

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

CUSUM KONTROL GRAFİKLERİNİN BAL ANALİZİ:
BİTLİS ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İBRAHİM ETEM AYKANAT

DANIŞMAN
PROF. DR. HAMİT MİRİTAGİOĞLU

KASIM 2024
BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

CUSUM KONTROL GRAFİKLERİNİN BAL ANALİZİ:
BİTLİS ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İBRAHİM ETEM AYKANAT
ORCID: 0000-0001-9709-5306

DANIŞMAN
PROF. DR. HAMİT MİRİTAGİOĞLU

KASIM 2024
BİTLİS

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisiyim. Hazırlamış olduğum “Cusum Kontrol Grafiklerinin Bal Analizi: Bitlis Örneği” başlıklı tezde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi; kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı; bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. .../11/2024

İbrahim Etem AYKANAT

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ YAZIM KILAVUZU UYGUNLUK BEYANI

“Cusum Kontrol Grafiklerinin Bal Analizi: Bitlis Örneği” başlıklı yüksek lisans Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır. / / 20.....

Tezi Hazırlayan

İbrahim Etem AYKANAT

Danışman

Prof. Dr. Hamit MİRİTAGİOĞLU

İstatistik Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Hamit MİRİTAGİOĞLU

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ONAY SAYFASI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim İstatistik Anabilim Dalı öğrencisi
İbrahim Etem AYKANAT tarafından hazırlanan “Cusum Kontrol Grafiklerinin Bal
Analizi: Bitlis Örneği” adlı Yüksek Lisans ile ilgili tez savunma sınavı, .../.../2024
tarihinde yapılmış ve tezin oy birliği ile kabul edilmesine karar verilmiştir.

JÜRİ:

İMZA

Danışman: Prof. Dr. Hamit MİRTAGİOĞLU
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

Üye:
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

Üye:
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun
tarih ve sayılı kararıyla jüri tarafından kabul edilmiş bu çalışmanın yüksek
lisans olarak kabulü onaylanmıştır.

.../.../2024

Doç. Dr. Mehmet Bakır ŞENGÜL

Enstitü Müdürü

T.C.
Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İstatistik Anabilim Dalı
CUSUM KONTROL GRAFİKLERİNİN BAL ANALİZİ: BİTLİS ÖRNEĞİ
Yüksek Lisans Tezi
İbrahim Etem AYKANAT
Danışman: Prof. Dr. Hamit MİRTAGİOĞLU
Kasım 2024
ÖZET

Bu çalışmada, Bitlis ilinde üretilen bal örneklerinin kalite parametreleri, CUSUM (Cumulative Sum) kalite kontrol grafiklerini kullanarak analiz edilmiştir. CUSUM grafikleri, balın su muhtevası, iletkenlik, serbest asitlik, pH, prolin, HMF, glukoz + fruktoz, glukoz/fruktoz oranı, sükroz, diastaz, C4 şekerleri oranı, $\delta^{13}\text{C}$ değeri ve $\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı gibi çeşitli değişkenlerini izlemek için kullanılmıştır. Analizler, Bitlis ilindeki bal örneklerinin kalite standartlarına uygunluğunu değerlendirmiş ve bu değişkenlerdeki sapmaların kalite üzerindeki etkilerini belirlemiştir. CUSUM grafiklerinin kullanımı, kalite parametrelerindeki küçük değişikliklerin hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlamış ve bal üretim sürecinin kalitesini yüksek seviyede tutmuştur. Çalışma sonuçları, Bitlis ilindeki bal üretiminde kalite kontrol süreçlerinin etkinliğini artırmak için CUSUM yönteminin uygulanabilirliğini ortaya koymakta ve balın yüksek kalitesinin sürdürülmesi için gerekli önlemleri önermektedir.

Anahtar kelimeler: Kalite kontrol grafikleri, Bitlis, Bal kalitesi, CUSUM

Republic of Turkey
Bitlis Eren University Graduate School
Department of Statistics
HONEY ANALYSIS OF CUSUM CONTROL CHARTS: BITLIS EXAMPLE
Master's Thesis
İbrahim Etem AYKANAT
Supervisor: Prof. Dr. Hamit MİRTAGİOĞLU
November 2024
ABSTRACT

This one in this study, quality parameters of honey samples produced in Bitlis province, CUSUM (Cumulative Sum) quality control graphs were used for analysis. CUSUM graphs analysed water content, conductivity, free acidity, pH, proline, HMF, glucose + fructose, glucose/fructose ratio, sucrose, diastase, C4 sugars ratio, $\delta^{13}\text{C}$ value and $\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ honey difference of honey samples in Bitlis province was used to monitor various parameters. The analyses were carried out on honey samples from Bitlis province. Quality standards and assessed the impact of deviations in these parameters on quality. Effects on quality. The use of CUSUM charts, quality rapid detection of small changes in its parameters and kept the quality of the honey production process at a high level. Operation The results show that quality control processes in honey production in Bitlis province the applicability of the CUSUM method to increase the effectiveness of the and recommends measures to maintain the high quality of honey.

Keywords: Quality control graphs, Bitlis, Honey quality, CUSUM

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden başlayarak son aşamaya kadar her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hamit MİRTAGİOĞLU'na şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmamda benden yardım ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim. Ayrıca, verilerin toplanması ve analizinde yardımcı olan Bitlis Eren Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Öğr. Gör. Dr. Zeynep KILIÇ 'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.



ÖNSÖZ

Kalite kontrol, üretim süreçlerinin başarısını ve ürünlerin standartlara uygunluğunu sağlamak için kritik bir öneme sahiptir. Özellikle gıda ürünleri, kalite güvence süreçlerinin titizlikle yürütülmesini gerektiren alanlardan biridir. Bu bağlamda, bal üretimi, hem besleyici özellikleri hem de doğal ve katkısız olması gerektiği için özel bir dikkat gerektirir. Balın kalitesi, birçok değişken tarafından belirlenir ve bu değişkenlerin sürekli izlenmesi, yüksek kaliteli ürünlerin üretimini destekler.

Bal, zengin besin içeriği ve sağlık faydaları ile bilinen bir doğa harikasıdır. Balın kalitesi, birçok değişkene bağlı olarak değerlendirilir ve bu değişkenler, balın doğal, katkısız ve iyi muhafaza edildiğini gösterir. Bu çalışmada, Adilcevaz, Ahlat, Güroymak, Merkez, Hizan ve Mutki bölgelerinden alınan bal örnekleri çeşitli değişkenlere göre analiz edilmiştir. Her bir bölgenin bal örnekleri CUSUM analizi kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçlar referans aralıklarına göre yorumlanmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde büyük emek veren ve destekleyen herkese teşekkürlerimi sunarım. Özellikle bal kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesi konusundaki bu çalışmada, CUSUM (Cumulative Sum) kalite kontrol grafikleri ile sağlanan analizler, bal üretim süreçlerinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu araştırma, balın kalite parametrelerinin sistematik bir şekilde izlenmesini ve bu parametrelerdeki değişikliklerin hızlı bir şekilde tespit edilmesini amaçlamaktadır. Çalışmanın her aşamasında destek olan akademik danışmanım, değerli mesai arkadaşlarım ve aileme içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, verilerin toplanması ve analizinde yardımcı olan Bitlis Eren Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine ve laboratuvar çalışanlarına da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
ÖNSÖZ.....	IV
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
SİMGELER	IX
KISALTMALAR	X
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	3
2.1. Materyal.....	3
2.2. İstatistiksel Kalite Kontrol	3
2.3. İstatistiksel Kalite Kontrol Grafikleri.....	5
2.3.1. CUSUM Kalite Kontrol Grafiği.....	6
2.3.1.1. V-Maskesi Tekniği	11
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	16
3.1. Bitlis İlinde Arıcılık.....	16
3.2. Bal Analizinde Kullanılan Değişkenler	20
3.2.1. Su Muhtevası (%).....	20
3.2.2. İletkenlik (mS/cm).....	20
3.2.3. Serbest Asitlik (meq/kg)	21
3.2.4. pH	21
3.2.5. Prolin (mg/kg).....	22
3.2.6. HMF (Hidroksimetilfurfural) (mg/kg).....	22
3.2.7. Glukoz + Fruktöz (g/100 g)	22
3.2.8. Glukoz/Fruktöz Oranı	23
3.2.9. Sükroz (g/100 g).....	23
3.2.10. Diastaz	23
3.2.11. C4 Şekerleri Oranı (%)	24
3.2.12. $\delta^{13}\text{C}$ Değeri (bal)	24
3.2.13. $\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı.....	24

3.3. CUSUM Kalite Kontrol Grafiği ile Bal Analizi.....	25
3.3.1. CUSUM Grafiği ile Bal Değişkenlerinin Analizi.....	26
3.3.2. Kümülatif Toplam Sonucunda CUSUM Grafiği Analizi	68
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR	80



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Türkiye illere göre arıcılık durumu	17
Çizelge 3.2. Türkiye kovan varlığı (adet)	17
Çizelge 3.3. Türkiye illere göre balmumu üretimi (ton).....	18
Çizelge 3.4. Bal kalite değişkenlerine ait CUSUM kontrol grafik değerleri	27
Çizelge 3.5. İlçelerin Değişken Değerlerinin Kümülatif Toplama ile Alınan Değerleri	69



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Basit bir kontrol grafiği	6
Şekil 2.2. Standart V Maskesi	12
Şekil 3.1. Su Muhtevası Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği	29
Şekil 3.2. Su Muhtevası Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği	30
Şekil 3.3. İletkenlik Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği	31
Şekil 3.4. İletkenlik Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği	34
Şekil 3.5. Serbest Asitlik Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği.....	35
Şekil 3.6. Serbest Asitlik Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği.....	37
Şekil 3.7. pH Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği	38
Şekil 3.8. pH Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği	41
Şekil 3.9. Plorin Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği.....	42
Şekil 3.10. Plorin Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği.....	45
Şekil 3.11. HMF Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği.....	46
Şekil 3.12. HMF Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği.....	49
Şekil 3.13. Glukoz + Fruktoz Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği	50
Şekil 3.14. Glukoz + Fruktoz Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği.....	52
Şekil 3.15. Glukoz/Fruktoz Oranı Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği	53
Şekil 3.16. Glukoz/Fruktoz Oranı Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği.....	55
Şekil 3.17. Sükroz Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği	56
Şekil 3.18. Sükroz Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği	58
Şekil 3.19. Diastaz Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği	59
Şekil 3.20. Diastaz Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği	61
Şekil 3.21. $\delta^{13}\text{C}$ Değeri Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği.....	63
Şekil 3.22. $\delta^{13}\text{C}$ Değeri Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği	65
Şekil 3.23. $\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği.....	66
Şekil 3.24. $\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği.....	68
Şekil 3.25. İlçelerin CUSUM Kümülatif Toplam Grafiği	70
Şekil 3.26. İlçelerin CUSUM V Maskesi Grafiği	72

SİMGELER

x_i	: i'nci gözlem değeri
$\bar{x}$	: Ortalama
μ	: Popülasyon ortalaması
HMF	: Hidroksimetilfurfural
pH	: Asidiklik ve alkaliniteyi ölçen bir skala
C4 Şekerleri	: Balda bulunan C4 bitkilerinden kaynaklanan şekerler
$\delta^{13}\text{C}$	: Karbon-13 izotopunun oranı
$\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal:	Protein ve bal arasındaki karbon-13 izotop farkı
Glukoz	: Basit şeker
Fruktoz	: Basit şeker
Sükroz	: Çift şeker
Diastaz	: Enzim aktivitesi
Prolin	: Amino asit
g/100 g	: Gram / 100 gram
mg/kg:	Miligram / kilogram
mS/cm	: Milisiemens / santimetre
meq/kg	: Miliekivalan / kilogram

KISALTMALAR

AKS	: Alt kontrol sınırı
DT	: Deney Tasarımı
İKK	: İstatistik Kalite Kontrol
İSK	: İstatistiksel Süreç Kontrolü
OÇ	: Orta Çizgi
SPC	: İstatistiksel Proses Kontrolü
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
ÜKS	: Üst Kontrol Sınırı



1. GİRİŞ

Bugün dünyada olduğu gibi ülkemizde de en büyük sorunlardan biri hızla artan nüfustur ve bu nüfusun sağlıklı bir şekilde beslenmesini sağlamak önemlidir. Nüfusun artmasıyla birlikte tarım arazilerinde azalma yaşanması kaçınılmazdır, çünkü toprak alanlarının değişmesi ve düzensiz yerleşim artışı buna yol açar. Araştırmacılar bu sorunu çözmek amacıyla tarımsal üretimi artırmak için çeşitli bilimsel çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmalardan biri de arıcılığın geliştirilmesidir. Arıcılık, fazla emek ve sermaye gerektirmemesi ve sabit bir kurulum alanına ihtiyaç duymaması nedeniyle avantajlıdır. Ayrıca, arıcılık ürünlerinin tanınması ve kullanım alanlarının artması, bu sektörün önemini ve yaygınlığını artırmaktadır [1].

Doğal olarak doğadan elde edilen balın oluşumu ve bileşimi, bulunduğu bölgeye göre büyük farklılıklar gösterir. Balın kalitesini belirleyen en önemli faktör, nektar kaynağıdır [2]. Bunun yanı sıra, balın üretim şekli, işlenmesi, içerdiği nem oranı, arıcının kullandığı teknikler ve depolama koşulları da kalitede rol oynar. Bu yüzden, balın bazı karakteristik özellikleri, yetiştiği bitki ve coğrafi bölgeye göre çeşitlilik gösterir. Balın yaklaşık %80'i çeşitli şekerlerden, %17'si sudan, geri kalan %3'lük kısmı ise enzimler, mineraller, vitaminler, organik asitler, amino asitler ve aroma maddeleri gibi bala özgü diğer önemli kimyasallardan oluşur [3-5].

Araştırmacı, Bingöl bölgesinde üretilen ballarda HMF, diastaz, nem ve C4 şeker özelliklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma, 2014-2016 yılları arasında, arı yetiştiricileri birliğine kayıtlı 32 üyeden elde edilen bal örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın sonucunda elde edilen değerler, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği ve Avrupa Birliği standartlarına göre değerlendirilmiştir. İncelenen bal örneklerinde ortalama nem miktarı $15,39 \pm 0,28$, HMF miktarı $36,37 \pm 2,35$, Diastaz sayısı ortalama $18,39 \pm 1,08$ ve C4 şeker kriteri ortalama $1,37 \pm 0,21$ olarak bulunmuştur.

Araştırmacılar, Van ilinde yaptıkları bir çalışmada 20 süzme bal örneğinde nem miktarını %17,8 olarak tespit etmişlerdir [7]. Başka bir araştırmacı ise 2010-2011 yıllarında farklı bölgelerden temin ettiği 50 çiçek balı örneğinde %17,56 nem oranı belirlemiştir [9]. Erzurum'da yapılan bir çalışmada marketlerden temin edilen 12 süzme balda nem oranı %16,83 olarak bulunmuştur [10]. Benzer bir başka çalışmada ise flora ballarında ortalama %18,31 nem miktarı saptanmıştır. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği ve

TS 3036'ya göre, ballarda nem oranının %20'den fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir [10].

Araştırmacı çalışmasında, arıcılığın biyoçeşitliliğe katkısı ve kırsal kalkınmaya olan desteği nedeniyle önemli bir faaliyet olduğunu vurgulamaktadır. Bitlis ilinde arıcılık için en uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerini kullanarak bir yer seçimi değerlendirme modeli önermişlerdir. Sonuçta, arıcılığa çok uygun ve uygun alanların yüzölçümleri belirlenmiş ve en uygun yerlerin Bitlis'in çeşitli ilçelerinde olduğu saptanmıştır [11].

Araştırmacı, Bitlis ilinde arıcılığın geliştirilmesi ve öneminin artırılması durumunda elde edilebilecek sonuçları incelemiştir. Çalışma, öncelikle arıcılık mesleğini ele almış ve arıcılık ürünleri olan bal, arı sütü, bal mumu, polen ve propolis hakkında bilgi vermiştir. Literatür bölümünün ardından, arıcılığın ülke, bölge ve Bitlis ekonomisine katkıları üzerinde durulmuştur. Bitlis ili ekonomisi için arıcılığın önemine değinildikten sonra, ilin ekonomisine katkısının nasıl artırılacağına dair öneriler sunulmuştur. Betimleyici bir yöntemle yapılan çalışmada, literatür detaylı bir şekilde taranarak tespitler ve çözüm önerileri oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda, arıcılığa gereken önemin verilmesi halinde Bitlis ilinin, bölgenin ve ülke ekonomisinin gelişmesine önemli katkılar sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır [12].

Araştırmacılar, Muş ve Bitlis illerinden toplanan bal ve propolisin antimikrobiyal etkilerini incelemiştir. Bu çalışma kapsamında, bal ve propolis ekstraktlarının *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus megaterium* ve *Enterococcus faecalis* gibi çeşitli bakterilere, ayrıca *Saccharomyces cerevisiae* ve *Candida albicans* mantar türlerine karşı antimikrobiyal aktiviteleri test edilmiştir. Araştırma sonucunda, bal ve propolis ekstraktlarının hem Gram negatif hem de Gram pozitif bakterilere karşı antibakteriyal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir [13].

Bu tez çalışmasının amacı, Bitlis ili özelinde üretilen balların CUSUM kalite kontrol grafiği yardımıyla analiz edilerek ve tek bir yardımcı parametre cinsinden uygun yardımcı bilgi mevcut olduğunda, optimuma yakın parametrelere sahip önerilen çizelgelerin mevcut çizelgelerden daha hassas olduğunu göstermektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, iki alt başlık altında sırasıyla, İstatistiksel Kalite Kontrol ve İstatistiksel Kalite Kontrol Grafiklerinden CUSUM Kalite Kontrol Grafiği konusu ile bu konularda daha önce yapılmış çalışmalar göz önünde bulundurularak araştırılmıştır.

2.1. Materyal

Bu çalışmada; materyal olarak, Bitlis il genelinde farklı bölgelerde arıcılık yapan arıcılara ait kovanlardan elde edilen ballar kullanılmıştır. 5 ilçe ve il merkezinde farklı bölgelerden farklı zamanlarda 15 adet örnek alınmıştır. Böylece çalışma, 15 adet örnek ve her örnekte 6 gözlem (il merkezi ve 5 ilçe) olmak üzere toplam 90 gözlemden oluşmaktadır. Elde edilen gözlemler Bitlis Eren Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde araştırma analiz edilmiş ve kalite göstergesi olan Su Muhtevası (%), İletkenlik (mS/cm), Serbest Asitlik (meq/kg), pH, Prolin (mg/kg), HMF (Hidroksimetilfurfural) (mg/kg), Glukoz + Fruktoz (g/100 g), Glukoz/Fruktoz Oranı, Sükroz (g/100 g), Diastaz, C4 Şekerleri Oranı (%), $\delta^{13}\text{C}$ Değeri (bal) ve $\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı gibi 13 değişkene ait veriler elde edilmiştir. Bu verilerden bölgede üretilen balların benzer kalite standartlarına sahip olup olmadığı CUSUM kontrol grafikleriyle incelenmiş ve gerekli analizler için R paket programı kullanılmıştır.

2.2. İstatistiksel Kalite Kontrol

Kalite kontrol terimi, ilk kez 20. yüzyılın başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu dönemde, endüstriyel üretim süreçlerinde ürün kalitesini koruma ve iyileştirme amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Başlangıçta kalite kontrol, hataları tespit etmek ve ürünlerin standartlara uygunluğunu sağlamak için manuel yöntemler ve görsel kontrollerden oluşuyordu. Ancak, zamanla bu yöntemler yetersiz kalmaya başladı ve daha bilimsel yaklaşımlara ihtiyaç duyuldu [14].

1930'lu ve 1940'lı yıllarda, Walter A. Shewhart ve W. Edwards Deming gibi öncüler tarafından istatistiksel yöntemlerin kalite kontrol süreçlerine entegrasyonu önerildi. Bu sayede istatistiksel kalite kontrol yöntemi doğdu. İstatistiksel kalite kontrol, üretim süreçlerinin sürekli izlenmesi ve veri analizi yoluyla kalite varyasyonlarının belirlenmesi esasına dayanır. Bu yöntem, süreç içindeki olası sorunların erken tespit edilmesine ve önleyici tedbirlerin alınmasına olanak tanır [15].

1950'li yıllarda ise toplam kalite kontrol kavramı ortaya çıktı ve Feigenbaum tarafından kapsamlı bir şekilde ele alındı. Feigenbaum, toplam kalite kontrolün sadece

Üretim aşamasında değil, tüm işletme süreçlerinde uygulanması gerektiğini savundu. Bu yaklaşım, kaliteyi kontrol etmek için yapılan her türlü faaliyeti içermektedir ve ürün tasarımından, tedarik zinciri yönetimine, müşteri hizmetlerinden, çalışan eğitimine kadar geniş bir yelpazeyi kapsar [16].

Toplam kalite kontrol, işletmelerin tüm departmanlarında kalite bilincinin yerleştirilmesi ve sürekli iyileştirme kültürünün benimsenmesi gerektiğini vurgular. Bu yaklaşım, sadece nihai ürünün kalitesine odaklanmak yerine, süreçlerin her aşamasında kaliteyi güvence altına almayı amaçlar. Böylece, müşteri memnuniyeti artırılır, maliyetler düşürülür ve rekabet avantajı elde edilir [17].

İstatistiksel kalite kontrol (İKK), kaliteyi izlemek ve iyileştirmek amacıyla kullanılan çeşitli istatistiksel teknikleri kapsar. Bu tekniklerin başlıcaları arasında istatistiksel süreç kontrolü (İSK), deney tasarımı (DT) ve süreç kapasitesi analizi bulunmaktadır. İSK, bir üretim sürecindeki performansın sürekliliğini sağlamak için kullanılan bir yöntemdir ve bu yöntemde kontrol grafikleri önemli bir rol oynar. Kontrol grafikleri, süreçte meydana gelebilecek rastgele olmayan herhangi bir kayma veya değişimi tespit etmeye yardımcı olur [16].

İstatistiksel süreç kontrolü, bir üretim sürecinin belirli aralıklarla izlenmesini ve bu süreçten alınan örneklerle analizler yapılmasını içerir. Bu analizler sayesinde, süreçte meydana gelebilecek olağandış değişiklikler hızlı bir şekilde tespit edilerek müdahale edilebilir. Örneğin, bir üretim hattındaki makinelerin performansında meydana gelen sapmalar veya ürün kalitesinde gözlenen düzensizlikler kontrol grafikleri aracılığıyla izlenir ve bu sayede süreç stabil tutulur [17].

Deney tasarımı (DT), süreçlerin optimize edilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla farklı faktörlerin etkilerini analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir. DT, süreç parametrelerinin nasıl değiştirileceğini belirlemek ve bu değişikliklerin sonuçlarını değerlendirmek için sistematik bir yaklaşım sunar. Bu yöntem, kalite kontrolünde önemli bir araçtır çünkü süreçlerin en verimli ve kaliteli şekilde çalışmasını sağlamak için gerekli bilgileri sağlar [17].

Süreç kapasitesi analizi ise, bir üretim sürecinin belirli kalite standartlarını karşılama yeteneğini değerlendiren bir tekniktir. Bu analiz, süreç varyasyonlarının belirlenmesi ve süreç çıktılarının hedeflenen tolerans aralıkları içinde olup olmadığının

kontrol edilmesi için kullanılır. Süreç kapasitesi analizi, süreçlerin iyileştirilmesi ve kalite hedeflerinin sürekli olarak karşılanması için kritik öneme sahiptir [17].

İstatistiksel kalite kontrol (İKK), süreçlerin kontrol edilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla istatistiksel yöntemlerin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. İstatistiksel süreç kontrolü (İSK), deney tasarımı (DT) ve süreç kapasitesi analizi, bu kapsamda kullanılan başlıca tekniklerdir ve her biri, süreçlerin kalitesini artırmak için önemli katkılar sunar [17].

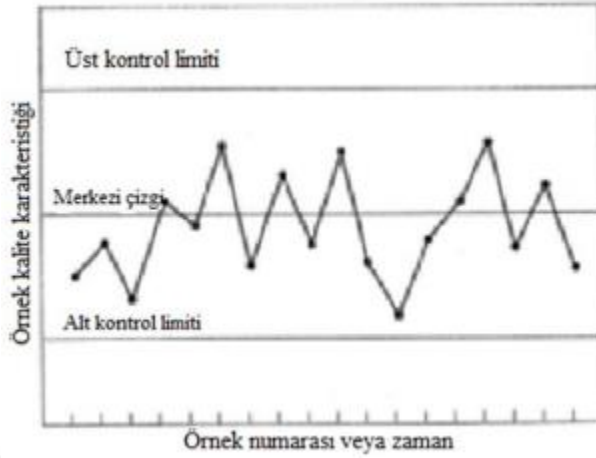
Zaman içinde, birçok yazar çok parametrelili proses ortalamasını gösteren çeşitli grafiksel yöntemler geliştirmiştir. Örneğin, Mandel, lineer regresyon ve kontrol grafiği teorisini birleştirerek regresyon kontrol grafiğini önermiştir [18]. Hawkins, her bir parametrenin regresyonundan elde edilen ölçeklendirilmiş artıklar için Shewhart ve CUSUM kontrol grafiklerini tanıtmıştır. Hawkins, parametrelerin ilişkili olduğu durumlarda, parametrelerin tek tek grafiklerinin oluşturulmasının kolay anlaşılır olduğunu ancak etkin olmadığını belirtmiştir. Bu nedenle, her bir parametrenin diğer parametreler üzerine regresyon grafiklerinin oluşturulmasının daha etkili olduğunu simülasyon çalışmaları ile göstermiştir [19].

Pignatiello ve Runger, çok değişkenli CUSUM grafiğini, tek parametrelili CUSUM kontrol grafiğini ve Shewhart ki-kare kontrol grafiğini Monte Carlo simülasyon çalışması ile karşılaştırmışlardır. Bu araştırmalar, tek ve çok parametrelili süreçlerin izlenmesi ve kontrol edilmesi için farklı yöntemlerin geliştirilmesi ve karşılaştırılmasına odaklanmaktadır. Her bir yöntemin avantajları ve dezavantajları simülasyon çalışmaları ile değerlendirilmiş ve daha etkin kontrol grafiklerinin geliştirilmesine katkıda bulunulmuştur [20].

2.3. İstatistiksel Kalite Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri, kalite karakteristiğinin zaman içindeki değişimini görsel olarak gösteren araçlardır. Bu grafiklerde, kalite karakteristiğinin ortalama değerini temsil eden bir merkez çizgisi (CL) bulunur. Ayrıca, grafikte üst kontrol limiti (UCL) ve alt kontrol limiti (LCL) olarak adlandırılan iki yatay çizgi daha vardır. Bu kontrol limitleri, süreç kontrol altında olduğunda, hemen hemen tüm örneklem noktalarının bu limitler arasında kalmasını sağlayacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, noktalar kontrol limitleri içinde kaldığı sürece, sürecin kontrol altında olduğu kabul edilir [21]. Bu limitler,

sürecin doğal varyasyonlarını göz önünde bulundurarak belirlenir ve süreçteki herhangi bir olağandışı durumun erken tespit edilmesine yardımcı olur.



Şekil 2.1. Basit bir kontrol grafiği [21]

Kontrol limitleri ile hipotez testi arasında önemli bir ilişki vardır. Bu bağlantıyı açıklamak için, Şekil 3.1'deki örneklem ortalamasını yani merkezi çizgiyi $\bar{x}$ ile belirtelim. Eğer $\bar{x}$ 'in belirlenen değeri kontrol limitleri içinde ise, prosesin kontrol altında olduğunu ve süreç ortalamasının μ hedef değere μ_0 eşit olduğunu söyleriz. Ancak, $\bar{x}$ kontrol limitlerinin dışına çıkarsa, prosesin kontrol dışında olduğunu ve süreç ortalamasının hedef değerden farklı olduğunu belirtiriz. Bu durumda, kontrol grafikleri, prosesin kontrol altında olup olmadığını belirlemek için yapılan bir hipotez testi olarak işlev görür [17].

2.3.1. CUSUM Kalite Kontrol Grafiği

CUSUM teknikleri, ilk olarak 1954 yılında İngiliz istatistikçi Page tarafından geliştirilmiştir ve bir süreçteki değişiklikleri tespit etmek için olasılık oranlarına dayanan ardışık işlemler dizisini içerir [22]. Page, bir üretim tesisinde kusurlu ve kusursuz ürün oranlarını belirleyerek, üretimdeki kusurlu oranını kontrol altında tutmak amacıyla CUSUM grafiklerini kullanmıştır. Bu teknikleri daha da geliştirmek için sonraki yıllarda birçok çalışma yapılmıştır. 1959 yılında Barnard, CUSUM grafiklerine sayısal verilere uygulanabilen V maskesi kavramını ekleyerek, bu grafiklerin bir istatistiksel kalite kontrol (İKK) aracı olarak önemli bir ilerleme kaydetmesini sağlamıştır. Ayrıca, Ewan, Kemp, Lucas, Johnson ve Leone gibi diğer bilim insanları da bu yöntemi geliştirmek için önemli katkılarda bulunmuşlardır [23].

CUSUM kontrol grafikleri, örneklem ortalamalarının belirli bir hedef veya standart değerden sapmalarını kümülatif toplam olarak zaman içinde gösterir. CUSUM grafiklerinin Shewhart grafiklerine kıyasla avantajı, küçük süreç kaymalarını belirlemek için birkaç örnekteki bilgiyi birleştirebilmeleridir. Bu özellik özellikle $n=1$ örneklem hacminde daha etkili hale gelir. CUSUM grafiğindeki noktaların yapısı, Shewhart grafiklerinde kullanılan kontrol sınırlarından daha etkilidir. Bu yüzden, CUSUM grafiklerinde orta çizgi ve kontrol sınırları hesaplanmaz [24].

CUSUM kontrol grafikleri, süreç ortalamasındaki küçük değişiklikleri çok hassas bir şekilde tespit edebilme yetenekleri sayesinde son derece etkilidir. Bu özellikleri, onları standart kontrol grafikleri kadar yaygın bir kullanım alanı bulmalarına yardımcı olmuştur. CUSUM grafikleri, süreçte meydana gelen küçük sapmaları erken aşamada tespit edebilir, çünkü bu grafikler her yeni veriyi önceki verilerle kümülatif olarak toplar ve böylece küçük değişikliklerin birikim etkisini daha belirgin hale getirir. Ancak, süreçte büyük ve ani sapmalar yaşandığında, standart kontrol diyagramları genellikle daha uygun bir seçenek olarak kabul edilir. Büyük sapmalar genellikle daha belirgin ve açık şekilde ortaya çıkabildiğinden, standart kontrol grafiklerinin bu tür durumları tespit etme yeteneği daha etkili olabilir [25].

CUSUM grafiklerinin sağladığı avantajlar genel olarak şu şekildedir:

Eğimdeki Değişikliklerin Tespiti: CUSUM grafiklerinde, grafiğin eğimindeki değişikliklere bakarak süreç ortalamasındaki değişiklikler kolayca tespit edilebilir. Bu değişiklikler, sürecin ortalama değerinde meydana gelen küçük kaymaları hızlı ve hassas bir şekilde gösterir.

Küçük Kaymaları Tespit Etme: CUSUM grafiklerinin en büyük avantajlarından biri, süreç ortalamasındaki küçük çaplı kaymaları standart kontrol grafiklerine kıyasla daha hızlı bir şekilde tespit edebilmesidir. Özellikle, süreç ortalamasındaki 0.5σ ile 2σ arasındaki kaymaların belirlenmesinde daha etkili sonuçlar sağlar.

Kayma Başlangıç Noktası: CUSUM grafiklerinin bir diğer önemli avantajı, süreç ortalamasındaki sapmanın hangi örnekten itibaren başladığını belirleyebilmesidir. Bu, sürecin ne zaman değişmeye başladığını anlamak için değerli bir bilgidir.

