

FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ TEKNOLOJİSİ

Sütün, çeşitli starter kültürler kullanılmak suretiyle fermente edilmesi sonucu (özellikle laktik asit fermantasyonu) oluşan, farklı aroma ve kıvama sahip süt ürünlerine; fermente süt ürünleri adı verilmektedir. Başlıcaları; yoğurt, ayran, kefir, kımız, quark ve asidofiluslu süttür.

Fermente süt ürünlerinin besin değeri

Gıdaların besin değeri, bileşiminde yer alan maddelerin organizmaya olan uygunluğu dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda yoğurdun bileşiminde yer alan maddelerin organizma tarafından kolay alınabilecek ve sindirilebilecek yapıda olmasından dolayı, fermente süt ürünleri, besin değeri yüksek gıdalar arasında yer almaktadırlar.

Proteinler esansiyel amino asit içerikleri ve hammadde süte oranla proteininin hazmolabilirliğinin fazla olması sebebiyle, yüksek kaliteliye sahiptir. Ayrıca yoğurdun oluşumu proteinlerin ön parçalanmaya uğramış olması ile partikül büyüklüğünde meydana gelen küçülme ve ayrıca eriyebilir protein, protein olmayan azot ve serbest amino asit miktarındaki artışıdır. İlaveten; midenin pH'sı pepsinin çalıştığı optimum pH düzeyine inmekte ve fermente ürünlerinde ince dispers yapıda bulunan koagule olmuş kazein, proteolitik enzimler açısından ideal bir substrat olarak değerlendirilmektedir. fermente süt ürünleri mükemmel bir protein kaynağı olup, örnek olarak günde 200-250 mL yoğurt tüketilmesi sonucu, vücudun gereksinim duyduğu minimum hayvansal protein miktarı (15 g) karşılanabilmektedir.

Laktoz

İnsan beslenmesi açısından laktoz önemli bir bileşendir. Özetle;

- 1) Enerji kaynağı olarak; 1 gram laktoz 4 kalori enerji sağlamaktadır.
- 2) Laktozun monosakkariti olan galaktoz; beyin ve sinir dokularının oluşumunda yer alır
- 3) Gastrointestinal olayları teşvik etmektedir.
- 4) Vücudun kalsiyum ve fosfordan daha iyi bir şekilde yararlanmasını sağlamaktadır.
- 5) Barsaklarda, istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engellemekte
- 6) Tipik barsak florasını geliştirici yönde etki etmektedir.

Fermente süt ürünlerinde bulunan laktozun hazmolabilirliği, fermantasyon sırasında hidrolize olmasına bağlı olarak süte oranla artmaktadır. Şöyle ki; sütteki laktozun yaklaşık 1/3'ü veya

1/2'si fermantasyonla hidrolize olmaktadır. Bu durum aynı zamanda laktaz enzimi eksikliğine sahip laktoz intoleransı gösteren kişiler açısından son derece önemlidir. Bunun başlıca nedeni; fermente süt ürünlerinin yapımında kullanılan kültürlerin laktaz enzimi oluşturması ve laktozu indirgemesidir.

Vitamin

FSÜde bulunan vitaminlerin miktarı bazı faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu faktörler;

Hammadde-çiğ süt karışımının vitamin içeriği: üretim sırasında sütün kurumaddesinin artırılmasına yönelik olarak yapılan işlemler vitamin miktarlarını etkilemektedir.

Isıl işlem: özellikle de yoğurt üretiminde kullanılan yüksek sıcaklık, C, B₆, B₁₂ ve folik asit miktarlarında kayıplara sebep olmaktadır. Ayrıca sütteki ermiş oksijen miktarı vitaminlerin ısı işleme karşı duyarlılıklarını artırmaktadır.

Starter kültür tarafından kullanılma ve üretilme: kullanılan bakterinin cinsi, suşu, inokülüm miktarı ve fermantasyon koşulları belirleyici faktörler arasında yer almaktadır.

Depolama: yoğurdun depolanması sırasında folik asit ve B₁₂ vitamininde azalma; süte oranla kefirde B₁, B₂, B₁₂ vitaminlerinin kıımızda ise, B₂, B₁₂ ve pantotenik asit miktarlarının fazla olduğu ileri sürülmüştür.

