

Konvansiyonel Bilyeli Değirmende Kalsitin Mikronize Öğütmesinin Renk Parametreleri Kullanılarak İstatistiksel Proses Kontrolü

Statistical Process Control of Micronized Calcite Grinding Operation in the Conventional Ball Mill using Color parameters

Metin Uçurum^{1*}, Fatih Özer²

¹Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, Bayburt

²Nidaş Madencilik Taşımacılık Makina İthalat İhracat Kimya San. Tic. A.Ş. Niğde

*Sorumlu Yazar: mucurum@bayburt.edu.tr

Özet

Sanayide endüstriyel minerallerin mikronize boyutlarda öğütülmesinde kuru olarak çalıştırılan konvansiyonel bilyeli değirmenler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Söz konusu değirmen havalı bir seperatörle kapalı devre çalıştırılarak ince/çok ince boyutlarda ürünler üretilmektedir. Kalsit cevheri, mikronize boyutlara ($d_{50}=1-100 \mu m$) öğütüldükten sonra dolgu minerali olarak sanayinin birçok alanında kullanılmaktadır. Elde edilen bu ürünlerin renk parametre değerlerinin üretim sürecinde kontrolü pazarlama açısından büyük önem taşımaktadır. İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK) teknikleri ise üretim faaliyetleri çalışmalarının ana bileşenlerinden birisi olarak kabul edilmekte olup üretim sürecinin kontrol altında tutulmasında en çok kullanılan matematik esaslı bir yöntemdir. Bu çalışma; bir mikronize kalsit öğütme tesisinde faaliyet gösteren konvansiyonel bilyeli değirmen prosesinde yapılan İPK çalışmalarını içermektedir. Elde edilen sonuçlar, üzerinde çalışılan mikronize kalsit değirmen ünitesinin renk parametreleri açısından üniform bir üretim gerçekleştirdiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Kalsit, Mikronize Öğütme, Renk Parametreleri, İstatistiksel Proses Kontrol.

Abstract

Conventional dry ball mills are used intensively to micronize grinding process of minerals in the industry. Fine/very fine sizes of mineral products could be produced with the mill running closed circuit by air separations. Calcite is used as a filler mineral in many areas of industry after grinding micronized size ($d_{50}=1$ to $100 \mu m$). Statistical Process Control (SPC) techniques, mathematical based, are considered as one of the main components of the production activities and it is most widely used to keep under control the production process This study includes SPC works for the conventional ball mill process, in a calcite grinding plant. The statistical studies showed that micronized grinding plant has uniform products in terms of color parameters and it is working within its specifications.

Key words: Calcite, Micronized Milling, Color Parameters, Statistical Pprocess Control.

1.Giriş

Küresel rekabet ortamının bir sonucu olarak, işletmeler artık belirli bir kalite seviyesinde üretmek ve bunu sürekli iyileştirmek zorunda olduklarını öğrenmişlerdir. Kalite iyileştirme ve geliştirme sürecinde istatistiksel teknikler geniş bir kullanım alanına sahiptir. İstatistiğin kalite kontrolde geniş uygulama olanağı bulması, minimum malzeme ve işçilikle yüksek kalite düzeyinde ve büyük miktarlarda üretimi zorunlu kılan II. Dünya Savaşı'nda gerçekleşmiştir. İstatistiksel teknikler, süreçlerde gözlenen değişkenlikleri belirlemeye çalışır. İstatistik, imalat sisteminde görülen bir aksaklık veya kontrolsüzlük sonucunda mamul özelliklerinde standartlardan sapmaları ortaya çıkaracaktır. İstatistiksel tekniklerin kaliteyi iyileştirdiği, geliştirdiği, verimliliği arttırdığı ve maliyetleri düşürdüğü bilinmektedir. İstatistiksel teknikler; karmaşık süreçleri analiz ederek, bunlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarmakta ve kalite iyileştirme faaliyetlerini kolaylaştırmaktadır. Nitekim istatistiksel tekniklerin; otomotiv, elektronik, tekstil, sağlık ve gıda gibi çeşitli endüstri dallarında kullanıldığı bilinmektedir. Kalite ve süreç iyileştirme çalışmalarında birçok yöntem geliştirilmiştir. İstatistiksel teknikler, uygulama sürecinde ortaya çıkan problemlerin belirlenmesinde, çözülmesinde ve gerekli verilerin oluşturulmasında etkin bir kullanıma sahiptir (Kaya ve Ağa, 2003).

