

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOOTEKNİ ANABİLİM DALI

847751

**KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ VE SHEWHART KONTROL
GRAFİKLERİNİN SÜT İŞLETMESİNE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Gazel SER

VAN-2004

KABUL VE ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Levent TÜRKMUT danışmanlığında, Gazel SER tarafından hazırlanan “Kalite Kontrol Grafikleri ve Shewhart Kontrol Grafiklerinin Süt İşletmesine Uygulanması” isimli bu çalışma 17./02./2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Zootekni Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Levent TÜRKMUT

İmza:

Üye: Prof. Dr. Hayrettin OKUT

İmza:

Üye: Mr. Dr. Dr. Abdullah YEŞİLOVA

İmza:

Üye:.....

İmza:

Üye:.....

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 30./04./2004 gün ve 2004/17-D sayılı kararı ile onaylanmıştır.

U. Adıgüzel
Doç. Dr. Nezaket ADIGÜZEL
Enstitü Müdürü

ÖZET

KALİTE KONTROL GRAFİKLERİ VE SHEWHART KONTROL GRAFİKLERİNİN SÜT İŞLETMESİNE UYGULANMASI

SER, Gazel

Yüksek Lisans Tezi, Zootekni Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Levent TÜRKMUT

Ocak 2004, 41 sayfa

Bu çalışmada, değişken nicelikler için kontrol grafikleri (Shewhart), birikimli toplam kontrol grafikleri (CUSUM) ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafikleri, süreçte meydana gelebilecek hedef ortalamadan küçük ve büyük ölçekli kaymaları tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. Bu kaymalar tespit edilmeden önce süreç boyunca kullanılacak kontrol sınırları hesaplanmıştır. Söz konusu çalışmada kullanılan süt örnekleri Tunceli ilinde bulunan Simge Süt İşletmesi'nden sağlanmıştır. Veri kümesi, günlük olarak ölçümlenen sütteki kalite özelliklerinden (kurumadde, asitlik (pH), yağ) oluşmuştur.

Elde edilen veri kümesi, 100 günlük dönemi kapsamaktadır. Buna göre, veri seti beşer günlük dilimler şeklinde düzenlenmiş, günlük olarak her değişkene ait bir ölçüm değeri alınarak, kontrol tablolarına işlenmiş ve alt gruplar 20 haftadan oluşturulmuştur. Düzenlenen veri setine Shewhart kontrol grafikleri uygulanarak süreç hakkında bilgi edinilmiş ve geçici kontrol sınırları belirlenmiştir. Sonraki aşamalarda CUSUM ve EWMA kontrol grafikleri uygulanarak, süreçteki hedef ortalamadan sapmalar belirlenmiş üretim süreci için ileriye dönük tahminlemeler yapılmıştır. Çalışmada, değişkenler için kullanılan kontrol grafikleri uygulaması sonucunda 1 nokta hedef ortalamayı aşarak kontrol dışı sinyal vermektedir. CUSUM ve EWMA kontrol grafikleri uygulaması sonucunda 15 noktanın kontrol sınırlarını aşarak sürecin kontrol dışına çıktığı görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında değişkenler için kontrol grafikleri, hedef ortalamadan büyük kaymaların tespitinde iyi sonuç verirken, hedef ortalamadan küçük kaymalarda ise CUSUM ve EWMA kontrol grafiklerinin daha hassas sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: İstatistiksel kalite kontrolü, Süreç kontrolü, Kontrol grafikleri, Shewhart kontrol grafiği, CUSUM kontrol grafiği, EWMA kontrol grafiği

ABSTRACT

APPLICATION OF QUALITY CONTROL GRAPHICS AND SHEWHART CONTROL GRAPHICS IN MILK PROCESSING PLANT

SER, Gazel

MSc, Animal Science

Advisor: Prof. Dr. Levent TÜRKMUT

January 2004, 41 pages.

In this study, control graphics for variable quantities such as cumulative control (CUSUM) and exponentially weighted moving average graphic have been used to determine the minor and major deviations occur during the process. Before determining the deviations the control levels were evaluated. Milk samples were supplied from Simge Dairy Co. (Tunceli, Turkey). Data consists of values obtained daily by measurement of milk quality characteristics (dry matter, pH and fat).

Data obtained during 100 days period. In 5 days intervals, each variable measured daily for one time, registered on tables and the subgroups formed in 20 weeks. Shewhart control graphics applied to arrange data sets, information obtained about the process and the temporary levels determined. Then CUSUM and EWMA control graphics applied to determine the deviations from object mean of process and further estimations about the production have been done.

The results of applying the control graphics for variables showed that 1 point exceeded the object mean and gave out of control signal. As a result of CUSUM and EWMA control graphics application, 18 points found to exceed the control levels and the process seems to be out of control. The results showed that control graphics for variables can be used to determine the major deviation from object mean but for minor deviations CUSUM and EWMA control graphic gave more sensitive results.

Key Words: Statistical quality control, Proces control, Control graphics, Shewhart control graphic, CUSUM control graphic, EWMA control graphic.

ÖN SÖZ

İstatistiksel kalite kontrolü, sürecin kontrol durumunda olup olmadığını tespit etmeyi amaçlamaktadır. Eğer üzerinde çalışılan süreç kontrol altında değil ise, buna neden olabilecek özel değişim kaynakları belirlenerek sürecin kontrolü sağlanmalıdır. Daha sonra belirli bir nominal veya hedef değer etrafında merkezileşen süreçteki tesadüfi değişimler azaltılmalıdır. Böyle durumlarda, istatistiksel kontrol grafikleri yoğun olarak kullanılmalıdır. Kontrol grafikleri gerekli istatistiksel hesaplamalar yapılarak sonuca gidilmektedir.

Bu çalışmada kontrol grafiklerinden değişkenler için kontrol grafikleri (Shewhart), birikimli toplam kontrol grafiği (CUSUM) ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafiği (EWMA) ölçüme dayanarak elde edilen verilerin analizlerinde kullanılmıştır. Kontrol grafikleri, üretim öncesi, ara aşamalar veya sonrası durumlarda da kullanılmaktadır. Grafikler, kronolojik (saat, gün, hafta v.s) olarak kontrol tablolarına işlenmiş değerlere uygulanmaktadır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde yardımcı olan danışmanım Prof. Dr. Levenet TÜRKMUT'a, bilimsel görüşleri ile örnek aldığım Prof. Dr. Hayrettin OKUT'a, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Seval ANDIÇ'e, sevgili dostum Mehtap GÜNEY'e, Ziraat Yüksek Mühendisi Fatma ÇETİNKAYA'ya ve bana sonsuz sevgi ve anlayış sunan sevgili aileme sonsuz teşekkür ediyorum.

Gazel SER

İÇİNDEKİLER

	sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
EKLER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Materyal	8
3.2. Yöntem	8
3.2.1. Değişken nicelikler (Shewhart) kontrol grafikleri	8
3.2.1.1. (\bar{X}) - (R) Kontrol grafikleri	8
3.2.2. Birikimli toplam (CUSUM) kontrol grafiği	11
3.2.3. Üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiği	12
4. BULGULAR	14
4.1. Değişkenler için (Shewhart) Kontrol Grafikleri Analizi	14
4.2. Birikimli Toplam (CUSUM) Kontrol Grafiği Analizi	22
4.3. Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (EWMA) Kontrol Grafiği Analizi	28
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	35
6. KAYNAKLAR	36
EKLER	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

	sayfa	
Şekil 4.1.	Kurumadde ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) kontrol grafiği	15
Şekil 4.2.	Kurumadde ölçümlerine ait değişi aralığı (R) kontrol grafiği	16
Şekil 4.3.	Yağ ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) kontrol grafiği	18
Şekil 4.4.	Yağ ölçümlerine ait değişim aralığı (R) kontrol grafiği	19
Şekil 4.5.	Asitlik (pH) ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) kontrol grafiği	21
Şekil 4.6.	Asitlik (pH) ölçümlerine ait değişim aralığı (R) kontrol grafiği	22
Şekil 4.7.	Kurumadde değerlerine göre ortalamadan 3σ 'lık ayrılışları tespit eden V maskeli CUSUM kontrol grafiği	24
Şekil 4.8.	Yağ değerlerine göre ortalamadan 3σ 'lık ayrılışları tespit eden V maskeli CUSUM kontrol grafiği	26
Şekil 4.9.	Asitlik (pH) değerlerine göre ortalamadan 3σ 'lık ayrılışları tespit eden V maskeli CUSUM kontrol grafiği	28
Şekil 4.10.	Kurumadde değerlerine ait EWMA kontrol grafiği	30
Şekil 4.11.	Yağ değerlerine ait EWMA kontrol grafiği	32
Şekil 4.12.	Asitlik (pH) değerlerine ait EWMA kontrol grafiği	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

	sayfa
Çizelge 4.1.	Kurumadde ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) ve genişlik (R) kontrol grafiklerine ait hesaplamalar 14
Çizelge 4.2.	Kurumadde ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) ve (R) kontrol grafiklerine ait kontrol sınırları 15
Çizelge 4.3.	Yağ ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait hesaplamalar 17
Çizelge 4.4.	Yağ ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait kontrol sınırları 17
Çizelge 4.5.	Asitlik (pH) ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait hesaplamalar 20
Çizelge 4.6.	Asitlik (pH) ölçümlerine ait ortalama (\bar{X}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait kontrol sınırları 20
Çizelge 4.7.	Kuru madde ölçümlerine ait kümülatif toplam (CUSUM) hesaplamaları 23
Çizelge 4.8.	Yağ ölçümlerine ait kümülatif toplam (CUSUM) hesaplamaları 25
Çizelge 4.9.	Asitlik ölçümlerine ait kümülatif toplam (CUSUM) hesaplamaları 27
Çizelge 4.10.	Kurumadde ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) değerleri ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait kontrol sınırları 29
Çizelge 4.11.	Yağ ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) değerleri ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait kontrol sınırları 31
Çizelge 4.12.	Asitlik (pH) ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) değerleri ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait kontrol sınırları 33

EKLER DİZİNİ

EK 1.	\bar{X}	kontrol grafiği katsayıları	40
EK 2.	R	kontrol grafiği katsayıları	41



KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AKS
CUSUM
EWMA

OÇ
pH
ÜKS
vb.

Alt kontrol sınırı
Kümülatif toplam kontrol grafiği
Üstel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafiği
Orta çizgi
Asitlik derecesi
Üst kontrol sınırı
Ve benzeri



1. GİRİŞ

Bir üretim ünitesinde, üretimin satış taleplerini karşılayacak düzeyde olması istenir. İşletmenin düzenli ve ekonomik bir şekilde çalışması için üretim düzeyinin yıl içindeki dağılımının düzgün olması gerektiği gibi ani bir satış talebini karşılamak için de üretimi hızlandırmak gerekebilir. Bu durum üretimin planlanması ve denetlenmesini önemli hale getirmektedir. Ancak üretimin istenilen biçimde planlanması ve gerçekleştirilmesi kadar üretilen malın istenilen bazı niteliklere (kalite) sahip olması da önemlidir. Kalite; bir üründe önemli sayılan özelliklerin önceden belirlenen değerlere yakınlık derecesi olarak tarif edilmektedir (Başer, 1972).

Belirli özelliklerin istenilen düzeyde olması, bazı standartlara uygunluğu gerektirdiğinden kalitenin sağlanması, kontrol sorununu beraberinde getirmektedir. Bu amaçla istatistiksel kalite kontrol teknikleri; girdi kalitesi, üretim süreci ve çıktı kalitesinin kontrolünü geliştirmeye amaçlanmaktadır. İstatistiksel kalite kontrolü, bir ürünün yüksek derecede yararlı, aynı zamanda bir pazara sahip olacak şekilde ekonomik bir şekilde üretimini sağlamak üzere istatistik ilke ve tekniklerinin üretim sürecinin bütün aşamalarına uygulanmasıdır (Deming, 1967). Bu teknikler; histogram, kontrol tablosu, Pareto analizi, sebep-sonuç diyagramı, dağılım diyagramı, kontrol grafikleri şeklinde sıralanabilmektedir (Feigenbaum, 1991; Köksal, 1998; Anonim, 2000).

