

GIDA SEKTÖRÜNDE İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL GRAFİKLERİNİN BİR UYGULAMASI

Aytaç PEKMEZCİ*

Özet

Kalite kontrol grafikleri süreç kontrolü ve iyileştirilmesinde önemli bir yere sahiptir. İşletmelerdeki ürünlerin kalite düzeylerinin araştırılması ve kalite değişimlerinin belirlenmesi için istatistiksel kalite kontrol (İKK) tekniklerinden yararlanılmaktadır. İKK tekniklerinden en etkili ve en yaygın olanlarından biri kontrol grafikleridir.

Bu çalışmanın amacı İKK tekniklerinden kontrol grafiklerini tanıtmak ve Muğla ilinde bulunan zeytinyağı fabrikası üzerine uygulamasını yapmaktır. Bu amaca yönelik olarak kalite kontrol grafiklerinin temelini oluşturan Shewhart kontrol grafikleri kullanılmıştır. Zeytinyağı işletmesinde üretilen zeytinyağında kalite göstergesi olarak kabul edilen asit başına fire oranındaki (ABFO) değişim incelenmiş ve kontrol altında olup olmadığı Shewhart türü $\bar{X} - s$ kontrol grafiği ile araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kalite, İstatistiksel Kalite Kontrol, Shewhart Kontrol Grafikleri.

Abstract

It is important that control and improvement of process is executed by quality control charts. Techniques of statistical quality control are essential tools in order to investigate quality levels and determine alternation of quality in which products are on corporation. One of the most effective and common of statistical quality control techniques is control charts.

The aim of this study is to introduce the control graphics from the statistical quality control techniques and to do an application for an olive oil factory in Muğla. The Shewhart quality control graphics which are the bases of quality control graphics have been examined to realise this aim. The variation of loss per acid which is expected as a quality indicator for the olive oil that is produced by corporation of olive oil has been examined and investigated whether under control or not by the $\bar{X} - s$ graphic.

Key Words: Quality, Statistical Quality Control, Shewhart Control Graphics.

* Arş.Gör., Muğla Üniv. Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Öğretim Elemanı

Giriş

Gelişen dünyamızda üretici ve tüketicilerin konuştuğu ortak dillerden biri kalitedir. Ekonomideki gelişmeler ve küreselleşme sonucu artan rekabet, işletmelerin yurt içi ve yurt dışında pazar bulma çabalarını hızlandırmıştır. Günümüzde işletmeler arasında yaşanan katı rekabet şartları, üreticileri en düşük maliyetle yüksek kalitede ürün üretmeye zorlamaktadır. Üretimdeki temel amaç satılabilir nitelikteki kaliteli ürünler olduğundan, ürün kalitesinin tüketicinin kararını etkilemede giderek önem kazandığı söylenmektedir (Pekmezci, 2005).

Ürün kalitesinde sürekli iyileştirmeyi hedefleyen işletmeler tüketicilerin beklentilerini, isteklerini, tepkilerini, tatmin derecelerini dikkate alarak daha iyi bir ürün veya hizmetin sunulmasını sağlamaya başlamıştır. Böyle bir işletmede üretilen ürünün ne kadarının uygun veya kullanışlı olduğu önem kazanmaktadır. Ürünlerin kalite düzeylerinin araştırılması ve kalite değişimlerinin belirlenmesi için İKK tekniklerinden yararlanılmaktadır.

İKK üretim yapıldıktan sonra bitmiş ürünü muayene etmek yerine üretimin çeşitli aşamalarına uygulanır. Üretimin her aşamasında sürecin kontrol altında olup olmadığını belirlemek amacı ile istatistiksel yöntemler uygulanır. Eğer süreç kontrol altında ise sonraki aşamaya geçilir. Aksi takdirde problem belirlenir ve düzeltme yoluna gidilir. Problemin çözüldüğünden emin olmak için istatistiksel analiz tekrarlanır. Böylece standart dışı üretim önlenir ve süreç üzerinde gerekli ayarlar zamanında yapılabilir. Kalite planlarının ve muayene sürecinin hazırlanmasında, ölçme faaliyetlerinin yürütülmesinde, standartların saptanmasında, test sonuçlarının analizinde istatistiksel yöntemlerden yararlanır. Kalite kontrolün en önemli değerlendirme aracı istatistiksel yöntemlerdir ve bu yöntemlerden en etkili ve en yaygın olanlarından biri ise kontrol grafikleridir.