İstatistiksel proses kontrol (İPK) metodolojisinde bir bütünün tamamını kontrol etmek yerine bütünden örnekler alarak sonuçlara göre bütün hakkında tahminde bulunmak için kullanılan araçları ifade eder. Proses, bir ürün veya hizmetin önceden belirlenen nitelikte elde edilebilmesi için kullanılan makine, alet, metot, malzeme ve insan gücünün bütünüdür. Kontrol, prodesteki verilerin ölçümünde ve analizinde istatistiksel tekniklerin uygulanması anlamını taşır. Değişkenlik, kısaca gerçek değerden sapmalar olarak tanımlanır. Bütün prosesler, makine, takım, malzeme, operatör, bakım ve çevre koşullarından kaynaklanan değişime uğrarlar (Durman ve Pakdil 2010). Değişken şemaları ürünün kalitesini belirleyen bir özelliğinin ölçülmesi ve kalitenin bu şekilde takip edilmesi için kullanılır. Bazı proseslerde veri toplaması alt gruplar halinde yapılamaz. Herhangi bir anda prodesten sadece bir tek gözlem alınabilir. Bu durumda $\bar{X}-R$ şeması kullanılamaz. Böyle durumlarda bireyler için kontrol şemaları kullanılabilir. Bireysel gözlemler için kullanılan bir X şemasıyla kalite karakteristiğinin değişkenliği kontrol edilir. Hareketli aralıklardan oluşturulan bir mR şeması ile süreç değişkenliği kontrol edilir. Bu iki şema birlikte kısaca XmR şemaları olarak bilinir (Özdemir, 2003). Proses yeterlilik analizinin amacı; proses ortalaması ve standart sapmasını, spesifikasyonlar ile ilişkilendirerek prosesin tüketici isteklerine uygun ürün oluşturma yeteneğini değerlendirmektir. İşletmelerin ulaşmak istediği amaç; proses ortalamasının hedef değer üzerinde ve yayılımın spesifikasyonlar içerisinde, mümkün olan en küçük değerde oluşmasıdır (Montgomery, 2001).

Günümüzde hemen hemen tüm modern renk ölçümü, renk spesifikasyonu, CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun) sistemine dayanmaktadır. Bu sistem, 1931'de oluşturulmuş olup, buna rağmen temel yapı ve prensiplerde değişiklik yapılmaksızın bu tarihten itibaren yeni eklemeler ve düzeltmeler yapılmıştır. CIE sistemi, renk algılama teorilerinden ziyade deneysel gözlemlere dayanmaktadır. Renk ölçümünde, ışık kaynağı, gözlemci ve yüzey daima göz önünde tutulmalıdır (McDonald, 1997). X , Y ve Z tristimulus değerleri, rengi sayısal olarak ifade edebilmekle birlikte renk hakkında bilgi vermemektedir. Rengin daha kolaylıkla anlaşılabilir bir tanımını yapmak üzere 1976 yılında CIE, X , Y ve Z tristimulus değerlerinden hesaplanan L^* , a^* ve b^* şeklindeki üç koordinatı bulunan ve CIELab sistemi olarak adlandırılan bir sistemi tanımlamıştır. Bu parametrelerdeki "*" işareti, daha önce geliştirilmiş farklı renk sistemlerindeki benzer formüllerinden CIE formüllerini ayırt edebilmek için kullanılmaktadır (Yeşil, 2010). CIEL*a*b* renk sisteminde; renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L^*, a^*, b^* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada, L^* siyah-beyaz (siyah için $L^*=0$, beyaz için

$L^*=100$) ekseninde, a^* kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde, b^* ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır (Oliver ve ark., 1992; McGuire, 1992).

Kalsit, birçok sanayinin ana girdisi olup titanyum dioksit gibi çok pahalı pigmentlerin daha az kullanılmasını sağladığı için gerek ekonomik gerekse çevre sağlığı açısından kullanımı yaygın bir maddedir (Megep, 2008). Türkiye kalsitleri, kalitesi ve rezervleri bakımından çok iyi olup bilinen rezervlerin toplamı yüz milyonlarca ton ile ifade edilebilmektedir. Bunların dikkat çeken en önemli özellikleri ise, yüksek $CaCO_3$ yüzdesi, safsızlıklardan silis ve demir oranının çok düşük olmasıdır. Türkiye'nin en beyaz oluşumlarını ise Niğde Bölgesinin kalsit rezervleri teşkil etmektedir. Mikronize kalsitte hemen hemen her türlü ürünün ülkemizde yüksek kalitede üretilebilir olması özellikle boya, kâğıt, plastik vb. birçok sanayi dalı için çok önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır (DPT, 2001). Endüstriyel ölçekte kalsitin mikronize boyutlarda öğütülmesinde iki temel öğütme teknolojisi kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi kuru olarak çalıştırılan konvansiyonel bilyeli değirmenler ikincisi ise karıştırmalı bilyeli değirmenlerdir (stirred mill). Söz konusu değirmenler havalı bir seperatörle kapalı devre çalıştırılarak ince/çok ince boyutlarda kalsit ürünleri üretilmektedir (Uçurum, 2014).