Üretim sırasında meydana gelen ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen değişimleri anlamak ve bu olumsuz değişimleri ortadan kaldırmak için çeşitli grafiksel kontrol tekniklerinden yararlanılmaktadır. İstatistik kontrol grafikleri; değişkenliğin ve hedef değerlerden sapmaların nedenlerinin araştırılması, sürecin kontrol altına alınarak önceden tahminlerin yapılması ve önlem alınmasına yardımcı olmaktadır. Böylece işletme ve tüketici ihtiyaçlarına cevap verilerek daha iyi kalite düzeyine sahip ürünler üretilmiş olacaktır. Günümüzde bu amaçların tamamını çatısı altına almak amacıyla kurulmuş olan kalite güvence sistemi için standart model olarak kullanılan ISO-9000 serisi yardımıyla, kalitenin uluslararası standartlara uyumu amaçlanmaktadır (Anonim, 1996).

Bu çalışmada, kalite kontrol grafiklerinin teorik yönü ele alınmaktadır. Bir süt işletmesinden elde edilen veri kümesindeki bilgiler kullanılarak, bu dönem içerisinde işletmenin geçici kontrol sınırlarının saptanarak hızlı bir akış sürecinin sağlanması, ürün kaybının azaltılması, ürün kalitesinin belirlenmiş olan standart değerlere göre ayarlanması, ileriye yönelik tahminlemelerin yapılması ve kalite kontrol grafiğinin uygulama pratikliğini ve kolaylığını gösterebilmek amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

İstatistiksel süreç kontrolleri, sürecin her aşamasında (ölçme, analiz etme ve değerlendirme) istatistik bilim ve tekniklerinin uygulanmasıdır. İstatistiksel süreç kontrolleri genel olarak izlenen bir süreçten alınmış ölçümlere ve elde edilen ölçüm değerlerinin analiz edilmesi için geliştirilmiş grafiksel yöntemlere dayanmaktadır. Süreç kontrolünün en önemli amacı, başlamakta olan bir problemi kısa bir sürede belirlemek ya da karşılaşılan bir sorunun tekrarlanmamasını sağlamaktır (Gümüšoğlu, 2000).

Veri toplamanın temelini örnekleme oluşturmaktadır. Veri toplama iki temel amaç için zorunludur. Bunlardan ilki sorun analizi ikincisi ise sorun önleme analizidir. Sorun analizinde kullanılan temel araçlardan ikisi pareto diyagramları ile sebep-sonuç diyagramlarıdır. Kontrol diyagramları ve histogramlar, işlemi kontrol altında tutarak sorunları önlemeye yardımcı olan iki yöntemdir. Her iki yöntemi oluşturmak için de genel olarak örnekleme yoluyla toplanan veri gereklidir (Orhunbilge, 1997).

Örnekleme sonucunda örnekleme hataları meydana gelebilmektedir. Örnekleme hataları sonucu; kontrolde olan bir süreç kontrol dışı olarak nitelendirilebilir. Bu tip hataya birinci tip hata veya α hatası denilir. Gerçekte kontrol dışı olan bir süreç kontrol durumundadır şeklinde nitelendirilebilir bu tür hataya ise ikinci tip hata veya β hatası denilmektedir (Grant ve Leavenworth, 1996).

İstatistiksel kalite kontrolüne modern istatistik metotlarını ilk uygulayan bilim adamı Dr. Walter Shewhart 1924 yılında kalite kontrol grafiğinin ilk taslağını oluşturmuştur. Bu nedenle kalite kontrol grafiklerine Shewhart kontrol grafiği de denilmektedir (Deming, 1967; İşçil, 1975).

Shewhart kontrol grafiği uygulamalarında alt grup örnek büyüklüğü ve alt grup örnek alma frekansına karar verilmeli, en az 20-25 alt gruptan oluşan kaydedilmiş veriler kullanılmalıdır. Sonuç olarak, her alt grup örneği temsil etmeli, istatistiksel hesaplamalar yapılmalı, uygun kontrol grafiği seçilerek, alt grup örnek istatistiğine dayanan kontrol sınırları hesaplanmalıdır (Foruzanmehr, 1995; Şefik, 1998).

Kontrol grafiklerini esas olarak üç çizgi ifade eder. Bunlar; "Üst Kontrol Sınırı", "Orta Çizgi" ve "Alt Kontrol Sınırı" dır. Kontrol grafiği üzerine işaretlenen bütün noktaların kontrol sınırlarının içinde yer alması ve orta çizginin etrafında tesadüfi dağılması durumunda sürecin istatistiksel olarak "kontrolde", "kontrol altında" veya "istatistiksel olarak dengede" olduğu söylenebilmektedir. Bir veya daha fazla noktanın kontrol sınırlarının dışında yer alması veya noktaların kontrol dışına çıkma eğilimi göstermesi durumunda sürecin istatistiksel olarak "kontrol dışında olduğu" veya "dengede olmadığı" şeklinde yorumlanmaktadır (Neave ve Wheeler, 1996; Ledolter ve Burrill, 1999).

Shewhart kontrol grafikleri iki ana grupta incelenmektedir. Bunlar sırası ile özellikler için kontrol grafikleri ve değişkenler için kontrol grafikleridir. Özellikler için kontrol grafikleri ile değişkenler için kontrol grafikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardır. Eğer ürünler kusurlu ve kusursuz olmak üzere

özelliklerine göre ayrılabilen ise özellikler için kontrol grafiklerinden yararlanılmaktadır. Ancak sonuç sayısal olarak ifade edilebiliyorsa, değişkenler için kontrol grafikleri oluşturularak üretim sürecini izlemek mümkün olabilmektedir (Saniga, 1989; Köksal, 1998; Steiner, 2000).

Özellikler için kontrol grafiklerinin iki tipi vardır. Bunlar sırasıyla; kullanılan örnekteki kusur sayısı (c) kontrol grafiği ve kusurlu örnek oranı (p) kontrol grafikleridir. Değişkenler için kontrol grafikleri ise üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen kontrol grafikleridir. Bunlar sırasıyla; ortalama (\bar{x}) kontrol grafiği, genişlik (R) kontrol grafiği ve standart sapma (s) kontrol grafikleridir. Genel olarak, ortalama (\bar{x}) grafiği, standart sapma (s) veya genişlik (R) kontrol grafiğiyle birlikte kullanılmaktadır (Roberts, 1966; Champ ve Chou, 2003).

Süreçten alınan örnek hacimleri 10' dan büyük ($n > 10$) olursa, genellikle (\bar{x}) - (s) grafiği kullanılır. Süreçten alınan örnek hacimleri 10' dan küçük ($n < 10$) olduğu durumlarda (\bar{x}) - (R) grafiklerinin kullanılması önerilmektedir (Steiner ve ark., 1996a; Costa, 1999; İpek ve ark., 1999; Kartal, 1999).

Kontrol grafiği uygulamalarında populasyon ortalaması (μ) ve standart sapması (σ) bilinmemektedir. Bu nedenle, sürecin kontrol altında olduğu düşünülen bir zamanda üretimden ön örnekler alınarak (μ) ve (σ) tahmin edilmelidir. (Saniga, 1989; Steiner, 2000).

Kontrol grafikleri düzenlenirken örnek hacmi, kontrol sınırlarının genişliği ve kullanılacak örnekleme sıklığını önceden belirlemek gerekmektedir. (\bar{x}) - (R) grafiğini düzenlemekle orta hacimli kaymalardan geniş hacimli kaymalara kadar süreç düzeyinde olabilecek 2σ veya daha büyük hacimdeki kaymaların saptanmasında, $n=4, 5, 6$ gibi küçük örnek hacimleri almak daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Olabilecek küçük çaptaki kaymalarla ilgilenildiğinde $n=15$ 'ten 25'e kadar değişen örnek hacimlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Costa ve Rahim, 1997).

Değişim aralığı (R) kontrol grafiği, küçük örneklerin kullanılması durumunda, süreç standart sapmasıyla tarif edilen süreç seviyesindeki kaymaların tespitinde daha etkilidir. (\bar{x}) - (R) grafikleri üzerinde 3σ kontrol sınırlarının kullanılması çok yaygındır (Costa, 1994; Yang, 1997).

Kalite özelliğine ait ölçüm değerlerinin örnek istatistiği w olsun, bu örnek istatistiğinin ortalaması (μ_w) ve standart sapması (σ_w) ise, kontrol sınırlarının birbirlerine olan uzaklıkları şöyle ifade edilmektedir;

$$\text{Üst kontrol sınırı (ÜKS)} = \mu_w + k\sigma_w$$

$$\text{Orta çizgi (OÇ)} = \mu_w$$

$$\text{Alt kontrol sınırı (AKS)} = \mu_w - k\sigma_w$$

Yukarıdaki formülde k , orta çizgiden kontrol sınırlarına kadar olan uzaklığı belirlemede kullanılan bir katsayıdır. $k = 2$ olduğunda kontrol sınırları orta çizgiden $2\sigma_w$ uzakta, $k = 3$ ise $3\sigma_w$ uzakta anlamına gelmektedir. Uygulamalarda kontrol sınırları için $k = 3$, uyarı sınırları için $k = 2$ alınmaktadır (Does ve Schriever, 1992; Costa ve Rahim, 1997).

Shewhart kontrol grafikleri süreç ortalamasında ortaya çıkan ani ve büyük kaymalarda başarılı sonuçlar sağlmasına karşın, küçük kaymalarda iyi sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle meydana gelebilecek küçük kaymaların belirlenmesinde birikimli toplam veya CUSUM (The Cumulative Sum) kontrol grafiği ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama veya EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) kontrol grafikleri geliştirilmiştir (Woodall ve Montgomery, 1999).

CUSUM kontrol grafikleri, ani, küçük ve orta ölçüdeki değişmelerin fark edilmesinde Shewhart grafiklerine göre daha duyarlıdır. Bu grafikler, kronolojik sırada düzenlenmiş verilerde orta çizgi veya hedeflenen değerden sapmaların birikimli toplamlarının işlenmesiyle oluşturulur. CUSUM grafiği süreç ortalamasındaki kaymanın hangi örnekten itibaren başladığını saptayabilmekte, süreç ortalaması hakkında kısa dönem için, ileriye dönük tahminler yapabilmekte ve böylece bir süreci sürekli denetleyebilmektedir (Bissell, 1990; Reynolds ve ark., 1990; Williams ve ark., 1992; Özdemir, 1996). Bu fonksiyonlarından dolayı birikimli toplam kontrol grafikleri Shewhart kontrol grafikleri kadar yaygın uygulama alanları bulmaktadır. CUSUM kontrol grafikleri; tek yönlü standart CUSUM kontrol grafikleri, hızlı başlangıç tepkisi (FIR), standart V maskesi, olmak üzere üç yönetime sahiptir (Yaschin, 1989).

Tek yönlü CUSUM kontrol grafikleri, hedef değerden örnek değerlerinin sapmalarının birikimli toplamlarını belirlemesinden dolayı örnekleme serisindeki bütün bilgiyle ilgilidir. Hedef değerden (μ_0) farklı yönlere değişim süreçlerini incelemektedir. Birikimli toplam kontrol grafikleri, sadece tek yönlü değişimleri incelemek için planlanmıştır. Bu yüzden tek-yönlü test adını almaktadır (Lucas, 1985; Croiser, 1986; Woldmann, 1986).

Hızlı başlangıç tepkisi (FIR) sonuçları normal dağılan sürecin CUSUM kontrol grafikleriyle kontrol edilmeye başlama aşamasında, süreç düzeyinde meydana gelebilecek kaymayı saptayabilmek amacıyla düzenlenmektedir. CUSUM grafiğinin düzenlenmesi aşamasında süreç denetim altında ise, FIR özelliği, sürecin denetim dışı olma durumunu daha hızlı saptamaktadır (Taylor, 1968; Oktay, 1998; Bolsin ve Colson, 2000; Lucas ve Croiser, 2000).

CUSUM kontrol grafiklerini düzenlemede en çok kullanılan yöntem V maskesi yöntemidir. V maskesi 1959 yılında Barnard tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemin en önemli avantajı, süreç içinde alınan her noktaya uygulanması ve süreç ortalamasında meydana gelebilecek değişmelerin, grafiğin eğimindeki değişimlerle kolayca görülebilmesidir (Lucas, 1973; Grigg ve ark., 2003).

