

Yoğurt Üretiminde Kalite Kayıpları ve Kalite Artışına Yönelik Düzeltici Önlemlerin Geliştirilmesi

Rukiye MAVUŞ^a, Ekin Can DOLGUN^{a,b}, Ahmet Eren AKKOÇ^{*,c}, Mustafa AKTAŞ^c

^a Gemak Gıda End. Mak. ve Tic. A.Ş., 06909, Ankara/Türkiye

^b Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

^c Gazi Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

^{*,*} Gazi Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 17.06.2020
Kabul: 08.08.2020

Anahtar kelimeler:
Yoğurt, süt ürünleri,
yoğurt üretim
aşamaları, yoğurt
kalitesi

***Sorumlu Yazar:**

e-posta:
akeren3736@gmail.co
m

ÖZ

Yoğurt, yüksek besin değerleri ve sağlığa olan faydaları bilinmekte olup, sıklıkla tüketilen önemli bir süt ürünüdür. Yoğurdun üretim aşamalarından son tüketiciye sunulmasına kadar kalitesine etki eden birçok üretim parametresi bulunmaktadır. Kaliteli yoğurt üretimi için sağım sonrası elde edilen sütlerin belirli aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Yoğurdun üretim aşamaları ve koşulları, üretim sonucu yoğurtta istenilen tat, tekstürel doku, renk, kıvam gibi özelliklerini etkilemektedir. Bu çalışmada, yoğurdun üretim aşamaları her üretim parametresi ve aşaması için incelenmiştir. Çalışma kapsamında, yoğurt üretiminde özellikle uygulama odaklı olarak meydana gelebilecek kalite kayıpları açıklanmıştır. Yoğurt üretiminde kalite kayıplarının azaltılması için alınabilecek düzeltici önlemler ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Bu düzeltici önlemlerden birisi, inkübasyon sürecinde inkübasyon odası sıcaklık-hava hızı dağılımı homojen olmasıdır. Ayrıca, inkübasyon sonrası ürüne uygulanan soğutma metodunun ve soğutma süresinin uygunluğunun da önemli düzeltici bir önlem olduğu sonucuna varılmıştır.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.04>

Quality Losses in Yoghurt Production and Development of Corrective Measures for Quality Improvement

ARTICLE INFO

Received: 17.06.2020
Accepted: 08.08.2020

Keywords:

Yoghurt, dairy
products, production
stages of yoghurt,
yoghurt quality

***Corresponding**

Authors

e-mail:
akeren3736@gmail.co
m

ABSTRACT

Yoghurt is known for its high nutritional values and health benefits, and it is an important dairy product that is frequently consumed. There are many production parameters that affect the quality of yoghurt from the production stages to the final consumer. Milk produced after milking must go through certain stages for quality yoghurt production. The production stages and conditions of yoghurt affect the desired final quality properties such as taste, texture, color, consistency. In this study, the production stages of yoghurt has been examined for each production parameter and stage. Within the scope of the study, the quality losses that may occur especially in the application have been explained for yoghurt production. Corrective measures that can be taken to reduce quality losses in yoghurt production are detailed. In one of these corrective measures, the incubation room temperature air velocity distribution should be homogeneous during the incubation process. In addition, it is concluded that the cooling method applied to the product after the incubation and the suitability of the cooling time are important corrective measures.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.04>

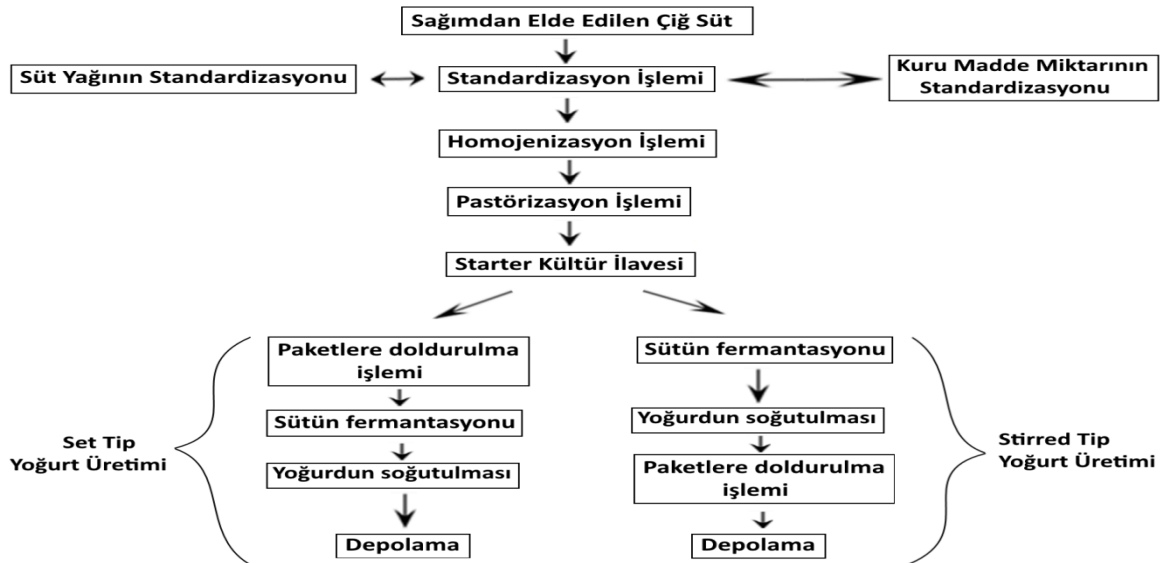
Bu makaleye atıf yapmak için: R. Mavuş, E.C. Dolgun, A.E. Akkoç ve M. Aktaş, “Yoğurt Üretiminde Kalite Kayıpları ve Kalite Artışına Yönelik Düzeltici Önlemlerin Geliştirilmesi,” *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 6, sayı 2, s. 120-128, Ağustos, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.04>.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsanoğlu elindeki gıdanın raf ömrünü uzatmak için tarihte çeşitli yöntemler denemiştir. Bunlar arasında kullandığı en eski yöntemlerden olan fermentasyon işlemi sayesinde insanoğlu ürünün depolama süresini uzatmayı başarabilmiştir. Sütün fermente edilmesiyle elde edilen ve günümüzde tüketilen en popüler gıdalardan biri yoğurttur. Yoğurdun kökeni hakkında kesin bir bilgi olmamakla birlikte MS 800 yıllarında Asya'da göçebe olarak yaşayan Türkler tarafından keşfedildiğine inanılmaktadır [1]. Çeşitli kaynaklarda ilk yoğurdun, göçebelerin hayvan derilerinde sakladığı sütün doğal olarak pıhtılaşmasıyla oluştuğu belirtilmektedir. Bilimsel olarak ilk çalışmalar ise 1850 yılında Louis Pasteur'un gıdalar üzerinde yaptığı çalışma neticesinde ortaya çıkmıştır. Yoğurt içerdiği kalsiyum nedeniyle hem kemik ve diş sağlığı için hem de içerdiği magnezyum ve potasyum nedeniyle kas fonksiyonları ve sinir iletimleri için önemlidir. 100 gram yoğurtla %15 kalsiyum ihtiyacı karşılanabilmektedir. Zengin mineral ve vitamin içeriğine sahip olan yoğurt sağlığa olan faydaları ile ön plana çıkmaktadır. Probiyotik bakımından zengin olan yoğurt, bağışıklık sisteminin düzenlenmesini ve güçlenmesini sağlar. Yoğurt içerdiği A vitamini, B grubu vitaminleri, E vitamini, kalsiyum, fosfor, riboflavin, iyot, çinko sayesinde gastrointestinal bozukluklara ve hipertansiyona sebep olan kötü kolesterol ve kalp-damar hastalıkları gibi rahatsızlıklara karşı güçlü bir koruyucudur. Bunun yanı sıra fermente süt ürünleri arasında bulunan yoğurdun tüketimi ile meme kanseri riskinin azaldığı belirlenmiştir [2].