Bu çalışmada; istatistiksel proses kontrol tekniklerinden XmR grafiklerinden ve proses yeterlilik analizlerinden yararlanılmıştır. Söz konusu teknikler, bir konvansiyonel bilyeli değirmen ünitesinde mikronize boyutlara öğütülen kalsit ürünlerinin parlaklık (Ry) ve renk parametreleri (L^* , a^* b^*) için ayrı ayrı yapılarak yorumlanmıştır.

2. Malzeme-Yöntem

2.1 Malzeme

Bu çalışma; Niğde bölgesinde mikronize kalsit üretimi yapan Nidaş Madencilik A.Ş firmasına ait bilyeli değirmen ünitesinde üretilen ve d_{50} değeri ortalama $2 \mu m$ olarak satılan ürün sınıfı için gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel proses kontrol çalışmalarında kullanılan veriler, söz konusu tesise ait Datacolor Elrepho 450x beyazlık ölçüm cihazında 2015 yılının Şubat-Mart aylarında yapılan ölçüm popülasyonundan rastgele seçilen doksan datadan oluşmaktadır.

2.2 Yöntem

Söz konusu çalışmada, istatistiksel proses kontrol tekniklerinden XmR kontrol grafikleri ve proses yeterlilik analizlerinden yararlanılmıştır. XmR grafikleri; parlaklık (Ry) ve renk parametreleri (L^* , a^* , b^*) için çizilerek yorumlanmıştır. X kontrol grafikleri ortalama değerden sapmayı gösterirken, mR kontrol grafikleri ise homojenlikten ayrılma değerlerini belirlemek için kullanılmıştır. Kontrol grafiklerinin çizilmesinde üç (3) adet sınır değeri hesaplanmıştır. Bunlar; Alt Kontrol Sınır değeri (AKL), Üst Kontrol Sınır değeri (ÜKL) ve Orta Değerdir (OD). Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan formüller Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. XmR kontrol grafikler limitlerinin hesaplama formülleri (Özdemir, 2003)

Grafik Türü	Merkez Hattı (Orta Değer, (OD))	Alt Kontrol Limiti (AKL)	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)
Ortalama (\bar{X})	\bar{X}	$\bar{X}-2,66*\bar{R}$	$\bar{X}+2,66*\bar{R}$
Değişim Aralığı (mR)	\bar{R}	0	$3,27*\bar{R}$

Söz konusu formüllerde:

$$\bar{X}=(X_1+X_2+X_3+\dots\dots\dots X_n)/n$$

$$\bar{R}=(R_1+R_2+R_3+\dots\dots\dots R_n)/n$$

X-R grafiklerinin değerlendirilmesi aşağıda verilen ilkeler kullanılarak yapılmıştır.

- i) Noktaların üçte ikisi orta değer (OD) üzerinde veya yakınında olmalı
- ii) Alt ve üst kontrol limitlerinin yakınında bulunan noktaların sayısı minimum olmalı
- iii) Noktalar orta değer çizgisinin aşağısına ve yukarısına rastgele ve dengeli dağılmış olmalı
- iv) Alt ve üst kontrol limitlerinin dışında hiçbir nokta olmamalı (İpek ve ark. 1999).

Proses yeterlilik analizinde proses yeterlilik indeksleri, histogram, normal olasılık işaretlemesi ve kontrol grafiği yaklaşımları kullanılabilir. Süreç yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup müşteri beklentilerine (şartname limitleri spesifikasyonlar) göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler. Bu aşamada dikkate alınan parametreler Cp ve Cpk indisleridir. Cp indisi, şartname limitleri ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. Cpk indisi ise, proses ortalamasının hedef değere göre konumunu ve spesifikasyon limitleri arasındaki durumunu gösterir (Montgomery, 2001). Cp ve Cpk değeri ile çok benzer bir hesaplama mantığına sahip olmakla beraber Cpk'nin farkı süreç verilerindeki kaymayı da göz önünde bulundurmasıdır. Cp ve Cpk değerinin hesaplanması için aşağıdaki formülasyonlar (Eşitlik 1 ve 2) kullanılmaktadır.

$$Cp=[(\text{ÜSL}-\text{ASL})/6\sigma] \tag{1}$$

$$C_{pk}=\min[(\text{ÜSL}-\mu)/3\sigma ; (\mu-\text{ASL})/ 3\sigma] \tag{2}$$

yukarıdaki formüllerde ÜSL-üst spesifikasyon limitini, ASL-alt spesifikasyon limitini, σ standart sapmayı, μ ise aritmetik ortalamayı temsil etmektedir (<http://www.kurumsalkalite.com>). Cp ve Cpk değerlerine göre sürecin yeterliliği hakkında karar vermede Tablo 2’de verilen değerler kullanılmaktadır (Zeyveli ve Selalmaz, 2008). Çalışmaların gerçekleştirildiği tesise ait Ry, L*, a*, b*’ye ait spesifikasyon değerleri ise Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 2. Cp ve Cpk indislerinin karar noktaları (Işığınçok, 2004)