CUSUM kontrol grafiklerinde her yeni nokta veya noktalara V maskesi yöntemi uygulanarak süreç ortalamasında meydana gelebilecek kaymalar saptanabilmektedir. Ancak V maskesi süreç ortalamasında meydana gelebilecek büyük kaymaların saptanmasında yeteri kadar duyarlı olmamaktadır (Steiner ve ark., 1996b).

Shewhart kontrol grafiklerine alternatif olarak geliştirilen ikinci bir grafik ise üstel ağırlıklı hareketli ortalama veya EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) kontrol grafiğidir. EWMA kontrol grafiği son işlemde en fazla ve bundan önceki işlemlerde de geriye doğru gittikçe geometrik tarzda azalan kontrol grafiği düzenleme metodu olarak tarif edilmektedir (Roberts, 2000). EWMA kontrol grafiği Shewhart ve CUSUM kontrol grafiklerine iyi bir alternatiftir (Lucas ve Saccucci, 1990a). EWMA metodu, zaman serisi modellerinde ve tahmin yapmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Schimid, 1995).

EWMA kontrol grafiği, üzerinde durulan kalite özelliği normal dağılım gösteriyorsa ideal sonuçlar verebilmektedir. EWMA kontrol grafiği, CUSUM kontrol grafiği gibi süreç ortalamasında meydana gelebilecek küçük çaptaki kaymaların belirlenmesinde etkili olmaktadır (Tolley ve English, 2001; Capizzi ve Masarotto, 2003).

EWMA formüllerinde λ sabiti en son gözleme verilen sabiti belirtir. λ değerinin seçimi kalite kontrol uzmanına bırakılmalıdır. Ekonometrik verilerle yapılan analizlerde $\lambda = 0,2 \pm 0,1$ değeri tavsiye edilir. Büyük λ değerinin süreç seviyesinde olabilecek büyük çaptaki kaymaların saptanmasında ve küçük λ değerlerinin, küçük kaymaların saptanmasında uygun sonuçlar vermektedir (Lucas ve Saccucci, 1990b).

Işığışok (1999), seksen haftalık sayısal loto çekilişinde elde edilen sonuçların normal dağılım gösterdiğini varsaymış ve CUSUM, EWMA ve SHEWHART kontrol grafiklerinin kombinasyonunu kullanarak istatistiksel süreç kontrolü uygulamıştır. Yapılan çalışma sonucunda, 80 haftalık örneklem ortalamalarından 43. hafta 14.7 ile en küçük ve 20. hafta 36.7 ile en büyük ortalamaya sahip olarak bulunmuştur. Ayrıca, ortalama kontrol grafiğinin kontrol sınırları 8.3 ile 42.2 ve değişim aralığı kontrol sınırları 0 ile 70.4 olarak bulunmuş olup, söz konusu grafikler üzerindeki noktaların tamamı kontrol sınırları içinde kalmıştır. Bu durum, sayısal loto sonuçlarının istatistiksel olarak dengede olduğunu göstermektedir.

Öktay (1998), yaptığı çalışmada Erzurum Şeker Fabrikası'ndan çamurlu atıklardaki şeker içeriğinin azaltılması amacıyla, Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol grafiklerini uygulamıştır. Yapılan uygulamada, çamurlu atıklardaki şeker yüzdesinin %11 ile %18 arasında olup kabul edilen standartlara (%1 ile %3) uygun olmadığı saptanmıştır. Bu amaçla kontrol grafikleri sürece uygulanarak kontrol sınırları %1 ile %3 olarak tayin edilmiş ve çamurlu atıklardaki şeker yüzdesindeki kayıplar bu sınırlar arasına çekilmiştir.

Pleasants ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada, bir yıl süresince Angus ve Hereford sığırları ırklarının kaslarına ait asitlik (pH) ölçüm değerleri sonuçlarını CUSUM kontrol grafikleriyle değerlendirmişlerdir.

Yıdırım ve ark. (2001) kimyasal sürecin önemli bir kalite özelliği olan, otokorelasyona sahip viskosite ölçüm değerlerine kontrol grafiği uygulamasına ilişkin yaptıkları çalışmada, viskosite verileri için hazırlanan EWMA ($\lambda = 0.2$) kontrol grafikleri ile tahmini EWMA değerleri için hazırlanan EWMA ($\lambda = 0.2$) kontrol grafiklerinde aynı sayıda uyarı sınırları dışına çıkan noktalar saptanmıştır. EWMA tahmini değerlerine göre hazırlanan grafikte daha az gözlem merkez değeri

etrafında dağılmakta ve bu sonuç sürecin kontrol dışına çıkabileceğini göstermektedir.

Shewhart, CUSUM, EWMA kontrol grafikleri birlikte kullanıldıklarında süreç hakkında daha çok bilgiye ulaŐılmıŐ olacaktır. Shewhart kontrol grafikleri süreçte meydana gelebilecek büyük kaymaların belirlenmesinde etkili olurken, CUSUM ve EWMA kontrol grafikleri süreçte meydana gelebilecek kk kaymaların belirlenmesinde etkili olmaktadır. Shewhart kontrol grafiği büyük örnek gruplarında kolay bir Şekilde uygulanabilmektedir. CUSUM ve EWMA kontrol grafikleri ise kk örnek gruplarında daha etkili, fakat uygulama açısından daha karmaŐık olabilmektedir (Margavio ve ark., 1995; Tatum, 1996).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmanın materyalini, Tunceli ilinde bulunan Simge Süt İşletmesi'nin 2001 yılında 100 günlük dönem içerisinde günlük süt ölçümlerinden elde edilen ve süt kalitesi üzerine önemli etkileri olan kurumadde, yağ ve asitlik (pH) değerleri oluşturmaktadır.

3.2. Yöntem

Kalite kontrol grafiklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için yöntem başlığı altında genel olarak Shewhart kontrol grafiği tanıtılmış ve bu kontrol grafiğine alternatif olarak geliştirilen birikimli toplam (CUSUM) ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait teknik bilgiler verilmiştir.

Çalışmada, analizler JMP 4.0.4 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Sürecin kontrol altında olup olmadığını ve oluşabilecek kaymanın büyüklüğünü belirlenmesi amacıyla ilk olarak değişken nicelikler (Shewhart) için kontrol grafiği uygulanmıştır.

3.2.1. Değişken nicelikler için (Shewhart) kontrol grafikleri

Değişken nicelik kontrol grafikleriyle, hem örnek ortalamalarının dağılımı hem de örneklere ait dağılım ölçülerinin dağılışı izlenir. Dağılım ölçüsü olarak standart sapma veya değişim aralığı kullanılır. Ortalama için kullanılan grafik " (\bar{x}) grafiği", değişim aralığı için kullanılan grafik " (R) grafiği", standart sapma için kullanılan grafik " (s) grafiği" olarak isimlendirilir (Foruzanmehr, 1995). Bu çalışmada (\bar{x}) - (R) kontrol grafikleri ele alınacaktır.

3.2.1.1. (\bar{x}) - (R) Kontrol grafikleri

Shewhart kontrol grafiği istatistiksel kontrol durumunun daha kesin tanımlamasını sağlayan ve kontrolün gerçekleşmesi durumunda, karar vermeyi mümkün kılan araçtır. Verilen aralıklar içerisinde örnekler sık aralıklarla alınabilir. Kontrol grafiğine işlenmiş her nokta sürecin kontrol altında olup olmadığı hakkında bize karar verme imkanı sağlamaktadır (Costa, 1999).

Genellikle bu grafiklerde örnek hacmi küçük tutularak maliyetler azaltılmaktadır. Ortalama (\bar{x}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafikleri birbirlerinin tamamlayıcısı niteliktedir. Burada hem örnek ortalaması kabul edilebilir bir düzeyde

olmalı hem de değişkenlik uygun aralığa sahip olmalıdır. Bu durum sağlandığında sürecin kontrol altında olduğu söylenilebilmektedir (Feigenbaum, 1991; Miller ve Balch, 2001).

Uygulamada genellikle populasyon ortalaması (μ) ve standart sapma (σ) bilinmemektedir. Sürecin kontrol altında olduğu düşünülen bir zamanda populasyondan ön örnekler alınarak (μ) ve (σ) tahmin edilir (Does ve Schriever, 1992).

m tane örneğin ortalamaları $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_m$ ise, süreç ortalaması olan μ ' nün tahmin edicisi,

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad (1)$$

eşitliğiyle elde edilir.

Eşitlikte yer alan $\bar{\bar{x}}$ genel ortalamaya olup, genel ortalamaya ($\bar{\bar{x}}$) grafiğinde orta çizgi olarak kullanılır.

m adet örneğin değişim aralıkları R_1, R_2, \dots, R_m ise R ' lerin ortalaması,

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (2)$$

Böylece \bar{R} kullanılarak σ ' nün bir tahmini $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$ formülüyle

hesaplanır. μ ' nün tahmini olarak $\bar{\bar{x}}$ ve σ ' nün yerine $\frac{\bar{R}}{d_2}$ birer tahmin edici

olarak kullanılmaktadır (Woodall, 1990; Oktay, 1998).

$\bar{\bar{x}}$ grafiği için kontrol sınırları şöyle olur:

$$\text{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$\text{OÇ} = \bar{\bar{x}} \quad (4)$$

$$AKS = \bar{x} - \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \quad (5)$$

\bar{X} genel ortalama ve \bar{R} değişim aralıkları ortalaması olarak ifade edilmektedir. d_2 farklı örnek hacimlerine (n) göre elde edilen sabitlerdir.

Bu formüllerde $A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$ olarak yazılırsa;

$$\text{ÜKS} = \bar{x} + A_2 \bar{R} \quad (6)$$

$$\text{OÇ} = \bar{x} \quad (7)$$

$$AKS = \bar{x} - A_2 \bar{R} \quad (8)$$

şeklinde ifade edilmektedir (Ledolter ve Burrill, 1999; Champ, ve Chou, 2003).

$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$ formülünden faydalanılarak değişken nicelik kontrol

grafikleri tabloları (Ek 1) oluşturulmuştur.

R kontrol grafiklerinin sınırları;

$$\text{ÜKS} = \bar{R} D_4 \quad (9)$$

$$\text{OÇ} = \bar{R} \quad (10)$$

$$AKS = \bar{R} D_3 \quad (11)$$

şeklinde düzenlemek mümkündür. D_3 ve D_4 değerleri farklı örnek hacimlerine göre elde edilen sabitler olup, değişken nicelik kontrol grafiklerini düzenlemede kullanılan faktörler tablosunda (Ek 2) sunulan değerlerdir (Grant ve Leavenworth, 1996; Costa ve Rahim, 1997).

3.2.2. Birikimli toplam (CUSUM) kontrol grafiği

Birikimli toplam kontrol grafiğinin performansı V maskesinin parametreleri tarafından belirlenir. V maskesini oluşturmada, d uzunluğu θ açısını bilmekte yeterli olabilmektedir. Eğer \bar{X}_i 'nin standart hatası σ_x ile gösterilirse,

süreç ortalamasında bir kayma olmadığında, bir kaymanın olduğu neticesine varma ihtimali α ve gerçekte bir kayma varken, bunu tespit edememe ihtimali β ile gösterildiğinde her iki olasılığın da kabul edilebilir bir seviyede tutulması gerektiği varsayıldığında, V maskesi parametreleri;

$$d = \left(\frac{2}{\delta^2} \right) \ln \left(\frac{1-\beta}{\alpha} \right) \quad (12)$$

ve

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) \quad (13)$$

formüllerleriyle hesaplanmaktadır.

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_x} \quad (14)$$

formülü ile hesaplanabilmektedir (Woldmann, 1986; Reynolds ve ark., 1990).

Burada Δ değerı, süreç ortalamasında meydana gelen kaymayı göstermektedir. A değerı, dik eksenın yatay eksene oranını gösteren bir ölçek faktördür. Yatay eksen üzerindeki 1 birimlik uzunluğa karşılık gelen dikey eksen üzerindeki birimlerin uzaklığıdır. Genellikle A 'nın σ_x ile $2\sigma_x$ arasında ve $A = 2\sigma_x$ alınması önerilmektedir. σ_x 'in yerine süreç σ 'sı kullanılmalıdır. σ_x ,

örnek ortalamaları için standart hatadır ($\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$) (Yaschin, 1989).

Eğer β olasılığı, ihmal edilebilecek kadar küçük ise,

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} \quad (15)$$

şeklinde yeniden düzenlemek mümkün olmaktadır.

