

Tahılların Depolanmasında Genel Prensipler ve Çeltiğin Depolanması

Ade SUMIAHADI^{1,2} Mevlüt MÜLAYİM³ Ramazan ACAR⁴

¹Selçuk Üniversitesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi, Konya, Türkiye

²Cakarta Muhammediyah Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Cakarta, Endonezya

³Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Emekli Öğretim Üyesi, Konya, Türkiye

⁴Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

ade.sumiahadi@gmail.com

Öz

Tahıllar gıda kaynağı olarak insanların en önemli temel gıdalarındandır. Tahıllar sadece insanların gıda maddesi olarak değil hayvanların beslenmesi, biyoyakıt ve diğer bazı alanlarda da kullanılmaktadır. Sıcak iklim tahılları içerisinde en önemli cinslerden birisi ise çeltiktir. Çeltiğin en büyük üreticisi ve tüketicisi Asya ülkeleridir. Çeltiğin işlenmesi ile elde edilen pirinç, dünya nüfusunun yarısının ana gıda maddesidir. Tahılların hasadı sürecinde ve hasat sonrasında dane kayıpları olmaktadır. Hasat sonrası ürünlerin kalitesini korumak ve kayıplarını azaltmak için uygun bir depolama ve muhafaza gerekmektedir. Uygun bir depolama ve muhafaza için tahılların depolanmasının genel prensipleri ve çeltiğin depolanmasında istenilen koşullar uygulanmalıdır. Bu derlemede tahılların depolanmasında uygulanan genel prensipler ve çeltiğin depolanması hakkında genel bilgilerin verilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çeltik, depolama, muhafaza, pirinç, tahıl

General Principles for the Storage of Cereals and the Rice Storage

Abstract

Cereals are one of the most important staple foods of people as a food source. The use of cereals is not only used as food for humans, but also for animal feeding, biofuels and other purposes. One of the most important members of cereals is rice. The largest producer and consumer of rice are Asian countries. Rice is the main staple food of half of the world's population. There are harvesting and post-harvesting losses of cereals in every harvest and post-harvest processes. Proper handling and storage are required to maintain the quality of cereals and to prevent losses. For proper storage and preservation, the general principles of storage of cereals and the conditions for storage of rice should be applied. This paper aims to give general information about the general principles of the storage of cereals and about rice storage.

Keywords: Cereals, grain, preservation, rice, storage

1. Giriş

Buğday, çeltik ve mısır gibi tahıllar dünyanın birçok ülkesinde insanların en önemli temel gıda kaynağını oluşturmaktadır. 2017 yılı verilerine göre dünyanın tahıl üretimi yaklaşık 2.65 milyar ton olmaktadır (FAO, 2018a; USDA, 2019). Buğday, pirinç, arpa, mısır, çavdar, yulaf ve darı dâhil olmak üzere tahıllar, bitkisel üretimde önemli yeri olan bitkilerdir. Tahılların üretimi her yıl artmakla (Çizelge 1) birlikte üretilen tahıl ürünleri sadece insanların gıda maddesi olarak değil hayvanların beslenmesi, biyoyakıt ve diğer amaçlar için de kullanılmaktadır (FAO, 2015). 2017 yılında kişi başına tahıl tüketimi 92.70 – 269.80 kg arasında değişmekte olup ortalama kişi başı tahıl tüketimi miktarı 148.10 kg'dır (FAO, 2018a).

Çizelge 1. 2000 ve 2018 yıllarındaki üç ana tahılın üretimleri (milyon ton) (FAO, 2015; 2018a; 2018b)

Tahıllar	Üretim yılı	
	2000	2017
Mısır	592.48	1 091.02
Çeltik	599.36	759.60
Buğday	585.69	756.80

Çeltiğin en büyük üreticisi ve tüketicisi Asya ülkeleridir. Çeltiğin işlenmesi ile elde edilen pirinç, dünya nüfusunun yarısının ana gıda maddesidir. Son yıllarda pirinç Afrika ülkeleri için de önemli bir gıda maddesi haline gelmiştir (FAO, 2013). Gıda maddesi olarak çeltik üretimi, mısırın ardından ikinci sırada gelmektedir (FAO, 2015; 2018a; 2018b; USDA, 2019). 2017 yılında toplam 759.60 milyon ton çeltikten 503.90 milyon ton pirinç elde edilmiştir (FAO, 2018b). Çizelge 2’de 2012-2017 yıllarında dünya toplam çeltik ve pirinç üretimi verilmektedir.