Kontrol grafikleri üretim sürecinde meydana gelen ve kaliteyi etkileyen üretim esnasındaki özel nedenleri, sürecin doğasına ilişkin genel nedenlerden ayırabilmektedir. Bunlar değişkenliğin azaltılmasında, hatalı birimlerin üretilmesinin engellenmesinde ve verimliliğin geliştirilmesinde kullanılır (Çaltuğ; Uğur, 1994).

Bu çalışmada Shewhart türü \bar{X} -s kontrol grafiği yardımıyla, Muğla ilinde faaliyet gösteren bir zeytinyağı işletmesinin 2004 ve 2005 yılına ait günlük ve saatlik ABFO verileri kullanılarak, üretilen zeytinyağların kaliteli olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda,

üretim sürecinde kontrol dışı durumunun mevcut olup olmadığının ortaya konmasında ve sürecin nasıl bir seyir takip ettiğinin belirlenmesinde Shewhart kontrol grafiklerinin kullanılabileceği görülmüştür.

1. Kontrol Grafikleri

Bir üretim sürecinde üretilen her ürünün kalite özellikleri ile ilgili olarak değişkenlik göstermesi doğaldır. Kalite ile ilgili özelliklerde meydana gelen değişimler özel ve genel nedenler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Genel nedenler sürecin yapısından kaynaklanır ve tamamen tesadüfi olarak ortaya çıkar. Her süreçte değişik düzeyde her zaman mevcuttur ve süreçte kalıcıdır. Sürecin geliştirilmesini sağlar. Özel nedenler ise belirsiz bir kaynaktan ortaya çıkan, düzenli, sabit olmayan ve önceden tahmin edilemeyen nedenlerdir. Bu değişkenlik önlenemez ya da giderilemez ve üretimde önemli aksamalar olduğunu belirtir. Bu tür değişimi azaltmak için para ve zaman harcamanın yerine süreci değiştirmek daha anlamlıdır. Sadece genel nedenlerden kaynaklanan değişimler olması durumunda sürecin istatistiksel anlamda kontrol altında, özel nedenlerden kaynaklanan değişimler olması durumunda ise süreç kontrol dışındadır (Behdioğlu; Elevli, 2006; Pekmezci, 2005).

Üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklere “**Kontrol Grafikleri**” denilmektedir. Ayrıca kontrol grafikleri özel nedenleri ve süreç kaymalarını ortaya çıkarmak için kullanılan süreç kontrol yöntemleridir. En önemli yararı üretim sürecinin geliştirilmesine yardımcı olmasıdır. Bu grafiklerin yaygın kullanılma nedenleri aşağıdaki gibidir (Montgomery, 2001):

- Verimliliğin geliştirilmesinde kullanılan bir tekniktir.
- Hatalı birimlerin üretilmesini önlemede etkindir.
- Gereksiz süreç düzeltmelerini önler.
- Süreç performansının geliştirilmesi için anlaşılır bilgi sağlar.
- Süreç yeterliliğine ilişkin bilgi sağlar.

Kontrol grafikleri üretim sırasında meydana gelebilecek özel bir sebebin üretimi etkilemeye başladığı en kısa zamanda ve en az zararlı bir yanılma ile yetkiliye haber verir ama hatayı tespit edip ortadan kaldıramaz. Bu

usta, teknisyen, mühendis veya benzeri bir başka kişinin görevidir. Bu çok sayıda hatalı ürünün üretilmesini ve maliyetlerin yükselmesini engeller (Atilla, 1996; Uğur, 1995).

Kontrol grafiklerinin amacı, süreç performansının kabul edilebilir seviyede olup olmadığını belirlemektir. Böylece süreçte herhangi bir değişiklik yapıp yapılmayacağı belirlenebilir. Yönetime süreç hakkında bilgi verir. Üretilen en son ürüne bakıldığında elde edilen kontrol sınırlarının içerisinde ise sürecin kontrol altında olduğu aksi takdirde en az bir tanesi sınırların dışına çıkmış ise üretime müdahale edilip işlemlerin yeniden incelenerek hatanın bulunması ve gerekli ayarlamaların yapılması gerekir (Bircan; Özcan, 2003).

