



**ÜRÜN TASARIMI GELİŞTİRMESİNDE TAGUCHİ DENEY TASARIMIN
UYGULANMASI**

Tina BAHRAMI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde 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 çalışmada 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.

Tina BAHRAMI
20/07/2022

ÜRÜN TASARIMI GELİŞTİRMESİNDE TAGUCHI DENEY TASARIMIN UYGULANMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Tina BAHRAMI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2022

ÖZET

Ürün tasarımında müşteri memnuniyetinin incelenmesi, müşteri memnuniyetinin sağlanması, kuruluşun müşterilerinin istek ve gereksinimlerinin dikkate alınması uzun vadede müşteri sadakatının ve şirket başarısının artmasını sağlayabilir. Müşteri memnuniyetinin bir organizasyonun şimdiki ve gelecekteki yaşamı üzerinde olumlu bir etkisi olmaktadır. Memnun müşteri, şirketin reklamları üzerinde bir temsilci olarak hareket eder ve şirketin ürünlerine veya hizmetlerine farkında olmadan bir avantaj sağlamış olur. Şirketlerin ayakta kalmalarının yolu, kaliteli ürün ve hizmet sunmaktan geçmektedir. İşletmeler; müşterilerin ihtiyaç ve isteklerine göre ürün ve hizmetlerinde keşifler yaparak değişim göstermelidirler. Bu ihtiyaçlar şirketler tarafından karşılandığında daha başarılı olacaklardır. Ürünlerin daha kaliteli performansla sahip olmasını sağlamak için, ürün tasarımında en önemli yöntemlerden biri risk değerlendirmesidir. Ürünün yeniden tasarımı birçok firma için oldukça önemli bir süreçtir. Yeniden tasarımın risk faktörlerinden ve parametrelerinden herhangi birinin seçilmesi bu değerlendirmeyi karmaşıktırabilir veya basitleştirebilir. Bu sorunu çözebilecek yöntemlerden biri, üretim sistemlerinde tasarım parametrelerinin optimize edilmesi için yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan Taguchi deney tasarımının uygulanmasıdır. Bu yöntem, ortogonal dizi çizelgeleri adı verilen özel çizelgeler kullanılarak test koşullarının çizilmesini içermektedir. Bu çizelgelerin kullanımı, deney tasarımının basit ve güvenilir olmasını sağlayan P-değeri 0,05'den daha küçük olduğu tesbit edilmesidir. Taguchi yöntemi uygulanarak, sağlam bir tasarım geliştirmek için gereken analitik çalışma sayısı önemli ölçüde azaltılır ve toplam test süresi ve maliyetleri en aza indirilir. Taguchi metodolojisi, ürünleri ve süreçleri tasarlarken kaliteli tasarımı vurgular. Bu çalışmanın amacı; ürün tasarım ve geliştirme yöntemlerinin gözden geçirilmesi, risk değerlendirmesi kavramının araştırılması, ürün tasarımı ve geliştirme yöntemlerinin risk değerlendirmesinde Taguchi yönteminin etkinliğinin değerlendirilmesi, ürün tasarımı ve geliştirme risklerinin belirlenmesi ve risklerinin önceliklendirilmesidir.

Bilim Kodu : 80308
Anahtar Kelimeler : Taguchi Yöntemi, Risk Analizi, Ürün Tasarımı, Ürün Geliştirme
Sayfa Adedi : 85
Danışman : Prof. Dr. Aydın ŞIK

APPLICATION OF TAGUCHI EXPERIMENTAL DESIGN IN PRODUCT DESIGN
DEVELOPMENT

(M. Sc. Thesis)

Tina BAHRAMI

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2022

ABSTRACT

Examining customer satisfaction in product design, ensuring customer satisfaction, taking into account the wishes and needs of the customers of the organization can increase customer loyalty and company success in the long run. Customer satisfaction has a positive impact on the present and future life of an organization. The satisfied customer acts as an agent on the company's advertisements and unwittingly gives an advantage to the company's products or services. The way for companies to survive is to provide quality products and services. Businesses; they should change by making discoveries in their products and services according to the needs and wishes of the customers. When these needs are met by companies, they will be more successful. Risk assessment is one of the most important methods in product design to ensure that products have higher quality performance. Product redesign is a very important process for many companies. Selecting any of the risk factors and parameters of the redesign can complicate or simplify this assessment. One of the methods that can solve this problem is the application of Taguchi experimental design, which is a widely used method for optimizing design parameters in production systems. This method involves plotting test conditions using special charts called orthogonal array charts. The use of these charts is to determine that the P-value is less than 0.05, which makes the experimental design simple and reliable. By applying the Taguchi method, the number of analytical work required to develop a robust design is significantly reduced and overall testing time and costs are minimized. Taguchi methodology emphasizes quality design when designing products and processes. The aim of this study; reviewing product design and development methods, investigating the concept of risk assessment, evaluating the effectiveness of the Taguchi method in risk assessment of product design and development methods, identifying product design and development risks and prioritizing risks.

Science Code : 80308
Key Words : Taguchi Method, Risk Analysis, Product Design, Product Development
Page Number : 85
Supervisor : Prof. Dr. Aydın ŞIK

TEŞEKKÜR

Yükseköğrenimim ve çalışmam boyunca değerli görüşleri, bakış açısı ve akademik birikimiyle bana örnek olup yol gösteren, çalışmalarımda özgürce düşünebilmeme olanak sağlayarak beni her zaman yüreklendiren, akademik duruşunu, bilimsel yolunu ve azmini hayatım boyunca örnek alacağım saygıdeğer hocam, tez danışmanım Prof. Dr. Aydın ŞİK'a yürekten teşekkür ediyorum.

Çalışmamın yürütülmesinde bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Fulya SARPER'e yardımları için teşekkür ederim.

Türkiye'de, ülkemden uzak bir yerde, eğitim-öğretim hayatımı destekleyen, maddi ve manevi daima yanımda olan başta canım annem Mozhgan SHAMDANI'ya daha sonra bütün aileme, çalışmalarım sırasında sabır gösterdiği ve bana katlandığı için, ayrıca tezimi başarıyla tamamlamamı benden daha çok istediği için Ahmet EROĞLU'na, öğrenim ve öğretim yaşamımda üzerimde emeği bulunan bütün hocalarıma, araştırmama destek veren bütün meslektaşlarıma, gösterdikleri manevi destekle yanımda olan tüm dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ	7
3. RİSK YÖNETİMİ	15
3.1. Risk Tanımlama	16
3.2. Risk Analizi.....	16
3.3. Yeni Ürün Geliştirme (NPD) Süreci	17
3.3.1. Yeni ürün geliştirme sürecinde risk kavramı	19
3.3.2. Yeni ürün geliştirme sürecindeki teknolojik riskler.....	21
3.3.3. NPD'de risk yönetiminin önemi.....	23
4. TAGUCHI DENEY TASARIMI	25
4.1. Deney Tasarım (Konvansiyonel Yaklaşım)	26
4.2. Deney Tasarımı (Taguchi Yöntemi)	29
4.3. Taguchinin Kalite ve Maliyet İyileştirmeye Yaklaşımı	30
4.4. Taguchi Felsefesi.....	31
4.5. Kayıp Fonksiyonu Kavramı	33
4.6. Deney Tasarım Stratejisi	33

	Sayfa
4.7. Sonuçların Analizi.....	34
4.8. Uygulama Alanları	36
5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	37
5.1. Sorunu Belirleme ve Tanımlama.....	37
5.2. Ürün Tasarımı	37
5.3. Taguchi Kalite İyileştirme Yöntemi.....	41
5.3.1. Sorunu tanımlama	41
5.3.2. Net bir hedef belirlemek	42
5.3.3. Faktörlerin seçilmesi	42
5.3.4. Tepkiler	42
5.3.5. Ortogonal seçimi	44
5.3.6. Araştırmanın uygulanması	44
5.3.7. Verilerin istatistiksel analizi.....	45
5.3.8. Parametrik kombinasyon yoluyla optimizasyon	45
6. ARAŞTIRMA BULGULARI	47
6.1. Veri Analizi	47
6.2. Kek Ağırlığı Verilerinin Analizi	49
6.3. Kek Yüzeyin Maksimum Yüksekliğin Analizi	62
7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	75
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	85

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Tat tercihi anketi	27
Çizelge 4.2. Ortogonal diziler $L_8(2^7)$	34
Çizelge 5.1. Kek yapımı için malzemeler ve tarifi	38
Çizelge 5.2. Karışık ortogonal diziler	42
Çizelge 5.3. Taguchi'nin tasarladığı ortogonal diziler (L_{18})	44
Çizelge 6.1. Ağırlık ve yüzey yüksekliği özellikleri için veri toplama	47
Çizelge 6.2. Kek ağırlığı ortalamaları için yanıt çizelgesi.....	49
Çizelge 6.3. Kek ağırlığı ile elde edilen sinyal-gürültü oranların yanıt çizelgesi.....	51
Çizelge 6.4. Kek ağırlığı için ANOVA analizi	52
Çizelge 6.5. Kek ağırlığı için model özeti	53
Çizelge 6.6. Kek ağırlığı için katsayılar.....	57
Çizelge 6.7. Kek ağırlığı için regresyon analizinin model özeti.....	58
Çizelge 6.8. Kek ağırlığı için ANOVA analizi	58
Çizelge 6.9. Kek ağırlığı için öngörülen Taguchi sonuçları	59
Çizelge 6.10. Kekin maksimum yüksekliğin ortalamaları için yanıt çizelgesi.....	62
Çizelge 6.11. Kekin maksimum yüksekliği için ANOVA analizi	64
Çizelge 6.12. Kekin maksimum yüksekliği için model özeti	65
Çizelge 6.13. Kekin maksimum yüksekliğin için S/N oranı yanıt çizelgesi.....	69
Çizelge 6.14. Kekin maksimum yüksekliği için katsayılar.....	70
Çizelge 6.15. Kekin maksimum yüksekliği için regresyon analizinin model özeti.....	70
Çizelge 6.16. Kekin maksimum yüksekliği için ANOVA analizi	71
Çizelge 6.17. Kekin maksimum yüksekliği için öngörülen Taguchi sonuçları	72

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Yeni ürün geliştirme aşamaları	18
Şekil 3.2. PMBOK standardına dayalı risk yönetimi bilgi alanı.....	21
Şekil 4.1. Faktör etkileri.....	27
Şekil 5.1. Taguchi yönteminin akış şeması.....	41
Şekil 6.1. Ana etkenler ile elde edilen keklerin ortalama ağırlığı grafiği	50
Şekil 6.2. Ana etkenler ile elde edilen kek ağırlığının S/N oranların ortalama grafiği...	52
Şekil 6.3. Kek ağırlığı için ANOVA normal olasılık grafiği	54
Şekil 6.4. Kek ağırlığı için ANOVA artıklar uygunluğa karşı grafiği.....	55
Şekil 6.5. Kek ağırlığı için ANOVA kalıntılar görüntülenmek sırasına karşı grafiği	56
Şekil 6.6. Kek ağırlığı için regresyon analizinin normal olasılık grafiği.....	57
Şekil 6.7. Kek ağırlığının model için uygunluk çizgi grafiği	60
Şekil 6.8. Kek ağırlığı için regresyon analizinin normal olasılık grafiği.....	60
Şekil 6.9. Kek ağırlığı için regresyon kalıntılar uygunluğa karşı grafiği.....	61
Şekil 6.10. Kek ağırlığı için regresyon kalıntılar görüntülenmek sırasına karşı grafiği .	61
Şekil 6.11. Kekin maksimum yüksekliğin ortalamaları için ana etkiler grafiği	63
Şekil 6.12. Kekin maksimum yüksekliğı için ANOVA normal olasılık grafiği.....	66
Şekil 6.13. Kekin maksimum yüksekliğı için ANOVA kalıntılar uygunluğa karşı grafiği.....	67
Şekil 6.14. Kekin maksimum yüksekliğı için ANOVA kalıntılar görüntülenmek sırasına karşı grafiği.....	68
Şekil 6.15. Kekin maksimum yüksekliğı için S/N oranının ana etkenlerin grafiği	69
Şekil 6.16. Kekin maksimum yüksekliğı için regresyon analizinin normal olasılık grafiği.....	71
Şekil 6.17. Kekin maksimum yüksekliğı için uygunluk çizgi grafiği.....	73
Şekil 6.18. Kek maksimum yüksekliğı için regresyon analizinin normal olasılık grafiği	73

Şekil	Sayfa
Şekil 6.19. Kekin maksimum yüksekliği için regresyon artıklar uygunluğa karşı grafiği.....	74
Şekil 6.20. Kekin maksimum yüksekliği için regresyon kalıntıları görüntülenme sırasına karşı grafiği.....	74

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Kek için kullanılan kalıp.....	39
Resim 5.2. Kek için kullanılan malzemeler	39
Resim 5.3. Kullanılan mikser.....	39
Resim 5.4. Kullanılan A fırını.....	40
Resim 5.5. Kullanılan B fırını.....	40
Resim 6.1. A fırın ile pişirilmiş kekler	48
Resim 6.2. B fırın ile pişirilmiş kekler.....	48
Resim 6.3. Ortalama değerine göre kek ağırlığı için en iyi sonuç	50
Resim 6.4. Ortalama değerine göre kek ağırlığı için en kötü sonuç	51
Resim 6.5. Ortalama değerine göre kekin maksimum yüksekliği için en iyi sonuç	63
Resim 6.6. Ortalama değerine göre kekin maksimum yüksekliği için en kötü sonuç	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

°C	Degree Celsius
Dk.	Dakika
Gr	Gram
Min.	Minute
Mm	Milimetre

Kısaltmalar

Açıklamalar

Adj MS	Adjusted mean squares
Adj SS	Adjusted Sums of Squares
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANOVA	Analysis of Variance
CA	Competitive Advantage
Ceof	Coefficient
CI	Confidence Interval for Coefficient (95% CI)
DEMATEL	Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory
DF	Degree of Freedom
DOE	Design of Experiments
DRAM	Dynamic Random Access Memory
EPC	Efficient Power Conversion
ER	Evidence-Based Research
ERM	Effect of Organizational Risk Management
EVA	Economic Value Added
FTA	The Fault Tree Analysis
IFS	Intuitionistic Fuzzy Set
IT	Information Technology
KPIs	Key Performance Indicators

Kısaltmalar**Açıklamalar**

NASA	National Aeronautics and Space Administration
NPD	New Product Design and Development
OA	Ortogonal Arrays
OLS	Ordinary Least Squares
PFMEA	Pythagorean Failure Modes and Effects Analysis
PLS-SEM	Partial Least Squares Structural Equation Modeling
PMBOK	The Project Management Body of Knowledge
QFD	Quality Functional Developpent
R&D	Research and Development
RPN	Risk Priority Number
R-sq	R-Square
R-sq(adj)	Adjusted R- Square
R-sq(pred)	Predicted R-Square
S	Standard Deviation
S/N	Signal to Noise Ratio
SE Coef	Standard Error of Coefficient
Seq SS	Sequential Sums of Squares
SMEs	Small and Medium-Sized Businesses
TRIZ	Theory of Inventive Problem Solving
VIF	Variance Inflation Factor

1. GİRİŞ

Ürün tasarımında müşteri memnuniyetinin, müşteri istek ve gereksinimlerinin dikkate alınması uzun vadede müşteri sadakatının ve şirket başarısının artmasına neden olabilir. Müşteri memnuniyetinin, bir kuruluşun mevcut ve gelecekteki sürdürülebilirliği üzerinde önemli bir etkisi vardır. Memnun müşteri, şirketin ürünlerine veya hizmetlerine dikkat çekerek, şirket için bir reklam sözcüsü olarak hareket eder. Bilgiye erişim açısından artan rekabet, benzer ürün ve hizmetlerin varlığı vb. kuruluşlar arasındaki rekabeti arttırmış olduğundan dolayı şirketlerin ayakta kalmasının tek yolu, daha değerli ve üstün kaliteli ürün ve hizmetler sunmaktır. Bu konu müşterilerin ihtiyaç ve isteklerine yanıt olarak ürün, hizmet ve keşiflerin sağlanmasında yenilik ve değişimi zorunlu kılmaktadır. Bu gereksinimler etkin bir şekilde karşılanırsa, işletme daha başarılı olacaktır. Ürünlerin kalitesini ve performansını iyileştirmek için ürün tasarımında kullanılan en kritik yöntemlerden biri risk değerlendirmesidir. Birçok işletme için ürünün yeniden tasarımı kritik bir süreçtir. Bu konu kritiktir çünkü; kuruluşun veya şirketin gelir ve kar marjları yeni ürünlerin tasarımına bağlıdır. Optimal ürün tasarımı; bir organizasyonun başarısının, büyümesinin ve hayatta kalmasının kritik bir bileşenidir. Çünkü sanayinin küreselleşmesi, ürünlere yönelik bölgesel/ulusal gereksinim ve beklentilerin çeşitliliği bu hedefi karmaşık hale getirmiştir. İşletmeler ve ürün üreten kuruluşlar, tedarik zincirinin tüm seviyelerinde küresel müşteri talebine yanıt olarak üretilen ürünün kalitesini sağlama zorluğuyla sürekli olarak karşı karşıya kalmaktadır. Bir veya daha fazla risk faktörü ve yeniden tasarım parametrelerinin seçilmesi bu değerlendirmeyi karmaşıklştırabilir veya basitleştirebilir. Bu sorunu çözmenin yöntemlerinden biri, üretim sistemlerinde tasarım parametrelerini optimize etmek için yaygın olarak kullanılan bir teknik olan Taguchi test tasarımını kullanmaktır. Bu yöntem, test koşullarını çizmek için ortogonal dizi çizelgeleri adı verilen özel çizelgeleri kullanmaktadır. Bu çizelgelerin kullanımı, deney tasarımının basit ve güvenilir olmasını sağlamaktadır. Taguchi yöntemi, sağlam bir tasarım geliştirmek için gereken analitik çalışmaların sayısını, ayrıca genel test süresini ve maliyetini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ürün ve süreç tasarlamaya gelince, Taguchi metodolojisi kaliteli tasarıma öncelik vermektedir. Öte yandan geleneksel yöntemler, üretim sırasında ve sonrasında denetim ve kalite kontrolüne öncelik vermektedir. Taguchi, kaliteyi artırmanın en etkili yolunun, onu ürünün kendisine dahil etmek olduğuna inanmaktadır.

Taguchi yöntemi üç temel ilkeye dayanmaktadır:

- Kalite, üretim sürecinde izlenmemeli, tasarlanmalıdır.
- Kaliteye ulaşmanın en iyi yolu, karakteristik değerden sapmaları en aza indirmektir. Ürün, kontrol edilemeyen çevresel faktörlere dayanıklı olacak şekilde üretilmelidir.
- Kalite maliyetleri, standart moddan sapmanın bir fonksiyonu olarak ve sistem genelindeki kayıplar şeklinde incelenmelidir (Hong, 2012).

Taguchi, tasarım yoluyla istenen kaliteye ulaşmak için aşağıdaki üç aşamalı süreci önermiştir:

- Sistem tasarımı: Sistem tasarımı aşaması, tasarımcının ürünün malzemelerine, parçalarına ve nominal parametrelerine ilişkin teşhisine dayalı olarak bir sistem tasarlamayı ve test etmeyi hedefler, aynı zamanda tasarım faktörlerinin uygun çalışma seviyelerini belirlemeye odaklanır. Sistem tasarım süreci, tasarım faktörlerinin çalışma seviyelerinin belirlenmesine yardımcı olur.
- Parametre tasarımı: Parametre tasarımı, bir ürünün veya sürecin optimal performansına katkıda bulunan faktörlerin belirlenmesi ile ilgilidir.
- Tolerans tasarımı: Parametre tasarımının sonuçlarına ince ayar yapmak için kullanılan bir adımdır. Bu aşamada, ürün kalitesi üzerinde önemli etkisi olan faktörlerin toleransının sınırlandırılmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan ürünün kalitesi iyileşir.

Taguchi yöntemi, belirli özelliklerle seçilen Ortogonal Dizilerini (OA) kullanarak tam faktöriyel yöntemdeki deney sayısını önemli ölçüde azaltır. Taguchi yöntemi, seçilen deneylerde optimal cevabın var olduğunu garanti etmez, ancak dizi deneyleri yapılarak optimal koşullar ve optimal cevap belirlenebilir ve doğrulanabilir. Doğrulama testinin (testi en uygun koşullarda tekrar etme ve cevabın bu koşullar altında tekrarlanabilir olduğunu doğrulama) uygunluğu elde edilmiş olur (Hong, 2012).

Sonuç olarak, ürün tasarımı müşteriler tarafından istenen kaliteye dayanmalıdır. Bu nedenle bu çalışma, ürün tasarım yöntemlerinin doğasında bulunan riski incelemeye ve değerlendirmeye dayanmaktadır.

Sorun bildirimi

Ürün tasarımcıları bir fikri zihinlerinde kavramsallaştırmakta ve ardından onu bir ürünün fiziksel formuna dönüştürmektedir. Tasarımcılar; teknoloji, ergonomi, kullanılabilirlik, malzeme bilgisi ve kalite gibi konularla ilgilenmektedir (Dubey ve diğerleri, 2016). Ürün tasarımı, mal ve hizmetleri hayal etmeyi ve şekillendirmeyi gerektirmektedir. Bu da bir dizi kritik karar olarak düşünülebilir (Ulrich, 2011). "Tasarım" teriminin hem bir isim hem de bir fiil olduğunu kabul etmektedir. Bu terim aynı zamanda bitmiş ürünü ve ürün tasarım sürecini ifade edebilir. Teknik konularda tasarım; uzmanların yaratıcı analizler yapmak, nicel formüller ve göstergeler kullanarak çalışmalarının sonucunu doğrulamak için kullanılır. Aynı zamanda tasarım, bu çalışmaları kanıtlamak için kullandıkları kesin yöntem ve hesaplamaların bir işlevidir. Bununla birlikte tasarım kuralcı bir faaliyet olarak görülmez. Tasarımcıların herhangi bir tasarımın sadece temel ilkelerine aşina olmasıyla tam olarak yetkilendirilebileceğini hayal etmek mümkündür. Tasarımcının ilkeleri, modern teknolojinin altında yatan ihtiyaçları göz önünde bulundurmalı ve aynı zamanda tasarıma dahil olanların manevi ihtiyaçlarını da anlamlı bir şekilde karşılamalıdır. Bir plan, toplumun olumlu motivasyonuna katkıda bulunan fikirleri güçlendirebilmelidir. Ek olarak; planların bileşenleri ve özelliklerinin hepsi, uyumlu bir yapı içinde yer alan amaca uygun olarak nesnelleştirilmeli ve işlevler ile fiziksel bileşenlerin uygun bir kombinasyonu yoluyla gerçekleştirilmelidir (Tseng ve diğerleri, 2021).

Risk değerlendirmesi, imalat şirketleri için ürün tasarımı ve geliştirmesinin kritik bir yönüdür. Genel olarak risk değerlendirmesi, istenen hedeflere ulaşılması üzerinde olumlu veya olumsuz etkisi olabilecek olayları tanımlayan ve değerlendiren sistematik bir süreç ve analizdir. Bu tür olaylar ya kuruluşun dış ortamında (ekonomik eğilimler, düzenleyici görünüm ve rekabet) ya da kuruluşun iç ortamında (süreçler, altyapı) meydana gelebilir. Bu olaylar, kuruluşun hedefleriyle çatıştığında tehlikeli hale gelir. Dolayısıyla risk, hedeflere ulaşılmasını olumsuz yönde etkileyen bir olayın meydana gelme olasılığı olarak tanımlanmaktadır (Arjoon, 2006). Risk değerlendirmesi; bir süreç, iş veya hizmetteki riskleri belirleme, bunların oluşma olasılıklarını hesaplama ve bu riskleri azaltmak için en etkili kontrol önlemlerini önerme sürecidir. Risk; bir süreç, iş veya hizmetteki oluşacak zararın ciddiyeti ile meydana gelme olasılığının çarpımı olarak tanımlanmaktadır (Gül ve Güneri, 2016). Risk değerlendirmesi, bir şirketin güvenlik politikasının kritik bir bileşenidir (Marhavilas ve diğerleri, 2011).