Çizelge 2. 2012-2017 yılları arasındaki dünya çeltik ve pirincin toplam üretimi (IRRI, 2016; FAO, 2018b)

Yıllar	Toplam çeltik üretimi (milyar ton)	Toplam pirinç üretimi (milyar ton)
2012	700.90	470.03
2013	710.01	476.17
2014	710.84	476.73
2015	700.83	470.05
2016	718.36	481.77
2017	759.60	503.90

Dünyadaki nüfus artışı ve ekim alanlarının azalması, tahılların insan gıdası ve diğer amaçlarla istenilen düzeyde kullanımı için bu ürünlerin hasat öncesi, hasat ve hasat sonrası kayıplarının azaltılması gerekmektedir. Bu kaybın azaltılması, hasat ve hasat sonrası tekniklerinin iyileştirilmesiyle birlikte uygun bir depolama ve muhafaza tedbirlerinin alınması ile mümkün olacaktır. Tahılların güvenli depolanması tahılın kalitesini korumak ve kayıplarını azaltmak için önemli bir gerekliliktir. Bu makalede tahılların depolanmasında uygulanan genel prensipler ve çeltiğin depolanması hakkında genel bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

2. Tahılların Depolanmasında Uygulanan Genel Prensipler

Ürünlerin gerek bünyesel gerekse dış etkenlerden en az zarar görecektir şekilde önceden hazırlanan bir plan ve programa göre muhafaza edilmesi tekniğine depolama, depolanmanın yapıldığı yerlere depo, depolanmış ürünün tüketimine kadar geçecek zaman içinde miktar ve kalite yönünden bir kayıp olmadan saklanmasına ise muhafaza adı verilmektedir (Ercan, 1988).

Tahılların güvenli depolanması için tahılın kalitesini korumak ve kayıplarını engellemek temel prensiptir. Ayrıca iyi bir depolanma ile tüketicilerin gıda ihtiyacının sağlanmasının yanında gıda güvenliği de korunmaktadır (Boys, 2011). Kent ve Evers (1994)’e göre tahılların depolanma sürecinin önemli tehditleri; yüksek nem, sıcaklık, mikroorganizma ve böcek gelişimi, fare ve kuş zararları ve biyokimyasal bozulmalardır. Dizlek (2012)’ye göre depolamada bozulmaya neden olan faktörler; ürünün sıcaklığı, ürünün rutubeti, depodaki havanın nispi nemi, deponun sıcaklığı, mikroorganizma zararları, haşere zararları, ürünlerdeki yabancı madde miktarı ve deponun özellikleridir.

Yukarıda sayılan faktörler depo ve üründen kaynaklanan faktörler olarak iki ana başlıkta toplandığında ürünün sıcaklığı, ürünün rutubeti, üründeki mikroorganizma varlığı ve ürün içerisindeki yabancı madde miktarı ürün kaynaklı faktörler, deponun yapısı, depodaki havanın nispi nemi, deponun sıcaklığı ve depo zararlılarının varlığı da depo kaynaklı faktörler olarak verilebilmektedir (Mülayim, 2015). Depo atmosferinin gaz içeriği de (CO₂, O₂ gibi) depolama açısından önemlidir.

2.1. Üründen Kaynaklanan Faktörler

2.1.1. Ürünün rutubeti

Depolanmada ürünün nem içeriği depolanma süresini en çok etkileyen faktördür. Tahıllarda rutubet miktarı, hasat esnasında tohumların olgunlukları ve hasat sonrası kurutma sürecine göre değişmektedir. Sağlıklı, dolgun ve fizyolojik olarak olgun tohumların genellikle olgunlaşmamış tohumlara göre daha uzun bir depolanma süresi vardır (Justice ve Bass, 1978).

Tohumlarda rutubet oranı, mikroorganizma gelişimini ve enzimatik aktiviteyi sınırlandırdığından depolama kayıplarının azaltılması amacıyla mutlaka kontrol edilmelidir. Depolanma için ürünün rutubeti genellikle %14 ve altında olması istenilmekte olup, ideal oran %12-13 arasında değişmektedir. Yüksek rutubet ve sıcaklık depolarda, yüksek nispi nem oluşturarak mikroorganizmaların hızlıca çoğalma risklerini artırırken, düşük sıcaklık ve düşük rutubet ise, düşük nispi nem ortamı sağlayarak mikroorganizma gelişimini yavaşlatmaktadır (Boys, 2011).

2.1.2. Ürünün sıcaklığı

Depolama sıcaklığı bölgenin iklim özelliklerine göre değişmekle beraber genellikle 15 °C olarak kabul edilmektedir. Bu sıcaklık değerinde tahıl danelerinin solunum hızı ve depo zararlılarının gelişimi azalmaktadır. Ürünün kurutulması sürecinde, sıcaklığın havadan tohumlara veya tohumdan havaya geçişi olmaktadır. Su, tohum yüzeyinden havaya buharlaşarak geçtiği zaman tohum içindeki su içeriği ile yüzeyi arasında farklılıklar oluşacağından tohum içindeki su içeriği tohum yüzeyine hareket etmektedir (Justice ve Bass, 1978). Dane ile hava arasındaki nem alışverişi durduğu zaman danedeki neme denge nemi veya kalıcı nem denilir. Danedeki bu nem oranı, canlılığı ve depolama süresini önemli oranda etkilemektedir. Danedeki su oranı ve tohum sıcaklığı arasındaki ilişkiler Çizelge 3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Buğday tohumlarının değişik rutubeti ve sıcaklığındaki nispi nem değerleri (Boys, 2011)

Rutubeti (%)	Buğdayın sıcaklığı (°C)		
	5	15	25
16.5	68	74	76
15.5	62	69	71
14.5	56	64	66
13.5	49	58	60

Depolanma sürecinde izin verilen ortam nispi nem sınırı %65’tir. Zira %65’in altında mikroorganizmaların, özellikle mantar ve akarların büyümesi ve çoğalması durmaktadır (Boys, 2011). Depolama için en uygun durum 15 °C ürün sıcaklığı ve %13.5 rutubet miktarı olduğu görülmektedir.