Bu işlemleri belirlemenin bir yolu da \bar{X} - s kontrol grafiğidir. Bu grafik örnek hacminin büyük olduğu ($n \geq 10$) durumlarda ve örnekler içinde yer alan birimlerin homojen olmaması halinde kullanılır. Alt grup büyüklüğü $n \geq 10$ olduğu zaman s'nin standart hatası R'ye (genişlik) göre daha küçük ($\sigma_s < \sigma_R$) olmaktadır. Ayrıca n büyüdükçe uç değerlerin gözlenme olasılığı artmaktadır ve bu uç değerlerden s daha az etkilenmektedir (Gitlow; Oppenheim & Oppenheim, 1995; Gümüšoğlu, 2000).

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma da işletmenin 2004 ile 2005 yıllarına ilişkin 40 günlük üretimini dikkate alan ABFO ilişkin veriler kullanılmıştır. İlgili işletmede gelen ham yağlar işleyerek tüketilebilecek duruma getirilmektedir. Teknik nedenlerden dolayı işletme tanklarındaki ham yağ 50 ton olunca üretim süreci çalışmaktadır. Bu ise işletmenin sürekli çalışmaması anlamına gelmektedir. Bu sebepten dolayı işletmeye ilişkin veriler ardışık günlerde değil farklı zamanlarda alınmıştır.

Zeytinyağı üretiminde kalitenin bir göstergesi olan ABFO dikkate alınmış ve kalite kontrol grafikleri bu değişken için oluşturulmuştur. ABFO miktarı üretim sürecine giren ham yağın kullanılacak hale getirme işleminde ham yağda meydana gelen kaybın oranını göstermektedir. Zeytinyağın bu yönden kaliteli kabul edilebilmesi için işletme standartlarına göre bu oranın 1.55 ile 1.85 değerleri arasında olması gerekmektedir. ABFO üretimin nötralizasyon aşamasında belirlenmektedir. Yağlık hammaddelerin olgunlaşma ve ham yağ üretim aşamalarında çeşitli etkenlere bağlı olarak serbest yağ asidi

içerikleri yükselmektedir. Yağların insanların kullanımına uygun hale gelebilmesi için serbest yağ asitlerinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem Nötralizasyon aşamasında yapılmaktadır.

ABFO'nun kontrol altına alınması amacıyla hem günlük hem saatlik bazda kontrol grafikleri çizilmiştir. Bu değişkenin nicel olması ve her bir örneklemin genişliğinin 10'dan büyük olması nedeniyle $\bar{x} - s$ grafikleri oluşturulmuştur. Sürece ait standartlar bilinmediği için bu değerler hesaplanarak bu değerlere göre sürecin kontrol sınırları belirlenmiştir. \bar{X} kontrol grafiğinin kontrol sınırları, s kontrol grafiğinin merkez çizgisine yani örnek s_i değerlerinin ortalamasına göre hesaplanır. Bu nedenle süreç değişkenliğinin istatistiksel olarak kontrol altına alınması gerektiği için önce s kontrol grafiği daha sonrada \bar{x} grafiği çizilmiştir. s grafiği \bar{X} grafiği ile birlikte kullanılır. Eğer sadece s grafiği düzenlenirse ortalamadaki değişme fark edilemez ve hatalı üretimin varlığı anlaşılabilir. Standartların belli olmaması durumuna göre $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri için kullanılan eşitlikler aşağıdaki gibidir:

$$\left. \begin{aligned} \text{ÜKS} &= \bar{s} + 3\hat{\sigma}_s = \bar{s} + 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1-c_4^2} = \bar{s}\left(1 + \frac{3}{c_4}\sqrt{1-c_4^2}\right) = B_4\bar{s} \\ \text{MÇ} &= \bar{s} \\ \text{AKS} &= \bar{s} - 3\hat{\sigma}_s = \bar{s} - 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1-c_4^2} = \bar{s}\left(1 - \frac{3}{c_4}\sqrt{1-c_4^2}\right) = B_3\bar{s} \end{aligned} \right\} s$$

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n} \quad 1 - \frac{3}{c_4}\sqrt{1-c_4^2} = B_3 \quad \text{ve} \quad 1 + \frac{3}{c_4}\sqrt{1-c_4^2} = B_4 \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ÜKS} &= \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s} \\ \text{MÇ} &= \bar{\bar{X}} \\ \text{AKS} &= \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s} \end{aligned} \right\} \bar{\bar{X}}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n} \quad \hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{\bar{s}/c_4}{\sqrt{n}} \quad \text{ve} \quad A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} \quad (2)$$