Mineral maddeler

Süt ürünlere işlenirken sağlanan kurumadde artışı ile birlikte mineral madde miktarı da artmaktadır. En önemli mineral kalsiyumdur. Çünkü; FSÜ de bulunan kalsiyumdan vücut çok iyi yararlanmaktadır. Bundan laktik asit, laktoz ve D vitamini sorumludur, ayrıca demir ve fosfordan da yararlanma artmaktadır.

Fermente süt ürünlerinin insan sağlığı açısından önemi

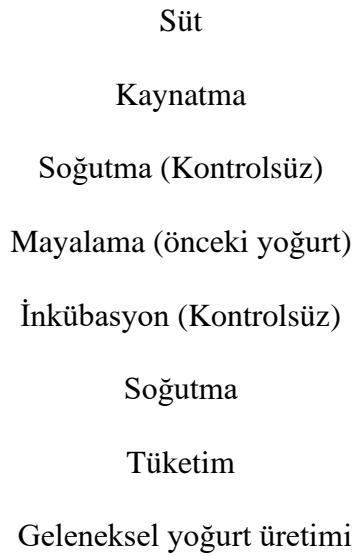
- Büyüme artırıcı etki
- Diyetetik ve terapatik etki;
- Kolesterol düşürücü etki:
- Antimikrobiyal etki:
- Antikarsinojenik etki:
-

Yoğurt Teknolojisi

Yoğurt, sütün *Streptococcus termophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bakterilerinin laktik asit fermantasyonu ile meydana gelen koagüle bir sütün ürünüdür. Yoğurt iki alt grupta sınıflandırılabilir;

1. Set Yoğurt : Sütün bulk starter kültürüyle inoküle edildikten sonra hemen paketlenir ve inkübasyona paketlenmiş olarak girer.
2. Stirred Yoğurt: Bu tip yoğurtların yapımında inokülasyon ve inkübasyon işleminden sonra ürün hemen karıştırılıp soğutulmakta ve paketlenmektedir.

Geleneksel yoğurt yapımında izlenen yol Şekil 4.1’de gösterildiği gibidir.



Geleneksel yöntemle yoğurt üretimin başlıca sakıncaları;

- 1).Birbirini takip eden inokülasyonlarda yoğurt starter bakterileri arasındaki denge bozulduğundan yoğurdun standart tektürel ve duyuşsal özellikleri bozulmaktadır.
- 2).Optimum inkübasyon sıcaklığı olan 42-43 °C'nin sağlanması ve korunması her zaman mümkün olmadığından düşük sıcaklıklarda yavaş asitlik gelişimi difikasyonu inkübasyon süresinin uzamasına ve yoğurdun kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır.
- 3).Kontrolsüz ısı işlem nedeniyle besin değeri düşmekte ve pişmiş tat” gibi kusurlar oluşmaktadır.

Bununla birlikte Şekil 4.2’de gösterilen endüstriyel yoğurt üretiminde;

- İnkübasyon sıcaklığının kontrolü sürekli ve otomatik olarak sağlandığı için starter bakterilerin gelişmelerinde dalgalanmalar oluşmamakta ve her zaman standart kalitede ürün

elde edilmekte

- Isıl işlem kontrollü olarak uygulandığı için sütün besin değerine olabildiğince az zarar verilmekte
- Soğutma işlemi hızlı, depolamada asitlik gelişimi kontrollü ve ürünün raf ömrü uzamaktadır.
- Aseptik koşullarda çalışıldığı için mikrobiyel kontaminasyon riski düşük düzeyde kalmaktadır.

Yoğurt üretiminde uygulanan işlemler

Sütün kabulü

Yoğurda işlenecek süt:

1. Sağlıklı hayvandan elde edilmiş olmalıdır.
2. Bakteriyolojik kalitesi iyi olmalıdır.
3. Tat ve kokusu normal olmalıdır
4. Bileşimi normal olmalıdır. Özellikle protein içeriği
5. Antibiyotik, deterjan kalıntıları ve bakteriyofaj gibi inhibitör maddeler içermemelidir. İnhibitör maddeler yoğurt üretiminde starter bakterilerin gelişmesini önleyerek zayıf konsistense, düşük viskoziteye ve serum ayrılmasına neden olmaktadır.