Ürün tasarımı ve geliştirme zincirinde, bunların müşteriye aktarımında yukarıda belirtilen ve yapısal belirsizlikler göz önüne alındığında ilk adım, ürün tasarımı ve geliştirmesi ile ilgili riski belirlemektir. Öte yandan, rekabet ortamındaki, teknolojiye ve müşteri tercihlerindeki hızlı değişimler nedeniyle işletmeler her zaman mevcut ürünlerine güvenemezler. Müşteriler daha kaliteli ürünler talep etmekte; işletmeler de onların ihtiyaçlarını, zevklerini ve beklentilerini karşılayan yeni ürünler geliştirmek ve sunmak zorunda kalmaktadır. Ürün kalitesini ve performansını iyileştirmek için ürün tasarımında risk değerlendirmesi kritik yöntemler arasındadır. Bu istenmeyen bir durumdur. Risk değerlendirmesi; risk yönetiminde, hedeflerin nasıl etkilendiğini belirlemek için oluşturulan sürecin bir bileşenidir. Ürünlerin ve hizmetlerin çok ve müşteriler tarafından kolay ulaşılabilir olması şirketler arasındaki rekabeti arttırmaktadır. Bu süreçte şirketler daha iyi ürün ve hizmet sunarak öne çıkabilirler. Daha iyi ürün ve hizmet sunmak için şirketlerin, müşterinin istek ve ihtiyacını belirleyerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Eğer istek ve ihtiyaçlar doğru şekilde karşılanırsa şirketler daha başarılı olacaktır. Bu şekilde performansı iyileştirmek için kullanılan en kritik yöntemler arasında hata analizi veya risk değerlendirmesi gelmektedir.

Yeni ürün tasarımı şirketlerin gelir ve kâr marjını belirlediği için ürünün yeniden tasarımı şirketler için oldukça önemlidir.

Bu konunun işletmeler ve üretim kuruluşları için olduğu kadar ülke ekonomisi ve dinamizmi için de önemi göz önüne alındığında; yüksek kaliteli ürünler üretmeyi amaçlayan Taguchi yöntemi, ürün tasarım ve geliştirme yöntemlerinde riskleri karşılaştırmakta ve değerlendirmektedir. Rekabetçi bir pazarda ürün kalitesini sürekli iyileştirmek için bu yöntem oldukça önemlidir.

Araştırmanın önemi

Yeni ürünler yaratmak ve geliştirmek, büyüme fırsatları ve rekabet avantajı sağladığından her işletme için kritik öneme sahiptir. Teknolojik riskler, yeni ürünlerin (NPD) tasarımı ve geliştirilmesindeki en önemli risklerden biridir. Bu riskler, tasarım aşaması ve işlemini sırasında ürünün kalitesini düşürebilecekleri için NPD sürecindeki önemli zorluklardandır. Teknolojik risklerin önemi ve etkisi ile yeni ürünün performansı üzerindeki zorlu etkileri nedeniyle, bunları yönetmek için risk önceliklendirilmesi yoluyla belirlemek ve ölçmek gerekir. Öte yandan, her hangi bir ülkenin bölgedeki benzersiz konumu ve başta

savunma sanayii olmak üzere kendisine karşı çok sayıda yaptırımın bulunması nedeniyle, ülkenin bölgesel ve bölge ötesi sorunlar karşısında askeri gücünü sürdürme ve askeri gereksinimlerini karşılama becerisine sahiptir. Bu gereksinimler, diğer rakiplerle rekabet edebilecek donanımaya duyulan ihtiyacı doğurmaktadır. Dolayısıyla ülkeye bu avantajı sağlayacak yeni savunma ürünlerinin yeniliği ve geliştirilmesi, bu ürünlerin sürekli ve zamanında yapılması gerekmektedir. Savunma sistemleri ve ürünlerinin yüksek karmaşıklığının yanı sıra yüksek doğruluk ve güvenilirlik gereksinimi nedeniyle bu ürünlerin yüksek hacimde teknik ve teknolojik riskler içerdiği aşikârdır. Bu nedenle, bu ürün ve sistemlerin geliştirilme sürecinde; teknik ve teknolojik risklerin belirlenmesi, sektörün ihtiyaçlarına göre öncelik tanımlanması, olumsuz etkilerinin azaltılması ve başarı oranlarının artırılması açısından kritik önem taşımaktadır.

Riskleri gerçek zamanlı olarak belirlemek ve önlemek için risk faktörlerini tanımlamanın önemli teknik ve ekonomik faydaları göz önüne alındığında, ürün tasarımı ve geliştirmede risk analizi ve yönetimine yönelik yeni yaklaşımlar geliştirme çalışması gerekli ve kritik bir öneme sahiptir. Öte yandan, Taguchi tabanlı yöntemler, risk değerlendirme tekniklerini tahmin etmede ve sınıflandırmada oldukça iyidir. Bu nedenle, bu çalışmada, riskli olaylardan kaçınarak kârı maksimize etmek veya riski en aza indirmek ve aynı zamanda ürün geliştirmeyi değerlendirmek ve yönetmek için Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Risk yönetimi bağlamında belirsizlik parametrelerinin incelenmesi de kritik öneme sahiptir ve bu çalışmada, bu belirsizlikleri modellemek için muhtemel nokta tahmini yöntemi kullanılmıştır.

Araştırmanın amacı

Genel olarak bu çalışmanın amaçları şu şekilde ifade edilebilir:

- Ürün tasarım ve geliştirme yöntemlerinin gözden geçirilmesi,
- Risk değerlendirme kavramının araştırılması,
- Ürün tasarımı ve geliştirme yöntemlerinin risk değerlendirmesinde Taguchi yönteminin etkinliğinin değerlendirilmesi,
- Ürün tasarımı ve geliştirme risklerinin belirlenmesi,
- Ürün tasarımı ve geliştirme risklerine öncelik verilmesi,

- Taguchi yöntemini kullanarak iki fırının performansının analiz edilmesi ve sonucun kalitesini inceleyerek üretim riskinin azaltılması.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Risk değerlendirmesi, neredeyse tüm endüstriyel ve imalat hizmetlerinde kritik öneme sahiptir. Çeşitli risk değerlendirme tekniklerini kullanan çok sayıda çalışma yapılmıştır. Marhavalas ve diğerleri (2011), Yunan ekstrüzyon alüminyum endüstrisine iki nicel risk değerlendirme tekniği tanımlamış ve uygulamıştır. Bu tekniğin adı, orantılı teknik ve karar matrisi tekniğidir. Sonuçları karşılaştırmış ve iki yönteminde eşdeğer olduğunu belirlemişlerdir. Bu sayede emniyet yöneticileri tarafından 5,5 yıllık bir süre boyunca (1999-2004) toplanan gerçek dünyadaki potansiyel kaynak verilerini analiz etmişlerdir. Çok kriterli karar verme teknikleri, risk değerlendirmesi alanında kritik öneme sahiptir. Bu teknikler amaçlara, metodolojilere ve gözlemlenen sonuçlara göre kullanılmalıdır. Kang ve diğerleri (2014), doğal ve kontrol edilebilir risk teorisine dayalı olarak petrol depolama alanları için bir risk değerlendirme modeli geliştirmiştir. Bu yöntem, büyük tehlikeleri öncede değerlendirmek için kullanılmakta ve olasılık, ciddiyet ve kazalara dayanmaktadır. Kontrol edilebilir risk faktörlerini belirlemek için hata ağacı analizi (FTA) yöntemi kullanılmıştır. Faktörlerin ağırlıkları hiyerarşik analiz süreci yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve kontrol edilebilir riskler için bulanık kapsamlı bir değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Petrol depolama tanklarının risk derecesini belirlemek için 5x5 matris yöntemi kullanılmıştır. Önerilen model, risk değerlendirme tekniklerini, hiyerarşik analiz sürecini, kapsamlı bulanık değerlendirmeyi ve 5x5 risk matrisini içermektedir.

Ebrahimnejad ve diğerleri (2010), bulanık TOPSIS ve bulanık doğrusal programlama tekniklerini (YİD) kullanarak proje inşasının, eylem ve transfer için risk değerlendirme modeline dayalı olarak tercih edilen yöntemin (FLINMAP), çok boyutlu bir analizini gerçekleştirmiştir. Bu modeli İran'da enerji santrali projelerinde uyumsuzluk ve riski değerlendirmek için önermişlerdir. John ve diğerleri (2014), liman operasyonları için bulanık bir risk değerlendirme yöntemi önermiştir. Yöntem; bulanık hiyerarşik analiz sürecine, kanıta dayalı bir yaklaşıma (ER), bulanık küme teorisine ve beklenen kullanılabilirliğe dayanmaktadır. Bulanık hiyerarşik analiz süreci ve ER kullanarak risk faktörlerini değerlendirmiş ve analiz etmişlerdir. Liu ve Tsai (2012) Tayvanlı bir inşaat şirketinde Kalite Fonksiyon Geliştirme Modeli (QFD), bulanık ağ analiz süreci ve risk değerlendirme yöntemine dayalı FMEA yöntemini önermiştir. Yapı öğeleri, tehlike türleri ve tehlikelerin nedenleri arasındaki ilişkileri göstermek için kalite fonksiyonu dönüşümlerini

kullanmışlardır. Bulanık ANP yöntemi, önemli tehlikelerin ve risk faktörlerinin türlerini belirlemek için kullanılırken, riski ölçmek için FMEA yöntemi kullanılmıştır.

Chang ve Cheng (2010), sezgisel bulanık küme (IFS), karar verme, deneme ve değerlendirme laboratuvarı (DEMATEL) tekniklerini birleştiren yeni bir risk değerlendirmesi yaklaşımı önermiştir. Önerilen yöntem, geleneksel RPN yönteminin bazı dezavantajlarının üstesinden gelmektedir. Önerilen yaklaşımın etkinliğini göstermek için 0,15 m DRAM aşındırma işlemiyle ilişkili riski değerlendirmek amacıyla bir vaka çalışması kullanılmıştır. Son olarak, önerilen yöntemin sonuçları, risk değerlendirme yöntemlerini listeleme yaklaşımlarıyla karşılaştırılmıştır. Jithavech ve Krishnan (2010), simülasyona dayalı yerleşim belirsizliğini tahmin etmek için bir yöntem tanımlamıştır. Analitik prosedürlere karşı simülasyon yaklaşımının doğrulanması başlangıçta ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Simülasyona dayalı yaklaşım için metodoloji sağlanmıştır. Ek olarak, değişen karmaşıklık ve boyuta sahip üç senaryo tanımlanmıştır. Vaka incelemelerine göre, prosedür %80'e varan bir risk azalmasıyla sonuçlanmıştır.

Valipour ve diğerleri (2015), Malezya'da bir vaka çalışması kullanarak kamu-özel ortaklığı projelerinde risk tahsisi için çok amaçlı bir optimizasyon yaklaşımı sunmuştur. Çalışmaları, kapsamlı bir literatür taraması ve Malezya kamu-özel ortaklığı projelerinde yer alan uzmanlara dağıtılan bir anket aracılığıyla projelerdeki riskleri belirlemiş ve çalışmalarında toplam maliyeti en aza indirmek için amaç fonksiyonları ve AHP modeli kullanılmıştır. Risk eşikleri göz önünde bulundurularak proje süresini, maliyetini ve kalitesini en üst düzeye çıkarmak için stratejiler geliştirilmiştir. Risk tahsis probleminin birleşik doğası, karmaşık bir problem olarak modellenebilen çok amaçlı bir durumu ifade etmektedir.

Galli (2017), yeni ürün geliştirme projelerinde riski ve riskin nasıl yönetilebileceğini incelemiştir. NDP'de bulunan başlıca risk kategorilerinin yanı sıra en sık kullanılan risk yönetimi ve süreç araçlarından bazılarını vurgulamıştır. Çalışma, risk yönetim sistemleri için bir yöntem önermiş ve olası yönetimsel sonuçları tartışmıştır. Risk yönetimi planlarının iş birliği içinde geliştirilmesi gerekliliği, NPD ekibinin bir risk yönetim sisteminin temel yapısının kavraması, risk yönetim planının projenin yürütülmesi sırasında karşılaşılan benzersiz risklere göre uyarlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Akram Afzal (2017), 124 ampirik çalışmanın sistematik bir incelemesini kullanarak tümevarımsal olarak kapsamlı bir risk sınıflandırması geliştirmiştir. Bu sınıflandırma daha sonra BK firmaları tarafından üstlenilen 263 yeni ürün geliştirme projesinin anketi yoluyla ampirik olarak doğrulanmıştır. NPD proje tipinin (artımlı veya radikal), firma büyüklüğünün (KOBİ'ler ve büyük firmalar) ve sanayi sektörlerinin düzenleyici etkisi açısından önerilen risk sınıflandırması hakkında daha fazla araştırma yapılmıştır. Ek olarak, ekip üyelerinin NPD risk algılarındaki farklılıklar araştırılmıştır. Bulgular, NPD projelerini etkileyen birincil risk faktörlerinin teknolojik hız, tedarik zinciri riski, finansman kısıtlamaları ve kaynak riski olduğunu göstermektedir. Radikal NPD projelerinin risk profili, artan NPD projelerinin risk profiliyle aynı değildir. Küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), NPD projeleriyle ilişkili risklere karşı büyük şirketlere göre daha savunmasızdır. Risklerin çoğunluğu, NPD projeleri üzerindeki tüm endüstriyel sektörlerde benzer bir etkiye sahiptir. Risk algıları, farklı geçmişlere veya rollere sahip NPD proje ekiplerinin üyeleri arasında önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Önerilen sınıflandırma, ampirik doğrulama ile birlikte, çeşitli endüstriyel sektörlerde ve farklı büyüklükteki firmalar tarafından üstlenilen çeşitli NPD projeleri ile ilişkili risklerin belirlenmesi ve yönetilmesi için kapsamlı ve sağlam bir çerçeve oluşturmuştur.

Hosseini ve diğerleri (2018), Toos Niroo teknik firmaları tarafından yeni ürünlerin geliştirilmesinde rekabet avantajı faktörlerini belirlemeye ve sıralamaya çalışmıştır. Faktörleri belirlemenin yanı sıra, yeni ürün geliştirmede hangi faktörün en önemli olduğunu belirlemek için sıralama yöntemi kullanılmıştır. Uygulamalı araştırma, betimsel bir tarama metodolojisi kullanılarak yapılmıştır. 50 kişilik bir örneklem seçmek için Cochran yöntemi kullanılmıştır. Veriler anket yoluyla toplanmış ve SPSS yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir (p 0.15). Hipotezler Kolmogorov-Smirnov ve parametrik testler kullanılarak test edilmiştir. Çalışma, kalite, verimlilik, yenilikçilik ve hesap verebilirlik gibi rekabet avantajı faktörlerinin yeni ürün geliştirme ile olumlu ve önemli ölçüde ilişkili olduğunu keşfetmiştir.

İlbarhar ve diğerleri (2018), Fine Kinney, Pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci ve bulanık çıkarım sistemini içeren iş sağlığı ve güvenliği alanında risk değerlendirmesi için yeni bir entegre yaklaşım olan Pisagor Bulanık Orantılı Risk Değerlendirmesini (PFPPRA) önermiştir. Önerilen yaklaşım, bu yöntemleri daha kesin bir risk değerlendirmesiyle sonuçlanacak şekilde dahil ederek kendini göstermiştir. Önerilen yöntem, bir inşaat sahasındaki hafriyatla ilgili riskleri değerlendirmiştir. Pisagor Bulanık Hata Modları ve

Etkileri Analizi (PFFMEA) ile karşılaştırıldığında, önerilen yöntemin karar vermenin doğasında var olan belirsizliği daha doğru yansıtan daha güvenilir ve bilgilendirici sonuçlar ürettiği keşfedilmiştir.

Keers ve van Fenema (2018), kamu-özel sektör ortaklıklarında risk değerlendirmesi ve risk yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesini yürütmüştür. Araştırmanın bulgularına göre, kuruluşlar proje yönetimi ve proje yönetiminin sorumluluklarıyla ilgili geri dönüşü olmayan birçok riskle karşı karşıyadır; bu risklerin en ciddileri yeterli sayıda kalifiye çalışanın olmaması, ortak bir işletim sistemi altında çalışan uyumlu bir ekibin olmaması, değişiklikler sırasında proje içinde sorumlulukların ve karar verme yetkisinin net bir şekilde atanmaması ve gerekli değişikliklerin uygulanmasına katılma konusunda anlaşmanın olmamasıdır.

Mirza Ramazani ve diğerleri (2018), yeni ürün geliştirme sürecinde riskleri belirlemek, analiz etmek, değerlendirmek ve bunlara yanıt vermek için kapsamlı bir model sunmak amacıyla TRIZ aracını kullanmıştır. Yapısal yorumlama modellemesi yoluyla ürün tasarımında uzmanlaşmış iki savunma sanayi uzmanı, önerilen araştırma modelini değerlendirmiştir. Bulgular, önerilen araştırma modelinin geçerli olduğunu ve mantıksal bir sıra izlediğini göstermektedir.

Habibi ve diğerleri (2019), stratejik risk yönetimi için (EPC) performans göstergelerini ve risk yönetimi stratejilerini etkileyen faktörleri belirlemiştir. Çalışmanın amacı, mühendisliğin her aşaması için temel performans göstergelerini (KPI'lar) belirlemek ve yönetim stratejilerini (EPC) planlamak ve uygulamaktır. Çalışma, projenin değer yönetimini etkileyen en uygun faktörleri belirlemeye çalışmıştır. Veriler, T-testi ve Kruskal-Wallis testi dahil olmak üzere çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Bulgular, yüklenicilere KPI tabanlı programlarla ilişkili maliyetleri belirlemede, EPC yönetim stratejileri ve önceden zaman ve para tasarrufu kullanarak inşaat performansını iyileştirmek için uygun maliyet azaltma stratejilerini uygulamada yardımcı olmaktadır.

Fecamp ve diğerleri (2019), makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak risk yönetimini değerlendirmiştir. Sinir ağları ve Bayes ağları gibi bazı makine öğrenimi tabanlı algoritmalar, tamamlanmamış pazarlardaki riskle ilgili sorunları ele almak için önerilmiştir. Eksiklik kaynakları, likidite, kontrol edilemeyen risk faktörleri, değişen risk oluşum süreleri ve işlem maliyetleri gibi değişkenler bu konuyu karmaşıktırıştır. Önerilen algoritmalar,

varyans kriteri kullanılarak çeşitli verimliliklerde klasik stokastik kontrol teknikleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, sinir ağı algoritmasının çok çeşitli risk kriterlerine yeterince uyarlanabilir olduğunu göstermektedir. Ek olarak, araştırmacılar anlık olaylara dayalı yeni risk önlemleri önermiştir.

Moreira ve diğerleri (2020), yeni ürün geliştirmenin (NPD) erken aşamalarında hata riskini azaltmak için bir araç olarak hata modu ve etki analizinin (FMEA) uygulanabilirliğini araştırmış ve böylece NPD'de FMEA kullanımı ile ilgili mevcut literatüre katkıda bulunmuştur. Bulgular, NPD hatalarını belirlemenin kritikliğini ve acil faydalarını ortaya koymuş ve NPD riskini azaltmada FMEA'nın faydasını göstermiştir. Ek olarak, kullanım kolaylığı, zamanında olması ve maliyet avantajları nedeniyle FMEA, NPD uygulamasının erken aşamalarında uygulanabilmektedir.

Naseem ve diğerleri (2020), firmanın risk yönetimi uygulamalarını incelemiştir. Sosyal girişimlerin, işletmelerin performansını sorumlu bir şekilde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Kurumsal risk yönetiminin kurumsal sosyal sorumluluk ile firma performansı arasındaki aracılık rolü modellenmiştir. Yazarlar, Thomson Reuters DataStream- ASSET4'ten alınan çevresel, sosyal ve yönetim puanlarının (kurumsal sosyal sorumluluğu temsil eden) ağırlıklı ortalamasını kullanmıştır. 2006'dan 2016'ya kadar 1.021 Asya-Pasifik şirketten oluşan geniş bir örnekleme, kurumsal sosyal sorumluluğun kurumsal performansla pozitif ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bulgular, kurumsal sosyal sorumluluk ve risk yönetiminin ayrılmaz bir şekilde bağlantılı olduğunu göstermektedir. Öte yandan, kurumsal sosyal sorumluluğun firma performansı üzerinde doğrudan ve dolaylı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ek olarak, kurumsal risk yönetiminin bir dereceye kadar kurumsal sosyal sorumluluk ve firma performansı arasındaki ilişkiye aracılık ettiğine dair kanıtlara varılmıştır.

Williams ve diğerleri (2020), yeni ürün geliştirme değerlendirmesinde (NPD) kritik faktörleri belirlemek için kavramsal bir model geliştirmiştir. İnovasyon yönetimi üzerine en çok alıntı yapılan ve yayınlanmış yazarların çalışmalarını temel almış, ancak vurguyu reklamcılık ve verimlilikten yeni ürün proje tanımı, bir firmanın kaynakları, organizasyon-ürün uyumu gibi yeni ürün geliştirme sürecinde tanımlanan faktörlere kaydırmıştır. Yazarlar, belirlenen faktörler ile baş yazarların çalışmalarından elde edilen sonuç ölçütleri arasında hesaplanan korelasyon katsayılarını özetlemiştir. Ek olarak, her bir yazarın sıralamasını

hesaba katmak için değerleri değiştirilmiş alt faktörlerin korelasyon katsayılarını değerlendirmek için analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanılmıştır.

Rekabetçi bir ekonomide, bir şirketin kârlı kalmasını sağlamak için sürekli kalite iyileştirme ve maliyet düşürme gereklidir. Kalite iyileştirmenin amacı, kaliteyi her ürün veya sürece dahil etmek ve tasarımdan nihai üretime ve satışa kadar sürecin her aşamasında performansı izlemek ve iyileştirmektir. Günümüzde modern kalite kültürü, teknik dilde kalite özellikleri veya yanıtları koleksiyonundan başka bir şeyle sınırlı olmayan müşteri beklentilerini ortaya çıkarma arayışını teşvik etmektedir (Wu, 2004).

Serbest girişim sisteminde, üretim maliyetlerini düşürürken aynı zamanda ürün kalitesini sürekli iyileştirmek gerekmektedir. Kalite sıklıkla mükemmellik ile ilişkilendirilse de farklı insanlar için farklı anlamlar ifade eden bir kelimedir. Kalitenin tanımını belirlerken, dikkate alınması gereken en belirgin yönlerden biri, akademik literatürde belgelendiği gibi, kalitenin oluşturduğu çok sayıda özelliktir (Wu, 2004; Wu ve diğerleri, 2020).

Peljhan ve Marc (2021), çalışmalarında 95 şirketten oluşan bir örneklemden alınan bir regresyon modeli, RMS tarafından desteklenen şirketlerin RMS'siz şirketlerden daha yüksek NPD performansına sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bu etki, arama yapanlar, yani NPD'den en çok etkilenen firmalar için daha güçlü değildir. Risk yönetimi literatürüne ve uygulamasına ilişkin köklü inancın aksine, gelişmiş bir kurumsal risk yönetiminin (ERM) arayıcıların yalnızca bir noktaya kadar daha yüksek NPD performansı elde etmesine yardımcı olabileceğini bulmuştur. Aslında, nispeten daha az gelişmiş (ERM) sistemlerden daha fazla yararlanılmış, bu da aşırı kapsamlı kontrol prosedürlerinin başarılı yeni ürün geliştirmeyi engelleyebileceğini göstermiştir.

Cagnin ve diğerleri (2021), ISO 9001: 2015, garantili kalite kavramı evriminin bir parçası olarak en son versiyonunda risk yönetimi yaklaşımı için gereksinimleri içermiştir. Bu yüzden bir kuruluşun ISO 9001:2015 uygulamasını ve belgelendirmesini sağlamak için risk yönetimi ile ilgili gereksinimleri karşılaştırmış ve bunun için mevcut uygulamaların olup olmadığını analiz etmeyi amaçlamışlardır. Bunu başarmak için, bir otomotiv şirketinde vaka bazlı bir araştırma yapılmıştır. Araştırma sonuçları, risk yönetimi yaklaşımının analiz edilen şirkette kültürün bir parçası olduğunu ve ürün geliştirme süreci, tedarik zinciri yönetimi,

makine ve ekipman yönetimi gibi kuruluşun bazı süreçlerinde halihazırda ele alındığını göstermiştir.

Keski (2018), önerilen süreç, arıza olasılıklarını tahmin etmek için yük direnci modellerinin üzerine Monte Carlo yöntemini uygulamıştır. Ayrıca, niceliksel risk yönetimi ve ürün yaşam döngüsü maliyetleri optimizasyonunda olasılık modellerini kullanmak için pratik bir çerçeve sunmuştur. Arızaları tahmin etmek için kullanılan iyi geliştirilmiş yöntemler nedeniyle mekanik arıza modları odak noktası olmuştur. Bununla birlikte, aynı çerçeve, tahmine dayalı modeller geliştirilebildiği sürece herhangi bir tür arıza moduna uygulanabilmektedir.

Chauhan ve diğerleri (2018), NPD sürecinde risk yönetimi alanındaki mevcut araştırma faaliyetlerine kapsamlı bir araştırma derleyerek bu konudaki boşluğu ele almıştır. Araştırma stratejisi, NPD risk analizi ve yönetimi alanlarındaki mevcut bilgileri haritalamak ve sınıflandırmaktır. Makale, NPD'ler için modern risk analizinin üç yönünü incelemektedir: risk tanımlama, risk değerlendirme ve risk azaltmadır. İnceleme temelinde, makale daha sonra mühendislik yönetimi uygulamalarıyla ilgili gelecekteki araştırmalar için birkaç kilit alanı tanımlamış ve tartışmıştır. Son olarak, mühendislik yöneticileri ve uygulayıcıları için pratik çıkarımlarla birlikte yeni ürün geliştirme süreci bağlamında risk yönetimi için entegre bir çerçeve sunulmuştur.

