelif sıcaklık ve rutubette depolanmış mısır üzerine depo funguslarının etkileri

#### d) Kızışma

Hububat depolarında havalandırma ve soğutma yeterli olmadığı takdirde, depolanmış ürün zamanla kendiliğinden ısınarak büyük çapta zararlar meydana gelir. Isınma olayında tanenin kendi solunumu yanında küflerin, böceklerin, bakterilerin ve kimyasal reaksiyonların da rolü vardır ve bu zincir içerisinde küfler çok önemli bir yere sahiptir (Milner ve Geddes 1946, Wolker 1967).

Depoda kızışma, tanenin solunumu ile başlar. Solunum sonucu açığa çıkan sıcaklık ve rutubet bir süre sonra çimlenmeye neden olur. Çimlenen tanede solunum daha da hızlanır ve artan sıcaklık böcek üremesine, artan rutubet de küf üremesine neden olur. Ortam şartları *A. candidus* ve *A. flavus* üremesine elverişli hale gelince bu küfler sıcaklığı 55°C ye kadar yükseltirler ve bu sıcaklıkta haftalarca tutabilirler. İşte bu esnada çoğalan bakteriler sıcaklığı 75°C dolayına çıkarır ve buna kimyasal olaylar da eklenince depoda tutuşma ve yangın olayı bile meydana gelebilir.

#### e) Çürümeler ve küf kokusu

Fungusların depoda üremeleri, bu sayılanların dışında, çürümelere, küf kokusuna v.s. pek çok zararların meydana gelmesine de neden olur.

Önemli depo fungusları;

**A. restrictus** : Tahıl üzerinde ürettiği zaman rüşeymi öldürür ve rengini bozar. Özel

likle mısırdaki rutubet % 14 den fazla olduğu zaman mavi göz hastalığına neden olur. Çok yavaş ürettiği için depoda ısınma meydana getirmez, toksin üretmez.

**A. glaucus** : Rüşeym rengini bozar ve rüşeymi öldürür. Tanede küflü koku ve topaklaşmalara neden olur. % 14,5 rutubetin üstünde mavi göz hastalığına neden olur. Depoda ısınmaya neden olmasa da rutubeti **A. candidus**'un üreyebileceği sınıra kadar yükseltir. Bu nedenle kendisi çok bozucu bir etmen olmasa da kendisinden sonrakilere zemin hazırlar.

Laboratuvarlarda üretilen saf kültürlerinin bazı toksik bileşikler ürettikleri saptanmışsa da bunların hayvanlar üzerinde herhangi bir arıza meydana getirmedeği belirtilmektedir.

**A. candidus** : Ürettiği zaman rüşeymi öldürür. Depoda ısınmaya neden olur. Önlem alınmazsa tane tamamen çürür. Depoda **A. flavus** ile birlikte esas bozma etmenidir. Bunların saptanması depo koşullarının çok kötü olduğu anlamına gelir.

Laboratuvarda üretilen kültürlerin bazı toksik bileşikler ürettiği saptanmışsa da küflü yiyeceklerle beslenen hayvanlarda herhangi bir anormallik görülmemiştir.

**A. ochroceus** : Tanede rüşeymi öldürür. Ocratoksin denen aflatoksin benzeri bir bileşik üretir. Bozulmuş üründe dominant bir çeşit değildir.

**A. flavus** : Önce tanenin rüşeymini daha sonra tamamını bozar. Depoda ısınmaya neden olur. Aflatoksin üretir. Her ne kadar aflatoksin üretimi yer fıstığı ve pamuk tohumundaki kadar değilse de gene de depolanmış hububatta da bu tehlike daima mevcuttur.

Depoda **A. flavus** ve **A. candidus** tesbit edildiği zaman acilen tedbir alınması gerekir, aksi halde ürün kısa sürede elden çıkar.

**Penicillium** : Bunlar da tanenin rüşeymini bozar, küflü koku ve topaklaşmalara neden olur. Depolanmış mısırdaki rutubet % 18,5 in üstünde olduğu zaman ancak mavi göz hastalığına neden olur. İlk aşamalarda bir miktar ısınmaya neden olursa da sıcaklığı fazla yükseltmez. Bazı hayvanlar üzerine etkili olan bir takım

bileşikleri ürettikleri tesbit edilmiştir. Bazı çeşitleri çok düşük derecelerde bile gelişebilir.

#### **Depo Funguslarının Hububatın Kimyasal Bileşimine Etkisi :**

Hububat uzun süre depolandığı zaman normal olarak, kimyasal yapısında birtakım değişimler meydana gelir. Fakat depolanmış üründe küf ürettiği takdirde bu değişimler çok daha hızlı olmakta veya yeni bir takım bileşikler meydana gelebilmektedir.

Fungusların tanede meydana getirdiği en önemli değişikliklerden birisi, yağları parçalamalarıdır. Uzun süre depolanmış hububatın bünyesindeki yağlar zamanla hidroliz olur veya oksidasyona uğrar. Fakat küfler, yüksek lipolitik aktiviteye sahip olduklarından parçalanma çok kısa sürede meydana gelir. Sonuçta palmitik, oleik ve linolenik asitlerin miktarı hızla artar (Morrison 1963). Bunlardan da özellikle oleik asidin gluten yapısı ve dolayısı ile de ekmek kalitesi üzerine olumsuz etkileri söz konusudur (Daftary ve Pomeranz 1965, Pomeranz ve Ark. 1958).

