

Soğutma Teknolojisi

Dondurma ve Donmuş depolama sırasında gıdalarda kalite kayıpları

Meyve ve Sebze dondurma

Prof. Dr.Ayla Soyer

- Dondurma, gıdalarda uzun raf ömrü sağlayan ve gıdanın orjinal renginin, flavorunun, tekstürünün ve besin değerinin diğer muhafaza yöntemlerinden daha iyi korunduğu bir muhafaza şeklidir.

Donmuş gıdalarda kaliteyi etkileyen başlıca faktörler:

- Enzimler
- Oksijen
- Mikroorganizmalar
- Buz kristal iriliği
- Dondurucu sıcaklığı
- Nem transferi
- Ambalaj materyali



Enzimler- Dondurma, ısıtma ve kimyasal bileşikler enzim faaliyetlerini kontrol eden işlemlerdir.

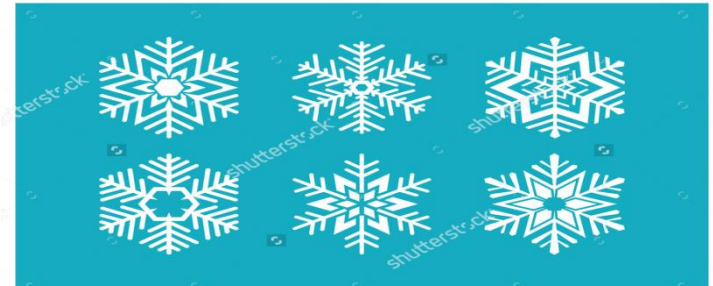
- Dondurma işlemi enzim faaliyetini yavaşlatır. Bu nedenle bir çok donmuş gıda (et ve bir çok meyve gibi) çok az veya hiçbir uygulama yapılmadan dondurulur ve depolanır.
- Sebzelerdeki enzimler, önerilen sürelerde haşlanarak inaktive edilir.
- Meyvelerdeki enzimler esmerleşmeye ve vitamin C kaybına neden olur. Bu nedenle antioksidanlar gibi kimyasal bileşiklerle muamele edilerek kontrol altına alınır.

Hava- Havadaki oksijen özellikle ambalajsız gıdalarda veya iyi ambalajlanmamış gıdalarda renk ve flavor değişmelerine neden olur.

Mikroorganizmalar- Mikroorganizmalar dondurucu sıcaklıklarında çoğalamazlar.

Fakat donma veya depolama sırasında hepsi ölmez ve canlı kalabilir. Özellikle oda sıcaklığında çözme işlemi sırasında hızla çoğalarak gıdayı bozabilirler.

Buz kristal iriliği- Donma işleminde ince buz kristali oluşması istenir. Hızlı dondurma işlemi ile ince buz kristali oluşurken, yavaş dondurma ile iri buz kristali oluşur. İri buz kristalleri hücre membranına zarar vererek istenmeyen tekstürel değişmelere neden olur.



Dondurucu sıcaklığı- Dondurucu sıcaklığının -18°C veya daha düşük tutulması iyi kalitenin korunması için gereklidir.

- Sıcaklıkta meydana gelen yükselişler donmuş gıdanın raf ömrünü kısaltır.
- Örneğin kuru fasulye -18°C 'de 1 yıl, -12°C 'de 3 ay, -7°C 'de 3 hafta ve -1°C 'de 5 gün raf ömrüne sahiptir.
- Sıcaklık derecesinde meydana gelen salınmalar, buz kristal boyutunun büyümesine neden olur. Büyüyen buz kristalleri daha fazla hücre zararına neden olur ve yumuşak bir tekstür oluşur.
- Sıcaklıktaki değişimler üründen suyun uzaklaşmasına neden olur.

Nem transferi- İyi korunmamış gıda nemini, rengini , flavorunu ve tekstürünü kaybeder. Ürün yüzeyinden nem kaybı olması don yanığına neden olur. Don yanığı yüzeyde kuru, gözenekli, kahverengi alanların oluşmasıdır. Donmuş gıdalarda don yanığı oluşması istenmez.

Ambalaj materyali- Ambalajlamanın başlıca amaçları;

gıdanın kurummasını engellemek, besin değerini, flavorunu, tekstürünü ve rengini muhafaza etmesini sağlamaktır.