Tüm gıda ürünlerinin üretiminde olduğu gibi yoğurdun üretimi esnasında da dikkat edilmesi gereken birçok unsur vardır. İlk olarak temin edilen işlenmemiş sütlerin bir takım ön işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Bunlar sütün standardize edilmesi, ısıl işlem görmesi (pastörizasyon) ve homojenizasyon işlemleridir. Ön işlemleri tamamlanan süt, yoğurt üretimi için hazır hale gelmiş olur. Bu aşamadan sonra, üretilen yoğurta oluşması istenilen kalite özelliklerini kazandıracak ve standart kalitede yoğurt üretimini sağlayacak olan starter kültürlerin süte ilavesi gerçekleşir. Daha sonra TS 10935 no'lu standarda ve üretilen yoğurt tipine göre Şekil 1'de verilen şemadaki adımlar izlenir. Eğer pıhtısı kırılmış (stirred tipi) bir yoğurt üretilmek isteniliyorsa sütün fermente edilmesinden sonra paketleme işlemi gerçekleşir. Set yoğurt üretiminde ise süt inokülasyon (starter kültür ilavesi) işleminden sonra paketlere doldurulur ve bu şekilde sütün kaplar içerisinde fermentasyonun gerçekleşmesi sağlanır.

Şekil 1'de ifade edilen üretim aşamalarının her biri farklı ve büyük öneme sahiptir. Daha ilk aşamada yoğurt yapımında kullanılacak olan sütte bakteriyofaj varlığı sütün kalitesini bozup zayıf bir aromaya neden olacaktır. Bunun gibi inokülasyon düzeyinin yetersiz olması, sıcaklığın gereğinden yüksek ya da düşük olması veya olması gerekenden farklı bir sürede gerçekleşmesi, yoğurt için uygun olmayan depolama sıcaklığı gibi kriterler, oluşacak ürünün tadının standartlardan farklı olmasına sebep olacaktır. Yoğurta görülen kusurlara örnek olarak yüzey kuruluğu, kristalimsi görünüş, nodüllü yapı, pıhtı zayıflığı, serum ayrılması ve standart renginde olmaması sayılabilir.



Şekil 1. Sağımdan elde edilen süt ile yoğurdun üretilmesi aşamaları (The stages of producing yoghurt with milk obtained from milking) [3]

Yoğurt üretiminde oluşan kalite kayıpları yoğurtta fire oluşmasına neden olmaktadır. Fire oluşumu hem ekonomik hem süre açısından olumsuzluklar oluşturmaktadır. Bu çalışmada, yoğurtta fire oluşumunu azaltabilecek düzeltici önlemler oluşturulması amaçlanmıştır. Bu önlemler araştırmacılara, yoğurt üretim tesisi projelendirme aşamalarına ve yoğurt üreticilerine katkı sağlayacaktır. Bu düzeltici önlemlerin uygulanması ile yoğurt üretiminde fire miktarları azaltılabilecektir.