2.1.3. Ürünün nem içeriği

Değişik bölgelerden hasat edilen ürünlerin farklı olgunluk dönemine bağlı olarak canlılıkları ve depolanma süreleri vardır. Çizelge 3’de görüleceği gibi danenin su oranına bağlı olarak sıcaklığı da yükselmektedir. Yüksek nispi nem ve sıcaklığa sahip bir bölgede hasat edilen tohumların, düşük nispi nem ve orta sıcaklığa sahip bir bölgede hasat edilen tohumlara göre daha kısa bir depolanma süresi vardır (Parimala ve ark., 2013).

2.1.4. Üründeki mikroorganizma varlığı

Depolanacak ürünlerin mikroorganizma ile bulaşık olması ve ortamın da uygun olması durumunda mikroorganizmalar hızlı çoğalma sürecine girmektedir. Hasat edilen ürünün mikroorganizma (bakteri ve küf mantarları) bulaşıklığı, ürünün canlılığını, kalitesini ve miktarını en düşük seviyeye azaltabilmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklık ve nem durumunda mikroorganizma artışı üründe fermantasyona ve arzu edilmeyen kokulara ve ileri dönemlerde de insan ve hayvan sağlığı için zarar veren istenilmeyen kansorejen maddelerin oluşmasına sebep olmaktadır.

2.1.5. Üründeki yabancı madde miktarı

Depolanan üründeki yabancı madde miktarı (saman, yaprak, sap artıkları, taş, toprak, metal, böcek ve hastalıklı bitki kısım kalıntıları vb.) kırık taneler veya diğer bulaşıklıklar depolama süresi ve kalitesini etkilemektedir. Aşağıda yabancı maddelerin önemleri sıralanmaktadır:

- Yabancı maddeler ve kalıntılar, özellikle kırık ve zarar görmüş taneler böceklerin ve böcek larvalarının ilk geliştiği yerler olup çabuk çoğalmalarına sebep olmaktadır.
- Fumigasyonun (depoda ilaçlama yapılıyorsa) etkinliğini azaltır. Çünkü bu kırıntılar, yabancı maddeler hem bir kısım ilacı absorbe etmek suretiyle ilacın etkinliğini azaltmakta, hem de ilacın depoda derinlere nüfuzunu önlemektedir. Efetürk ve ark. (2016) yabancı madde miktarının %6’dan fazla olması halinde fumigasyonun etkisinin önemli derecede azaldığını belirtmektedirler.
- Yabancı maddeler farklı su ve bulaşıklık ihtiva ettiklerinden ürününün depolanması sürecinde farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır.

Belirtilen nedenlerden dolayı yabancı maddelerden kaynaklanan zararı azaltmak için ürünler depolanmadan önce mutlaka temizlenmelidir.

2.2. Depo Özellikleri

Deponun yapısı, depodaki havanın nispi nemi, deponun sıcaklığı ve depo zararlarının bulunup bulunmaması depolama açısından çok önemlidir. Bu tür faktörlerden oluşacak kayıpları en aza indirebilmek için özellikle bölgenin iklim özellikleri, ürün cinsi, ulaşım imkânları, kullanılma durumu göz önüne alınarak amaca uygun ve ekonomik bir depo yapılmalıdır.

Depolama açık ve kapalı yerlerde olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. Genellikle iklimin uygun olduğu bölgelerde kısa veya uzun süreli depolamalar açıkta yapılabilir. Tahıllar toprak altı ve toprak üstü ortamlarda saman, muşamba veya polietilen malzemeler kullanılarak da dökme veya yığın halinde depolanabilmektedir.

2.2.1. Deponun yapısı

Günümüzde farklı malzemeler kullanılarak işletmenin büyüklüğü ve modernliği gibi faktörlere göre ahşap, galvanizli sac, betonarme, çelik ve benzeri malzemelerden kapalı depolama üniteleri yatay veya dikey olarak yapılmaktadır. Depoların özellikleri, depolama süresi ve deponun yapıldığı malzemeye göre değişmektedir.

Efetürk ve ark. (2016)'ya göre tahıl işleme tesislerinde; genellikle çelik ve/veya betonarme ürün depoları, tahıl işleme binası ve diğer yardımcı binalar bulunmaktadır. Söz konusu yapıların yapım teknikleri birbirlerinden farklıdır.

2.2.2. Deponun sıcaklığı

Depolamada en önemli faktörlerden biri depo sıcaklığıdır. Hububat ve bakliyatlar için deponun sıcaklığı 5-25 °C arasında olmalıdır. İdeal sıcaklık normal oda sıcaklığı olan 18 °C'den fazla olmamalıdır. Depo sıcaklığı ile depolanacak ürün sıcaklığı arasında 20 °C'den fazla sıcaklık farkı var ise ürün sıcaklığı düşürülerek depoya konulmalıdır.