α , süreçte kayma yokken, kaymanın olduğuna karar verme olasılığıdır. β , süreç ortalamasında kayma varken bunu tespit edememe olasılığı, δ araştırılmasına karar verilen süreç seviyesindeki en küçük kayma miktarıdır ($\Delta = \delta\sigma_x$) (Gann, 1991; Lucas ve Croiser, 2000).

3.2.3. Üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiği

Hunter (1986) tarafından EWMA'nın tahmini değeri,

$$z_{t+1} = z_t + \lambda e_t = z_t + \lambda \left(\bar{X}_t - z_t \right) \quad (16)$$

formülü ile hesaplanmasını önerir. Bu formüldeki z_{t+1} değeri, $t+1$ zamanındaki tahmini ortalamayı; \bar{X}_t t zamanındaki gözlemden edilen değeri; z_t t zamanındaki tahmini değeri ve $e_t = \bar{X}_t - z_t$ değeri de t zamanındaki gözlemden elde edilen hatayı temsil eder. Ayrıca λ sabiti, en son gözlem değerine verilecek ağırlığı belirtir ve EWMA istatistiğinin gücünü gösterir (Reynolds ve Arnold, 2001).

Bununla birlikte, aralarında EWMA kontrol grafiğini ilk olarak ortaya koyan Roberts (2000) tarafından önerilen üstel ağırlıklı hareketli ortalama tahmin değerini hesaplamada,

$$z_t = \lambda \bar{X}_t + (1 - \lambda)z_{t-1} \quad (17)$$

$$z_{t-1} = \lambda \bar{X}_{t-1} + (1 - \lambda)z_{t-2} \quad (18)$$

formüllerini kullanmayı önermişlerdir (McGregor ve Harris, 1990; Roberts, 2000).

Yukarıda gösterilen formüldeki λ değeri, sıfır ile bir arasında sabit bir sayıdır. Montgomery (1991)'in bildirdiğine göre λ değerinin hata kareler toplamı hesaplanmasıyla da bulunabilmektedir. Yapılan çalışmalarda hesaplanan hata kareler toplamı sonucu en küçük hata kareler toplamı $\lambda = 0,2$ değeriyle elde edilmiştir (Tolley ve English, 2001; Capizzi ve Masarotto, 2003).

Grafik üzerine işaretlenecek ilk EWMA tahmin değeri,

$$z_0 = \bar{\bar{X}} \quad (19)$$

olur. İlk EWMA değeri orta çizgi üzerinde yer alır (Hunter, 1986; Lucas ve Saccucci, 1990).

EWMA kontrol grafiğinde z_t değerinin daha önce alınan bütün örnek ortalamalarının ağırlıklı ortalaması olduğunu göstermek için eşitlik (17)'nin sağ tarafındaki z_{t-1} değerinin yerine onun eşiti olan eşitlik (18)'in sağ yanındaki

$$\lambda \bar{X}_{t-1} + (1 - \lambda)z_{t-2} \quad (20)$$

değerini yazarsak eşitlik (17)'yi,

$$z_t = \lambda \bar{X}_t + (1 - \lambda) \left[\lambda \bar{X}_{t-1} + (1 - \lambda)z_{t-2} \right] \quad (21)$$

$$z_t = \lambda \bar{X}_t + \lambda(1 - \lambda)\bar{X}_{t-1} + (1 - \lambda)^2 z_{t-2} \quad (22)$$

şeklinde daha anlaşılır bir EWMA formülünü elde ederiz. Bu formül daha genel bir yaklaşımla z_{t-j} ve $j = 1, 2, \dots, t$ olacak şekilde yeniden düzenlendiğinde,

$$z_t = \lambda \sum_{j=1}^{t-1} (1-\lambda)^j \bar{X}_{t-j} + (1-\lambda)^t z_0 \quad (23)$$

formülünü elde edilir. $\lambda(1-\lambda)^j$ ağırlıkları, geometrik olarak azalır. Bununla birlikte, ağırlıkların toplamı,

$$\lambda \sum_{j=1}^{t-1} (1-\lambda)^j = \lambda \left[\frac{1-(1-\lambda)^t}{1-(1-\lambda)} \right] = 1-(1-\lambda)^t \quad (24)$$

olmasından dolayı 1'e eşittir (Crowder, 1986a).

Üstel ağırlıklı hareketli ortalama gözlemlerin ağırlıklı bir ortalaması olduğundan normallik yaklaşımına karşı çok duyarlıdır. Üzerinde durulan kalite özelliği normal dağılıyor ise bu kontrol grafiği ideal sonuçlar vermektedir (Crowder, 1986b).

EWMA kontrol sınırlarını hesaplamada kullanılan standart sapma değerleri belli bir t değerine kadar sabit değildir. EWMA kontrol sınırları;

$$\text{ÜKS} = \bar{x} + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1-(1-\lambda)^{2t}]} \quad (25)$$

$$\text{OÇ} = \bar{x} \quad (26)$$

$$\text{AKS} = \bar{x} - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1-(1-\lambda)^{2t}]} \quad (27)$$

formülleriyle hesaplanabilmektedir (Reynolds ve ark., 1990; Hahn ve Doganaksoy, 1995; Palm ve DeAmico, 1995).

4. BULGULAR

Çalışmada, kurumadde, yağ, asitlik (pH) ölçüm değerlerine değişkenler için (Shewhart) kontrol grafiği, birikimli toplam (CUSUM) kontrol grafiği ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiği uygulanmıştır.

4.1. Değişkenler İçin (Shewhart) Kontrol Grafikleri Analizi

Kontrol grafiklerinde öncelikle değişkenler için kontrol grafikleri uygulanarak sürecin akışı hakkında bilgi edinilerek, ortalama ve değişim aralıkları kontrol grafikleri düzenlenmiştir. Ölçüm değerlerine ait ortalamalar ve değişim aralıkları hesaplamaları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kurumadde ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) ve genişlik (R) kontrol grafiklerine ait hesaplamalar

1	2	3	4	5	\bar{X}_i	R
9.20	9.80	9.40	9.50	9.90	9.56	0.70
9.40	9.50	9.00	9.30	9.60	9.36	0.60
9.50	9.40	9.40	9.80	9.90	9.60	0.50
9.50	9.50	9.50	9.60	9.50	9.52	0.10
9.40	9.60	9.60	9.40	9.50	9.50	0.20
9.50	9.40	9.50	9.50	9.60	9.50	0.20
9.20	9.50	9.40	9.50	10.00	9.52	0.80
9.40	9.40	8.60	9.70	9.20	9.26	1.10
9.50	9.50	9.40	9.60	9.20	9.44	0.40
9.40	9.80	9.50	9.80	9.20	9.54	0.60
9.50	9.60	9.40	9.50	9.20	9.44	0.40
9.50	9.80	9.40	10.00	9.40	9.62	0.60
9.20	9.20	9.20	9.50	9.40	9.30	0.30
10.00	9.50	9.50	9.40	9.40	9.56	0.60
9.50	9.20	9.30	9.70	9.20	9.38	0.50
9.50	9.40	9.50	9.70	9.40	9.50	0.30
9.50	9.40	9.60	9.50	9.40	9.48	0.20
9.20	9.50	9.40	9.50	9.00	9.32	0.50
9.50	9.80	9.50	9.70	9.20	9.54	0.60
9.20	9.50	9.80	9.60	9.40	9.50	0.60

Çizelge 4.1'de alınan her örneğe ait ölçüm değerleri ve bu ölçüm değerlerine göre hesaplanmış ortalama (\bar{x}) ve değişim aralıkları (R) verilmiştir.

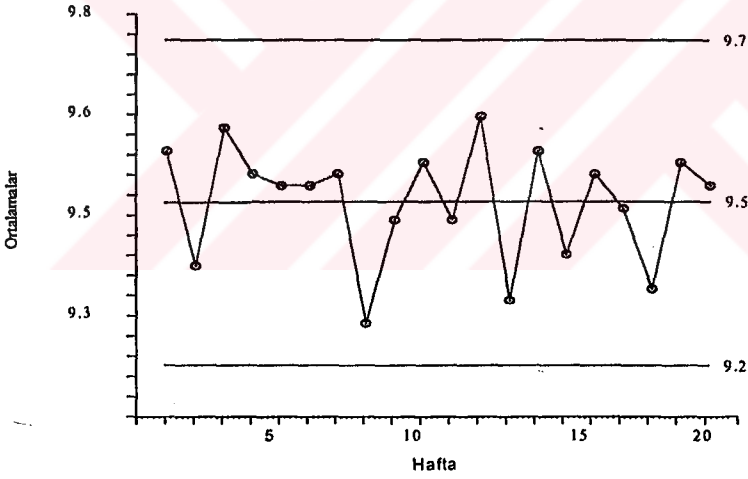
Buna göre grafikte orta çizgi olarak ifade edilen ortalama (\bar{x}) ve değişim aralıkları (R)'lere ait kontrol sınırları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kurumadde ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait kontrol sınırları

Kontrol sınırları	\bar{X}_i	R
ÜKS	9.8	1.0
OÇ	9.5	0.5
AKS	9.2	0.0

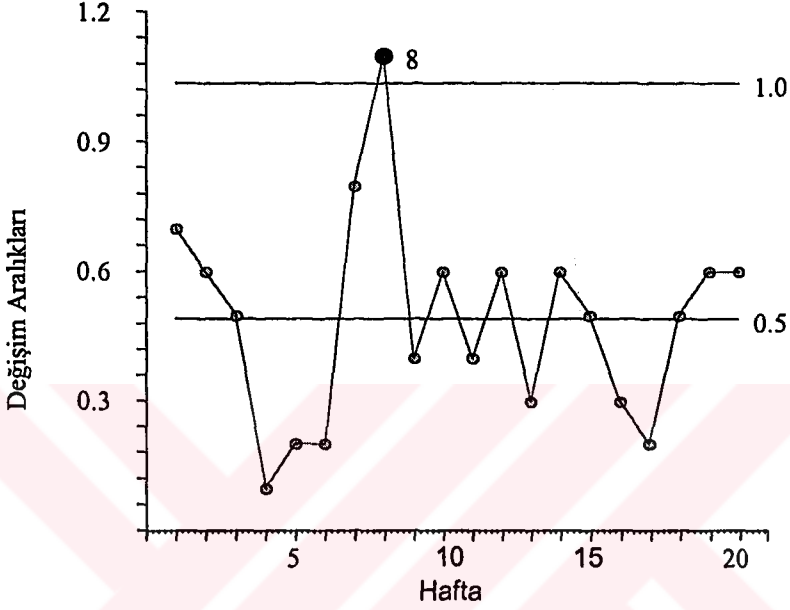
ÜKS: Üst kontrol sınırı, OÇ: Orta çizgi, AKS: Alt kontrol sınırı

Çizelge 4.2.'deki 3-sigma limiti dikkate alınarak oluşturulan ÜKS, OÇ ve AKS hesap değerleri kullanılarak (\bar{x}) kontrol grafiği Şekil 4.1'de ve (R) kontrol grafiği Şekil 4.2'de düzenlenmiştir.



Şekil 4.1. Kurumadde ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) kontrol grafiği

Şekil 4.1'deki (\bar{x}) kontrol grafiğinde görüldüğü gibi her bir ölçüm değeri grafik üzerinde işaretlenmiş ve noktalar üst kontrol sınırı ve alt kontrol sınırı içerisinde dağılış göstermiştir. Kontrol grafiğine göre sürecin kontrol altında olduğu söylenebilmektedir. Ancak 8. haftada ölçümlenen kurumadde değerinin alt kontrol sınırına yaklaştığı görülmekte ve sonraki süreçlerde kontrol dışına çıkabileceği sinyali vermektedir.



Şekil 4.2. Kurumadde ölçümlerine ait değişim aralığı (R) kontrol grafiği

Şekil 4.2'deki (R) kontrol grafiğinde görüldüğü gibi 8. haftada alınan kurumadde ölçüm değeri, üst kontrol sınırını aşarak sürecin kontrol altında olmadığını göstermektedir.