2. YOĞURT ÜRETİMİNDE ÖNEMLİ UNSURLAR (IMPORTANT ISSUES IN YOGHURT PRODUCTION)

Kaliteli ve standartlara uygun bir yoğurt üretimi için sağım sonrası elde edilen sütlerin belirli aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Öncelikle yoğurt üretim tesisine gelen çiğ sütlerin içeriğinin incelenmesi ve temel farklılıkların ortadan kaldırılması için standardizasyon işleminin yapılması gerekmektedir. Burada sütlerin ihtiva ettiği hastalık yapıcı ve yoğurt oluşumunu engelleyici bileşenlerden ısıtma işlemiyle ayrıştırılması gerekmektedir. Daha sonra sütün mayalanma işlemine hazır hale getirilmesi için yoğurt oluşumunu sağlayan kültürlerin ısıtma işlemi görmüş süte katılması gerekmektedir.

Kaliteli ve hijyenik yoğurt yapımında kullanılacak çiğ süt aşağıda belirtilen şartları bünyesinde taşımaktadır [4]:

- Sağlıklı hayvanların sütleri ile yoğurt yapılmalıdır. Hastalıklı bir hayvandan sağılan süt ile yapılan yoğurtta duyu kusurları meydana geldiği gibi pıhtılaşmasında da problemler oluşmaktadır.
- Kötü kokulu yemlerle beslenen hayvanların sütleri yoğurt yapımında kullanılmamalıdır.
- Kızgınlık dönemindeki hayvanlardan elde edilen sütler üründe acı tada neden olabileceğinden kullanılmamalıdır.
- Yoğurt üretiminde kullanılacak sütün mikroorganizma içeriğinin yüksek olmaması gerekmektedir. Çünkü mikroorganizma içeriğinin yüksek olması oluşacak ürünün kalitesini bozmaktadır.
- Laktasyon döneminin başındaki ve sonundaki sütler kullanılmamalıdır.
- Starter kültürlerin gelişimini engelleyen antibiyotik, dezenfektan kalıntısı ve bakteriyofaj gibi inhibitörleri içermeyen sütler kullanılmalıdır.
- Su katılması, önceden yağı alınması gibi hileler içeren, hidrojen peroksit, sodyum hidroksit gibi koruyucu madde ilavesi yapılan ve asitliği yüksek sütler yoğurt üretiminde kullanılmamalıdır.

- Kuru madde içeriği yüksek sütler ile üretilen yoğurt daha kaliteli olacağından kuru madde miktarı yüksek olan sütler ile yoğurt yapımı tercih edilmelidir.

Yoğurt üretimi için kullanılacak olan sütlerin içerisinde gözle görülebilen ve gözle görülemeyen zararlı parçacıklar mevcuttur. Bu zararlı parçacıklar sütün sağımı esnasında hayvandan, dış çevreden veya sütün işletmeye nakledilmesinde bulaşmış olabilir. Bu yüzden ayrıştırma işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Küçük işletmelerde geleneksel yöntemler ile ayrıştırma işlemi gerçekleştirilirken daha büyük firmalarda klarifikatör olarak adlandırılan mekanik seperatörler kullanılır. Temizleme işleminden sonra yoğurt yapımında istenilen standartlara ve kaliteye ulaşabilmek için çiğ sütün ihtiva ettiği kuru madde ve yağ oranları düzenlenir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Fermente Süt Ürünleri Tebliğine göre tam yağlı yoğurt en az %3.8 oranında yağ içerirken, yarım yağlı yoğurt en az %1.5 en fazla %2 oranında yağ içermektedir. Yağsız yoğurt ise en fazla %0.5 oranında yağ içermektedir [5].

Protein miktarı yoğurdun yapısı ve besin değeri için oldukça önemlidir. Yoğurt sütünün kuru madde oranının artırılması temel olarak protein oranının artırılması esasına dayanır. Protein içeriği yüksek sütler kullanılarak üretilen yoğurtlarda hem kıvam artar hem de su ayrılması azalır [6]. Yoğurt sütünün kuru madde içeriğinin artırılması, stabilizörler ve kıvam arttırıcılar yoğurtta su salımını önleyerek viskoziteyi arttırmaktadır [7].

Standardizasyon işlemi ile istenilen seviyeye getirilen süt yağının yoğurtta eşit dağılımını sağlamak amacıyla homojenizasyon işlemi gerçekleştirilir. Homojenizasyon işlemi üretilen yoğurdun özelliğine göre süt yağının 55-65 °C ve 100-150 bar basınçta fiziksel olarak parçalanması işlemidir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta sıcaklığın yağ taneciklerinin birleşmesi üzerine olan etkisidir. Sıcaklık arttıkça yağ taneciklerinin birleşme isteği azalmaktadır. Bunun için homojenizasyon sıcaklığı 55 °C'nin üzerinde genellikle 65 °C sıcaklıkta uygulanmaktadır. Başka bir etmen olan homojenizasyon işlemi esnasında süte uygulanan basıncın bir kısmı ısı enerjisine dönüştüğünden sütün sıcaklığında artış görülebilmektedir. Bu nedenle homojenizasyon basıncı belirlenirken sütte oluşabilecek sıcaklık artışının da dikkate alınması gerekmektedir. Homojenizasyon işlemi yalnızca yağlar üzerine etkisi olmayıp yoğurdun su salımını önler, kıvamı geliştirir. Bu faydalarının yanı sıra yağ globüllerinin sayısının artması ile ışığı yansıtma

kapasiteleri artar ve böylece yoğurt daha beyaz bir görünüm kazanır.