2.2.3. Deponun nispi nemi

Deponun nispi nemi havanın nispi nemidir. Nispi nem oranı %30-50 arasında ise kuru hava olarak, nispi nem oranı %50-70 arasında ise normal hava ve nispi nem oranı %70'den fazla ise rutubetli hava denilmektedir. Tahıllar için uygun olan nispi nem oranı %30-50 olarak kabul edilmektedir.

2.3. Nispi Nemin Sıcaklık, Haşere ve Mikroorganizma Zararlarıyla İlişkileri

Deponun istenilenden daha fazla sıcak olması halinde böcekler ve akarların çoğalma riskini arttırdığı için tohumların depoya gelir gelmez soğutulması gerekmektedir. Depoda sıcaklığın ve nemin istenilen seviyede olduğunu, haşere ve mantarların çoğaldığını belirlemek için haftalık denetimler yapılmalıdır. Ürün depolanan bölgenin iklim özellikleri ve depolanan ürünlerdeki canlılık ve özellikleri deponun nispi nemini değiştirmektedir. Ortamdaki oksijen solunumu kullanılarak danedeki karbondhidratlar parçalanır, bu parçalanma sonunda ortamda su, karbondioksit ve sıcaklık yükselmektedir. Uygun depolamalarda ortamdaki kullanılacak oksijen sınırlı olduğundan bir süre sonra dane durgun (dormant) hale gelir. Depoda sıcaklığın ve nispi nemin artması, böceklerin ve mikroorganizmaların (mantarlar ve bakteriler) çoğalmalarını doğrudan etkilemektedir. Danedeki nem oranı ve depo sıcaklığına bağlı olarak üründeki solunum miktarı ve zararlıların artışı hızlı bir şekilde olmaktadır. Genellikle bu zararlıların varlığı ve çoğalması için böceklerin ve mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu nispi nem ve sıcaklık Çizelge 4'de sunulmaktadır.

Çizelge 4. Tohum depolarında organizmaların büyümesi ve çoğalması için böceklerin ve mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu nispi nem ve sıcaklık (Parimala ve ark., 2013)

Organizmalar	Sıcaklığı (°C)		Havanın nispi nemi (%)
	Çoğalma için	Optimum	
Böcekler	21-24	27-37	30-95
Akarlar	8-31	19-31	60-100
Küfler	8-80	20-40	60-100
Bakteriler	8-80	26-28	91-100

Nispi nem oranı %65'den daha düşük olduğu zaman mikroorganizmaların, özellikle küf mantarları ve akarların büyümesi ve çoğalması duracaktır. Deponun 15 °C'den daha fazla sıcak olması, böcekler ve akarların çoğalma riskini arttırdığı için depoya tohumlar

gelir gelmez soğutma hemen yapılması gerektiğini de belirtmektedir Boys (2011). Depo sıcaklığı ve nemin istenilen seviyede olduğunu ve zararlıların varlığını ve miktarını belirlemek için sürekli denetimler yapılmalıdır. Aşağıda sıcaklığın, böceklerin ve mantarların büyümesi ve çoğalmasına etkileri verilmiştir:

- a. 40 °C'den fazla sıcak olan ortamlarda böceklerin çoğu ölür,
- b. 25-33 °C arasında böceklerin çoğu çok hızlı çoğalır,
- c. 15-25 °C arasında mantarların ortaya çıkması ve büyümesi en iyi durumdadır,
- d. 15 °C dereceden az ortamda böceklerin çoğu çoğalamaz,
- e. 15 °C'den 5 °C'ye kadar mantarlar ve akarların çoğalması çok yavaş olmasına rağmen yüksek rutubet olan tohumlarda büyüüp çoğalabilirler,
- f. 5 °C dereceden az ortamlarda böcekler üreyemez ve giderek ölürlür.

2.4. Uygun Olmayan Koşullarda Depolanın Ürünlerde Kimyasal ve Biyokimyasal Değişiklikler

Tahılların uygun olmayan koşullarda depolanması durumunda üründe kimyasal ve biyokimyasal kaynaklı değişiklikler meydana gelmektedir. Dizlek (2012) tahılların uygun olmayan koşullarda depolanması durumunda meydana gelebilecek kimyasal ve biyokimyasal değişiklikleri şöyle belirtmektedir:

- a. *Kızılaşma*: Tahıl kitlesinin nem içeriğinin ve sıcaklığının artması durumudur. Tahıl depolarında havalandırma ve soğutma yeterli olmadığı takdirde, depolanmış ürün zamanla kendiliğinden ısınarak büyük çapta zararlar meydana gelir. Isınma olayında, tanenin kendi solunumunun yanında küflerin, böceklerin, bakterilerin ve kimyasal reaksiyonların da rolü vardır ve bu zincir içerisinde küfler çok önemli bir yere sahiptir.
- b. *Küflenme*: Küf mantarlarının gelişmesi ve çoğalması durumudur.
- c. *Çimlenme*: Su ve sıcaklığın uygun olması nedeniyle tohumda kökçük ve yaprakçık oluşması durumudur.
- d. *Tanelerin çimlenme yeteneğinin azalması*: Küfler ilk önce tanenin embriyo kısmında ürerler, bu kısmında zarar yaparlar, bunun sonucu olarak da tanelerin çimlenme oranı düşer veya tamamen kaybolur.
- e. *Çürüme*: Kızılaşmanın ileri aşaması olup tane kirli kahverengi bir görünüm alır.
- f. *Tutukluk (taşlaşma)*: Yüksek nem ve sıkışma nedeni ile tanelerin birbirine yapışarak kitleler oluşması durumudur.
- g. *Yanma*: Ürün sıcaklığının aşırı boyutlara (70 °C) varması sonucunda ürünün adeta kömürleşmesi, siyah-kahverengi bir görünüm alması durumudur.
- h. *Ekşime ve alkol kokusu*: Anaerob bakterilerin ve lipoksidaz enziminin etkinliği sonucu oluşan durumdur.
- i. *Mikotoksin üretimi*: Depolanmış tahıllar üzerinde küflerin en önemli zararlarından birisi de insan ve hayvanlar için toksik olabilen ve kanserojen olduğu iddia edilen bir takım mikotoksinler meydana getirmesidir. Bu bakımda en önemli küfler; *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochroceus* ve *Aspergillus parasitius*'tur. Ayrıca bazı *Penicillium* ve *Fusarium* 'lar da toksik maddeler üretebilirler.
- j. *Renk değişimi*: Hem tarla hem de depo küfleri, tanenin tamamının veya embriyo kısmının rengini değiştirebilirler. Küfler gelişimi başladığı zaman, tane embriyosu kahverengi olur ve giderek siyaha kadar koyulaşır. Bu tip taneler çimlenemez.

3. Çeltiğin Depolanması

3.1. Hasat Sonrası Faaliyetlerinde Çeltiğin Kaybı

Genellikle hasat sonrası kayıpları, gıda maddesinin hasattan tüketime kadar geçen dönemde ürün kalitesinde ve miktarında görülen azalma olarak bilinmektedir (Kiaya, 2014). Kalite kayıpları, bir ürünün besin değerleri veya kalori bileşimindeki ve yenme kalitesindeki düşüş olarak ifade edilmektedir (Kader, 2002). Miktar kayıpları ise bir ürünün toplam miktarındaki kayıpları göstermektedir. Hasat sonrası kayıplar, özellikle miktar kaybı, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde en çok rastlanan kayıp türüdür (Kitinoja ve Gorny, 1999).

Çeltik veya pirinçte hasat sonrası kayıpları da miktar ve kalite açısından önemlidir. Yani miktar kayıpları son hali olarak pirincin yenilebilirlik ağırlık ve hacminin azalması, kalite kayıpları ise tohum büyüklüğü, rengi, tadı ve aroması gibi yenilebilirlik fizik ve kimyasal kalitelerinin azalması (Guisse, 2010) uygun bir depolama ile en aza indirilmelidir.

Hasat ve hasat sonrası kayıpları, diğer tahılların hasadında ve hasat sonrasında her sürecinde olduğu gibi çeltikte de dikkate alınmalıdır. Çeltiğin hasadından tüketimine kadar harmanlanması, kurutulması, taşınması ve pirince işlenmesi gibi hasat sonrası süreçlerinden tüketimine kadar bazı kayıplar meydana gelmektedir (Appiah ve ark., 2011; Kiaya, 2014). Hasat sonrası kayıplar, dökülme, uygunsuz taşıma, verimsiz işletme, uygun olmayan makineler, biyolojik bozulmalar ve depolanma süresinde haşere zararlarından dolayı ortaya çıkabilmektedir (de Padua, 1998).

Çizelge 5. Güneydoğu Asya'da çeltiğin hasat sonrası işlemlerdeki kayıp oranları (de Lucia ve Assennato, 1994)

Hasat sonrası faaliyetleri	Ağırlık kaybı (%)
Hasat	1-3
Ambalajlama	2-7
Harman-dövme (harmanlama)	2-6
Kurutma	1-5
Depolama	2-6
Taşınma	2-10
Toplam	10-37

Çeltiğin kaybı, üretim yerine, teknolojisine, hasat ve hasat sonrası uygulamalarına göre değişmekte olup (Çizelge 5), Çizelge 6'da bazı Asya ülkelerindeki hasat sonrası kayıplarının toplam ağırlık kaybına oranları verilmiştir.

Çizelge 6. Bazı Asya ülkelerindeki hasat sonrası sürecinde çeltiğin hasat kayıpları (de Padua, 1998)

Ülkeler	Toplam ağırlık kaybı (%)	Hasat sonrası faaliyetler ve kayıp oranı
Bangladeş	7	Belirtilmemiş
Hindistan	6	Belirtilmeyen depolama
Hindistan	3-3.5	Geliştirilmiş geleneksel depolama
Endonezya	6-17	Kurutma %2, depolama %2-5
Malezya	17-25	Merkezi depolama %6, harman-dövme %5-13, kurutma %2, çiftlikte depolama %5, ambalajlama %6.
Nepal	4-22	Hasat faaliyetleri %3-4, çiftlikte depolama %15, merkezi depolama %1-3.
Pakistan	2-10	Belirtilmeyen depolama
Filipinler	9-34	Kurutma %1-5, belirtilmeyen depolama %2-6, harman dövme %2-6, ambalajlama %30'a kadar
Sri Lanka	13-40	Kurutma %1-5, Merkezi depolama %6.5, harman dövme %2-6, çiftlikte depolama %2-15, ambalajlama %10.