Cp>1,33	Proses spesifikasyonları karşılar.
1<Cp<1,33	Proses spesifikasyonları karşılamaz. Proses kontrolü sürdürülmelidir.
Cp<1	Proses yetersiz. İyileştirmeler yapılmalıdır.
Cpk = 1	Verilerin bir kısmı spesifikasyonlara yaklaşır.
Cpk>1	Verilerin tamamı spesifikasyon sınırları içine düşer.
0<Cpk<1	Proses ortalaması spesifikasyon sınırlarının içindedir.
Cpk = 0	Proses ortalaması spesifikasyon sınırlarının birine eşittir.
Cpk<0	Proses ortalaması spesifikasyon sınırlarının dışındadır.

Tablo 3. Tesise ait spesifikasyonlar

	Ry	L*	a*	b*
ÜSL	100	100	0,10	1,50
ASL	95,0	95,0	0,00	0,00

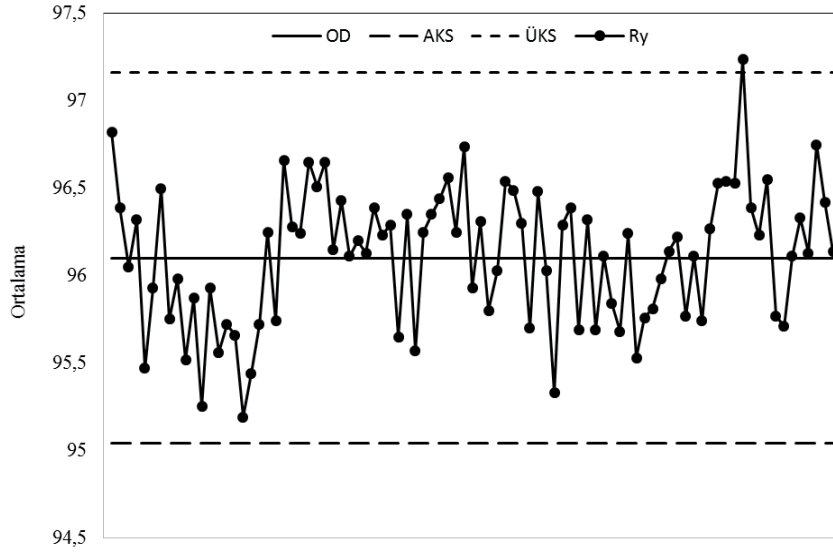
3. Bulgular

Elde edilen veriler kullanılarak parlaklık göstergesi Ry için hesaplanan X ve mR için Alt Kontrol Limiti (AKL, Orta Değer (OD), ve Üst Kontrol Limiti (ÜKL) Tablo 4’te verilmiştir. Bu hesaplamalar temel alınarak çizilen X ve mR grafikleri ise Şekil 1 ve 2’de sunulmuştur. X

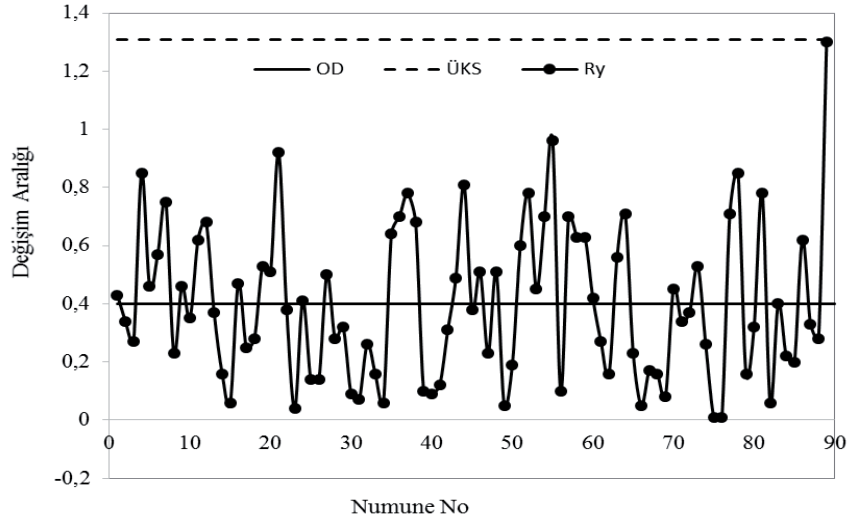
grafiğinin bir noktası hariç bütün noktaları alt ve üst kontrol limit sınırları içinde seyretmiş olup orta değer çizgisinin etrafında rastgele ve dengeli bir dağılım göstermiştir. mR kontrol grafiğinde ise sadece bir nokta üst kontrol limit çizgisinin üzerinde bulunurken diğer noktalar ise orta değer çizgisinin etrafında dağılım göstermektedir.