Yoğurt teknolojisinde uygulanan en önemli endüstriyel işlem basamaklarından bir tanesi de ısıl işlemdir. Sütün ısıl işlem görmesi ile patojenik mikroorganizmaların sayısı tüketicinin sağlığı için güvenli sınırlara düşürülmektedir. Süreye ve sıcaklığa göre sınıflandırılan çeşitli ısıl işlemler uygulanabilir. Süte uygulanacak ısıl işlem ile üretilecek ürünün bakteriyolojik kalitesinin iyileşmesini sağlanmasının yanı sıra ürünün dokusal özelliklerinin kazandırılması da sağlanır. Isıl işlemin etkisiyle yoğurdun yapısını oluşturan serum proteinlerinin yapısında bazı değişimlerin (denatürasyon) olması istenmektedir. Düşük pastörizasyon, sütün 20 dakika boyunca 63-65 °C sıcaklıkta veya 15-20 s boyunca 72-75 °C sıcaklıkta ısıl işlemine karşılık gelirken daha yoğun bir ısıl işlem, 20-30 dakika boyunca 85 °C sıcaklık veya 5 dakika boyunca 90-95 °C sıcaklık gerektiren yüksek sıcaklıkta pastörizasyondur [8]. Pastörizasyon işleminin asıl amacı, yoğurt oluşumunu sağlayan kültürlerin gelişimi için uygun ortam koşullarını hazırlamaktır. Süte ısıl işlem uygulanmasının başlıca sebepleri ve yoğurt üretimine katkıları aşağıdaki gibi sıralanabilir [9]:

- Üründe bulunması istenmeyen mikroorganizmalar ile hastalığa neden olabilecek organizmaların öldürülmesi,
- Yoğurt oluşumunu sağlayan starter kültürler için gereken ortam koşullarının sağlanması,
- Yoğurt üretimi için gereken fizikokimyasal değişimlerin sağlanması,
- Yoğurt bakterilerinin gelişimini teşvik eden formik asit gibi organik asitler oluşmaktadır.
- Enzimler etkisiz hale gelir, bakteriyel lipaz ve proteinaz bozulur. Acımsı tat gibi istenmeyen tatlar azalır.

Süte tat ve aroma katan, fermente ederek pıhtılaşmasını sağlayan bakteri topluluğuna starter kültür adı verilmektedir. Pastörizasyon sonrasında mayalanma işleminin gerçekleşeceği inkübasyon odasına süt gitmeden önce bu starter bakterilerinin süte katılması gerekmektedir. Bu işlem inokülasyon tankında gerçekleşir. Yoğurt kültürü ile ürünün asit gelişmesini etkileyen, onu pıhtılaştıran laktik asit bakterileri *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bu kısımda süte katılmaktadır. Isıl işleme tabi tutulmuş süt inkübasyon sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra starter kültürlerin ilavesi değişik yöntemlerle yapılmaktadır. Bu kısımda kültürün sütün her tarafında homojen olarak dağılımının sağlanabilmesi en önemli husustur. Bunu sağlayabilmek içinde etkili ve verimli bir

şekilde karıştırma işleminin sağlanması gerekmektedir.

Mayalanmış sütün 40-45°C sıcaklığında bekletilmesiyle, pıhtılaşma olarak bilinen kıvam ve aroma kazanması evresine inkübasyon denilmektedir. Inkübasyon işlemi inkübatörlerde, sıcak hava ile ısıtılmış odalarda veya tanklarda yapılabilmektedir. Modern yoğurt üretiminde genellikle mayalanmış süt vakit kaybetmeden kaplara doldurulur ve ağızları ürünün havayla temasını kesecek şekilde kapatılır. Inkübasyon işleminin sonunda oluşacak üründe istenilen asidik seviyeye göre inkübasyon süresi değişir. Inkübasyon sonu asitliğinin belirlenmesinde etkili faktörler şunlardır [4]:

- Yoğurt yapımında kullanılan bakterilerin türü
- Kullanılan starter kültür miktarı
- Inkübasyon sıcaklığı
- Yoğurdun asitlik gelişimi
- Kullanılan ambalaj materyalinin kapasitesi

Yoğurdun su tutma kapasitesi pH 4.2-4.6 değerleri arasında optimumdur. Yoğurtta istenilen yapı 40-45 °C sıcaklıkta pH 4.6-4.7 değerine ulaşmaya kadar inkübe edilmesiyle elde edilir [9]. Kaliteli yoğurt için inkübasyon işleminin sonrasında ürünün asitliğinin doğru bir şekilde tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yoğurtları paketlemek için kullanılan ambalaj paketleri eğer küçük ebatlarda ise inkübasyon odasından çıkarılır. Fakat ambalajın ebatı büyüdükçe ürünün ısı transfer kapasitesi düşecek ve böylece soğutma etkinliği azalacaktır. Bu yüzden büyük ebatlara sahip yoğurt paketlerinin inkübasyon işlemine pH 4.7-4.8 değerleri arasında son verilir [4].

Fermantasyon işleminin sonucunda yoğurdun soğukta depolanması gerekmektedir. Böylece hem bakterilerin ürün üzerinde oluşturacağı biyolojik ve biyokimyasal reaksiyonların yavaşlatılması sağlanmakta hemde ürünün kalitesi ve tüketim süresi uzatılabilmektedir. Yoğurtta soğutma ve depolama süresi boyunca bir takım aroma maddeleri oluşmasının yanı sıra yoğurt jelinde sertleşme ve daha stabil bir hal kazanılmış olur. İnokülasyon işleminde kullanılan starter bakterilerin sağladığı asitlik gelişimin inkübasyon işleminin sonrasında yavaşlatılması ve kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu amaçla inkübasyon sonrası ürün sıcaklığının starter bakterilerinin metabolik faaliyetlerinin önemli ölçüde yavaşlatılabildiği 10 °C'nin aşağısına düşürülmelidir. Mudawi H.A. ve Abdelrahim S. M. K. inkübasyon ve depolama sıcaklıklarının set yoğurdun kalitesine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada 45 °C sıcaklıkta inkübe edilen yoğurtların 6 °C ve 10 °C depolama sıcaklığında

asitlik gelişimi karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak 6 °C depolama sıcaklığı, 10 °C depolama sıcaklığına kıyasla genellikle daha iyi kalite verdiği gözlemlenmiştir [10].