Çizelge 6'da görüldüğü gibi bu ülkelerdeki hasat sonrası süreçlerinde çeltiğin kayıplarının %2-40 arasında olduğu ve hasat sonrası her süreçte kayıp olabileceği görülmektedir. Bu nedenle çeltiğin hasat kayıplarını azaltmak için hasat sonrası uygulamaların gerekli depolama şartlarına ve standartlara uygun iyi bir depolama yapılmalıdır.

3.2. Depolama Sırasında Çeltiğin Kayıp ve Kalite Bozukluğu

Çizelge 5 ve 6'da görüldüğü gibi çeltiğin yüksek miktarda kayıplarının nedeninin depolama süreci olduğu görülmektedir. Depolama, hasat sonrasında en kritik süreçtir. Depolamada gerekli önlemler alınmadığı takdirde depolanan üründe, nicelik ve nitelik olarak önemli kayıplar meydana gelmektedir. Depolama sürecinde hasat edilen ürün kayıplarının ana sebepleri yeterli önlem ve koruma faaliyetleri olmaması nedeniyle haşere saldırısı (böcek, fare, kuş) ve hastalık (mikroorganizma), uygunsuz depolama koşullarında uzun süre bir depolanma ve hırsızlıktır (Mejia, 2003).

Kötü bir depolama, miktar veya kalite açısından kayıplara neden olmaktadır. Depolama süresi ise hasat sonrasındaki faaliyetler arasında çeltiğin kalitesini etkileyebilecek önemli bir faaliyettir. Depolama sürecindeki çeltiğin kalite değişikliği, çeltiğin rutubeti veya depo yerinin mikro ikliminden (nem, sıcaklık) olabilmektedir. Ahmad (2013) çeltiğin depolama süresindeki bazı kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonları aşağıdaki gibi rapor etmektedir;

a. Oksidasyon reaksiyonu

Bu reaksiyon, çeltiğin bileşimindeki lipitler ile havadaki oksijen arasında meydana gelmektedir. Bu reaksiyon çeltiğe kötü bir koku ve ransid bir tat bırakmaktadır. Doymamış yağ asitlerindeki çift bağlar oksijen varlığında yükseltgenerek oksidasyon reaksiyonlarını artırırlar

b. Hidroliz reaksiyonu

Nem %18-25 ve yüksek sıcaklık (40-50 °C) ortamında hidroliz süreci olup, serbest yağ asidi ve gliserin yapmak için yağı çözer. Bu reaksiyon mantarların olması ile beraber hızlandırılabilir, çünkü o mantarlarda yağ çözme faaliyeti vardır.

c. Enzimatik reaksiyonu

Çeltiğin nişasta maddesi, alfa ve beta amilaz enzimlerinin yardımıyla maltoz ve dekstrin haline çözünmektedir. Bu reaksiyon yüksek nemin (%15-25) olması halinde hızlanmaktadır. Bu durumda şeker türevlerinin içeriği yükselir ve türevi olmayan şekerler düşer ve bu reaksiyon sonunda çeltiğin dane rengi sarımsı hale döner veya kahverengileşmektedir.

3.3. Çeltiğin Depolanma Koşulları

İyi bir depolama, çeltiğin miktar veya kalite açısından kayıpları en aza indirebilmektedir. Tayland Tarım ve Kooperatif Bakanlığı (Anonymous, 2010) tarafından çıkartılan *Good Manufacturing Practices for Rice Mill*'e göre iyi bir çeltiğin depolanmasında aşağıdaki şartlar olmalıdır:

- Depolanacak çeltik temiz, saman, bitki dalları, ot, çakıl, taş, toprak ve kum gibi yabancı nesnelere arınmış, temiz olmalıdır. Güvenli depolanma süresi de çeltiğin rutubetine bağlıdır. Rutubet miktarı %14 ise 2 ay veya %12-13 ise 8-12 ay süre ile depolanabilmekte, yani nem oranı düşüğe depolama süresi uzamaktadır.