Klarifikasyon

Klarifikasyon sütün içinde bulunabilen yabancı maddeleri, görülebilen pislikleri, sağım sırasında memeden gelen epitel hücreleri ve lökositleri ayırmak için klarifikatör veya standart süt separatörleri ile yapılan bir işlemdir. Bu maddelerin uzaklaştırılmasında santrifüj kuvvet etkisinden yararlanır.

Yağ standardizasyonu

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'nde yoğurtlar yağ içeriğine göre gruplara ayrılmaktadır bu nedenle yağ standardizasyonu yasal bir zorunluluktur. Aynı zamanda yağ standardizasyonu ile sütün fazla yağı alınarak tereyağı yapımında kullanılmakta ve bu durum işletme için ekonomik olmaktadır.

- Tam yağlı yoğurt > % 3.8,
- Yağlı yoğurt > % 3.0
- Yarım yağlı yoğurt > %1.5,
- Yağsız yoğurt < % 1.5

Yağ standardizasyonunda; süt yağı separatörde mekanik yolla uzaklaştırılmakta ve ayrılan krema kısmen tekrar yağsız sütle istenilen oranda karıştırılmaktadır. Fazla krema ise ayrılmaktadır

Kurumadde standardizasyonu

Yoğurda işlenecek süütün kurumadde artırımının temel gerekçesi, son üründe arzu edilen fiziksel ve duyuşal niteliklerin elde edilmesi ve tüketici beğenisinin sağlanmasıdır. Özellikle süütün protein içeriğinin artırılması daha kıvamlı bir ürün elde edilebilmektedir. kurumadde standardizasyonu yasal düzenlemeler ile de zorunlu kılınmıştır. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğı'nde yoğurda işlenecek süütün yağsız kurumadde düzeyinin en az % 12 olması istenmektedir. Süütün yağsız kurumadde içeriğinin artırımında birçok yöntem kullanılmaktadır.

Bunlar:

- Sütü kaynatma
- Süttözu ilavesi
- Evaporasyon
- Yayıkaltı tozu ilavesi
- Kazein, kazeinat ve co-presipitate katımı
- Peyniraltı suyu tozu ya da konsantresi katımı, serum proteinleri ya da konsantresi katımı
- Membran filtrasyon teknikleri (Ultrafiltrasyon ve Hiperfiltrasyon)

Homojenizasyon

Homojenizasyon, yüzeyde krema tabakasının oluşmasını önlemek için süt yağ globüllerinin çok küçük boyutlara parçalanmasına dayanan, sıcaklık ve basıncın bir arada uygulandığı bir işlemdir. Homojenizasyon işlemleri ile yoğurda işlenecek sütte yağ globülleri basınç ve sıcaklığın etkisiyle çok küçük boyutlara parçalanmakta, süt serumu ile süt yağı arasında homojen bir emülsiyon sağlanmakta ve yüzeyde kaymak tabakası oluşumu önlenmektedir. Homojenizasyon işlemleri ile ürünün viskozitesi artmakta, konsistansı (pıhtı sıklığı) iyileşmekte ve serum ayrılması azalmaktadır. Ayrıca homojenizasyon işlemleri sonucunda yağ globüllerinin boyutu

küçülüp sayıları arttığından globüllerin güneş ışığını yansıtma kapasiteleri de artmakta ve yoğurt daha beyaz bir görüntüye sahip olmaktadır. Ayrıca yağın homojen bir şekilde dağılmasından dolayı ürünün aroması daha iyi olmaktadır. Homojenizasyon işleminin en belirgin olumsuzluğu lipolize bağlı acı tat gelişimidir. Yoğurt pıhtısının optimum viskozitede olması için homojenizasyon işlemi 60°C’de ve 200 kg/cm² basınçta yapılması önerilmektedir.