İnkübasyon ve soğutma süreçlerinde hem hassas sıcaklık kontrollü sistemler hem de homojen şartları sağlayabilecek enerji verimli sistemler yoğurt kalitesinin artmasını sağlarken, yoğurt üretimindeki maliyetler azaltılabilecektir.

3. YOĞURT KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER (FACTORS AFFECTING THE YOGURT QUALITY)

Yoğurdun üretim aşamaları ve koşulları, üretim sonucu yoğurta istenilen tat, tekstürel doku, renk, kıvam gibi kalite özelliklerini etkilemektedir. Genel olarak yoğurdun tekstürel özelliklerini etkileyen faktörler üretim sırasında kurumadde artırımı, yağ konsantrasyonu, enzim uygulamaları, katkı maddeleri, starter kültürün tipi ve özelliği, ısıl işlem, homojenizasyon işlemi, inkübasyon sıcaklığı, asitlik, mekanik uygulamalar, depolama koşulları olarak sıralanabilir [7]. Afonso ve Maia karıştırılmış yoğurdun yapı değişiminin ve gelişiminin reolojik izlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada yoğurdun reolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin, toplam katı içeriğine, süt bileşimine, starter kültür tipi, homojenizasyon işlemi, ısıl işlem, inkübasyon sonrasında ürünü karıştırma, pompalama ve soğutma işlemlerinden etkileneceğini belirtmişlerdir [9-11].

Yoğurt üretilmesi işleminde inkübasyon aşamasında yoğurt oluşumunu sağlayan bakterilerinin metabolik aktiviteleri çok yüksektir. İnkübasyon işleminin tamamlanmasıyla başlanan soğutma işlemi

sayesinde her ne kadar bakterilerin faaliyetleri durdurulmaya çalışılsa da sadece yavaşlatılabilmektedir. Bu nedenle bakteriler faaliyetlerine düşük sıcaklıklarda dahi devam etmekte ve böylece ürününü asitlik gelişimi artmaktadır. Zaman içerisinde bu durum ürünün standart tat ve aromasında bozulmalara yol açmaktadır. Atamer ve Sezgin inkübasyon sonu asitliğinin yoğurt kalitesine olan etkisi üzerine yaptıkları çalışmada inkübasyon işlemine pıhtı oluşumundan sonra yani pH 4.7'den küçük pH'larda son vermenin pıhtı stabilitesi ve inkübasyon sonrası asitlik gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğunu gözlemlenmişlerdir. Depolama sürecindeki en fazla asitlik artışının pıhtılaşma olayının tamamlanmadan inkübasyon işlemi sonlandırılan yoğurtlarda olduğu bulunmuştur [12].

Depolama sırasında dikkat edilecek noktalar [4];

- Mekanik işlemlere maruz kalmamasına dikkat edilmelidir.
- Üretilen yoğurtların nakledilmesi sırasında kullanılan araçların özel soğutma ekipmanlarına sahip olması gerekmektedir.
- Ürün gerek perakende gerekse son tüketiciye ulaşıncaya kadar soğuk zincir hiçbir şekilde bozulmamasına azami düzeyde dikkat edilmelidir.

Bu çalışma kapsamında Tablo 1, 2 ve 3 Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2009/25 [5] ve TS 10935 Yoğurt yapım kuralları standardı [3] çerçevesinde tarafımızca oluşturulmuştur. Yoğurt üretiminde üründeki tatta oluşabilecek kusurlar, oluşum nedenleri ve kalite artışı için bu anlamda alınacak önlemler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yoğurt üretiminde üründeki tatta oluşabilecek kusurlar, oluşum nedenleri ve alınacak önlemler (Defects that may occur in the taste of the product in yogurt production, reasons for its formation and precautions) [3-5]

Kusurlar	Oluşum Nedenleri	Alınacak Önlemler
Aroma Yetersizliği	İnkübasyon işleminin yeterli düzeyde yapılmaması,	İnkübasyon işlemi pH değeri 4.6-4.7 aralığında sonlandırılmalıdır.
	Bakteriyofaj ve antibiyotik varlığı,	Sağlıklı hayvanın sütü kullanılmalı ve kullanılacak starter kültür rotasyonu belirli periyotlar ile yapılmalıdır.
	Kuru madde miktarının düşük olması,	Kuru madde miktarı %12 olmalıdır.
Ekşi tat	Yetersiz inokülasyon,	Starter kültür düzeyi %1-3 arasında yapılmalıdır.
	İnkübasyon sıcaklığının yüksek olması,	İnkübasyon odası 43-45 °C sıcaklıkta tutulmalıdır.
	İnkübasyon sonrası yeterli soğutmanın yapılamaması,	İki kademeli soğutma uygulanmalıdır.

	İnkübasyon süresinin uzun olması,	Starter kültür inokülasyon sıcaklığı ve inkübasyon odası sıcaklığı 43-45 °C olmalı, uygun starter kültür seçilmeli ve kültür rotasyonu yapılmalıdır.
	Yoğurdun depolama sıcaklığının optimum değerden yüksek olması,	Yoğurt depolama sıcaklığı 4-6 °C aralığında tutulmalıdır.
Pişmiş tat	Pastörizasyon işleminin yüksek sıcaklıkta uzun süre uygulanması,	80 °C için 30 dakika, 85 °C için 20 dakika, 90 °C için 5 dakika ısı işlem uygulanmalıdır.