Kısa Dönem Tahminler: CUSUM grafikleri, gelecekteki süreç ortalaması hakkında kısa dönemli tahminler yapma imkanı sunar. Bu, sürecin gelecekteki durumu hakkında bilgi edinmeye yardımcı olur.

Sonradan Elde Edilen Sonuçların Analizi: CUSUM grafiklerinin bir diğer avantajı, süreçte meydana gelen değişikliklerin karar verilmesinde yardımcı olmasıdır. Grafik düzenlendikten sonra elde edilen sonuçlar, daha önceki sonuçları destekliyorsa, sürecin gerçekten değişmiş olduğundan emin olunur. Eğer sonradan elde edilen sonuçlar orijinal değerlere yakınsa, bu durum ya sürecin kontrol durumuna yaklaştığını ya da başlangıçta yanlış bir karar verilmiş olabileceğini gösterir. Ayrıca, eski verilere CUSUM grafiklerinin uygulanması, süreç değişkenliği hakkında faydalı bilgiler sağlar [23-26].

CUSUM (Cumulative Sum) kalite kontrol grafiği, süreç performansının zamanla izlenmesi ve değişikliklerin tespiti için kullanılan bir istatistiksel araçtır. CUSUM grafiği, ardışık ölçümlerin kümülatif toplamlarını gösterir. Bu toplamlar, süreç ortalamasındaki değişiklikleri yakalamak ve kontrol sınırlarının dışına çıkan anormallikleri belirlemek için kullanılır [27].

➤ CUSUM Kalite Kontrol Grafiği Nasıl Oluşturulur?

CUSUM kalite kontrol grafiğini oluşturmak için aşağıdaki adımlar yer almaktadır;

Veri Toplama: CUSUM grafiği çizmeden önce, sürecin performansını izlemek için örneklem verileri toplanır. Örneklem verileri, sürecin performansını temsil eden ölçümler veya gözlemler olabilir. Örneğin, üretim sürecindeki bir kalite ölçümü veya hizmet sektöründeki bir müşteri memnuniyet anketi sonucu gibi verileri kullanabilir.

Hedef Değer ve Standart Sapma Belirleme: CUSUM grafiğini çizmek için öncelikle hedef değeri ve standart sapmayı belirlenmesi gerekmektedir. Hedef değer, sürecin istenen performans seviyesini temsil eder. Standart sapma ise sürecin parametreliğini ölçer. Bu istatistiksel parametreleri belirlemek için geçmiş verilere veya kalite gereksinimlerine başvurulabilir.

Kümülatif Topamları Hesaplama: CUSUM grafiğinin ana özelliği, her ölçüm için kümülatif toplamların hesaplanmasıdır. Kümülatif toplamlar, süreç performansındaki değişiklikleri izlemek ve tespit etmek için kullanılır. İlk kümülatif toplam değeri genellikle sıfır olarak kabul edilir. Ardından, her ölçüm için kümülatif toplamı hesaplamak için aşağıdaki formülü kullanabilir:

$$CUSUM[i] = \max(0, CUSUM[i - 1] + (x[i] - hedef\ deger)) \quad (2.1)$$

Burada $CUSUM[i]$, i . ölçüm için kümülatif toplamı temsil eder, $x[i]$ ölçüm değeridir ve hedef değer sürecin hedef değeridir.

Kontrol Sınırlarının Belirlenmesi: CUSUM grafiği için üst kontrol sınırı (UCL) ve alt kontrol sınırı (LCL) belirlenmelidir. Bu kontrol sınırları, sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olduğu sınırları gösterir. UCL ve LCL değerleri, sürecin parametreliliği ve kabul edilebilir sapma miktarına bağlı olarak belirlenir. Kontrol sınırları, CUSUM grafiğinde sürecin normal performans aralığını gösterir.

CUSUM Grafiğinin Çizimi: CUSUM grafiği, örneklem numarası veya ölçüm sayısı karşısında kümülatif toplamların grafiğini çizerek oluşturulur. Örneklem numarası veya ölçüm sayısı x-eksenine, kümülatif toplamlar y-eksenine yerleştirilir. Her ölçüm için hesaplanan kümülatif toplam değerleri noktalarla temsil edilir ve noktalar birleştirilerek bir çizgi oluşturulur. Ayrıca, UCL ve LCL kontrol sınırları da grafiğe eklenir.

Grafik Yorumlama: CUSUM grafiği çizildikten sonra, süreç performansını değerlendirmek ve değişiklikleri tespit etmek için grafiği yorumlamalısınız. Grafiğin kontrol sınırları içinde kalması, sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olduğunu gösterir. Eğer grafiğin kontrol sınırlarını aşarsa, süreçte anormallikler veya değişiklikler olduğunu gösterir ve düzeltici eylemler alınması gerekmektedir.

Sorunları Tespit Etme ve Çözme: CUSUM grafiğindeki anormallikleri veya beklenmeyen değişiklikleri tespit edin ve sorunun kaynağını belirlenir. Ardından, düzeltici eylemler alarak süreci iyileştirilir.

CUSUM Kalite Kontrol Grafiği, süreç performansını izlemek ve değişiklikleri tespit etmek için etkili bir araçtır. Veri toplama, hedef değer ve standart sapma belirleme, kümülatif toplamların hesaplanması, kontrol sınırlarının belirlenmesi, grafiğin çizimi ve yorumlanması, CUSUM grafiğini etkili bir şekilde kullanmanın temel adımlarıdır. CUSUM grafiği, sürekli iyileştirmenin bir parçası olarak işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır ve süreç performansının izlenmesine katkı sağlar [27].

➤ CUSUM kalite kontrol grafiği, aşağıdaki bileşenlere sahiptir:

Hedef Değer: CUSUM kalite kontrol grafiğinin ilk bileşeni, süreç için belirlenen hedef değerdir. Hedef değer, sürecin istenen performans seviyesini temsil eder. Örneğin, bir üretim sürecinde ürün boyutları için belirlenen nominal değer hedef değer olabilir. CUSUM grafiği, sürecin hedef değerine göre sapmaları izlemek için kullanılır. Hedef değer, grafiğin orta hattını (0 çizgisi) belirler.

Kümülatif Toplam: CUSUM kalite kontrol grafiğinin temel özelliği, ardışık ölçümlerin kümülatif toplamlarını kullanmasıdır. Kümülatif toplam, her ölçüm için bir önceki ölçümün kümülatif toplamına mevcut ölçümün farkını ekleyerek hesaplanır. Bu toplamlar, süreçteki değişiklikleri yakalamak ve izlemek için kullanılır. Kümülatif toplamlar, CUSUM grafiğinin eğimini belirler ve süreç performansındaki değişiklikleri gösterir.

Kontrol Sınırları: CUSUM kalite kontrol grafiği, üst kontrol sınırı (UCL) ve alt kontrol sınırı (LCL) ile belirlenen kontrol sınırlarına sahiptir. Bu kontrol sınırları, sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olduğu sınırları belirler. UCL ve LCL, hedef değerden sapmaların kabul edilebilir sınırlarını gösterir. Eğer CUSUM grafiği kontrol sınırlarının dışına çıkarsa, süreçte anormallikler veya değişiklikler olduğu anlaşılır ve düzeltici eylemler alınması gerekebilir.

Ağırlık Faktörü: CUSUM kalite kontrol grafiğinde kullanılan bir diğer bileşen, ağırlık faktörüdür. Ağırlık faktörü, ölçümlerin önem sırasını belirler. Bazı durumlarda, daha yeni ölçümler daha fazla ağırlığa sahip olabilirken, diğer durumlarda geçmiş ölçümler daha fazla ağırlığa sahip olabilir. Ağırlık faktörü, süreç performansını daha hassas bir şekilde izlemek ve değişiklikleri hızlı bir şekilde tespit etmek için kullanılır.

Referans Değerleri: CUSUM kalite kontrol grafiğinin bir diğer bileşeni, referans değerleri içerir. Referans değerleri, süreç performansının izlenmesi için belirlenen istatistiksel hedeflerdir. Örneğin, süreç ortalamasının belirli bir sapma miktarı üzerinde veya altında olması gerekebilir. Referans değerleri, CUSUM grafiğini diğer istatistiksel araçlarla entegre etmek ve sürecin belirlenen hedeflere uygun olup olmadığını değerlendirmek için kullanılır.

CUSUM kalite kontrol grafiği, süreç performansının izlenmesi ve değişikliklerin tespiti için etkili bir araçtır. Hedef değer, kümülatif toplam, kontrol sınırları, ağırlık faktörü ve referans değerleri gibi bileşenler, CUSUM grafiğinin temel yapı taşlarını oluşturur. Bu bileşenlerin doğru bir şekilde belirlenmesi ve kullanılması, süreç performansının izlenmesinde ve kalite kontrolünde etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. CUSUM kalite kontrol grafiği, sürekli iyileştirmenin temel bir unsuru olarak işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır [27].

2.3.1.1. V-Maskesi Tekniği

Bir süreçte, hedeflenen belirli bir değerdan hem pozitif hem de negatif yönde sapmalar meydana gelebilir. Bu sapmalar, sürecin performansını etkileyebilir ve kontrol dışı durumların göstergesi olabilir. CUSUM kontrol grafiklerinde, bu tür kaymaları etkili bir şekilde izlemek ve değerlendirmek için özel bir teknik uygulanır. Bu teknik, ilk olarak 1959 yılında İngiliz istatistikçi Barnard tarafından geliştirilmiş olan "V maskesi" tekniğidir [28].

V maskesi tekniği, süreç ortalamasındaki değışiklikleri izlemek için kullanılan bir yöntemdir ve bu yöntemin temel amacı, küçük ama önemli kaymaları daha hassas bir şekilde tespit edebilmektir. Teknik, kontrol grafiği üzerinde bir "V" şekli oluşturacak şekilde tasarlanmıştır ve bu şekil, süreçteki sapmaları belirlemek için kullanılır. V maskesi, iki ana bileşenden oluşur: birincisi, sürecin ortalamasındaki değışikliklerin tespiti için kullanılan kümülatif toplamlar (CUSUM) ve ikincisi, bu toplamların belirli bir eşik değeri aşıp aşmadığını belirlemek için kullanılan kontrol limitleridir [28-29].

Teknik, süreç ortalamasında meydana gelen sapmaları hem pozitif hem de negatif yönde takip eder. Pozitif sapmalar, hedeflenen değerin üzerinde bir kayma anlamına gelirken, negatif sapmalar hedefin altında bir kaymayı ifade eder. V maskesi, bu sapmaları hızlı bir şekilde tespit eder ve sürecin kontrol dışı olup olmadığını belirler. Eğer sapmalar, belirlenen kontrol limitlerini aşarsa, bu durum sürecin kontrol dışı olduğu anlamına gelir ve müdahale gerektirir [29].

Barnard'ın bu tekniği geliştirmesi, CUSUM kontrol grafiklerinin etkinliğini artırmış ve süreç yönetiminde önemli bir araç olmuştur. V maskesi, özellikle küçük ama önemli kaymaları tespit etme konusundaki hassasiyeti ile bilinir, bu da onu birçok endüstri ve uygulama için değerli bir araç yapar [29].

V maskesi, CUSUM grafiklerine ek olarak kullanılan bir yöntem olup, süreçteki kontrol dışı noktaları daha hassas bir şekilde tespit etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntem, CUSUM grafiğindeki kümülatif toplam değerlerini belirli bir referans çerçevesinde değerlendirir.

V maskesi, grafik üzerinde bir "V" şekli oluşturacak şekilde tasarlanmıştır ve bu şekil, süreç verilerinin kontrol sınırlarını temsil eder. V maskesinin iki ana kolu, sürecin kontrol altında olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Eğer CUSUM grafiğindeki kümülatif toplam değerleri V maskesinin kolları arasında kalıyorsa, bu durumda sürecin

V-Mask yöntemi, CUSUM grafiğinde üst ve alt kontrol sınırlarının bir kombinasyonunu kullanır. Bu yöntemde, üst kontrol sınırı (UCL) ve alt kontrol sınırı (LCL) bir "V" şeklinde birleştirilir. Ölçümler, V-Maske'nin içine veya dışına düştüğünde, süreçte bir değişiklik olduğu kabul edilir. Bu yöntem, süreç performansındaki büyük ve sürekli değişiklikleri tespit etmek için kullanılır [31].

Şekil 2.2’de standart bir V maskesi görülmektedir. CUSUM çizelgesine V maskesini yerleştirmek için;

- 12

3. O-P doğru parçasıyla θ açısı yapacak şekilde P noktasından başlayarak iki çizgi çizilir. Bunlara maskenin kolları denir.

4. Tüm $S_1, S_2, \dots, S_i$ kümülatif toplam değerleri V maskesinin iki arasında kalıyorsa süreç kontrol altındadır. Herhangi bir kümülatif toplam değeri V maskesinin kolları dışında kalırsa süreç kontrol dışıdır.

➤ V-Mask Yönteminin uygulanması için aşağıdaki adımlar izlenir:

CUSUM Grafiği Oluşturma: İlk adım, sürecin ölçümlerinden CUSUM grafiğini oluşturmaktır. Bu, her ölçüm için kümülatif toplamın hesaplanmasıyla yapılır. Kümülatif toplam hesaplaması, her ölçümün önceki ölçümün kümülatif toplamına mevcut ölçümün farkının eklenmesiyle yapılır.

Üst ve Alt Kontrol Sınırlarının Belirlenmesi: V-Mask Yöntemi için üst ve alt kontrol sınırları belirlenir. Üst kontrol sınırı (UCL) ve alt kontrol sınırı (LCL) birleştirilerek "V" şekli oluşturulur. Bu şekil, sürecin kontrol altında olduğu bölgeyi temsil eder.

Ölçümlerin Değerlendirilmesi: CUSUM grafiği üzerindeki ölçümler, V-Mask şekli ile karşılaştırılır. Eğer bir ölçüm, V-Mask şeklinin içine düşerse, bu süreçte bir değişiklik olduğunu gösterir. Ölçüm, V-Mask şeklinin dışında kalıyorsa, süreç hala kontrol altında kabul edilir.

V-Mask Method için kullanılan formüller;

Üst Kontrol Sınırı (UCL) Hesaplama Formülü:

$$UCL = k \times \sigma \quad (2.2)$$

Burada, UCL üst kontrol sınırını, k bir sabit faktörü ve σ standart sapmayı temsil eder. k faktörü, V-Mask şeklinin üst kısmının kontrol sınırını belirler. Bu faktör, önceden belirlenmiş bir istatistiksel dağılıma ve kabul edilebilir hatalı alarm oranına bağlı olarak seçilir.

Alt Kontrol Sınırı (LCL) Hesaplama Formülü:

$$LCL = -k \times \sigma \quad (2.3)$$

LCL alt kontrol sınırını temsil eder. Bu formül, üst kontrol sınırının negatif değerini alır.

V-Mask Method'da, CUSUM grafiği üzerindeki ölçümler, üst ve alt kontrol sınırları (UCL ve LCL) ile karşılaştırılır. Ölçüm, kontrol sınırları içinde ise süreç kontrol altında kabul edilirken, kontrol sınırları dışında ise süreçte bir değişiklik olduğunu gösterir [32].

Kümülatif Toplam (CUSUM) Hesaplama Formülü:

$$CUSUM[i] = \max(0, CUSUM[i - 1] + x[i] - \mu_0) \quad (2.4)$$

Burada, $CUSUM[i]$ i. ölçüm için kümülatif toplamı, $CUSUM[i - 1]$ ($i - 1$). ölçümün kümülatif toplamını, $x[i]$ i. ölçümü, ve μ_0 hedef değeri temsil eder. CUSUM hesaplaması, her ölçümün önceki ölçümün kümülatif toplamına mevcut ölçümün farkının eklenmesiyle yapılır. CUSUM değeri, süreç performansındaki değişiklikleri gösteren bir metrik olarak kullanılır [32].

Bu formüller, V-Mask Metodun temel hesaplamalarını açıklamaktadır. Ancak, V-Mask Metodun daha spesifik hesaplamaları ve uygulama detayları, kullanıcı tercihlerine, süreç özelliklerine ve istatistiksel gereksinimlere bağlı olarak değişebilir [32].

Birikimli toplam kontrol grafiğinin performansı V maskesinin parametreleri tarafından belirlenir. V maskesini oluşturmak için, d uzunluğu ve θ açısını bilmek yeterli olabilmektedir. Eğer $\bar{X}_i'$ nin standart hatası $\sigma_{\bar{X}}$ 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 varsayılır [33].

CUSUM proses ortalamasındaki küçük kaymaları yakalamakta diğer kalite kontrol grafiklerine göre daha etkindir. Özellikle, CUSUM ARL değerleri küçük kaymalarda daha iyidir. CUSUM, ortalama veya hedef değerden sapmaları ölçerek biriktirir ve $X \sim iidN(\mu, \sigma^2)$ varsayımını gerektirir [34].

➤ V-Mask Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

V-Mask Yöntemi, süreç performansındaki büyük ve sürekli değişiklikleri tespit etme konusunda bazı avantajlara sahiptir:

Hassas Değişiklik Tespiti: V-Mask Yöntemi, CUSUM grafiğindeki değişiklikleri hassas bir şekilde tespit etme yeteneğine sahiptir. Süreçteki büyük ve sürekli değişikliklerin erken fark edilmesini sağlar.

İyi Görsel Sunum: V-Mask şekli, süreç performansının kontrol sınırları içinde veya dışında olduğunu açıkça gösterir. Bu, görsel bir gösterim sağlayarak süreç performansının hızlı bir şekilde yorumlanmasını kolaylaştırır.

Hareketli Ortalama Etkisini Azaltma: V-Mask Yöntemi, hareketli ortalama kontrol grafiklerine kıyasla daha hızlı tepki verir. Hareketli ortalama grafiklerinde, her ölçümün sadece son birkaç ölçümle ilişkisi dikkate alınırken, V-Mask Yöntemi tüm ölçümlerin katkısını içerir.

Ancak, V-Mask Yönteminin bazı dezavantajları da vardır:

Yöntem Parametrelerinin Seçimi: V-Mask Yöntemi için kontrol sınırlarının belirlenmesi ve şeklin oluşturulması için parametrelerin doğru şekilde seçilmesi önemlidir. Yanlış parametre seçimi, yanlış sonuçlara ve hatalı alarmlara yol açabilir.

Yüksek Hatalı Alarm Oranı: V-Mask Yöntemi, hassas bir kontrol yöntemi olsa da, bazen rastgele dalgalanmalar veya geçici değişiklikler nedeniyle hatalı alarmlara yol açabilir. Bu, gereksiz düzeltici eylemlerin alınmasına ve kaynakların israfına neden olabilir.

V-Mask Method (V-Maske Yöntemi), CUSUM Kalite Kontrol Grafiği'nde kullanılan bir karar aralığı yöntemidir. Süreç performansındaki büyük ve sürekli değişiklikleri tespit etmek için etkili bir yöntemdir. Ancak, doğru parametrelerin seçimi ve hatalı alarmların yönetimi konularında dikkatli olunması gerekmektedir [32].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölüm üç alt başlık olarak ele alınmış. Birinci alt başlıkta Bitlis ilinde arıcılık ile ilgili bilgiler verilmiştir. İkinci alt başlıkta bal analizinde kullanılan değişkenler hakkında bilgilendirme yapılmış. Üçüncü alt başlıkta bal değişkenleri CUSUM kalite kontrol grafiği R Programı kullanılarak analiz edilmiştir.

3.1. Bitlis İlinde Arıcılık

Bitlis İli, coğrafi yapısı itibariyle arıcılık faaliyetleri için oldukça uygundur. Türkiye genelinde arıcılık yapılan alanlar geniş bir yer kaplarken, Bitlis bu alanda önde gelen iller arasında yer almaktadır. Şehrin dağlık yapısı ve bitki çeşitliliği, bal üretimi ve arıcılığın gelişmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Bitlis'te üretilen balın yüksek kalitesi, il ekonomisine olumlu getiriler sağlamaktadır. Ancak, bu getiriler yeterli düzeyde değildir. Coğrafi avantajlarla birlikte bal üretiminin ve ekonomik katkının artırılması için çeşitli geliştirme çalışmaları yürütülmektedir. Bu amaçla, gerekli araç-gereçlerin temin edilmesi ve ekonomik destek sağlanarak, arıcılığın kârlı bir faaliyet haline getirilmesi planlanmaktadır. Böylece Bitlis, bal üretiminde daha üst seviyelere ulaşacak potansiyele sahiptir [12].

Bitlis ekonomisine katkıyı artırmak için yapılan üretim artışının yanı sıra, bu üretimin markalaştırılması ve geniş bir pazara sunulması il ekonomisine büyük fayda sağlayacaktır. Kırsal kesimde yaşayan bireyler için gelir kaynağı yaratmak ve istihdam sağlamak anlamında da arıcılığın Bitlis'e önemli katkıları bulunmaktadır. Arıcılık, kolay istihdam yaratması, toprağa bağımlılığının az olması, tarımsal faaliyetlerin verimliliğini artırması ve doğaya fayda sağlaması nedeniyle önemli bir ekonomik faaliyet olarak öne çıkmaktadır [35].

Arıcılığın ekonomik katkılarının yanı sıra, insan sağlığına olan faydaları da göz önüne alındığında, bu faaliyete daha fazla önem verilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Bal, asırlardır çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmış olup, kanser karşıtı özellikleriyle de dikkat çekmektedir. Toplumsal açıdan değerlendirildiğinde, bal üretiminin yoğun olduğu bölgelerde yaşayan bireylerin bağışıklık sistemlerinin daha güçlü olduğu ve sağlık sorunlarının daha az olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla, sağlıklı bireyler sağlıklı bir toplum oluşturur ve bu da sağlıklı üretim anlamına gelir. Üretimden elde edilen kaynakların ekonomik katkısı bu vesileyle daha da artmaktadır [35].

Bitlis İli'nde yer alan Arıcılık Entegre Tesisi çok büyük avantaj sağlamaktadır. Bitlis İlinde, TÜİK 2023 yılı verilerine göre 1.188 işletme sayısı, 257.191 adet koloni, 2.186 ton bal üretimi ve bal verimi 8,5 (kg/koloni) olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Türkiye illere göre arıcılık durumu (2023)

İl Adı	Arıcılık yapan işletme sayısı (adet)	Yeni kovan sayısı (adet)	Eski kovan (adet)	Toplam kovan (adet)	Bal üretimi (ton)	Balmumu üretimi (ton)	Verim * (kg)
Bitlis	1.188	164.092	93,099	257.191	2.186	106	8,5

Kaynak: [35].

Türkiye'nin toplam koloni sayısı 2022 yılında 9 milyona ulaşmıştır. 817 bin arılı kovana sahip Muğla; Türkiye toplam kovan miktarında %8,9 pay ile birinci sırada yer Toplam kovan sayısı 2023 yılında bir önceki yıla göre %2,7 oranında yükselmiştir. İl bazında incelendiğinde ise kovan sayıları alırken, 612 bin kovan ile %6,6 paya sahip Ordu ikinci sırada ve 257 bin kovan ile %2,78 paya sahip Bitlis ise sekizinci sırada yer almaktadır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Türkiye kovan varlığı (adet)

İller	2019	2020	2021	2022	2023
Muğla	918.116	900.583	949.267	884.096	817.014
Ordu	573.358	573.375	604.213	609.427	611.465
Adana	469.938	481.557	481.878	494.432	494.534
Mersin	282.749	290.795	303.120	347.045	326.635
İzmir	244.519	273.949	276.918	287.179	306.713
Sivas	243.673	256.374	269.709	287.104	301.409
Aydın	274.826	257.738	253.606	245.941	271.176
Bitlis	168.888	158.976	253.625	207.120	257.191
Antalya	217.705	216.423	335.686	244.655	250.660
Şanlıurfa	118.091	121.851	129.140	157.201	206.462
Diğer	4.616.497	4.647.464	4.876.232	5.220.476	5.381.622
Türkiye	8.128.360	8.179.085	8.733.394	8.984.676	9.224.881

Kaynak: [35].

2023 yılında Türkiye’de toplam 4 bin ton civarında balmumu üretimi gerçekleşmiştir. Türkiye toplam balmumu üretimi 2023 yılında bir önceki yıla göre %4,7 oranında azalmıştır. 2023 yılında balmumu yıllar itibarıyla balmumu üretimi incelendiğinde, 2023 yılında bir önceki yıla göre Sivas’ta %5,0, Muğla’da %4,0 üretimindeki %10,2’lik payı ile birinci, %9,7’lik paya sahip olan Muğla ikinci, %2,6’lık üretimi ile Bitlis ise onuncu sırada yer almıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Türkiye illere göre balmumu üretimi (ton)

İller	2019	2020	2021	2022	2023
Sivas	419	365	370	385	404
Muğla	347	404	386	371	386
Adana	508	493	459	437	329
Ordu	120	163	172	278	228
Mersin	67	96	52	285	211
Antalya	108	101	115	116	131
Van	113	115	135	160	125
İzmir	143	46	181	72	125
Aydın	115	96	92	92	109
Bitlis	115	117	154	97	106
Diğer	1.916	1.768	1.649	1.872	1.817
Türkiye	3.971	3.765	3.766	4.165	3.971

Kaynak: [35].

Bitlis ili, arazisi, iklimi ve zengin bitki örtüsüyle Türkiye'deki çiçek balı üretimi açısından en büyük ve en zengin bölgelerden biridir. Bitlis'te yonca, korunga ve fiğ gibi arıcılığa uygun nektar kaynakları sağlayan yem bitkilerinin yanı sıra geven, kekik, yakı otu, sıgırdili, erik otu ve ballıbaba gibi kır çiçekleri açısından zengin çayır ve meralar geniş bir alanı kaplamaktadır. Bu çeşitlilik, arıcılık için son derece uygun bir altyapı sunmaktadır. Ayrıca, Bitlis Eren Üniversitesi ve İl Tarım Müdürlüğü tarafından arıcılık için bitki deseni oluşturma çalışmaları devam etmektedir [37].

Bitlis’te çayır-mera, orman-fundalık ve tarım dışı araziler toplam alanın %84’ünü oluşturarak yalnızca arıcılık ve küçükbaş hayvancılık faaliyetlerine olanak sağlamaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde, büyükbaş hayvan varlığının %3’ü, koyun varlığının %6’sı ve kıl keçisinin %17’si Bitlis'te beslenmektedir. 2024 yılı itibarıyla, Bitlis arıcılık ve dağlık, engebeli arazilerde yürütülen kıl keçisi yetiştiriciliği gibi faaliyetlerde bölgedeki lider konumunu korumuştur. Arıcılık, düşük sermaye gereksinimi ile yüksek gelir sağlayan ve

kısa sürede faaliyete geçirilebilen ekonomik bir sektör olarak, Bitlis'te desteklenmesi gereken ana sektörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle bu geri kalmış bölgede, son yıllarda hayvancılık neredeyse bitme noktasına gelmişken, en canlı kalan sektör arıcılıktır. Arıcılık, şehirde, köyde ve mezralarda yaşayan herkes tarafından yapılabilen çok kârlı bir üretim faaliyetidir ve bu nedenle Bitlis'te önemli bir ekonomik faaliyet olarak devam etmektedir [37].

Bitlis'in zengin florası ve endemik bitkilerinden elde edilen "Bedlis Balı," Türkiye'nin en kaliteli balları arasında yer almaktadır. Bölgedeki sanayi işletmelerinin azlığı ve zirai ilaçlamanın minimal düzeyde olması, Bitlis'i arıcılık için önemli bir alan haline getirmiştir. Bu faktörler, balın organik ve doğal kalitesini korumada büyük rol oynamaktadır. Bitlis'te organik bal üretim sahalarının artırılması amacıyla çeşitli destekler verilmiş ve bu sayede organik bal üretimi teşvik edilmiştir. Organik bal üretimi, hem yerel ekonomiye katkı sağlamakta hem de bölgenin doğal kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını desteklemektedir. Bu nedenle, Bitlis'te arıcılık faaliyetlerinin geliştirilmesi ve organik bal üretiminin yaygınlaştırılması, bölge ekonomisi için stratejik öneme sahiptir [37].

Arı yetiştiriciliği, Bitlis'in tüm ilçelerinde yaygın olarak yapılmaktadır ve özellikle Hizan, Merkez ve Mutki ilçelerinde yoğunlaşmaktadır. Bitlis ilçelerde arıcılığın en yaygın yapıldığı bölgeler şunlardır:

◆ **Ahlat:** Ahlat, özellikle geniş yaylaları ve meraları ile arıcılık için uygun bir çevre sunmaktadır. Arıcılık, tarım ve hayvancılıkla birlikte yürütülmekte ve köylülerin ek gelir kaynağı olmaktadır.

◆ **Adilcevaz:** Adilcevaz, Van Gölü'ne yakınlığı ve zengin bitki örtüsü ile bilinir. Bu bölgedeki çiçek çeşitliliği, arıcılığın gelişmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, Van Gölü çevresinde bulunan otlaklar ve meralar arıcılık faaliyetlerini desteklemektedir.

◆ **Güroymak:** Güroymak, dağlık alanları ve ormanlık bölgeleriyle arıcılığa uygun bir çevre sunar. Bu bölgede de arıcılık yaygın olarak yapılmakta ve bal üretimi önemli bir ekonomik faaliyet olarak görülmektedir.

◆ **Tatvan:** Tatvan, Bitlis'in önemli arıcılık merkezlerinden biridir. Özellikle Pınarlı, Beşikli, Yeni toprak, Top ve Yayılı mezraları ile Alacabük Tünel mevkisi arıcılık açısından öne çıkan bölgeleridir. Burada üretilen bal, yüksek kaliteye sahiptir ve geniş bir pazar bulmaktadır.

◆ **Hizan:** Hizan, Bitlis'in en verimli arıcılık bölgelerinden biridir. Ballı, Sarpkaya, Kalkanlı, Kolludere ve Sağın köyleri, arıcılığın yoğun olarak yapıldığı alanlardır. Hizan'da üretilen bal, zengin flora nedeniyle oldukça kalitelidir.

◆ **Mutki:** Mutki, Alkoyun, Salman, Alatoprak, Kaşak ve Üstyayla mezra ve köyleri ile öne çıkar. Bu bölgelerdeki arıcılık faaliyetleri, yerel halk için önemli bir geçim kaynağıdır.

◆ **Merkez:** Bitlis merkez ilçesinde Çeltikli ve Yolalan mevki, Tatvan-Hizan yolu, Ağaçköprü ve Deliktaş köyleri, arıcılık faaliyetlerinin yoğun olduğu alanlardır. Merkezdeki bu bölgeler, arıcılık için gerekli tüm koşullara sahiptir.

Bu ilçelerde yapılan arıcılık faaliyetleri, Bitlis'in genel ekonomik yapısına önemli katkılar sağlamakta ve bölge halkı için önemli bir geçim kaynağı oluşturmaktadır. Arıcılığın yaygınlaşması ve desteklenmesi, Bitlis'in kırsal kalkınmasına ve ekonomisinin gelişmesine büyük katkı sunmaktadır [37].

3.2. Bal Analizinde Kullanılan Değişkenler

3.2.1. Su Muhtevası (%)

Su muhtevası, balın içindeki su oranını ölçen bir değişkendir. Su içeriği, balın doğal ve işlenmiş olup olmadığını belirlemek için önemli bir göstergedir. Balın su oranı genellikle %18-20 arasında olmalıdır. Su muhtevası, balın saklama koşulları ve üretim süreci hakkında da bilgi verir [38].

Balın su muhtevası, balın uzun ömürlülüğü üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Yüksek su muhtevası, balın kristalleşme eğilimini artırabilir ve fermente olmasına neden olabilir. Bu durum, balın kalitesini ve tüketilebilirliğini olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, yüksek su içeriği, balın mikrobiyal bozulma riskini artırır [38].

Optimal su muhtevası, balın taze ve doğal olduğunu gösterir. Düşük su oranı, balın kalitesinin yüksek olduğunu ve uzun süre dayanabileceğini belirtir. Genel olarak, balın su muhtevasının kontrol edilmesi, balın kalite standardını korumasına yardımcı olur ve bu nedenle, bal üretiminde su içeriğinin dikkatle izlenmesi önemlidir [38].