Tablo 4. Ry için X ve mR'ye ait AKL, OD ve ÜKL değerleri

\bar{X}	AKL=96,10-2,66*0,40= 95,04
	OD=96,10
	ÜKL= 96,10+2,66*0,40= 97,16
mR	AKL=0
	OD=0,40
	ÜKL=3,27*0,40=1,31



Şekil 1. Ry için X grafiği



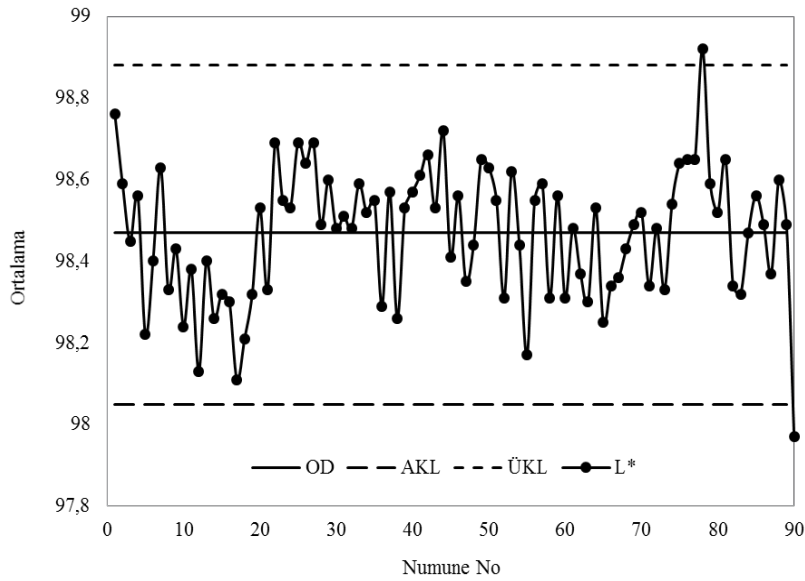
Şekil 2. Ry için mR grafiği

L* parametresi için hesaplanan X ve mR'ye ait AKL, OD ve ÜKL değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Bu hesaplamalar kullanılarak elde edilen X ve mR grafikleri ise Şekil 3 ve 4'de sunul-

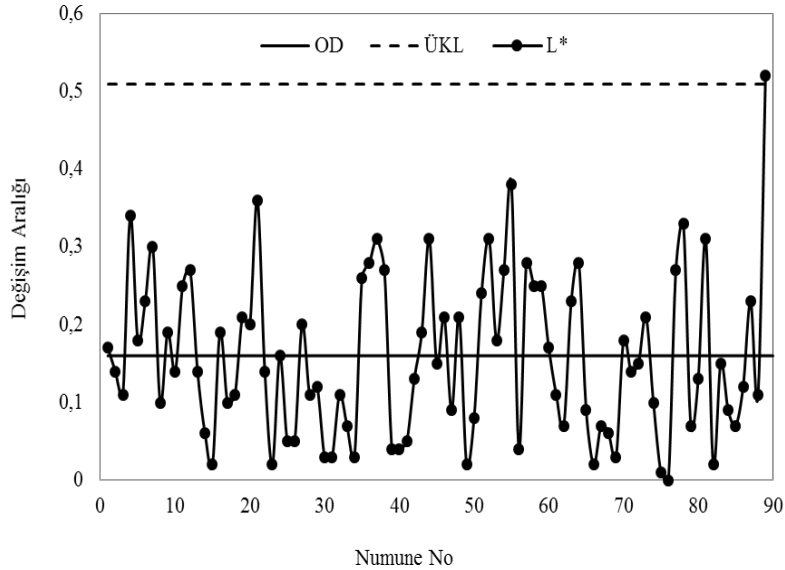
muştur. X grafiğinin iki noktası hariç bütün noktaları alt ve üst kontrol limit sınırları içinde ve orta değer çizgisinin etrafında simetrik bir dağılım seyretmiş olduğu görülmektedir. mR kontrol grafiğinde ise sadece bir nokta üst kontrol limit çizgisinin dışında yer alırken diğer noktalar ise orta değer çizgisinin etrafında bulunmaktadır.