Tablo 1’de görüldüğü üzere üretilen yoğurttaki oluşabilecek kusurların tek bir nedeni olmayabilir. Örneğin yoğurdun aroması sağımdan elde edilen işlenmemiş sütün kalitesine, ısı işlem etkinliğinin düzeyine, inkübasyon koşullarına ve kuru madde miktarına bağlı olabilmektedir. Aynı şekilde yoğurdun tadının ekşi ya da pişmiş olması birçok nedenden kaynaklanabilmektedir. Kaliteli bir yoğurttaki istenen tek şey lezzetinin güzel olması değildir. Tüketici için lezzeti kadar görünümünde önemi

vardır. Üründe oluşabilecek tekstürel kusurlar, oluşum nedenleri ve kalite artışı için bu anlamda alınacak önlemler Tablo 2’de verilmiştir. Bir kusurun tek bir nedeni olmadığı gibi üretim aşamalarının da meydana gelebilecek bir aksilik de tek bir kusura yol açmayabilir. Özellikle pastörizasyon işlemi, inkübasyon koşulları, soğutma ve depolama koşullarının standartlara uygun olmaması çeşitli kusurların bir arada görülmesine neden olabilir.

Tablo 2. Yoğurt üretiminde üründe oluşabilecek tekstürel kusurlar, oluşum nedenleri ve alınacak önlemler (*Textural damages that may occur in yoghurt production, reasons for their formation and precautions to be taken*) [3-5]

Kusurlar	Oluşum Nedenleri	Alınacak Önlemler
Renk	Uzun süre yüksek sıcaklıkta ısı işlemi tabii tutulması sonucunda oluşan renk değişimleri,	80 °C için 30 dakika, 85 °C için 20 dakika, 90 °C için 5 dakika ısı işlem uygulanmalıdır.
Yüzey kuruluğu	Depolamada havanın bağıl neminin uygun olmaması,	Yoğurt depolama ve soğutma işlemleri sırasında oda havası bağıl neminin hassas bir şekilde ayarlanarak kontrol edilmesi gereklidir.
Yoğurttaki Kristalleşme	Yoğurt depolama sıcaklığının çok düşük olması,	Depolama sıcaklığı 4-6 °C arasında seçilmelidir.
Gaz Oluşumu, Kabarma ve Acı Lezzet	Koliform bakteri ve maya-küf kontaminasyonu,	80 °C için 30 dakika, 85 °C için 20 dakika, 90 °C için 5 dakika ısı işlem uygulanmalıdır. Üretim hatlarının ve ortam havasının temizlik, dezenfeksiyonunun tam olarak yapılması sağlanmalıdır.
	Antibiyotik ve inhibitör kalıntılarının varlığı,	Sağlıklı hayvanın sütü kullanılmalı, çiğ süt tebliğindeki (TEBLİĞ NO: 2019/64) özellikleri taşımamalıdır.
	Yoğurt mayasında bulunan <i>Lb.bulgaricus</i> 'un bakterisinin aşırı üremesi,	Doğru starter kültür seçimi yapılmalıdır.
	Yoğurt muhafaza sıcaklığının yüksek tutulması,	Depolama sıcaklığı 4-6 °C arasında seçilmelidir.

Yoğurt üretiminde üründe oluşabilecek yapısal kusurlar, oluşum nedenleri ve kalite artışı için bu anlamda alınacak önlemler Tablo 3'de verilmiştir. Yapılan çalışma ile, yoğurt üretiminde hijyen kriterlerinin özellikle hava ve ortam açısından sağlanması, üretimde olması gereken standartların hassas olarak sağlanması ve yoğurt üretiminde pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon ve soğutma

aşamalarında homojen hava akışı ve ısı transferi sağlanmasının daha kaliteli yoğurt üretilmesi açısından önemli olduğu görülmüştür. Özellikle inokülasyon işleminden sonra inkübasyon işleminde her bir yoğurdun sabit sıcaklıkta fermante edilmesi gerektiği için inkübasyon odasının sıcaklık dağılımının homojen olması gerekmektedir.

Tablo 3. Yoğurt üretiminde yapısal kusurlar, oluşum nedenleri ve alınacak önlemler (*Structural defects in yogurt production, reasons for their formation and precautions to be taken*) [3-5]