Dondurulmuş gıdaların ambalajlanmasında kullanılan materyaller aşağıdaki özelliklerde olmalıdır:

- Nem/su buharı geçirmez olmalı, neme dirençli olmalıdır.
- Gıdalar için uygun materyalden yapılmalıdır.
- Dayanıklı ve sızdırmaz olmalıdır.
- Düşük sıcaklıklarda kırılmamalı ve çatlamamalıdır.
- Yağ ve suya karşı dirençli olmalıdır.
- Gıdayı kötü kokulardan ve flavordan korumalıdır.
- Kolay doldurulabilmeli ve kapatılabilmelidir.

Meyve ve Sebzelerin Dondurulması

- Meyve ve sebzeler bazı ön işlemlerden sonra ya bütün, veya belli irilikteki parçacıklara bölünmüş olarak dondurulurlar.
- Örneğin bezelye, vişne bütün halde; fasulye, havuç belli irilik ve şekilde doğrandıktan sonra dondurulurlar. Bunlara “parçalanmamış doku” halinde dondurulan ürünler denir.
- Buna karşın özellikle bazı meyve ve sebzeler, ezme veya su (meyve suyu) haline işlendikten sonra başka nitelikte bir ürün olarak da dondurulmaktadır.
- Örneğin; ıspanak püre haline getirilerek, turunçgillerden ise meyve suyu üretilerek dondurulmaktadır.

Meyve ve sebzelerin dondurulması

Sebze dondurma

Dondurulacak sebzeler hasat edildikten sonra fazla bekletilmeden taze halde dondurulmalıdır. Hasattan sonra hemen dondurulmayacak ise, sebzelerin mutlaka tazeliklerini koruyacakları buzdolabı sıcaklıklarında bekletilmesi gerekir.

*olgunlaşmadan hasat edilirler.

*ayıklanır, yıkanır, yenmeyen kısımlar kesilip atılır, büyüklüğüne göre kesilir.

*Haşlanır. Bazı sebzeler hariç (soğan, pırasa, yeşil biber)

Sebze dondurma

- Her sebze dondurulmaya uygun değildir. Uygun çeşitlerin seçilmesi gereklidir.
- Sebzeler dondurulmadan önce haşlanır. Haşlama, sebzelerin suda yada buharda kısa süre bekletilmesi ile yapılır.
- Sebzelerin dondurulmasında en önemli aşama haşlamadır. Başlıca amaç, enzimlerin faaliyetini durdurmak/yavaşlatmaktır. Sebzelerde enzim faaliyeti dondurma işleminden önce durdurulmaz ise, enzim faaliyeti ile kötü koku gelişir, renk bozukluğu, dokuda sertleşme gözlenir ve ürün kısa sürede kötü bir hal alır.
- Haşlama işlemi ile aynı zamanda sebzeler yumuşar, hacimleri küçülür ve daha kolay ambalajlanır. İşlem sırasında bazı mikroorganizmalar da ölür ve renk daha parlak olur.
- Haşlama süresi sebzenin türüne ve boyutuna göre değişir. Önerilen süre, enzimlerin zarar gördüğü sürede haşlama işleminin yapılmasıdır. Önerilen haşlama süreleri aşılmamalıdır. Aşırı haşlama vitamin, mineral, flavor ve renk kaybına neden olur.

Sebze dondurma

- Haşlama işleminden sonra hızla soğutma yapılarak pişme işlemi sonlandırılmalıdır. Soğutma soğuk suya daldırılarak yapılabilir. Akan suda veya buz katılmış suda yapılabilir. Soğutma işleminden sonra fazla su drene edilmelidir.

Donmuş sebzelerin kullanılması

- Bir çok donmuş sebze (mısır hariç) doğrudan, çözündürülmeden pişirilerek kullanılır.
- Donmuş sebzelerde pişirme süresi taze olanlardan daha kısa sürer. Donma işlemi öncesi yapılan haşlama nedeniyle yarı pişmiş haldedirler.
- **Dondurulan başlıca sebzeler**
- Ispanak, pazı, lahana, karnıbahar, fasulye, havuç, bezelye, brokoli, patates, mısır, kuşkonmaz, barbunya