Isıl işlem

Isıl işlem yoğurt teknolojisinde uygulanan en önemli endüstriyel işlem basamakları arasında yer almaktadır. Yoğurt üretiminde ısıl işlem uygulamasının nedenleri aşağıda belirtilmiştir.

- Patojen mikroorganizmaların imhası
- Yoğurdun kalitesini olumsuz yönde etkileyen mikroorganizmaların büyük çoğunluğunu imha ederek ürünün kalite muhafazasını sağlamak
- Sütte doğal olarak bulunan enzimlerin inaktivasyonunu sağlamak
- Yoğurt starter kültürleri için uygun ortam sağlamak
- Süt bileşenlerinin fizikokimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana getirmek

Uygun tekstürel özelliklere sahip bir yoğurt üretimi için serum proteini denatürasyon oranının >%85-90 arasında olması istenmektedir. Bu düzeyde bir denatürasyon oranına ulaşılabilmesi için ise 90-95 °C’de 5-10 dakika veya 80-85 °C’de 20-30 dakikalık bir ısıl işlem normunun uygulanması gerekmektedir.

Soğutma

Isıl işlemden sonra süt yoğurt bakterilerinin optimum gelişme sıcaklığı olan 42-45 °C’ye soğutulur.

İnokülasyon ve yoğurt starter kültürleri

Starter kültür, yoğurda istenilen duyuşal, tekstürel ve reolojik özellikleri kazandıran ve son üründe standard kalite özelliklerinin oluşmasını olanaklı kılan seçilmiş tek ya da karışık suşları içeren mikroorganizmalardır. Yoğurt üretiminde starter kültür olarak, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bakterilerini içeren termofilik karakterli karışık kültürler kullanılmaktadır. Yoğurt üretiminde starter kültür, pıhtının oluşması

için laktik asit fermantasyonunu gerçekleştirmek ve ürüne özgü karakteristik tat ve aromayı oluşturmak için kullanılmaktadır. Yoğurt starter kültüründe *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* arasındaki oranın 1:1 olması istenir. Yoğurt starter bakterileri arasındaki simbiyotik ilişki nedeniyle karışım kültürlerin asit geliştirme, tat-aroma bileşenlerini sentezleme, tekstür oluşturma kapasiteleri yüksektir.

Üretim yöntemi, bakteri sayısı ve kullanım durumlarına göre yoğurt üretiminde kullanılan ticari starter kültürler aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır:

- Sıvı kültürler
- Toz kültürler
 - Konsantre edilmemiş kurutulmuş kültürler
 - Konsantre liyofilize (dondurularak kurutulan) kültürler
 - Süper konsantre liyofilize kültürler (DVS)
- Dondurulmuş kültürler
 - Konsantre edilmemiş – 20 °C’de dondurulmuş kültürler
 - Konsantre edilmiş ve -40/-80 °C’de derin dondurulmuş kültürler
 - Konsante edilmiş ve sıvı azot gazında – 196 °C’de dondurulmuş kültürler (DVS)

Starter teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak günümüzde çoğaltılmalı kültürler yerine çoğaltmaya gerek kalmadan direkt süte ilave edilen konsantre kültürlerin kullanımı yaygınlık kazanmış ve büyük ölçekli yoğurt işletmelerinde DVS kültürler yerini almış durumdadır. Orta ve küçük ölçekli işletmelerde ise halen çoğaltılmalı kültürler kullanımı devam etmektedir.

Yoğurda işlenecek süte starter kültürü ilave edilmesine inokülasyon; katılan starter kültürü miktarına da inokülüm miktarı denilmektedir. Yoğurt üretiminde kullanılacak inokülüm miktarı minimum % 0.5-1 ve maksimum % 5’dir. Minimum inokülasyon oranında; inkübasyon sırasında asitlik gelişimi çok yavaş gelişmekte ve inkübasyon süresi uzamaktadır. Maksimum inokülasyon oranında ise; çok hızlı ve fazla asitlik gelişiminden dolayı yoğurdun yapısı ve aroması olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenlerden dolayı; optimum inokülasyon oranı %2’dir.