3.2.2. İletkenlik (mS/cm)

İletkenlik, balın elektriksel iletkenliğini ölçen bir değişkendir. Bu ölçüm, balda bulunan çözünmüş iyonların miktarını ve türünü belirler. İletkenlik, balın mineral

içeriğini, özellikle de sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi mineralleri gösterir [38].

İletkenlik, balın mineral içeriği hakkında bilgi sağlar ve balın saflığını belirlemede yardımcı olur. Yüksek iletkenlik, balın mineral açısından zengin olduğunu ve belki de eklenmiş maddeler içerdiğini gösterebilir. Düşük iletkenlik, balın saf olduğunu ve az mineral içerdiğini gösterir [38].

İletkenlik genellikle 0.2-0.8 mS/cm arasında değişir. Bu değer aralığı, balın ideal mineral içeriğine sahip olduğunu ve kalite kontrol kriterlerine uyduğunu gösterir. İletkenlik ölçümü, balın kalitesinin değerlendirilmesinde ve saflığının doğrulanmasında önemli bir rol oynar [38].

3.2.3. Serbest Asitlik (meq/kg)

Serbest asitlik, balın içindeki serbest asitlerin miktarını ölçen bir değişkendir. Bu ölçüm, balın asidik özelliklerini belirler ve genellikle balın pH değeri ile ilişkilidir. Serbest asitlik, balın kimyasal bileşenleri ve kalitesi hakkında bilgi verir [38].

Yüksek serbest asitlik, balın bozulduğunu veya fermentasyona uğradığını gösterebilir. Serbest asitlik, balın uzun süre saklanıp saklanmadığını veya uygun koşullarda muhafaza edilip edilmediğini belirlemede önemli bir faktördür. Düşük serbest asitlik, balın taze olduğunu ve uygun şekilde saklandığını işaret eder [38].

Balın serbest asitliği genellikle 20-50 meq/kg arasında değişir. Bu değerler, balın ideal asidik özelliklerini ve kalite seviyesini gösterir. Serbest asitlik ölçümü, balın kalitesini belirlemede ve bozulma riskini değerlendirmede yardımcı olur [38].

3.2.4. pH

pH, balın asidik veya alkali özelliklerini ölçen bir değişkendir. pH değeri, balın kimyasal dengesini ve asidik yapısını belirler. Balın doğal pH değeri, balın kalitesi ve tazeliği hakkında bilgi verir [38].

pH değeri, balın bozulma riskini ve asidik özelliklerini değerlendirir. Yüksek pH değeri, balın bozulmuş veya işlenmiş olabileceğini gösterebilir. Balın pH değeri, üretim süreci ve saklama koşullarının uygunluğunu değerlendirmenin bir yolu olarak kullanılır [38].

Balın pH değeri genellikle 3.4-4.5 arasında değişir. Bu aralık, balın doğal ve sağlıklı olduğunu gösterir. pH ölçümü, balın kalitesinin korunmasında ve bozulma riskinin azaltılmasında önemli bir rol oynar [38].

3.2.5. Prolin (mg/kg)

Prolin, balda bulunan bir amino asittir ve balın saflığını değerlendirmede kullanılan bir değişkendir. Prolin, balın doğal ve katkısız olup olmadığını belirlemede önemli bir göstergedir [38].

Prolin miktarı, balın saflığı ve kalitesi hakkında bilgi verir. Yüksek prolin miktarı, balın doğal ve katkısız olduğunu, eklenmiş şekerler veya diğer maddeler içermediğini gösterir. Prolin miktarının düşük olması, balın saflık ve kalite açısından eksiklikleri olabileceğini gösterir [38].

Balın prolin miktarı genellikle 300 mg/kg'dan fazladır. Yüksek prolin seviyeleri, balın yüksek kaliteli ve doğal olduğunu işaret eder. Prolin ölçümü, balın kalitesinin doğrulanmasında ve saflığının belirlenmesinde önemli bir değişkendir [38].

3.2.6. HMF (Hidroksimetilfurfural) (mg/kg)

HMF, balın ısıl işlem görüp görmediğini veya uzun süre muhafaza edilip edilmediğini belirleyen bir bileşendir. HMF, balın işlenme süreci ve depolama koşulları hakkında bilgi sağlar [38].

Yüksek HMF değeri, balın ısıl işleme maruz kaldığını veya uzun süre saklandığını gösterebilir. Bu durum, balın kalitesinin bozulmuş olabileceğini ve tazeliğini kaybetmiş olabileceğini işaret eder. Düşük HMF değeri, balın taze ve işlenmemiş olduğunu gösterir [38].

Balın HMF değeri genellikle 0-40 mg/kg arasında değişir. Düşük HMF seviyeleri, balın yüksek kaliteli ve taze olduğunu gösterir. HMF ölçümü, balın kalitesinin değerlendirilmesinde ve bozulma riskinin belirlenmesinde önemli bir değişkendir [38].

3.2.7. Glukoz + Fruktoz (g/100 g)

Glukoz ve fruktoz, balın içindeki iki ana şeker türüdür. Bu değişken, balın enerji içeriğini ve tat profilini belirler [38].

Glukoz ve fruktoz miktarı, balın besleyici değerini ve tat açısından zenginliğini gösterir. Yüksek glukoz ve fruktoz miktarı, balın enerji açısından zengin olduğunu ve tat

açısından daha tatmin edici olduğunu işaret eder. Düşük glukoz ve fruktoz, balın besleyici değerinin düşük olduğunu gösterebilir [38].

Balın glukoz + fruktoz miktarı genellikle 45 g/100 g'dan fazladır. Bu değer, balın yüksek enerji içeriğine ve tat açısından zenginliğe sahip olduğunu gösterir. Glukoz ve fruktoz ölçümü, balın kalitesinin ve besleyici değerinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar [38].

3.2.8. Glukoz/Fruktoz Oranı

Glukoz ve fruktoz arasındaki oranı belirleyen bir değişkendir. Bu oran, balın kristalleşme eğilimini etkiler ve tat profilini belirler [38].

Glukoz/fruktoz oranı, balın kristalleşme eğilimini ve tat dengesini etkiler. Ideal oran, balın uzun süre dayanmasını sağlar ve tat dengesini korur. Düşük veya yüksek oranlar, balın tat ve kristalleşme özelliklerini olumsuz etkileyebilir [38].

Glukoz/fruktoz oranı genellikle 1.0-1.4 arasında olmalıdır. Bu aralık, balın tat açısından ideal olduğunu ve kristalleşme eğiliminin uygun olduğunu gösterir. Glukoz/fruktoz oranı, balın kalitesinin ve tat profilinin değerlendirilmesinde önemli bir değişkendir [38].

3.2.9. Sükroz (g/100 g)

Sükroz, balda bulunan bir şeker türüdür ve balın saflığını belirleyen bir değişkendir [38].

Sükroz miktarı, balın katkılı olup olmadığını ve doğal olup olmadığını belirler. Düşük sükroz miktarı, balın yüksek kaliteli ve doğal olduğunu gösterir. Yüksek sükroz miktarı, balın şekerli eklemeler içerdiğini ve dolayısıyla kalitesinin düşmüş olabileceğini işaret eder [38].

Sükroz miktarı genellikle 5 g/100 g'dan az olmalıdır. Bu değer, balın saf ve doğal olduğunu gösterir. Sükroz ölçümü, balın saflığını ve kalitesini doğrulamada önemli bir rol oynar [38].

3.2.10. Diastaz

Diastaz, balın amilaz enzim aktivitesini ölçen bir değişkendir. Bu enzim, nişastayı şekerlere dönüştürür ve balın taze olup olmadığını belirler [38].

Yüksek diastaz aktivitesi, balın taze olduğunu ve uygun şekilde saklandığını gösterir. Düşük diastaz aktivitesi, balın yaşlandığını ve kalitesinin bozulmuş olabileceğini işaret eder. Diastaz, balın tazeliğini ve kalitesini değerlendirmenin bir yoludur [38].

Diastaz genellikle 8-30 arasında değişir. Bu değer aralığı, balın ideal enzim aktivitesine sahip olduğunu ve yüksek kaliteli olduğunu gösterir. Diastaz ölçümü, balın tazeliği ve kalitesi hakkında bilgi sağlar [38].

3.2.11. C4 Şekerleri Oranı (%)

C4 şekerleri, balda bulunan ve doğal olmayan kaynaklardan gelen şekerleri gösterir. Bu değişken, balın saflığını belirler [38].

C4 şekerleri oranı, balın eklenmiş şekerler içerip içermediğini belirler. Yüksek C4 şekerleri oranı, balın doğal olmadığını ve eklenmiş şekerler içerdiğini gösterebilir. Düşük C4 şekerleri oranı, balın doğal olduğunu ve eklenmiş şekerler içermediğini işaret eder [38].

C4 şekerleri oranı genellikle %7'den az olmalıdır. Bu değer, balın saf ve doğal olduğunu gösterir. C4 şekerleri ölçümü, balın saflığını ve kalitesini doğrulamada önemli bir değişkendir [38].

3.2.12. $\delta^{13}\text{C}$ Değeri (bal)

$\delta^{13}\text{C}$ değeri, balın karbon izotop oranını ölçer ve balın bitkisel kaynaklarını belirler. Bu değişken, balın doğal olup olmadığını ve eklenmiş maddeler içerip içermediğini belirler [38].

$\delta^{13}\text{C}$ değeri, balın saflığını ve doğal kaynaklardan elde edildiğini gösterir. Negatif $\delta^{13}\text{C}$ değeri, balın doğal bitkilerden elde edildiğini ve eklenmiş maddeler içermediğini işaret eder. Düşük $\delta^{13}\text{C}$ değeri, balın yüksek kaliteli ve doğal olduğunu gösterir [38].

$\delta^{13}\text{C}$ değeri genellikle -23 ve daha negatif olmalıdır. Bu değer, balın doğal ve yüksek kaliteli olduğunu gösterir. $\delta^{13}\text{C}$ değeri ölçümü, balın saflığını ve kalitesini değerlendirmede önemli bir değişkendir [38].

3.2.13. $\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı

$\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı, balın ve proteinlerin karbon izotop oranları arasındaki farkı ölçer. Bu değişken, balın doğal ve katkısız olup olmadığını belirler [38].

$\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı, balın saflığını ve eklenmiş maddeler içermediğini gösterir. Pozitif fark, balın doğal ve katkısız olduğunu işaret eder. Negatif fark, balın katkı maddeleri veya işlenmiş olabilir olduğunu gösterebilir [38].

$\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı genellikle -1.0 veya daha pozitif olmalıdır. Bu değer, balın doğal ve kaliteli olduğunu gösterir. $\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı ölçümü, balın saflığını ve kalitesini değerlendirmede önemli bir rol oynar [38].

Bu değişkenlerin her biri, balın kalitesini ve saflığını belirlemede kritik bir rol oynar. Kalite kontrol süreçlerinde bu değişkenlerin dikkatle izlenmesi, yüksek kaliteli ve güvenilir bal üretimi için büyük önem taşır [38].

3.3. CUSUM Kalite Kontrol Grafiği ile Bal Analizi

CUSUM (Cumulative Sum) kalite kontrol grafiği, üretim süreçlerinde kaliteyi izlemek ve kontrol etmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli bir değişkende meydana gelen değişiklikleri hızlı bir şekilde tespit etme ve bu değişikliklerin süreç üzerindeki etkilerini anlamada yardımcı olur. Bal analizi bağlamında, CUSUM grafikleri, balın kalite değişkenlerinin izlenmesi ve bu değişkenlerdeki sapmaların erken bir aşamada belirlenmesi için kullanılır.

CUSUM grafikleri, verilerin zaman içindeki birikimli toplamlarını hesaplayarak çalışır. Bu grafikler, belirlenen bir kontrol sınırının (hata sınırının) aşılp aşılmadığını gösterir ve bu sayede kalite kontrol süreçlerinde anormalliklerin tespit edilmesini sağlar. Bal analizi için kullanılan CUSUM grafikleri, su muhtevası, iletkenlik, serbest asitlik, pH, prolin, HMF, glukoz + fruktoz, glukoz/fruktoz oranı, sükröz, diastaz, C4 şekerleri oranı, $\delta^{13}\text{C}$ değeri ve $\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı gibi değişkenleri kapsar.

Bal kalite kontrolünde CUSUM grafiklerinin kullanımının avantajları oldukça fazladır. Öncelikle, bu grafikler, değişkenlerde meydana gelen küçük değişiklikleri bile tespit edebilir. Örneğin, bir bal örneğinin su muhtevasında meydana gelen küçük bir artış, CUSUM grafiğinde hızlı bir şekilde fark edilebilir ve bu, balın kalitesinin bozulduğunu gösteren bir uyarı olabilir. Aynı şekilde, HMF miktarındaki artış, balın uzun süre saklandığını veya işlenmiş olduğunu gösterebilir. CUSUM grafikleri bu tür değişiklikleri tespit ederek, kalite kontrol ekiplerinin zamanında müdahale etmesine olanak sağlar.

CUSUM grafiklerinin bal analizi üzerindeki etkinliği, özellikle üretim sürecinin sürekliliği açısından önemlidir. Kalite kontrol süreçlerinin sürekli olarak izlenmesi, balın belirlenen standartlara uygunluğunu sağlar. Balın belirlenen referans aralıklarına göre

analiz edilmesi, örneğin su muhtevasının %20'yi aşmaması veya pH değerinin belirli bir aralıkta kalması gerektiği gibi, CUSUM grafikleri ile bu aralıkların dışına çıkıldığında hızlı bir şekilde müdahale edilebilir. Bu da bal üretiminin kalitesinin yüksek tutulmasını sağlar ve olası kalite problemlerinin önüne geçer.

Özetle, CUSUM kalite kontrol grafikleri, bal üretiminde kaliteyi izlemek ve sağlamak için etkili bir araçtır. Bu grafikleri kullanarak, balın kalite değişkenlerindeki değişiklikler anında tespit edilebilir ve gerekli düzeltici önlemler zamanında alınabilir. Bu yaklaşım, bal üretim sürecinin daha verimli ve güvenilir olmasını sağlar, ayrıca kalite kontrol süreçlerinin etkinliğini artırır. Sonuç olarak, CUSUM grafikleri, bal üretiminde kalite güvence sisteminin bir parçası olarak kritik bir rol oynar ve yüksek kaliteli ürünlerin üretimini destekler.

3.3.1. CUSUM Grafiği ile Bal Değişkenlerinin Analizi

CUSUM (Kümülatif Toplam) grafiği, bal değişkenlerinin kalite kontrolünde oldukça önemli bir analiz yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, balın kimyasal ve fiziksel özelliklerinde zamanla meydana gelen değişiklikleri tespit etmek, süreç sapmalarını belirlemek ve ürün kalitesini değerlendirmek amacıyla uygulanmıştır. CUSUM grafikleri, belirli bir süreçteki sapmaların kümülatif toplamını görselleştirerek, her bir değişkenin kalite üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, altı farklı ilçeden elde edilen bal örnekleri üzerinde 12 farklı kalite değişkeni analiz edilmiştir. Su muhtevası, iletkenlik, serbest asitlik, pH, prolin, HMF, glukoz+fruktoz, glukoz/fruktoz oranı, sukroz, diastaz, $\delta^{13}\text{C}$ değeri ve $\delta^{13}\text{C}$ protein-bal oranı gibi önemli değişkenler, CUSUM yöntemi ile değerlendirilmiştir.

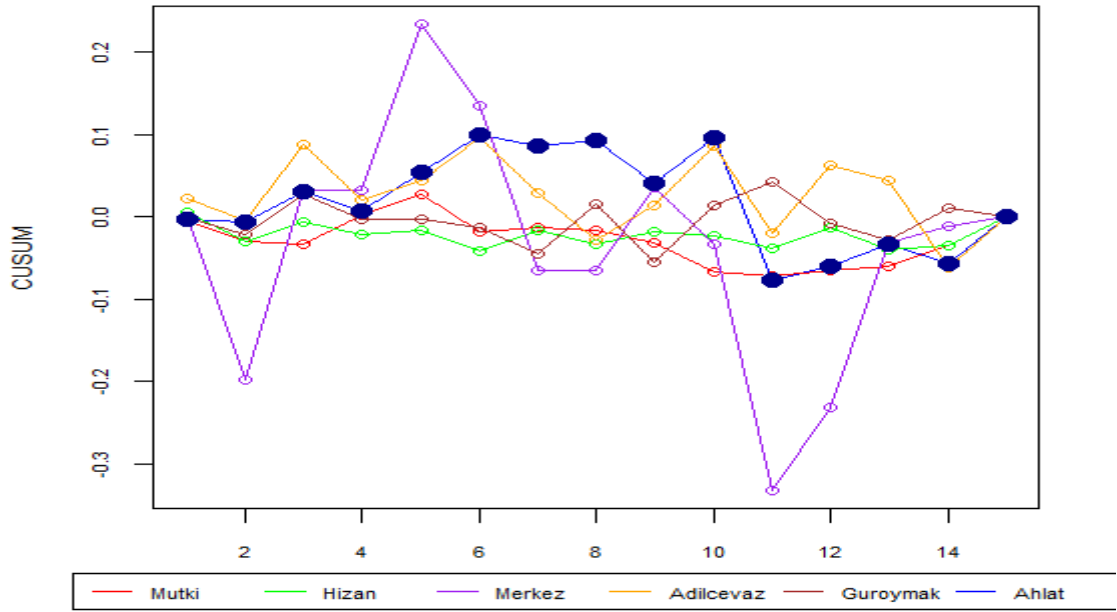
Çizelge 3.4. Bal kalite değişkenlerine ait CUSUM kontrol grafik değerleri

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\bar{x}$
Su Muhtevası	$\bar{x}_i$	15,3000	15,2450	15,3680	15,2800	15,3470	15,2830	15,2500	15,2950	15,3000	15,3120	15,2020	15,3270	15,3250	15,2900	15,3280	15,2968
	$\bar{x}_i - \bar{x}$	0,0032	-0,0518	0,0712	-0,0168	0,0502	-0,0138	-0,0468	-0,0018	0,0032	0,0152	-0,0948	0,0302	0,0282	-0,0068	0,0312	
	S_i	0,0032	-0,0486	0,0226	0,0058	0,0560	0,0422	-0,0046	-0,0064	-0,0032	0,0120	-0,0828	-0,0526	-0,0244	-0,0312	0,0000	
İletkenlik	$\bar{x}_i$	0,2600	0,2600	0,2610	0,2550	0,2600	0,2650	0,2630	0,2620	0,2540	0,2650	0,2630	0,2570	0,2580	0,2540	0,2600	0,2598
	$\bar{x}_i - \bar{x}$	0,0002	0,0002	0,0012	-0,0048	0,0002	0,0052	0,0032	0,0022	-0,0058	0,0052	0,0032	-0,0028	-0,0018	-0,0058	0,0002	
	S_i	0,0002	0,0004	0,0016	-0,0032	-0,0030	0,0022	0,0054	0,0076	0,0018	0,0070	0,0102	0,0074	0,0056	-0,0002	0,0000	
Serbest Asitlik	$\bar{x}_i$	17,8250	17,8233	18,0000	17,7783	17,7417	17,6950	17,9067	17,7850	17,8700	17,7567	17,7767	17,9050	17,8533	17,8167	17,9000	17,8289
	$\bar{x}_i - \bar{x}$	-0,0039	-0,0056	0,1711	-0,0506	-0,0872	-0,1339	0,0778	-0,0439	0,0411	-0,0722	-0,0522	0,0761	0,0244	-0,0122	0,0711	
	S_i	-0,0039	-0,0094	0,1617	0,1111	0,0239	-0,1100	-0,0322	-0,0761	-0,0350	-0,1072	-0,1594	-0,0833	-0,0589	-0,0711	0,0000	
Plorin	$\bar{x}_i$	711,1133	699,3833	707,5000	713,3333	705,4833	702,4667	698,7533	721,5367	709,4517	700,7833	703,6583	702,1217	737,0167	742,6367	706,6433	710,7921
	$\bar{x}_i - \bar{x}$	0,3212	-11,4088	-3,2921	2,5412	-5,3088	-8,3254	-12,0388	10,7446	-1,3404	-10,0088	-7,1338	-8,6704	26,2246	31,8446	-4,1488	
	S_i	0,3212	-11,0876	-14,3797	-11,8384	-17,1472	-25,4727	-37,5114	-26,7669	-28,1073	-38,1161	-45,2499	-53,9203	-27,6958	4,1488	0,0000	
pH	$\bar{x}_i$	3,5433	3,5467	3,7300	3,5350	3,5300	3,5433	3,5450	3,5450	3,5567	3,5450	3,5233	3,5300	3,5217	3,5433	3,5283	3,5511
	$\bar{x}_i - \bar{x}$	-0,0078	-0,0044	0,1789	-0,0161	-0,0211	-0,0078	-0,0061	-0,0061	0,0056	-0,0061	-0,0278	-0,0211	-0,0294	-0,0078	-0,0228	
	S_i	-0,0078	-0,0122	0,1667	0,1506	0,1294	0,1217	0,1156	0,1094	0,1150	0,1089	0,0811	0,0600	0,0306	0,0228	0,0000	
HMF	$\bar{x}_i$	9,3495	9,5908	8,6593	9,1152	8,9120	9,4285	9,4185	10,0172	9,9767	9,2277	9,3295	9,0275	9,2987	9,4357	9,5088	9,3530
	$\bar{x}_i - \bar{x}$	-0,0035	0,2378	-0,6937	-0,2379	-0,4410	0,0755	0,0655	0,6641	0,6236	-0,1254	-0,0235	-0,3255	-0,0544	0,0826	0,1558	
	S_i	-0,0035	0,2343	-0,4594	-0,6973	-1,1383	-1,0629	-0,9974	-0,3333	0,2904	0,1650	0,1415	-0,1841	-0,2384	-0,1558	0,0000	
Glukoz+ Fruktoz	$\bar{x}_i$	68,4815	68,1000	68,3033	68,0033	68,5733	68,3883	68,2883	68,2633	68,3133	68,5650	68,6233	68,5050	68,9500	68,5367	69,1083	68,4669
	$\bar{x}_i - \bar{x}$	0,0146	-0,3669	-0,1635	-0,4635	0,1065	-0,0785	-0,1785	-0,2035	-0,1535	0,0981	0,1565	0,0381	0,4831	0,0698	0,6415	
	S_i	0,0146	-0,3523	-0,5158	-0,9793	-0,8729	-0,9514	-1,1300	-1,3335	-1,4871	-1,3889	-1,2325	-1,1944	-0,7112	-0,6415	0,0000	

Glukoz/Fruktoz	$\bar{x}_i$	1,2183	1,0348	1,1515	1,1597	1,1807	1,1767	1,2988	1,1735	1,4995	1,4203	1,2037	1,2118	1,1555	1,2268	1,1523	1,2176
	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	0,0007	-0,1828	-0,0661	-0,0579	-0,0369	-0,0409	0,0812	-0,0441	0,2819	0,2027	-0,0139	-0,0058	-0,0621	0,0092	-0,0653	
	S_i	0,0007	-0,1820	-0,2481	-0,3061	-0,3430	-0,3839	-0,3027	-0,3468	-0,0649	0,1378	0,1239	0,1181	0,0560	0,0653	0,0000	
Sukroz	$\bar{x}_i$	0,5672	0,5762	0,5327	0,5397	0,5755	0,5798	0,5292	0,5540	0,5737	0,5822	0,5693	0,5605	0,5970	0,5910	0,5718	0,5666
	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	0,0005	0,0095	-0,0340	-0,0270	0,0089	0,0132	-0,0375	-0,0126	0,0070	0,0155	0,0027	-0,0061	0,0304	0,0244	0,0052	
	S_i	0,0005	0,0100	-0,0239	-0,0509	-0,0421	-0,0289	-0,0663	-0,0790	-0,0720	-0,0564	-0,0538	-0,0599	-0,0295	-0,0052	0,0000	
Diastaz	$\bar{x}_i$	20,1217	18,7867	22,4700	18,8533	19,5650	19,7133	21,1733	19,9750	20,0517	20,3940	20,0967	19,7917	20,9050	19,6433	20,4917	20,1355
	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	-0,0138	-1,3488	2,3345	-1,2822	-0,5705	-0,4222	1,0378	-0,1605	-0,0838	0,2585	-0,0388	-0,3438	0,7695	-0,4922	0,3562	
	S_i	-0,0138	-1,3626	0,9719	-0,3103	-0,8808	-1,3029	-0,2651	-0,4256	-0,5094	-0,2509	-0,2897	-0,6335	0,1360	-0,3562	0,0000	
$\delta^{13}\text{C}$ Değeri Bal	$\bar{x}_i$	-25,5883	-25,5650	-25,6033	-25,5817	-25,5800	-25,6150	-25,6100	-25,6167	-25,5767	-25,5900	-25,5883	-25,5900	-25,6067	-25,6033	-25,5817	-25,5931
	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	0,0048	0,0281	-0,0102	0,0114	0,0131	-0,0219	-0,0169	-0,0236	0,0164	0,0031	0,0048	0,0031	-0,0136	-0,0102	0,0114	
	S_i	0,0048	0,0329	0,0227	0,0341	0,0472	0,0253	0,0084	-0,0151	0,0013	0,0044	0,0092	0,0123	-0,0012	-0,0114	0,0000	
$\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı	$\bar{x}_i$	0,3818	0,3832	0,3805	0,3870	0,3817	0,3838	0,3832	0,3813	0,3828	0,3817	0,3823	0,3817	0,3813	0,3803	0,3838	0,3824
	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	-0,0006	0,0007	-0,0019	0,0046	-0,0008	0,0014	0,0007	-0,0011	0,0004	-0,0008	-0,0001	-0,0008	-0,0011	-0,0021	0,0014	
	S_i	-0,0006	0,0001	-0,0018	0,0028	0,0020	0,0034	0,0041	0,0030	0,0034	0,0027	0,0026	0,0018	0,0007	-0,0014	0,0000	

Çizelge 3.4’de bal kalite değişkenlerine ait CUSUM değerleri verilmiştir. Tablo’da $\bar{x}_i$ değişkenleri her bir bölge bir gözlem kabul edilerek 6 gözlemden elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak Şekil 3.2, Şekil 3.4, Şekil 3.6, Şekil 3.8, Şekil 3.10, Şekil 3.12, Şekil 3.14, Şekil 3.16, Şekil 3.18, Şekil 3.20, Şekil 3.22 ve Şekil 3.24 çizilmiştir.

💧 Su Muhtevası (%)



Şekil 3.1. Su Muhtevası Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Su muhtevası, balın kalitesini belirleyen önemli bir değişkendir. Düşük su oranı, balın daha uzun süre dayanıklı kalmasını sağlar ve mikrobiyal bozulmaların önüne geçmektedir.

CUSUM Yöntemiyle Su Muhtevası Değişkeni Analizi:

💧 1. Verilerin Sabitliği:

- **Merkez İlçesi** verileri 16,3 ile 16,8 arasında değişim göstermektedir. Bu, diğer ilçelere göre en yüksek su muhtevası seviyelerini gösterir. Ancak Merkez ilçesi büyük dalgalanmalar sergilemektedir, örneğin 2. gözlemde 16,4 iken 3. gözlemde 16,83 gibi ani değişiklikler bulunuyor.
- **Mutki**, 15,4 ile 15,48 arasında çok dar bir aralıkta değişmektedir. Bu, su muhtevası açısından çok sabit olduğunu gösterir. Ortalama su muhtevası değerine en yakın ilçedir.
- **Hizan**, su muhtevası açısından daha düşük değerlerde (14,52 ile 14,59 aralığında) seyretmekte olup, yine sabit bir performans göstermektedir.
- **Adilcevaz**'da su muhtevası genellikle 15,7 ile 15,99 arasında sabittir ve hafif dalgalanmalar gösterir.

- **Güroymak** verileri de 14,74 ile 14,87 arasında küçük bir aralıkta değişmektedir. Bu da oldukça sabit bir su muhtevası gösterir.
- **Ahlat** ise genellikle 14,3 ile 14,53 arasında sabit bir seyir izler.

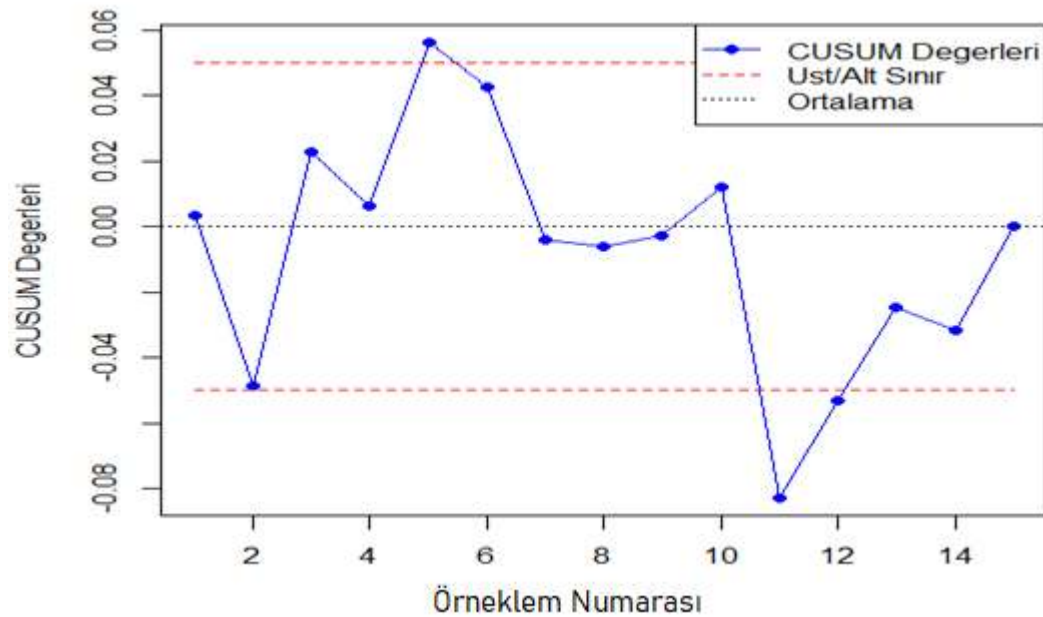
2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

CUSUM, su muhtevastaki dalgalanmaları izlerken, trendler ve sapmalar hakkında bilgi verir. Eğer belirli bir ilçenin CUSUM çizgisi düz bir çizgiye yakınsa, bu, daha istikrarlı ve tutarlı bir su muhtevası performansı gösterir. Grafikte daha fazla dalgalanma gösteren ilçeler, su muhtevasında ani artış ve azalmalar yaşamıştır.

Sonuç:

- **En İyi Sonuç Veren İlçe: Mutki** ilçesi, hem su muhtevası açısından en dar aralıkta değişen değerler göstermektedir hem de CUSUM grafiği çok sabit bir çizgi sergiler. Bu, su muhtevası değişkeni bakımından Mutki'nin istikrarlı bir performans sunduğunu gösterir.
- **Diğer İlçeler:** Hizan ve Güroymak da sabit değerler gösteren ilçeler arasındadır. Ancak su muhtevası açısından en iyi performansı veren ilçe, en yüksek sabitlik ile **Mutki** olmuştur.