Bazı sebzelerin dondurma işlemine hazırlanması ve haşlama süreleri

Sebze	Hazırlık	Haşlama süresi
Taze fasulye	Yıkama, uç kesme, bütün veya 2.5-4 cm uzunlukta kesme, haşlama, soğutma ve drene etme	3 dakika
Havuç	Baş kısmın uzaklaştırılması, yıkama, soyma, küçük havuçlar bütün halde, büyükler küp, halka veya uzun dilimler halinde kesilerek, haşlama, soğutma, drene etme	Küçük, bütün halde olanlar 5 dakika, Dilimlenmiş olanlar 2 dakika
Bezelye (tane)	Yıkama, haşlama, soğutma, drene etme	Küçük boyutlular 1.2-2 dakika, orta büyüklükte olanlar 2.5-3 dakika
Soğan	Kabuk soyma, yıkama, kesme, gevşek ambalajlama ve dondurma. 2-3 ay içerisinde kullanılmalıdır. Tekstür etkilenmekte	Haşlama gerekmez
Ispanak, kara lahana, pazı	Zedelenmiş yaprakların ayrılması, yıkama, haşlama, soğutma, drene etme	Kara lahana 3 dakika, Diğer yeşil sebzeler 2 dakika
Taze fesleğen, dereotu, maydanoz, nane vd.	Yıkama, drene etme, kesme ve dondurma. Doğrudan pişen yemeğe katılarak kullanılmalıdır.	Isıl işlem gerekmez

Meyve dondurma

- Bir çok meyve başarılı bir şekilde dondurulabilir.
- Donmuş meyve kalitesini meyve çeşidi, olgunluk düzeyi ve ambalaj şekli gibi faktörler etkilemektedir.
- Donmaya uygun meyve çeşidi seçilir.
- Sert tekstüre sahip, flavoru gelişmiş meyveler seçilir.
- Zarar verilmeden yıkanır, Islak bırakılmaz.
- Dondurulacak meyveler tüketilmeye hazır şekilde donma işlemine hazırlanır.
- Parçalanacak meyveler için çinko kaplar tercih edilmemelidir. Meyvedeki asitler toksik bir metal olan çinkoyu çözmektedir. Yine demir içeren kaplardan da ürüne metal kokusu geçmektedir.

Meyve dondurma

Renk bozukluğunun önlenmesi

- Şeftali, elma, armut ve kayısı gibi meyveler, havaya maruz bırakılarak dondurulduklarında renkleri kararır. Meyveler dondurma işlemi için hazırlanırken (kabuk soyma, dilimleme gibi) renk kararmasını önlemek için askorbik asit çözeltisinde bekletilmelidir. Bu yöntem üzüm ve kirazlarda gözlenen sap dibi renk bozukluğunu önlemede de etkilidir.

Ambalaj seçimi

- Bir çok meyve şekerle veya şeker şurubu ile muamele edilerek dondurulduğunda daha iyi bir tekstür ve flavor elde edilmektedir. Bazı meyveler şekersiz de dondurulmaktadır fakat bu meyvelerde vitamin C kaybı daha fazla olmaktadır.
- Katılacak şeker miktarı meyvenin tatlılığına ve tüketicinin tat tercihinine bağlıdır. Genellikle bir çok meyve için %40 şurup önerilmektedir.
- Seyreltik şuruplar orta düzeyde flavora sahip meyveler için flavoru maskelememesi için tercih edilmelidir.
- Yoğun şuruplar ise tadı ekşi olan meyveler için tercih edilmelidir. Şurupların hazırlanmasında şeker ılık suda çözündürülerek berrak bir çözelti elde edilir. Şurup, kullanmadan önce soğutulur.

Meyve dondurma

Şurupsuz meyve dondurma

- Meyveler şurup ilavesiz de dondurulabilir. Temizlenmiş meyveler kaba yerleştirilir ve kap kapatılarak dondurulur.
- Diğer bir yöntem, üzerine askorbik asit içeren su ilave edilerek veya meyvenin kendi suyu ilave edilerek dondurulur. Şurupsuz dondurulan meyvelerin kalitesi, şeker şurubu ilavesi ile dondurululardan daha kötüdür.
- Bununla birlikte bazı meyveler; ahududu, yaban mersini, gojiberi, frenk üzümü ve kıvılcık gibi meyveler şekerlessiz de iyi kalitede dondurulabilir.

Donmuş meyvelerin çözündürülmesi

- Çözündürülecek paketler açılmadan çözünmeye bırakılır. Şeker serpilerek dondurulan meyveler, şurup ilave edilerek dondurulan meyvelerden daha çabuk çözünür. Şeker ilavesiz dondurulan meyvelerde ise çözünme işlemi daha uzun sürer. Tamamen çözünen meyveler yumuşar ve bekletildikçe renkleri kararır.