Ambalajlama, kaplara dolum

Ülkemizde genel olarak yoğurt (set tipi) üretiminde fermantasyon yoğurt kapları içerisinde gerçekleşmektedir. Yoğurt kaplarının dolumu iki farklı şekilde yapılmaktadır. Küçük ölçekli

üretimlerde kültür ayrı bir yerde aseptik olarak hazırlandıktan sonra maya tabancaları aracılığıyla süt dolu kaplara istenilen miktarlarda inoküle edilmektedir. Bu uygulamanın en önemli sakıncası tüm kapların inokülasyonu için geçen süre uzun olmaktadır. İnokülasyon işleminin başı ile sonu arasında zaman farkının uzaması aynı seri ürünlerin inkübasyon çıkış pH değerlerinin farklı olmasına neden olacaktır. Bu durum ise standart bir ürün elde edilmesini güçleştirmektedir. Ayrıca, dolum sırasında kontaminasyon riski bulunmaktadır. Alternatif bir inokülasyon tekniği; pişirme kazanlarında inokülasyon sıcaklığına kadar soğutulan sütlere istenilen düzeyde starter kültür ilave edildikten sonra etkin bir karıştırma gerçekleştirilmekte ve kaplara dolum yapılmaktadır. Diğer yöntemde ise; tanktan paketlemeye geçerken hatta sütün inokülasyonu gerçekleştirilmektedir.

İnkübasyon

İnkübasyon süreci, yoğurt üretiminin en önemli işlem basamaklarından birisidir ve yoğurdun karakteristik tat-aroma ve tekstürel özellikleri inkübasyon işleminin başarısı ile doğrudan ilişkilidir. Starter kültür katılmış sütün inkübasyonu yoğurt starter kültürlerinin optimum gelişme sıcaklıkları olan 42-45 °C'de ve asitlik 4.6 pH'ya ulaşmaya kadar yapılmaktadır. Yoğurt pıhtısının oluşumu 5.1-5.2 pH da başlamakta ve 4.6-4.7 pH' da tamamlanmaktadır. İnübasyon sonu asitliğin doğru olarak tespit edilmesi yoğurt kalitesi açısından önemlidir. Burada, kullanılan starter kültürün aktivitesi, inokülüm miktarı ve inkübasyon sıcaklığı etkili olmaktadır. Bu uygulama yaklaşık 3-3.5 saat sürmekte ve kısa süreli inkübasyon olarak adlandırılmaktadır. Bazı durumlarda ise 30-37 °C'de 7-8 saat süren uzun süreli inkübasyon yöntemi uygulanır. Bu yöntemin yoğurttaki over-asidifikasyonu önlemesine karşın, son üründe serum ayrılması riskini artırması, aroma oluşumunu yavaşlatması, enerji ve zaman kaybı gibi sakıncaları bulunmaktadır.

Soğutma

Soğutma, starter bakterilerin gelişimi ve enzimatik aktiviteyi kontrol altına almak için uygulanan önemli bir aşamadır. Yoğurt üretiminde kullanılan starter bakterilerin (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) metabolik aktiviteleri <10 °C'de büyük ölçüde yavaşlamaktadır. Dolayısıyla, inkübasyon sonrası asitlik gelişiminin kontrol altına alınabilmesi için fermantasyon sonrasında istenilen asitlik düzeyine (4.6-4.7 pH) ulaşıldıktan sonra sütün sıcaklığı 10 °C'nin altına düşürülmelidir.

Yoğurtta kullanılan katkı maddeleri

Tatlandırıcılar ve meyveler

Tatlandırıcı bileşikler meyveli/aromalı yoğurtlarda ve bazı durumlarda da sade set tipi yoğurtların üretiminde kullanılmaktadırlar. Yoğurt üretiminde kullanılan doğal ya da yapay tatlandırıcıların tipi ve konsantrasyonu aşağıda belirtilen faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

- Tüketici tercihi
- Kullanılan meyvelerin çeşidi ve konsantrasyonu
- Yasal düzenlemeler
- Kullanılan starter kültürün özellikleri
- Üretim ekonomisi