Standart standart sapmaların ortalamasının tahmini olarak \bar{s} kullanılır ve merkez çizgiyi oluşturur. Bu denklemlerde yer alan A_3 , B_3 , B_4 ve c_4 kavramları kalite kontrol sınırlarının hesaplanması için kullanılan çarpan katsayılarıdır. Bu katsayılar örnek büyüklüğüne bağlı sabitlerdir ve n büyüdükçe 1'e yaklaşır. Bu katsayıların çeşitli örnek hacimleri için aldığı değerler tablo halinde verilmektedir. (Bircan; Özcan, 2003; Gitlow; Oppenheim & Oppenheim, 1995; Montgomery, 2001; Pekmezci, 2005).

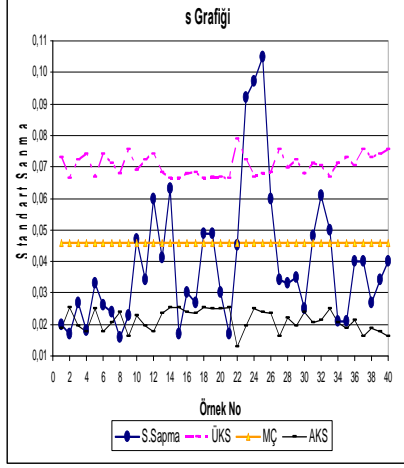
3. Uygulama

3.1. Gün Bazında ABFO'nu Kontrol Eden Grafikler

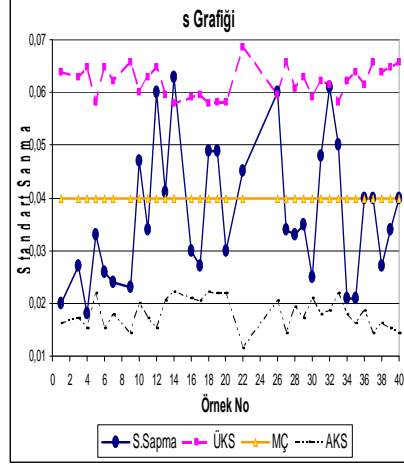
Çalışmada 2004 ile 2005 yılları arasında işletmenin çalışmış olduğu 40 günün gözlemleri toplanmıştır. Gözlemlerden \bar{x} -s grafiği çizmek amacıyla standart sapma, ortalama ve kontrol sınırları hesaplanmıştır. İlk önce değişkenlik kontrol alınması gerektiğinden s grafiği çizilmiştir. Üretimden alınan örnekler aynı büyüklükte olmadığı için \bar{x} ve \bar{s} değerleri hesaplanırken ağırlıklı (tartılı) ortalama yaklaşımı yapılır. k adet örnek alınsın n_i örnek büyüklüğünü, \bar{X}_i ise örnek ortalamasını göstermek üzere genel ortalama ve standart sapmaların ortalaması Eşitlik 3'deki gibi hesaplanır.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad \bar{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i - k}} \quad (3)$$

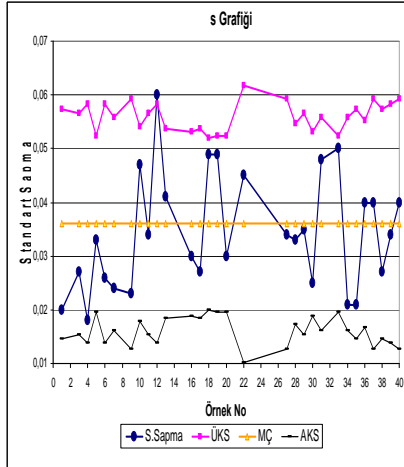
Kontrol sınırları düz bir çizgi olmayıp örnekten örneğe değişiklik göstermesi sonucunda her örnek için ayrı ayrı sınırlar kullanılır ve bu durum kontrol grafiğinin yorumunu zorlaştırır. Bu nedenle \bar{X} - R grafiği yerine \bar{X} - s grafiği tercih edilir. A_3 , B_3 ve B_4 faktörleri örnek hacmine göre belirlendiğinden her örnek için farklı sabitler kullanılacak ve kontrol sınırları da örnekten örneğe değişecektir (Montgomery, 2001).