- Donmuş Meyveler,
Reçel, marmelat gibi ürünlerin hammaddesi olarak ve pastacılıkta kullanılır.
Doğrudan tüketimde şekerle karıştırılarak, reçel, marmelada işlenecekse blok veya IQF
- * Meyveler çiğ tüketilmekte
Olgun ürünler dondurulmalı, sınıflama yapılmalı
- * Meyve rengini esmerleşme reaksiyonlarından korumak için;
SO₂, sitrik asit, malik asit, sodyum asit pirofosfat kullanılır.
- * Şeker şurubu, enzimatik reaksiyonları önler, uçucu aromatik bileşikleri korur.

Bazı meyvelerin dondurma işlemine hazırlanması

Meyve	Hazırlık	Şeker ilavesi ve dondurma
Vişne	Parlak kırmızı ve olgun meyveler seçilir, sap çıkarılır, sınıflandırılır, yıkanır ve çekirdek çıkarılır.	- Kaba yerleştirilen vişnelere %60-65 şeker şurubu ilave edilir, hava boşluğu bırakılarak dondurulur. -1 kısım vişneye $\frac{3}{4}$ oranında toz şeker ilave edilerek ve şeker çözününceye kadar karıştırılarak dondurulur.
Greyfurt, portakal	Sıkı, ağaçta olgunlaşmış meyveler seçilir, yıkanır ve kabukları soyulur ve dilimlere ayrılır. Uzun beyaz mebranlar ve çekirdekler uzaklaştırılır.	Kaba yerleştirilerek üzerine %40 şurup katılır. Daha iyi kalite için toz halde askorbik asit katılır. Ambalajda hava boşluğu bırakılarak dondurulur.

Donmuş meyve ve sebzelerde meydana gelen kalite değişmeleri

- Donma
- Depolamada
- Çözölme

Donma aşamasında meydana gelen değişmeler

- Fiziksel zarar, hacim artışı, tekstürel zarar, protein denaturasyonu, biyopolimerlerin agregat yapması

Depolama aşamasında meydana gelen değişmeler

- Rekristalizasyon
- Enzimatik değişmeler
- Kimyasal değişmeler (lipid oksidasyonu-don yanığı)

Çözölme aşamasında meydana gelen değişmeler

- Enzimatik reaksiyonlar
- Mikrobiyel çoğalma

Meyve ve sebzelerde donma aşamasında meydana gelen değişimler

-hacim artışı, protein denaturasyonu, biyopolimerlerin agregat yapması

- En belirgin değişim , materyalin hacminde izlenir. Saf suyun hacmi donma ile %8 artar.Ancak gıdanın donmasında bu oranda bir artış görünmez. Bunun nedeni, donma sonucu suyun hacminin artmasına karşın, ortamdaki katı maddelerin hacminin azalmasıdır.
- Bitkisel dokularda hacim artışını sınırlayan diğer bir etken de, özellikle bitkisel dokularda belirgin bir şekilde var olan hücrelerarası boşluklardır. Bu boşluklar, buzun hacim artışını dengelemektedir.
- Hacim artışı ne olursa olsun, donmuş ürün çözülme sonunda orjinal hacmini kaybeder.

- Donma sırasında donmaya bağlı olarak çözünmüş madde konsantrasyonunun artması, iyonik gücün artması ile bir çok biyolojik molekül etkilenmektedir.
- Biyopolimerler agregat yapar. Örneğin nişasta jeli retrogradasyona uğrar ve jel, daha sonra don çözülünce suyunu bırakır. Jelin suyunu bırakmasına sineresiz denir.
- Sineresiz, proteinler ve pektik bileşikler gibi diğer polimerlerin jellerinde de görülür.
- Polimer konsantrasyonunun artması, moleküller arasında çapraz bağların oluşum potansiyelini artırır. Bu durum proteinlerin çözünürlüğünün azalmasına neden olur.
- Proteinlerin su tutma kapasiteleri azalır ve çözölme sırasında suyu bırakır.