Kusurlar	Oluşum Nedenleri	Alınacak Önlemler
Zayıf Pıhtı oluşumu	Kuru madde miktarının düşük olması,	Yağsız kuru madde düzeyinin %12 düzeyine yükseltilmesi ve kazeinat proteinin %4 değerini aşmaması sağlanmalıdır.
	Sütte antibiyotik varlığı,	Alınan sütün kalitesinde daha dikkatli olunması gereklidir.
	İnkübasyon, soğutma veya depolanması esnasında yoğurdun sarsılması,	İnkübasyon sonrasında ve özellikle nakil esnasında set tipi yoğurdu sarsmamaya özen gösterilmeli, homojenize yoğurt için ise paketlemeye gönderilme için kullanılan pompalama işleminin uygun basınçta yapılması sağlanmalıdır.
	İnokülasyon oranının düşük olması,	İnokülasyon düzeyi %1-3 arasında seçilmelidir.
	Homojenizasyon basıncının yeterli düzeyde olmaması,	İstenen değere ulaşabilmek için homojenizasyon işlemi çift kademe yapılmalıdır.
Serum Ayrılması	İnkübasyon sonrasında da asitlik gelişiminin devam etmesi,	Depolama sıcaklığı 4-6 °C arasında seçilmelidir.
	İnokülasyon düzeyinin yeterli seviyede yapılmaması,	Starter kültür düzeyi %1-3 arasında yapılmalıdır.
	İnkübasyon sıcaklığı veya süresinin düzgün ayarlanmaması,	Starter kültür inokülasyon sıcaklığı ve inkübasyon odası sıcaklığı 43-45 °C olmalı, uygun starter kültür seçilmelidir.
	Yapım sırasında, karıştırma, sallama, kapların sarsılması,	Üretim aşamasında yoğurtların sabit kalması, hareket ettirilmemesi gereklidir.
	Çiğ süte uygulanan ısı işleminin düşük olması,	80 °C için 30 dakika, 85 °C için 20 dakika, 90 °C için 5 dakika ısı işlem uygulanmalıdır.
	Yüksek asitlik oluşumu,	İnkübasyon işlemi pH değeri 4.6 olduğunda sonlandırılmalıdır.
	Uzun süreli mayalama,	Starter kültür inokülasyon sıcaklığı ve inkübasyon odası sıcaklığı 43-45 °C olmalı, uygun starter kültür seçilmeli ve kültür rotasyonu yapılmalıdır.
Yetersiz soğutma yapılması,	Depolama sıcaklığının 4-6 °C arasında seçilmelidir.	
Gevşek kıvam	Yoğurt yapımı sırasında, karıştırma, sallama, kapların sarsılması,	Üretim aşamasında yoğurtların sabit kalması, hareket etmemesi sağlanmalıdır.
	Sütün kuru maddesinin az olması,	Yağsız kuru madde düzeyinin %12 düzeyine yükseltilmesi ve kazeinat proteinin %4'ü aşmaması gereklidir.
	Sütte antibiyotiklerin, inhibitörlerin (sütte kesilmeyi önleyen maddelerinin olması) bulunması,	Sağlıklı hayvanın sütü kullanılmalı ve çiğ süt tebliğindeki (TEBLİĞ NO: 2019/64) özellikleri taşınmalıdır.
	Starter kültürün (maya olarak kullanılan yoğurt) düşük aktivitede olması,	Starter kültür düzeyi %1-3 arasında yapılmalıdır.

Aksi halde zaman içerisinde ısınan hava yoğunluk farkından dolayı yukarıya doğru hareket edeceğinden

dolayı inkübasyon odasının aşağı kısımları yukarısına göre nispeten daha soğuk olacaktır. Bu durum aynı ortamda fermante edilmesine rağmen yoğurtlar arasında kalite farkının oluşmasına neden olacaktır. Bir diğer dikkat edilmesi gereken nokta ise inkübasyon sonrası soğutma ve depolama koşullarıdır. Etkin bir soğutma sistemi ile inkübasyon işleminin tamamlanması sonrasında yoğurtların inkübasyon işleminin durması için hızlı bir şekilde ve homojen hava akışı olacak şekilde ürünün soğutulması gerekmektedir. Ayrıca soğutma işlemi esnasında üflenen havanın hızı, sıcaklığı ve bağıl neminin hassas şekilde ayarlanması ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Aksi halde yoğurt yüzeylerinin kurumaması gibi istenmeyen kusurlar ortaya çıkacaktır. Depolama koşullarında da bu şartların sağlanması ve son tüketiciye kadar soğuk zincirin bozulmaması kaliteli bir ürün için gerekmektedir. Isıtma, soğutma ve depolama koşulları için gerekli ortam sıcaklığı koşulları hava ile hazırlanırken havanın hijyenik olması çok önemlidir. Hava hijyenin sağlanması için filtre grupları kullanılmalıdır. Özellikle verimi yüksek olan hepa filtreler veya ulpa filtreler üfleme havasının çıkış kısmında bulunmalıdır. Ürünlerle temas edecek hava muhakkak bu filtrasyon işlemlerinden geçmiş hijyenik hava olmalıdır. Üretim koşullarını karşılayacak hava şartlarının hassas bir şekilde kontrol edilememesi üretim kalitesini olumsuz etkileyecektir. Tüm bu işlemler yoğurdun üretim maliyetini ve kalitesini dolayısıyla elde edilecek ürünün raf fiyatlarına etki edebileceğinden dolayı sistem kurulumu yapılırken ürün özellikleri iyi bir şekilde bilinmeli, doğru sistem tasarımı ve hassas kontrol yapılması ile hem enerji verimliliği (işletim maliyeti düşük) hem de yüksek kalitede ürün eldesi sağlanabilecektir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada besin değeri ve lezzeti ile çok önemli bir yere sahip olan yoğurdun tüm üretim aşamaları ve tüketiciye sunum aşamasına kadar olan işlem basamakları incelenmiş; her basamak için kalite bazında meydana gelebilecek olası tehditler açıklanmış ve ilgili tehditlerin bertarafı için gerekli önlemler açıklanmıştır.

Bir süreç sonucunda oluşan yoğurdun kalitesini bu üretim aşamaları büyük ölçüde etkiler. Bu yüzden her aşama, kendi içerisinde üretim sonucu oluşacak ürüne farklı şekillerde etkileri olur. Fakat sadece üretme dikkat etmek, kaliteli ürün çıkarmak anlamına gelmez. Ürünün inkübasyon sonrasında soğutulması ve depolanması hatta tüketiciye sunulana kadar olan tüm safhalar büyük öneme sahiptir. En başta kaliteli sütün temin edilmesi, bu aşamada gerekli kontrol ve analizlerin yapılması, daha sonraki işlemlerin temelini