Shad ve diğerleri (2019), kurumsal risk yönetiminin sürdürülebilirliği ve kurumsal finansal performansla ilişkisi hakkında bir rapor sunmuştur. Çalışma, sürdürülebilirlik raporlama uygulamalarının kurumsal risk yönetimi (ERM) ile iş performansı arasındaki ilişki üzerindeki düzenleyici etkisini incelemek için bir çerçeve geliştirmiştir. Çalışma, ERM uygulamasının ve sürdürülebilirlik raporlamasının iş performansının ekonomik katma değeri üzerindeki etkisini incelemek için hissedar teorisi ile modern portföy teorisini birleştirmiştir. Yazarlar, şirketlerdeki risk yönetimi uygulamaları ve sürdürülebilirlik raporlamasına ilişkin verileri ortaya çıkarmak için yıllık raporların niceliksel içerik analizinin yapılmasını önermiştir. Ekonomik katma değere ilişkin ikincil veriler, Thomson Reuters DataStream (EVA) kullanılarak çıkarılmıştır. Önerilen analiz, Sıradan En Küçük Kareler (OLS) kullanılarak çalışmada sunulmuştur. Çalışma destekli kavramsal model, strateji formülasyonu hakkında fikir vermektedir ve özellikle petrol ve gaz şirketlerinde EVA performansının iyileştirilmesi için kritik öneme sahiptir.

Bilgi teknolojisinin rolünü değiştirerek, Saeedi ve diğerleri (2019), risk yönetiminin rekabet avantajı üzerindeki etkisini incelemiştir. Raporlarının birincil amacı, bilgi teknolojisi (BT) stratejisi ve bilgi teknolojisi (BT) yapısı gibi bilgi teknolojisi boyutlarının moderatör olarak görev yapmasıyla, kurumsal risk yönetiminin (ERM) rekabet avantajı (CA) zerindeki etkisini incelemektir. Bu amaç, İran finans kurumlarında yürütülen anketler aracılığıyla 84 geçerli anketin toplanmasını gerektirmiştir. Veriler, kısmi en küçük karelere (PLS-SEM) dayalı yapısal eşitlik modelleme yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın bulguları, ERM'nin bir şirketin rekabet avantajı ile pozitif bir ilişkisi olduğunu göstermektedir. Ek olarak, bulgular BT stratejisinin ve yapısının rekabet avantajı üzerinde doğrudan bir etkisinin yanı sıra ERM ile rekabet avantajı arasındaki ilişki üzerinde düzenleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ERM, bilgi teknolojisi, rekabet avantajı ve aralarındaki ilişkiler incelenerek ampirik ERM araştırması genişletilmiştir.

3. RİSK YÖNETİMİ

Risk, en az bir amacın gerçekleştirilememesiyle sonuçlanan belirsiz bir olay olarak tanımlanmaktadır (Serpell ve diğerleri, 2017). Risk oluştuğunda, projenin veya sonucun hedefleri üzerinde olumlu veya olumsuz bir etkisi olabilir. Bir riskin kaynağı diğer risklerin oluşmasına neden olabileceğinden, risk faktörlerini belirlemek zor olabilir, ancak risk başarı için gereklidir (Ni ve diğerleri, 2020).

Gelecekteki olaylar ve tahminlerle ilgili belirsizlik, insanları her zaman temkinli davranmaya sevk etmiştir. Bu iddianın bir nedeni, gelecekte arzu edilen olayların meydana gelme olasılığını artırmak ve olumsuz etkileri en aza indirmek olan sigorta şirketlerinin varlığıdır. Yüksek rekabet ortamı, olayların karşılıklı bağımlılığı, görevlerin karmaşıklığı, yeni teknolojiler ve belirsizliğin olumsuz sonuçlarının bir sonucu olarak artan maliyetler, yönetim biliminin ve risk tanınmanın önemine katkıda bulunmuştur.

Risk yönetimi, riski değerlendirme ve ardından risk yönetimi stratejileri geliştirme sürecidir. Genel olarak risk yönetiminin amacı, yatırımcıların ve kilit proje sahiplerinin, önceden belirlenmiş hedeflere ulaşmasını engelleyen riskleri azaltmak ve fırsatlardan yararlanma olasılığını artırmaktır. Bir risk yönetim sistemi, proje sahibine veya kuruluşa ve projede yer alan taraflara aşağıdaki faydaları sağlayabilir:

- İstenilen sonuçların elde edilmesini kolaylaştırmak için uygun bir sistem kurmak,
- Proje yöneticilerine, proje uygulaması veya ürün üretimi sırasında kaynakları uygun şekilde tahsis etmede yardımcı olmak,
- Bir projeyi üstlenmek veya bir ürün üretmek için daha uygun ve şeffaf koşullar yaratmak,
- Bir proje veya ürünün üretimi sırasında meydana gelen beklenmedik ve şaşırtıcı olayları azaltmak,
- Proje yöneticilerine proje veya ürünlere öncelik vermede yardımcı olmak (Abdel-Basset ve Mohamed, 2020).

Bir proje yürütülürken veya bir ürün tasarlanırken ortaya çıkabilecek bilinmeyen olay veya durumlar, önceden belirlenmiş hedeflere olumlu veya olumsuz etki etmektedir. Bu olayların nedenleri projenin iç ortamıyla sınırlı değildir; daha ziyade, uygulamanın doğası ve

yöntemleri nedeniyle, çok sayıda çevresel koşul, projenin hedeflerine ulaşma ve uygulama süreci üzerinde bir etkiye sahiptir. Dış çevresel olaylar tipik olarak kontrol edilemez. Risk tespiti ve analizinden sonra planlanabilir ve yönetilebilir. Bilinmeyen riskler ise yönetilmeyebilir (Turskis ve diğerleri, 2012).

3.1. Risk Tanımlama

Önceden belirlenmiş hedefleri etkileyen potansiyel riskleri belirleme, her birinin özelliklerini belirleme ve bunları belgeleme süreci, risk tanımlama olarak bilinmektedir. Bu sürecin uygulanmasının kapsamı, amaçlanan hedeflerin adımlarının gerekliliğine göre değişir ve projenin veya ürünün üretim özellikleri ile orantılıdır. Tam ve zamanında risk bilgisi, düzeltici önlemlerin alınmasını ve bu önlemlerin risk yönetimindeki etkinliğini kolaylaştırmaktadır. Proje riskinin kapsamlı bir şekilde tanımlanması için görevin, işin kapsamının ve paydaşların beklenen sonuçlarının kapsamlı bir şekilde anlaşılması gerekmektedir.

3.2. Risk Analizi

Analizler, nicel ve nitel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Niteliksel risk analizi, bilinen riskler üzerindeki etki olasılığını belirleme ve değerlendirme sürecidir. Bu süreç, potansiyel olarak riskli olayları hedefler üzerindeki potansiyel etkilerine göre önceliklendirmektedir. Daha sonra bunlara yanıt olarak bir hareket tarzı belirlenmektedir. Mevcut bilgilerin miktarı ve kalitesi de risk analizinde rol oynamaktadır. Bilginin doğruluğu, risk analizi için gerekli girdilerin her birinin mevcut ve güvenilir olma derecesine göre belirlenmektedir. Bilgi kaynaklarının niteliği ve miktarı da bilginin doğruluğuna katkıda bulunmaktadır. Nicel analiz sürecinin projenin hedefleri üzerinde etkisi olması muhtemeldir. Monte Carlo simülasyonunu ve Karar Ağacı analizini içeren bu prosedür aşağıdaki sonuçları vermektedir:

- Projenin veya ürünün amaçlarından herhangi birinin karşılanma olasılığının belirlenmesi,
- Risk, zaman ve ilgili maliyetlerin belirlenmesi ve hesaplanması,
- Yüksek riskli durumların tanımlanması,
- Gerçekçi ve ulaşılabilir maliyet, program ve çalışma hedeflerinin kapsamının belirlenmesi (Behzadi ve diğerleri, 2018).

3.3. Yeni Ürün Geliştirme (NPD) Süreci

Bugün, örgütsel hayatta kalma, yeni ürünler için bir eğilime ve bunların geliştirilmesi için yeni yöntemlerin uygulanmasına bağlıdır. Teknolojinin ilerlemesi, artan organizasyonel rekabet gücü, yeni üretim bilimi ve ekipmanlarının ortaya çıkması, kısa ürün yaşam döngüsü, müşteri ihtiyaç ve tercihlerindeki temel değişiklikler ve yeni ürünlerin tanıtımı ile yeni ürün yeni zorluklarla karşılaşmaktadır. Ek olarak, yeni ürünlerin piyasaya sürülmesiyle ilişkili doğal riskler nedeniyle, işletmeler sürekli olarak ürün geliştirme sürecini iyileştirmenin yollarını aramaktadır. Müşteri ihtiyaçlarının anlaşılmasına dayalı ürün geliştirme, pazar bilgilerinin ürün konseptine dahil edilmesini ve ürün üretiminin çeşitli aşamalarında kısmi veya tam pazar değişikliklerine yol açacak bir dizi faaliyet ve büyüme stratejisine dayalı yeni ürünler geliştirmeyi gerektirmektedir. Yeni ürün geliştirme (NPD) süreci, bir organizasyonun yeni ve yenilikçi bir ürün yaratmak veya mevcut bir ürünü geliştirmek için tüm kaynaklarını, tesislerini ve yeteneklerini çok amaçlı ekipler şeklinde kullandığı bir süreçtir (Zahay ve diğerleri, 2018).

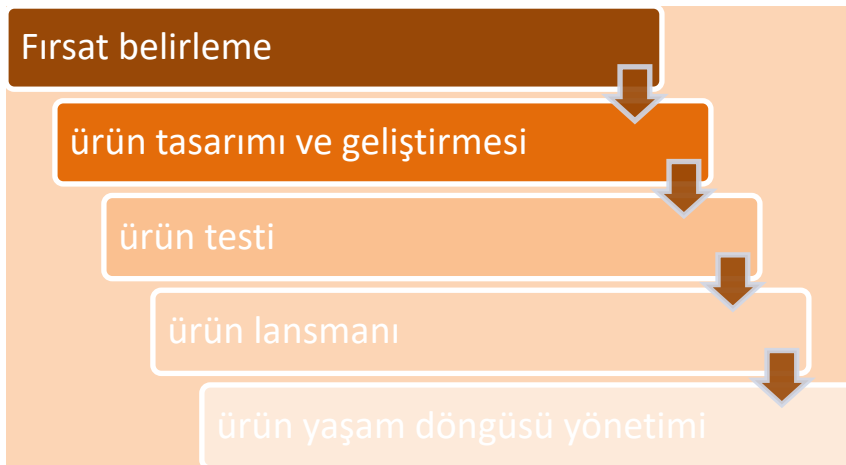
Başka bir tanım, sürecin esas olarak bilginin geliştirilmesi ve organizasyonda yer alan birey ve grup tarafından gerçekleştirilen rutin ve rutin olmayan görevlerin akışını içeren bilgi entegrasyonu ve birleşimi faaliyetleri olduğunu belirtir. Bu süreç, tasarım ve üretim süreçleri boyunca müşteri talimatlarını ve siparişlerini, piyasa talebini ve teknolojik gelişmeleri ileten bir faaliyetler topluluğu olarak tanımlanır. Ürün Yönetimi ve Geliştirme Derneği'nin el kitabına göre, yeni ürün geliştirme, "şirketin (ilk) fikirleri olgunlaştırarak pazarlanabilir ürünlere ve hizmetlere dönüştürmeye yönelik doğal hedefini gerçekleştiren tekrarlanabilir bir dizi görev, adım ve eylem" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre, tüm süreç birden fazla alt sürece (alt süreçler) ve alt aşamalara ayrılabilir (Choi ve diğerleri, 2021).

Yeni ürün geliştirme süreci, strateji, organizasyon, konsept oluşturma, ürün yaratma ve değerlendirme ile yeni bir ürün pazarlama ve ticarileştirme planının oluşturulması ve değerlendirilmesi ile ilgili tüm süreçleri kapsamaktadır. Yeni ürün geliştirme, yeni bir ürün yaratmak veya mevcut bir ürünü geliştirmek için kaynakları ve yetenekleri kullanma sürecidir. Başarılı olmak için, yeni ürün geliştirmenin (zaman zaman çelişen) üç hedefi dengelemesi gerekir (Chauhan ve diğerleri, 2018):

- 1- Ürünün müşteri ihtiyaçlarına uygun hale getirmek,
- 2- Geliştirme döngüsünü kısaltmak,
- 3- Geliştirme maliyetlerini kontrol altında tutmak.

1981'de yeni ürünler, 700 Amerikan işletmesindeki kârın kabaca üçte birini oluşturmuştur. 1970'de ise beşte bir idi. Araştırmaya göre, bir işletmenin yenilik yapması ortalama üç yıl sürmekte ve ilk ürünün üretildiği andan satıldığı ana kadar toplam satışların yaklaşık %27'sine mal olmaktadır. Yeni ürün geliştirmenin amacı, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak, müşteri memnuniyetini artırmak, değişen piyasa koşullarına uyum sağlamak, kârı artırmak ve rakip politikalarına karşı koymaktır. Yeni ürünlerin geliştirilmesi ve iyileştirilmiş ürünlerin başarılı bir şekilde pazarda ticarileştirilmesi, seri üretimin yerini kişiselleştirmeye bırakacağı için daha kısa ürün yaşam döngüsü ile sonuçlanacaktır (Cheng ve Yang, 2019).

Ürün geliştirme süreçleri, ürünle ilişkili yatırım türlerindeki, teknolojinin uygulanmasındaki ve ürünün kapasitesindeki farklılıklar nedeniyle işletmeler arasında farklılık göstermektedir. Öte yandan, ürün geliştirme birçok yönden çok benzerdir. Şirketler, pazar paylarını korumak veya büyütmek için yeni ürünleri üretmenin ve ticarileştirmenin ilk adımı olarak genellikle yeni ürün geliştirmeyi kullanmaktadır. Örneğin Büyüközkan ve diğerleri, Şekil 3.1'de yeni ürün geliştirme aşamaları için bir model sunmuştur (Büyüközkan ve Feyzioğlu, 2004).



Şekil 3.1. Yeni ürün geliştirme aşamaları

Fırsat belirleme aşaması (pazar araştırması ve fikir üretimi), ürün tasarımı ve geliştirmesini (müşteri ihtiyaçları, ürün konumlandırma, satış tahmini, ürün mühendisliği, pazarlama ve

segmentasyon), ürün testini (reklam ve ürün testi, lansman öncesi ve ön satış), lansman testini, (pazarlama testi tahmini), ürün lansmanı (ürün lansman planlaması ve takibi dahil) ve ürün yaşam döngüsü yönetimini (ürün yaşam döngüsü yönetimi dahil) içermektedir.

3.3.1. Yeni ürün geliştirme sürecinde risk kavramı

Yirminci yüzyılın başlarından beri, bilimsel belirsizlik kavramı makine mühendisliği mesleği ile birlikte gelişti ve bir organizasyonun genel performansındaki belirsizliği azaltma yeteneğini belirleyen ve etkileyen kritik bir faktör olarak kabul edilmiştir. Benzer bir mantık, özellikle yeni ürünlerin geliştirilmesini içeren projeler için de geçerlidir. Başlıca çalışmaların tümü üç belirsizlik kaynağına işaret etmektedir:

- (1) Dış çevre,
- (2) Kuruluşun iç çevreye bağımlılığı,
- (3) Çalışma özellikleri. İş özellikleri, bir kişinin bir şeyi tam olarak kavrayamaması veya bilgi eksikliği veya veriler arasında ayırım yapamaması şeklinde tanımlanmaktadır (Sicotte ve Bourgault, 2008).

Yeni ürün geliştirme bağlamında risk, pazar başarısızlığı, teknolojik kısıtlamalar ve çeşitli organizasyonel engeller gibi çeşitli belirsiz faktörler nedeniyle yeni geliştirilen bir ürünün başarısız olma olasılığını ifade etmektedir. Hayatta kalma ve kârlılık için yetersiz ürün satışı ile sonuçlanmaktadır (Keizera ve diğerleri, 2002; Mu ve diğerleri, 2009) veya bir NPD projesindeki risk, projenin öngörülen zaman çerçevesinde tamamlanmama olasılığı olarak tanımlanmaktadır. NPD'de risk, belirsizliğin NPD hedeflerine ulaşılması üzerindeki etkisi olarak tanımlanmaktadır. Azaltılmış risk, müşteri değerini artırabilmekte ve ürün geliştirme süreçlerini analiz etmek ve optimize etmek için bir merceğe görevi görebilmektedir (Oehmen ve diğerleri, 2014).

Ürün tasarım sürecinde en sık karşılaşılan risklerden bazıları şunlardır:

- Tasarım probleminin yetersiz tanımı; müşteri gereksinimlerinin değiştirilmesi.
- Diğer şeylerin yanı sıra sonuçlara ulaşmada gecikmelere ve beklenenden daha yüksek maliyetlere neden olan faaliyetleri yürütmek için gerekli farkındalık ve bilgi eksikliği.

Bu risklerden bazıları ürün tasarım sürecinin doğasında varken, diğerleri proje yönetim sürecinin doğasında vardır. Proje yönetimindeki riskler, kapsam, zaman, maliyet, iletişim ve kalitedeki belirsizliklerden kaynaklanmaktadır (Grubisic ve Ogliari, 2009).

Literatüre göre, NPD iki farklı risk türü içermektedir: dahili ve harici riskler. Dahili riskler operasyonel, teknolojik ve organizasyonel olarak sınıflandırılmakta; harici riskler, piyasa ve tedarikçi riskleri olarak sınıflandırılmaktadır.

Operasyonel riskler, bilinmeyen durumlardan ziyade süreçlerin oluşturulmasından kaynaklanmaları bakımından diğer risk türlerinden farklıdır. Kalite, maliyet, üretim, program ve insan gücü gibi bir organizasyonun operasyonel süreçlerindeki verimsizlik veya uyumsuzluk sonucunda ortaya çıkan kayıp potansiyeli olarak tanımlanmaktadır.

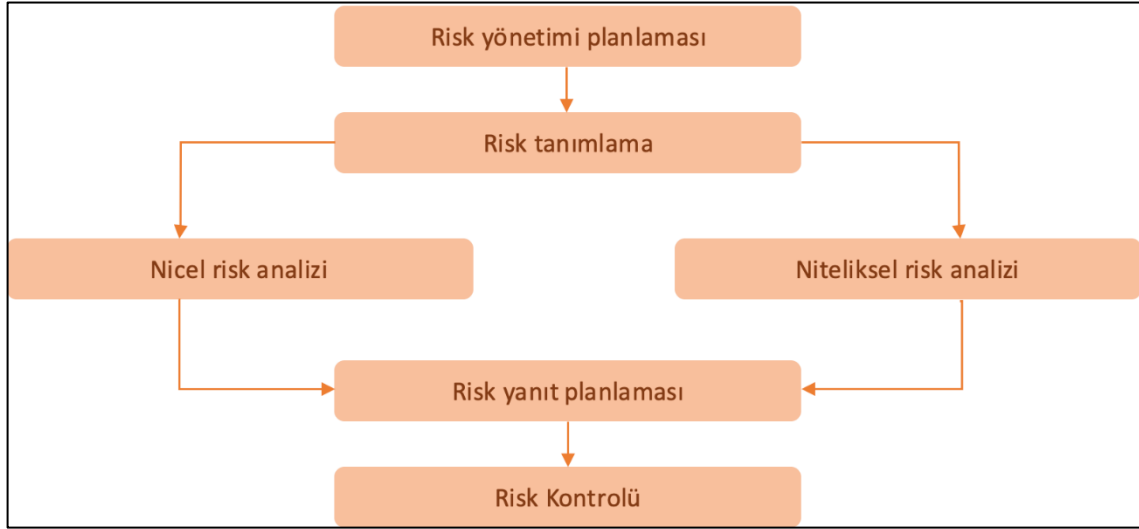
Teknolojik riskler, hem teknoloji becerileri hem de proje ekibi üyelerinin yeni beceriler öğrenme yeteneği gibi dahili teknolojilerle ve teknolojik değişiklikler gibi harici teknolojilerle ilişkilidir.

Organizasyonel riskler, organizasyonun yönetim sistemi ve stratejisi ile ilişkilidir. Piyasanın oynaklığı, müşteri ve rakip gereksinimleri hakkında bilgi eksikliği veya ekonomik ve sosyal koşullardaki değişikliklerin bir sonucu olarak bir projeye piyasa riski getirmektedir.

Tedarikçi risk yönetimi zordur; çünkü tedarikçi güvenli kaynakları, üretim sonrası uyumsuzluk, üretim maliyetleri, tedarikçi kalite değişkenliği, teslimat süresi ve tedarikçi ilişkilerindeki değişiklikler hem ürün geliştirme aşamasında hem de ürün piyasaya sürüldükten sonra ortaya çıkabilmektedir (Park, 2010).

Öte yandan, risk yönetimi, bir kuruluşun riske maruz kalmasını yönlendiren ve kontrol eden koordineli faaliyetlere atıfta bulunan geniş bir terimdir. NASA El Kitabı, risk yönetimini, karar değişkenleri seçimi konusunda bilgilendirerek ve ardından seçilen alternatifle ilgili olarak riskin uygulamasını yöneterek başarıya ulaşmayı amaçlayan bir faaliyetler topluluğu olarak tanımlamaktadır (Oehmen ve diğerleri, 2014).

Şekil 3.2'de gösterilen risk yönetim süreci, PMBOK Risk Yönetimi Bilgi Alanı 2013'e dayanmaktadır (Ayala-Cruz, 2016; Hillson, 2017).



Şekil 3.2. PMBOK standardına dayalı risk yönetimi bilgi alanı

3.3.2. Yeni ürün geliştirme sürecindeki teknolojik riskler

Teknolojik risk, bir şirketin yeni ürün geliştirme projeleriyle ilgili çevrenin belirli teknik yönlerini tam olarak anlayamaması veya doğru bir şekilde tahmin edememesi anlamına gelmektedir. İşyeri teknolojisi riski dahili veya harici olabilir veya iki kaynaktan birinden gelebilir. İlk olarak, teknolojik risk olarak öngörülebilirlikten bahsedilebilir. Örneğin şirketler, yeni bir inovasyonun vaadini yerine getirip getirmeyeceğini tahmin edemez. Çünkü hiç kimse bir ürünün teknoloji döngüsünde ne kadar süre yeni kalacağını tahmin edemez ve modası geçmiş teknoloji, yeni bir ürünü veya süreci piyasaya sürüldükten hemen sonra yok edebilir. İkincisi, işlevselliktir. Örneğin, bir şirketin hızlı ve etkili satış sonrası hizmet sunarak yeni bir ürünü başarılı bir şekilde piyasaya sürmek için gerekli NPD yeteneğine sahip olup olmadığı genellikle belirsizdir. Yeni bir teknolojinin veya ürünün yetenekleri genellikle hafife alınır ve yeni bir ürün için baskın tasarım yıllar sonra ortaya çıkabilir. Potansiyel müşteriler, yeni bir ürünün teknik standardının gelecekte hakimiyete yol açıp açmayacağından emin değiller. Ayrıca, işletmeler yeni bir ürünün beklenmeyen yan etkilerini (yeni bir ürünün kullanılmasından kaynaklanan istenmeyen fiziksel zarar olasılığı gibi) doğru bir şekilde tahmin edemezler (Mu ve diğerleri, 2009). Belirsizlik veya algılanan teknolojik belirsizlik, şirketin çevre teknolojisinin bazı yönlerini doğru bir şekilde tahmin edemediğini veya anlayamadığını göstermektedir. Küresel rekabetin dinamizmi ve yoğunlaşması nedeniyle, teknoloji artık NPD'de daha büyük rol oynamakta ve algılanan teknolojik belirsizliği ayarlamının etkilerine ilişkin sistematik araştırmayı gerektirmektedir.

Araştırmalara göre, teknolojik belirsizliği NPD süreç yönetiminden daha iyi anlayan Japon NPD proje yöneticileri, teknolojik belirsizliği anlamayan proje yöneticilerinden farklı davranmaktadır. NPD kararlarıyla ilgili çevrenin bazı teknolojik yönlerini tam olarak kavrayamama veya tahmin edememe, algılanan teknolojik belirsizlik olarak adlandırılmaktadır (Song ve Montoya-Weiss, 2001).