- Meyvelerde oluşan en önemli fiziksel zarar, ürünün tekstüründe görülür.
- Meyvelerde kendilerine özgü tekstürünü oluşturan temel faktör, turgor yani hücre içi basınçtır.
- Donma sırasında hücre duvarının zedelenip, turgorun kaybolması sonucu tekstür bozulur.
- Dondurmanın tekstür üzerine en fazla etki ettiği ürün domatestir.
- Sebzeler de donma sonucu turgor kaybına uğrarlar. Ancak bunlar pişirilerek tüketilebildiğinden ve pişirme ile zaten aşırı bir turgor kaybı olduğundan, donmada meydana gelen tekstürel hasar meyvelerde olduğu gibi önemli görülmemektedir.

Rekristalizasyon

- Donmuş gıdadaki suyun katı faza dönüşmesiyle oluşmuş kristallerin daha sonra; sayısında, boyutunda, şeklinde ve hatta yönelişinde oluşan her türlü değişikliğe rekristalizasyon denir.
- Donmuş gıdaların depolanması ve taşınması sırasında sıcaklıktaki oynamalar, depo kapısının açılıp-kapanması, soğutma sisteminin arızalanması sıcaklık dalgalanmaları yaratır ve rekristalizasyonun başlıca nedenleridir.
- Sıcaklık yükseldiğinde küçük kristaller, büyüklere göre daha küçülür, sıcaklığın düşme evresinde ise, büyük kristaller bir önceki evrede küçük kristallerin çözünmesiyle oluşan su moleküllerini kendi üzerlerine çekerek daha da büyürler.

Enzimatik değişmeler

- Dondurularak muhafaza edilen meyve ve sebzelerde enzimatik değişmeler önemli kalite kayıplarına neden olurlar.
 - Lipoksigenazlar
 - Katalazlar
 - Peroksidazlar
 - Polifenol oksidazlar
 - Lipazlar
 - Sistin liyazlar
- **Özellikle oksidoredüktazlar sebzelerde pigment kaybına ve kötü flavor oluşumuna, meyvelerde ise kahverenk bozukluğuna neden olurlar.
- **Lipoksigenazlar yine donmuş sebzelerde rengin açılmasına ve kötü flavor oluşmasına neden olurlar.

Kimyasal ve enzimatik değişmelerin önlenmesi

- Haşlama: Sebzelere uygulanır (soğan, pırasa, yeşil biber kabak hariç diğer sebzelere).
- Amaç, donmuş ürüne zarar veren enzimleri inaktive etmektir.
- Haşlama işleminin etkinliği peroksidaz, katalaz ve lipoksigenaz indikatör enzimleriyle test edilir.
- Katkı maddeleri:Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını önlemek için sülfür dioksit, NaCl, malik asit, sitrik asit, askorbik asit gibi kimyasallar yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Örn. Sodyum bisüfit ve askorbatla muamele edilen avokado püresi dondurulduğunda ürünü enzimatik esmerleşmeden ve lipid oksidasyonundan korumaktadır.

Tekstür zararının önlenmesi

- Katkı maddeleri: Donma ve çözülme işlemlerinin neden olduğu doku yumuşaması ürünün bu işlemlerden önce CaCl_2 ve/veya sakkarozla muamele edilmesi ile önlenebilmektedir.
- Örneğin Ca, pektinin karboksil gruplarıyla iyonik bağ, sakkaroz ise pektinle hidrojen bağı yapar.
- %30-50 şeker çözeltisi meyvenin aromasını korur, oksijeni elemine ederek enzimatik esmerleşmeyi önler.
- Ca^{+2} , donmuş domateslerdeki yumuşamayı önlemede etkili değildir.

Don çatlağı

- Meyve ve sebzelerin dondurulması sırasında genel olarak yüksek dondurma hızı, dokuda oluşan buz kristallerinin küçük olmasına ve üründe homojen bir yapı oluşmasına ve buna bağlı olarak dokunun yukarıda belirtildiği şekilde hasar görmesini ve sızıntı yoluyla su kayıplarını önlediği halde, bazen donma hızının yüksek olması veya çok düşük sıcaklıkta dondurma ve kriyojenik sıvıların kullanımı da üründe “Freeze-cracking” “don çatlağı” olarak nitelendirilen zedelenmelere neden olabilir.