Değişken nicelikler kontrol grafikleri yağ ölçüm değerlerine uygulanmış ve bunlara ait ölçüm değerleri ve her ölçüm değeri için (\bar{x}) ve (R) değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yağ ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait hesaplamalar

1	2	3	4	5	\bar{X}_i	R
4.00	4.00	3.90	3.80	4.00	3.94	0.20
4.20	3.90	3.40	3.50	3.50	3.70	0.80
3.90	3.60	3.80	4.00	4.05	3.87	0.25
4.00	3.90	3.90	3.60	3.60	3.80	0.40
3.50	4.10	3.50	3.50	3.50	3.62	0.60
4.10	4.10	4.10	3.40	3.50	3.84	0.70
4.10	3.90	3.90	3.60	4.00	3.90	0.50
3.60	3.90	3.10	3.85	3.75	3.64	0.80
3.80	3.90	3.80	3.70	3.90	3.82	0.20
4.20	3.90	3.95	4.10	3.90	4.01	0.30
4.10	4.10	4.10	3.60	3.70	3.92	0.50
4.10	4.20	3.80	4.10	3.90	4.02	0.40
4.20	4.00	3.60	3.60	3.90	3.86	0.60
4.20	4.20	3.90	3.40	3.80	3.90	0.80
4.30	3.90	3.70	3.80	3.60	3.86	0.70
4.20	4.00	3.90	3.60	3.80	3.90	0.60
3.90	3.80	3.60	3.60	3.70	3.72	0.30
3.30	3.90	3.50	3.70	3.85	3.65	0.60
4.20	4.00	3.60	3.60	3.75	3.83	0.60
3.90	3.90	3.60	3.70	3.90	3.80	0.30

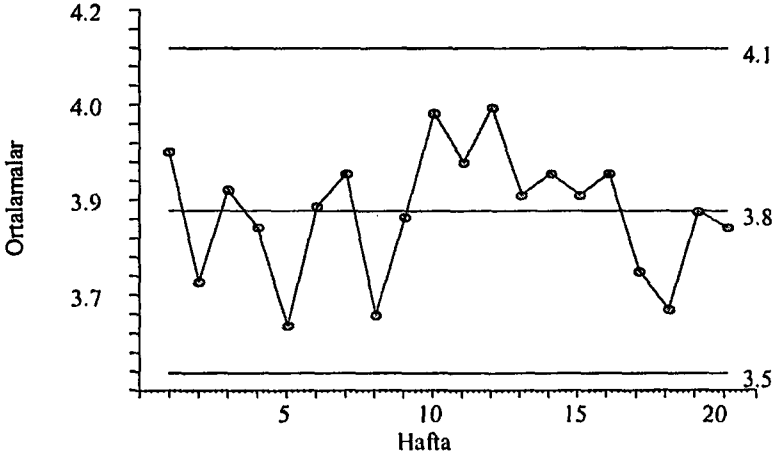
Çizelge 4.4'te yağ ölçüm değerlerine ait kontrol sınırları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Yağ ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait kontrol sınırları

Kontrol sınırları	\bar{X}	R
ÜKS	4.1	1.1
OÇ	3.8	0.5
AKS	3.5	0.0

ÜKS: Üst Kontrol Sınırı, OÇ Orta Çizgi, AKS: Alt Kontrol Sınırı

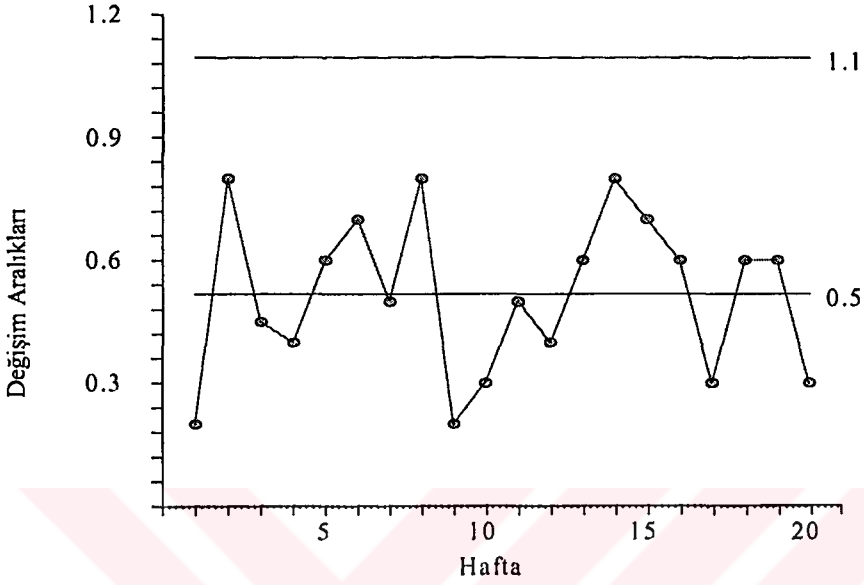
Yağ ölçüm değerlerine ait (\bar{x}) kontrol grafiği Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3 Yağ ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) kontrol grafiği

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi grafik üzerindeki noktalar 3.8 olarak belirlenen orta çizgi etrafında dağılım göstermiştir.

Yağ ölçüm değerlerine ait değişim aralığı (R) kontrol grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Yağ ölçümlerine ait değişim aralığı (R) kontrol grafiği

Şekil 4.4'teki (R) kontrol grafiğine göre noktalar kontrol sınırları içerisinde tesadüfi olarak bir dağılış göstermişlerdir.

Asitlik (pH) ölçüm değerlerine ait ortalamalar (\bar{x}) ve değişim aralıkları (R) hesaplamaları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Asitlik (pH) ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait hesaplamalar

1	2	3	4	5	\bar{X}_i	R
8.00	7.60	7.40	6.90	7.10	7.40	1.10
7.20	7.20	7.20	7.30	7.60	7.30	0.40
7.20	7.60	7.10	7.10	7.50	7.30	0.50
7.00	7.60	7.40	7.30	7.10	7.28	0.60
7.60	7.80	7.60	7.10	7.00	7.42	0.80
6.80	7.40	7.60	7.00	6.60	7.08	0.80
6.80	7.60	7.20	7.00	7.00	7.12	0.80
8.00	7.20	6.80	7.30	6.80	7.22	1.20
7.50	8.00	7.20	7.20	6.40	7.26	1.60
6.80	7.70	7.20	7.00	6.80	7.10	0.90
7.20	7.80	7.40	7.40	6.80	7.32	1.00
7.20	7.60	8.80	7.30	6.80	7.54	2.00
7.20	7.10	8.40	6.80	6.80	7.26	1.60
7.60	7.40	7.20	7.00	7.20	7.28	0.60
7.60	7.20	7.40	7.10	6.80	7.22	0.80
7.20	6.80	7.20	7.20	6.80	7.04	0.40
7.20	7.60	7.60	6.80	7.20	7.28	0.80
6.90	7.60	6.90	7.30	7.20	7.18	0.70
7.60	7.20	7.20	7.20	7.20	7.28	0.40
7.00	7.20	7.40	7.50	7.00	7.22	0.50

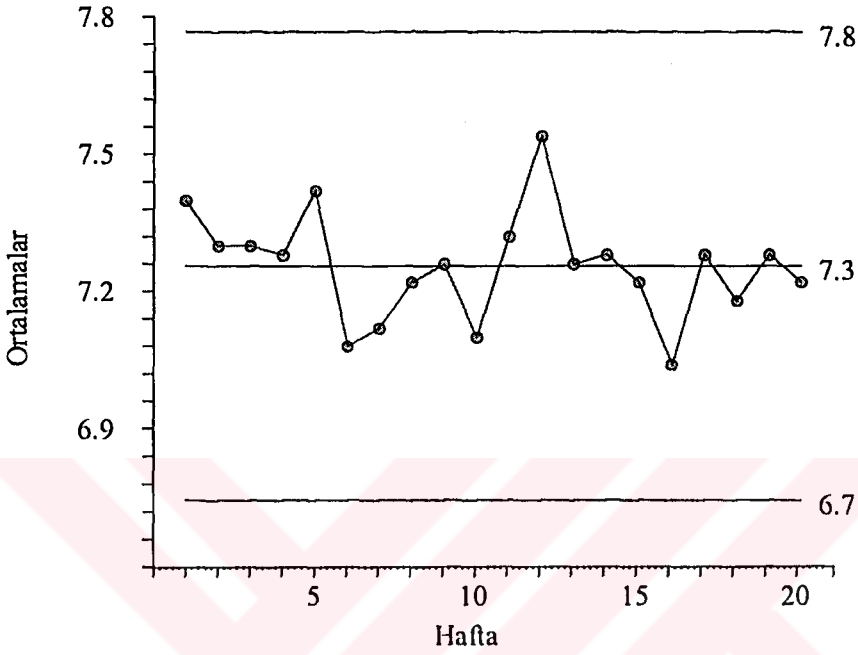
Asitlik ölçüm değerlerine ait kontrol sınırları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Asitlik (pH) ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) ve değişim aralığı (R) kontrol grafiklerine ait kontrol sınırları grafiklerine ait kontrol sınırları

Kontrol sınırları	\bar{X}	R
ÜKS	7.6	1.9
OÇ	7.3	0.9
AKS	6.8	0.0

ÜKS: Üst Kontrol Sınırı; OÇ Orta Çizgi; AKS: Alt Kontrol Sınırı

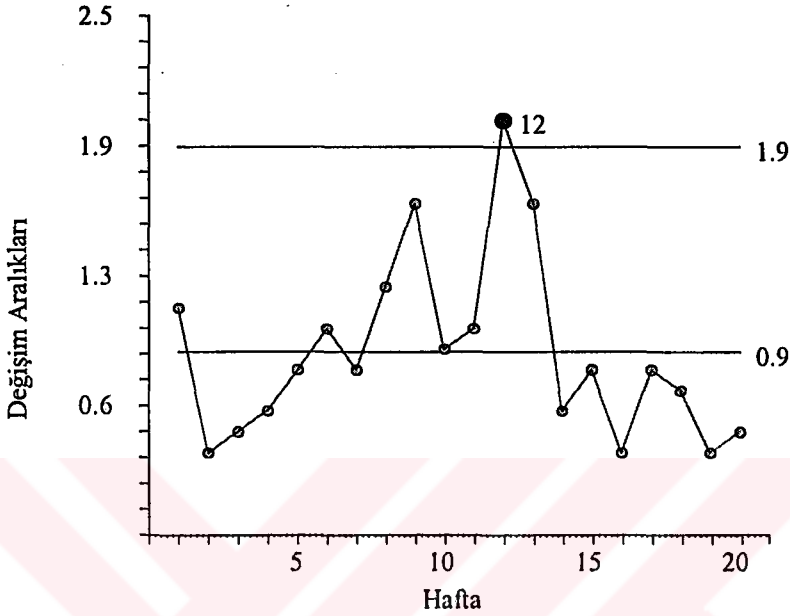
Asitlik (pH) ölçüm değerlerine ait ortalama (\bar{x}) kontrol grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Asitlik (pH) ölçümlerine ait ortalama (\bar{x}) kontrol grafiği

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi tüm noktalar alt ve üst kontrol sınırları içerisinde dağılıp göstermiştir.

Asitlik (pH) ölçüm değerlerine ait değişim aralığı (R) kontrol grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



ekil 4.6. Asitlik (pH) ölçümlerine ait değişim aralığı (R) kontrol grafiği

Şekil 4.6'da (R) kontrol grafiği incelendiğinde 12. haftaya ait ölçüm değeri üst kontrol sınırını geçerek sürecin kontrol dışına çıkmasına neden olmaktadır.