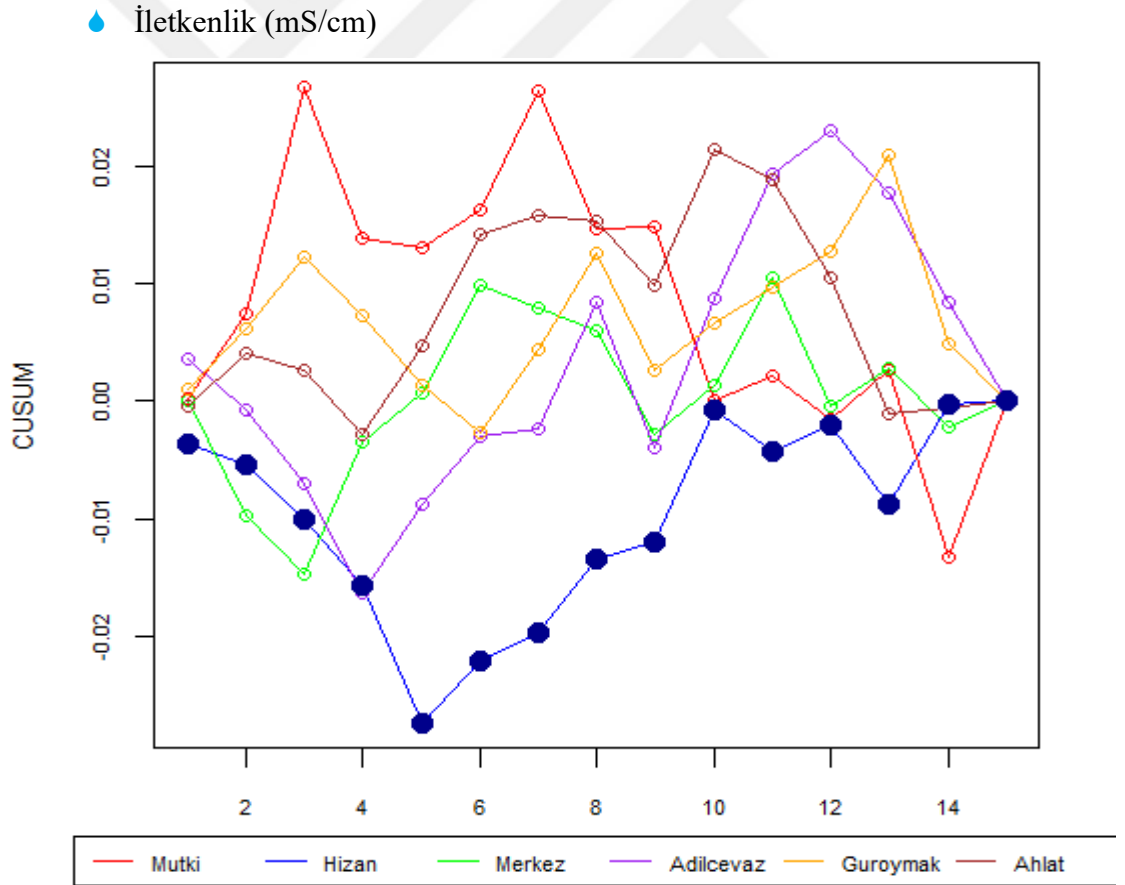
Merkez ilçesi, yüksek su muhtevası değerleri sunmasına rağmen, dalgalanmalardan dolayı istikrar açısından daha düşük performans sergilemiştir.



Şekil 3.2. Su Muhtevası Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.2 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten 5'inci örneğin üst kontrol sınırının üstüne çıktığı, 11 ve 12'nci örneklerin ise alt kontrol sınırının altına düştüğü açıkça görülmektedir. Bu durum, su muhtevası değişkenine göre elde edilen örnekler arasında bir farklılık olduğunu ve bal üretim sürecinin belirli noktalarda kontrol dışı olma sinyali verdiğini göstermektedir. Ancak, bu kontrol dışı durumlar balın kalitesiz olduğunu doğrudan ifade etmemektedir. Bu tür dalgalanmalar, bal örneklerinin farklı zaman dilimlerinden ve çevresel koşullardan elde edilmesi, bitki örtüsü çeşitliliği ya da mevsimsel değişiklikler gibi doğal değişkenliklerden kaynaklanıyor olabilir.

Sonuç olarak, grafikte gözlemlenen bu kontrol dışı durumlar sürecin genel stabilitesini tamamen bozmasa da, üretim süreçlerinin daha detaylı incelenmesi gerektiğine dair bir uyarı niteliği taşımaktadır. Sürecin güvenilirliğini ve kontrol altında kalmasını sağlamak için, bu tür dalgalanmaların nedenleri detaylı şekilde analiz edilmelidir.



Şekil 3.3. İletkenlik Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Balın iletkenliği, mineral içeriği hakkında önemli bilgiler sunar. İletkenliğin düşük olması, balın daha saf olduğunu ve mineral içeriğinin az olduğunu gösterir.

CUSUM Yöntemiyle Prolin Değişken Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Prolin değerleri 966.36 ile 1220.92 arasında değişim göstermektedir. Bu geniş aralık, ilçede prolin seviyelerinde önemli dalgalanmaların olduğunu gösterir. Özellikle 13. ve 14. gözlemler, çok yüksek değerlere ulaşarak dikkati çeker. Bu tür dalgalanmalar, ilçenin prolin seviyelerinde belirgin değişimler yaşandığını ve stabil olmadığını işaret eder.
- **Hizan:** 289 ile 387 arasında dar bir aralıkta sabit seyreden prolin değerleri, Hizan'ın oldukça düşük ve istikrarlı bir performans sergilediğini gösterir. Ortalama prolin değeri en düşük olan ilçedir. Dar aralık ve düşük değerler, ilçenin bu değişken açısından tutarlı bir performans sunduğunu ve ani sapmalar yaşamadığını ortaya koyar. CUSUM grafiğinde de bu özellikler, düz ve sabit bir çizgi olarak görünür.
- **Merkez:** 700.4 ile 765.8 arasında değişen değerlerle orta seviyelerde dalgalanmalar gözlenmektedir. Bu geniş aralık, bazı dönemlerde ani yükseliş ve düşüşlerin yaşandığını gösterir. Merkez ilçesi, belirli dönemlerde artış ve azalışlar yaşayarak daha dalgalı bir performans sergilemiştir.
- **Adilcevaz:** Prolin değerleri genellikle 789.3 ile 856.8 arasında seyretmektedir. Yüksek seviyelerde olmasına rağmen, bu değerlerin sabit bir aralıkta kalması Adilcevaz'ın nispeten tutarlı bir performans sergilediğini gösterir. Ancak yüksek değerlerin bulunması, bazı durumlarda bu değişken açısından avantajlı olmayabilir. CUSUM grafiğinde, hafif dalgalanmalar görülse de genel eğilim daha stabildir.
- **Güroymak:** 469.4 ile 564.7 arasında dar bir aralık ile sabit bir performans sunar. Prolin seviyelerinin daha düşük ve dar bir aralıkta kalması, Güroymak'ın tutarlı bir performans sunduğunu ve istikrarlı olduğunu gösterir. Bu tür sabitlik, prolin seviyelerinin öngörülebilir olmasını sağlar ve düşük risk taşır.
- **Ahlat:** 755 ile 874.2 arasında değişen değerler, geniş bir aralıkta yüksek seviyelerle prolin gösterir. Ahlat'ın prolin değerleri özellikle bazı gözlemlerde çok yüksek seviyelere ulaşmakta, bu da CUSUM grafiğinde dalgalı çizgilerle

kendini belli etmektedir. Bu durum, belirli dönemlerde prolin seviyelerinde ani artışların olduğunu gösterir.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Hizan'ın CUSUM grafiği**, oldukça düz ve sabit bir çizgiye sahiptir. Bu, düşük ve istikrarlı prolin seviyelerini gösterir. Hizan'ın sabitliği, bu değişken açısından onu diğer ilçelerden ayırır ve düşük dalgalanma sayesinde güvenilir bir performans sunar. Düşük değerlerin korunması, stabilite ve düşük risk anlamına gelir.
- **Mutki ve Ahlat** ise geniş aralıklarla daha dalgalı performanslar sergiler. Özellikle Mutki'nin bazı gözlemlerinde ani artışlar ve düşüşler, CUSUM grafiğinde belirgin dalgalanmalarla gösterilir. Bu, stabilite açısından daha düşük bir performansın işaretidir ve belirli dönemlerde ani değişimlerin yaşandığını gösterir.
- **Merkez** ilçesi, orta seviyelerde dalgalanma gösterir ve bu da grafikte daha az sabit bir performans temsil eder. Merkez'in dalgalı yapısı, ani sapmalarla karakterizedir ve istikrar açısından diğer ilçelere kıyasla daha düşük performans sunar.
- **Adilcevaz**, yüksek prolin seviyeleri sunmasına rağmen belirli bir stabilite gösterir. CUSUM grafiğinde hafif sapmalar olsa da genel eğilim sabit kalır. Yüksek seviyelerde olmasına rağmen, prolin değerlerinin nispeten sabit kalması, Adilcevaz'ın öngörülebilir bir performans sunduğunu gösterir.
- **Güroymak** da sabit ve tutarlı bir performans sergiler; dar bir aralıkta ve daha düşük seviyelerde değerler gösterir. Güroymak'ın CUSUM grafiğinde düşük dalgalanmalar görülür, bu da ilçenin güvenilir bir performans sunduğunu ve düşük prolin seviyelerinin korunduğunu işaret eder.

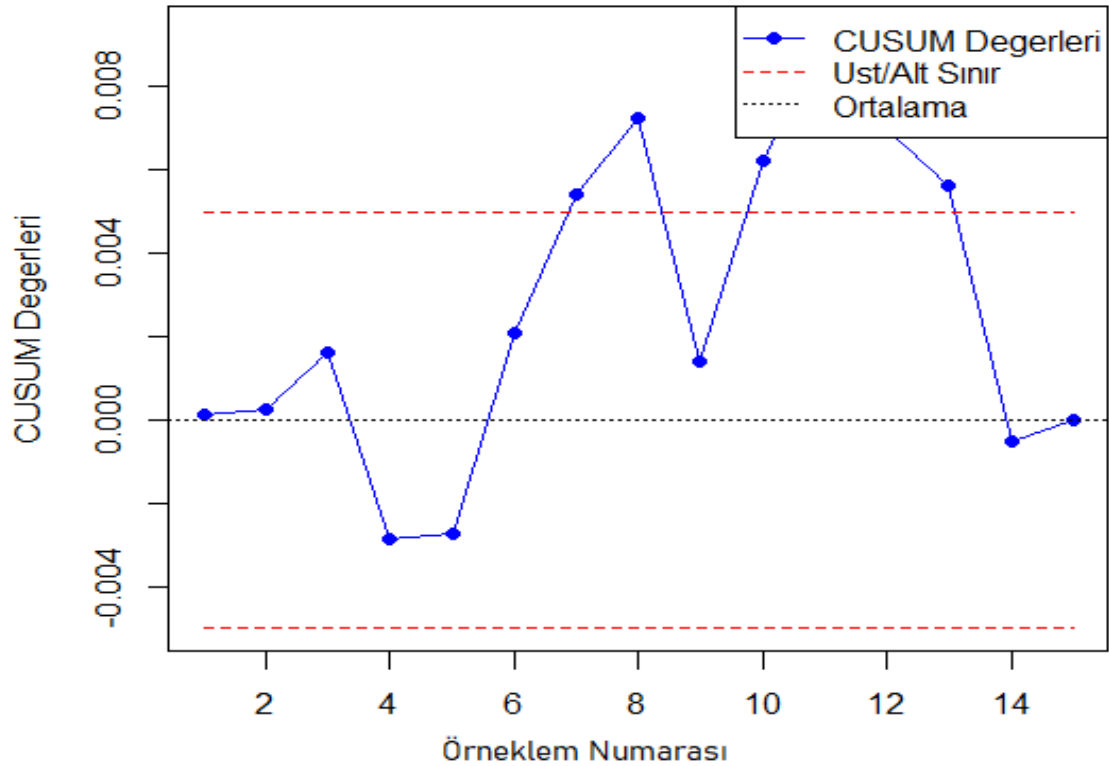
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Hizan ilçesi, prolin değişkeninde en dar aralıkta değişen düşük değerleri göstermiş ve CUSUM grafiğinde oldukça sabit bir çizgi sergilemiştir. Bu, prolin açısından Hizan'ın en istikrarlı ve en düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle düşük değerler, bu değişken açısından Hizan'ı en avantajlı hale getirmektedir. İstikrarın korunması ve düşük değerlerin sağlanması, prolin değişkeni açısından önemlidir ve Hizan bu kriterleri karşılamaktadır.

Diğer İlçeler:

- **Mutki** ve **Ahlat** yüksek seviyelerde dalgalanan değerler göstermektedir. Her iki ilçe de tutarlı olmayan performanslarıyla dikkat çekmektedir; bu da prolin değişkesi açısından daha yüksek risk ve değişkenlik anlamına gelir. Özellikle Mutki'nin bazı dönemlerdeki yüksek değerleri, dalgalı bir CUSUM grafiği sunar.
- **Merkez ilçesi**, geniş bir aralıkta değişen prolin seviyeleriyle, ani sapmalar yaşayan bir performans sunar. Bu da CUSUM grafiğinde daha dalgalı çizgilerle kendini göstermiştir.
- **Adilcevaz** ve **Güroymak**, daha sabit bir performans sergilemelerine rağmen, yüksek seviyelerde olmaları ve bazı sapmalar yaşamaları nedeniyle Hizan kadar tutarlı değildir. Güroymak'ın dar aralıkta kalması olumlu bir performans sergilese de Hizan'ın düşük ve sabit seviyeleri, onu daha avantajlı kılar.

Bu analiz, prolin değişkeni açısından Hizan'ın en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Bu, Hizan'ın istikrarını ve düşük prolin seviyelerini tercih edilmesini sağlayan faktörlerden biridir.

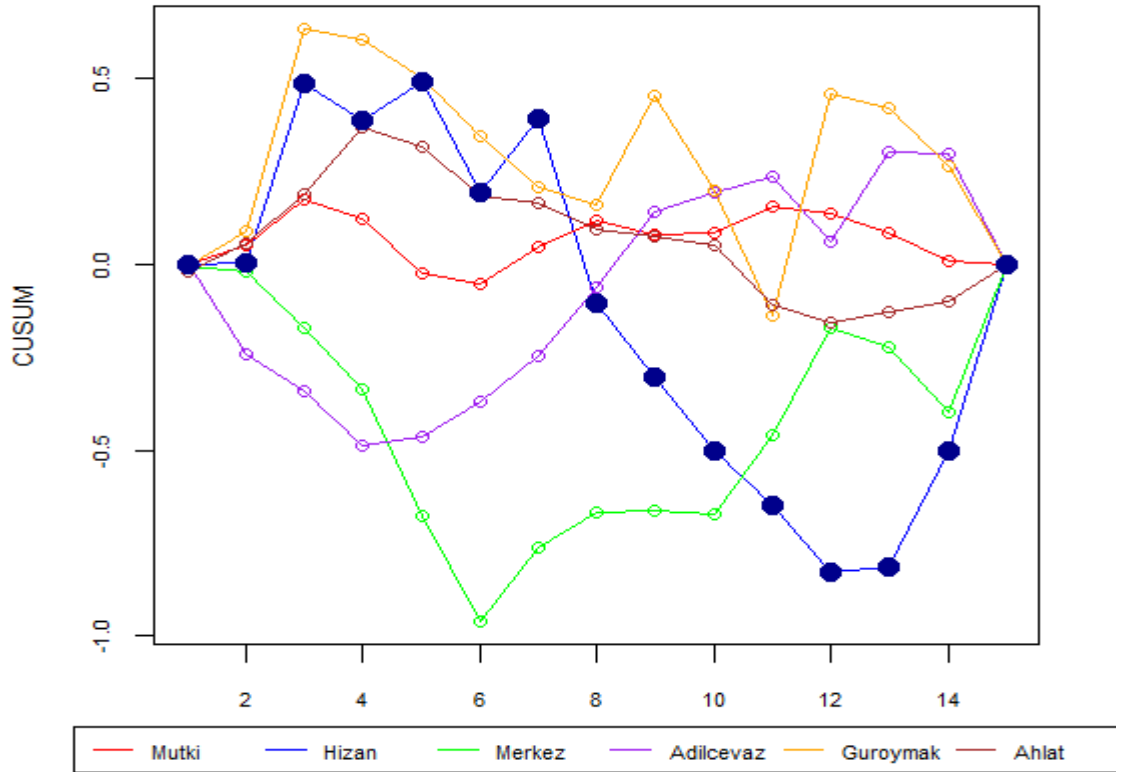


Şekil 3.4. İletkenlik Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.4 incelendiğinde, 15 örnekten 7, 8, 10, 11, 12 ve 13. örneklerin üst kontrol sınırını aştığı görülmektedir. Bu durum, iletkenlik değişkeni açısından süreçte belirgin sapmaların mevcut olduğunu ve kontrol dışı olma sinyalleri verdiğini göstermektedir. Üst kontrol sınırını aşan bu örnekler, sürecin belirli noktalarda doğal varyasyonların ötesine geçtiğini ve sürecin kararlılığını olumsuz yönde etkileyebilecek faktörlerin varlığını işaret etmektedir. Bu tür sapmalar, bal üretim sürecinde kullanılan girdilerdeki değişkenlikler, örneklerin farklı zaman dilimlerinden veya bölgelerden alınması ya da çevresel faktörlerden kaynaklanabilecek dalgalanmalar ile ilişkilendirilebilir.

Kontrol dışı durumların tespit edilmesi, üretim sürecinin sürekli iyileştirilmesi ve kalite kontrol sistemlerinin yeniden değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. İlgili örnekler arasındaki varyasyonun detaylı bir şekilde incelenmesi, olası nedenlerin belirlenmesi ve bu sapmaları minimize edecek önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Sürecin stabilitesini sağlamak ve kalite standartlarını korumak adına düzenli izleme, veri analizi ve gerekli iyileştirme çalışmaları kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

◆ Serbest Asitlik (meq/kg)



Şekil 3.5. Serbest Asitlik Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Serbest asitlik, balın tazeliği ve saklama koşulları hakkında bilgi verir. Yüksek serbest asitlik, balın bozulduğunu veya fermente olduğunu gösterme eğilimindedir. Dolayısıyla, balın taze ve sağlıklı olduğuna dair bir değerlendirme yapmak için serbest asitlik düzeyinin düşük olması önemlidir.

CUSUM Yöntemiyle Serbest Asitlik Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Serbest asitlik değerleri genellikle 19.9 ile 20.17 arasında değişim göstermektedir. Bu, dar bir aralıkta hareket ettiğini ve sabit bir performans gösterdiğini ifade eder.
- **Hizan:** 10.2 ile 11 arasında seyreden verilerle, serbest asitlik açısından en düşük değerlere sahip ilçedir. Bu veriler oldukça dar bir aralıkta değişmekte olup, Hizan'ın serbest asitlik bakımından sabit ve tutarlı olduğunu gösterir.
- **Merkez:** 18.56 ile 19.3 arasında değişim gösteren verilerle, nispeten geniş bir aralıkta dalgalanma vardır. Bu durum, Merkez ilçesinin serbest asitlik seviyelerinde zaman zaman ani değişimler yaşadığını ifade eder.
- **Adilcevaz:** 22.2 ile 22.74 aralığında seyreden verilerle, Adilcevaz ilçesi daha yüksek serbest asitlik seviyelerine sahiptir. Ancak verilerde hafif dalgalanmalar bulunur.
- **Güroymak:** 11.67 ile 12.6 arasında değişim gösteren verilerle, Güroymak dar bir aralıkta sabit bir performans sunar. Bu da serbest asitlik seviyelerinin genel olarak stabil olduğunu gösterir.
- **Ahlat:** 22.86 ile 23.15 arasında bir aralıkta değişen serbest asitlik değerleri ile Ahlat, yüksek seviyelerde ancak nispeten sabit değerler sunmaktadır.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

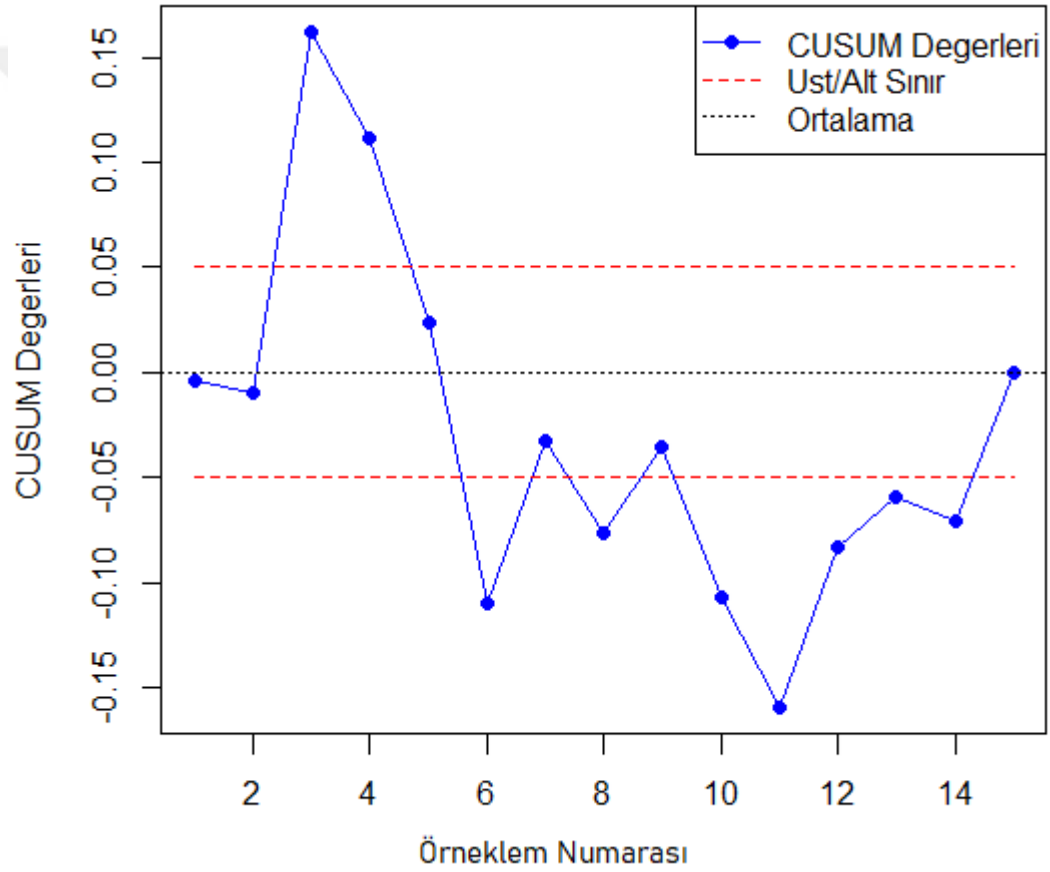
- CUSUM grafikleri, serbest asitlik değişkenindeki sapmaları ve trendleri izlememize olanak tanır. Grafikte daha az dalgalanma gösteren ilçeler, serbest asitlik seviyelerinde daha sabit bir performans sergiler.
- **Hizan'ın CUSUM grafiği**, daha düz ve az dalgalanma gösteren bir yapıya sahiptir. Bu, Hizan'ın serbest asitlik seviyelerinin tutarlı ve sabit olduğunu göstermektedir.
- Diğer ilçeler arasında, **Merkez ve Adilcevaz** gibi yerlerde daha belirgin dalgalanmalar vardır, bu da bu ilçelerin serbest asitlik seviyelerinde ani değişikliklerin meydana geldiği anlamına gelir.

Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Hizan ilçesi, serbest asitlik değişkeninde dar bir aralıkta değişen değerler gösterir ve CUSUM grafiği oldukça sabit bir çizgi sergiler. Bu, serbest asitlik açısından Hizan'ın istikrarlı bir performans sunduğunu gösterir. Dolayısıyla, bu değişken bakımından **en iyi performans Hizan ilçesine aittir.**

Diğer İlçeler:

Mutki ve Güroymak da sabit ve dar aralıkta değişen değerler göstermektedir. Ancak, serbest asitlik açısından **en yüksek sabitlik ve istikrar Hizan** tarafından sağlanmaktadır. **Merkez ve Adilcevaz ilçeleri**, geniş bir aralıkta dalgalanan değerler sunduklarından dolayı, istikrar açısından daha düşük performans sergilemişlerdir.



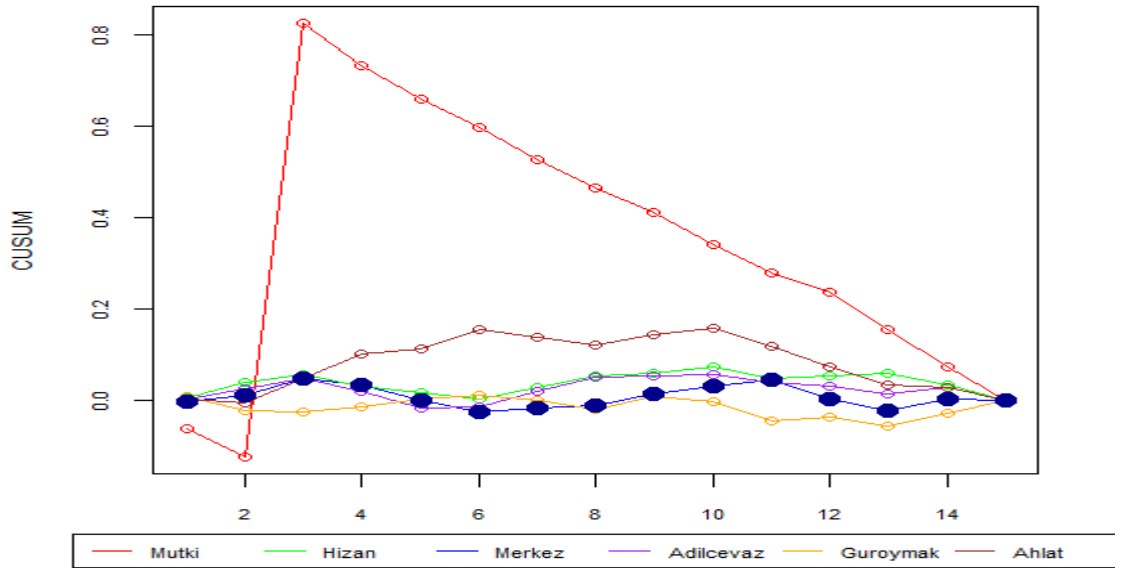
Şekil 3.6. Serbest Asitlik Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.6 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten 3. ve 4. örneklerin üst kontrol sınırını aştığı, 6, 8, 10, 11, 12, 13 ve 14. örneklerin ise alt kontrol sınırının altına düştüğü açıkça görülmektedir. Bu durum, serbest asitlik değişkenine ilişkin ölçümlerde ciddi farklılıkların olduğunu ve sürecin belirli noktalarda kontrol dışı sinyaller verdiğini göstermektedir. Özellikle üst kontrol sınırını aşan 3. ve 4. örnekler, üretim sürecinde bir

yükselme eğiliminin olduğuna işaret ederken; alt kontrol sınırının altına düşen 6. ve sonraki örnekler, bu değişkende istikrarsızlığın ve ani bir düşüş trendinin mevcut olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, sürecin kararlılığını olumsuz etkileyebilecek faktörlerin varlığını ve kalite kontrol süreçlerinde iyileştirme gerekliliğini vurgulamaktadır.

Kontrol sınırlarını aşan bu örnekler, serbest asitlik değişkenindeki dalgalanmaların kaynaklarının derinlemesine incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle bu kadar fazla sayıda örneğin alt sınırı aşması, çevresel faktörlerden, üretimde kullanılan girdilerdeki varyasyonlardan ya da örnekleme sırasında farklı bölgelerden alınan numunelerin etkilerinden kaynaklanabilir. Sürecin genel stabilitesini sağlamak ve ürün kalitesini güvence altına almak adına bu sapmaların temel nedenleri detaylı bir şekilde analiz edilmelidir. Bu doğrultuda, kalite kontrol süreçlerinin sıkılaştırılması ve bu tür dalgalanmaların minimize edilmesi için gerekli düzeltici önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır.

● pH



Şekil 3.7. pH Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

pH değeri, balın asidik veya alkali özelliklerini yansıtan önemli bir değişkendir. Bu değer, balın kimyasal yapısını ve dolayısıyla kalitesini etkileyen bir faktördür. Genellikle, balın pH değeri asidik özellik gösterir ve bu, balın tazeliği ile ilişkili olabilir. Asidik ortam, mikroorganizmaların büyümesini engelleyerek balın bozulmasını önler.

Analizler sonucunda, tüm bölgelerdeki bal örneklerinin pH değerleri kabul edilebilir aralıkta kalmaktadır, bu da balın genel olarak güvenli ve kaliteli olduğunu gösterir.

pH değerlerinin kabul edilebilir aralıkta bulunması, balın asidik özelliklerinin uygun seviyelerde olduğunu ve bozulma riskinin düşük olduğunu belirtir. Bu durum, balın hem taze hem de sağlıklı olduğunu destekler. Asidik pH, balın raf ömrünü uzatabilir ve kalitesini koruyabilir.

CUSUM Yöntemiyle pH Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** pH değerleri 3.42 ile 4.46 arasında değişmektedir. Geniş bir aralıkta dalgalanan değerler, belirli dönemlerde yüksek artışların yaşandığını gösterir. Bu tür dalgalanmalar, ilçede pH seviyelerinin sabit olmadığını ve değişkenlik gösterdiğini işaret eder.
- **Hizan:** 3.58 ile 3.65 arasında sabit bir aralıkta seyreden pH değerleri, Hizan'ın istikrarlı bir performans sunduğunu gösterir. Ancak değerlerin biraz yüksek olması, belirli dönemlerde pH seviyelerinde dalgalanma riskini artırabilir.
- **Merkez:** pH değerleri 3.37 ile 3.45 arasında düşük ve dar bir aralıkta değişir. En düşük ortalama pH değerine sahip olan ilçedir. Bu tutarlılık, pH açısından en iyi performansın Merkez'de olduğunu gösterir ve CUSUM grafiğinde düz bir çizgi ile temsil edilir.
- **Adilcevaz:** Genellikle 3.50 ile 3.57 arasında sabit bir performans sergiler. Dar aralık, Adilcevaz'ın sabit pH seviyelerini koruduğunu gösterir. Hafif dalgalanmalar yaşansa da, genel olarak stabil bir performans sunar.
- **Güroymak:** 3.49 ile 3.56 arasında dar bir aralıkta düşük pH seviyeleri gösterir. Bu sabit performans, Güroymak'ın pH seviyelerinin tutarlı olduğunu ve ani değişimlerin olmadığını işaret eder. Dar aralık, düşük riskli ve stabil bir yapıyı yansıtır.
- **Ahlat:** 3.65 ile 3.75 arasında yüksek pH seviyeleri ile geniş bir aralıkta değişir. Özellikle bazı gözlemlerde yüksek değerler görülür ve bu da ani artışların yaşandığını gösterir. Yüksek pH değerleri, istenmeyen durumlara yol açabilir ve CUSUM grafiğinde dalgalı çizgilerle temsil edilir.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Merkez'in CUSUM grafiğı**, oldukça düz ve sabit bir çizgiye sahiptir. Bu, düşük ve istikrarlı pH seviyelerini gösterir. Düşük değerlerin korunması, stabilite ve düşük risk anlamına gelir, bu da Merkez'in bu değişken açısından öne çıkmasını sağlar.
- **Hizan ve Adilcevaz**, sabit pH seviyeleriyle dikkat çeker. Ancak Hizan'ın daha yüksek seviyelerde sabit olması, riskli olabileceğı anlamına gelirken, Adilcevaz daha stabil bir eğilim gösterir. Her iki ilçede de hafif dalgalanmalar gözlemlense de genel olarak stabil bir performans sergilenir.
- **Mutki ve Ahlat**, daha geniş aralıklarda dalgalanan performanslar sergiler. Bu ilçelerin CUSUM grafikleri daha dalgalı olup, ani değişimlerin yaşandığını gösterir. Bu tür dalgalanmalar, pH açısından tutarsız bir performansı ifade eder.
- **Güroymak**, düşük seviyelerde dar bir aralıkta pH gösterir. Bu sabitlik, Güroymak'ın güvenilir bir performans sunduğunu ve düşük pH seviyelerinin korunduğunu işaret eder.