Teknolojik risk yönetimine ilişkin dahili ve harici perspektifler, bir şirketin harici ihtiyaçları ve dahili süreçleri öngörmedeki yetersizliğini yansıtmaktadır. Bir üründe kullanılan teknoloji, dahili süreçte müşteri geri bildirimi almadığı için piyasada güncelliğini yitirmiş olabilmektedir. Bir NPD'nin ilk değerlendirme aşamasında, bir kuruluş, ürün teknolojisini kuruluştaki kullanılan teknolojiyle koordine etmeli, eşleştirmeli ve her iki teknolojinin de uygun gerekçeleri olmalıdır. Müşterinin ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini belirlemek riski azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Şirketler yeni ürün ve teknolojileri tanıtabilmelidir. Yetenek, insan kaynaklarında, ekip yönetimi ve organizasyonunda, makinelerde ve yeni ürünlerin zamanlamasında görülebilir. Birden çok kaynaktan gelen bilgileri senkronize etmeye çalışan kuruluşlar, ürünlerini ve hizmetlerini değişen pazar eğilimlerine ve taleplerine daha iyi uyarlayabilmektedir. Sonuç olarak, iş stratejisi ve pazarlama uzmanları gibi dış kaynaklardan gelen girdiler, teknoloji riskini etkili bir şekilde azaltabilmektedir. Ürün geliştirmenin tüm aşamalarına aşına olan ve dış verileri teknolojiye uyarlayabilen bir NPD ekibine sahip kuruluşlar, yeni bir ürünün başarısını sağlayabilir ve teknolojik riski azaltabilmektedir (Salavati ve diğerleri, 2016).

İlk tasarımın incelenmesi, üretimin erken aşamalarının gözden geçirilmesi, prototiplerin ve deneysel modellerin geliştirilmesi, dahili ürün testi, pilot üretim ve seri üretimin başlatılması, yeni ürün geliştirme alanındaki tüm tipik teknolojik ve teknik faaliyetlerdir (Ricondo ve diğerleri, 2006; Millson ve Wilemon, 2008). Teknik risk örnekleri şunları içermektedir:

- Eksik tasarım,
- Eksik veya hatalı çevresel analiz,
- Beklenmedik jeoteknik sorunlar,
- Hatalar nedeniyle değişiklik talebi,
- Planlama aşamasında teknik konular hakkında yanlış varsayımlar,
- Geç incelemeler ve / veya incelemelerdeki hatalar,

- Temel Malzemelerde / Jeotekniklerde hatalar,
- Eksik yapı tasarımı ve içindeki hatalar (Kremljak ve Kafol, 2014).

3.3.3. NPD'de risk yönetiminin önemi

Artan rekabet ve müşteri beklentileri nedeniyle, tüm işletmeler kabul edilebilir ürün ve hizmetler sunmalarını sağlayacak süreçleri uygulamayı düşünmelidir. Deneyler, bu ürünlerin özellikle tüketici pazarlarında endişe verici bir oranda başarısız olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, bu tür projelerin başarısına veya başarısızlığına katkıda bulunan faktörleri belirlemek ve süreçle ilgili riskleri azaltmak için çok sayıda çaba sarf edilmiştir. Önceki ürün geliştirme projeleri bilgi sağlasa bile, yeni ürünlerin geliştirilmesi sırasında bu belirsizlik devam etmektedir. Bu belirsizlik, sadece projenin süresi ve maliyeti hakkında tutarsızlık yaratmakla kalmaz, aynı zamanda projeyi tamamlamak için gereken bilgi miktarı ile başlangıçta proje ekibine sunulan bilgi miktarı arasında bir eşitsizlik yaratabilir. Yeni ve yenilikçi ürünler, işletmelerin rekabet avantajı elde etmeleri için kritik öneme sahipken, aynı zamanda ürün geliştirme ekibi için çok sayıda belirsizliğe yol açan yeni ve karmaşık durumlar ortaya çıkarmaktadır. Bu belirsizlik, yararlı veya zararlı olabilecek bilinmeyen gelecekteki olayların bir koleksiyonunu kapsamaktadır (Ghasemi ve diğerleri, 2018).

Küresel NPD projelerinin %33'ünün başarısız olduğunu tahmin etmektedir (Kabir ve Papadopoulos, 2019). NPD projelerinin çoğu, yüksek stresli ortamlarda yürütülmektedir. Araştırmalar stresin ekip üyeleri için faydalı bir araç olabileceğini gösterse de önemli sorunlara da neden olabilmektedir. Bazı çalışmalarda müşteri memnuniyeti, başarısızlık maliyeti ve ürün lansman yüzdesi performans ölçütleri olarak dahil edilmiştir. Öte yandan, risk performansla ilişkilidir. Tam kontrol ve risk azaltma ile genel performans artacaktır (Salavati ve diğerleri, 2016). Gerçekten de yeni ürün geliştirme, bir organizasyonun en kritik, riskli ve zor faaliyetlerinden biridir. Bu karmaşık durum, belirli hedeflere ulaşmak için resmi ve sistematik bir şekilde risk yönetiminin kritik yapısını göstermektedir. Kuruluşlar sıklıkla faaliyetlerinin avantajlarını ve dezavantajlarını ilişkili risklere karşı tartarlar. Sonuç olarak, risk yönetimi, riski değerlendirmek ve azaltmak için NPD projeleri için kritik öneme sahiptir. Ancak, az sayıda ürün geliştirme projesi risk yönetimini etkin bir şekilde kullanmaktadır. Yeni ürün geliştirme, firma büyümesinin ve rekabet avantajının önemli bir itici gücü olduğundan, riski tanımak, yönetmek ve azaltmak iş için kritik bir stratejidir (Mu ve diğerleri, 2009).

Risk yönetimi ve NPD konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. 2011 yılında yeni ürün geliştirme ve risk yönetimi için sistematik bir çerçeve oluşturulmuştur. Bazı araştırmacılar, NPD ile ilişkili risk faktörlerini belirleyerek, entegre riski hesaplamak için bir formül geliştirmeye çalışmıştır. NPD için kritik risk faktörleri ağı oluşturmak için Bayesian ağlarını kullanılmıştır. Dört ana kategori belirlenmiştir: araştırma ve geliştirme, tedarikçi riski, üretim riski ve ürün güvenilirliği. Araştırmacılar NPD'yi nicel olarak değerlendirmiştir. NPD riskleri üç kategoride sınıflandırılmıştır: piyasa, teknik ve yönetim. Miguel ve diğerleri 2008 yılında NPD'de çeşitli yazarlara atıfta bulunarak risk yönetimini sınıflandırmıştır. Bu makale, risk sınıflandırmasına yönelik yeni bir yaklaşımı tartışmaktadır. Ancak, NPD'den hiç söz edilmemiştir. Proje yöneticilerinin geliştirme stratejilerini ve bunların geliştirme stratejileri üzerindeki etkilerini karşılaştırarak ve değerlendirerek riskleri ve potansiyel riskleri yönetmeleri için bir yöntem tanımlanmıştır. Bulanık teori ve Markov süreçlerinin her ikisinin de NPD için risk yönetiminde uygulamaları vardır. Mov ve diğerleri risk yönetimi stratejilerinin NPD performansı üzerinde bir etkisi olduğunu bulmuştur. Pazar, organizasyonel ve teknolojik risk faktörlerinin yeni ürün geliştirmelerinin performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bulgulara göre, piyasa riski NPD performansı üzerinde en az etkiye sahipken, teknolojik faktörler en çok etkiye sahiptir (Salavati ve diğerleri, 2016).

Keizer ve diğerleri mevcut NPD risklerinin en kapsamlı listelerinden birini oluşturmuştur. Vaka literatürünün ve vaka çalışmalarının gözden geçirilmesine dayanarak, Ar-Ge programlarıyla ilişkili toplam 142 risk, 12 kategoride sınıflandırılmıştır. İşletmenin hayatta kalması, rakip, tüketici kabulü ve pazarlaması, kamu kabulü, fikri mülkiyet, üretim teknolojisi, organizasyon ve proje yönetimi, ürün ailesi ve iş konumu, ürün teknolojisi, tarama ve değerlendirme, tedarik zinciri ve kaynak mevcudiyeti, riskler ve ticaret kurallarını içermektedir (Keizer ve diğerleri, 2005).

İlk tasarımın, üretimin ilk aşamalarının gözden geçirilmesi, prototiplerin ve deneysel modellerin geliştirilmesi, dahili ürün testi, pilot üretim ve seri üretim, tümü yeni ürün geliştirme kategorisine giren teknik faaliyetlerdir (Millson ve Wilemon, 2008; Wu ve diğerleri, 2020).

4. TAGUCHI DENEY TASARIMI

1940'ların sonlarında Japonya'da ve diğer birçok ülkede konseptlerini tamamladıktan sonra, Dr. Taguchi kalite iyileştirme yöntemlerini 1980'lerin başında Amerika Birleşik Devletleri'ne tanıtmıştır. İlk olarak 1920'lerde Birleşik Krallık'ta R. A. Fisher tarafından tanıtılan deney tasarımı (DOE) olarak bilinen istatistiksel tekniği kullanarak performansı optimize etmeye ve tasarımı güçlendirmeye odaklanmıştır.

Bu tekniği daha etkili ve kullanımı kolay hale getirmek için, Dr. Taguchi deney tasarımının standartlaştırılmış bir versiyonunu önermiş, bilimsel uygulama ve sonuçların analizi için yollar geliştirmiştir.

Tasarım öncüleri için kalite iyileştirme çekici bir yöntemdir. Çeşitli üretim kuruluşları, çeşitli ürün ve süreçlerin tasarımından yararlanmak için mevcut yöntemleri kolayca öğrenmiş ve uygulamıştır. 1980'lerde birçok kuruluş tarafından önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Otomobil üreticileri için kaliteyi yabancı otomobil üreticileriyle eşleştirme süreci başlatılmıştır.

Çeşitli imalat şirketlerinin öğrenme ve teknik uygulamalarına olan ilgisinde keskin bir artışın ardından, odak 1990'ların ortalarında değişmiştir. ISO/QS-9000 ve 6 Sigma gibi genel kalite iyileştirme disiplinlerinin tanıtılması, istemeden önceliği ve belirli teknikler gerektiren faaliyetler için finansmanı azaltmıştır.

Çoğu işletme için değerli ve faydalı olan genel kalite sistemleri, DOE, Taguchi yöntemleri, istatistiksel süreç kontrolü (SPC) vb. gibi istatistiksel tekniklerin kullanılmasını gerektirmiştir. Ne yazık ki, çoğu şirket bu yöntemi en son kalemlerinden biri olarak kullanmış veya ertelemiştir.

İnsanlar her zaman kaliteden etkilenmiştir. Günümüz teknolojisi, pazar payını artırmak için ürün ve hizmetlerde daha yüksek düzeyde kalite sağlama konusundaki sarsılmaz insan arzusunun bir kanıtıdır.

Çoğu zaman kalite çok önemlidir. Kalp fonksiyonunu izleyen bir tansiyon aleti sürekli ve doğru bir şekilde çalışmalıdır. Düzensiz çalışan tansiyon aleti değersiz, işe yaramaz ve tehlikelidir.

Fiyat ve performans konusunda rekabet etme ve kârlılığı koruma ihtiyacı göz önüne alındığında, kalite bilincine sahip üreticiler, ürünleri ve süreçleri optimize etme ihtiyacının giderek daha fazla farkına varmaktadır.

Birçok üretici tarafından tasarım optimizasyonu ile elde edilen kalite, küresel pazarda rekabetçi bir konum elde etmek ve sürdürmek için uygun maliyetlidir (Roy, 2010: 1).

4.1. Deney Tasarım (Konvansiyonel Yaklaşım)

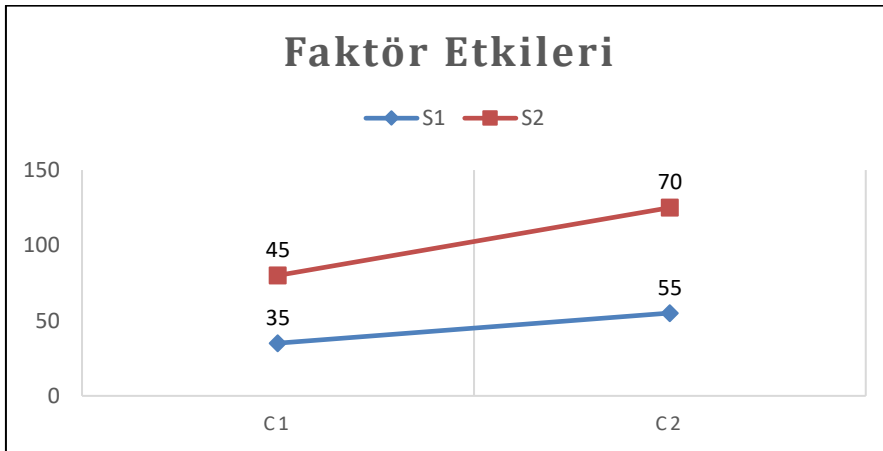
Pazara yeni bir çikolatalı kurabiye çıkarmayı planlayan bir imalat şirketi düşünün. Ürün tasarımcıları şeker ve çikolata parçaları dışında her şeyi standart hale getirmiştir. C1 ve C2 çikolata parçalarını ve S1 ve S2 şekerin iki farklı seviyesi olarak seçilmiştir. Potansiyel müşterilere en çekici gelen bu bileşenlerin en iyi kombinasyonunu seçmek için, Pazar Araştırma Grubu müşteri tercihleri üzerine bir anket yapmaya karar vermiştir. Bu örnek, test tasarımının en basit örneklerinden biridir. Bu deney, tüm kurabiyeleri etkileyen iki düzeyde (yüksek ve düşük) iki faktörden (çikolata parçaları ve şeker) oluşmaktadır. Böyle bir deney 2x2 faktöriyel deney olarak tanımlanmaktadır. Dört (2^2) olası kombinasyon olduğu anlamına gelmektedir. Çizelge 4.1'de değişken faktörleri dikkate alan tat testinin hipotez sonucunu göstermektedir.

Müşteri geri bildirimlerinin bir incelemesi, düşük seviyedeki çikolata parçacıklarında (C1), şeker seviyesi için (45-35) %10'luk bir artış olduğunu göstermektedir. C2 seviyesinde çikolata parçaları kullanıldığında memnuniyet puanı (70-55) %15'e çıkmaktadır. Bu artışlara basit şeker etkisi denilmektedir. Öte yandan, daha fazla miktarda çikolata parçaları için tüketici tercihi S1 şeker seviyesinde %35'ten %55'e, yüksek şeker seviyesi olan S2 ile ise %70'e yükselmiştir.

Çizelge 4.1. Tat tercihi anketi

Çikolata parçalarının seviyesi	Şekerin seviyesi		Ortalama	Ortalama tepki (Çikolata parçaları) (C2-C1)
	S1	S2		
C1	%35	%45	%40,0	%22,5
C2	%55	%70	%62,5	
Ortalama	%45,0	%57,5	%51,25	-
Ortalama tepki (Şeker) (S2-S1)	%12,5		-	-

İki şeker seviyesinde (%12,5) ortalama etkiler arasındaki farka şekerin ana etkisi denilmektedir. Benzer şekilde, çikolata parçaları için ana etki %22,5'tir. Bu örnekte yalnızca ana etkilerin analiz edildiğini belirtmek önemlidir. Faktörler arasındaki etkileşimleri analiz etmek için hiçbir girişimde bulunulmaz. Etkileşimler olabilir veya olmayabilir. Şekil 4.1'de varyans analizi (ANOVA) kullanılarak, çalışmadaki faktörlerin göreceli etkisi ve farklı faktörler arasındaki etkileşim nicel olarak belirlenebilir.



Şekil 4.1. Faktör etkileri

2x2 deney için etkileşimlerin derecesi, ikinci faktörün (S) iki seviyesi için bir faktöre (C) karşı yanıtı çizen Şekil 4.1'den belirlenebilir. S1 ve S2 seviyeleri için doğrular hemen hemen paralel olduğundan, faktörler (S ve C) bağımsızdır ve etkileşimin çok az olduğu veya hiç olmadığı varsayılır. Paralel olmayan çizgiler, bazı etkileşimlerin varlığını göstermektedir. Çok çarpık çizgiler veya çizgiler arasında daha yüksek bir açı (kesmeleri gerekmez) iki faktör arasında güçlü bir etkileşim olduğunu göstermektedir. Şekil 4.1'de iki faktör (şeker ve çikolata parçaları) arasındaki yalnızca kısmi bir etkileşimi göstermektedir.

Bu örnekte, her biri iki farklı düzeyde olan yalnızca iki faktör vardır. İncelenen faktörlerin tüm olası kombinasyonlarını yansıtan ve bunları bir pazar araştırmasına tabi tutan dört tür kurabiye üretmek çok kolaydır. Tam faktöriyel tasarım için, olası tasarımların sayısını belirtmek için L^M formülü kullanılır, burada L her faktör için seviye sayısı ve m faktör sayısıdır.

Bu faktör ve seviye konfigürasyonunda, test matrisi hala kolayca yönetilir ve herhangi bir kombinasyon incelenebilir. Tablodaki her kutuya "hücre" denir. Doğruluğu artırmak için her hücrede birkaç gözlem yapılır ve faktörlerin sonuçların değişkenliği üzerindeki etkisinin önemi istatistiksel analiz (ANOVA) ile belirlenir.

Şimdi, incelenen kurabiyelerin iki düzeyde 15 farklı içeriğe sahip olduğunu düşünün. Bu durumda, en uygun tarifi oluşturmadan önce 2^{15} (32768) olası kurabiye türü incelenmelidir. Bu büyüklükte bir pazar araştırması programı, maliyet ve zaman açısından engelleyici olacaktır. Testi basitleştirmek için kesirli (veya kısmi) faktöriyel testler gibi teknikler kullanılmaktadır. Kesirli faktöriyel deneyler, tüm olası kombinasyonların yalnızca bir kısmını incelemektedir. Bu yaklaşım önemli ölçüde zaman ve para tasarrufu sağlamakta, ancak hem deneyin tasarımında hem de sonuçların analizinde dikkatli bir matematiksel değerlendirme gerektirmektedir. Her araştırmacı, farklı bir kesirli faktöriyel deney seti tasarlayabilir.

Bu nedenle, faktöriyel ve kesirli deney tasarımları yaygın ve etkili bir şekilde kullanılırken, aşağıdaki maddeler ile sınırlamakta:

1. Değişken sayısı fazla olduğunda deneyler maliyet ve zaman açısından zorlaşır.
2. Aynı deney için iki tasarım farklı sonuçlar verebilir.
3. Daha fazla sayıda faktörle deneysel sonuçların yorumlanması, net tasarım ve analiz kılavuzlarının olmaması nedeniyle zor olabilir.

Deney tasarlama biliminin bu bölümünde, Japonya'dan Dr. Genichi Taguchi yenilikçi bir yöntem önermiştir. Kesirli faktöriyel tasarımları basitleştirmiş ve standartlaştırmıştır, böylece binlerce kilometre uzakta deneyler yapan iki mühendis aynı boyutta tasarımları kullanabilmekte ve tutarlı sonuçlar elde edebilmektedir.

Taguchi, deneylerin tasarımına disiplin ve yapı getirmiştir. Sonuç, araştırmacılar tarafından kolaylıkla uygulanabilen standart bir tasarım yöntemidir. Ayrıca, aynı deney için iki farklı araştırmacı tarafından yapılan tasarımlar, benzer veriler vermekte ve benzer sonuçlara yol açmaktadır. Taguchi, faktöriyel ve kesirli faktöriyel testlerin sınırlamalarının üstesinden gelmiştir (Roy, 2010: 5).

4.2. Deney Tasarımı (Taguchi Yöntemi)

DOE'yi endüstriyel uygulayıcılar için daha kolay ve daha çekici hale getirmek için, Dr. Taguchi, tekniğin uygulanması için aşağıdaki hususları önermiştir:

1. Kalitenin tanımı; Taguchi kaliteyi, ölçülebilir mühendislik terimleriyle performansın tutarlılığına çeviren, topluma minimum kayıp olarak tanımlamıştır. Uygulama, ürün veya süreç olup olmadığına veya sonuçların nasıl ölçüldüğüne bakılmaksızın, performanstaki tutarlılık birincil nitelik olarak kabul edilmektedir. Tutarlılık, performans en az değişiklik ile hedefe yakın olduğunda elde edilmektedir. Kaliteyi artırmak için Taguchi iki aşamalı bir optimizasyon yaklaşımı önermiştir:

- a. Performans değişkenliğini azaltan faktör düzeyindeki kombinasyonun bulunması.
- b. Performansı hedefe yaklaştıran faktör seviyelerinin ayarlanması.

2. Standartlaştırılmış DOE; Deney tasarlamak için Taguchi, en küçük kesirli faktöriyeleri temsil eden ortogonal diziler (OA'lar) adı verilen özel bir tablo seti kullanmıştır. En yaygın deney tasarımları için kullanılmaktadır.

3. Sağlam tasarım stratejisi; Ürünleri ve süreçleri kontrol edilemeyen (gürültü) faktörlerin etkisine karşı duyarsız hale getirmek için Taguchi, deney düzenine gürültü faktörlerini dahil etmenin resmi bir yolunu benimsemiştir. Bu yeni yapı (dış dizi tasarımı olarak adlandırılır), daha fazla sayıda gürültü faktörünün etkilerini incelemek için daha küçük boyutlu deneylerin kullanımını kolaylaştırmakta, bu da ortalamanın hedefe yakın olması ve ortalamanın etrafında azaltılmış varyasyon ile olumlu bir performansa yol açmaktadır.

4. Kayıp fonksiyonu; Taguchi tarafından önerilen kayıp fonksiyonu kavramıyla ilişkili matematiksel formül, parasal birimlerdeki gelişmeleri ölçmek için basit bir yol

sağlamaktadır. Kavramlar, beklenen maliyet tasarrufları açısından DOE sonuçlarından beklenen gelişmeyi ifade etmek için kolayca kullanılabilir.

5. Sinyal-gürültü (S/N) analizi; Çoklu örnek testlerinden elde edilen sonuçların analizi için, sonuçlar yerine sinyal-gürültü oranlarının kullanılması, DOE sonuçlarının analizini çok daha kolaylaştırmaktadır. Ek olarak, sonuçların S/N oranları cinsinden logaritmik dönüşümü, analizden elde edilen performanstaki iyileşme tahminini güçlendirmektedir (Roy, 2010: 5, 6).

4.3. Taguchinin Kalite ve Maliyet İyileştirmeye Yaklaşımı

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Müttefik Kuvvetler, Japon telefon sisteminin kalitesini son derece düşük ve uzun vadeli iletişim amaçları için tamamen uygunsuz bulmuştur. Müttefik komutanlığı, sistemi son teknoloji bir düzeye getirmek için Japonya'nın Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Bell Laboratuvarlarına benzer araştırma tesisleri kurmasını tavsiye etmiştir. Japonlar, Dr. Genichi Taguchi ile Ar-Ge üretkenliğini geliştirmekten ve ürün kalitesini artırmaktan sorumlu Elektrik İletişim Laboratuvarlarını (ECL) kurmuştur. Taguchi, kaynakların harcanmasını en aza indirmek için yaratıcı beyin fırtınası sürecine çok az vurgu yapılarak, mühendislik deneyleri ve testlerinde çok fazla zaman ve para harcandığını gözlemlemiştir.

Taguchi, mühendislik deneyleri sürecini optimize etmek için yeni yöntemler geliştirmeye başlamıştır. Taguchi Yöntemleri olarak bilinen teknikleri geliştirmiştir. En büyük katkısı, deney tasarımının (DOE) matematiksel formülasyonunda değil, eşlik eden felsefede yatmaktadır. Yaklaşımı, deneyleri düzenlemek için bir yöntemden daha fazlasıdır. Geleneksel uygulamalardan farklı, özgün ve güçlü bir kalite iyileştirme disiplini üretmiş bir kavramdır.

Taguchi'nin deneylerin istatistiksel tasarımına katkısı hakkında genel olarak birbirine tamamen zıt iki bakış açısı vardır. Bir görüşe göre, kalite kontrol alanına yaptığı katkı son birkaç on yılın en önemli gelişmelerinden biridir. Diğer görüş, Taguchi'nin yaklaşımında önerilen fikirlerin çoğunun ne yeni olduğunu ne de onun tarafından geliştirildiğini savunmaktadır. Bu yeni teknikler 1980'lerin başında Amerika Birleşik Devletleri'ne nakledilmiştir ve bu ülkede kalite mühendisliği yöntemlerinde önemli değişiklikler

yaratmıştır. Taguchi yaklaşımı, birçok endüstriyel kuruluştaki başarıyla uygulanmış ve kalite iyileştirme faaliyetlerine bakış açılarını tamamen değiştirmiştir.