4.2. Birikimli Toplam (CUSUM) Kontrol Grafiği Analizi

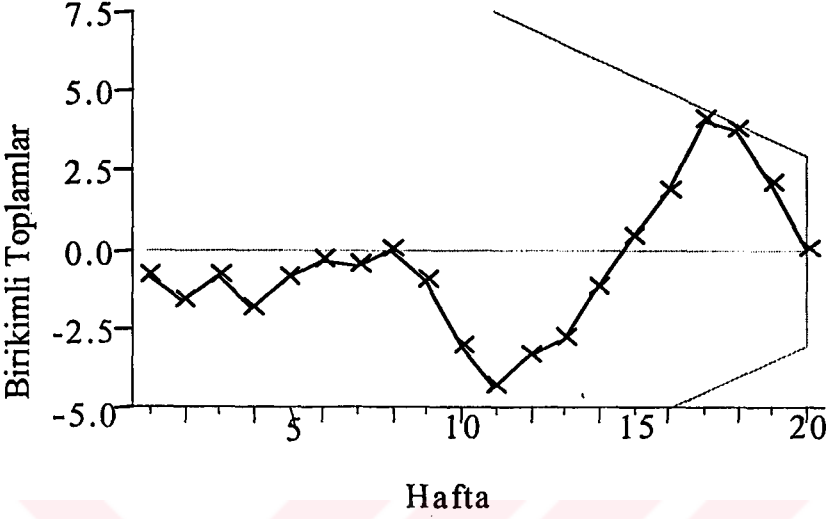
CUSUM kontrol grafikleri kuru madde, yağ ve asitlik (pH) ölçüm değerlerine ayrı olarak uygulanmıştır. Kurumadde ölçümlerine ait CUSUM hesaplamaları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Kurumadde ölçümlerine ait birikimli toplam (CUSUM) hesaplamaları

1	2	3	4	5	\bar{X}_i	$\bar{X}_{i-9.5}$	S_i
9.20	9.80	9.40	9.50	9.90	9.56	0.06	0.06
9.40	9.50	9.00	9.30	9.60	9.36	-0.14	-0.08
9.50	9.40	9.40	9.80	9.90	9.60	0.10	0.02
9.50	9.50	9.50	9.60	9.50	9.52	0.02	0.04
9.40	9.60	9.60	9.40	9.50	9.50	0.00	0.04
9.50	9.40	9.50	9.50	9.60	9.50	0.00	0.04
9.20	9.50	9.40	9.50	10.00	9.52	0.02	0.06
9.40	9.40	8.60	9.70	9.20	9.26	-0.24	-0.18
9.50	9.50	9.40	9.60	9.20	9.44	-0.06	-0.24
9.40	9.80	9.50	9.80	9.20	9.54	0.04	-0.20
9.50	9.60	9.40	9.50	9.20	9.44	-0.06	-0.26
9.50	9.80	9.40	10.00	9.40	9.62	0.12	-0.14
9.20	9.20	9.20	9.50	9.40	9.30	-0.20	-0.34
10.00	9.50	9.40	9.40	9.56	9.56	0.06	-0.28
9.50	9.20	9.70	9.20	9.38	9.38	-0.12	-0.40
9.50	9.40	9.70	9.40	9.50	9.50	0.00	-0.40
9.50	9.40	9.50	9.40	9.48	9.48	-0.02	-0.42
9.20	9.50	9.50	9.00	9.32	9.32	-0.18	-0.60
9.50	9.80	9.70	9.20	9.54	9.54	0.04	-0.56
9.20	9.50	9.60	9.40	9.50	9.50	0.00	-0.56

Çizelge 4.7'de verilen $x_{i-9.5}$ değeri kurumaddeye ait genel ortalama değeridir. Bu çizelgede örnek ortalamaları, örnek ortalamaları ile tahmini populasyon ortalaması arasındaki farklar ve CUSUM değerleri hesaplanmıştır.

Yatay eksene haftalar ve dikey eksene Çizelge 4.7'deki CUSUM değerleri yazılarak kurumadde değerlerine ait Şekil 4.7 elde edilmiştir.



Şekil 4.7. Kurumadde değerlerine göre ortalamadan 3σ 'lık ayrılışları tespit eden V maskeli CUSUM kontrol grafiği ait CUSUM kontrol grafiği

Şekil 4.7'deki CUSUM grafiğine yirminci örnekten sonra V maskesi uygulandığında hiçbir örneğin kontrol dışı olma sinyali vermediği görülmüştür.

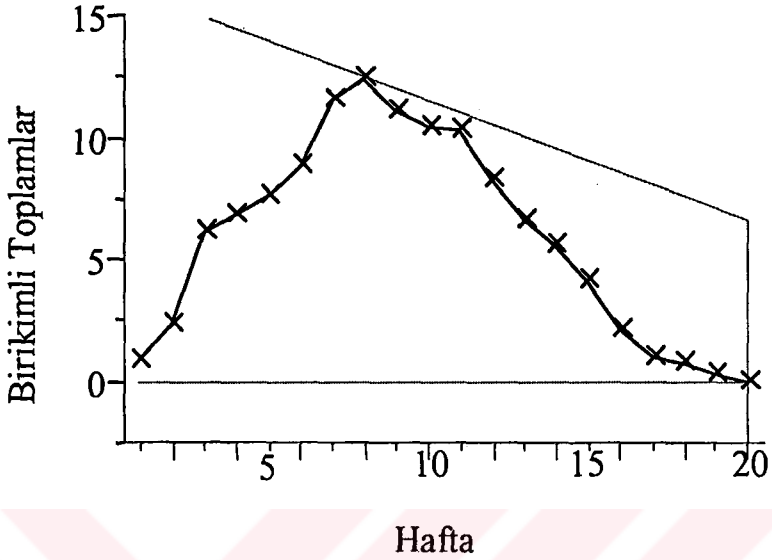
Yağ ölçümlerine ait birikimli toplam (CUSUM) hesaplamaları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Yağ ölçümlerine ait birikimli toplam (CUSUM) hesaplamaları

1	2	3	4	5	\bar{X}_i	$\bar{X}_i-3.8$	S_i
4.00	4.00	3.90	3.80	4.00	3.94	0.14	0.14
4.20	3.90	3.40	3.50	3.50	3.70	-0.10	0.04
3.90	3.00	3.80	4.00	4.05	3.87	0.07	0.11
4.00	3.90	3.90	3.60	3.60	3.80	0.00	0.11
3.50	4.10	3.50	3.50	3.50	3.62	-0.18	-0.07
4.10	4.10	4.10	3.40	3.50	3.84	0.04	-0.03
4.10	3.90	3.90	3.60	4.00	3.90	0.10	0.07
3.60	3.90	3.10	3.85	3.75	3.64	-0.16	-0.09
3.80	3.90	3.80	3.70	3.90	3.82	0.02	-0.07
4.20	3.90	3.95	4.10	3.90	4.01	0.21	0.14
4.10	4.10	4.10	3.60	3.70	3.92	0.12	0.26
4.10	4.20	3.80	4.10	3.90	4.02	0.22	0.48
4.20	4.00	3.60	3.60	3.90	3.86	0.06	0.54
4.20	4.20	3.90	3.40	3.80	3.90	0.10	0.64
4.30	3.90	3.70	3.80	3.60	3.86	0.06	0.70
4.20	4.00	3.90	3.60	3.80	3.90	0.10	0.80
3.90	3.80	3.60	3.60	3.70	3.72	-0.08	0.72
3.30	3.90	3.50	3.70	3.85	3.65	-0.15	0.57
4.20	4.00	3.60	3.60	3.75	3.83	0.03	0.60
3.90	3.90	3.60	3.70	3.90	3.80	0.00	0.60

Çizelge 4.8'de kontrol dönemi boyunca alınan örneklere ait ortalamalar, her bir ortalamanın genel ortalamadan farkları ve son sütunda ise bir önceki sütunda hesaplanmış olan farkların birikimli toplamaları alınarak CUSUM değerleri elde edilmiştir.

Yağ değerlerine ait ortalamadan 3σ 'lık ayrılışları tespit eden V maskeli CUSUM kontrol grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Yağ değerlerine göre ortalamadan 3σ 'lık ayrılışları tespit eden V maskeli CUSUM kontrol grafiği

Şekil 4.8 Yağ değerlerine uygulanan birikimli toplam kontrol grafiği verilmiştir. Grafik üzerindeki 20. örnek üzerine V maskesi uygulandığında, 8. örneğin kontrol dışı olma sinyali verdiği gözlenmektedir.

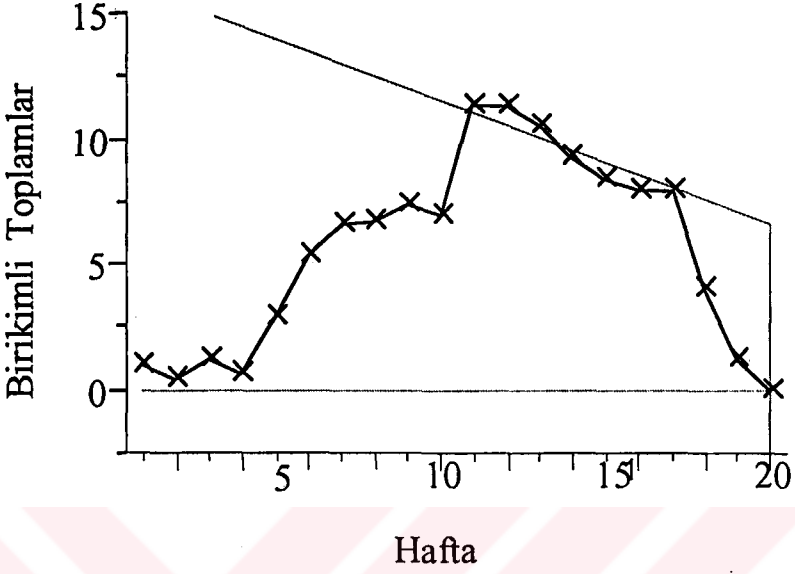
Asitlik (pH) ölçümlerine ait birikimli toplam (CUSUM) hesaplamaları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Asitlik (pH) ölçümlerine ait Birikimli Toplam (CUSUM) hesaplamaları

1	2	3	4	5	\bar{X}_i	$\bar{X}_i - 7.3$	S_i
8.00	7.60	7.40	6.90	7.10	7.40	0.10	0.10
7.20	7.20	7.20	7.30	7.60	7.30	0.00	0.10
7.20	7.60	7.10	7.10	7.50	7.30	0.00	0.10
7.00	7.60	7.40	7.30	7.10	7.28	-0.02	0.08
7.60	7.80	7.60	7.10	7.00	7.42	0.12	0.20
6.80	7.40	7.60	7.00	6.60	7.08	-0.22	-0.02
6.80	7.60	7.20	7.00	7.00	7.12	-0.18	-0.20
8.00	7.20	6.80	7.30	6.80	7.22	-0.08	-0.28
7.50	8.00	7.20	7.20	6.40	7.26	-0.04	-0.32
6.80	7.70	7.20	7.00	6.80	7.10	-0.20	-0.52
7.20	7.80	7.40	7.40	6.80	7.32	0.02	-0.50
7.20	7.60	8.80	7.30	6.80	7.54	0.24	-0.26
7.20	7.10	8.40	6.80	6.80	7.26	-0.04	-0.30
7.60	7.40	7.20	7.00	7.20	7.28	-0.02	-0.32
7.60	7.20	7.40	7.10	6.80	7.22	-0.08	-0.40
7.20	6.80	7.20	7.20	6.80	7.04	-0.26	-0.66
7.20	7.60	7.60	6.80	7.20	7.28	-0.02	-0.68
6.90	7.60	6.90	7.30	7.20	7.18	-0.12	-0.80
7.60	7.20	7.20	7.20	7.20	7.28	-0.02	-0.82
7.00	7.20	7.40	7.50	7.00	7.22	-0.08	-0.90

Çizelge 4.9'da asitlik (pH) ölçümlerine ait CUSUM değerleri elde edilmiştir.

Asitlik değerlerine göre ortalamadan 3σ 'lık ayrılışları tespit eden V maskeli CUSUM kontrol grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Asitlik değerlerine göre ortalamadan 3σ 'lık ayrılışları tespit eden V maskeli CUSUM kontrol grafiği

Şekil 4.9'da Asitlik değerlerine uygulanan birikimli toplam kontrol grafiği verilmiştir. 20. örnek üzerine V maskesi uygulandığında, 11., 12. ve 13. örneklerin kontrol dışı olma sinyali verdiği gözlenmektedir.