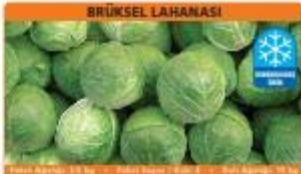
Don çatlağı

- Dondurulmuş hücreslerin mekanik zedelenmesi üzerinde hücre içinde oluşmuş buz kristallerinin hacimlerinin artışı da etkilidir. Nitekim hücre içindeki buz kristallerinin hacimlerinin artışı sonucunda hücrede bir gerilim belirir. Bu sırada konsantre olmuş hücre sıvısında kontraksiyon görülür. Böylece hücre, yer yer büzüşme yer yer gerilim etkisinde kaldığından mekaniki bir zedelenmeye uğrar, yani çatlar “Freeze-cracking”.
- Toplam hacim artışı ne olursa olsun bu olay kendini az veya çok ve fakat daima gösterir.

Don çatlağı

- Bu zararlanmaya farklı ürünlerde rastlanılmaktadır. Eğer ürün kabuklu ise ve dondurma sırasında bu kabuk toplam hacim artmasını engelliyorsa veya üründeki internal stres, dondurulan ürünün esneme özelliğinden fazla ise “Freeze-cracking” ortaya çıkabilir.
- Sistemde fazla boşlukların bulunması internal stresin dağılmasına yol açacağından “freeze-cracking”i önler.
- Yine ön soğutma uygulaması ile ürün sıcaklığı ile dondurma sıcaklığı arasındaki fark azaldığından bu tip zararlanmalar daha az görülür.

Donmuş meyve ve sebzelerde raf ömrü



	-18°C
Donmuş meyveler (vişne, çilek, frambuaz, böğürtlen)	24 ay
Donmuş sebzeler (taze fasulye, bezelye, brüksel lahanası, mantar, barbunya, bamy, domates, ıspanak, yeşil-kırmızı biber, enginar, kabak)	24 ay
Donmuş patates	24 ay
Donmuş soğan halkası	12 ay

Donmuş etlerde meydana gelen kalite değişmeleri

- Mikrobiyal çoğalma (dondurma öncesi, çözme sırasında)
- Protein denaturasyonu
- Lipit, pigment oksidasyonu
- Rekristalizasyon
- Don yanığı
- Damlama kaybı (ağırlık kaybı)
- Kemik kararması

Mikrobiyel kalite

- Ette bulunan mikroorganizmalar -10°C 'nin altında gelişemezler.
- Donma olayı mikroorganizmaların faaliyetlerine doğrudan etki ederek çoğalmalarını engellemektedir.
- Mikroorganizmaların neden olduğu bozulma ya dondurma öncesinde ya da çözme sırasında gerçekleşmektedir.
- Donma ürüne sterilite kazandırmaz. Nitekim Salmonella, Staphylococci ve diğer patojen m.org.lar canlı kalabilmektedir.
- Donma işleminin mikroorganizmalar üzerine olumsuz etkisi; soğuk şoku, buz kristallerinin oluşması ve ortamda çözünmüş katı madde konsantrasyonunun artması şeklindedir.

Mikrobiyal kalite

- Mikrobiyal yıkımı en çok, çözünmüş madde konsantrasyonundaki artış (a_w 'de azalma) etkilemektedir.
- Bakteriyel ve fungal sporlar donmaya dirençlidir.
- Gram-pozitif bakterilerin vejetatif hücreleri donmaya, Gram-negatif bakterilerin vejetatif hücrelerinden daha dirençlidir.
- Bakteri yükündeki azalma, dondurma işleminden hemen sonra oldukça hızlı olduğu halde, daha sonra sabit sıcaklığa ulaşınca bu azalma da sabitlenmektedir.
- Mikrobiyel ölümden depolama sıcaklığı da etkilidir.
- Et hayvanlarında bulunma olasılığı yüksek olan parazitler, protozoa, bağırsak paraziti, nematotlar dondurma işlemi ile kolayca ölmektedir.
- Bu parazitlerin bir çoğu -10°C 'nin altındaki sıcaklıklarda 10 günde ölmektedir. Sıcaklık düştükçe ölme süreleri de kısalmaktadır.

Mikrobiyel kalite

- Dondurma ve donmuş depolama bakteriyel çoğalmayı engellemesine karşın, et karkas yüzeylerinde küf ve maya gelişimi söz konusudur.
- Donmuş ette küflerin neden olduğu bozulmalar, mayalarınkinden daha önemlidir.
- Küf gelişimi ürünün görünüşünde önemli değişmelere neden olur.
- Et endüstrisinde “siyah benek”, “beyaz benek”, “mavi-yeşil küf” ve “sakal” şeklinde görülen dört tip bozulma şekli ile karşılaşmaktadır.
- Küflerin üründe bozulmaya neden olması uzun depolama sürelerinde ve ekstrem sıcaklıklarda söz konusudur.
- Küf oluşumu sağlık açısından risk olmamakla birlikte, ürünün ticari değerini azaltır.