4.4. Taguchi Felsefesi

Taguchi, imalat sanayilerinde kalite kontrolü için mükemmel bir felsefe benimsemiştir. Örneğin, Ford Motor firması, 1990'ların başında, tüm Ford Motor ve tedarikçilerinin mühendislerinin Taguchi metodolojisi konusunda eğitilmesini ve bu ilkelerin kalite sorunlarını çözmek için kullanılmasını kararlaştırmıştır. Taguchi'nin felsefesinin geniş kapsamlı sonuçları vardır, ancak yine de çok basit ve temel üç kavram üzerine kurulmuştur. Teknoloji ve tekniklerin tamamı, tamamen bu üç fikirden doğmuştur. Bu kavramlar:

1. Kalite, ürüne göre tasarlanmalı ve denetlenmemelidir.
2. Kalite, hedeften sapmayı en aza indirerek elde edilir. Ürün, kontrol edilemeyen çevresel faktörlere karşı bağışık olacak şekilde tasarlanmalıdır.
3. Kalite maliyeti, standarttan sapmanın bir fonksiyonu olarak ölçülmeli ve kayıplar sistem genelinde ölçülmelidir.

Taguchi, kaliteyi geliştirmenin en iyi yolunun onu tasarlamak ve ürüne entegre etmek olduğuna inanmıştır. Kalite iyileştirme, en başından, yani bir ürünün veya sürecin tasarım aşamalarında başlamakta ve üretim aşaması boyunca devam etmektedir. Üretim hattındaki bir üründe kaliteyi inceleme girişimi yerine, tasarım aşamalarının başlarında kalite iyileştirme geliştirmek için “çevrim dışı” bir strateji önermiştir. Taguchi, kalitesizliğin teftiş, tarama veya kurtarma süreciyle iyileştirilemeyeceğini gözlemlemiştir. Hiçbir denetim, kaliteyi ürüne geri getiremez; muayene sadece bir semptomu tedavi edebilir. Bu nedenle kalite kavramları, önleme felsefesine dayandırılmalı ve bu felsefe etrafında geliştirilmelidir. Ürün tasarımı, kontrolsüz uygulama ve çevresel faktörlerin üretim süreçleri üzerindeki etkisinden etkilenmeyecek kadar sağlam olmalıdır. Taguchi, çok daha yüksek yatırım getirisi için tasarımda kaliteyi ön planda tutmakta ısrar etmiştir.

Taguchi'nin ikinci konsepti, ürünlerin kalitesini iyileştirmenin gerçek yöntemleriyle ilgilidir. Kalitenin, bir tasarım parametresinin bazı sabit spesifikasyonlara uygunlukla değil, hedef değerden sapmasıyla doğrudan ilişkili olduğunu iddia etmiştir. Bir ürün, kabul aralığının bir ucuna doğru eğrilmiş ancak daha kısa ömür beklentisi gösteren özelliklere sahip olarak

üretilebilir. Ancak, kritik özellik için bir hedef değeri belirleyerek ve hedef değeri çok az sapma ile karşılamak için üretim süreçleri geliştirilerek, yaşam beklentisi çok daha iyi hale getirilebilir.

Taguchi'nin üçüncü konsepti, ürünün genel yaşam döngüsü maliyetleri açısından belirli bir tasarım parametresinden sapmaların ölçülmesini gerektirir. Bu maliyetler, hurda, yeniden işleme, muayene, iade, garanti hizmeti çağrıları ve/veya ürün değiştirme maliyetlerini içermektedir. Bu maliyetler, kontrol edilecek ana parametrelerle ilgili rehberlik sağlamaktadır.

Taguchi, kalite iyileştirmesini devam eden bir çaba olarak görmektedir. Hedef değeri etrafındaki varyasyonu azaltmak için sürekli çaba göstermektedir. İncelenen bir ürün, hedef değerden farklı bir ortalama değere sahip bir dağılım sergileyebilir. Kaliteyi iyileştirmeye yönelik ilk adım, nüfus dağılımını mümkün olduğunca hedef değere yakın hale getirmektir. Bunu başarmak için Taguchi, ortogonal diziler (OA) olarak bilinen özel olarak oluşturulmuş tabloları kullanarak deneyler tasarlamıştır. Bu tabloların kullanımı deneylerin tasarımını oldukça kolaylaştırmaktadır.

Ürünleri ideal bir değere uyacak şekilde üretmenin ikinci amacı, hedef etrafındaki varyasyonu veya saçılımı azaltmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için Taguchi, gürültü faktörlerini tedavi etmek için akıllıca benzersiz bir yol kullanmaktadır. Gürültü faktörleri, onun terminolojisine göre, bir sürecin tepkisini etkileyen ancak ekonomik olarak kontrol edilemeyen faktörlerdir. Hava koşulları, makine aşınması vb. gibi gürültü faktörleri genellikle varyasyonların ana kaynaklarıdır. Taguchi, dış diziler olarak adlandırdığı şeyi kullanarak, etkilerini en az sayıda tekrar ile incelemek için etkili bir yol tasarlamıştır. Nihai sonuç, gürültüden minimum düzeyde etkilenen, yani yüksek bir sinyal-gürültü (S/N) değerine sahip "sağlam" bir tasarımdır.

Tasarım yoluyla arzu edilen ürün kalitesine ulaşmak için Taguchi, aşağıdaki gibi üç aşamalı bir süreç önermektedir:

1. Sistem tasarımı
2. Parametre tasarımı
3. Tolerans tasarımı

Sistem tasarım aşamasının odak noktası, tasarım faktörlerinin uygun çalışma seviyelerini belirlemektir. Mevcut teknolojiye dayalı olarak seçilen malzemeler, parçalar ve nominal ürün/süreç parametrelerine ilişkin mühendisin yargısına dayalı olarak bir sistem tasarlamayı ve test etmeyi içermektedir. Çoğu zaman, uygulanabilir bilim ve teknoloji alanlarından yenilik ve bilgiyi içermektedir.

Sistem tasarımı, tasarım faktörlerinin çalışma seviyelerini belirlemeye yardımcı olurken, parametre tasarımı, incelenen ürün/sürecin en iyi performansını üreten faktör seviyelerini belirlemeye çalışmaktadır. Optimum koşul, kontrol edilmeyen faktörlerin (gürültü faktörleri) etkisinin minimum sistem performansı varyasyonuna neden olması için seçilmektedir.

Tolerans tasarımı, ürün üzerinde önemli etkisi olan faktörlerin toleransını daraltarak parametre tasarımının sonuçlarına ince ayar yapmak için kullanılan bir adımdır. Bu tür adımlar normalde daha iyi malzeme ihtiyacını belirlemeye, daha yeni ekipman satın almaya, inceleme için daha fazla para harcamaya vb. yol açacaktır.

4.5. Kayıp Fonksiyonu Kavramı

Dr. Taguchi tarafından kullanılan “toplam kayıp fonksiyonu” kavramı, mühendisleri ve maliyet muhasebecilerini geçmişin kalite kontrol uygulamalarına ciddi bir şekilde bakmaya zorlamıştır. Konsept basit ama etkilidir. Taguchi, kaliteyi “bir ürünün müşteriye sevk edildiği andan itibaren topluma verilen toplam kayıp” olarak tanımlar. Kayıp parasal olarak ölçülür ve mükemmel bir ürünün maliyetini aşan tüm maliyetleri içermektedir. Tanım, bir ürünün geliştirme ve üretim aşamalarını içerecek şekilde genişletilebilir.

4.6. Deney Tasarım Stratejisi

Taguchi, deneylerini düzenlemek için özel bir ortogonal diziler (OA) seti kullanmıştır. Deney tasarımları için Latin kareler ortogonal dizilerinin kullanımı, II. Dünya Savaşı zamanına kadar dayanmaktadır. Ortogonal Latin karelerini benzersiz bir şekilde birleştirerek Taguchi, bir dizi deneysel durum için kullanılmak üzere yeni bir standart OA seti hazırlamıştır. Çizelge 4.2'de iki seviyeli faktörler için ortak bir OA gösterilmektedir. L8 (veya L-8) sembolü ile gösterilen bu dizi, yedi adede kadar iki seviyeli faktör içeren deneyler

tasarlamak için kullanılmaktadır. Dizinin sekiz satırı ve yedi sütunu vardır. Her satır, satırdaki sayılarla belirtilen faktör seviyeleri ile bir deneme koşulunu temsil etmektedir. Dikey sütunlar, çalışmada belirtilen faktörlere karşılık gelmektedir.

Çizelge 4.2. Ortogonal diziler $L_8(2^7)$

Faktör Deneme	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

OA, deney tasarım sürecini kolaylaştırmaktadır. Bir deney tasarlamak, en uygun ortogonal diziyi seçmek, faktörleri uygun sütunlara atamak ve son olarak, deneme koşulları adı verilen bireysel deneylerin kombinasyonlarını tanımlamaktır. Çalışmada en fazla yedi faktör iki seviyeli olduğu varsayılmaktadır. Bu faktörler A, B, C, D, E, F ve G olarak adlandırmakta ve bunlar L_8 'in sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 sütunlarına atanmaktadır. Çizelge, denemeyi tamamlamak için gereken sekiz denemeyi ve her deneme çalıştırması için her faktörün düzeyini tanımlamaktadır. Deneme açıklamaları, deneme çalıştırmalarının satırlarında görünen 1 ve 2 rakamları okunarak belirlenmektedir. Açıkçası, deney tasarımı için kullanıldığında, ortogonal dizinin sütunlarındaki sayılar, sütuna atanan faktörlerin seviyesini temsil etmektedir. Tam bir faktöriyel deney, 2^7 veya 128 çalışma gerektirmektedir.

Dizi, tüm araştırmacıları neredeyse aynı deneyleri tasarlamaya zorlamaktadır. Araştırmacılar, sütunlar için farklı adlandırmalar seçebilir, ancak sekiz deneme çalışması, sütun tanımından bağımsız olarak tüm kombinasyonları içerecektir. Böylece OA, farklı deneyciler tarafından tasarımın tutarlılığını garanti etmektedir.

4.7. Sonuçların Analizi

Taguchi yönteminde, aşağıdaki üç hedeften bir veya daha fazlasını elde etmek için deneylerin sonuçları analiz edilmektedir:

1. İncelenen faktörlerin ve etkileşimlerin etki eğilimini belirlemek,
 2. Sonuçların değişkenliği üzerindeki önemli faktörleri ve bunların göreceli etkilerini belirlemek,
 3. Bir ürün veya süreç için en iyi veya optimum koşulu belirlemek,
- Bireysel faktörlerin katkısının tahmini.
 - Optimum değer altında beklenen yanıtın tahmini koşullar.

Optimum koşul, faktörlerin her birinin ana etkileri incelenerek belirlenmektedir. Süreç, faktör seviyelerinin ortalama etkileri için sayısal sonuçların küçük aritmetik manipülasyonunu içermekte ve genellikle basit bir hesap makinesinin yardımıyla yapılabilmektedir. Ana etkiler, faktörlerin etkisinin genel eğilimini göstermektedir. Karakteristik, yani daha yüksek veya daha düşük bir değer tercih edilen sonucu üretip üretmediği bilinerek, en iyi sonuçları üretmesi beklenen faktörlerin seviyeleri tahmin edilebilmektedir.

Bireysel faktörlerin katkısının bilgisi, bir üretim süreci üzerinde kurulacak kontrolün niteliğine karar vermenin anahtarıdır. Varyans analizi (ANOVA), tek bir faktörün göreceli yüzde etkisini belirlemek ve önemli faktörleri önemsiz olanlardan ayırmak için deneyin sonuçlarına en yaygın olarak uygulanan istatistiksel işlemdir. Belirli bir analiz için ANOVA tablosunun incelenmesi, hangi faktörlerin kontrol edilmesi gerektiğini ve hangilerinin kontrol edilmediğini belirlemeye yardımcı olur.

Optimum koşul belirlendikten ve beklenen performans (tahmin edilen değer) tahmin edildikten sonra, bir doğrulama deneyi yürütmek genellikle gerekli ve iyi bir uygulamadır. Ayrıca, tam faktöriyel koşulların herhangi birinde (L-8 deneyi için 128) performans, gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarından da hesaplanabilmektedir. OA, tüm olasılıkların sadece küçük bir bölümünü temsil ettiğinden, optimum koşulun halihazırda gerçekleştirilen birçok deney arasında olması gerekmeyebileceğine dikkat edilmelidir.

Taguchi, tam analizi gerçekleştirmek için iki farklı yol önermektedir. Birincisi, tek bir çalışmanın sonucunun veya tekrarlayan çalışmaların ortalamasının, yukarıda tanımlandığı gibi ana etki ve ANOVA analizleri yoluyla işlendiği standart yaklaşımdır. Taguchi'nin çoklu çalıştırmalar için şiddetle tavsiye ettiği ikinci yaklaşım, analizdeki aynı adımlar için sinyal-

gürültü (S/N) oranını kullanmaktır. S/N analizi, sonuçlardaki varyasyonlardan en sağlam çalışma koşulları setini belirlemektedir (Roy, 2010:20).

4.8. Uygulama Alanları

- Analiz: Taguchi yaklaşımı, en az sayıda analitik araştırma ile optimum tasarım konfigürasyonu için en iyi parametrelere ulaşmak için kullanılabilir.
- Test ve Geliştirme: Prototiplerle test etmek, kavramların bir tasarıma yerleştirildiğinde nasıl çalıştığını görmenin etkili bir yoludur. DeneySEL donanım maliyetli olduğu için, hedefleri en az sayıda testle gerçekleştirme ihtiyacı birinci önceliktir.
- Süreç geliştirme: Üretim süreçleri tipik olarak nihai sonucu etkileyen çok sayıda faktöre sahiptir. Bireysel katkılarının ve karmaşık ilişkilerinin belirlenmesi, bu tür süreçlerin geliştirilmesinde esastır.
- Doğrulama Testi: Pek çok ürün için, uygun doğrulama testi, çok sayıda uygulama faktörü ve dayanıklılık yaşam döngüleri altında performans güvencesi gerektirmektedir. Birçok ürün aynı zamanda bilinen birçok gürültü koşuluna karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılandırılmış test planlarını düzenlemek için Taguchi yaklaşımının kullanılması, ürün güvencesi için potansiyel olarak maliyet tasarrufu sağlayabilir.
- Problem çözme: Çözüm, yenilikçi araçlar aramak yerine çoğu zaman etkileyen birçok faktörü uygun şekilde ayarlayarak elde edilebilir. Taguchi DOE, bu tür teknik sorunları araştırmak ve veriye dayalı kalıcı çözümleri belirlemek için güçlü bir tekniktir.

5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

5.1. Sorunu Belirleme ve Tanımlama

Geleneksel deney tasarımı farklı olarak, Taguchi deney tasarımı hem ortalamaları hem de değişkenliği hesaba katmaktadır. Üretim sürecinin değişkenliğine izin vermek için pişirme fırınları, standartların altındaki faktör seviyelerini karşılayacak şekilde tasarlanmalı ve geliştirilmelidir. Hem ortalama faktör seviyesini hem de varyasyonları etkileyen faktörleri belirlemek için Taguchi yöntemi kullanılabilir.

Çok çeşitli istatistiksel tasarım tekniklerini içeren klasik deney tasarımı yöntemleri uzun süredir kullanılmaktadır. Bu teknikleri kullanmak için gereken yüksek düzeyde istatistiksel karmaşıklık, mühendislerin uygulamalarını zorlaştırmıştır. Bu nedenle büyük ölçüde bu yöntemlerden kaçınılmıştır.

Bu çalışmada amaç; iki farklı sanayi fırınında aynı ürünü üretmek ve hangi fırın en iyi sonucu ortaya çıkarttığını öğrenerek hedef fırının daha iyi performans sergilemesini sağlayan faktörleri bulmak ve daha sonraki çalışmalarda değerlendirmektir.

5.2. Ürün Tasarımı

Bu çalışmada, hedeflenen ürün olarak pandispanya pastacılık kekine karar verilmiş, araştırmak için çeşitli bilgiler ve malzemeler hazırlanmıştır. Tasarıma göre, yerli ürünler kullanılmıştır. Kontrol dışında olan faktörleri en aza indirmek için daha az çeşit malzeme içeren bir tarif seçilmiş ve birkaç faktör sabit olarak tutulmuştur. Malzemelerin listesini şeker, yumurta, un, hamur kabartma tozu, vanilya ve bu malzemelerin tamamı aynı firma ürünü olarak tüm analizler boyunca kullanılmıştır. Fırın modeli, sıcaklık ve süre değişken faktör olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan kek tarifi, malzemelerin üretim kaynağı, malzemelerin ölçüsü ve kalıp boyutu sabit faktör olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.1. Kek yapımı için malzemeler ve tarifi

İçindekiler
-100 gr un -80 gr şeker -4 adet orta boy yumurta -5 gr hamur kabartma tozu -2,5 gr vanilya
Tarif
-80 gr şekeri 4 orta boy yumurta ile 5 dakika boyunca el mikser ile karıştırın. -un, hamur kabartma tozu ve vanilyayı bir arada karıştırın. -hazırlanmış yumurtalı şeker karışımına un karışımını ekleyin ve homojen hale getirin. -3,5 dakika mikserin ikinci hızında karıştırın. - kalıbı katı yağ ile yağlayın ve hazırlanmış malzemeyi içine dökün. -önceden istenilen sıcaklığa gelen fırının içine yerleştirin.

Tarif, potansiyel gürültü faktörlerinin deneysel prosedür üzerindeki etkilerini en aza indirmek için kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Özellikle, oda sıcaklığı 20°C'den 21°C'ye yalnızca hafif bir artış veya düşüş kaydedilerek nispeten sabit kalmıştır. Tüm deneylerde nem ortamının %50 ile %55 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Ayrıca çevresel koşullarda önemli bir değişiklik olmaması için tüm denemeler bir haftalık süre içinde gerçekleştirilmiştir. Ana bileşen (un) dışında kalan bileşenler (yumurta, şeker) tüm deneme çalışmalarında kullanılan bir karışım oluşturmak üzere birleştirilmiştir. Tarifte yer alan tüm malzemelerin yemekte kullanılıncaya kadar uygun koşullarda saklanması önemlidir.

Örnek kek kalıpları, pişirmeye hazır olan hamurun, kek kalıbına yerleştirilmesi esnasında oluşabilecek negatif etkileri ortadan kaldırmak için önceden belirlenmiş bir yere konmuştur. Tüm harmanlama aynı mikser, KitchenAid tarafından aynı karıştırma hızına sahip pilot profesyonel hamur karıştırıcı ve 4 kg hamur kapasiteli bir karıştırma kabı ile yapılmıştır. Tüm denemelerde aynı tip kek kalıbı (yuvarlak 18 çap) kullanılmıştır. Aynı kişi, malzeme porsiyonlama, tartmak, hamuru kalıba dökmek ve hazır olan kek kalıbını fırından çıkarmak gibi görevlerin her birini tamamlamıştır.



Resim 5.1. Kek için kullanılan kalıp



Resim 5.2. Kek için kullanılan malzemeler



Resim 5.3. Kullanılan mikser



Resim 5.4. Kullanılan A fırını



Resim 5.5. Kullanılan B fırını

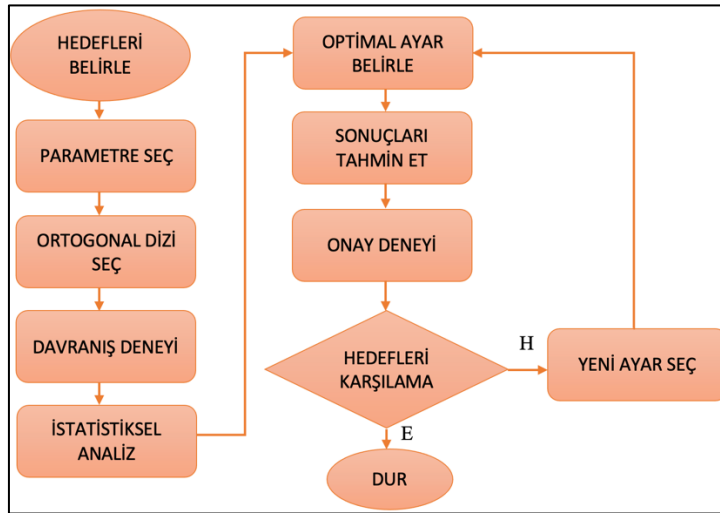
Pandispanya kek örnekleri, 1 gr hassasiyetle elektronik terazi kullanılarak tartılmıştır. Kek numunelerinin yüzey yüksekliğini ölçmek için 1 mm hassasiyete sahip dijital kumpas kullanılmıştır. Ayrıca, aynı kişi tüm deneylerde karıştırma ve pişirme işlemlerini zamanlamak için standart bir kronometre kullanmıştır. Yüzey yükseklik ölçümlerini toplamak için her numunenin en yüksek üç noktası belirlenmiş ve ölçülmüştür. Daha sonra bu üç noktanın ortalaması alınarak bir yüzey tepe tepkisi hesaplanmıştır. Bir dizi deneyi başlatmadan önceki gün, ilgili tüm ekipman, normal şekilde çalıştığından emin olmak için denetlenmiştir.

5.3. Taguchi Kalite İyileştirme Yöntemi

Taguchi, istatistiksel tasarım sürecini basitleştirmek amacıyla deneysel verileri değerlendirmek için OA ve istatistiksel analizleri kullanmıştır. OA, araştırmacıya bir parametre veya sistem tasarımı ayarı için optimum değeri belirleme yeteneği vermektedir. Kalite iyileştirme söz konusu olduğunda, deney tasarımı (DOE), aynı anda süreç etkinliğini ve kabiliyetini arttırırken süreçlerdeki çeşitliliği azaltmak için en etkili tekniklerden biridir (Cha ve diğerleri, 2005). Taguchi'nin DOE'sinin en yaygın kullanımı, istenen işlevi elde etmek için gereken parametre değerlerini veya ayarları belirlemektir. "Sinyal-gürültü (S/N) oranı" Taguchi tarafından hem ortalama hem de varyasyonu hesaba katan bir "değer rakamı" olarak tanımlanmıştır. S/N oranı kullanılarak, performans kararlılığı için bir çıktı özelliği değerlendirilebilir.

5.3.1. Sorunu tanımlama

Bu çalışmada kullanılan Taguchi yöntemi Şekil 5.1'de akış şeması şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Taguchi yönteminin akış şeması

Metodolojik hususlar arasında belirli bir hedef belirleme, parametreleri seçme, ortogonal dizi seçme, deney yapma, istatistiksel verilerin analizi, optimal ayarları bulma, hedeflerin optimum seviyelerde tahmin etme, ikinci bir deney yürütme ve son olarak doğrulama deneyleri yapma gelmektedir.

5.3.2. Net bir hedef belirlemek

Taguchi yöntemi, nihai konunun net bir tanımıyla başlamaktadır. Bu yöntemin bir sonucu olarak, hangi değişkenlerin en hafif ağırlığa sahip ve en çok homojen bir şekilde kabarmış olan kek olasılığının en yüksek olduğu belirlenmiştir, böylece bu deneyde kullanılan 2 farklı fırın modelinin hangisinde en iyi sonuç elde edileceği belirlenmiştir.

5.3.3. Faktörlerin seçilmesi

İkinci adımda, kekin hafif olmasını ve iyi kabarmasını en çok etkileyen tasarım parametreleri seçilmiştir. Kontrol faktörleri ve gürültü faktörleri, parametre tasarım deneyinde iki yaygın faktör türüdür. Gürültünün aksine, bir kontrol faktörünün seviyesi ayarlanabilir ve korunabilir, ancak tepki karakteristiğinin performansı bundan olumsuz etkilenebilir. Çizelge 5.2'de "temel çalışma parametreleri" listesi gösterilmektedir

Çizelge 5.2. Karışık ortogonal diziler

Parametreler		Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Birimler
A	Fırın modeli	A	B	-	-
B	Sıcaklık (°C)	170	180	190	(°C)
C	Süre (dk.)	10	15	20	(dk.)

Mevcut mühendislik donanımı ile bu parametreler kek özellikleri üzerindeki etkileri açısından test edilebilir. İki model sanayi tip fırın ve diğer parametrelerin üç seviyesidir. Tekrarlanabilirliği sağlamanın ve değişkenliğin etkilerini hesaba katmanın bir yolu olarak her test konfigürasyonu için iki veri seti toplanmıştır.

5.3.4. Tepkiler

Başarılı bir deneysel tasarım için, ilgili süreç aşamalarının ve bunların ürün özelliklerini nasıl etkiledikleri ile ilişkilerinin tam olarak anlaşılmasının gerekli olduğu belirlenmiştir. Bilgi akışının uygun şekilde organize edilmesini sağlamak için kek pişirme çalışmasında kullanılacak potansiyel kek özellikleri ve kontrol faktörlerinin bir listesi derlenmiştir. Sonuç olarak, kek ürününün fiziksel özellik iyileştirmesi için en önemli olduğu belirlenen iki performans özelliği tespit edilmiştir.