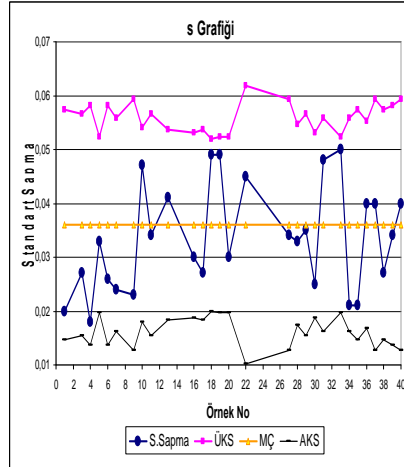
(a)



(b)



(c)

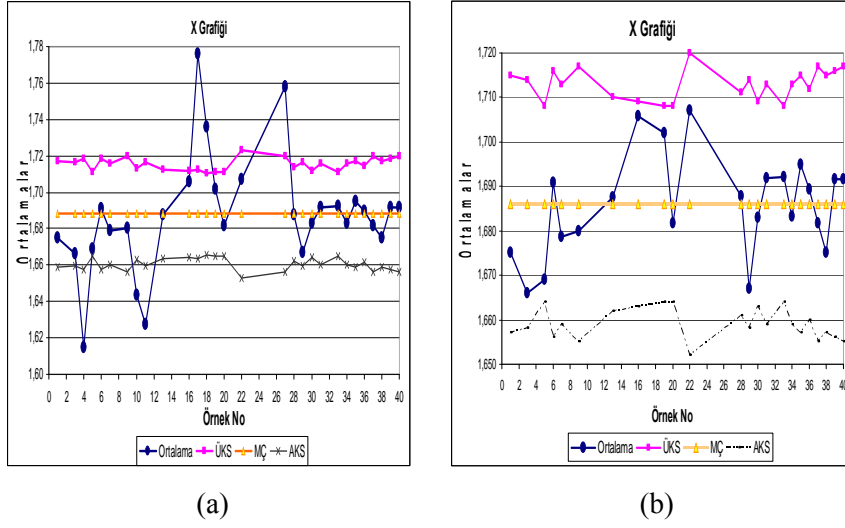


(d)

Şekil 1. Düzeltilmiş örneğe ait s Grafikleri

Şekil 1 (a)'da 7 gözlemin, (b)'de 3 gözlemin, (c)'de 1 gözlemin standart sapması kontrol sınırları arasında değildir. Dolayısıyla süreçteki değişkenliğin (ABFO) kontrol altında olmadığı ve bu gözlemler arasında aşırı değişkenliğin olduğu söylenebilir. Değişkenliğin özel bir nedeni olduğundan bu gözlemler süreçten çıkarılarak \bar{s} değeri ve kontrol sınırları yeniden hesaplanmıştır. Şekil 1 (d)'de bu 11 gözlem süreçten çıkarıldığında gözlemlerin

standart sapmasının kontrol sınırları arasında olduğu görülmektedir. Ancak 1. gözlem ile 9. gözlem arasında kalan noktalar merkez çizginin negatif yönünde dağılmaktadır. Buradan bu noktalar arasında sürecin gözden geçirilmesi gerektiği söylenebilir. Bu durum işletmenin istediği bir durumdur. Çünkü bu noktalarda elde edilen standart sapma değerleri merkez çizginin atında olduğu için üretilen ürünler arasındaki farklılık minimumdur. Bu değişkenliğin nedeni tespit edilerek süreçte kalıcı olması için çalışmalar yapılmalıdır. Sürecin değişkenliği kontrol altına alındığından dolayı bir sonraki aşamada \bar{x} grafiğine geçilmiştir.