Tablo 5. L* için X ve mR'ye ait AKL, OD ve ÜKL değerleri

\bar{X}	AKL=98,47-2,66*0,160= 98,05 OD=98,47 ÜKL= 98,43+2,66*0,160= 98,86
mR	AKL=0 OD=0,160 ÜKL=3,27*0,160=0,52



Şekil 3. L* parametresi için X grafiği



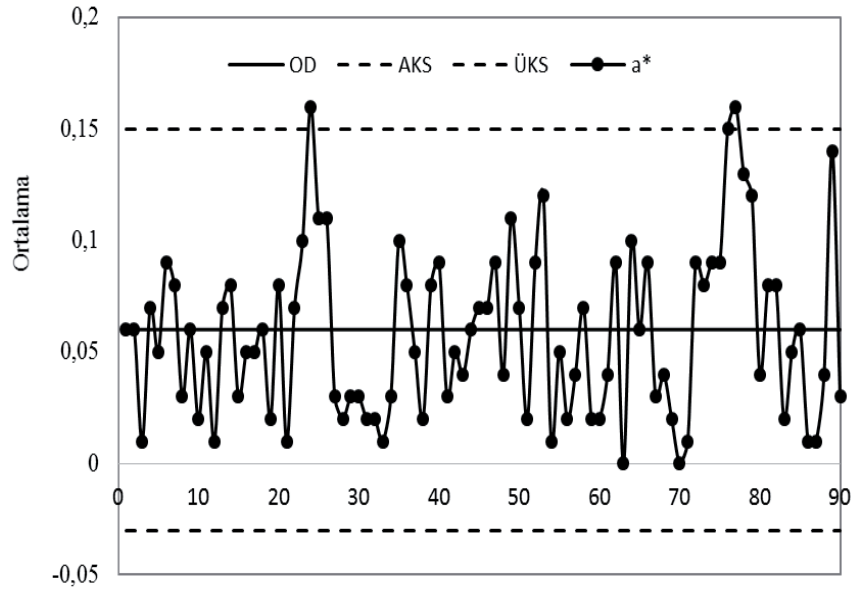
Şekil 4. L* parametresi için mR grafiği

Tesisten elde edilen verilerden yararlanılarak oluşturulan a* parametresinin X ve mR'nin AKL, OD ve ÜKL değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Bu hesaplamalardan faydalanılarak çizilen X ve

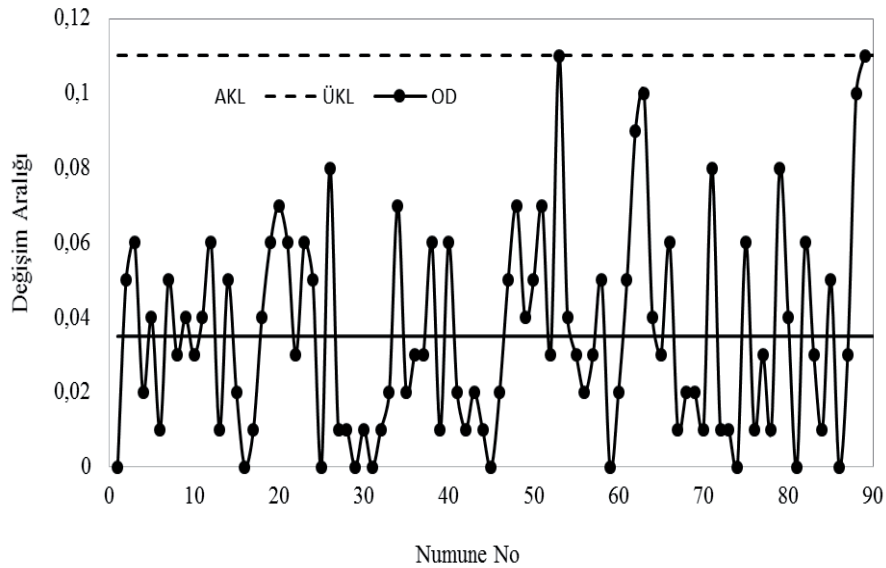
mR grafikleri ise Şekil 5 ve 6'da sırası ile sunulmuştur. X kontrol grafiğinde, iki nokta ÜKL dışında bir nokta söz konusu çizginin üzerinde kendini göstermiş olup diğer değerler ise orta değer ve alt kontrol limit çizgisi arasında seyretmiştir. mR kontrol grafiğindeki durum iki nokta üst kontrol limiti üzerinde kendisine yer bulmuş diğer noktalar orta değer çizgisinin etrafında simetrik bir yapıda dizilmiştir.