Sonuç:

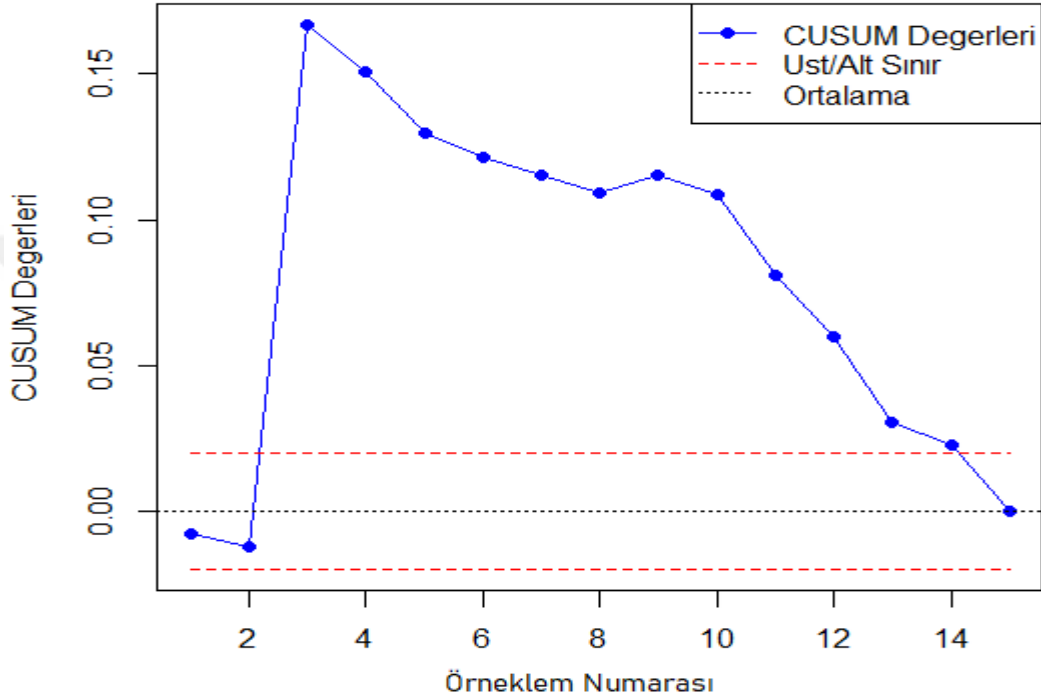
En İyi Sonuç Veren İlçe: Merkez ilçesi, pH değişkeninde en dar aralıkta değişen düşük değerleri göstermiş ve CUSUM grafiğinde oldukça sabit bir çizgi sergilemiştir. Bu, pH açısından Merkez'in en istikrarlı ve en düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle düşük değerler, bu değişken açısından Merkez'i en avantajlı hale getirmektedir. İstikrarın korunması ve düşük değerlerin sağlanması, pH değişkeni açısından önemlidir ve Merkez bu kriterleri karşılamaktadır.

Diğer İlçeler:

- **Mutki ve Ahlat** geniş aralıklarda dalgalanan değerler göstermektedir. Her iki ilçe de tutarsız performanslarıyla dikkat çekmektedir; bu da pH değişkeni açısından daha yüksek risk ve değişkenlik anlamına gelir.
- **Hizan ve Adilcevaz**, daha sabit performans sunmalarına rağmen, yüksek seviyelerde olmaları ve bazı sapmalar yaşamaları nedeniyle Merkez kadar avantajlı değildir. Adilcevaz'ın dar aralıkta kalması olumlu bir performans sergilese de Merkez'in düşük ve sabit seviyeleri, onu daha avantajlı kılar.

- **Güroymak**, düşük seviyelerle sabit performans sunar. Bu da istikrar açısından olumlu bir özelliktir, ancak Merkez'in daha düşük ortalama değeri, onu pH değişkeni açısından öne çıkarır.

Bu analiz, pH değişkeni açısından Merkez'in en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Bu, Merkez'in istikrarını ve düşük pH seviyelerini tercih edilmesini sağlayan faktörlerden biridir.

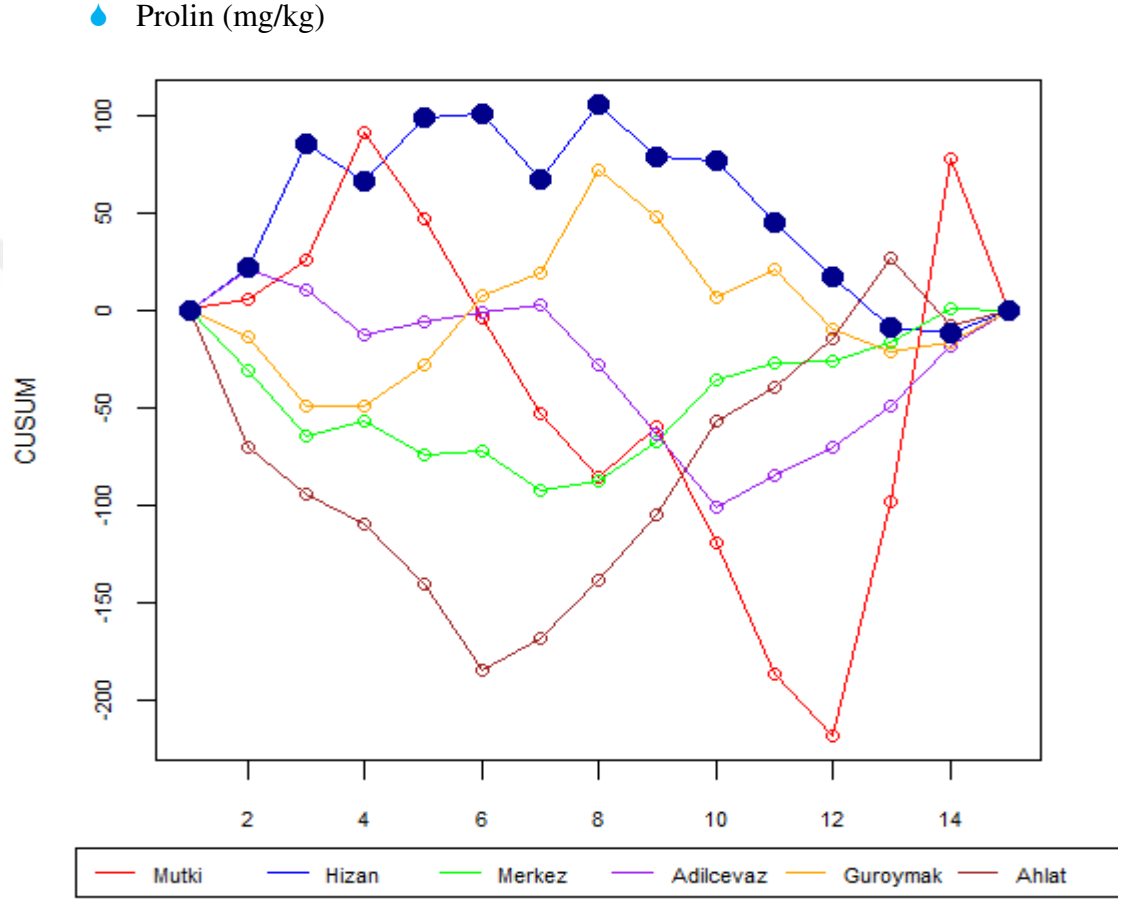


Şekil 3.8. pH Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.8 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten yalnızca 1, 2 ve 15. örneklerin kontrol sınırları içinde kaldığı, 3. örnekten itibaren 14. örneğe kadar olan tüm değerlerin üst kontrol sınırını aştığı açıkça görülmektedir. Bu durum, pH değişkenine ilişkin süreçte ciddi bir istikrarsızlık olduğunu ve kontrol sınırlarının büyük ölçüde ihlal edildiğini göstermektedir. 3. örnekten başlayarak görülen bu trend, süreçte pH Değişkeninin sürekli yükselişe geçtiğini ve kontrol altında tutulamadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, ortalama değer aralığında yalnızca üç örneğin yer alması, üretim sürecinde bu değişkenin kontrol mekanizmalarının yetersiz kaldığını düşündürmektedir.

Bu bulgular, sürecin genel kararlılığını ciddi şekilde etkileyebilecek temel nedenlerin belirlenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu tür sapmaların kaynağı, üretim sırasında kullanılan girdilerdeki değişkenlikler, çevresel faktörler veya analiz edilen bal

örneklerinin farklı bölgelerden ve dönemlerden alınması gibi faktörlerle ilişkilendirilebilir. Sürecin daha tutarlı hale getirilmesi için pH değişkeninin sürekli izlenmesi, sapmaların nedenlerinin detaylı bir şekilde analiz edilmesi ve kalite kontrol mekanizmalarının bu doğrultuda iyileştirilmesi gerekmektedir. Süreçteki bu tür kontrol dışı durumların önüne geçilmesi, ürün kalitesinin sürekliliğini ve güvenilirliğini sağlamak açısından kritik öneme sahiptir.



Şekil 3.9. Prolin Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Prolin, balın saflığını ve doğal içeriğini belirleyen önemli bir amino asittir. Bu amino asidin yüksek miktarda bulunması, balın doğal ve katkı maddesi içermeyen bir ürün olduğunu gösterir. Prolinin yüksek olması, balın kaliteli ve saf olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilir. Dolayısıyla, balın kalite değerlendirmesinde prolin miktarı önemli bir kriterdir.

CUSUM Yöntemiyle Prolin Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Prolin değerleri 966.36 ile 1220.92 arasında değişim göstermektedir. Bu geniş aralık, ilçede prolin seviyelerinde önemli dalgalanmaların olduğunu gösterir. Özellikle 13. ve 14. gözlemler, çok yüksek değerlere ulaşarak dikkati çeker. Bu tür dalgalanmalar, ilçenin prolin seviyelerinde belirgin değişimler yaşandığını ve stabil olmadığını işaret eder.
- **Hizan:** 289 ile 387 arasında dar bir aralıkta sabit seyreden prolin değerleri, Hizan'ın oldukça düşük ve istikrarlı bir performans sergilediğini gösterir. Ortalama prolin değeri en düşük olan ilçedir. Dar aralık ve düşük değerler, ilçenin bu değişken açısından tutarlı bir performans sunduğunu ve ani sapmalar yaşamadığını ortaya koyar. CUSUM grafiğinde de bu özellikler, düz ve sabit bir çizgi olarak görünür.
- **Merkez:** 700.4 ile 765.8 arasında değişen değerlerle orta seviyelerde dalgalanmalar gözlenmektedir. Bu geniş aralık, bazı dönemlerde ani yükseliş ve düşüşlerin yaşandığını gösterir. Merkez ilçesi, belirli dönemlerde artış ve azalışlar yaşayarak daha dalgalı bir performans sergilemiştir.
- **Adilcevaz:** Prolin değerleri genellikle 789.3 ile 856.8 arasında seyretmektedir. Yüksek seviyelerde olmasına rağmen, bu değerlerin sabit bir aralıkta kalması Adilcevaz'ın nispeten tutarlı bir performans sergilediğini gösterir. Ancak yüksek değerlerin bulunması, bazı durumlarda bu değişken açısından avantajlı olmayabilir. CUSUM grafiğinde, hafif dalgalanmalar görülse de genel eğilim daha stabildir.
- **Güroymak:** 469.4 ile 564.7 arasında dar bir aralık ile sabit bir performans sunar. Prolin seviyelerinin daha düşük ve dar bir aralıkta kalması, Güroymak'ın tutarlı bir performans sunduğunu ve istikrarlı olduğunu gösterir. Bu tür sabitlik, prolin seviyelerinin öngörülebilir olmasını sağlar ve düşük risk taşır.
- **Ahlat:** 755 ile 874.2 arasında değişen değerler, geniş bir aralıkta yüksek seviyelerle prolin gösterir. Ahlat'ın prolin değerleri özellikle bazı gözlemlerde çok yüksek seviyelere ulaşmakta, bu da CUSUM grafiğinde dalgalı çizgilerle kendini belli etmektedir. Bu durum, belirli dönemlerde prolin seviyelerinde ani artışların olduğunu gösterir.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Hizan'ın CUSUM grafiğı**, oldukça düz ve sabit bir çizgiye sahiptir. Bu, düşük ve istikrarlı prolin seviyelerini gösterir. Hizan'ın sabitliği, bu değişken açısından onu diğer ilçelerden ayırır ve düşük dalgalanma sayesinde güvenilir bir performans sunar. Düşük değerlerin korunması, stabilite ve düşük risk anlamına gelir.
- **Mutki ve Ahlat** ise geniş aralıklarla daha dalgalı performanslar sergiler. Özellikle Mutki'nin bazı gözlemlerinde ani artışlar ve düşüşler, CUSUM grafiğinde belirgin dalgalanmalarla gösterilir. Bu, stabilite açısından daha düşük bir performansın işaretidir ve belirli dönemlerde ani değişimlerin yaşandığını gösterir.
- **Merkez** ilçesi, orta seviyelerde dalgalanma gösterir ve bu da grafikte daha az sabit bir performansı temsil eder. Merkez'in dalgalı yapısı, ani sapmalarla karakterizedir ve istikrar açısından diğer ilçelere kıyasla daha düşük performans sunar.
- **Adilcevaz**, yüksek prolin seviyeleri sunmasına rağmen belirli bir stabilite gösterir. CUSUM grafiğinde hafif sapmalar olsa da genel eğilim sabit kalır. Yüksek seviyelerde olmasına rağmen, prolin değerlerinin nispeten sabit kalması, Adilcevaz'ın öngörülebilir bir performans sunduğunu gösterir.
- **Güroymak** da sabit ve tutarlı bir performans sergiler; dar bir aralıkta ve daha düşük seviyelerde değerler gösterir. Güroymak'ın CUSUM grafiğinde düşük dalgalanmalar görülür, bu da ilçenin güvenilir bir performans sunduğunu ve düşük prolin seviyelerinin korunduğunu işaret eder.

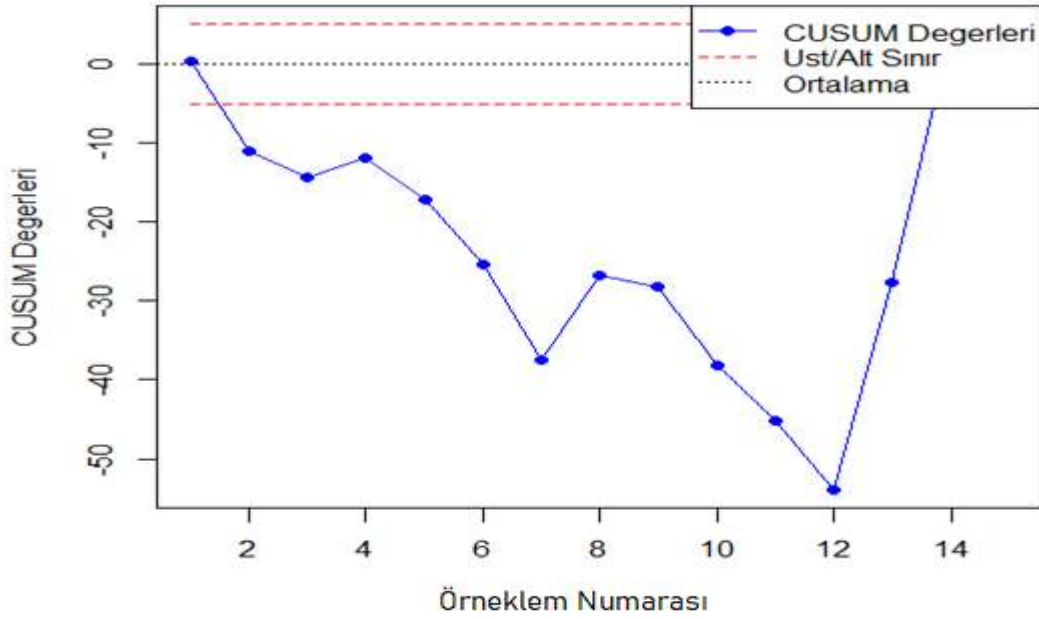
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Hizan ilçesi, prolin değişkeninde en dar aralıkta değişen düşük değerleri göstermiş ve CUSUM grafiğinde oldukça sabit bir çizgi sergilemiştir. Bu, prolin açısından Hizan'ın en istikrarlı ve en düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle düşük değerler, bu değişken açısından Hizan'ı en avantajlı hale getirmektedir. İstikrarın korunması ve düşük değerlerin sağlanması, prolin değişkeni açısından önemlidir ve Hizan bu kriterleri karşılamaktadır.

Diğer İlçeler:

- **Mutki** ve **Ahlat** yüksek seviyelerde dalgalanan değerler göstermektedir. Her iki ilçe de tutarlı olmayan performanslarıyla dikkat çekmektedir; bu da prolin değişkeni açısından daha yüksek risk ve değişkenlik anlamına gelir. Özellikle Mutki'nin bazı dönemlerdeki yüksek değerleri, dalgalı bir CUSUM grafiği sunar.
- **Merkez ilçesi**, geniş bir aralıkta değişen prolin seviyeleriyle, ani sapmalar yaşayan bir performans sunar. Bu da CUSUM grafiğinde daha dalgalı çizgilerle kendini göstermiştir.
- **Adilcevaz** ve **Güroymak**, daha sabit bir performans sergilemelerine rağmen, yüksek seviyelerde olmaları ve bazı sapmalar yaşamaları nedeniyle Hizan kadar tutarlı değildir. Güroymak'ın dar aralıkta kalması olumlu bir performans sergilese de Hizan'ın düşük ve sabit seviyeleri, onu daha avantajlı kılar.

Bu analiz, prolin değişkeni açısından Hizan'ın en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Bu, Hizan'ın istikrarını ve düşük prolin seviyelerini tercih edilmesini sağlayan faktörlerden biridir.



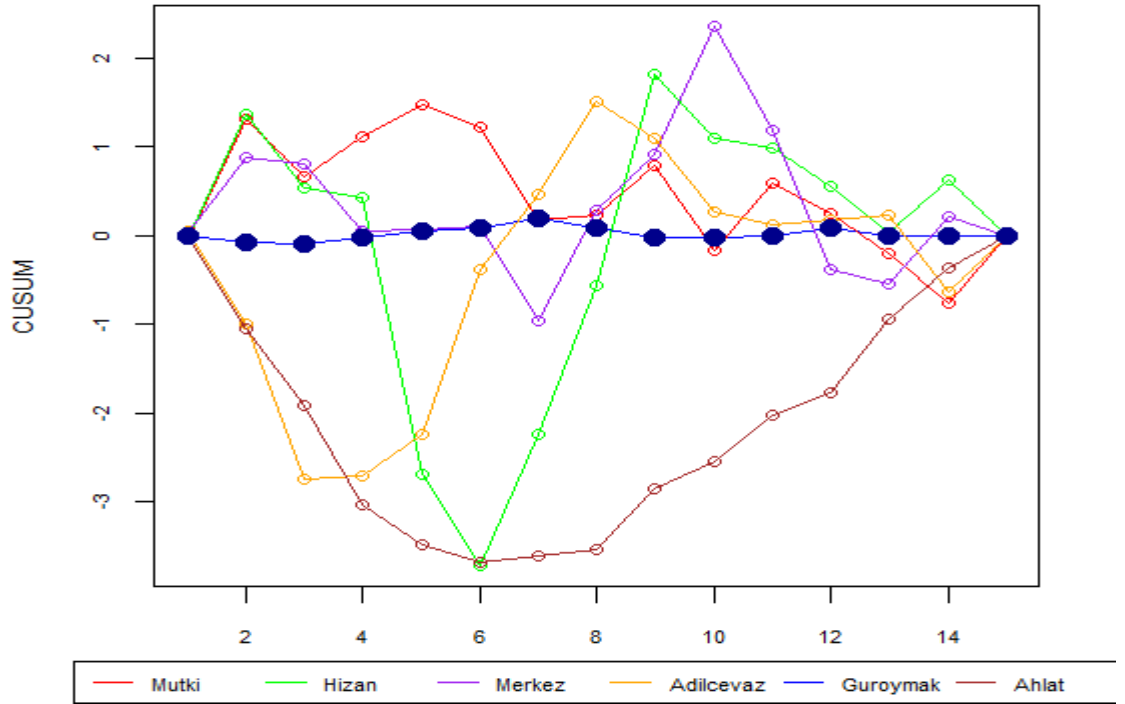
Şekil 3.10. Prolin Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.10 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten tümünün alt kontrol sınırını aştığı ve yalnızca 1, 14 ve 15. örneğin kontrol sınırları içinde kaldığı gözlemlenmektedir. 2. örnekten itibaren prolin değişkeninin değerlerinde belirgin bir düşüş trendi olduğu ve

12. örnekle birlikte bu düşüşün en uç noktaya ulaştığı dikkat çekmektedir. Bu durum, plorin değişkenine ilişkin sürecin kontrol dışına çıktığını ve ölçümlerde ciddi bir sapma olduğunu göstermektedir. Özellikle bu kadar yaygın bir kontrol dışı durum, sürecin istikrarını önemli ölçüde etkileyen temel problemlere işaret etmektedir.

Bu bulgular, plorin değişkenindeki sapmaların kaynaklarının detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Kontrol sınırlarının bu şekilde aşılması, analiz edilen örneklerin farklı çevresel koşullardan veya üretim aşamalarındaki varyasyonlardan etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Sürecin kararlılığını ve kalite standartlarını yeniden sağlamak adına, bu sapmaların nedenlerinin belirlenmesi ve süreçte düzeltici önlemler alınması gereklidir. Aynı zamanda, bu değişkenin sürekli olarak izlenmesi ve kontrol altında tutulması, sürecin gelecekteki güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

● HMF (mg/kg)



Şekil 3.11. HMF Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Hidroksimetilfurfural (HMF), balın işleme ve muhafaza koşullarını değerlendirmek için kullanılan önemli bir değişkendir. HMF değeri, balın ısıtma işlemi görüp görmediğini veya uzun süre saklanıp saklanmadığını belirler. Düşük HMF değerleri, balın

taze ve işlenmemiş olduğunu gösterir. Bu bağlamda, HMF'nin düşük olması balın kalitesini ve tazeliğini işaret eder.

CUSUM Yöntemiyle HMF Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** HMF değerleri 4.4 ile 6.8 arasında değişmektedir. Orta derecede bir aralıkta dalgalanan bu değerler, belirli dönemlerde değişikliklerin yaşandığını gösterir. Sabitlik bakımından orta seviyede bir performans sergiler.
- **Hizan:** 6.4 ile 11.9 arasında değişen daha geniş bir aralık gösterir. Özellikle bazı gözlemler yüksek değerlere sahiptir, bu da ani değişikliklerin yaşandığını işaret eder. Bu durum, Hizan'ın dalgalı bir performans sergilediğini ve sabit bir yapıya sahip olmadığını gösterir.
- **Merkez:** 19.0 ile 22.0 arasında yüksek seviyelerde sabit bir performans gösterir. Ancak yüksek HMF seviyeleri, bazı durumlarda dezavantajlı olabilir. CUSUM grafiğinde bu seviyeler genel olarak yukarıda konumlanmış çizgilerle ifade edilir.
- **Adilcevaz:** 14.2 ile 17.8 arasında dalgalanan HMF değerleri ile orta seviyelerde bir performans sergiler. Zaman zaman dalgalanma gösterse de genel olarak sabit kalır. Orta derecede sabit bir yapıya sahip olup hafif dalgalanmalar yaşar.
- **Güroymak:** 0.1 ile 0.3 arasında düşük ve dar bir aralık gösterir. Güroymak'ın düşük seviyede HMF değerleri sabit ve istikrarlıdır. Bu özellik, düşük risk ve tutarlılığı temsil eder. CUSUM grafiğinde düz ve sabit bir çizgi ile gösterilir.
- **Ahlat:** 3.31 ile 5.27 arasında değişim gösterir. Değerler zaman zaman yüksek seviyelere ulaşır, bu da bazı gözlemlerde ani artışların yaşandığını ifade eder. Dalgalı bir performansa sahiptir.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Güroymak'ın CUSUM grafiği,** düz ve sabit bir çizgi gösterir, bu da düşük HMF seviyelerinin tutarlı olduğunu ifade eder. Güroymak'ın sabitliği, bu değişken açısından onu diğer ilçelerden ayırır ve düşük dalgalanma ile güvenilir bir performans sunar. Düşük değerlerin korunması, stabilite ve düşük risk anlamına gelir.
- **Mutki ve Adilcevaz,** orta derecede sabit performanslar sergiler. Zaman zaman sapmalar yaşasalar da genel olarak öngörülebilir bir yapıları vardır.

- **Hizan ve Ahlat**, geniş aralıklarda dalgalanan performanslar sergiler. Bu ilçelerin CUSUM grafikleri daha dalgalı olup, ani değişimlerin yaşandığını gösterir. Bu tür dalgalanmalar, HMF açısından tutarsız bir performansı ifade eder.
- **Merkez**, yüksek seviyelerde sabit bir performans sergiler. Yüksek seviyeler bazı durumlarda istenmeyen sonuçlar doğurabilir ve CUSUM grafiğinde yukarıda konumlanmış çizgilerle ifade edilir.

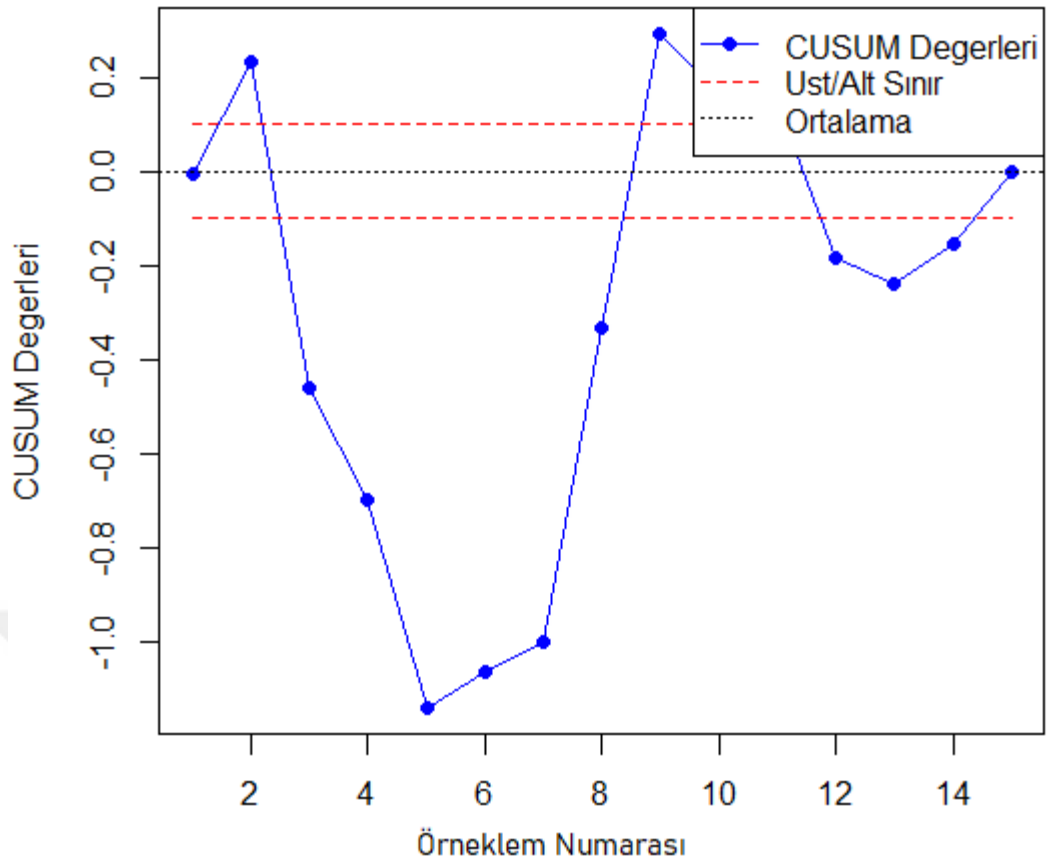
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Güroymak ilçesi, HMF değişkeninde en düşük ve sabit değerleri gösterir ve CUSUM grafiğinde oldukça düz bir çizgi sergilemiştir. Bu, HMF açısından Güroymak'ın en istikrarlı ve en düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve sabit değerler, bu değişken açısından Güroymak'ı en avantajlı hale getirmektedir. İstikrarın korunması ve düşük değerlerin sağlanması, HMF değişkeni açısından önemlidir ve Güroymak bu kriterleri karşılamaktadır.

Diğer İlçeler:

- **Mutki ve Adilcevaz**, daha sabit bir performans sunmalarına rağmen, aralığın genişliği nedeniyle zaman zaman dalgalanmalar yaşar. Güroymak'ın daha düşük ve sabit değerleri, onu daha avantajlı kılar.
- **Hizan ve Ahlat**, yüksek ve dalgalı performanslar sergiler. Bu durum, HMF seviyelerinde ani değişimlerin yaşandığını gösterir.
- **Merkez**, yüksek seviyelerde sabit kalmasına rağmen, bu yüksek değerler bazı durumlarda avantajlı olmayabilir ve bu nedenle daha düşük seviyelerle sabit kalan Güroymak öne çıkar.

Bu analiz, HMF değişkeni açısından Güroymak'ın en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Güroymak'ın bu istikrarı, düşük risk ve tutarlılığı temsil eder.

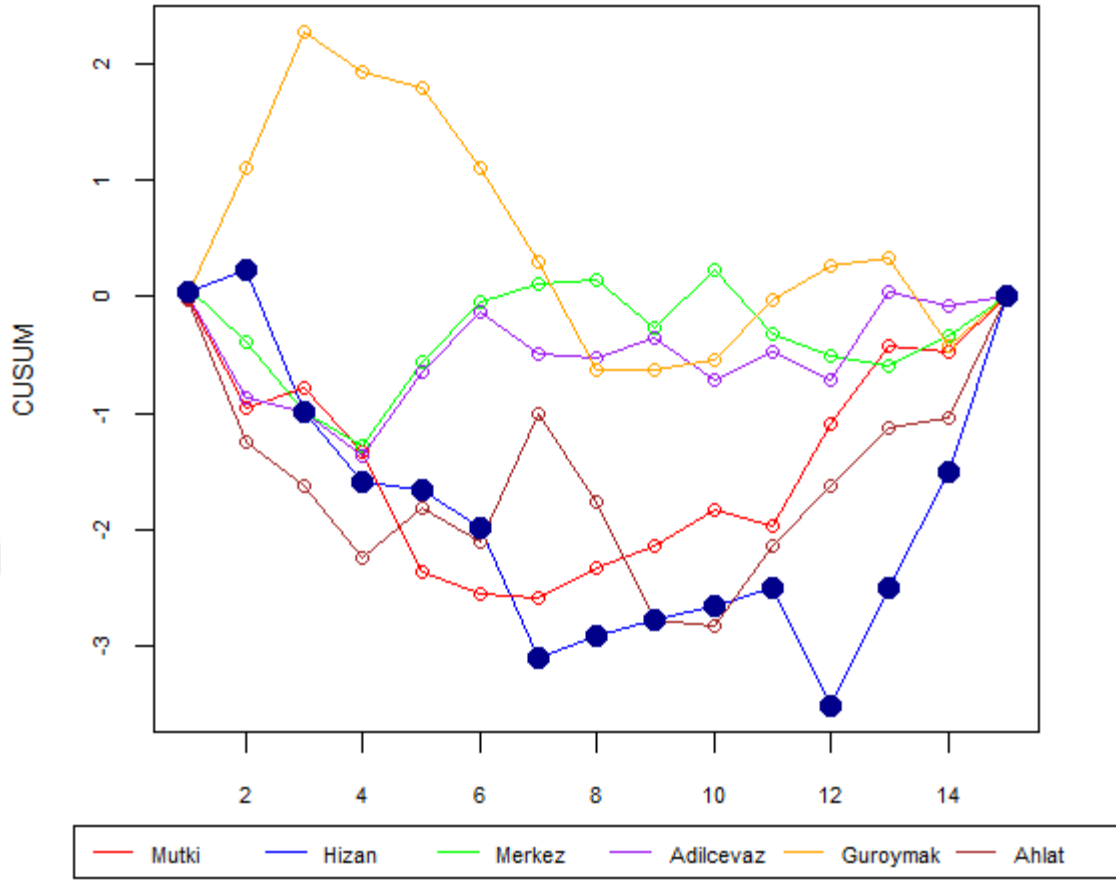


Şekil 3.12. HMF Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.12 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten yalnızca 1. ve 15. örneklerin kontrol sınırları içinde yer aldığı, diğer tüm değerlerin ise alt veya üst kontrol sınırlarını aştığı görülmektedir. Özellikle 2. ve 7. örneklerin üst kontrol sınırını geçtiği, 3, 4, 5 ve 6. örneklerin ise alt kontrol sınırının altında kaldığı dikkat çekmektedir. Bu durum, HMF (Hidroksimetilfurfural) değişkeninde belirgin bir dengesizliğin ve sürecin kontrol dışına çıktığını gösteren bir sapmanın mevcut olduğunu ortaya koymaktadır. Alt kontrol sınırını aşan değerler değişkende bir düşüş trendine işaret ederken, üst kontrol sınırını geçen değerler ise ani bir yükselme eğilimini göstermektedir.