Depolanmış hububatta, nişasta zamanla parçalanarak tanedeki indirgen şekerlerin miktarı artar (Glass ve Ark. 1959). Fakat depoda küf ürettiği takdirde bu meydana gelen indirgen şekerler, küfler tarafından parçalanmak suretiyle miktarları azalır. Böylece tanenin toplam indirgen şeker miktarındaki artış az olur veya hiç olmaz.

Funguslar, tanedeki tiamin miktarına da % 40, polar lipidlerin (glükolipidler ve fosfolipidler) miktarını da % 25 oranında azalttığı tesbit edilmiştir (Daftary ve ark. 1970).

Funguslar, tanedeki tiamin miktarını da etkili olurlar. Normal koşullarda 5 yıl saklanan pirinçlerde bir kayıp olmazken çok az bir fungus gelişimi bile kaybı % 20nin üzerine çıkarabilir. Mısırın uygun olmayan koşullarda depolanması sonucunda da daha ilk haftada % 35 dolayında karoten kaybı saptanmıştır. Bu arada tokoferollerde de önemli kayıplar görülmüştür (Karp 1954, Pomeranz 1974).

Gene uygun olmayan koşullarda depolama sonucu glutenin fizikokimyasal özelliklerinde önemli değişimler meydana gelir. Glutenin

extensibilite değeri azalır, fakat elastikiyeti artar. Gluten granüler bir yapı kazanarak gaz tutma kabiliyeti düşer. Nişasta jel elektroforezi ile yapılan analizler, bu durumda glutende glutenin fraksiyonunun azalıp gliadin fraksiyonunun arttığını göstermiştir. Bütün bunların sonucu olarak unun ekmeçlik kalitesi düşer (Daftary ve ark. 1970).

Rutubet miktarı % 15 den fazla olduğu zaman, 1 yıl depolama sonucu soyadan ekstrakte edilen yağın iyot sayısının düştüğü ve kuruma kalitesinin bozulduğu tesbit edilmiştir.

Sağlam tanelerin embriyosunda glutamik asit dekarboksilaz enzimi mevcut olduğu halde, depolama süresi uzadıkça bu enzimin aktivitesi azalır. Küflenme halinde ise hızla düşer. Aynı şekilde canlı ve sağlam tanede dehidrogenaz aktivitesi ve buna bağlı olarak formojen değeri yüksek olduğu halde bozulmuş ve yaşam faaliyetini kaybetmiş tanelerde bu bileşikler tamamen kaybolmaktadır (Linko 1960, Linko ve Sogn 1960). Ayrıca depoda küflenmiş tanelerde fluoressan özellik gösteren tüm bileşiklerin miktarında önemli artışlar olur.

#### KAYNAKLAR

- 1 - CHRISTENSEN, C.M. and KAUFMANN, H.H. 1969. Grain storage; The Role of Fungi In Quality Loss. 153. P. University of Minn. Press. Minneapolis.
- 2 - DAFTARY, R.D., POMERANZ, Y., SAUER T.B. 1970. Changes In Wheat Flour Damaged by mold During Storage. Effects on Lipid Lipoprotein and Protein Agr. Food. Chem. 18: 613 - 616.
- 3 - FIELDS R.W. and KING, T.H. 1962. Influence of Storage Fungi on Deterioration of Storage Pea Seed. Phytopatology. 52 - 336 - 339.
- 4 - GLASS, R.L. PONTE, J.G., CHRISTENSEN, C.M. and GEDDES W.F. 1959. Grain Storage Study. XXVIII. The Influence of Temperature and Moisture Cereal on The Behaviour of Wheat Stored in Air or Nitrogen. Cereal Chem. 36: 341 - 356.
- 5 - KARP, D. 1959. Veränderungen und Schutz der Getreidefette. Getreide Mehl. 9, 93-99.
- 6 - LINKO, P. 1960. Water Content and Metabolism of Wheat During Storage and Germination. Ann. Acad. Sci. Fennicae, Series A. II. Chemica 98, Helsinki.
- 7 - LINKO, P. and SOGN, L. 1960. Relation of Viability and Storage Deterioration to Glutamic Acid Decarboxylase in Wheat. Cereal Chem. 37: 489 - 499
- 8 - MISLIVEC, P.B. and TUITE, J. 1970. Species of Penicillium Ocurring In Freshly harvested and in Stored dent corn Kernal Mycologia 62: 67 - 74.
- 9 - MORRISON, W.R., 1962. The Free Fat Acid Content of Some Wheat Flour. J. Sci. Food Agr. 14: 870 - 873.
- 10 - POMERANZ, Y. 1974. Biochemical, Functional and Nutritive Changes During Storage. CHRISTENSEN. Storage of Cereal Grains and Their Products. American Association of Cereal Chemists. St. Paul. Minn. 56 - 107.
- 11 - QASEM S.A. and CHRISTENSEN, C.M. 1958. Influence of Moisture Content Temperature and Time on Deterioration of Stored Corn By Fungi Phytopatology. 48 - 544 - 549.
- 12 - SHREDDER, H.W. and J.W. SORENSEN. 1961. Mold Development of Rough Rice as Affected by Aeration During Storage. Rice. J. 64 8 - 10.
- 13 - TUITE, J.F. and CHRISTENSEN, C.M. 1957. Grain Storage Studies XXIII. Time Invasion of Wheat Seed by Various species of Aspergillus responsible for deterioration of Stored. Grain and Source of inoculum of these fungi. Phytopatology 47: 265 - 268.