Tablo 6. a* için X ve mR' ye ait AKL, OD ve ÜKL değerleri

\bar{X}	$AKL=0,06-2,66*0,035= -0,033$
	$OD=0,06$
	$ÜKL=0,06+2,66*0,035= 0,15$
mR	$AKL=0$
	$OD=0,035$
	$ÜKL=3,27*0,035=0,11$



Şekil 5. a* parametresi için X grafiği

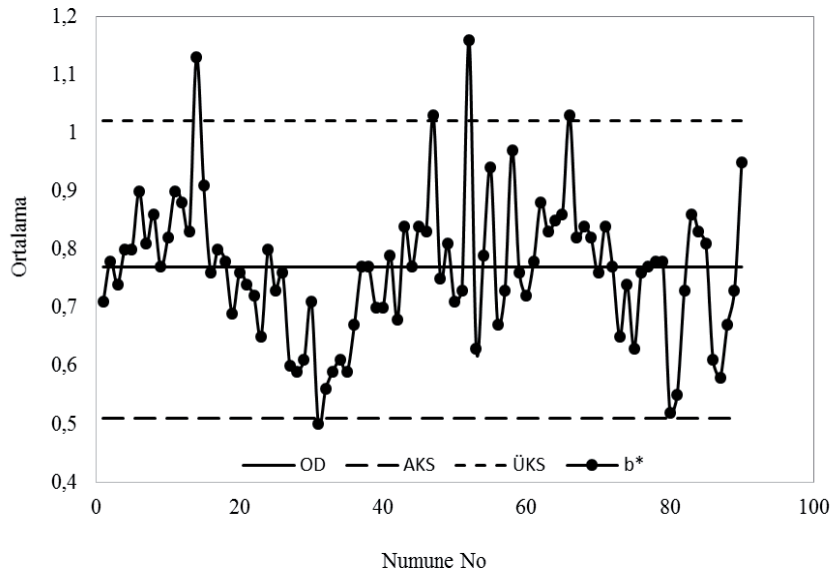


Şekil 6. a* parametresi için mR grafiği

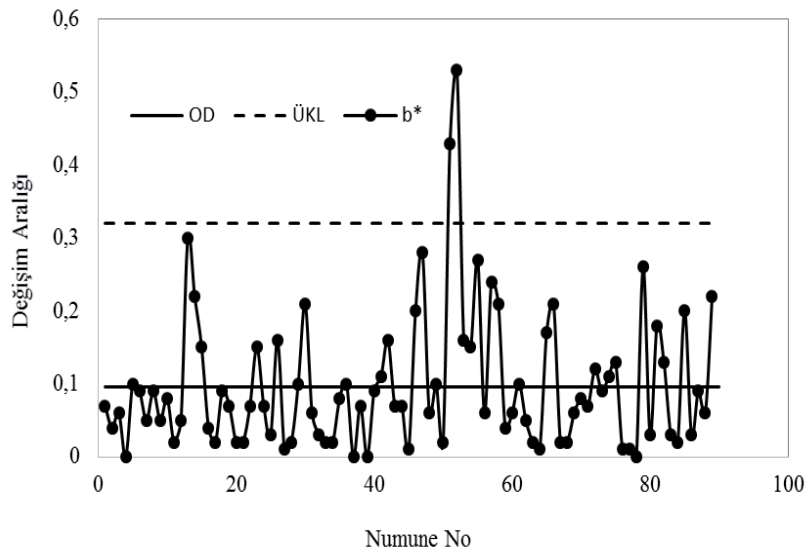
Kalsit ürünleri için L^* değerinden sonra en önemli parametre olan sarılık göstergesi b^* için hesaplanan X ve mR 'ye ait Alt Kontrol Limiti, Orta Değer ve Üst Kontrol Limiti değerleri Tablo 7'de, bu hesaplamalar kullanılarak elde edilen X ve mR grafikleri ise Şekil 7 ve 8'de verilmiştir. X grafiğinin dört noktası ÜKL çizgisininim üzerinde diğer noktaları ise alt ve üst kontrol limit sınırları içinde yer almış olup orta değer çizgisinin etrafında rastgele ve dengeli bir dağılım göstermişlerdir. mR kontrol grafiğinde ise sadece iki nokta üst kontrol limit çizgisinin dışında bulunurken diğer noktalar orta değer çizgisinin etrafında kendilerine yer bulmuş olduğu görülmektedir.

Tablo 7. b^* için X ve mR 'ye ait AKL, OD ve ÜKL değerleri

\bar{X}	AKL= $0,77-2,66*0,096= 0,51$ OD = $0,77$ ÜKL= $0,77+2,66*0,13= 1,03$
mR	AKL=0 OD= $0,096$ ÜKL= $3,27*0,096=0,31$



Şekil 7. b^* parametresi için X grafiği



Şekil 8. b^* parametresi için mR grafiği

Bu çalışmada; proses yeterlilik analizi, proses ortalaması ve standart sapmasını, toleranslar ile ilişkilendirerek prosesin alıcı isteklerine uygun ürün oluşturma yeteneğini ortaya koymak ve ürün gerekliliklerinin veya spesifikasyonların üretim süreci içerisinde sağlanma derecesini test etmek için kullanılmıştır. Üzerinde çalışılan mikronize öğütme tesisi proses yeterlilik analizi (Cp ve Cpk indisleri) Ry-L*-a*-b* için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan standart sapma (σ) değerleri ise söz konusu parametreler için sırası ile 0,41-0,16-0,038-0,12 olarak bulunmuştur. Proses Yeterlilik analiz sonuçları ise Tablo 8'de verilmiştir. Sonuçlar, Tablo 4 temel alınarak değerlendirildiğinde tesisin kendi spesifikasyonları dâhilinde çalıştığı anlaşılmaktadır.