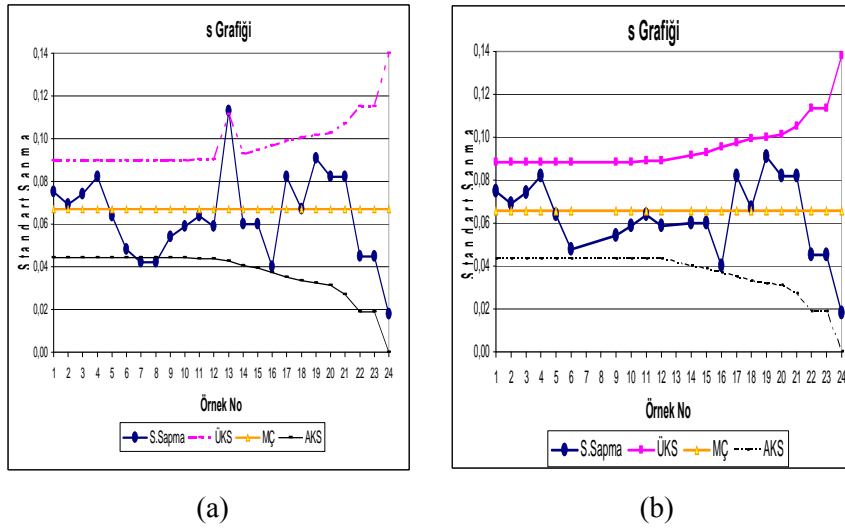


Şekil 2. Düzeltilmiş örneğe ait \bar{x} Grafikleri

Şekil 2 (a)'da 6 gözlemin ortalamalarının kontrol sınırları arasında olmadığı görülmektedir. Buradan sürecin kontrol altında olmadığı söylenebilir. Bu yüzden bu gözlemlerin kontrol sınırları dışına çıkma sebepleri belirlenmeli ve tedbirler alınmalıdır. Bu gözlemlerin ortalamaları süreçten çıkarılarak $\bar{\bar{X}}$ değeri ve kontrol sınırları yeniden hesaplanmıştır. Şekil 2 (b)'den tüm gözlemlerin ortalamalarının ve Şekil 1 (d)'den ise standart sapmalarının kontrol sınırları arasında olduğu görülmektedir. Süreçteki değişkenlik ve süreç ortalaması kontrol altındadır. Böylece bu sınırlar sürecin gerçek kontrol sınırlarıdır.

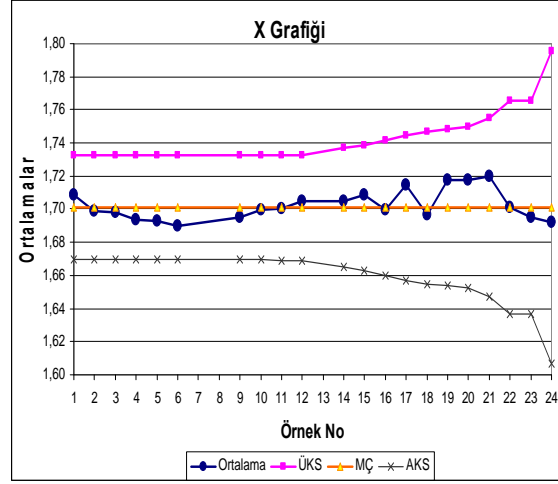
3.2. Saat Bazında ABFO'nu Kontrol Eden Grafikler

Günlük gözlemler analizinden sonra incelediğimiz sürecin saat bazında kontrol altında olup olmadığını denetlemek ve kontrol altında tutmak amacıyla üretimde saat başına verileri analiz etme aşamasına geçilmiştir. Gözlemlerden $\bar{x}-s$ grafiği çizmek amacıyla standart sapma, ortalama ve kontrol sınırları hesaplanmıştır. İlk önce değişkenlik kontrol altına alınması gerektiğinden s grafiği çizilmiştir.



Şekil 3. Düzeltilmiş örneğe ait s Grafikleri

Şekil 3 (a)'dan 3 gözlemin standart sapmasının kontrol sınırları arasında olmadığı görülmektedir. Bu nedenle süreçteki değişkenliğin kontrol altında olmadığı söylenebilir. Bu gözlemler arasında aşırı değişkenliğin olduğu anlaşılmıştır. Değişkenliğin özel bir nedeni olduğundan bu gözlemler süreçten çıkarılarak s değeri ve kontrol sınırları yeniden hesaplanmıştır. Şekil 3 (b)'den gözlemlerin standart sapmasının kontrol sınırları arasında olduğu görülmektedir. Ancak 5. gözlem ile 16. gözlem arasında kalan noktalar merkez çizginin negatif yönünde dağılmaktadır. Bu noktalar arasında süreç gözden geçirilmelidir. Bu durum işletmenin istediği bir durumdur. Çünkü bu noktalarda elde edilen standart sapma değerleri merkez çizginin atında olduğu için üretilen ürünler arasındaki farklılık minimumdur. Bu değişkenlik nedeni tespit edilerek süreçte kalıcı olması için çalışmalar yapılmalıdır. Sürecin değişkenliği kontrol altına alındığı için \bar{x} grafiğine geçilmiştir.