Bu tür dalgalanmaların, balın farklı üretim bölgelerinden veya dönemlerinden elde edilmesi, üretim sürecindeki ısı işlem farklılıkları ya da çevresel faktörler gibi değişkenlerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Sürecin güvenilirliğini sağlamak adına, kontrol sınırlarını aşan örneklerin detaylı analizi yapılmalı ve bu sapmaların sebepleri belirlenerek düzeltici önlemler alınmalıdır. Böylelikle, süreç daha stabil hale getirilebilir ve ürün kalitesinin sürekliliği güvence altına alınabilir.

Glukoz + Fruktöz (g/100 g)



Şekil 3.13. Glukoz + Fruktöz Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Glukoz ve fruktoz, balın ana şeker bileşenleri olup, balın enerji içeriğini belirlemede kritik rol oynar. Yüksek glukoz ve fruktoz miktarları, balın enerji açısından zengin olduğunu ve besleyici değerinin yüksek olduğunu gösterir. Bu şekerlerin yüksek seviyeleri, balın tatlılığını artırır ve tüketicilere enerji sağlayan bir besin kaynağı olarak önemli bir rol oynar.

CUSUM Yöntemiyle Glukoz+Fruktöz Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Glukoz+Fruktöz değerleri 67.9 ile 69.8 arasında değişmektedir. Dar bir aralıkta sabit bir performans sergiler, bu da ilçenin tutarlı ve öngörülebilir olduğunu gösterir.
- **Hizan:** 59.6 ile 62.32 arasında düşük ve sabit bir aralık gösterir. Ortalama Glukoz+Fruktöz değeri en düşük olan ilçedir ve CUSUM grafiğinde düz bir

çizgi ile bu performansını ortaya koyar. Bu sabitlik, düşük riskli ve öngörülebilir bir performansı temsil eder.

- **Merkez:** Değerler 72.81 ile 74.13 arasında yüksek seviyelerde sabit bir performans gösterir. Yüksek seviyeler bazı durumlarda istenmeyen olabilir ve bu nedenle CUSUM grafiğinde daha yüksek çizgilerle temsil edilir.
- **Adilcevaz:** 67.35 ile 68.98 arasında orta seviyede bir performans sergiler. Değerler arasında hafif dalgalanmalar olsa da genel olarak tutarlıdır.
- **Güroymak:** 69.76 ile 71.85 arasında dar bir aralık gösterir. Genel olarak sabit ve tutarlı performans sunar.
- **Ahlat:** 67.52 ile 69.82 arasında hafif dalgalanan bir yapıya sahiptir. Bu, öngörülebilir bir yapıyı korumasına rağmen bazı sapmaların da yaşandığını gösterir.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Hizan'ın CUSUM grafiği**, oldukça düz ve sabit bir çizgiye sahiptir. Bu, düşük ve istikrarlı Glukoz+Fruktoz seviyelerini gösterir. Hizan'ın sabitliği, bu değişken açısından onu diğer ilçelerden ayırır ve düşük dalgalanma ile güvenilir bir performans sunar.
- **Mutki ve Adilcevaz**, dar aralıklarda sabit performans sergiler. Bu ilçelerin CUSUM grafikleri de tutarlı ve az dalgalıdır.
- **Merkez**, yüksek seviyelerde sabit kalır ancak yüksek değerler CUSUM grafiğinde üst düzey çizgilerle belirginleşir.
- **Güroymak ve Ahlat**, orta seviyede sabit performans sunarlar. Ancak zaman zaman küçük sapmalar yaşayabilirler.

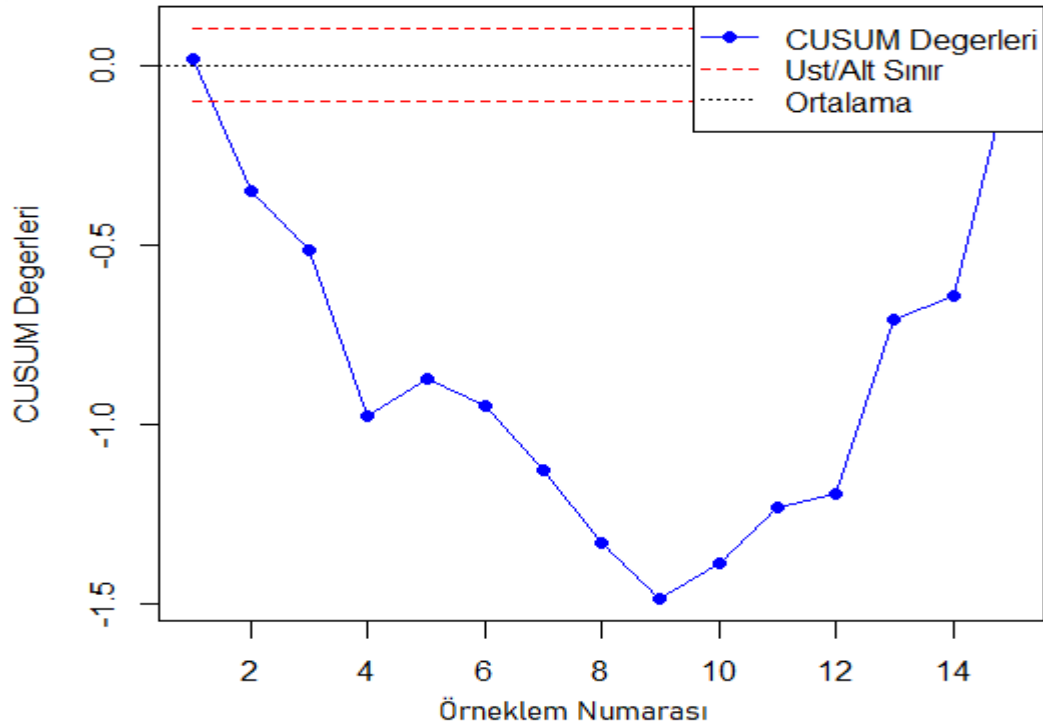
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Hizan ilçesi, Glukoz+Fruktoz değişkeninde en dar aralıkta değişen düşük değerleri göstermiş ve CUSUM grafiğinde oldukça sabit bir çizgi sergilemiştir. Bu, Glukoz+Fruktoz açısından Hizan'ın en istikrarlı ve en düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve sabit değerler, bu değişken açısından Hizan'ı en avantajlı hale getirmektedir.

Diğer İlçeler:

- **Mutki ve Adilcevaz**, öngörülebilir performans sunmalarına rağmen, Hizan kadar düşük seviyelerde sabit kalamamıştır.
- **Merkez**, yüksek değerlerde sabit kalmasına rağmen bazı durumlarda bu yüksek seviyeler olumsuz olabilir.
- **Güroymak ve Ahlat**, daha orta seviyelerde sabit performans sergiler ancak düşük seviyelerde kalmayı başaran Hizan kadar avantajlı değildir.

Bu analiz, Glukoz+Fruktoz değişkeni açısından Hizan'ın en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Hizan'ın bu istikrarı, düşük risk ve tutarlılığı temsil eder.

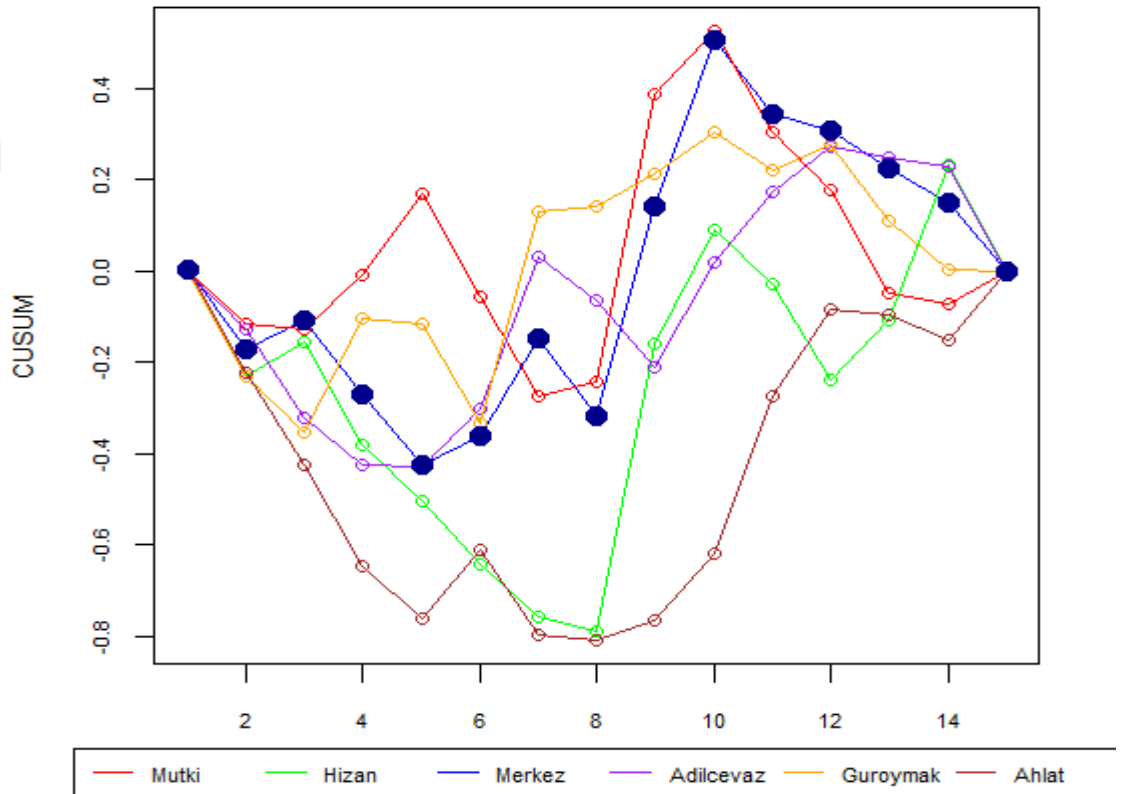


Şekil 3.14. Glukoz + Fruktoz Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.14 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten yalnızca 1. ve 15. örneklerin kontrol sınırları içinde yer aldığı, diğer tüm değerlerin ise alt kontrol sınırının altında kaldığı açıkça görülmektedir. 2. örnekten itibaren başlayan belirgin bir düşüş trendi, 10. örnekte en düşük noktaya ulaşmakta ve bu örnekler sürecin alt kontrol sınırının oldukça altında yer almaktadır. Bu durum, glukoz + fruktoz değişkenine ilişkin süreçte önemli bir dengesizliğin olduğunu ve sürecin kontrol dışına çıktığını göstermektedir.

Bu tür sapmaların, balın üretim süreçlerinde kullanılan girdilerdeki değişkenlikler, analiz edilen numunelerin farklı bölgelerden ve dönemlerden alınması ya da çevresel faktörler gibi nedenlerle ortaya çıkmış olabileceği değerlendirilmektedir. Sürecin kararlılığını yeniden sağlamak için bu sapmaların kaynağı detaylı bir şekilde analiz edilmeli ve kalite kontrol süreçleri güçlendirilmelidir. Bu tür dengesizliklerin giderilmesi, ürün kalitesinin sürekliliğini ve sürecin istikrarını sağlamada kritik bir adım olacaktır.

💧 Glukoz/Fruktoz Oranı



Şekil 3.15. Glukoz/Fruktoz Oranı Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Glukoz/fruktoz oranı, balın kristalleşme eğilimini belirlemede önemli bir değişkendir. Bu oran, balın saklama süresi ve kullanım koşullarına göre kristalleşme riskini etkiler. İdeal glukoz/fruktoz oranı genellikle 1.0 ile 1.4 arasında kabul edilir. Bu oran, balın kalitesini ve tazeliğini koruyabilmesi için belirli bir aralıkta olmalıdır.

CUSUM Yöntemiyle Glukoz/Fruktoz Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Glukoz/Fruktoz oranları 1.003 ile 1.863 arasında değişmektedir. Geniş aralıkta değerler gösterir ve bazı gözlemlerde yüksek sapmalar yaşar. Bu durum, bazı dönemlerde tutarsızlıkların olduğunu gösterir.
- **Hizan:** 1.0 ile 1.579 arasında değişen geniş bir aralıkla dalgalı bir performans gösterir. Zaman zaman ani değişimlere uğrayan Hizan, istikrar açısından orta derecede performans sergiler.
- **Merkez:** 0.977 ile 1.612 arasında değişen dar bir aralıkla nispeten düşük seviyelerde sabit bir performans gösterir. En düşük ortalama Glukoz/Fruktoz oranı bu ilçededir ve CUSUM grafiğinde düz ve sabit bir çizgiyle belirlenir.
- **Adilcevaz:** 1.012 ile 1.572 arasında değişkenlik gösterir. Sabit olmamakla birlikte daha geniş aralıkta seyreden performans dalgalıdır.
- **Güroymak:** 1.0 ile 1.687 arasında dalgalanan geniş bir aralık ile istikrar açısından düşük performans sergiler. Değerlerin değişkenliği CUSUM grafiğinde dalgalı çizgilerle ifade edilir.
- **Ahlat:** 1.0 ile 1.568 arasında değişen değerler ile zaman zaman yüksek seviyelerde performans gösterir. Bazı gözlemler ani artışlar ile karakterizedir ve bu durum grafikte belirgin dalgalanmalar yaratır.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Merkez'in CUSUM grafiği,** düz ve sabit bir çizgi ile tanımlanır. Bu durum, düşük Glukoz/Fruktoz seviyelerinin tutarlı olduğunu ve ani sapmalar yaşanmadığını gösterir. Düşük ve sabit değerlerin korunması, bu değişken açısından stabil bir performans sunar.
- **Mutki ve Hizan,** bazı gözlemlerde yüksek sapmalar yaşayarak daha dalgalı grafiklere sahiptir. Bu durum, tutarlılık ve stabilite açısından bazı sorunlar yaratır.
- **Adilcevaz ve Güroymak,** geniş aralıklar ve değişken performans sergiler. Bu ilçelerin grafikleri dalgalı ve istikrarsızdır.
- **Ahlat,** geniş aralıkla değişken performans gösterir. Yüksek sapmalar ve dalgalanmalar, grafikte belirgin şekilde görünür ve bu durum, istikrar açısından bazı sorunlar yaratır.

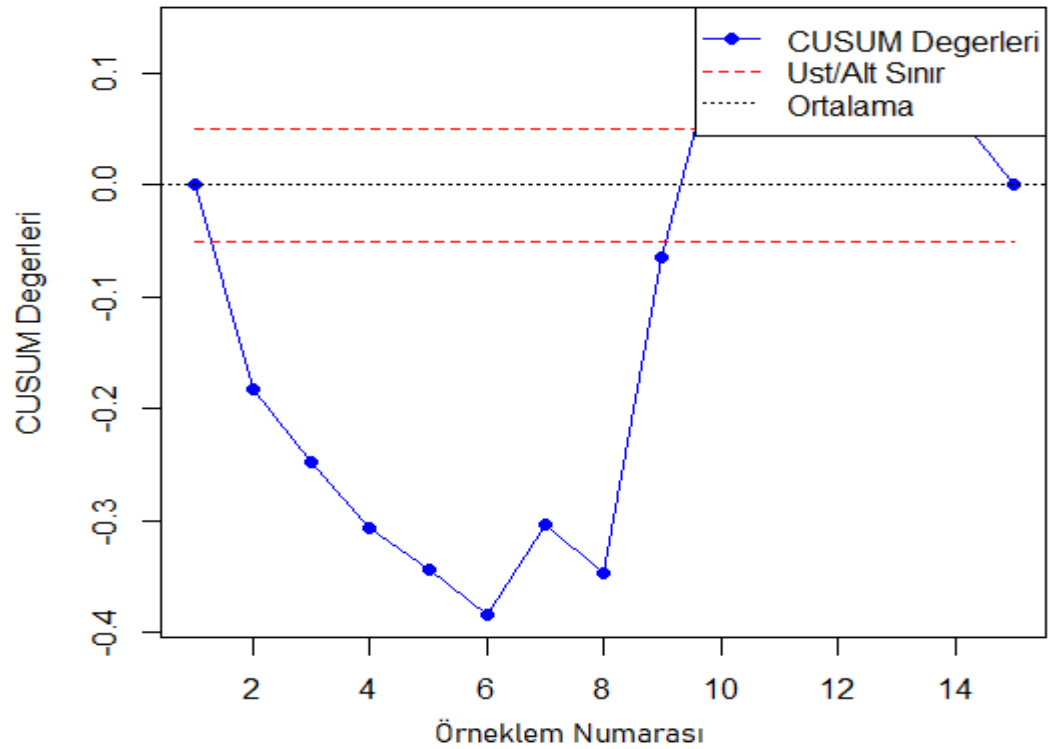
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Merkez ilçesi, Glukoz/Fruktoz değişkeninde en düşük ve sabit değerleri göstermiş ve CUSUM grafiğinde oldukça düz bir çizgi sergilemiştir. Bu, Glukoz/Fruktoz oranı açısından Merkez'in en istikrarlı ve düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve sabit değerler, bu değişken açısından Merkez'i en avantajlı hale getirmektedir.

Diğer İlçeler:

- **Mutki ve Hizan**, öngörülebilir performans sunmalarına rağmen bazı gözlemlerde sapmalar göstermiştir.
- **Adilcevaz ve Güroymak**, daha geniş aralıklarda sapmalar gösteren dalgalı performans sergilemiştir.
- **Ahlat**, tutarlı olmayan performansı ile zaman zaman yüksek değerlere sahiptir ve bu durum istikrarsız bir görünüm sunar.

Bu analiz, Glukoz/Fruktoz değişkeni açısından Merkez'in en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Merkez'in bu istikrarı, düşük risk ve tutarlılığı temsil eder.

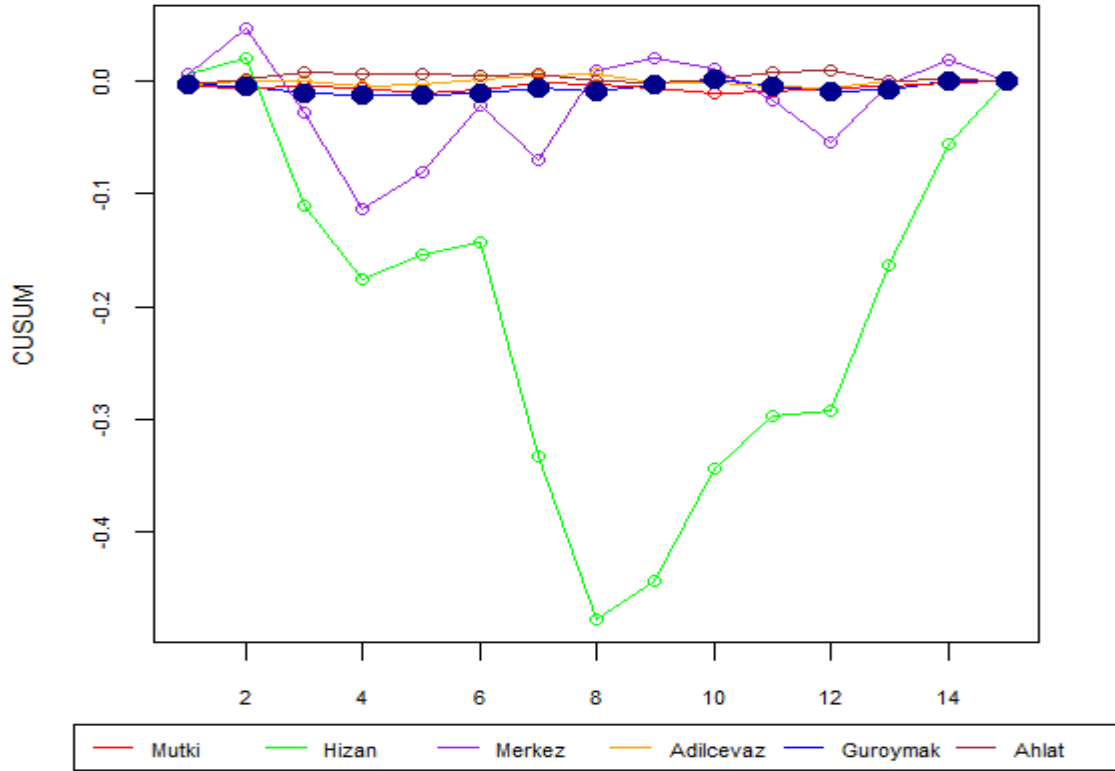


Şekil 3.16. Glukoz/Fruktoz Oranı Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.16 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten yalnızca 1, 14 ve 15. örneklerin kontrol sınırları içinde kaldığı, diğer tüm değerlerin ise alt kontrol sınırını aştığı görülmektedir. Özellikle 6., 7. ve 8. örneklerdeki CUSUM değerlerinin alt kontrol sınırının oldukça altına indiği ve bu örneklerin sürecin en dengesiz noktalarını temsil ettiği dikkat çekmektedir. Bu durum, glukoz/fruktoz oranı değişkeninde belirgin bir düşüş trendi olduğunu ve sürecin kontrol dışı sinyaller verdiğini göstermektedir.

Alt kontrol sınırını aşan bu sapmaların kaynağı olarak, balın üretim koşullarındaki değişiklikler, analiz edilen örneklerin farklı coğrafi bölgelerden veya farklı zaman dilimlerinden alınması ya da üretimde kullanılan malzemelerdeki varyasyonlar değerlendirilebilir. Sürecin kararlılığını sağlamak adına, bu sapmaların nedenleri detaylı bir şekilde incelenmeli ve kalite kontrol süreçleri bu doğrultuda yeniden düzenlenmelidir. Bu tür kontrol dışı durumların önlenmesi, ürün kalitesinin sürekliliğini ve sürecin güvenilirliğini artırmak için kritik bir adım olacaktır.

◆ Sükroz (g/100 g)



Şekil 3.17. Sükroz Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Sükroz miktarı, balın doğal olup olmadığını belirlemede önemli bir değişkendir. Sükroz, genellikle balın katkı maddesi veya işlenmiş olup olmadığını gösterir; düşük sükroz miktarları, balın katkısız ve doğal olduğunu işaret eder. Sükroz değerinin düşük olması, balın saflığını ve doğal özelliklerini koruduğunu gösterir.

CUSUM Yöntemiyle Sükroz Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Sükroz değerleri 0.009 ile 0.019 arasında değişmektedir. Orta derecede sabit bir performans sergiler. Zaman zaman sapmalar olsa da genel olarak dar bir aralıkta kalır.
- **Hizan:** 2.796 ile 3.116 arasında yüksek değerler gösterir. Değerlerin geniş aralıkta dalgalanması, istikrarsız bir yapıyı gösterir. Bu durum, Hizan'ın sabit olmayan performansını ortaya koyar.
- **Merkez:** 0.276 ile 0.441 arasında düşük ve sabit bir performans sergiler. Ancak değerlerin sabit kalması, düşük riskli bir yapıyı temsil eder.
- **Adilcevaz:** 0.006 ile 0.019 arasında düşük seviyelerde dalgalanan bir yapıdadır. Düşük ve sabit performans sergiler, bu da istikrarlı bir performans anlamına gelir.
- **Güroymak:** 0.005 ile 0.019 arasında dar bir aralık ile en düşük ve sabit performansı sunar. Bu, düşük riskli ve tutarlı bir performansı temsil eder.
- **Ahlat:** 0.004 ile 0.018 arasında değişen performans sergiler. Ancak zaman zaman yüksek sapmalar ve dalgalanmalar gözlenir.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Güroymak'ın CUSUM grafiği,** düz ve sabit bir çizgiyle tanımlanır. Bu, düşük Sükroz seviyelerinin korunması ve düşük risk anlamına gelir. Güroymak'ın tutarlı performansı, bu değişken açısından avantaj sağlar.
- **Merkez ve Adilcevaz,** düşük ve dar aralıklarla tutarlı bir performans sergiler. Ancak Güroymak'ın sabitliği kadar düşük seviyelerde kalamazlar.
- **Hizan,** yüksek ve geniş aralıkla değişken performans gösterir. Bu durum, grafikte belirgin dalgalanmalarla ifade edilir ve istikrar açısından bazı sorunlar yaratır.
- **Mutki ve Ahlat,** orta derecede sabit performans sergilemelerine rağmen zaman zaman sapmalarla karşılaşır. Bu durum, istikrar açısından onları dezavantajlı kılar.

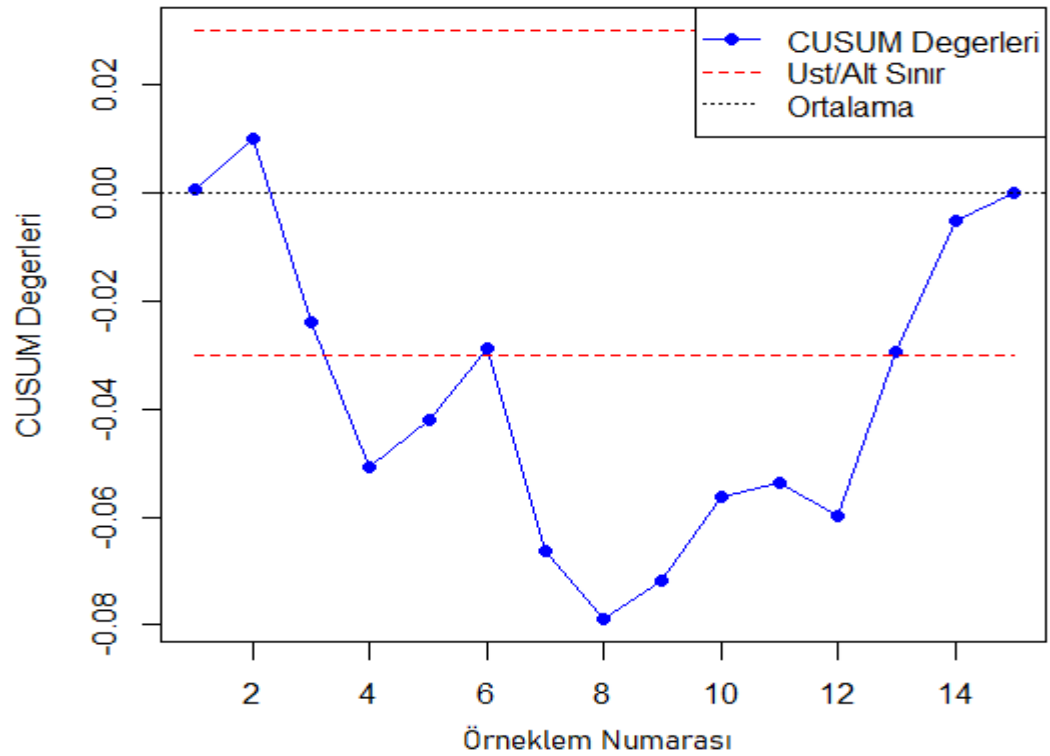
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Güroymak ilçesi, Sukroz değişkeninde en düşük ve sabit değerleri gösterir ve CUSUM grafiğinde oldukça düz bir çizgi sergilemiştir. Bu, Sukroz açısından Güroymak'ın en istikrarlı ve düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve sabit değerler, bu değişken açısından Güroymak'ı en avantajlı hale getirmektedir.

Diğer İlçeler:

- **Mutki ve Adilcevaz**, öngörülebilir performans sunmalarına rağmen bazı gözlemlerde sapmalar gösterir.
- **Hizan**, daha yüksek seviyelerde geniş aralıklarda dalgalanma sergiler ve bu durum, istikrar açısından olumsuz sonuçlar doğurur.
- **Merkez ve Ahlat**, düşük seviyelerde sabit kalmasına rağmen belirli dönemlerde istikrarı koruyamamıştır.

Bu analiz, Sukroz değişkeni açısından Güroymak'ın en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Güroymak'ın bu istikrarı, düşük risk ve tutarlılığı temsil eder.

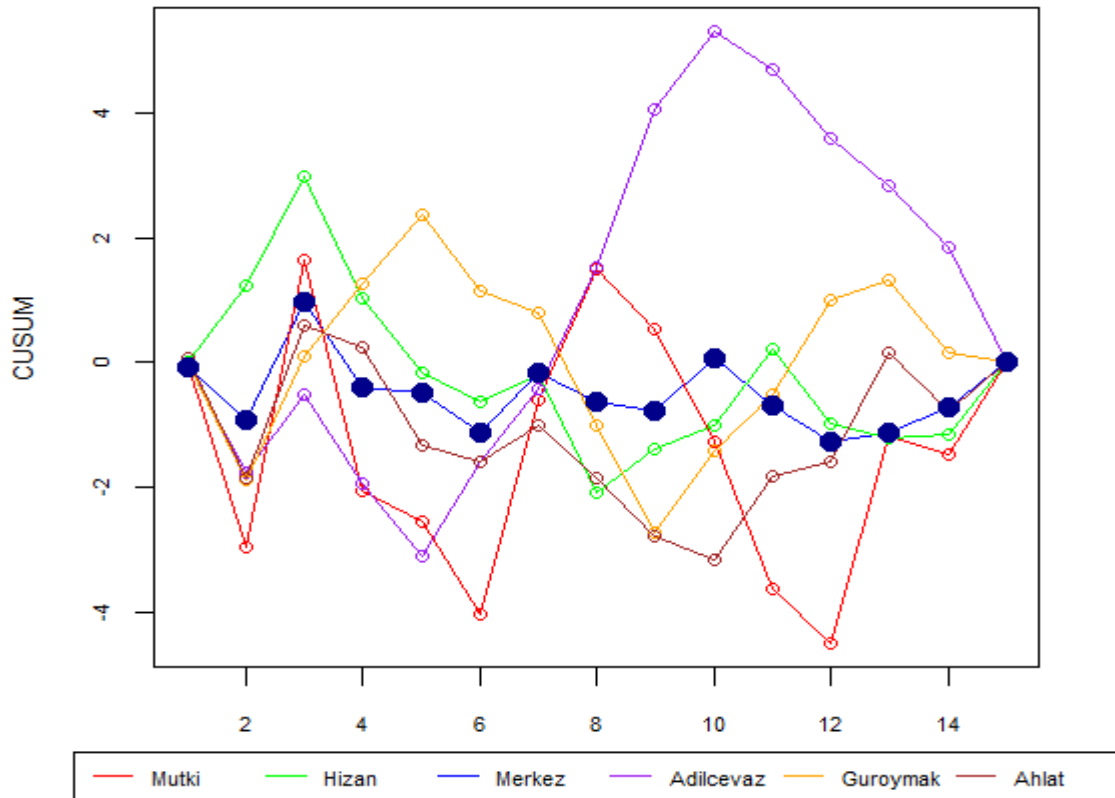


Şekil 3.18. Sükroz Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.18 incelendiğinde, **analiz** edilen 15 örnekten yalnızca 1., 2., 3., 6., 13., 14. ve 15. örneklerin kontrol sınırları içinde kaldığı, diğer tüm değerlerin ise alt kontrol sınırını aştığı gözlemlenmektedir. Özellikle 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. örneklerin alt kontrol sınırını ihlal ettiği açıkça görülmektedir. Bu durum, sükroz değişkeninde belirgin bir düşüş trendine işaret etmekte ve sürecin kontrol dışı sinyaller verdiğini göstermektedir.