Bu özellikler kekin ağırlığı ve maksimum kek yüksekliğidir. Kek yüksekliği ölçümü, yüzey tepe noktası ile kek yüksekliğinin yukarıdan aşağıya ölçümüyle bulunmaktadır. Bununla birlikte, araştırılabilecek çeşitli başka ürün özellikleri olsa da yukarıda bahsedilen özelliklerin her ikisinin de tüketicilerin fiziksel açıdan yüksek kalite olarak algıladıkları ile pazarlama perspektifinden kritik korelasyonlar olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca her bir kategori, istenilen optimizasyon yolunun yönüne ve kategori ile ilişkilendirilen kalite karakteristiğine göre belirlenmiştir. En iyi tahmin değerinin, hedef değerle ne kadar yakından ilişkili olduğuna bağlı olarak küçük olması daha iyi olduğu için, kek ağırlığı 'daha düşük-daha iyi' özelliği ile ilişkilendirilmiştir.

Düşük değer en iyi olduğu sinyal-gürültü (S/N) oranı, her faktör seviyesi kombinasyonu için hesaplanmaktadır -10 tabanlı log kullanılarak küçük-en iyi S/N oranı formülü Denklem 4-1'dir.

$$S/N = -10 \cdot \log(\Sigma(Y^2) / n) \quad (4.1)$$

Burada S, verilen faktör seviyesi kombinasyonu için tüm gürültü faktörlerine yönelik yanıtların standart sapmasıdır. Yüzey yüksekliği ise 'daha büyük-daha iyi' bir kalite özelliği ile ilişkilendirilmiştir.

Her faktör seviyesi kombinasyonu için daha büyük olan en iyi olduğu sinyal-gürültü (S/N) oranı hesaplanmaktadır. 10 tabanlı log kullanılarak daha büyük-daha iyi S/N oranı formülü Denklem 4-2'dir.

$$S/N = -10 \cdot \log(\Sigma(1/Y^2) / n) \quad (4.2)$$

Bu denklemlerde N, toplam yanıt sayısını, Y ise bu yanıtların özelliklerini temsil etmektedir. Ayarların optimal kombinasyonu, DOE tabanlı OA ve S/N oranı ile parametrik seviyeler kullanılarak belirlenmektedir.

5.3.5. Ortogonal seçimi

Taguchi sürecinin üçüncü adımında iki düzeyde bir parametreyi ve üç düzeyde iki parametreyi araştırmak için uygun OA'nın seçilmesi gerekmektedir. Üç faktörün ana etkileri ve seviyeleri, OA'da belirli bir sütuna yerleştirilerek incelenmiştir ve sonuç Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Taghuchi yöntemini kullanarak 18 adet farklı kombinasyon deneysel analiz elde edilmiştir. Bu çizelge, her analiz için faktörlerin hangi seviyesini kullanmak gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 5.3. Taguchi'nin tasarladığı ortogonal diziler (L18)

Faktörler	Fırın modeli	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)
1	A	170	10
2	A	170	15
3	A	170	20
4	A	180	10
5	A	180	15
6	A	180	20
7	A	190	10
8	A	190	15
9	A	190	20
10	B	170	10
11	B	170	15
12	B	170	20
13	B	180	10
14	B	180	15
15	B	180	20
16	B	190	10
17	B	190	15
18	B	190	20

5.3.6. Araştırmanın uygulanması

Taguchi'nin dördüncü adımı deneyi gerçekleştirmektir. Deney sırasında iki fırın üzerinde test edilen 18 farklı donanım konfigürasyonu vardır. Her deney için iki farklı hedef dikkat ile ölçülmüştür.

İlgili fırınlarda pişirilmiş olan ürünün nihai sonucunu ve kalitesini kapsamlı bir analiz yapmak için bir test düzeneği kurulmuştur. Tekrarlanabilirliği sağlamanın ve değişkenliğin etkilerini hesaba katmanın bir yolu olarak, her test konfigürasyonu için iki veri seti toplanmıştır. İşlevselliğini ve etkinliğini test etmek için iki farklı fırında toplam 18 adet kek pişirilmiştir.

5.3.7. Verilerin istatistiksel analizi

Son olarak, Taguchi işleminde, istatistiksel bir analiz gerçekleştirmek için L18 Deneyi verileri kullanılmıştır. Her kontrol faktörü için ağırlık ve yükseklik yanıtı ve S/N oranları hesaplanmıştır. Varyans analizi (ANOVA) en önemli kontrol parametrelerini belirlemek ve bunların kalite ve ürünün pişmesi üzerindeki etkilerini ölçmek için kullanılmıştır. MINITAB 15.0 yazılım programı tarafından oluşturulan tam bir rastgeleleştirme prosedürü kullanılarak, seçilen ortogonal dizinin seviyeleri ile aynı prosedür kullanılarak atanmıştır.

5.3.8. Parametrik kombinasyon yoluyla optimizasyon

Taguchi'nin kullandığı diğer adım, en iyi parametre değerlerini belirlemektir. Kontrol faktörü seviyelerinin optimal kombinasyonu, ANOVA, S/N oranı ve yanıt eğrisi analiz sonuçları kullanılarak bulunmuştur. Bu çalışmanın veri işleminin her yönü ve ayrıca üretilen grafikler MINITAB 15.0 istatistiksel yazılım paketi aracılığıyla hesaplanmış ve görüntülenmiştir.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. Veri Analizi

İki kalite özelliği, kek ağırlığı ve kek yüzeyin en yüksek noktası için toplanan deneysel veriler Çizelge 6.1'de listelenmiştir. Listedeki kalite karakteri olarak adlandırılan sonuçlar Taghuchi yönteminin belirttiği 18 deney sonunda elde edilmiştir.

Çizelge 6.1. Ağırlık ve yüzey yüksekliği özellikleri için veri toplama

-	Faktörler			Kalite karakterleri	
	Fırın modeli	Sıcaklık	Süre	Kek ağırlığı	Kekin en yüksek noktası
	-	(°C)	(dk.)	(gr)	(cm)
1	A	170	10	290	3,8
2	A	170	15	245	4,3
3	A	170	20	250	4,6
4	A	180	10	290	4,0
5	A	180	15	270	4,4
6	A	180	20	240	4,7
7	A	190	10	310	3,1
8	A	190	15	275	3,5
9	A	190	20	265	4,2
10	B	170	10	306	4,2
11	B	170	15	292	4,5
12	B	170	20	312	4,8
13	B	180	10	312	4,5
14	B	180	15	302	5,0
15	B	180	20	286	5,5
16	B	190	10	336	3,8
17	B	190	15	326	4,1
18	B	190	20	306	4,8

Resim 6.1 ve Resim 6.2, Taguchi yöntemi ile tasarlanan 18 pişirme deneyin sonuçlarıdır.

Bu deneyler iki farklı kategoride (iki farklı fırın) ile yapıldı ve kombinasyon olarak Çizelge 6.1 kullanılmıştır.



Resim 6.1. A fırın ile pişirilmiş kekler



Resim 6.2. B fırın ile pişirilmiş kekler

Toplanan verilerin istatistiksel olarak işlenmesini daha kolay anlamak, verileri uygun bir şekilde sunmak için yanıt grafikleri ve çizelgeleri kullanılmaktadır. ANOVA tekniği, sonuçları sona erdirmekte ve yorumlanmasına olanak tanımaktadır.

Verileri doğru kullanmak ve uygulamak hedefi ile ilk adımda sonuçların birini dikkate alarak Taguchi analizi her iki değerli sonuç için (kek ağırlığı ve kekin en yüksek noktası) tekrarlanmış ve bu analizler doğrultusunda önemli sonuçlar elde edilmiştir. Uzmanlara danışılarak ve kullanıcı fikirleri dikkate alınarak iki kalite belirleyen faktörler için hangi karakteristik ve görsel özeliğe sahip olurlarsa, sonucun memnun edici olduğu sorulmuştur. Alanında uzmanların ve bu ürünü kullananların memnuniyeti ve beklentisi analizi doğru yapabilmek hedefiyle en önemli adımlardan biridir. Araştırma sonucunda sonucun kek ağırlığının daha hafif ve kek yüksekliğinin daha fazla olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

6.2. Kek Ağırlığı Verilerinin Analizi

Çizelge 6.2.'de üç faktör açısından kek ağırlığının ortalama değerlerini ve her faktörün hangi seviyesinde optimal hedefe ulaşabileceğini göstermektedir. Çizelge 6.2 her faktör için en yüksek ortalama değere sahip olan seviye en iyi sonucun elde edildiğini göstermektedir. Birinci faktör olarak fırın modelinde ikinci fırın (B), ikinci faktör olarak sıcaklık için üçüncü seviye (190 °C) ve son faktör olarak süre için ilk seviye (10 dk.) bulunmuştur.

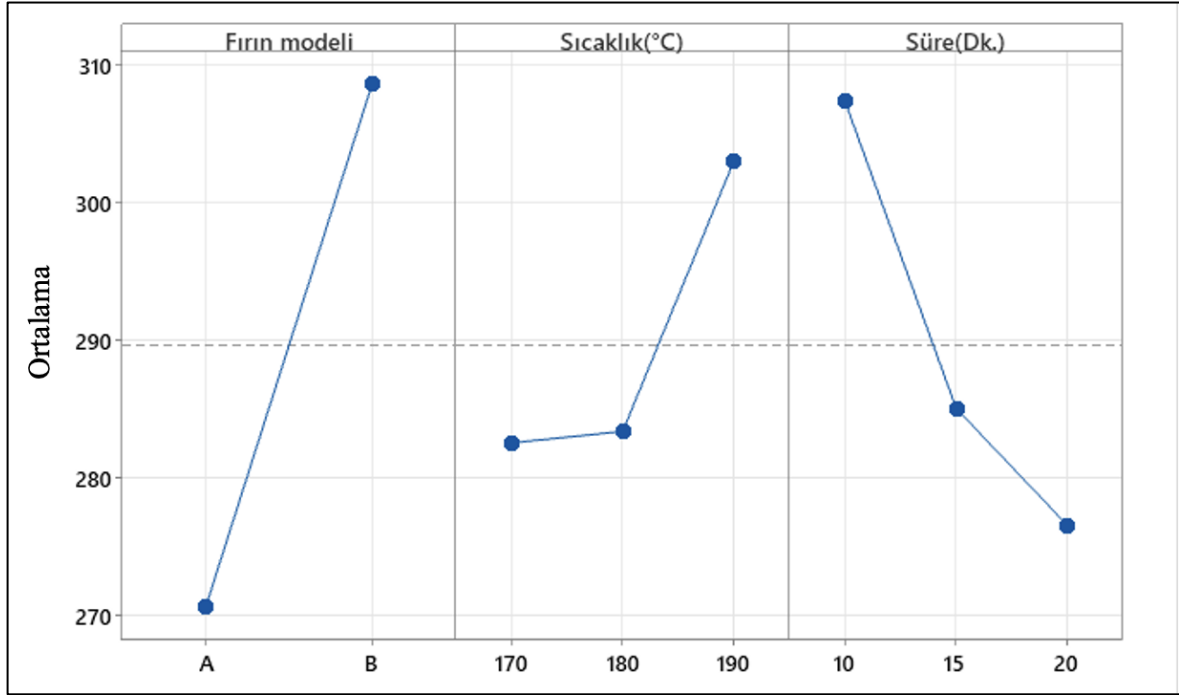
Faktörlerin seviyeleri arasındaki en yüksek ortalama ve en az ortalama farkına Delta denir, örnek olarak Çizelge 6.2'de fırın modeli için Delta: $308,7 - 270,6 = 38,1$ ve her faktörün deltasına göre derecesi belirlenmiştir. En yüksek delta fırın modeline aittir bu yüzden derecesi 1'dir. En düşük delta ise sıcaklık faktörüne aittir ve derecesi 3'tür.

Çizelge 6.2. Kek ağırlığı ortalamaları için yanıt çizelgesi

Seviye	Fırın modellerinden elde edilen ortalama kek ağırlığı (gr)	Sıcaklık faktörü ile elde edilen ortalama kek ağırlığı (gr)	Süre faktörü ile elde edilen ortalama kek ağırlığı (gr)
1	270,6	282,5	307,5
2	308,7	283,3	285,0
3	-	303,0	276,5
Delta	38,1	20,5	30,8
Derece	1	3	2

Çizelge 6.2 için elde edilen sonuç Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Bu grafikte her faktörün hangi seviyesi optimal sonucu sağladığını göstermektedir. Etkenlerin ortalama grafiği her faktörün en yüksek olan noktası, o faktörün en uygun seviyesini göstermektedir.

Şekil 6.1 optimal sonucu elde etmek için faktörlerin en doğru kombinasyonunu göstermekte ve bu kompozisyon Çizelge 6.2 ile aynıdır. Yani fırın modeli faktör için B fırını, sıcaklık için üçüncü seviye ve süre faktörü için birinci seviye olarak bulunmuştur.



Şekil 6.1. Ana etkenler ile elde edilen keklerin ortalama ağırlığı grafiği

Resim 6.3 ve Resim 6.4 sırasıyla kek ağırlığı için en iyi ve en olumsuz sonuçları göstermektedir. Resim 6.3'te B fırını ile pişirilmiş ve Resim 6.4'te ise A fırını ile pişirilmiş kek görülmektedir. Hedeflenen kek özellikleri kalite bakımında iki resmin kıyaslamasında açıkça görülmektedir.



Resim 6.3. Ortalama değerine göre kek ağırlığı için en iyi sonuç



Resim 6.4. Ortalama değerine göre kek ağırlığı için en kötü sonuç

Çizelge 6.3'te faktörlerin sinyal gürültü oranını göstermektedir. Kek ağırlığı için yapılan bu analiz 'daha küçük daha iyi' kavramı esas alınarak yapılmıştır. Çizelge 6.2'de belirlenen her faktörün istenilen sonucu elde etmek için en uygun seçilen seviyesi, sinyal gürültü oranlarını belirten çizelgesinde de aynı cevaba ulaşılmıştır.

Çizelge 6.3. Kek ağırlığı ile elde edilen sinyal-gürültü oranların yanıt çizelgesi

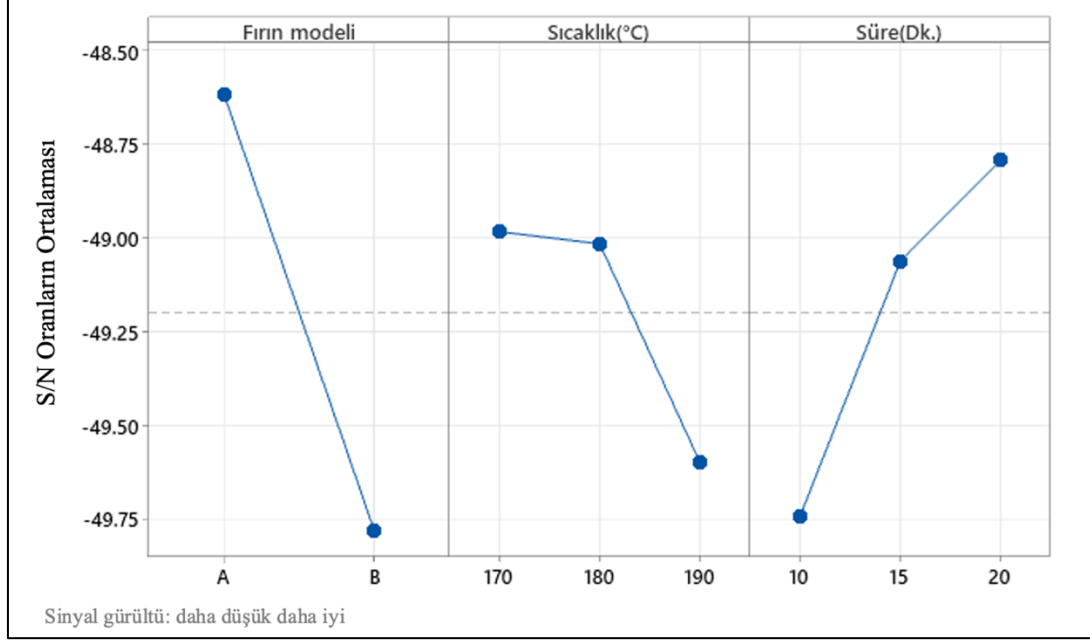
Seviye	Fırın modeli	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)
1	-48,62	-48,98	-49,74
2	-49,78	-49,02	-49,06
3	-	-49,60	-48,79
Delta	1,16	0,61	0,95
Derece	1	3	2

S/N oran dönüşümünü kullanarak deneysel tasarım verilerini analiz etmek için kek ağırlığını 'daha küçük daha iyi' kalite özelliğini baz alarak düşünmek gerekmektedir. Bu, Taguchi teorisine uygundur. Ancak, kullanılan fırın modeli artık tahmin değerini etkileyecek en önemli faktör olacaktır. Sonuç olarak, en büyük delta değerine sahip olan faktör, kek ağırlığını mümkün olduğu kadar belirtilen değere yaklaştıran değişken olacaktır.

Şekil 6.2'de görüldüğü gibi, kek ağırlığı tepkisinin ortalama değerleri, kullanılan fırın modeli ile bağlantılı olarak oldukça belirgin ve önemlidir. Şekil 6.2'de, B fırını kullanımında kekin ağırlığının en düşük seviyede olduğu ve A fırını kullanımında kekin ağırlığının önemli ölçüde yükseldiği görülmektedir.

Şekil 6.2 aynı zamanda analizde değerlendirilen üç değişkenin hangisinin etkisinin en çok olduğunu basit bir şekilde göstermektedir. B fırın modeli için sinyal gürültü değeri en düşük

seviyede olduğu bu faktörün diğer faktörlere göre daha önemli değere sahip olduğunu göstermektedir. Fırın modeli faktöründe iki seviye arasındaki görünen ciddi fark, bu faktörün optimum hedefe ulaşmak için en önemli ölçüt olduğunu başka bir şekilde göstermektedir.



Şekil 6.2. Ana etkenler ile elde edilen kek ağırlığının S/N oranların ortalama grafiği

Çizelge 6.4 ve 6.5, sırasıyla ilgili ANOVA testlerinin sonuçlarının bir özetini sunmaktadır. Çizelge 6.4'te, işlemdeki diğer faktörlerle karşılaştırıldığında en büyük etkiye sahip olduğu için fırın modeli en önemli işlem kontrol faktörü olduğu açıktır. Katkı yüzdeleri bir arada incelersek hedeflenen kaliteyi elde etmek için en çok etkiye sahip olan faktör fırındır, ikinci olarak süre ve son olarak sıcaklıktır.

Çizelge 6.4. Kek ağırlığı için ANOVA analizi

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Katkı Düzeyi	Kareler Ortalaması	F-Değer	P-Değer
Fırın modeli	1	6536	%50,95	6536,1	48,02	0,00002
Sıcaklık (°C)	2	1615	%12,59	807,7	5,93	0,01615
Süre (dk.)	2	3043	%23,72	1521,7	11,18	0,00181
Hata	1 2	1633	%12,73	136,1	-	-
Toplam	1 7	12828	%100,00	-	-	-

Çizelge 6.5. Kek ağırlığı için model özeti

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
11,6667	%87,27	%81,96	%71,35

Çizelge 6.4'teki ANOVA sonuçlarını göstermektedir. ANOVA farklı faktör seviyelerindeki yanıt değişken ortalamalarını karşılaştırarak bir veya daha fazla faktörün önemini değerlendirmektedir. Df serbestlik derecesidir ve bu derece her faktörün değerleri değişmekte serbest olan sayıdır. Seq SS ardışık kareler toplamıdır ve faktörlerin farklı birleşimleri için ANOVA ölçüleridir. Katkı değeri her faktörün analizin sonucunda katkı yüzdesini belirtmektedir. Keki ağırlığının optimal sonuca varması için en çok katkıda bulunan fırın modeli olduğunu göstermektedir. Adj MS düzeltilmiş kareler toplamıdır ve modelin farklı bileşenleri için varyasyon ölçüleridir. F-değeri faktörün yanıtla ilişkili olup olmadığını belirlemek için kullanılan test istatistiğidir. P-değeri genellikle 0,05 anlamlı düzeydir ve sonuca varma riskini %5 olduğunu göstermektedir. Fırın modelin P-değeri 0,00002 ve süre 0,00181 düzeyinde istatistiksel olarak 0,05'den daha küçük olduğu için anlamlıdır.

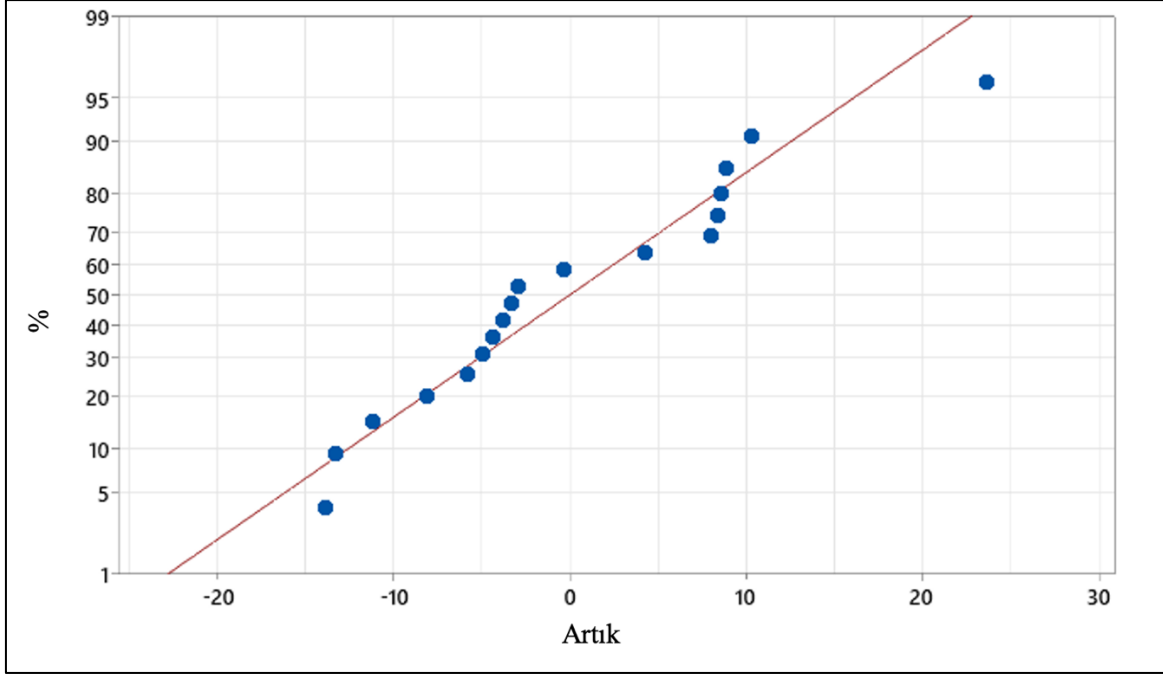
Çizelge 6.5'te S modelin yanıtı ne kadar iyi tanımladığını değerlendirmektedir, S değeri ne kadar düşüğe, model yanıtı o kadar iyi tanımlamaktadır. R^2 model tarafından belirlenmiş yanıtta varyasyon yüzdesidir. Bu değer ne kadar yüksek olursa model verilere o kadar uygundur ve doğru tepki göstermektedir. Genellikle Taguchi analizlerinde %85 üstü modelin doğru olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada R^2 toplam değeri %87,27 olarak görülmektedir ve bu da modelin güvenilir olduğunu göstermektedir.

R-sq (adj) model tarafından açıklanan, gözlem sayısına göre modeldeki tahmin edicilerin sayısı için ayarlanmış yanıtta varyasyonun yüzdesidir.

R-sq (pred) modelin yeni gözlemlere yönelik ne kadar iyi tahmin ettiğini göstermektedir. Bu değer ne kadar büyük olursa o model daha iyi tahmin yeteneğine sahiptir. Çizelge 6.5'te bu değer %71,35'dir.