- Donmuş ürünlerin uzun sürelerde çözündürülmesi, mikrobiyel bozulma riskini artırır.
- Çözülen ürünün ortama bıraktığı sızıntı sıvısı nedeniyle çözülmüş etler mikrobiyel bozulmalara daha duyarlıdır.

Protein denaturasyonu

- Donma ve depolama sırasında meydana gelen fiziksel değişmelerle kimyasal reaksiyonlar, proteinlerin denature olmasına ve çözünlüklerinde azalmalara neden olmaktadır.
- Etlerin protein denaturasyonuna duyarlılıkları farklıdır. En dayanıklıdan en duyarlıya sıralama: kırmızı etler, kanatlı etleri ve balık etleri
- Protein denaturasyonu et tekstüründe değişmelere neden olmaktadır.
- Proteinlerin denature olması, etin su tutma kapasitesinin de azalmasına yol açmaktadır.

Lipid ve pigment oksidasyonu

- Lipid oksidasyonu, yağ asitleriyle oksijenin reaksiyonu sonucu peroksitlerin ve daha sonra peroksitlerin parçalanması sonucu üründe acılaşmış (ransit) tat olarak algılanan koku ve flavor bileşiklerinin oluşmasıdır.
- Ette bulunan yağ asitlerinin tipi, etin oksidatif stabilitesini etkilemektedir.
- Yağ asitlerinin doymamışlık derecesi arttıkça oksidasyona duyarlılıkları da artmaktadır. Ette yağ asitleri trigliseridler ve fosfolipidler olmak üzere iki farklı formda bulunmaktadır.
- Fosfolipidlerin doymamış yağ asileri miktarı daha fazladır ve oksidatif reaksiyonlarda trigliseridlerden daha önemli olmaktadır.
- Farklı et türlerinin lipid oksidasyonuna duyarlılıkları (en duyarlıdan en dayanıklıya):

Balık eti> kanatlı eti> kırmızı et

- Dondurma ve donmuş depolama et pigmentinin de okside olmasına neden olmaktadır.
- Başlıca et pigmenti miyoglobın, etin kırmızı rengini vermektedir.
- Miyoglobın okside olduğunda kahverenkli metmiyoglobın oluşmaktadır.

Donma hızının et rengine etkisi:

- ❖ Hızlı dondurma, daha açık et rengine neden olur.
- ❖ Çok hızlı dondurma (-73- -87°C gibi) et rengine solmaya neden olur.
- ❖ Çok yavaş dondurma (-9°C'de, 0.04 cm/h) et renginin koyulaşmasına neden olur.
- ❖ Orta düzeyde donma hızları ile arzu edilen et rengi sağlanabilir.

- Et renginde meydana gelen değişmeler, oluşan buz kristallerinin ışığı farklı düzeyde yansıtmasından kaynaklanır.
- Hızlı dondurma ile oluşan küçük buz kristalleri, yavaş dondurma ile oluşan büyük buz kristallerine göre ışığı daha fazla yansıtmaktadır.
- Bu nedenle hızlı dondurulan etler opak ve solukken, yavaş dondurulan etler yarı şeffaf görünüşte ve koyu renktedirler.

Rekristalizasyon

- Donmuş etlerde su, depolama sırasındaki rekristalizasyon nedeniyle adeta yer değiştirmektedir.
- Rekristalizasyon, küçük ve büyük buz kristalleri arasında yüzey enerjisindeki farklılıklar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Büyük kristaller düşük yüzey enerjisine sahip olduklarından büyüme eğilimindedirler.
- Rekristalizasyon özellikle, depolama sırasındaki sıcaklık dalgalanmaları sonucu, yüzeydeki daha küçük buz kristallerinin çözünmesi ve daha büyük kristaller üzerinde toplanarak onların daha büyük buz kristali haline dönüşmesi şeklinde gerçekleşmektedir.
- Bu oluşum, özellikle çözme işlemi sırasında ette dokusal zararlara neden olmakta ve damlama kaybını artırmaktadır.