oluşturacaktır. Sütün hazırlanması, sütün yoğurt içine standardize edilmesi yoğurdun istenilen kıvamda olmasını sağlarken homojenize edilmesi ise yoğurdun daha parlak görünümüne sahip olmasını sağlayacaktır. Fakat asıl önemli olan noktalar ön işlemlerden geçen süte katılacak kültür miktarı ve inkübasyon şartlarıdır. İnkübasyon odasında hava hijyeni, daha hassas sıcaklık ve bağıl nem kontrolü ile aynı zamanda homojen sıcaklık dağılımı için homojen hava akış modellerinin geliştirilmesi yoğurt üretiminde yoğurt kalitesini arttıracaktır. İnkübasyon sonrasında ise kısa sürede standartlara uygun olarak yoğurdun soğutulmasının sağlanması kalite kayıplarını azaltarak üretimde de verimlilik sağlayacaktır. Gerek soğutma gerek ise depolama esnasında ortam havası bağıl neminin yoğurt yüzeylerinin kurumaması için uygun seviyede olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca tüketime hazır hale getirilen ürün tüketiciye sunulana kadar da soğuk zincirin bozulmaması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Yapılan bu çalışma Tübitak Teydeb 3190190 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden dolayı Tübitak'a teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ (CONFLICT OF INTEREST STATEMENT)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] E. Farnworth, *Handbook of Fermented Functional Foods, Second Edition*. Hoboken: CRC Press, 2008.
- [2] R. Kalyenci, "Yoğurdun Faydaları Nelerdir?", *Memorial.com.tr*, Ağustos 22, 2019. [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.memorial.com.tr/saglik-rehberleri/yogurdun-faydalari-nelerdir/>. [Erişim Tarihi: 18 Mart - 2020].
- [3] "Yoğurt Yapım Kuralları", *Intweb.tse.org.tr*, 1993. [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073098107114118052072105075100073102>. [Erişim Tarihi: 18 Mart - 2020].
- [4] "Gıda Teknolojisi Yoğurt", *Megep.meb.gov.tr*, 2020. [Çevrimiçi]. Mevcut: http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yo%C4%9Furt.pdf. [Erişim Tarihi: 18 Mart - 2020].

[5] "Türk gıda kodeksi fermente süt ürünleri tebliği (Tebliğ No: 2009/25)", *Kms.kaysis.gov.tr*, 2009. [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/38886>. [Erişim Tarihi: 21 Mart 2020].

[6] A. Herdem, "Farklı yörelerden toplanan geleneksel yöntemle üretilen yoğurt örneklerinin bazı niteliklerinin belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, 2006.

[7] L.E. Karahan, "Batman'da tüketime sunulan yoğurtların bazı kimyasal ve tekstürel özellikleri," *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, cilt6, sayı 2/2, s. 59-65, 2016.

[8] P. Sfakianakis, and C. Tzia, "Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: A review," *Foods*, vol. 3, no. 1, pp. 176-193, February, 2014, doi: 10.3390/foods3010176.

[9] N. Akıncioğlu, "Yüksek basınçta homojenizasyon işleminin karıştırılmış yoğurdun yapısal özelliklerine etkisi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.

[10] H.A. Mudawi and S. M. K. Abdelrahim, "Effect of incubation and storage temperatures on quality of set yoghurt", *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. C, Physiology and Molecular Biology*, vol. 6, no. 2, pp. 131-137, 2014, doi: 10.21608/eajbsc.2014.16040.

[11] I.M. Afonso and J.M. Maia, "Rheological monitoring of structure evolution and development in stirred yoghurt", *Journal of Food Engineering*, vol. 42, no. 4, pp. 183-190, December, 1999, doi: 10.1016/S0260-8774(99)00118-1.

[12] M. Atamer ve E. Sezgin, "İnkübasyon sonu asitliğinde yoğurt kalitesi üzerine etkisi", *Gıda*, cilt 12, sayı 4, s. 214-220, 1987.

Rukiye MAVUŞ

1977 yılında Seydişehir'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Seydişehir'de tamamladıktan sonra 1999 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü'nden mezun oldu. 1999 yılında Hitit Süt Fabrikasında İşletme Mühendisi olarak işe başladı. 2004 yılında Sabancı Holding Esaslı Grup bünyesinde Gıda Danışmanı olarak çalışmaya devam etti. 2010 yılında Tarım Kredi Süt Fabrikasında

Üretim Müdürü olarak görev aldı. Süt ve Süt ürünlerinin tüm dallarında çalışmalar yaptı. 2017 yılında GEMAK Gıda Endüstri Makineleri ve Ticaret A.Ş firmasında Ar-Ge Yöneticisi olarak görev aldı ve halen devam etmektedir.

Ekin Can DOLGUN

1993 yılında İzmir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini İzmir'de tamamladıktan sonra 2018 yılında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Güneş enerjisi, kurutma sistemleri, iklimlendirme sistemleri, yalıtım teknolojisi, enerji verimliliği ve soğutma konularında sanayii ve akademik ölçekte çalışmalar yapmaktadır. Halen Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri A.B.D.'da yüksek lisans çalışmasını devam ettirmekte, Gemak Gıda Endüstri Makinaları'nda Ar-Ge ve Proje Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

Ahmet Eren AKKOÇ

1997 yılında Ankara'da doğdu. Lise eğitimini elektrik-elektronik teknolojisi alanında 2015 yılında Ankara'da tamamladıktan sonra 2020 yılında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yenilenebilir enerji kaynakları, ısıtma, soğutma ve havalandırma (HVAC) sistemleri, soğutma teknikleri ve uygulamaları konularında akademik çalışmalar yapmaktadır.

Mustafa AKTAŞ

1979 yılında Bolu'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra 2000 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nden mezun oldu. 2001 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans çalışmasını ve 2007 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda Doktora çalışmasını tamamladı. 2011 yılında doçent ünvanını aldı. Kurutma sistemleri, iklimlendirme, enerji verimliliği, soğutma ve güneş enerjisi konularında akademik çalışmalar yapmaktadır. Halen Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde Profesör Doktor olarak görev yapmaktadır.