- b. Çeltiğin depolanma yerindeki sıcaklık ve nispi nem, mikroorganizma ve haşerenin büyümelerini önleyecek sıcaklıkta olmalı ve depolar kontrol edilmelidir. Mikroorganizmaların gelişmesi için 30-40 °C sıcaklık ve %65 nispi nem, en iyi ortamdır. Haşerenin büyümesi ise 25-35 °C sıcaklık ve %65-80 nispi nem, en iyi ortamdır. Eğer sıcaklık ve nispi nem istenilen bu değerlerden çok yüksekse çeltiğin kalitesi olumsuz etkilenmektedir.
- c. Çeltiğin depo içi dolaşımı iyi sıralanmalı ki, önce ilk depoya girenler kullanılır ve diğerleri verimli bir şekilde depolanır. Depolamada ilk giren ilk çıkar prensibine uyulmalıdır. Depolar belirli aralıklarla kontrol edilerek kalite bozulmasına uğrayan çeltikler depodan tamamen çıkartılmalıdır.
- d. Termometre ve nem ölçme cihazı (higrometre) en az yılda bir ayarlanmalı, test edilmelidir.
- e. Çeltik deposu ve çevresi temiz tutulmalıdır. Yerlerde su birikintisi olmamalı, kuru olmalıdır. Depolarda eğim ve yeterli drenaj sistemi olmalıdır. Ayrıca kuş, fare, hamam böceği ve karınca gibi ürünü yiyen ve depoya hastalık getiren hayvanların barınak yerleri olmamalıdır. Depolar ahır, akaryakıt tankları, her türlü atıklardan ve çöplerin birikintisinden uzak olmalıdır. Depolar ürün doldurma ve boşaltma işlemine uygun yerde ve donanımda olmalıdır.
- f. Depolanmış çeltikler, hem kalite ve miktar hem de risk seviyesine bakılarak böcek, kuş, fare ve mikroorganizmaların sebep olduğu hasarları önlemek amacıyla düzenli bir şekilde belirli aralıklarla haftada en az bir defa kontrol edilmelidir. Haşere zararlarının denetimi için rastgele örnek alınarak ayda en az bir kere kontrol yapılmalıdır. Eğer çeltik ürününde çürüme ve bozulma olayı görülür ise, bu ürünler en hızlı bir şekilde depodan çıkarılmalıdır.
- g. Çeltik yığınlarında (dökülen danelerde) sıcaklık ve rutubet yükselince yığınlarda artan sıcaklık ve rutubetin düşürülmesi için bu yığınlar taşınmalı, havalandırılmalı veya düzenli bir şekilde çevrilmelidir.

Çeltiğin depolanma süresinde danenin rutubeti önemli bir faktördür. Waramboi (2003) çeltiğin rutubet oranı ne kadar az ise çeltiğin depolanma süresinin de o kadar uzun olacağı Çizelge 7’de görüldüğü gibi belirtmektedir.

Çizelge 7. Rutubet ile çeltiğin depolanma süresi

Rutubet (%)	Depolama süresi
14-18	3 hafta
13	8-12 ay
9	Bir yıldan fazla

3.4. Çeltik Depolanmasında Deponun Özellikleri

Tayland Tarım ve Kooperatif Bakanlığı tarafından (Anonymous, 2010) çıkartılan “*Good Manufacturing Practices for Rice Mill*”de iyi bir çeltik deposunun özellikleri şöyle belirtilmektedir:

- a. Bulaşma ve karışmayı önlemek için her bir farklı ürün ayrı depolanmalıdır. Her ürün için ayrı depo tasarlanmalı ve çeltikler türlerine göre istiflenmelidir.
- b. Binanın yapısı ürün basıncına dayanıklı, güçlü, sağlam, su geçirmez, pürüzsüz yüzeyleri ve ürüne zarar vermeyen ve de bakım ve kolay temizlenebilir olan bir yapı malzemelerinden inşa edilmelidir.

- c. Ürünü yiyen ve hastalık getirebilecek olan fare ve kuş gibi hayvanların ve haşerenin girişine ve çoğalmasına mani olacak yapıda bir depo olmalıdır.
- d. Rutubeti tutabilen bir depo olmalı, hava sirkülasyonu olmamalıdır.
- e. Küf mantarları ve depo haşeresinden olabilecek hasarların azaltılması amacıyla çeltik ürününde artan sıcaklık ve rutubeti atmak için yeterli bir havalandırma sistemine sahip olmalıdır.

Silo depo sistemlerinde silonun üç tipi vardır, (1) sıcaklık ayarlı silo, (2) nispi nem ayarlı silo, (3) sıcaklık ve nispi nemin kontrolü yapılabilen silo. İyi bir silo tasarımı, aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- a. Silo, geriye hiçbir şey bırakmayacak şekilde ilk hava ilk önce çıkacak şekilde dizayn edilmelidir. Ayrıca silo ve çevresi temiz, kuru olmalı, su kanalı veya hastalık getirebilecek fare gibi hayvanın ve haşerenin ortaya çıkmaması için çöplük olmaması lazımdır.
- b. Silonun yapısı güçlü ve kolay temizlenebilir ve bakım yapılabilir olmalıdır.
- c. Silo haşerenin ve hastalık getirebilecek hayvanların girmesine engel olabilmelidir.
- d. Silo rutubeti tutabilmelidir.

Silo, hem küflerin ve mikroorganizmaların ortaya çıkmasını ve gelişmesini hem de çeltiğin haşeresinin çoğalmasını engellemek dahil olmak üzere her türlü çeltik bozulmasına sebep olacak faktörlerden asi olmalıdır. Örneğin sıcaklık ve nem birikmesini önleyecek etkili bir havalandırmaya veya sıcaklık ve nispi nem kontrol sistemine sahip olmalıdır.