4.3. Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (EWMA) Grafiği Analizi

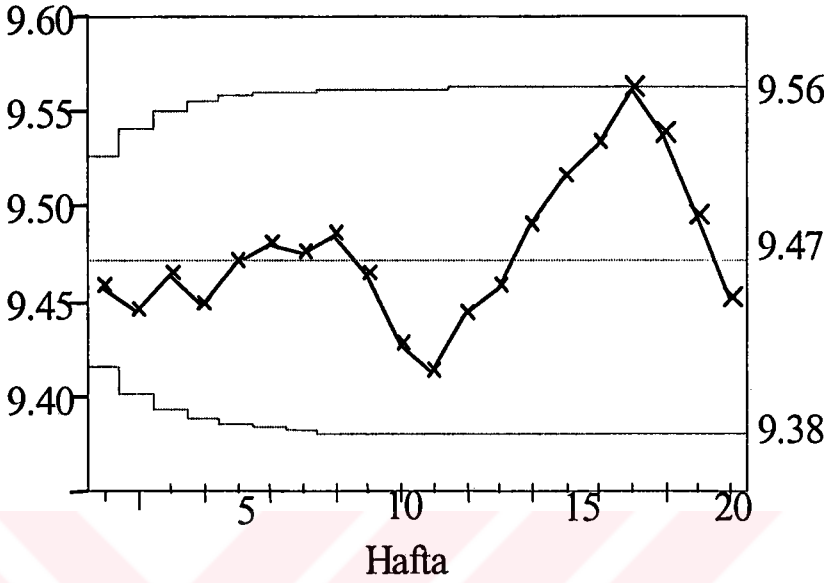
Kurumadde değerlerine ait EWMA kontrol grafikleri hesaplamaları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Kurumadde ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama(EWMA) değerleri ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait kontrol sınırları, ($\lambda = 0,2$)

t	\bar{X}_i	Z_i	ÜKS	AKS
1	9.56	9.51	9.52	9.43
2	9.36	9.48	9.53	9.41
3	9.60	9.49	9.54	9.40
4	9.52	9.49	9.55	9.40
5	9.50	9.49	9.55	9.39
6	9.50	9.49	9.55	9.39
7	9.52	9.49	9.56	9.38
8	9.26	9.46	9.56	9.38
9	9.44	9.43	9.56	9.38
10	9.54	9.44	9.56	9.38
11	9.44	9.44	9.56	9.38
12	9.62	9.46	9.56	9.38
13	9.30	9.44	9.56	9.38
14	9.56	9.45	9.56	9.38
15	9.38	9.44	9.56	9.38
16	9.50	9.44	9.56	9.38
17	9.48	9.44	9.56	9.38
18	9.32	9.43	9.56	9.38
19	9.54	9.44	9.56	9.38
20	9.50	9.44	9.56	9.38

Z_i :EWMA değeri; \bar{X}_i :i'ci değere ait ortalama; ÜKS:Üst Kontrol Sınırı; OÇ:Orta Çizgi; AKS:Alt Kontrol Sınırı

Çizelge 4.10'da. kurumadde ölçümlerine ait değerler verilmiştir. Süreç ortalaması ve standart sapmasını esas alıp $\lambda = 0,2$ parametresi kullanılmıştır. Çizelgede üst kontrol sınırı ve alt kontrol sınırı bir noktadan sonra sabit değere ulaşmıştır ve bu sabit değerler Şekil 4.10'nun üst ve alt kontrol sınır değerlerini oluşturmaktadır.



Şekil 4.10. Kurumadde değerlerine ait EWMA kontrol grafiği

Şekil 4.10'da kurumadde ölçümlerine ait Z_i değerleri dikey eksen, örnek alma zamanları yatay eksenle gösterilmiştir. 17. örneğin üst kontrol sınırını geçtiği görülmektedir.

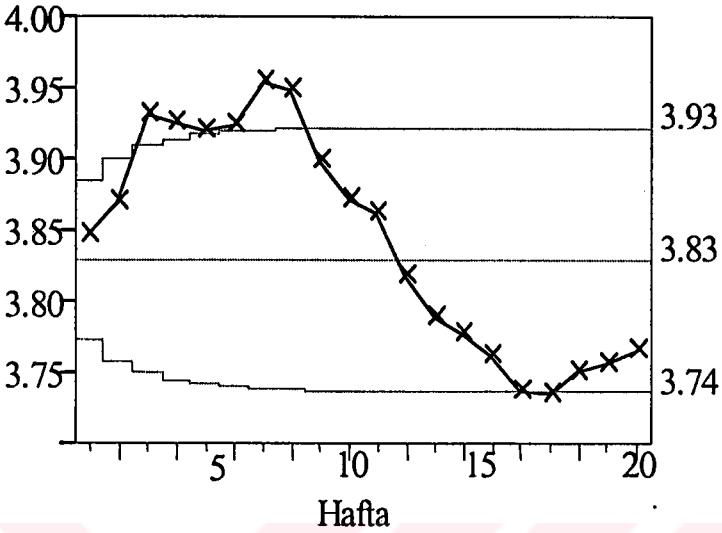
Yağ ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) değerleri ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait kontrol sınırları Çizelge 4.11'de görülmektedir.

Çizelge 4.11. Yağ ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) değerleri ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait kontrol sınırları, ($\lambda = 0,2$)

t	\bar{X}_i	Z_i	ÜKS	AKS
1	3.94	3.84	3.88	3.79
2	3.70	3.82	3.84	3.82
3	3.87	3.83	3.90	3.76
4	3.80	3.83	3.91	3.75
5	3.62	3.80	3.92	3.74
6	3.84	3.81	3.92	3.74
7	3.90	3.82	3.92	3.74
8	3.64	3.80	3.92	3.74
9	3.82	3.80	3.92	3.74
10	4.01	3.83	3.92	3.74
11	3.92	3.84	3.92	3.74
12	4.02	3.86	3.92	3.74
13	3.86	3.86	3.92	3.74
14	3.90	3.86	3.92	3.74
15	3.86	3.86	3.93	3.74
16	3.90	3.87	3.93	3.74
17	3.72	3.85	3.93	3.74
18	3.65	3.83	3.93	3.74
19	3.83	3.83	3.93	3.74
20	3.80	3.83	3.93	3.74

Çizelge 4.11'de yağ ölçümlerine ait değerler verilmiştir. Süreç ortalaması ve standart sapmasını esas alıp $\lambda = 0,2$ parametresi kullanılmıştır.

Yağ değerlerine ait EWMA kontrol grafiği Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Yağ değerlerine ait EWMA kontrol grafiği

Şekil 4.11'de belirtilen yağ ölçümlerine ait EWMA grafiği incelendiğinde 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. noktalar üst kontrol sınırını geçerek kontrol dışı olma sinyali vermektedir. 16 ve 17. noktalar alt kontrol sınırı üzerinde yer alarak tehlike sinyali vermektedir.

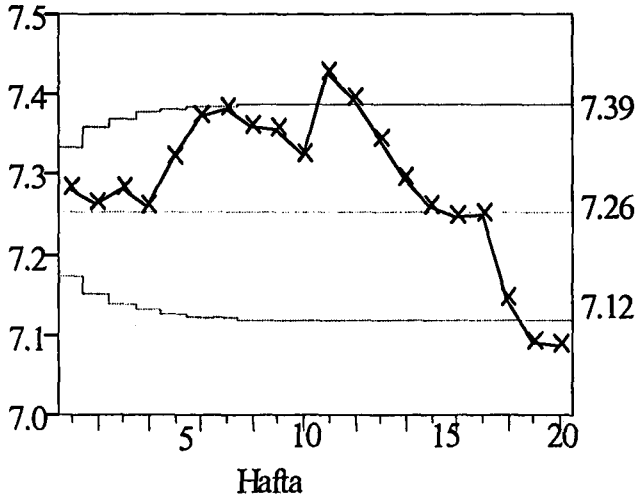
Asitlik (pH) ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) değerleri ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait kontrol sınırları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Asitlik (pH) ölçümlerine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) değerleri ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiğine ait kontrol sınırları, ($\lambda = 0,2$)

t	\bar{X}_i	Z_i	ÜKS	AKS
1	7.40	7.27	7.32	7.19
2	7.30	7.25	7.35	7.17
3	7.30	7.25	7.36	7.16
4	7.28	7.25	7.37	7.14
5	7.42	7.27	7.37	7.14
6	7.08	7.25	7.38	7.13
7	7.12	7.23	7.38	7.13
8	7.22	7.23	7.38	7.13
9	7.26	7.23	7.39	7.13
10	7.10	7.21	7.39	7.12
11	7.32	7.23	7.39	7.12
12	7.54	7.26	7.39	7.12
13	7.26	7.26	7.39	7.12
14	7.28	7.26	7.39	7.12
15	7.22	7.26	7.39	7.12
16	7.04	7.24	7.39	7.12
17	7.28	7.24	7.39	7.12
18	7.18	7.23	7.39	7.12
19	7.28	7.23	7.39	7.12
20	7.22	7.23	7.39	7.12

Çizelge 4.12'de, asitlik (pH) ölçümlerine ait değerler verilmiştir. Süreç ortalaması ve standart sapmasını esas alıp $\lambda = 0,2$ parametresi kullanılmıştır.

Asitlik (pH) ölçüm değerlerine ait EWMA kontrol grafiği Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Asitlik (pH) değerlerine ait EWMA kontrol grafiği

Şekil 4.12 incelendiğinde 7, 11 ve 12. noktaların üst ve 19 ve 20. noktaların ise alt kontrol sınırlarını geçtikleri görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızdan elde edilen bulgulara göre üretim süreci, incelenen kalite değişkenleri açısından denetim altındadır. Shewhart grafikleri ile elde edilen bulgular bu durumu kanıtlamaktadır. Zira Shewhart kontrol grafiklerinde kullanılan ortalama değerler, alt ve üst kontrol sınırlarından daha düşük düzeyde ve denetim sınırları içinde kalmıştır. Buna karşı CUSUM ve EWMA grafikleri ile elde edilen sonuçlar bu yargı ile çelişmektedir.

Bu durum, CUSUM kontrol grafiklerine uygulanan V maskesinin süreç ortalamasındaki küçük kaymaları belirleyebilmesinden dolayı Shewhart grafiklerinde denetim altında olan birçok nokta CUSUM tekniğinde kontrol dışı olarak ortaya çıkmasıyla açıklanabilir. EWMA kontrol grafiklerinde ise alınan her örneğe göre alt ve üst kontrol sınırları hesaplanmakta, buna bağlı olarak alınan her örneğe ait büyüklük ölçüm değerleri küçüldükçe ve hesap değeri büyüdükçe daha az kontrol dışı sinyal vermektedir. Bu durum genel süreç akışı hakkında doğru bilgi vermemektedir. Dolayısıyla alt ve üst kontrol noktaları sabit bir değere ulaştığında sürecin durumunu kontrol etmek daha doğru bir yaklaşımdır.

Bu sonuçlar ışığında Shewhart kontrol grafiklerinde kullanılan 3σ sınırları yerine 2σ uyarı sınırları kullanılarak daha duyarlı sonuçlar elde edilebilir (Grant ve Leavenworth, 1996).

Araştırmamızdan elde edilen sonuçlar, Shewhart kontrol grafiklerinin, CUSUM ve EWMA kontrol grafikleriyle birlikte kullanıldığında sürecin kararlılığının her örnek alınma noktasında bozulduğunu göstermektedir. Buna bağlı olarak sürecin ilk aşamasında CUSUM ve EWMA kontrol grafikleri uygulandığında sürecin sonraki aşamalarında daha kararlı bir süreç ortaya çıkmış olacağı anlaşılmaktadır. Noktaların kararlı seyri daha sonraki aşamaların akışı hakkında bize daha doğru bilgiler sunabilecektir (Oktay, 1998; İşçiçok, 1998).