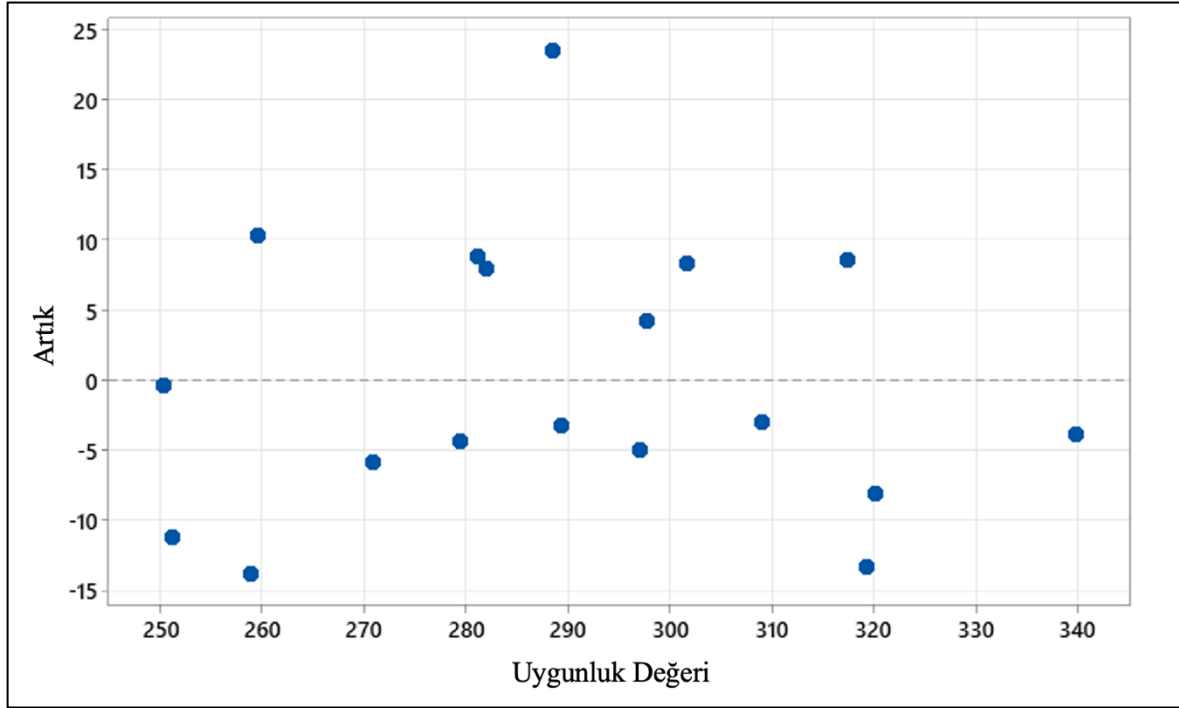
Şekil 6.3 kek ağırlığı için kalıntıların normal olan olasılığını göstermektedir, dağılım normal olduğunda artıkları (bir değer o grup için tüm değerlerin ortalaması arasındaki fark)

beklenen değerler ile kıyaslamaktadır. Şekil 6.3'teki; kırmızı çizgi normal olan kalıntı değerler ve noktalarsa deneylerin sonunda elde edilmiş sonuçlardır. Bu noktalar kırmızı çizgiye ne kadar yakın olurlarsa o deneyin o kadar doğru olduğunu göstermektedir. Genel anlamda, bu noktaların normal çizgiye yakın olduğunu ve deneyin beklenen akışta olduğunu grafik şeklinde göstermektedir.



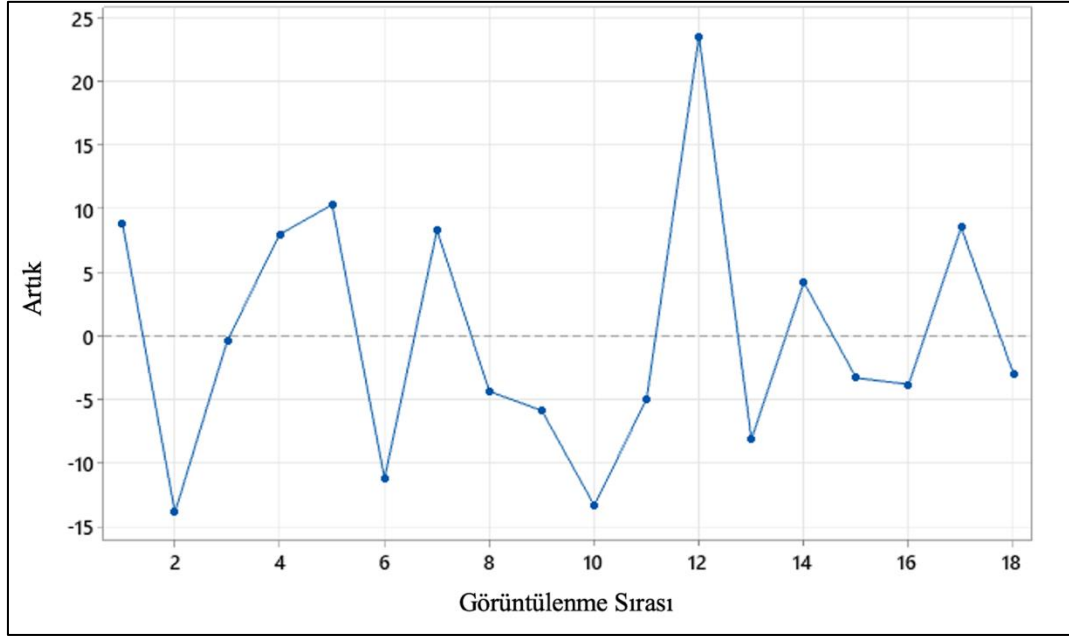
Şekil 6.3. Kek ağırlığı için ANOVA normal olasılık grafiği

Şekil 6.4 artıkların rastgele dağılımı ve sabit ANOVA'ya sahip olduğu varsayımını doğrulamak için artıklara karşılık uygun grafiği göstermektedir. İdeal olarak, noktalar 0'ın her iki tarafına rastgele düşmelidir ve noktalarda tanınabilir desenler olmamalıdır.



Şekil 6.4. Kek ağırlığı için ANOVA artıklar uygunluğa karşı grafiği

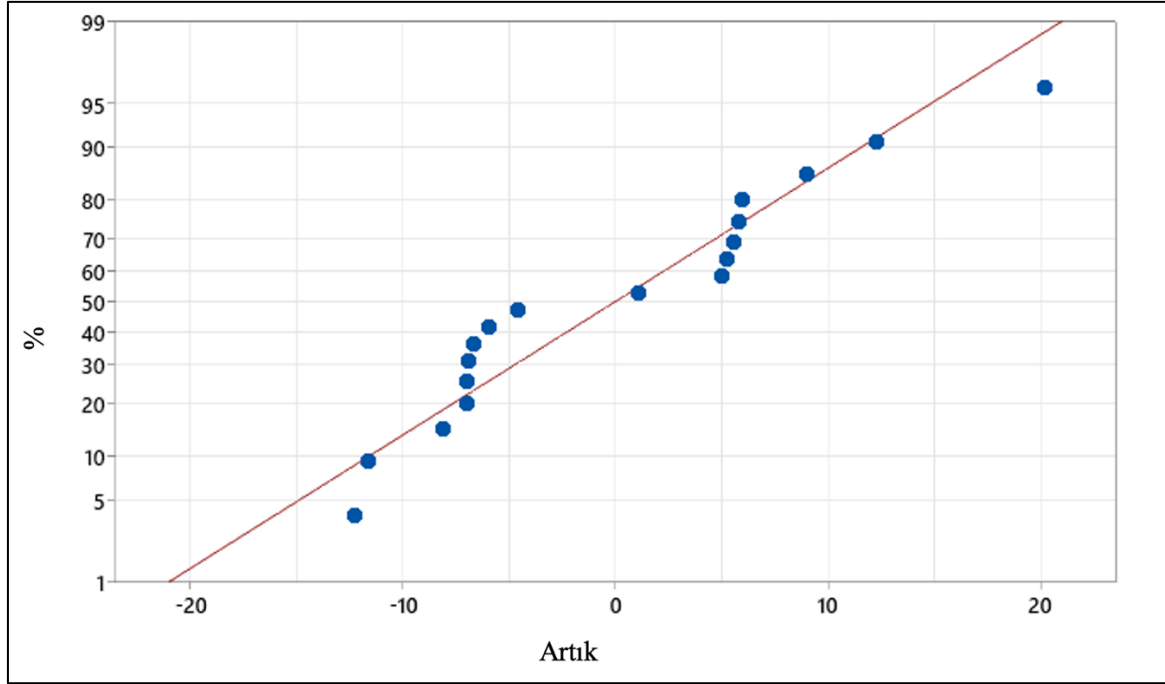
Şekil 6.5 artıkların birbirinden bağımsız olduğu varsayımını doğrulamak için artıklara karşı sipariş grafiğidir. Bağımsız kalıntılar, zaman sırasına göre görüntülendiğinde hiçbir eğilim göstermemektedir. Noktalardaki dağılımlar, birbirine yakın artıkların ilişkili olabileceğini ve dolayısıyla bağımsız olmadığını gösterebilir. İdeal olarak, şekil üzerindeki artıklar merkez çizgisi etrafında rastgele düşmelidir.



Şekil 6.5. Kek ağırlığı için ANOVA kalıntıları görüntülenme sırasına karşı grafiği

Taguchi yöntemi deneylerden elde edilen sonuçlar ve hesaplanan ortalamaları göz önünde bulundurarak hedef faktörün (çıktı olarak), kontrol faktörleriyle (girdi olarak) ilişkisinin matematiksel denklemini hesaplamaktadır. Bu denklem istatistik analizlerinde regresyon olarak adlandırılmaktadır. Regresyon denklemi daha fazla deneye gerek kalmadan, belirli hedefe ulaşmak için etken faktörlerin oranıdır. Taghuchi yöntemini birçok alanda, hedefleri birbirinden farklı ürün tasarımında ve ürün geliştirme tasarımında kullanımının yaygın olmasının önemli sebeplerden biri deney sayısını en aza indirip, maliyetleri de en aza indirmektedir.

Şekil 6.6'da daha önce bahsedilen normal olasılık grafikler gibi sonuçların normal değerlerden sapmasını göstermektedir. Bu şekilde kırmızı çizgi normal değer ve mavi noktalar yapılan deneylerin sonuçlarıdır. Deney sonuçların kırmızı çizgiye yakın olmaları modelin güvenilirliğini göstermektedir.



Şekil 6.6. Kek ağırlığı için regresyon analizinin normal olasılık grafiği

Bu çalışmada iki farklı fırın kullanıldığı için Taguchi yöntemi ile her fırın farklı kategorilere ayrılmış ve her fırın için farklı regresyon analizi yapılmıştır. Çizelge 6.6 regresyon analizinin doğruluk yüzdesini göstermektedir.

Çizelge 6.6. Kek ağırlığı için katsayılar

Terim	Coef	SE Coef	%95 CI	T-Değer	P-Değer	VIF
Sabit	132,3	65,9	(-8,9/ 273,6)	2,01	0,064	-
Sıcaklık (°C)	1,025	0,360	(0,253/ 1,797)	2,85	0,013	1,00
Süre (dk.)	-3,083	0,720	(-4,628/-1,538)	-4,28	0,001	1,00
Fırın modeli	-	-	-	-	-	-
B	38,11	5,88	(25,50/50,73)	6,48	0,000	1,00

A fırınının regresyon analizi;

$$\text{Kek ağırlığı (gr)} = 132,3 + 1,025 \text{ Sıcaklık (°C)} - 3,083 \text{ Süre (dk.)}$$

B fırının regresyon analizi;

$$\text{Kek ağırlığı (gr)} = 170,4 + 1,025 \text{ Sıcaklık (°C)} - 3,083 \text{ Süre (dk.)}$$

Çizelge 6.6 bilinmeyen kalite karakteri tahminleri ve bir tahmin değişkeni (faktörler) ile yanıt arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. SE Coef katsayı tahmininin kesinliğini ölçmek için katsayı standart hatası kullanılmaktadır. Bu hata ne kadar küçük olursa, tahmin o kadar kesin olmaktadır.

%95 CI modeldeki her bir faktör için popülasyon katsayısının tahminini değerlendirmek güven aralığıdır. Bir regresyon analizinde ne kadar çoklu bağlantı olduğunu açıklamak için VIF değer kullanılmaktadır. Çoklu doğrusal bağlantı sorunludur, çünkü regresyon katsayılarının ANOVA sini artırabilir, bu da tahmin edici faktörlerin her birinin yanıt üzerindeki bireysel etkisini değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır. Eğer $VIF = 1$ olursa ilişkili değildir.

Çizelge 6.7. Kek ağırlığı için regresyon analizinin model özeti

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
12,4768	%83,01	%79,37	%70,01

Çizelge 6.8. Kek ağırlığı için ANOVA analizi

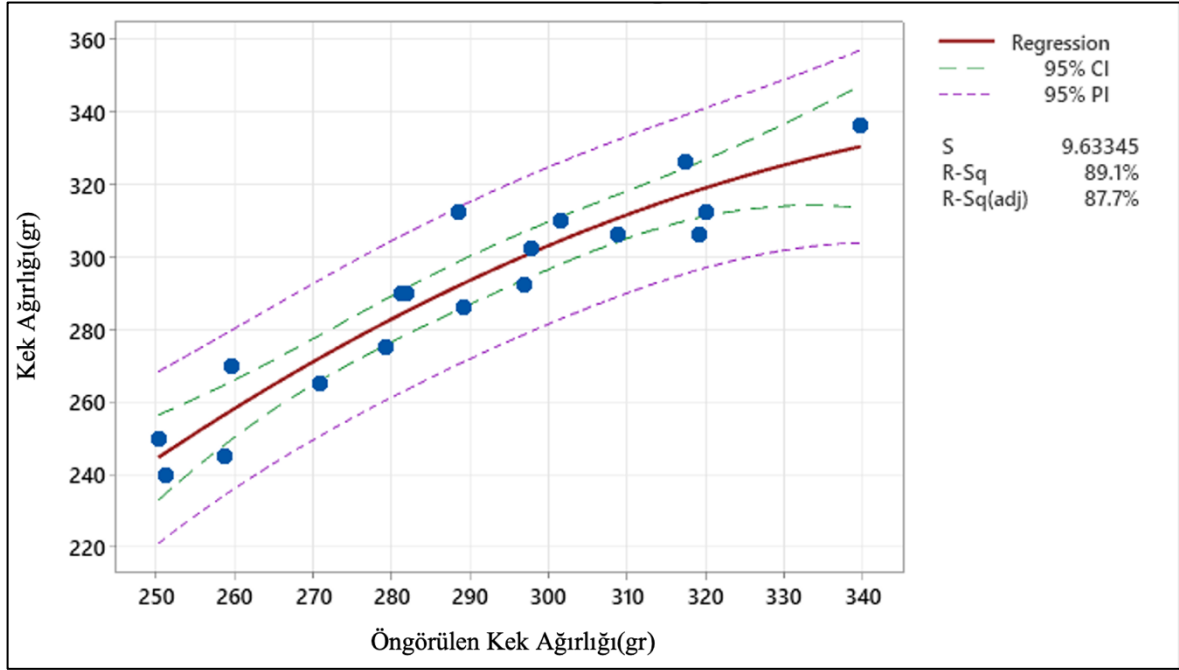
Kaynak	df	Kareler Toplamı	Katkı Düzeyi	Kareler Ortalaması	F-Değer	P-Değer
Regresyon	3	10649	%83,01	3549,6	22,80	0,000
Sıcaklık (°C)	1	1261	%9,83	1260,8	8,10	0,013
Süre (dk.)	1	2852	%22,23	2852,1	18,32	0,001
Fırın modeli	1	6536	%50,95	6536,1	41,99	0,000
Hata	14	2179	%16,99	155,7	-	-
Toplam	17	12828	%100	-	-	-

Taguchi'nin sağladığı diğer değer sahibi olan analiz ise değerlerin ortalamasını kullanarak sonuçların öngörülmesidir. Çizelge 6.9'da deney sonuçları ve öngörülen sonuçları bir arada gösterilmektedir.

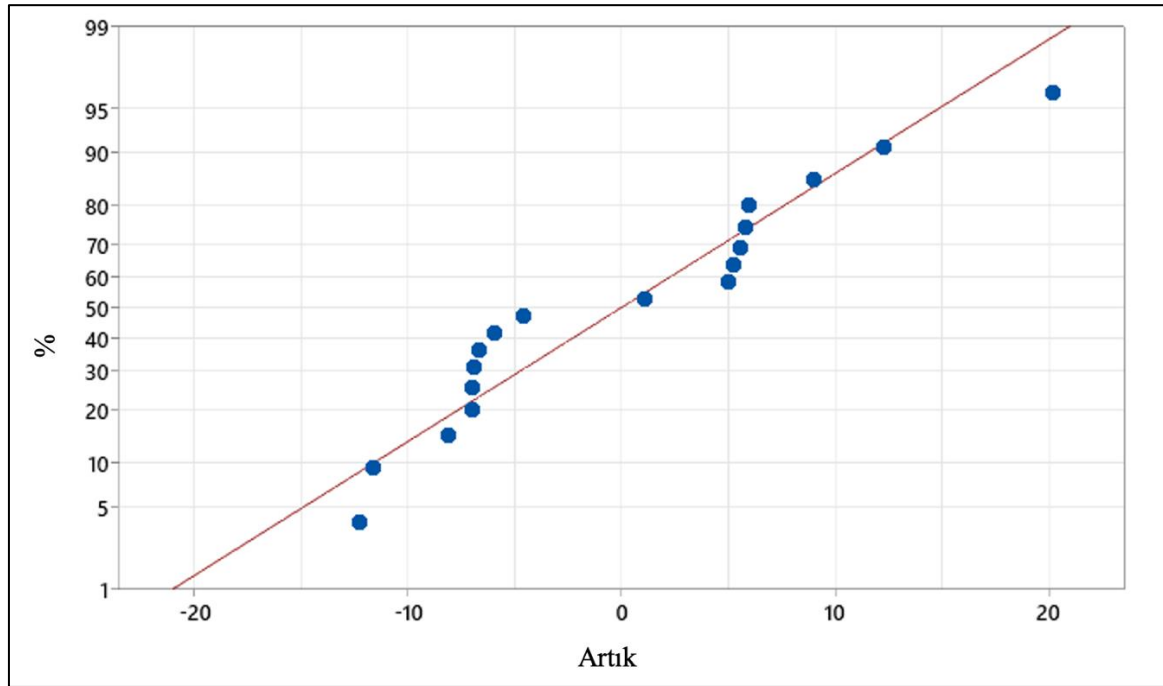
Çizelge 6.9. Kek ağırlığı için öngörülen Taguchi sonuçları

-	Faktörler			-	
	Fırın modeli	Sıcaklık	Süre	Kek ağırlığı	Öngörülen kek ağırlığı
	-	(°C)	(dk.)	(gr)	(gr)
1	A	170	10	290	281,167
2	A	170	15	245	258,833
3	A	170	20	250	250,333
4	A	180	10	290	282,000
5	A	180	15	270	259,667
6	A	180	20	240	251,167
7	A	190	10	310	301,667
8	A	190	15	275	279,333
9	A	190	20	265	270,833
10	B	170	10	306	319,278
11	B	170	15	292	296,944
12	B	170	20	312	288,444
13	B	180	10	312	320,111
14	B	180	15	302	297,778
15	B	180	20	286	289,278
16	B	190	10	336	339,778
17	B	190	15	326	317,444
18	B	190	20	306	308,944

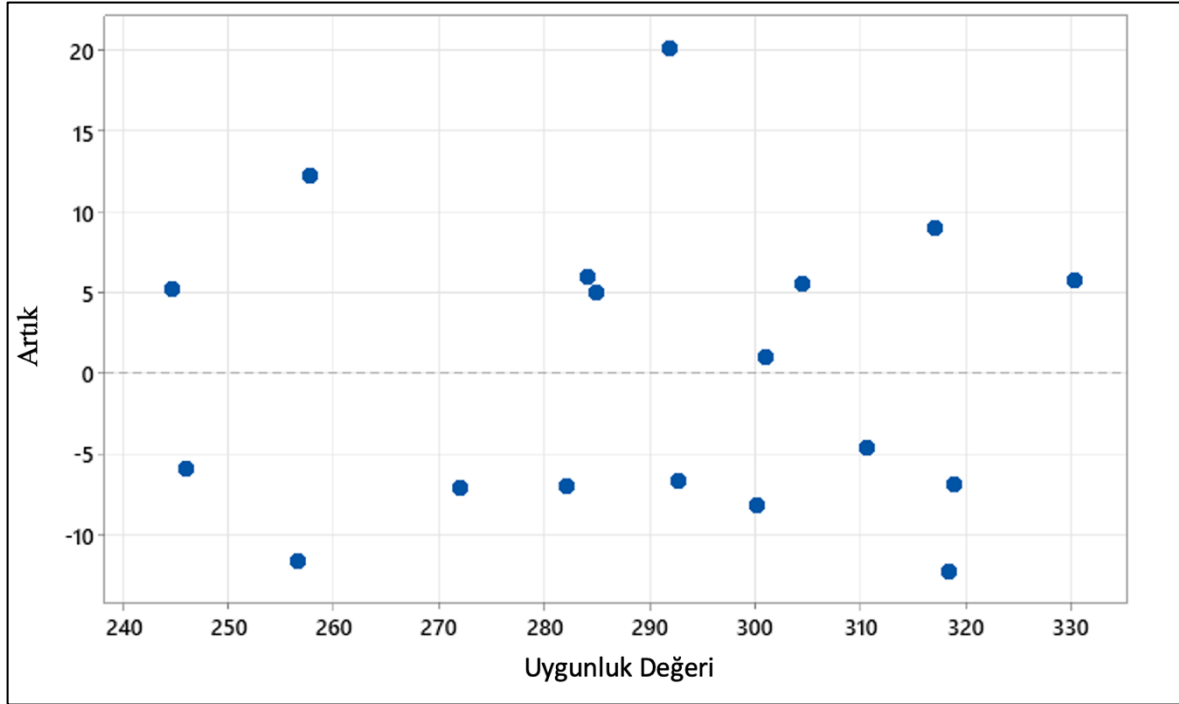
Şekil 6.7'de elde edilen CI uyum için güven aralığı ve PI tahmin aralığı, gelecekte başka bir tahmin değerinin olasılığı olan bir aralıktır. Deney sonuçları olan mavi noktalar, regresyon çizgisine yakın olmaları, modelin doğru ve güvenilirliği yüksek olduğunu göstermektedir.