4. Sonuç ve Öneriler

Tahılların verim artışına rağmen dünyanın nüfus artışı ve ekim alanlarının azalması sebebiyle insanın tahıllara ihtiyaçlarını daha da artırmaktadır. Tahılların insan gıdası ve diğer amaçlarla istenilen düzeyde kullanımı için bu ürünlerin hasat öncesi, hasat ve hasat sonrası kayıplarının azaltılması gerekmektedir. Depolama, hasat sonrasında en kritik süreci olup depolamada kayıp önlemleri alınmadığı halde büyük bir hasat sonrası kayıplara neden olabilmektedir. Artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayabilmek için alınabilecek tedbirlerden birisi de temel tüketim maddesi olan tahıllarda hasat ve hasat sonrası kayıpların en aza indirilmesi için depolamanın standartlara uygun yapılmasıdır. Uygun depolarda depolanan ürünlerde depolama süresine bağlı olarak ürün miktarı ve kalitesinde kayıp en az oranda olmaktadır.

Kaynakça

- Ahmad, R. (2013). Penyimpanan beras dan mutunya (Rice storage and its quality). Buletin Teknologi MARDI 4, 1-8.
- Anonymous, (2010). Good Manufacturing Practices for Rice Mill. Bangkok, Tayland Tarım ve Kooperatif Bakanlığı, Thailand.
- Appiah, F., Guisse, R., Dart, P. K. A. (2011). Postharvest losses of rice from harvesting to milling in Ghana. Journal of Stored Products and Postharvest Research 2(4), 64-71.
- Boys, E. (2011). Grain storage guide for cereals and oilseeds. 3rd Edition. Home Grown Cereals Authority (HGCA). Agriculture and Horticulture Development Board. Warwickshire, UK.
- de Lucia, M., Assenato, D. (1994). Agricultural engineering in development post-harvest operation and management of foodgrains. FAO Agricultural Services Bulletin No. 93 <http://www.fao.org/docrep/T0522E/T0522E00.HTM> (Erişim tarihi: 01.01.2017).
- de Padua, D. B. (1998). Postharvest handling in Asia: Rice. In FTCC International Seminar: Asian Agriculture in 21st Century. June 9-12 1998. Taipei, Taiwan.
- Dizlek, H. (2012). Depolama sırasında tahıllarda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler. Gıda ve Yem Bilimi - Teknoloji Dergisi 12: 49-57.

- Efetürk, A. N., Şener, A., Kaycı, H., Yıldır, A. O., Eroğlu, E., Tamer, Z., Dalkılıç, E., Deniz, S. (2016). Tahıl işleme ve depolama işletmelerinin sigortalanmasında olası riskler ve risklerin değerlendirmeleri. Risk Değerlendirme Bülteni 4, 1-25.
- Ercan, O. (1988). Depolama ve Muhafaza Ders Notları. Toprak Mahsülleri Ofisi Eksper Kursu. Ankara.
- FAO, (2013). FAO Statistical Yearbook 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- FAO, (2015). FAO Statistical Pocketbook 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- FAO, (2018a). Food Outlook, Biannual Report on Global Food Markets. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- FAO, (2018b). Rice Market Monitor Volume XXI No. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Guisse, R. (2010). Post harvest losses of rice (*Oryza* spp.) from harvest to milling: A case study in beasee and nobewam in the ejisu juabeng district in the Ashanti Region of Ghana. Kwame Nkrumah University of Science and Technology. Kumasi, Ghana.
- IRRI. (2016). World rice statistics. International Rice Research Institute <http://ricestat.irri.org:8080/wrs/> (Erişim tarihi: 01.01.2017).
- Justice, O. L., Bass, L. N. (1978). Principles and practices of seed storage – Agriculture Handbook No. 506. US Department of Agriculture, Washington DC, USA.
- Kader, A. A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops. 3rd Edition. University of California. Agricultural and Natural Resources. California, USA.
- Kent, N. L., Evers, A. D. (1994). Technology of Cereal: An Introduction for student of food science and agriculture. 4th Edition. Elsevier Science Ltd. Oxford, UK.
- Kiaya, V. (2014). Technical Paper: Post-harvest losses and strategies to reduce them. Action Contre la Faim. ACF International, France.
- Kitinoja, L., Gorny, J. R. (1999). Postharvest technology for small-scale produce marketers; economic opportunities, qualities and food safety. UC Postharvest Technology. Research and Information Center. California, USA.
- Mejia, D. J. (2003). An overview of rice post-harvest technology: Use of small metallic silos for minimizing losses. In Tran, D. V., Duffy, R. (Eds.). Proceeding of the 20th session of the International Rice Commission: Sustainable rice production for food security. July 23-26 2002. Bangkok, Thailand.
- Mülayim, M. (2015). Tarım Ürünleri Standardizasyonu ve Depolama Ders Notları (Basılmamış). S. Ü. Ziraat Fakültesi, Konya.
- Parimala, K., Subramanian, K., Kannan, S. M., Vijayalakshmi, K. (2013). Seed Storage Techniques – A Primer. Revitalising Rainfed Agriculture Network. Chennai, India.
- USDA, (2019). World Agricultural Production. United States Department of Agriculture Circular Series WAP 11-19. Washington DC, USA.
- Waramboi, J. G. (2003). Storage and Preservation of Rice. National Agricultural Research Institute. Morobe, Papua New Guinea.