Buna göre, işletmede örnek alınma noktasından, örnek analizlerinin yapılma aşamalarına kadar olan işlemler titizlikle yapılmalıdır. Kalite kontrol grafikleri uygulamaları süreç akışı boyunca da yapılmalıdır. Aksi takdirde son üründe meydana gelebilecek hatalar işletmede kayıplara neden olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1996. Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası. *MESS Üyelerinde İstatistiksel Kalite Kontrol*. Yayın No: 235. 86s.
- Anonim, 2000. Türk Standartları Enstitüsü Eğitim Notları, Ankara. 67s.
- Başer, G., 1972. *Kalite Kontrolü*. Çağlayan Kitabevi. İstanbul, 89s.
- Bissell, A.F., 1990. Control Charts and CUSUM for High Precision Processes. *Total Quality Management*, 1(2): 221-230.
- Bolsin, S., Colson, M., 2000. The Use of the CUSUM Technique in the Assessment of Trainee Competence in New Procedures. *International Journal for Quality in Health Care*, 12(5): 433-438.
- Capizzi, G., Masarotto, G., 2003. An Adaptive Exponentially Weighted Moving Average Control Chart. *Technometrics*, 45(3): 199-207.
- Champ, C.W., Chou, S.P., 2003. Comparison of Standart and Individuals Limits Phase I Shewhart \bar{X} , R and S Charts. *Quality and Reliability Engineering*, 22: 161-170.
- Costa, A.F.B., 1994. \bar{X} Charts With Variable Sample Size. *Journal of Quality Technology*, 26: 155-163.
- Costa, A.F.B., Rahim, M.A., 1997. Joint \bar{X} and R Charts With Two Stage Sampling. *Journal of Quality Technology*, 30: 181-192.
- Costa, A.F.B., 1999. Joint \bar{X} and R Charts With Variable Sample Sizes and Sampling Interval. *Journal of Quality Technology*, 31: 387-397.
- Croiser, R.B., 1986. A New Two-Sided Cumulative Sum Technique. *Technometrics*, 28(3): 187-195.
- Crowder, S.V., 1986a. A Simple Method for Studying Run-Length Distributions of Exponentially Weighted Moving Average Charts. *Technometrics*, 29(4): 401.
- Crowder, S.V., 1986b. Design of Exponentially Weighted Moving Average Schemes. *Journal of Quality Technology*, 21(3): 155.
- Deming, W.E., 1967. Walter A. Shewhart. *American Statistician*, 21(2): 39-41.
- Does, R.J.M.M., Schriever, B.F., 1992. Variables Control Chart Limits and Tests for Special Causes. *Statistics Neerlandica*, 46(4): 229-245.
- Feigenbaum, A.V., 1991. *Total Quality Control*. New York McGraw-Hill, 863s.
- Foruzanmehr, A.R., 1995. *Shewhart Kontrol Kartlarında Kontrol Tarifelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma* (doktora tezi, basılmamış). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Gann, F.F., 1991. An Optimal Design of CUSUM Quality Control Charts. *Journal of Quality Technology*, 23: 445-460.
- Grant, E.L., Leavenworth, S.R., 1996. *Statistical Quality Control*. McGraw-Hill, New York. 764s.
- Grigg, O.A., Farewell, V.T., Spiegelhalter, D.J., 2003. Use of Risk-Adjusted CUSUM and RSPRT Charts for Monitoring in Medical Context. *Statistical Methods in Medical Research*, 12(2): 147-171.

- Gümüšođlu, Ő., 2000. *İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları*. 2. Baskı. Beta Yayınevi, Yayın No: 1073, İstanbul. 171s.
- Hahn, G.J., Doganoksoy, N., 1995. Discussion. *Technometrics*, 37(1): 29-32.
- Hunter, J.S., 1986. The Exponentially Weighted Moving Average. *Journal of Quality Technology*, 13(4): 205-206.
- İŐiđçok, E., 1999. İstatistiksel Süreç Kontrolü: Sayısal Loto Sonuçları Üzerine Bir Uygulama Denemesi. www.20.uludag.edu.tr/eris/proses.htm - 101k.
- İpek, H., Ankara, H., Özdağ, H., 1999. The Application of Statistical Process Control. *Minerals Engineering*, 12(7): 827-835.
- İŞçil, N., 1975. *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi. Ders Kitabı. Yayın No: 88, Ankara. 192s.
- JMP, 2000. *Statistics & Graphics Guide*, Version 4.0.4 SAS Inst. Inc Cri, NCI, USA.
- Kartal, M., 1999. *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Őafak Yayınevi. Sivas. 205s.
- Köksal, A.B., 1998. *İstatistik Analiz Metodları*. 5. Baskı. Çağlayan Kitabevi. Yayın No: 33. İstanbul. 570s.
- Ledolter, J., Burrill, C. W., 1999. *Statistical Quality Control*. John Willey & Sons, New York. 526s.
- Lucas, J.M., 1973. A Modified 'V' Mask Control Schemes. *Technometrics*, 15(4): 833-848.
- Lucas, J.M., 1985. Counted Data CUSUM's. *Technometrics*, 27(2): 129-151.
- Lucas, J.M., Croiser, R.B., 2000. Fast Inital Response for CUSUM Quality-Control Schemes: Give Your CUSUM A Head Start. *Technometrics*, 42(1): 102-108.
- Lucas, J.M., Saccucci, M.S., 1990a. Discussion. *Technometrics*, 32(4): 387-389.
- Lucas, J.M., Saccucci, M.S., 1990b. Exponentially Weighted Moving Averaga Control Schemes: Properties and Enhancements. *Technometrics*, 32(1): 1-13.
- Margavio, T.M., Conerly, M.D., Woodall, W.H., 1995. Alarm Rates for Quality Control Charts. *Statistics & Probability Letters*, 24(3): 219-224.
- McGregor, J.F., Harris, T.J., 1990. Discussion. *Technometrics*, 32(1): 25.
- Miller, S.D., Balch, D.K.J., 2001. Performance of Sensitizing on Shewhart Control Charts with Autocorrelated Data. *International Journal of Reliability Quality & Safety Engineering*, 7(2): 159-171.
- Neave, H.R., Wheeler, D.J., 1996. Shewhart's Charts and the Probability Approach. *Ninth Annual Conference of the British Deming Association*.
- Oktay, E., 1998. *Kalite Kontrol Grafikleri*. Őafak Yayınevi, Yayın No: 86, Erzurum. 189s.
- Orhunbilge, N., 1997. *Örnekleme Yöntemleri ve Hipotez Testleri*. İstanbul. 344s.
- Özdemir, 1996. Tek Yönlü Birikimli Toplamlar (CUSUM) Planı İçin Ortalama Adım Uzunluğu Kullanımıyla Karar Parametrelerinin Bulunması. *Araştırma Sempozyumu' 96 Bildirileri*. Yayın No: 1976, Ankara.
- Palm, A.C., DeAmico, R.L., 1995. Discussion. *Technometrics*, 37(1): 26-30.
- Pleasant, A.B., Mccall, D.G., Sheath, G.W., 1998. Design and Application of a CUSUM Quality Control Chart Suitable for Monitoring Effects on Ultimate Muscle pH. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41: 235-242.
- Reynolds, M.R., Marion, R., Amin, R. W., 1990, CUSUM Charts With Variable Sampling Intervals. *Technometrics*, 32(4): 371-385.
- Reynolds, M.R., Arnold, J., 2001. EWMA Control Charts with Variable Sample Sizes and Variable Sampling Intervals. *IIE Transactions*, 33: 511-530.

- Reynolds, M.R., Stoumbos, Z., 2001. Individuals Control Schemes For Monitoring the Mean and Variance of Processes Subject to Drifts. *Stochastic Analysis & Applications*, 19(5): 863-892.
- Roberts, S.W., 1966. A Comparison of Some Control Chart Procedures. *Technometrics*, 8(3): 411-430.
- Roberts, S.W., 2000. Control Charts Tests Based on Geometric Moving Averages. *Technometrics*, 42(1): 97-102.
- Saniga, E.M., 1989. Economic Statistical Control-Chart Designs With an Application to X and R Charts. *Technometrics*, 31(3): 313-321.
- Schmid, 1995. On EWMA Charts for Time Series. [http:// statistik. mathematik. uni-wuerzburg.de/publikationen/reports/45.html](http://statistik.mathematik.uni-wuerzburg.de/publikationen/reports/45.html)
- Steiner, S.H., Geyer, P.L., Wesolowsky, G.O., 1996a. Shewhart Control Charts to Detect Mean and Standard Deviation Shifts Based on Grouped Data. *Quality and Reliability Engineering International*, 12: 345-353.
- Steiner, S.H., 2000. Statistical Process Control Using Two Measurements Systems. *Technometrics*, 42(2): 178-187.
- Steiner, S.H., Geyer, P.L., Wesolowsky, G.O., 1996b. Grouped Data Sequential Probability Ratio Tests and Cumulative Sum Control Charts. *Technometrics*, 38: 230-237.
- Şefik, M., 1998. Importance of the Rational Subgroups in Designing Control Charts. 23rd. *International Conference on Computers and Industrial Engineering*, 35(2): 205-208.
- Tatum, L.G., 1996. Control Charts for the Detection of a Periodic Component. *Technometrics*, 38(2): 152-161.
- Taylor, H.M., 1968. The Economic Design of Cumulative Sum Control Charts. *Technometrics*, 10(3): 479-489.
- Tolley, G.O., English, J.R., 2001. Economic Designs of Constrained EWMA and Combined EWMA- \bar{X} Control Schemes. *IIE Transactions*, 33: 429-436.
- Williams, S.M., Parry, B.R., Schlup, M.M.T., 1992. Quality Control: An Application of The CUSUM. *British Medical Journal*, 304(6838): 1359-1362.
- Woldmann, K.H., 1986. Bounds for the Distribution of the Run Length of One-Sided and Two-Sided CUSUM Quality Control Schemes. *Technometrics*, 28(1): 61-68.
- Woodall, W.H., 1990. Discussion. *Technometrics*, 32(4): 389-392.
- Woodall, W. H., Montgomery, D. C., 1999. Research Issues and Ideas in Statistical Process Control. *Journal of Quality Technology*, 31: 376-386.
- Yang, Su-Fen., 1997. Development and Application of X and R Control Charts for Small Production Runs. *Total Quality Management*, 8(2/3).
- Yaschin, E., 1989. Weighted Cumulative Sum Technique. *Technometrics*, 31(3): 321-339.
- Yıldırım, F., Kartal, İ., 2001. Otokorelasyonlu Verilerde İstatistiksel Kalite Kontrol Şemalarının Hazırlanması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 4: 1-14.

Ek 1. Ortalama kontrol grafiği katsayıları

n	A	A_1	A_2	A_3
2	2.121	3.760	1.880	2.159
3	1.732	2.394	1.023	1.954
4	1.500	1.880	0.729	1.628
5	1.342	1.596	0.577	1.427
6	1.225	1.410	0.483	1.287
7	1.134	1.277	0.419	1.182
8	1.061	1.175	0.373	1.099
9	1.000	1.094	0.337	1.032
10	0.949	1.028	0.308	0.975
11	0.905	0.973	0.285	0.927
12	0.866	0.925	0.266	0.886
13	0.832	0.884	0.249	0.850
14	0.802	0.848	0.235	0.817
15	0.775	0.816	0.223	0.789
16	0.750	0.788	0.212	0.763
17	0.728	0.762	0.203	0.739
18	0.707	0.738	0.194	0.718
19	0.688	0.717	0.187	0.698
20	0.671	0.697	0.180	0.680
21	0.655	0.679	0.173	0.663
22	0.640	0.662	0.167	0.647
23	0.626	0.647	0.162	0.633
24	0.612	0.632	0.157	0.619
25	0.600	0.619	0.153	0.606
> 25	$3/\sqrt{n}$	$3/(c_2\sqrt{n})$	$3/(d_2\sqrt{n})$	$3/(c_4\sqrt{n})$

Ek 2. Değişim Aralığı kontrol grafiği katsayıları

n	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	1.128	0.853	0.00	3.686	0.00	3.269
3	1.693	0.888	0.00	4.358	0.00	2.574
4	2.059	0.880	0.00	4.698	0.00	2.282
5	2.326	0.864	0.00	4.918	0.00	2.114
6	2.534	0.848	0.00	5.078	0.00	2.004
7	2.704	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	2.847	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	2.970	0.808	0.546	5.391	0.184	1.816
10	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	3.137	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	3.258	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716
13	3.336	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692
14	3.407	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671
15	3.472	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652
16	3.532	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636
17	3.588	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621
18	3.640	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608
19	3.689	0.733	1.490	5.888	0.404	1.596
20	3.735	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586
21	3.778	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	3.819	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	3.858	0.716	1.710	6.006	0.443	1.555
24	3.895	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	3.931	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541
> 25	\bar{R}/σ	σ_R/σ	$d_2 - 3d_3$	$d_2 + 3d_3$	$1 - 3d_3/a$	$1 + 3d_3/a$

ÖZ GEÇMİŞ

1977 yılında Tunceli'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Konya ve Elazığ illerinde tamamladı. 1996 yılında YYÜ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne kayıt yaptırdı. 2000 yılında buradan mezun oldu. 2001 yılı Şubat döneminde YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı Biyometri Genetik Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.