Tablo 8. Cp ve Cpk değerleri

	Ry	L*	a*	b*
USL	100,0	100,0	0,10	1,50
ASL	95,00	95,00	0,00	0,00
Cp	2,03	5,20	0,44	2,08
Cpk ₁	3,17	3,19	0,35	2,03
Cpk ₂	0,90	7,23	0,52	2,14

4. Sonuçlar

Ülkemiz endüstriyel mineraller açısından oldukça zengin olup bunlardan kalsit, mikronize boyutlara öğütüldükten sonra endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. Özellikle kâğıt, plastik, kauçuk ve boya sanayinde kullanılan bu mineralin bazı fiziksel özelliklere sahip olması istenmektedir. Bu özelliklerin başında ise yüksek beyazlık derecesine sahip olması gelmektedir. Zira renk parametrelerinden L* değerinin mikronize kalsit ürünlerinde en az 95, b* yani sarılık göstergesinin de 1 civarında olması genel kabul görmektedir. Bu nedenle konvansiyonel bilyeli değirmen ürünlerinin ürün kalitesinin belirlenmesinde renk parametreleri büyük önem arz etmektedir. Bunun yanında ürünlerin renk kalitesindeki devamlılık tüketicilerin en önemli talepleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle mikronize kalsit ürünlerinin üretimi esnasında renk özelliklerinin sürekli kontrolü kaçınılmaz olmaktadır. Bu bağlamda örnek bir çalışma olması amacı ile Niğde ilinde kalsit sektöründe faaliyet gösteren Nidaş firmasına ait konvansiyonel bilyeli değirmen ürün kalitesi, parlaklık (Ry), ve renk parametrelerinden L*,a* ve b* değerleri kullanılarak istatistiksel proses kontrolü çalışmaları ile irdelenmiştir. Bu istatistiki çalışma söz konusu tesiste üretilen d50 değeri 2 µm civarında olan mikronize ürün skalasında yer alan ürünlerin renk parametreleri açısından dikkate değer bir problemin olmadığını ve uniform ürün elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca, proses yeterlilik analizinin değerlendirilmesi sonrasında, tesisin renk parametreleri açısından kendi spesifikasyonları dahilinde üretim yaptığı anlaşılmaktadır.

Kaynaklar

DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik ÖİK Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri I, (Asbest-Grafit-Kalsit-Fluorit-Titanyum) Çalışma Grubu Raporu) 2618 - ÖİK: 629 Ankara.

Durman, B., Pakdil F., 2010. İstatistikî Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı, Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06530, Bağlıca, Ankara.

Ipek, H., Ankara H., Özdağ H., 1999. The Application of Statistical Process Control, Minerals Engineering, Vol. 12, No. 7, pp. 827-835.

<http://www.kurumsalkalite.com/surec-yeterlilik-indeksi-2-cpk-ppk>, Alınma tarihi: 15 Kasım 2014.

Işığışık, E., 2004. Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Proses Kontrol, sayfa 130-132,231.

Kaya, İ., Ağa, A., 2003. Kalite İyileştirme Sürecinin Yedi Temel Aracı ve Motor-Traktör İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 447-468

McDonald's, R., 1997. Colour Physics for Industry, Society of Dyers and Colourists, ISBN 0901956708, Second Edition, England.

McGuire, R. G., 1992. Reporting of objective color measurements: HortScience, 27, 1254-1255.

Megep, 2008. Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Kimya Teknolojisi Polimer Kavramları ve Özellikleri, Ankara.

Montgomery, D., 2001. Introduction to Statistical Quality Control, New York, John Wiley & Sons, cop, Fourth Edition.

Oliver, J. R., Blakeney, A. B., Allen, H. M.,1992, Measurement of flour color in color space parameters: Cereal Chem, 69, 546-551.

Özdemir, T., 2003. İstatistikî Süreç Kontrolü, İS 432 "İstatistikî Kalite Denetimi Dersi" notu.

Uçurum, M., 2004. Kaplı Kalsit Üretimi ve Ürün Özellikleri, MT Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi, Yıl:3 Sayı:6 Temmuz s.1-10.

Yeşil, Y., 2010, Melanj elyaf karışımlarında renk değerlerinin yeni bir algoritma geliştirilerek tahmin edilmesi, Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi.

Zeyveli, M., Selalmaz, E., 2008. İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Zincir İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.