Meyveli/aromalı yoğurtlar ortalama olarak karbonhidrat konsantrasyonu % 20 dolayındadır. Meyveli set yoğurt üretiminde tatlandırıcılar ısıl işlem sonrası starter ile birlikte süte ilave edilirken, meyveli stirred (pıhtısı kırılmış) yoğurtlarda ise fermantasyon sonrasında pıhtının kırılması sırasında katılmaktadır. Genel olarak meyveli yoğurt üretiminde meyveler tatlandırıcılar ile birlikte kullanılmaktadır ve meyvelere ilave edilen tatlandırıcıların konsantrasyonu % 25'den % 65'e kadar değişmekle birlikte daha çok % 30-35 düzeyinde olmaktadır. Meyveli ve aromalı yoğurt yapımında en çok sakaroz kullanılmasına rağmen, diğer şekerlerden (glikoz, invert şeker vb.) ve kaloriyi düşürmek amacıyla yapay tatlandırıcılardan (sakarın, aspartam, asesulfam-k vb.) da yararlanılmaktadır.

Stabilizatörler

Stabilizatörler bitkisel ve hayvansal kaynaklı hidrokolloitler olup; yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinin yapımında konsistens ve viskoziteyi arttırmak, serum ayrılmasını azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Stabilizatörlerin pıhtının fiziksel özellikleri üzerine etkileri kimyasal yapıları ile yakından ilişkilidir. Stabilizatörlerin su bağlama ve viskoziteyi arttırmak üzere iki temel işlevi bulunmaktadır. Türkiye'de üretilen set tipi yoğurtların üretiminde bu maddelerin katılmasına gerek yoktur. Ancak, uzak pazarlara gönderilecek ürünlerde kullanılması gerekebilir. Ayrıca, pıhtısı kırılmış (stirred) tipte yoğurt üretiminde pıhtıya uygulanan mekanik işlemlerden fiziksel yapısında oluşabilecek kalite kusurlarını önlemek için

stabilizatör kullanımı gerekmektedir.. Yoğurt üretiminde kullanılan stabilizatörlerinden bazıları arap sakızı, agar, karragenan, jelatin, pektin örnek olarak verilebilir.

Koruyucu maddeler

Koruyucu maddelerin temel işlevi kontamine olan maya ve küfler başta olmak üzere mikroorganizmaların gelişimini engellemektedir. Yoğurt teknolojisinde koruyucu maddelerden **meyveli yoğurt** üretiminde yararlanılmaktadır.. Sorbik asit ve tuzları, natamisin, nisin, benzoik asit ve tuzları, nitrit, nitrat yaygın olarak kullanılan koruyucu maddelerdir.

Yoğurt kusurları

Tat-aroma kusurları

Yoğurtta temel aroma maddesi asetaldehittir. Ayrıca; aseton, asetoin, diasetil gibi karbonil bileşikler de tat-aroma üzerinde etkilidir. Dolayısıyla; yoğurtta starter bakteriler tarafından aroma bileşenlerinin oluşum mekanizmasına olumsuz yönde etkili olan herhangi bir faktör son üründe tat-aroma kusurlarına yol açabilmektedir. Yoğurtta karşılaşılan başlıca tat-aroma kusurları; zayıf aroma, ekşi tat, pişmiş tat ve mayamsı küfümsü tatdır.

Görünüş kusurları

Yoğurdun tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğinin başlıca kriteri görünüş kalitesidir. Yoğurtta en sık karşılaşılan görünüş kusuru; yoğurt yüzeyinde maya ve küf gelişmesine bağlı olarak koloni ve film tabakası oluşumudur. Bir diğer görünüş kusuru; yoğurt üretiminde kullanılan sütün kabulü sırasında yetersiz süzme işleminin sonucunda yoğurtta kirli bir görünüm meydana gelmesidir.

Yapı-tekstür kusurları

En belirgin pıhtı zayıflığı ve serum ayrılmasıdır; nedenleri:

1. Düşük kurumadde içeriği
2. Sütte inhibitör madde varlığı
3. Süte düşük sıcaklıkta ısıl işlem uygulanması
4. Yüksek ya da düşük starter kültür ilavesi
5. Mekanik çalkalanmalar
6. Yüksek depolama sıcaklığı