Bu sapmaların, üretim süreçlerindeki varyasyonlardan, analiz edilen numunelerin farklı coğrafi bölgelerden veya farklı dönemlerden alınmasından ya da çevresel faktörlerden kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir. Sürecin kararlılığını sağlamak ve bu tür kontrol dışı durumların nedenlerini ortadan kaldırmak adına, sapmaların kökenleri detaylı bir şekilde incelenmelidir. Ayrıca, kalite kontrol süreçlerinin bu bulgular doğrultusunda iyileştirilmesi, sürecin stabilitesini ve ürün kalitesinin sürekliliğini sağlamak açısından önemlidir.

◆ Diastaz



Şekil 3.19. Diastaz Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

Diastaz aktivitesi, balın tazeliğini ve enzim aktivitesini değerlendirmede önemli bir göstergedir. Diastaz, balın içindeki şekerleri parçalayarak glukoz ve maltoz gibi basit şekerlere dönüştüren bir enzimi temsil eder. Yüksek diastaz aktivitesi, balın daha taze olduğunu ve enzimlerin aktivitesinin devam ettiğini gösterir. Bu, balın henüz bozulmamış ve uzun süre beklemeden tüketilmeye uygun olduğunu belirtir.

CUSUM Yöntemiyle Diastaz Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Diastaz değerleri 26.63 ile 34.97 arasında geniş bir aralıkta değişmektedir. Yüksek ve dalgalı performans sergiler. Bu, belirli dönemlerde istikrar sorunlarına işaret eder.
- **Hizan:** 6.68 ile 9.97 arasında düşük ve sabit bir performans sergiler. En düşük ortalama Diastaz değerine sahiptir ve CUSUM grafiğinde düz bir çizgiyle ifade edilir. Düşük ve sabit performansı, onu avantajlı kılar.
- **Merkez:** 11.22 ile 14.95 arasında dar bir aralıkta orta derecede bir performans gösterir. Performansında bazı sapmalar yaşanmasına rağmen genelde tutarlıdır.
- **Adilcevaz:** 15.23 ile 19.62 arasında orta derecede sabit bir performans sergiler. Değerler genellikle tutarlı ve öngörülebilirdir.
- **Güroymak:** 22.98 ile 26.84 arasında değişen geniş bir aralık ile dalgalı performans sunar. Bu, bazı dönemlerde tutarsız sonuçlar doğurur.
- **Ahlat:** 25.38 ile 29.74 arasında yüksek ve dalgalı bir yapıya sahiptir. CUSUM grafiğinde dalgalanmalar açıkça görülür ve bu durum istikrar açısından olumsuzluk yaratır.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Hizan'ın CUSUM grafiği,** oldukça düz ve sabit bir çizgiye sahiptir. Bu, düşük Diastaz seviyelerinin korunması anlamına gelir ve düşük risk taşır. Hizan'ın tutarlılığı, bu değişken açısından onu diğer ilçelerden ayırır ve güvenilir bir performans sunar.
- **Merkez ve Adilcevaz,** orta seviyede sabit performans sergiler. Ancak Hizan'ın daha düşük seviyelerde sabit kalması, onu avantajlı hale getirir.
- **Mutki ve Güroymak,** geniş aralıklarda dalgalanan performanslar sergiler. Bu durum, CUSUM grafiklerinde belirgin dalgalanmalarla ifade edilir.

- **Ahlat**, yüksek değerlerle değişken performans sergiler. Bu durum, stabilitenin sağlanmadığını gösterir ve grafikte ani değişimler belirginleşir.

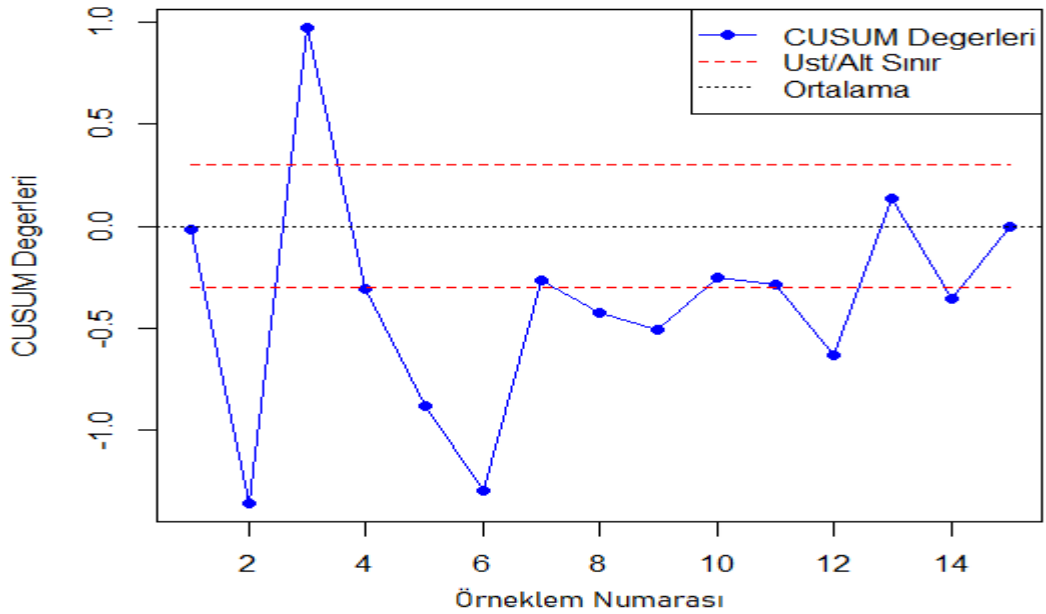
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Hizan ilçesi, Diastaz değişkeninde en düşük ve sabit değerleri gösterir ve CUSUM grafiğinde oldukça düz bir çizgi sergilemiştir. Bu, Diastaz açısından Hizan'ın en istikrarlı ve düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve sabit değerler, bu değişken açısından Hizan'ı en avantajlı hale getirmektedir.

Diğer İlçeler:

- **Mutki ve Güroymak**, öngörülemez performanslar sunar ve dalgalanmalar belirgin şekilde görülür.
- **Merkez ve Adilcevaz**, sabit performans sergiler ancak Hizan kadar düşük seviyelerde tutarlı kalamazlar.
- **Ahlat**, yüksek seviyelerde dalgalanır ve bu durum, istikrarsız bir performans sunar.

Bu analiz, Diastaz değişkeni açısından Hizan'ın en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Hizan'ın bu istikrarı, düşük risk ve tutarlılığı temsil eder.



Şekil 3.20. Diastaz Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.20 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten 3. örneğin üst kontrol sınırını, 5. ve 6. örneklerin alt kontrol sınırını belirgin bir şekilde aştığı, 8., 9., 12. ve 14. örneklerin ise alt kontrol sınırına yakın bir seviyede olduğu görülmektedir. Ayrıca, 4. örnek alt kontrol sınırında sınır değeri tam olarak karşılamaktadır. Bu durum, diastaz değişkeninde belirgin bir dengesizlik olduğunu ve sürecin belirli noktalarda kontrol dışı sinyaller verdiğini göstermektedir. Özellikle 5. ve 6. örneklerdeki ciddi sapmalar, sürecin bu noktada stabil olmadığını ortaya koymaktadır.

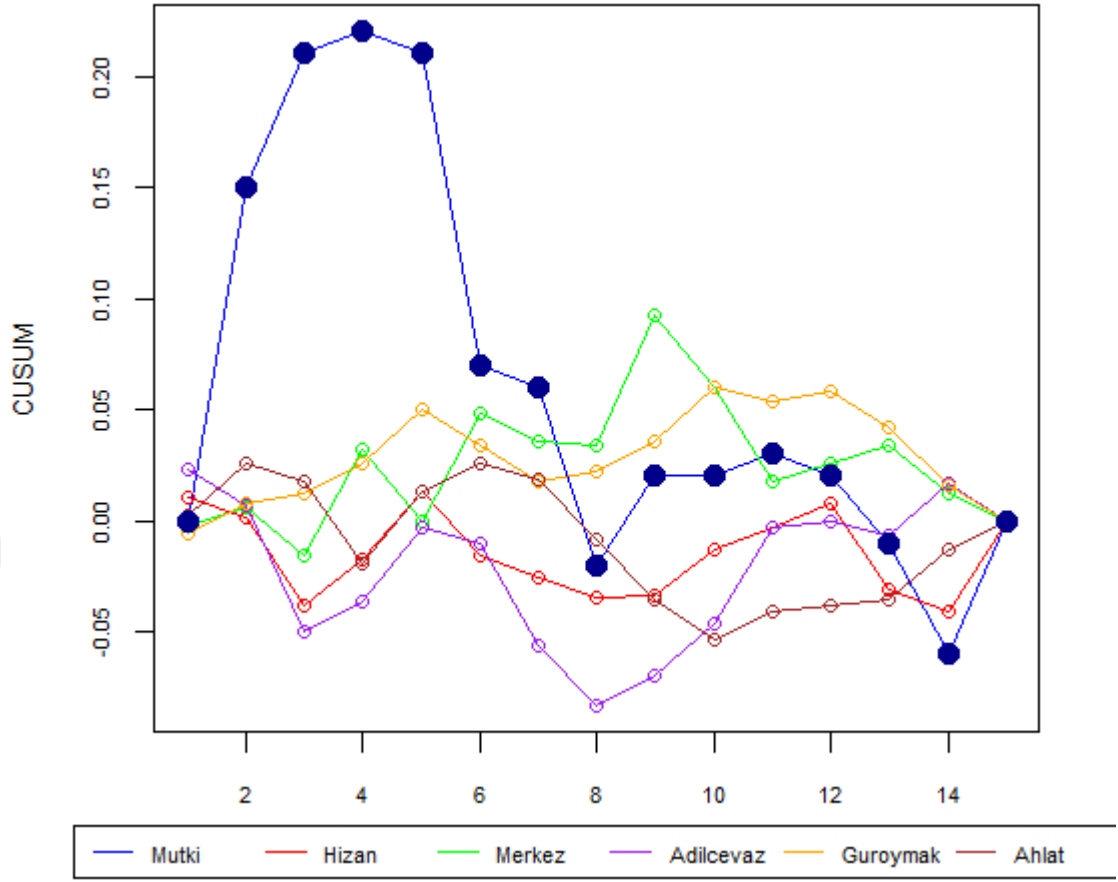
Alt kontrol sınırını aşan ve bu sınıra yakın olan örneklerdeki sapmalar, üretim sürecinde kullanılan girdilerin kalitesindeki farklılıklar, analiz edilen örneklerin farklı bölgelerden veya dönemlerden elde edilmesi ya da çevresel faktörlerin etkisiyle ilişkilendirilebilir. Bu bulgular, diastaz değişkeninde oluşan bu tür dengesizliklerin sebeplerinin detaylı şekilde analiz edilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Sürecin kararlılığını ve ürün kalitesini sağlamak için, kontrol dışı sinyalleri azaltmaya yönelik düzeltici önlemler alınmalı ve düzenli izleme çalışmaları sürdürülmelidir.

◆ C4 Şekerleri Oranı (%)

Bal analizlerinde C4 şeker oranı, balın doğallığını ve katkısızlığını değerlendirmek için önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir. Ancak yapılan analizler sonucunda, altı ilçeden alınan örneklerde C4 şeker oranına ait herhangi bir değerin bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, incelenen bal örneklerinin dışarıdan herhangi bir katkı maddesi veya C4 şekerleri içeren bileşenlerle zenginleştirilmediğini göstermektedir. C4 şekerleri genellikle şeker kamışı ve mısır şurubu gibi dış kaynaklardan gelen karbon bileşenlerini ifade eder. Değerlerin saptanmamış olması, balın tamamen doğal kaynaklardan elde edildiğinin güçlü bir göstergesidir.

Bu bağlamda, C4 şeker oranı analiz sonuçlarında herhangi bir veri olmadığı için bu değişken kapsam dışı bırakılmıştır. Bununla birlikte, analizlerde C4 şeker oranının sıfır olması, bal örneklerinin kimyasal saflığını desteklemekte ve ürünlerin uluslararası kalite standartlarına uygun olduğunu vurgulamaktadır. Dolayısıyla, bu sonuçlar, incelenen bal örneklerinin katkısız ve doğal bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuş, diğer değişkenlerin analizine odaklanılarak balın genel kalite profilinin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Bu bulgular, bölgesel bal üretiminin doğal kaynaklardan sağlanarak kaliteye olan bağlılığını bir kez daha gözler önüne sermektedir.

● $\delta^{13}\text{C}$ Değeri (bal)



Şekil 3.21. $\delta^{13}\text{C}$ Değeri Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

$\delta^{13}\text{C}$ değeri, balın bitkisel kökeni hakkında önemli bilgi sağlayan bir değişkendir. Bu değer, balın hangi bitkilerden elde edildiğini ve bitkisel kaynakların özelliklerini yansıtır. $\delta^{13}\text{C}$ değerinin negatif olması, balın bitkisel kaynaklardan elde edildiğini ve doğal bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Yüksek negatif değerler, balın belirli bitkisel kaynaklardan geldiğini doğrulayan bir işarettir.

CUSUM Yöntemiyle Delta Karbon Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Delta Karbon değerleri -25.81 ile -26.01 arasında değişmektedir. Sabit ve düşük seviyede tutarlılık sergileyen bu ilçe, düşük değerlerin korunması ile dikkat çeker.
- **Hizan:** -25.37 ile -25.45 arasında dar bir aralıkta sabit bir yapıya sahiptir. Performansı sabit ve güvenilir olsa da Mutki kadar düşük seviyelere ulaşamamıştır.

- **Merkez:** -25.49 ile -25.59 arasında orta derecede sabit performans gösterir. Sabit bir yapı sergilese de değerler yüksek olduğu için riskli kabul edilebilir.
- **Adilcevaz:** -25.68 ile -25.78 arasında sabit performans gösterir. Ancak değerlerin yüksek olması istikrar açısından olumsuzdur.
- **Güroymak:** -25.34 ile -25.39 arasında dar bir aralıkla sabit performans gösterir. Ancak diğer ilçelere göre istikrar açısından farklılık yaratmaz.
- **Ahlat:** -25.61 ile -25.68 arasında değişkenlik gösteren performans sergiler. Belirli dönemlerde yüksek değerler, istikrar açısından bazı zorluklar doğurur.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Mutki'nin CUSUM grafiği**, oldukça düz ve sabit bir çizgiye sahiptir. Bu durum, düşük ve tutarlı Delta Karbon seviyelerinin korunması anlamına gelir. Düşük sapmalar ve stabilite, bu performansı güçlendirir.
- **Hizan ve Güroymak**, nispeten sabit performans sunar ancak düşük seviyelerde istikrar sağlayan Mutki'yi geçemez.
- **Adilcevaz ve Merkez**, geniş aralıklarda dalgalanan performanslar sergiler. Bu durum, bazı dönemlerde tutarsız sonuçlar doğurur.
- **Ahlat**, belirgin dalgalanmalar ile stabilitenin sağlanamadığını gösterir ve grafikte ani değişimler belirginleşir.

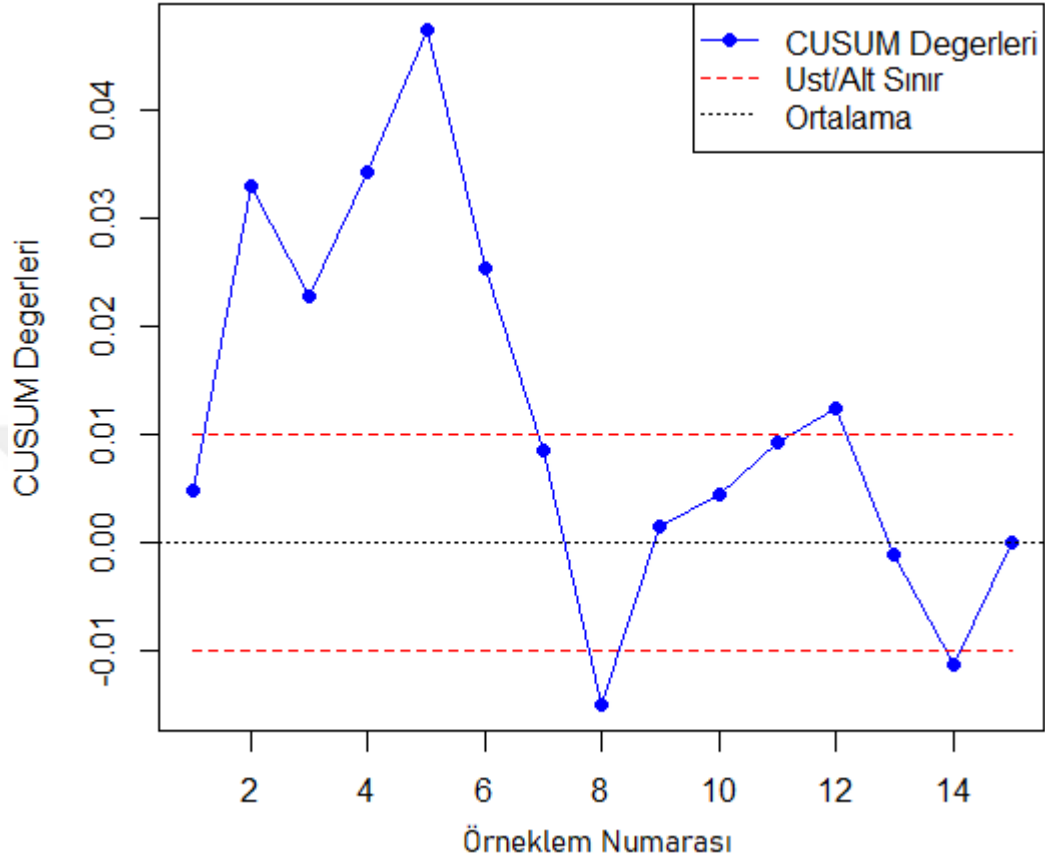
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Mutki ilçesi, Delta Karbon değişkeninde en düşük ve sabit değerleri gösterir ve CUSUM grafiğinde oldukça düz bir çizgi sergilemiştir. Bu, Delta Karbon açısından Mutki'nin en istikrarlı ve düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve sabit değerler, bu değişken açısından Mutki'yi en avantajlı hale getirmektedir.

Diğer İlçeler:

- **Hizan ve Güroymak**, sabit performans sunmalarına rağmen bazı gözlemlerde yüksek sapmalar göstermiştir.
- **Adilcevaz ve Merkez**, daha geniş aralıklarda değişken performans sergilemiştir.
- **Ahlat**, yüksek seviyelerde dalgalanır ve bu durum, istikrarsız bir performans sunar.

Bu analiz, Delta Karbon değişkeni açısından Mutki'nin en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Mutki'nin bu istikrarı, düşük risk ve tutarlılığı temsil eder.



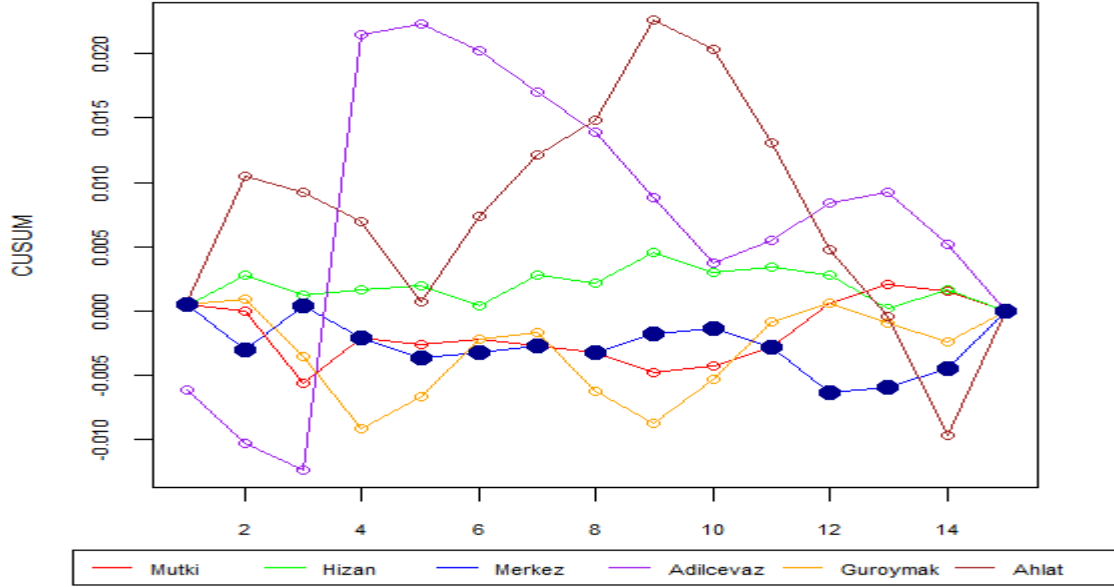
Şekil 3.22. $\delta^{13}\text{C}$ Değeri Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.22 incelendiğinde, analiz edilen 15 örnekten 2., 3., 4., 5., 6. ve 12. örneklerin üst kontrol sınırını aştığı, 8. ve 14. örneklerin ise alt kontrol sınırının altında kaldığı açıkça görülmektedir. Özellikle 5. örnek, üst kontrol sınırını aşırı derecede ihlal ederek sürecin bu noktada ciddi bir dengesizlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, 8. ve 14. örneklerdeki alt kontrol sınırını geçen değerler, sürecin bu noktalarda da kararsızlık sinyalleri verdiğini göstermektedir.

Bu tür kontrol dışı durumlar, üretim sürecinde kullanılan girdilerdeki değişiklikler, analiz edilen örneklerin farklı coğrafi bölgelerden veya dönemlerden elde edilmesi ya da çevresel koşullardan kaynaklanıyor olabilir. Sürecin genel stabilitesini sağlamak ve bu tür sapmaları minimize etmek için, söz konusu sapmaların nedenleri detaylı bir şekilde incelenmeli ve gerekli düzeltici önlemler alınmalıdır. Özellikle 5. örnekteki aşırı sapma, üretim sürecinde daha sıkı kalite kontrol önlemleri uygulanmasının

gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu tür iyileştirmeler, ürün kalitesinin ve sürecin güvenilirliğinin sürdürülebilirliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

💧 $\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı



Şekil 3.23. $\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı Değişkeninin ilçelere ait CUSUM Grafiği

$\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı, balın katkısız ve doğal olup olmadığını belirlemede önemli bir değişkendir. Bu fark, balın kimyasal ve bitkisel kökenleri hakkında bilgi sağlar. Negatif farklar, balın doğal ve katkısız olduğunu, katkı maddelerinin veya işlenmiş ürünlerin eklenmediğini gösterir. Bu değer, balın saflığını ve kalitesini belirlemede kritik bir rol oynar.

CUSUM Yöntemiyle Delta Karbon Protein/Bal Değişkeninin Analizi:

1. Verilerin Sabitliği:

- **Mutki:** Delta Karbon Protein/Bal değerleri 0.3 ile 0.309 arasında değişmektedir. Orta derecede sabit performans sergiler ve düşük seviyede kalır.
- **Hizan:** 0.424 ile 0.429 arasında geniş aralıkta dalgalanma gösterir. Bu durum, stabilitenin düşük olduğunu gösterir.
- **Merkez:** 0.153 ile 0.161 arasında oldukça sabit bir yapıda düşük seviyelerde performans sergiler. En düşük ortalama değere sahiptir ve CUSUM grafiğinde düz bir çizgi ile ifade edilir.
- **Adilcevaz:** 0.55 ile 0.59 arasında yüksek seviyelerde dalgalanır. Stabilitenin düşük olduğu ve ani değişikliklerin bulunduğu bir performans sergiler.

- **Güroymak:** 0.542 ile 0.552 arasında orta derecede bir performans sergiler. Zaman zaman dalgalanmalarla karşılaşır.
- **Ahlat:** 0.293 ile 0.312 arasında nispeten sabit bir performans gösterir. Ancak belirli dönemlerde ani değişimlerle dalgalanma yaşayabilir.

2. CUSUM Grafiğinin Değerlendirilmesi:

- **Merkez'in CUSUM grafiği,** oldukça düz ve sabit bir çizgiyle tanımlanır. Bu durum, düşük Delta Karbon Protein/Bal seviyelerinin korunması ve düşük risk taşır. Merkez'in tutarlılığı, bu değişken açısından avantaj sağlar.
- **Mutki ve Ahlat,** sabit performans sunar ancak düşük seviyelerde sabit kalmaz.
- **Adilcevaz ve Güroymak,** daha geniş aralıklarda dalgalanma sergiler ve bu durum, istikrar açısından bazı sorunlar yaratır.
- **Hizan,** geniş aralıklı dalgalanmalar ile düşük stabilite gösterir ve yüksek sapmalar, CUSUM grafiğinde belirgin şekilde görünür.

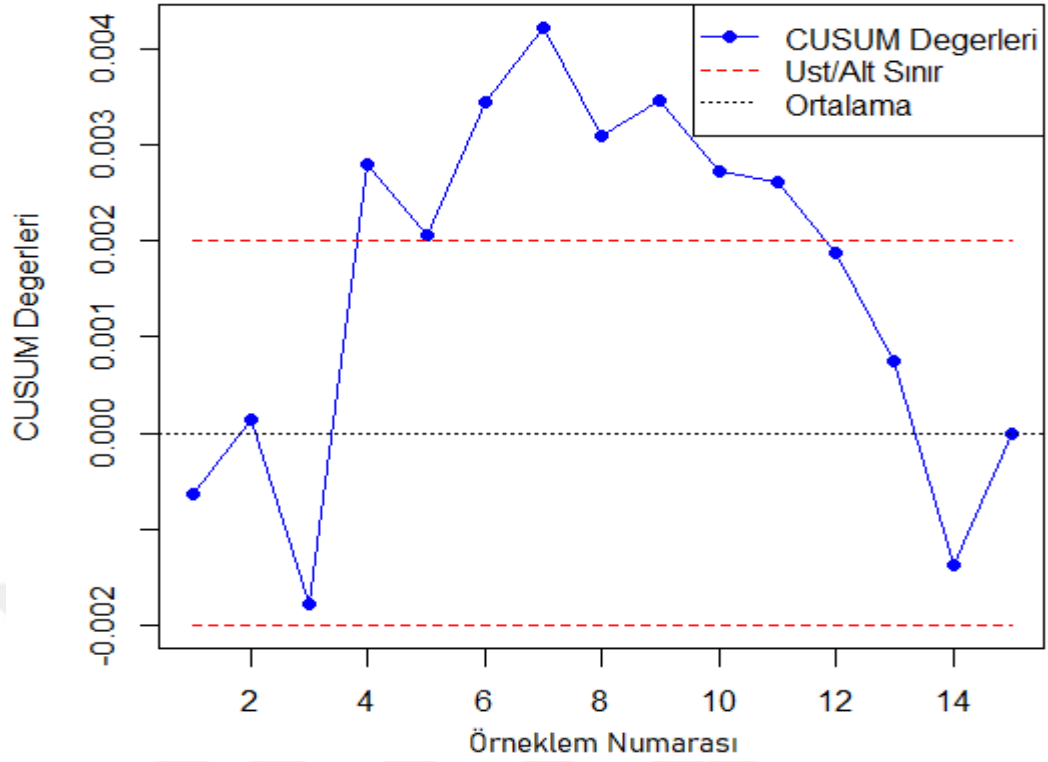
Sonuç:

En İyi Sonuç Veren İlçe: Merkez ilçesi, Delta Karbon Protein/Bal değişkeninde en düşük ve sabit değerleri gösterir ve CUSUM grafiğinde oldukça düz bir çizgi sergilemiştir. Bu, Delta Karbon Protein/Bal açısından Merkez'in en istikrarlı ve düşük riskli performansı sunduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve sabit değerler, bu değişken açısından Merkez'i en avantajlı hale getirmektedir.

Diğer İlçeler:

- **Mutki ve Ahlat,** orta derecede sabit performans sunmasına rağmen zaman zaman sapmalarla karşılaşır.
- **Adilcevaz ve Güroymak,** geniş aralıklarda değişken performans sergiler ve dalgalanmalar belirgindir.
- **Hizan,** yüksek seviyelerde geniş aralıklı değişimlere sahiptir ve bu durum istikrarsızlığı artırır.

Bu analiz, Delta Karbon Protein/Bal değişkeni açısından Merkez'in en düşük ve sabit seviyelerde kalarak en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Merkez'in bu istikrarı, düşük risk ve tutarlılığı temsil eder.



Şekil 3.24. $\delta^{13}\text{C}$ Protein - $\delta^{13}\text{C}$ Bal Farkı Değişkeninin CUSUM Ortalama Grafiği

Şekil 3.24 incelendiğinde, 3. örnekten 11. örneğe kadar olan değerlerin üst kontrol sınırını aştığı, 4. örneğin sınıra oldukça yakın olduğu ve 7. örneğin ise üst kontrol sınırını aşırı derecede ihlal ettiği görülmektedir. Bu durum, $\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı değişkeninde belirgin bir dengesizliğin ve sürecin bu noktalarda kontrol dışı sinyaller verdiğinin açık bir göstergesidir. Özellikle 7. örnekteki ciddi sapma, sürecin bu bölgesindeki tutarsızlığın üzerinde dikkatle durulması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu tür kontrol dışı durumlar, üretim sürecindeki değişkenliklerden, analiz edilen örneklerin çevresel veya coğrafi farklılıklardan etkilenmesinden ya da ölçüm sürecindeki varyasyonlardan kaynaklanıyor olabilir. Sürecin kararlılığını sağlamak ve bu tür sapmaların tekrarını önlemek için, özellikle 7. örnek ve diğer sapmaların nedenleri detaylı şekilde analiz edilmeli, kalite kontrol süreçleri bu bulgular doğrultusunda güçlendirilmelidir. Böylelikle, ürün kalitesinin sürekliliği ve süreç tutarlılığı güvence altına alınabilir.

3.3.2. Kümülatif Toplam Sonucunda CUSUM Grafiği Analizi

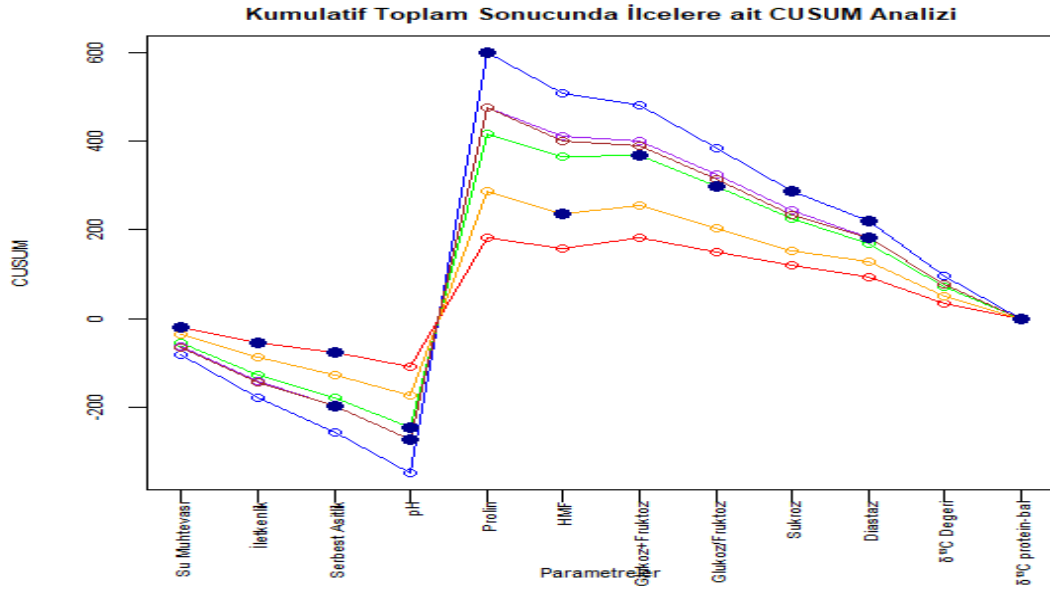
CUSUM (Cumulative Sum) yöntemi, süreçlerdeki küçük sapmaları dahi tespit edebilen güçlü bir istatistiksel araçtır ve kalite kontrol süreçlerinde yaygın olarak

kullanılmaktadır. Bu yöntem, belirli bir değişkenin ortalama değeri etrafında gerçekleşen dalgalanmaların kümülatif toplamını hesaplayarak analiz etmeye olanak tanır. CUSUM grafikleri, süreç performansını izlemek, kalite standartlarını korumak ve olası sorunları erken tespit etmek için oldukça etkili bir yöntemdir. Bu çalışmada, altı farklı ilçeden alınan bal örnekleri üzerinde uygulanan CUSUM grafikleri, her bir değişkenin kalite üzerindeki etkisini görsel bir şekilde ortaya koymuş ve bu değişkenlerin süreç içindeki istikrarını değerlendirme imkanı sağlamıştır. Çizelge 3.5’de ilçelerin bal değişkenlerinin kümülatif toplama metodu ile alınmış ortalama değerler yer almaktadır.