Don yanığı

- Etin yüzeyinde süblimasyonla nem kaybı sonucu oluşan kuruma, benekler halinde ürünün görünüşünü olumsuz etkileyen ve don yanığı olarak adlandırılan kalite bozukluğudur.
- Ürün yüzeyinde gözenekli ve süngerimsi bir yapı oluşur. Bu yapı çözülme sırasında bile kaybolmamaktadır.
- Don yanığı özellikle ambalajsız dondurulan ve depolanan etlerde görülmektedir.
- Donma işlemi sırasında ortam neminin düşük, hava hızının yüksek olması bu olayı teşvik etmektedir.



Damlama kaybı

- Dondurma ve donmuş depolama sırasında et proteinlerinde meydana gelen değişmeler, çözme sırasında et öz suyunun uzaklaşmasına (damlama kaybı) neden olmaktadır.
- Çözme sırasında etten uzaklaşan sıvı, çözünebilen proteinler, peptidler, amino asitler, laktik asit, B grubu vitaminleri ve çeşitli tuzlar içermektedir.
- Bu bileşiklerin miktarı, dondurma ve depolama sırasında hücreye verilen zararın düzeyiyle yakından ilişkilidir.
- Hızlı dondurma, çözme sırasında ortaya çıkan damlama kaybını azaltmaktadır. Bunun nedeni, dokunun her yerinde, hücre içi ve hücre dışında küçük buz kristalleri oluşması ve bunun et yapısına fazla zarar vermemesidir.

Damlama kaybı

- Yavaş donma sırasında hücreler arasında meydana gelen iri buz kristalleri kas fibrillerine ve özellikle sarkolemaya zarar vermektedir.
- Hücre içi ozmotik basıncın artması ve iyonik gücün artması, hücre içindeki suyun hücre dışına çıkmasına ve çözme sırasında da etten ayrılmasına neden olmaktadır.
- Hücre yapısı sadece iri buz kristalleri ile zarar görmemekte, hücreler arası sıvının artan iyonik gücü proteinlerin denature olmasına da neden olarak sıvı kaybını artırmaktadır.
- Depolamada uygulanan yüksek sıcaklıklar ve uzun süreler; hücresel zararı ve protein denaturasyonunu, dolayısıyla damlama kaybını artırmaktadır.

Kemik kararması

- Özellikle piliç etlerinde pişirme sonrası kemiklerin etrafında gözlenen koyu renk oluşumdur.
- Nedeni, kemik iliğinden kemiğe bağlı kasa hemoglobinin sızmasıdır.
- Bu olay özellikle donma/çözülme işlemleri sonucu oluşmaktadır.
- Özellikle piliç karkaslarında gözlenmesinin nedeni, piliç kemiklerinin tam kalsifiye olmamasından dolayı gözenekli bir yapı göstermesi ve hemoglobinin sızmasına yol açmasıdır.
- Bu kalite bozukluğunun, tüketici beğenisini olumsuz etkilemesi dışında etin yeme kalitesine olumsuz bir etkisi yoktur.

Farklı sıcaklıklarda çeşitli etlerin depolama süreleri, ay

Et	-12 °C	-18 °C	-24 °C
Sığır karkas	8	15	24
Sığır parça et	8	18	24
Sığır kıyma	6	10	15
Dana karkas	6	12	15
Kuzu karkas	18	24	24
Kuzu parça et	12	18	24

Kaynak : IIR, 1986.

Donmuş bazı su ürünlerinin farklı sıcaklıklardaki raf ömrü, ay

Ürün	Sıcaklık, °C		
	-12	-18	-24
Yağlı balık, glazeli	3	5	>9
Yağsız balık	4	9	>12
Pişmiş kabuklular	4	6	>12
Karides, pişmiş-soyulmuş	2	5	>9

Kaynak : IIR, 1986.

Donmuş gıdaların besin değeri

- İyi yapılmış bir dondurma işlemi ile gıdaların besin değeri en üst düzeyde korunur. Donmuş meyve ve sebzelerde bu kalitenin uzun süre korunması, ön işlemlerin ve depo sıcaklık derecelerinin dikkatlice uygulanması ile sağlanabilir.
- Özellikle suda çözünür vitaminler (C vitamini, tiamin, folat) donmuş depolama süresi uzadıkça azalmaktadır.
- Fakat, dondurma diğer muhafaza yöntemleri ile karşılaştırıldığında en az besin kaybının olduğu muhafaza yöntemidir.
- Sebzeler, dondurma öncesi yapılan haşlama işleminde yaklaşık%25 vitamin C, %10 tiamin kaybına uğramaktadırlar.