Şekil 4. Düzeltilmiş örneğe ait \bar{X} Grafikleri

Şekil 4'den tüm gözlemlerin ortalamalarının ve Şekil 3 (b)'den ise standart sapmalarının kontrol sınırları arasında olduğu görülmektedir. Ancak \bar{X} grafiğinden 2. gözlem ile 7. gözlem arasında negatif yönde sürekli bir eğilim olduğu görülmektedir. Bu noktalar arasında süreç gözden geçirilmelidir. Bu durum işletmenin istediği bir durumdur. Çünkü bu noktalarda elde edilen ABFO ortalama değerleri merkez çizginin atında olduğu için üretilen ürünler arasında fire kaybı minimumdur. Bu değişkenlik nedeni tespit edilerek süreçte kalıcı olması için çalışmalar yapılmalıdır. Süreçteki değişkenlik ve süreç ortalaması kontrol altındadır. Böylece bu sınırlar sürecin gerçek kontrol sınırlarıdır.

Sonuçlar ve Tartışma

Muğla ilindeki ilgili zeytinyağı işletmesinde üretilen zeytinyağlarının ABFO değerleri açısından kontrol altında olup olmadığı Shewhart türü \bar{X} -s kontrol grafiği ile araştırılmıştır. Hem günlük hem saatlik bazda oluşturulan grafiklerde ABFO değerlerinin kontrol altında olmadığı, yani özel nedenlerin üretimi etkilediği belirlenmiştir. Yetkili bir kişiden alınan bilgiye göre bu özel nedenler: pompalarda kaçak olması, işçilerin verileri yanlış okuması, optimum kostik ve fosforik çözeltisi hesabının yanlış yapılması, makinelerdeki bakım eksikliği, gelen yağın çok asitli olması olabilir. İşletmenin bu

özel nedenleri belirleyerek gidermesi gerekmektedir. Bu nedenler giderildikten sonra süreç iyileştirmesine gidilebilir.

Kontrol sınırları dışına çıkan noktalar kontrol grafiğinde kolayca tespit edildikten sonra bu örneklerin kontrol sınırları dışına çıkma sebepleri belirlenerek bu konuda işletme yöneticilerinin tedbir alması sağlanmıştır. Bunun için yöneticiler görev yapan personele eğitim vermiş, makinelere zamanında bakım yapmış, işçilerin çalışma ortamları düzeltilmiştir. Ayrıca saf yağdaki asit oranını düşüren fosforik ve kostik çözelti miktarı daha iyi hesaplanarak asit başına fire hesabı azaltılmıştır. Çünkü bu çözeltiler ne fazla ne de az eklenmemelidir. Ne kadar iyi eklenirse süreçte kaybolan zeytin yağında o kadar azalacaktır.

Çalışma sonucunda üretim sürecinde kontrol durumunun mevcut olup olmadığının ortaya konmasında ve sürecin nasıl bir seyir takip ettiğinin belirlenmesinde Shewhart kontrol grafiklerinin rahatça kullanılabilmesi görülmüştür.

Kaynaklar

- Atilla, A. (1996), *Çağdaş Kalite Anlayışı İçerisinde İSO 9001 Kalite Güvencesi Sistemi Standardının Yorumu ve Uygulama Örnekleri*, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Bircan, H., Özcan, S. (2003), *Excel uygulamalı Kalite kontrol*, Yargı yayınevi, Sivas.
- Çaltuğ, H., Uğur, N. (1994), *İstatistiksel Kalite Kontrol*, KOSGEB Yayınları, Ankara.
- Elevli S, Behdioğlu S. (2006), *İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri ile Kömür Kalitesindeki Değişkenliğin Belirlenmesi*, Madencilik Cilt 45, Sayı 3, Sayfa 19-26.
- Gitlow, H.S., Oppenheim, A., Oppenheim, R. (1995), *Quality Management: Tools and Methods for Improvement*, 2. Edition, Irwin Inc., USA.
- Gümüšoğlu, Ş. (2000), *İstatistiksel Kalite Kontrolü ve TKY*, Beta yayınları, İstanbul.
- Montgomery, D.C. (2001), *Introduction to Statistical Quality Control*, 4.th Edition, Arizona State University, USA.
- Pekmezci, A. (2005), *İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemleri ve Uygulaması*, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Uğur, N. (1995), *İstatistiksel Proses Kontrolü*, KOSGEB Eğitim Merkezi, 2.Baskı Yayın No: 24, Ankara.