Çizelge 3.5. İlçelerin Değişken Değerlerinin Kümülatif Toplama ile Alınan Değerleri

Değişkenler / İlçeler	Mutki	Hizan	Merkez	Adilcevaz	Güroymak	Ahlat
Su Muhtevası	15,44	14,56	16,60	15,90	14,81	14,47
Serbest Asitlik	20,05	10,50	18,90	22,50	12,01	23,02
İletkenlik	0,31	0,15	0,17	0,33	0,20	0,38
Prolin	1044,51	322,98	733,99	826,29	510,98	826,01
pH	3,51	3,61	3,41	3,54	3,53	3,70
HMF	5,45	9,52	20,56	15,95	0,20	4,43
Glukoz+ Fruktoz	68,94	60,81	73,41	68,22	70,69	68,73
Glukoz/Fruktoz	1,23	1,24	1,15	1,24	1,22	1,22
Sukroz	0,01	2,99	0,36	0,01	0,01	0,01
Delta karbon değeri	-25,87	-25,41	-25,55	-25,72	-25,36	-25,64
Delta karbon protein/delta karbon bal	0,31	0,43	0,16	0,56	0,55	0,30
Diastaz	30,35	8,06	13,19	17,08	24,84	27,29

Çizelge 3.5’deki verilerin R programı yardımıyla CUSUM Kontrol Grafiği Şekil 3.25’de yer almaktadır.



Şekil 3.25. İlçelerin CUSUM Kümülatif Toplam Grafiği

Şekil 3.25'e göre; Yapılan CUSUM analizi sonucunda farklı ilçelerin belirli değişkenler açısından performansları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, her bir değişkenin kalitesini ve stabilitesini belirlemek amacıyla en iyi sonuç veren ilçeler öne çıkartılmıştır. Analiz sonuçlarına göre aşağıdaki genel değerlendirmeler yapılmıştır:

1. En Kaliteli Değişkenler ve İstikrarlı Performanslar: Analiz edilen değişkenlerde, bazı ilçeler belirgin şekilde daha iyi performans göstermiştir. Örneğin, **Mutki** ilçesi, yüksek prolin, düşük sukroz ve yüksek diastaz değerleriyle öne çıkmıştır. Bu durum, Mutki'de üretilen ürünlerin doğal bal kalitesi açısından yüksek standartlara sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, **Güroymak** düşük HMF değeri ile ürünlerin taze olduğunu ve ısıl işlem görmediğini kanıtlamıştır. Bu tür değişkenlerin düşük veya yüksek olması, balın doğallığı ve saflığı açısından büyük önem taşır.

2. İlçelere Göre Farklı Değişkenlerin Öne Çıkması: Her ilçe belirli değişkenlerde öne çıkarak dikkat çekmiştir:

- **Hizan** düşük su muhtevası, serbest asitlik ve iletkenlik değerleriyle en iyi performansı gösterirken, bu durum ürünlerinin saflık, düşük mineral içerik ve düşük asit oranıyla ön plana çıktığını ortaya koyar.
- **Merkez**, yüksek glukoz+fruktoz oranı ve düşük glukoz/fruktoz oranıyla enerji içeriği açısından zengin ve dengeli bir ürün sunar.

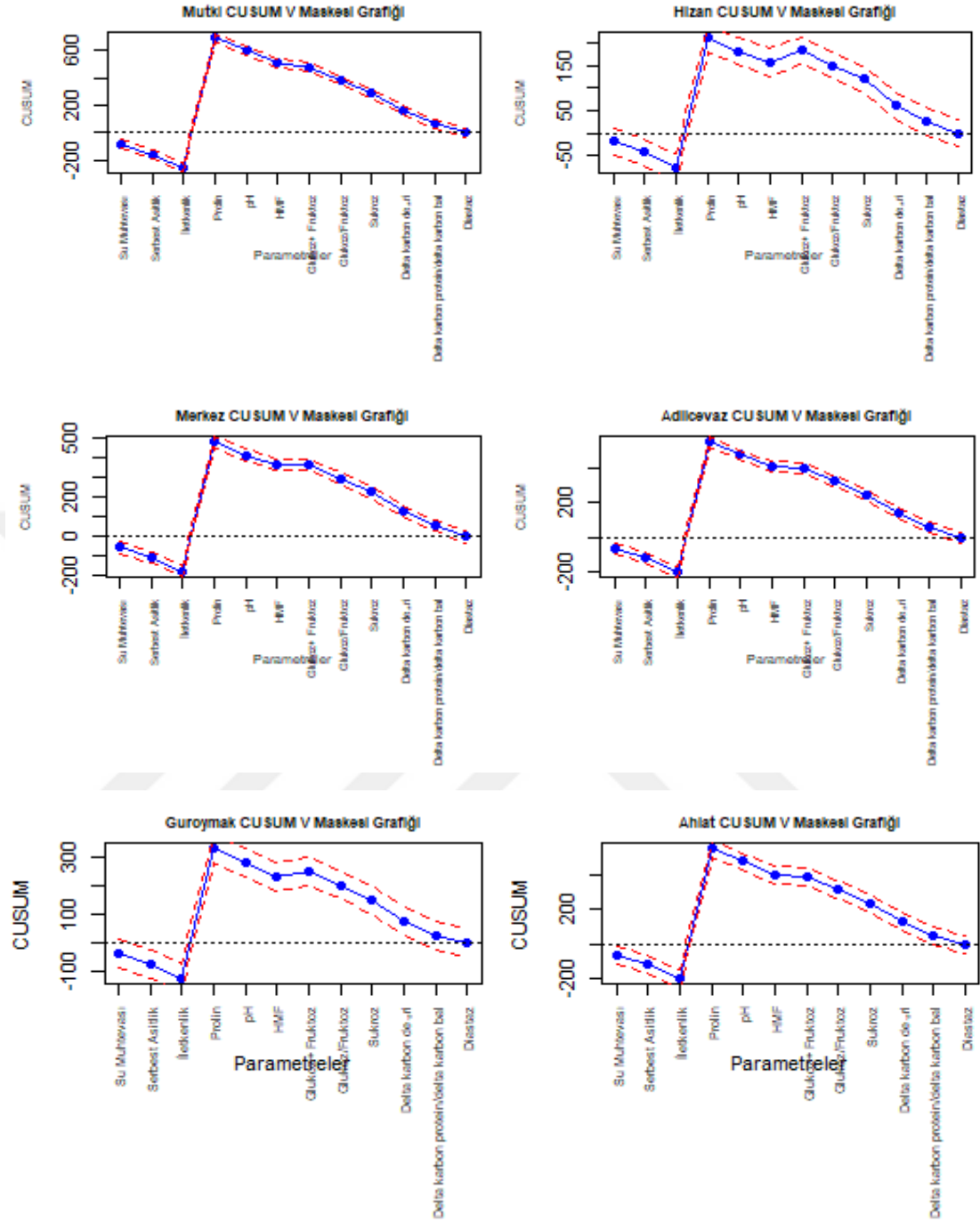
- **Mutki** ise, doğal bal kalitesini belirten yüksek prolin ve diastaz değerleriyle diğer ilçelerden ayrılmaktadır.

3. Doğallık ve Katkısızlık Göstergeleri: Bazı değişkenler, ürünlerin doğallığını ve katkı maddesi içermediğini doğrudan işaret eder. Örneğin, düşük **sukroz** değerine sahip olan Mutki, Adilcevaz, Güroymak ve Ahlat bu açıdan ön plana çıkmaktadır. Bu, ürünlerin herhangi bir yapay tatlandırıcı veya katkı maddesi içermediğini göstermektedir. Benzer şekilde, **delta karbon değeri** ve **delta karbon protein/delta karbon bal** değişkenleri de doğal bitki kaynaklarının kullanımını doğrulamaktadır; bu açıdan en iyi sonuçları **Mutki** ve **Adilcevaz** elde etmiştir.

4. Değişkenlerin Doğal Bal Kalitesine Etkisi: Balın kalitesini belirleyen birçok değişken vardır ve bu analizde bu değişkenlerin geniş kapsamlı değerlendirmesi yapılmıştır. Örneğin, **prolin** gibi bileşenler, doğal balın biyokimyasal özelliklerini ve saflığını belirlerken, **diastaz aktivitesi** balın doğal sindirim enzimlerinin varlığını gösterir. Mutki'nin yüksek diastaz ve prolin değerleri bu açıdan dikkate değer olup, yüksek kaliteli balın üretildiğini doğrulamaktadır.

5. Genel Sonuç: Genel değerlendirmeye göre, **Mutki, Hizan, Güroymak ve Merkez** ilçeleri çeşitli değişkenlerde belirgin avantajlar sunarak öne çıkmıştır. Özellikle Mutki'nin farklı değişkenlerde üstün performans sergilemesi, bu ilçenin doğal bal üretiminde lider bir konumda olduğunu göstermektedir. **Hizan** ise düşük su muhtevası, serbest asitlik ve iletkenlik değerleri ile saflık ve kaliteyi bir araya getirirken, **Merkez** yüksek enerji içeriği sağlayan şeker bileşimi ile dikkat çekmektedir. **Adilcevaz** ise delta karbon protein oranı ve düşük sukroz değeri ile doğallığı ve katkısızlığı öne çıkarmaktadır.

Bu sonuçlar, bal kalitesinin belirlenmesinde kullanılan değişkenlerin önemli göstergeler sunduğunu ve her bir ilçenin farklı yönlerden öne çıkarak kendine özgü kalite avantajlarını ortaya koyduğunu göstermektedir. Doğal bal üretimi açısından farklı ilçelerin bu değişkenlerdeki başarısı, üretim süreçlerinin ve kaynakların çeşitliliğini ve kalitesini işaret etmektedir.



Şekil 3.26. İlçelerin CUSUM V Maskesi Grafiği

Şekil 3.26'ya göre altı farklı ilçeden alınan veriler için CUSUM değerleri analiz edilmiştir. Bu analiz, her ilçenin değişken performanslarını görselleştirmek ve süreç kontrolü sağlamak amacıyla yapılmıştır. CUSUM grafikleri, belirli bir ortalama değer etrafında değişkenlerin sapmalarını ve stabilitesini göstermektedir. Şekil 3.26'da kırmızı kesikli çizgilerle belirtilen üst ve alt sınırların dışına çıkan sapmalar, ilgili değişkenlerde

potansiyel sorunlara veya gelişim fırsatlarına işaret eder. Sıfır çizgisine yakın ve stabil kalan değişkenler ise süreç kontrolünün başarılı olduğunu göstermektedir.

💧 Mutki:

Gözlemler:

- Mutki'nin grafiği, özellikle *Prolin*, *Diastaz* ve *Delta Karbon Değeri* gibi değişkenlerde belirgin bir pozitif CUSUM değeri göstermektedir.
- Bu durum, Mutki'nin bu değişkenlerde diğer ilçelere göre daha yüksek bir performansa sahip olduğunu ve kalite açısından öne çıktığını göstermektedir.
- *Sukroz* gibi değişkenlerde ise neredeyse sıfır sapma bulunması, bu değişkende Mutki'nin stabil olduğunu gösterir.

Sonuç:

- Mutki, genel olarak bal kalitesini artıran doğal içeriklerde yüksek değerler sunmakta ve özellikle *Prolin* gibi kalite göstergelerinde üstün performans göstermektedir.

💧 Hizan:

Gözlemler:

- Hizan'da *Su Muhtevası*, *İletkenlik* ve *Serbest Asitlik* değişkenleri düşük CUSUM değerleri göstermektedir.
- Bu, bu değişkenlerde Hizan'ın istikrarlı ve kaliteli bir performans sergilediğini göstermektedir.
- Ancak diğer değişkenlerde dalgalanmalar görülmekte olup, özellikle *HMF* ve *Prolin* gibi değişkenlerde negatif değerlere yaklaşmıştır.

Sonuç:

- Hizan, düşük su içeriği ve iletkenlik gibi kriterlerde iyi performans göstermesine rağmen, diğer bazı kalite değişkenlerinde istikrarını artırmaya ihtiyaç duymaktadır.

💧 Merkez:

Gözlemler:

- *pH*, *Glukoz+Fruktoz* ve *Glukoz/Fruktoz* değişkenlerinde Merkez'in CUSUM değerleri pozitifdir ve bu değişkenlerde ilçenin öne çıktığını göstermektedir.
- Ancak, *HMF* ve *Diastaz* değişkenlerinde belirgin negatif sapmalar gözlemlenmiştir.

Sonuç:

- Merkez, şeker bileşenleri açısından dengeli bir performans sergilerken, tazelik göstergesi olan *HMF* değerinde iyileştirme yapılmalıdır.

Adilcevaz:

Gözlemler:

- *Delta Karbon Protein/Delta Karbon Bal* değişkeninde en yüksek pozitif CUSUM değerine sahiptir. Bu, balın doğal kaynaklardan elde edildiğini göstermektedir.
- Ancak diğer değişkenlerde özellikle *HMF* ve *Diastaz* değişkenlerinde negatif sapmalar bulunmaktadır.

Sonuç:

- Adilcevaz, karbon dengesi açısından kaliteli bir bal üretimi sağlarken, diğer değişkenlerde dalgalanmalar ve kalite kayıpları gözlemlenmiştir.

Güroymak

Gözlemler:

- Güroymak, özellikle *HMF* değişkeninde neredeyse sıfır değer göstermekte, bu da balın taze olduğunu ve ısıtma işlemi görmediğini ortaya koymaktadır.
- Ancak, diğer değişkenlerde orta seviyede performans sergilemektedir.

Sonuç:

- Güroymak'ın düşük *HMF* değeri olumlu bir kalite göstergesidir, ancak diğer değişkenlerde dalgalanmalar kontrol edilmelidir.

Ahlat

Gözlemler:

- *pH*, *Serbest Asitlik* ve *Diastaz* değişkenlerinde pozitif sapmalar göstermektedir ve bu değişkenlerde kaliteli bir performans sergilemektedir.
- Bununla birlikte, *Delta Karbon Protein/Delta Karbon Bal* değişkeninde ve şeker içeriğinde dalgalanmalar gözlemlenmektedir.

Sonuç:

- Ahlat, balın stabilitesini ve doğal yapısını koruma açısından olumlu bir profile sahiptir. Ancak şeker dengesi gibi alanlarda iyileştirme yapılabilir.

Grafiklerin gösterdiği genel eğilim değerlendirmesi:

Her ilçe belirli değişkenlerde öne çıkmaktadır. Örneğin, Mutki *Prolin* ve *Diastaz*, Hizan ise *Su Muhtevası* ve *İletkenlik* gibi kriterlerde daha iyi sonuçlar elde etmiştir. *HMF* gibi tazelik göstergelerinde Güroymak üstün performans gösterirken, Ahlat ise *pH* ve asitlik dengesinde dikkat çekmektedir.

Sonuç olarak yapılan tüm analiz çalışmaları her ilçenin bal kalitesini artırmak için hangi değişkenlerde güçlü ldğunu ve hangi alanlarda gelişim sağlaması gerektiğini net bir şekilde ortaya koymaktadır.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

CUSUM (Cumulative Sum) kalite kontrol grafikleri, bal üretim sürecinde kaliteyi izlemek ve yönetmek için etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Yapılan analizler, balın çeşitli değişkenleri (su muhtevası, iletkenlik, serbest asitlik, pH, prolin, HMF, glukoz + fruktoz, glukoz/fruktoz oranı, sükroz, diastaz, C4 şekerleri oranı, $\delta^{13}\text{C}$ değeri, $\delta^{13}\text{C}$ protein - $\delta^{13}\text{C}$ bal farkı) izlemek için CUSUM grafiklerinin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır.

Bal üretiminde CUSUM grafiklerinin kullanımı, süreçlerdeki anormallikleri hızlı bir şekilde tespit etme ve müdahale etme yeteneğini artırmıştır. Bu yaklaşım, balın kalitesini yüksek seviyede tutmak ve üretim sürecinin sürdürülebilirliğini sağlamak için kritik bir araçtır. Bu grafikler, kalite kontrol süreçlerinin sürekli olarak iyileştirilmesine ve ürün kalitesinin artmasına katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Adilcevaz, Ahlat, Güroymak, Merkez, Hizan ve Mutki bölgelerinden alınan bal örnekleri, çeşitli değişkenlere göre CUSUM analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Her değişkenin referans aralıklarına göre analiz edilmesi, balın kalitesini belirlemek ve bölgesel farklılıkları anlamak için önemli bir adımdır. Analiz sonuçları, her bölgeden alınan bal örneklerinin kalite profillerini ortaya koymuş ve hangi bölgenin daha yüksek kaliteli bal ürettiğini belirlemiştir.

1. Mutki:

- **Genel Performans:** Mutki, özellikle **Prolin**, **Diastaz** ve $\delta^{13}\text{C}$ değeri gibi değişkenlerde öne çıkmaktadır.
- **Pozitif Performans:**
 - **Prolin:** Çok yüksek bir CUSUM değeri ile diğer ilçelerin oldukça üzerinde yer almaktadır. Bu, Mutki'nin doğal kaynaklardan elde edilen bal üretiminde kalite açısından çok güçlü olduğunu göstermektedir.
 - **Diastaz:** Yüksek enzim aktivitesi, Mutki balının taze ve doğal olduğunu işaret eder.
 - **Sukroz:** Sukroz oranının çok düşük olması, ürünün katkısız ve doğal olduğunu gösterir.
- **Negatif Performans:**
 - **HMF ve Glukoz+Fruktoz:** Bu değişkenlerde nispeten düşük performans göstermiştir.

- **Sonuç:** Mutki, doğal balın kalite kriterleri açısından güçlü bir profil sergilemektedir.

2. Hizan:

- **Genel Performans:** Hizan, **Su Muhtevası, İletkenlik ve Serbest Asitlik** değişkenlerinde düşük ve istikrarlı değerler ile öne çıkmaktadır.
- **Pozitif Performans:**
 - **Su Muhtevası:** Düşük su içeriği, balın uzun ömürlü ve yoğun kıvamlı olduğunu gösterir.
 - **İletkenlik:** Düşük değer, Hizan balının saf ve düşük mineral içerikli olduğunu işaret eder.
 - **Serbest Asitlik:** Çok düşük asitlik, ürünün daha stabil ve uzun süre saklanabilir olduğunun göstergesidir.
- **Negatif Performans:**
 - **Prolin ve Diastaz:** Bu değişkenlerde düşük performans sergilemiştir.
- **Sonuç:** Hizan, saflık ve düşük su içeriği ile öne çıkan bir bal kalitesine sahiptir.

3. Merkez:

- **Genel Performans:** Merkez ilçesi, **Glukoz+Fruktoz, Glukoz/Fruktoz ve pH** değişkenlerinde öne çıkmaktadır.
- **Pozitif Performans:**
 - **Glukoz+Fruktoz:** Yüksek toplam şeker oranı, enerji açısından zengin bir bal olduğunu göstermektedir.
 - **Glukoz/Fruktoz:** Düşük oran, Merkez balının kristalleşmeye daha az eğilimli olduğunu ifade eder.
 - **pH:** Düşük pH değeri, ürünün mikrobiyal dayanıklılığını artırır ve raf ömrünü uzatır.
- **Negatif Performans:**
 - **HMF:** Yüksek HMF değeri, balın tazelik açısından dezavantajlı olduğunu gösterebilir.
- **Sonuç:** Merkez, enerji değeri yüksek bal üretiminde öne çıkmaktadır.

4. Adilcevaz:

- **Genel Performans:** Adilcevaz, özellikle **$\delta^{13}\text{C}$ protein-bal** oranında üstün performans göstermiştir.

- **Pozitif Performans:**
 - **$\delta^{13}\text{C}$ protein-bal:** Bu oran, Adilcevaz balının doğal kaynaklardan üretildiğini ve katkısız olduğunu güçlü bir şekilde destekler.
 - **Sukroz:** Çok düşük sukroz oranı, katkısızlık ve doğallık işaretidir.
- **Negatif Performans:**
 - **Diastaz ve HMF:** Bu değişkenlerde orta seviyede performans göstermektedir.
- **Sonuç:** Adilcevaz, doğal ve katkısız bal üretiminde dikkat çekici bir performans sergilemektedir.

5. Güroymak;

- **Genel Performans:** Güroymak, özellikle **HMF** değişkeninde çok düşük bir değere sahiptir.
- **Pozitif Performans:**
 - **HMF:** Çok düşük değer, Güroymak balının taze ve ısıl işlem görmemiş olduğunu işaret eder.
 - **Sukroz:** Düşük sukroz seviyesi, katkısızlık açısından olumludur.
- **Negatif Performans:**
 - **Prolin ve Diastaz:** Enzim ve protein aktivitesi açısından düşük performans sergilemiştir.
- **Sonuç:** Güroymak, taze bal üretimiyle dikkat çekmektedir.

6. Ahlat;

- **Genel Performans:** Ahlat, **pH, Serbest Asitlik ve Diastaz** değişkenlerinde güçlü performans göstermiştir.
- **Pozitif Performans:**
 - **pH:** Yüksek pH, balın mikrobiyal dayanıklılığını artırır.
 - **Serbest Asitlik:** Düşük asitlik, Ahlat balının stabilitesini ve raf ömrünü uzatır.
 - **Diastaz:** Yüksek enzim aktivitesi, balın tazelik ve doğallığını ifade eder.
- **Negatif Performans:**
 - **HMF:** Nispeten yüksek HMF değeri, ısıl işleme maruz kalma ihtimalini gösterebilir.
- **Sonuç:** Ahlat, stabil ve dayanıklı bal üretiminde güçlü bir profil çizmektedir.

Gelen olarak her ilçenin farklı değişkenlerde güçlü yönleri vardır:

- **Mutki:** Prolin ve Diastaz ile üstün kalite.
- **Hizan:** Saflık ve düşük su içeriği ile öne çıkıyor.
- **Merkez:** Enerji değeri yüksek bal üretimi.
- **Adilcevaz:** Doğal ve katkısız bal üretimi.
- **Güroymak:** Taze bal üretiminde lider.
- **Ahlat:** Stabilite ve dayanıklılık açısından güçlü.

Her ilçenin bu özellikleri, üretim bölgelerinin belirli değişkenlerde nasıl optimize edilebileceği hakkında bilgi vermektedir.

Bu analiz, bal üretiminin hangi bölgelerde en iyi şekilde yapıldığını ve kalite kontrol süreçlerinin etkinliğini göstermektedir. Kalite kontrol süreçlerinin etkili bir şekilde yürütülmesi, balın yüksek kalite standardını korumasına ve tüketicilere en iyi ürünü sunmasına yardımcı olur. Çalışma, bal üretiminde kalite kontrol kriterlerinin ne kadar önemli olduğunu ve balın çeşitli kalite değişkenlerine göre nasıl değerlendirilebileceğini göstermektedir.

CUSUM grafiklerinin etkinliğini artırmak için, bal üretim süreçlerinin sürekli olarak izlenmesi ve grafiklerin düzenli olarak güncellenmesi önerilmektedir. Bu, kalite değişkenlerindeki değişikliklerin anında tespit edilmesini ve gereken önlemlerin zamanında alınmasını sağlar. Gerçekte bu kontrol dışı olma durumlarının balın kalitesiz olduğunu ifade etmemektedir. Bu durum örneklemelerin farklı zaman ve bölgelerden elde edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Balın tüm kalite değişkenlerinin belirlenen standartlara uygunluğu sürekli olarak kontrol edilmelidir. Özellikle su muhtevası, pH, HMF ve prolin miktarı gibi kritik değişkenler üzerinde durulmalıdır. Bu değişkenlerde meydana gelen sapmaların nedenleri araştırılmalı ve düzeltici önlemler alınmalıdır.

CUSUM grafiklerinin kullanımı sonucunda elde edilen bulgular ışığında kalite kontrol süreçlerinde sürekli iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır. Bu, bal üretiminin kalitesini artırmak ve süreçlerin daha verimli hale gelmesini sağlayacaktır.

Bu öneriler, CUSUM kalite kontrol grafiklerinin bal üretiminde daha etkili bir şekilde kullanılmasını ve yüksek kaliteli ürünlerin üretilmesini destekleyecektir. Kalite kontrol süreçlerinin iyileştirilmesi, bal üretiminde sürekli bir kalite standardının sağlanmasına katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Kutlu, M.A., Arıcılık yerinin seçimi ve düzenlenmesi. Teknik Arıcılık. 60: 24-25.8, 1998.
- [2] Genç, F., A. Dodoloğlu, Arıcılığın temel esasları. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları No:166, s.338, Erzurum. 2002.
- [3] Anonim. Bal Standardı, Türk Standartları Enstitüsü TS 3036/Mart 2002, Ankara, 23 s. 2002
- [4] Gül, A., ve N. Şahinler, Balın yapısına ve kalitesine etki eden faktörler. IV. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi.Isparta1-3 Eylül Isparta, 2004.
- [5] Şahin, A., Salgı Ballarının Oluşumu ve İçeriği. Teknik Arıcılık Dergisi. Aralık 1998. 62; s. 20-23, 1998.
- [6] Bengü, A. Ş., & Kutlu, M. A. (2018). Bingöl’de üretilen ballarda bazı kalite kriterlerinin belirlenmesi. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 7(1), 7-10.
- [7] Akyüz, N., İ. Bakırcı, A. Ayar, Y. ve Tunçtürk, Van piyasasında satışa sunulan balların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve bunların ilgili standarda uygunluğu üzerinde bir araştırma. Gıda, 20(5):321- 326. 1995.
- [8] Çetin, K., ALKIN.E., H. UÇURUM., Ö. Piyasada satılan çiçek ballarının kalite kriterlerinin belirlenmesi, Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi / Journal of Food and Feed Science - Technology 11:49-56, 2011.
- [9] Kurt, A. ve R. Yamankaradeniz, Erzurum ili merkezinde tüketilen süzme ballar üzerinde bir araştırma. Gıda,7(3):115-120, 1982.
- [10] Cotte, J.F., Casabianca, H., Chardon, S., Lheritier, J. and Grenier-Loustalot, M.F. Application of carbohydrate analysis to verify honey authenticity. Journal of Chromatography A, 1021, 145-155, 2003.
- [11] Ç. Mercan, “Coğrafi bilgi sistemi ve ahp ile arıcılık faaliyet alanları için arazi uygunluk değerlendirmesi: Bitlis/Türkiye örneği,” Uludağ Arıcılık Dergisi, vol. 23, no. 1, pp. 61–77, 2023.
- [12] S. Budak, “Arıcılık ve Arıcılığın Bitlis Ekonomisi Üzerindeki Etkileri,” *Bitlis Eren Sosyal Araştırmalar Dergisi*, vol. 1, no. 2, pp. 82–98, 2023.
- [13] Y. Alan, E. Atalan, N. Erbil, O. Bakır, Z. Orman, and P. Kanik, “Muş Ve Bitlis Yöresinde Toplanan Bal ve Propolisin Antimikrobiyal Aktivitesinin Araştırılması,” *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 2, pp. 221–229, 2014.

- [14] G. S. Radford, *The Control of Quality in Manufacturing*. New York: The Ronald Press Company, 1922.
- [15] J.M., Juran, and A.B., Godfrey, *Juran's Quality Handbook*, 5th edition. McGraw-Hill. pp. 1700-1730, 1998.
- [16] M. R. Niavarani, *Multi-Variate-Attribute Quality Control (MVAQC)*. 2014.
- [17] K. D. Babaarslan, "Çok değişkenli regresyon kontrol grafikleri," Yüksek lisans tezi, Fen Bil. Ens., Çukurova Üniv., Adana, Türkiye, 2019.
- [18] B. J. Mandel, "The Regression Control Chart," *J. Qual. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 1969.
- [19] D. M. Hawkins, "Multivariate Quality Control Using Regression Adjusted Variables," *Technometrics*, vol. 33, pp. 61–75, 1991.
- [20] J. J. Pignatiello and J. Runger, "Comparisons of multivariate CUSUM charts," *Journal of Quality Technology*, vol. 3, pp. 173–186, 1990.
- [21] M. S. A. Khalidi, *Multivariate Quality Control: Statistical Performance and Economic Feasibility. Department of Industrial and Manufacturing 92 Engineering and the faculty of the Graduate School of Wichita State University*. 2007.
- [22] J. D. Healy, *A Note on multivariate CUSUM procedures*. Technometrics. 1987.
- [23] R. H. Woodward and P. L. Goldsmith, *Cumulative sum techniques*. Monograf. Edinburgh, s.2: Oliver and Boyd. Ltd, 1964.
- [24] K. Sarkadi and I. Vincze, "Mathematical methods of Statistical Quality Control," *Academic Press, Newyork*, 1974.
- [25] K. D. Babaarslan, "İstatistiksel süreç kontrolünde shewhart, cusum ve ewma kontrol kartları ile yapay sinir ağlarının bütünleşik kullanımı: bir orman endüstri işletmesinde uygulama," Doktora tezi, Fen Bil. Ens., Bartın Üniv., Bartın, Türkiye, 2018.
- [26] W. D. Ewan, "When and how to use CUSUM charts," *Technometrics*, 1963.
- [27] B. C. Gupta, *Statistical Quality Control: Using MINITAB, R, JMP and Python*. Portland: John Wiley & Sons. 2021.
- [28] G. A. Barnard, "Control charts and stochastic processes," *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 21, no. 2, pp. 239–271, 1959.
- [29] Y. Demir and H. Mirtağioğlu, "Shewhart CUSUM ve EWMA kontrol grafiklerinin makine sanayine uygulanması," *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, vol. 26, no. 2, pp. 254–265, 2016.

- [30] E. Oktay and M. S. Özçomak, “CUSUM kontrol grafikleri ve bir uygulama,” *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, vol. 5, no. 1-2, pp. 361-387, 2001.
- [31] H. Özarslan. “Çarpık Dağılımlar İçin Shewhart Kontrol Grafikleri.” Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens. Kırıkkale Üniv. Kırıkkale, Türkiye, 2018.
- [32] C. W. Champ, and S. P. Chou, “Comparison of standard and individual limits phase I Shewhart X, R, and S charts. Quality and Reliability,” *Engineering International*, vol. 19, no. 2, pp. 161-170, 2003, doi: 10.1002/qre.519.
- [33] G. Ser, “Kalite kontrol grafikleri ve shewhart kontrol grafiklerinin süt işletmesine uygulaması,” Yüksek lisans tezi, Fen Bil. Ens., Yüzüncüyıl Üniv., Van, Türkiye, 2004.
- [34] B. Yılmaz, “Karma proses kontrol grafikleri,” Yüksek lisans tezi, Fen Bil. Ens., Gazi Üniv., Ankara, Türkiye, 2019.
- [35] B. Koç and A. Gül, “Türkiye’de Kırsal Alan İçin Alternatif Kalkınma Önerisi Olarak Köykentler, Ç,” *Ü. Z. F. Dergisi*, vol. 17, pp. 63–72, 2002.
- [36] “Ürün Raporu Arıcılık 2024 – Tarım ve Orman Bakanlığı.” <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2024%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Ar%C4%B1c%C4%B1l%C4%B1k%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%2024-393%20TEPGE.pdf> (accessed August 07, 2024).
- [37] A. Çağlıyan, “Bitlis ili’nde arıcılık faaliyetleri,” *Coğrafya Dergisi*, vol. 1, no. 30, pp. 1-25, 2015.
- [38] S. Bogdanov, P. Martin and C. Lullmann, “Harmonised methods of the international honey commission,” *Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld*, vol. 5, no. 1, 1-62, 2002.