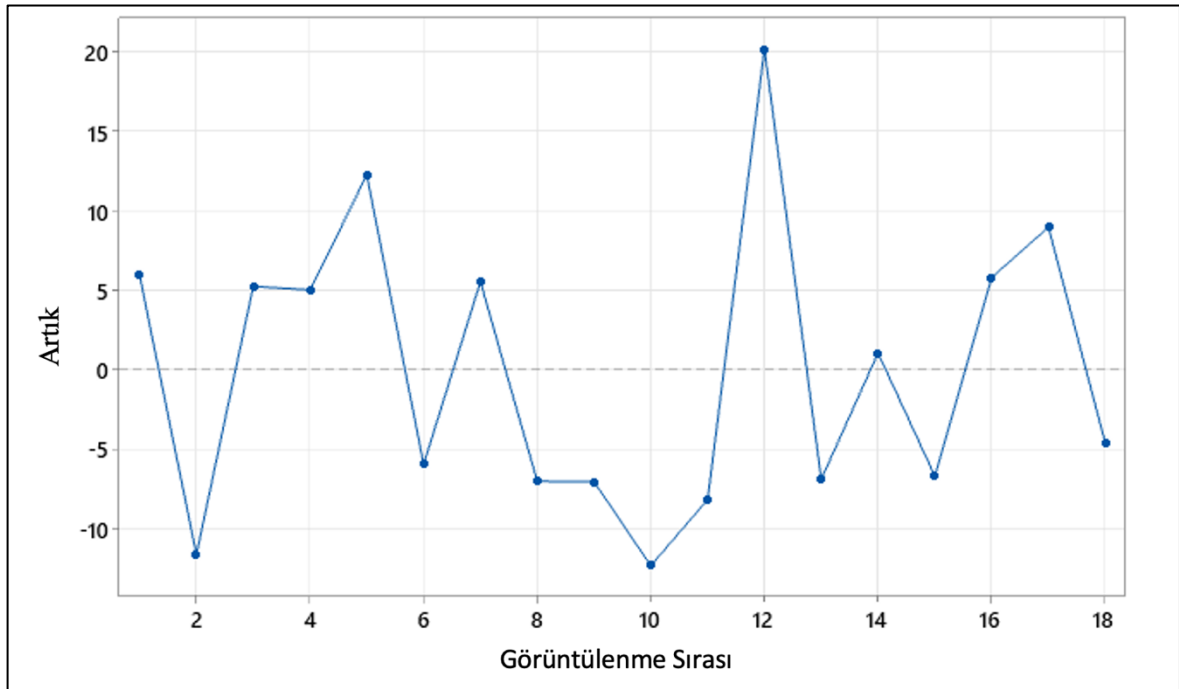
Şekil 6.7. Kek ağırlığının model için uygunluk çizgi grafiği



Şekil 6.8. Kek ağırlığı için regresyon analizinin normal olasılık grafiği



Şekil 6.9. Kek ağırlığı için regresyon kalıntıları uygunluğa karşı grafiği



Şekil 6.10. Kek ağırlığı için regresyon kalıntıları görüntülenme sırasına karşı grafiği

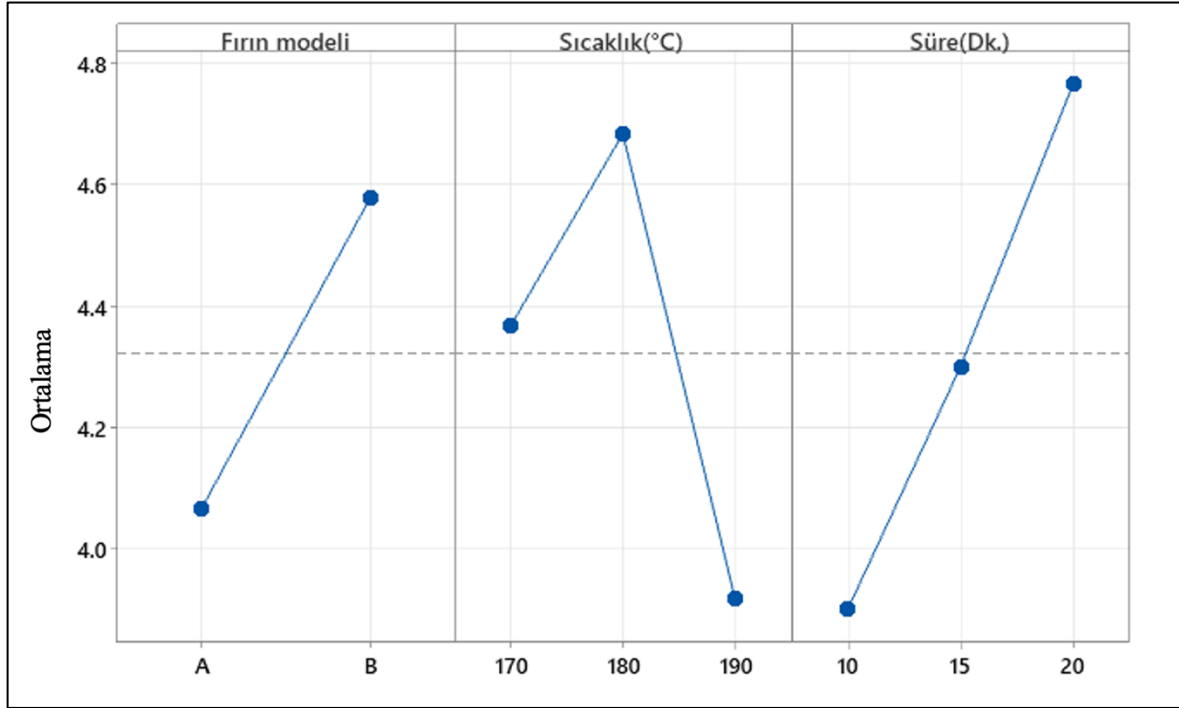
6.3. Kek Yüzeyin Maksimum Yüksekliğin Analizi

Çizelge 6.10'da listelenen üç faktör kullanılarak, kek yüzeyin maksimum yükseklik ortalama değerleri gösterilmektedir. Çizelge 6.10 her faktörün hangi seviyesi hedefi elde etmek için en uygun olduğunu ortalamaya göre göstermiştir. Fırın modeli faktör için en yüksek olan ortalama B fırınına ait, sıcaklık faktör için ikinci seviye yani 180° ve süre için üçüncü seviye yani 20 dk.'nın en iyi kompozisyon olduğunu göstermektedir. İşlem kontrol faktörleri ile ilgili olarak, Çizelge 6.10' da işlemdeki diğer tüm faktörlerle karşılaştırıldığında en fazla etkiye sahip olduğu için pişirme süresi dikkate alınması gereken en önemli faktör olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.10. Kekin maksimum yüksekliğin ortalamaları için yanıt çizelgesi

Seviye	Fırın modellerinden elde edilen ortalama kekin yüksekliği (cm)	Sıcaklık faktöründen elde edilen ortalama kekin yüksekliği (cm)	Süre faktöründen elde edilen ortalama kekin yüksekliği (cm)
1	4,067	4,367	3,900
2	4,578	4,683	4,300
3	-	3,917	4,767
Delta	0,511	0,767	0,867
Derece	3	2	1

Şekil 6.11'de kekin maksimum tepe yüksekliği ortalama değerlerinin, pişirme süresi arttıkça güçlü bir şekilde arttığı görülmektedir. Şekil 6.11'de, kekin yüzey tepe noktasının 20 dakikada pişirildiğinde en yüksek seviyede olduğu ve daha düşük sürelerde pişirildiğinde ise önemli ölçüde azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.11. Kekin maksimum yüksekliğin ortalamaları için ana etkiler grafiği

Resim 6.5'te Taguchi analizinde ortalama değerlerine göre en iyi seviye her faktör için belirlenmiştir. Fırın modeli olarak B fırın, sıcaklık faktörü için ikinci seviye ve süre faktörü için ise üçüncü seviye en iyi sonucu göstermektedir. Deney sonucu olarak elde edilen bu kombinasyonunun sonucu Resim 6.5'te görülmektedir. Tam tersi, ortalama değerine göre en kötü sonuç da Resim 6.6'da görülmektedir. Kalite görünürlüğü bakımından Resim 6.6'da görülen kek pişmemiştir.



Resim 6.5. Ortalama değerine göre kekin maksimum yüksekliği için en iyi sonuç



Resim 6.6. Ortalama değerine göre kekin maksimum yüksekliği için en kötü sonuç

Çizelge 6.11'deki ANOVA sonuçlarını göstermektedir. ANOVA farklı faktör seviyelerindeki yanıt değişken ortalamalarını karşılaştırarak bir veya daha fazla faktörün önemini değerlendirmektedir. Çizelge 6.11, her üç faktörün 0,05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösteren ANOVA sonuçlarını göstermektedir. En küçük düzey süre faktörüne ait olduğu için en çok katkıyı ve etkiyi yansıtmakta ve sonra sırasıyla sıcaklık ve fırın modeli faktörü gelmektedir.

Çizelge 6.11. Kekin maksimum yüksekliği için ANOVA analizi

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Katkı Düzeyi	Kareler Ortalaması	F-Değer	P-Değer
Fırın modeli	1	1,1756	%21,41	1,17556	50,99	0,000012
Sıcaklık (°C)	2	1,7811	%32,44	0,89056	38,63	0,000006
Süre (dk.)	2	2,2578	%41,12	1,12889	48,96	0,000002
Hata	12	0,2767	%5,04	0,02306	-	-
Toplam	17	5,4911	%100	-	-	-

Df serbestlik derecesidir ve bu derece her faktörün değerleri değişmekte serbest olan sayıdır.

Seq SS ardışık kareler toplamlarıdır ve faktörlerin farklı birleşenleri için ANOVA ölçüleridir. Katkı değeri her faktörün analizinin sonucunda katkı yüzdesini belirtmektedir. Kekin en yüksek noktasının optimal sonuca varması için en çok etkili olan süre olduğunu göstermektedir.

Adj MS düzeltilmiş kareler toplamlarıdır ve modelin farklı bileşenleri için varyasyon ölçüleridir. F-değeri faktörün yanıtla ilişkili olup olmadığını belirlemek için kullanılan test istatistiğidir. P-değeri genellikle 0,05 anlamlı düzeydir ve sonuca varma riskinin %5 olduğunu göstermektedir. Çizelge 6.11 tüm faktörlerin p-değerinin 0,05'den az olduğu ve her üç faktörün de kalite karakterini elde etmek için önemli ve etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar R-kare'nin toplamda %94,96'lık değerini göstermektedir, Taguchi yönteminde R-kare %85 ve %99 aralığında olduğu zaman tasarımın ve analizin güvenliğini ve kabul edici derecede olduğunu göstermektedir. R-sq (pred) modelin yeni gözlemlere yönelik ne kadar iyi tahmin ettiğini göstermektedir. Bu değer ne kadar büyük olursa o model daha iyi tahmin yeteneğine sahiptir. Çizelge 6.12'de bu değer %88,66'dır.

Çizelge 6.12'de S modelin yanıtı ne kadar iyi tanımladığını değerlendirmekte, S değeri ne kadar düşükse, model yanıtı o kadar iyi tanımlamaktadır. R^2 Model tarafından belirlenmiş yanıtta varyasyon yüzdesidir. Bu değer ne kadar yüksek olursa model verilere o kadar uygundur ve doğru tepki göstermektedir. Genellikle Taguchi analizlerinde %85 üstü modelin doğru olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada R^2 toplam değeri %94,96 olarak görülmektedir ve bu da modelin güvenilir olduğunu göstermektedir.

R-sq (adj) model tarafından açıklanan, gözlem sayısına göre modeldeki tahmin edicilerin sayısı için ayarlanmış yanıtta varyasyonun yüzdesidir.

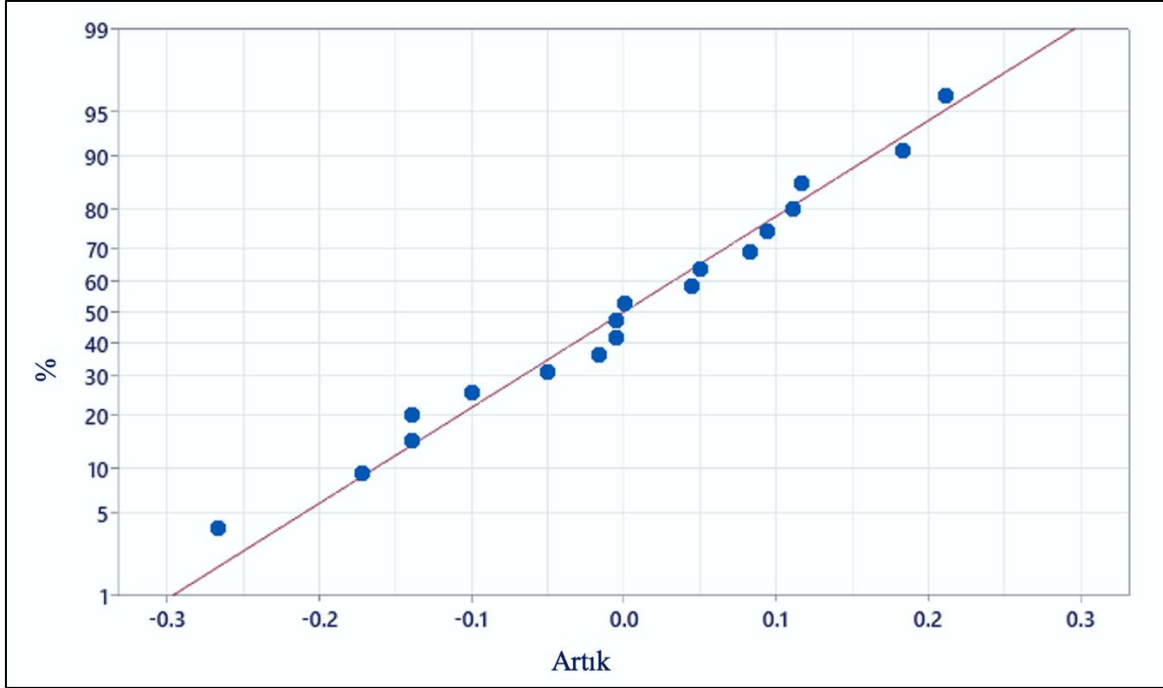
R-sq (pred) modelin yeni gözlemlere yönelik ne kadar iyi tahmin ettiğini göstermektedir. Bu değer ne kadar büyük olursa o model daha iyi tahmin yeteneğine sahiptir. Çizelge 6.12'de bu değer %88,66'dır.

Çizelge 6.12. Kekin maksimum yüksekliği için model özeti

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,151841	%94,96	%92,86	%88,66

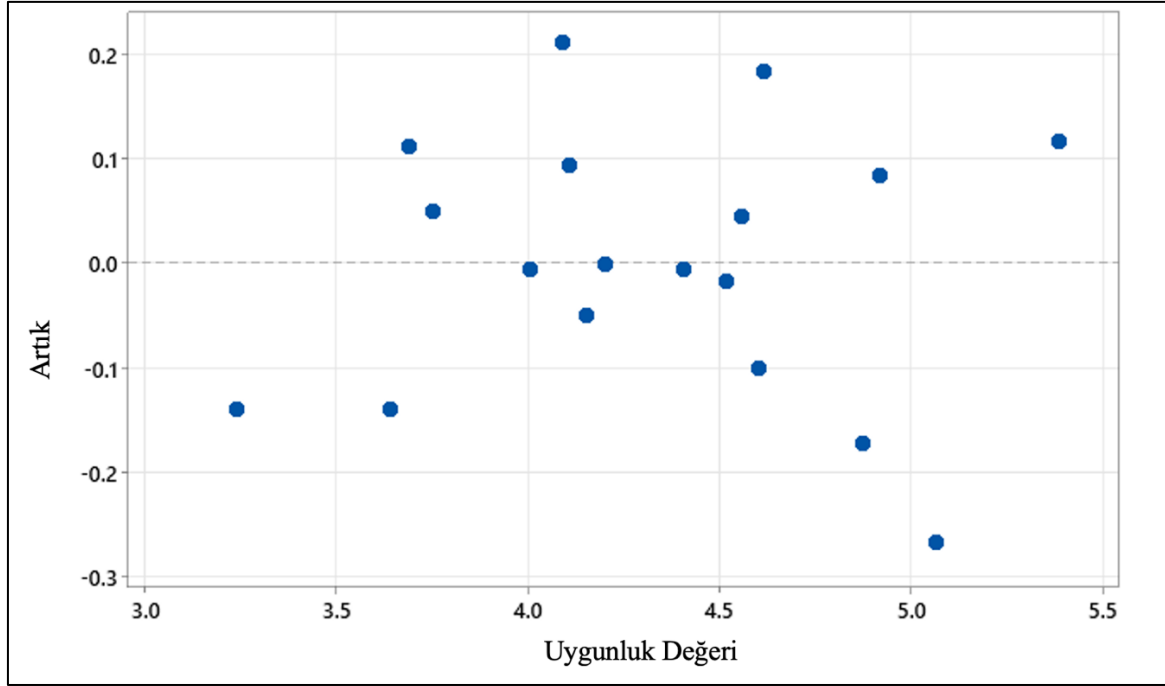
Şekil 6.12 kekin tepe noktası için kalıntıların normal olan olasılığını göstermektedir, Dağılım normal olduğunda artıkları (bir değer için tüm değerlerin ortalaması arasındaki fark) beklenen değerlerle kıyaslanmaktadır. Şekil 6.12'de kırmızı çizgi normal

olan kalıntı değerler ve noktalarsa deneylerin sonunda elde edilmiş sonuçlardır. Bu noktalar kırmızı çizgiye ne kadar yakın olurlarsa o deneyin o kadar doğru olduğunu göstermektedir. Genel anlamda bu noktaların normal çizgiye yakın olduğunu ve deneyin beklenen akışta olduğunu göstermektedir.



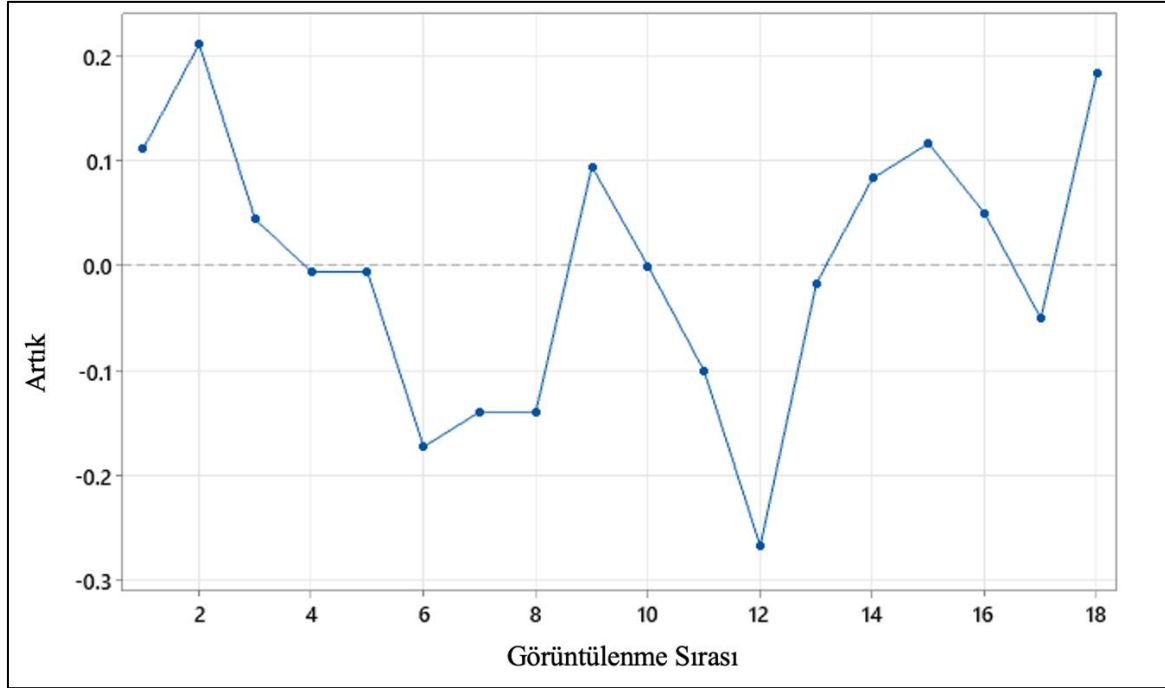
Şekil 6.12. Keken maksimum yüksekliği için ANOVA normal olasılık grafiği

Şekil 6.13 artıkların rastgele dağılımı ve sabit ANOVA sahip olduğu varsayımını doğrulamak için artıklara karşılık uygun grafiğidir. İdeal olarak, noktalar 0'ın her iki tarafına rastgele düşmelidir ve noktalarda tanınabilir dağılımlar olmamalıdır.



Şekil 6.13. Kekin maksimum yüksekliği için ANOVA kalıntılar uygunluğa karşı grafiği

Şekil 6.14 artıkların birbirinden bağımsız olduğu varsayımını doğrulamak için artıklara karşı uygunluk değeri grafiğidir. Bağımsız kalıntılar, zaman sırasına göre görüntülendiğinde hiçbir eğilim veya kalıp göstermez. Noktalardaki desenler, birbirine yakın artıkların ilişkili olabileceğini ve dolayısıyla bağımsız olmadığını gösterebilir. İdeal olarak, şekil üzerindeki artıklar merkez çizgisi etrafında rastgele düşmelidir.



Şekil 6.14. Kekin maksimum yüksekliği için ANOVA kalıntıları görüntülenme sırasına karşı grafiği

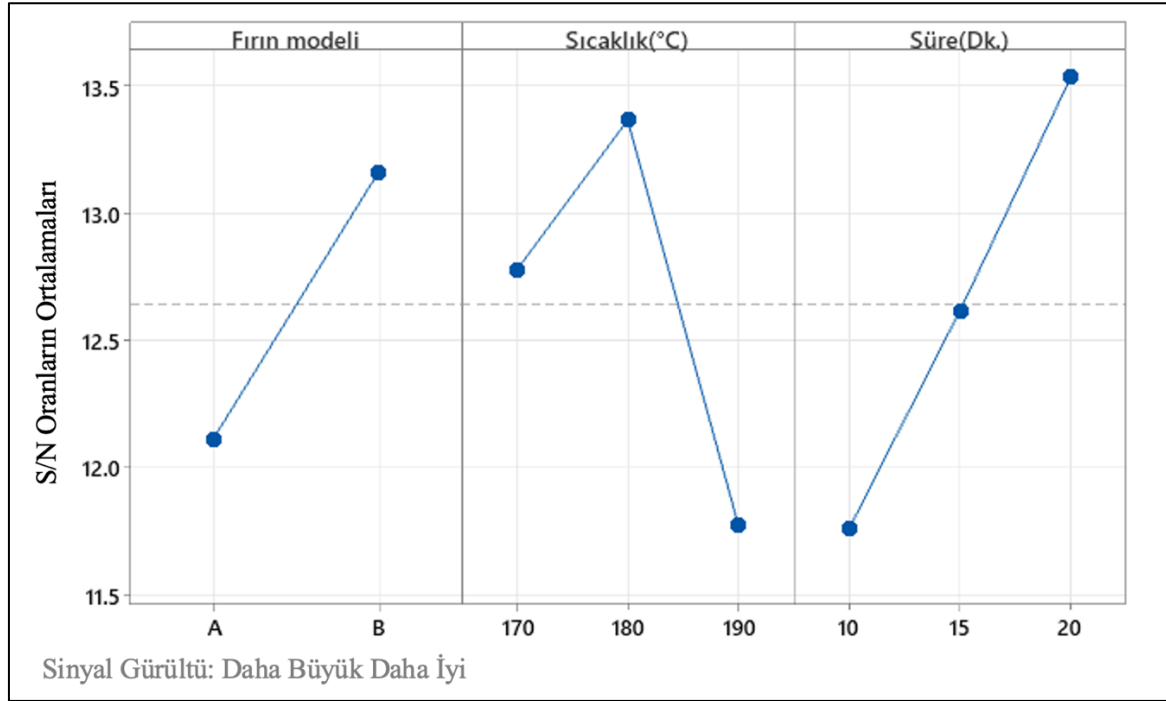
Deneysel tasarım verilerini analiz etmek, S/N oranı dönüşümünü kullanmak için, kek yüzeyi tepe noktası, 'daha büyük-daha iyi' kalite özelliği olarak düşünülmelidir. Taguchi teorisine göre bu doğrudur. Bu kek ürününün yüzey tepe hedef değeri; uzmanlar, tüketiciler ve fabrika kalite yönetimi prosedürleri tarafından en yüksek olarak belirlenmiştir. ISO 9001 tabanlı kalite yönetim prosedürlerinin bir parçası olarak bu uygulanacaktır. Bu değişikliklerle tahmin değerine önemli bir etkisi olacak tek şey pişirme süresidir. Başka bir deyişle, ideal kek yüzeyinin tepe yüksekliğini maksimize eden ayardır.

Çizelge 6.13 süre faktörü üçüncü seviyede çalıştırıldığında, araştırmacının son derece tatmin edici olduğunu düşündüğü en yüksek yüzey zirvesi için bir tahmin değeri vermektedir. Bu durumda ideal pişirme süresi 20 dakikadır. Çizelge 6.13 sıcaklık ve fırın modeli, sırasıyla S/N oranı dönüştürülmüş veriler için optimizasyon değerine hâkim olduğunu ortaya koymuştur. Hiyerarşiye bakıldığında, sıcaklık ve fırın modelinin hiyerarşinin ikinci seviyelerine yerleştirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Gıda formülasyonları söz konusu olduğunda, karıştırma ve harmanlama dizileri çok fazla değişkenlik yaratmaktadır. Bir kekin maksimum yüksekliğini belirtmek için sırasıyla negatif, sıfır ve pozitif değerler kullanılmaktadır.

Çizelge 6.13. Kekin maksimum yüksekliğin için S/N oranı yanıt çizelgesi

Seviye	Fırın modeli	Sıcaklık (°C)	Süre (dk.)
1	12,12	12,78	11,76
2	13,16	13,37	12,62
3	-	11,77	13,54
Delta	1,05	1,59	1,77
Derece	3	2	1



Şekil 6.15. Kekin maksimum yüksekliği için S/N oranının ana etkenlerin grafiği

Kek yüksekliği ölçümünde, yüzey tepe noktası, en yüksek tepe noktasında kaydedilecek bir referans değeri ile kek yüksekliğinin yukarıdan aşağıya ölçümüdür. Bununla birlikte, araştırılabilecek çeşitli başka ürün özellikleri olsa da yukarıda bahsedilen özelliklerin her ikisinin de tüketicilerin fiziksel açıdan yüksek kalite olarak algıladıkları ile pazarlama perspektifinden kritik korelasyonlar olduğu düşünölmektedir.

Regresyon analizi yapılarak kekin en yüksek noktasının çıktı olarak elde edilen sonuçlar:

A fırınının regresyon analizi;

Kekin maksimum yüksekliği (cm) = 6,82 – 0,02250 sıcaklık (°C) + 0,0867 süre (dk.)

B fırının regresyon analizi

Kekin maksimum yüksekliği (cm) = $7,33 - 0,02250 \text{ sıcaklık } (^{\circ}\text{C}) + 0,0867 \text{ süre (dk.)}$

Çizelge 6.14, bilinmeyen kalite karakteri tahminleri ve bir tahmin değişkeni (faktörler) ile yanıt arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. SE Coef katsayı tahmininin kesinliğini ölçmek için katsayı standart hatası kullanılmaktadır. Bu hata ne kadar küçük olursa, tahmin o kadar kesin olur. Çizelge 6.14'te bu hata eksi bir şekilde ve en düşük olarak sıcaklık faktör için belirlenmiştir.

%95 CI modelindeki her bir faktör için popülasyon katsayısının tahminini değerlendirmek için güven aralığıdır. Bir regresyon analizinde ne kadar çoklu bağlantı olduğunu açıklamak için VIF değer kullanılmaktadır. Çoklu doğrusal bağlantı sorunludur, çünkü regresyon katsayılarının ANOVA'sını artırabilir, bu da tahmin edici faktörlerin her birinin yanıt üzerindeki bireysel etkisini değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır. Eğer $VIF = 1$ olursa ilişkili olmadığını belirtmektedir.

Çizelge 6.14. Kekin maksimum yüksekliği için katsayılar

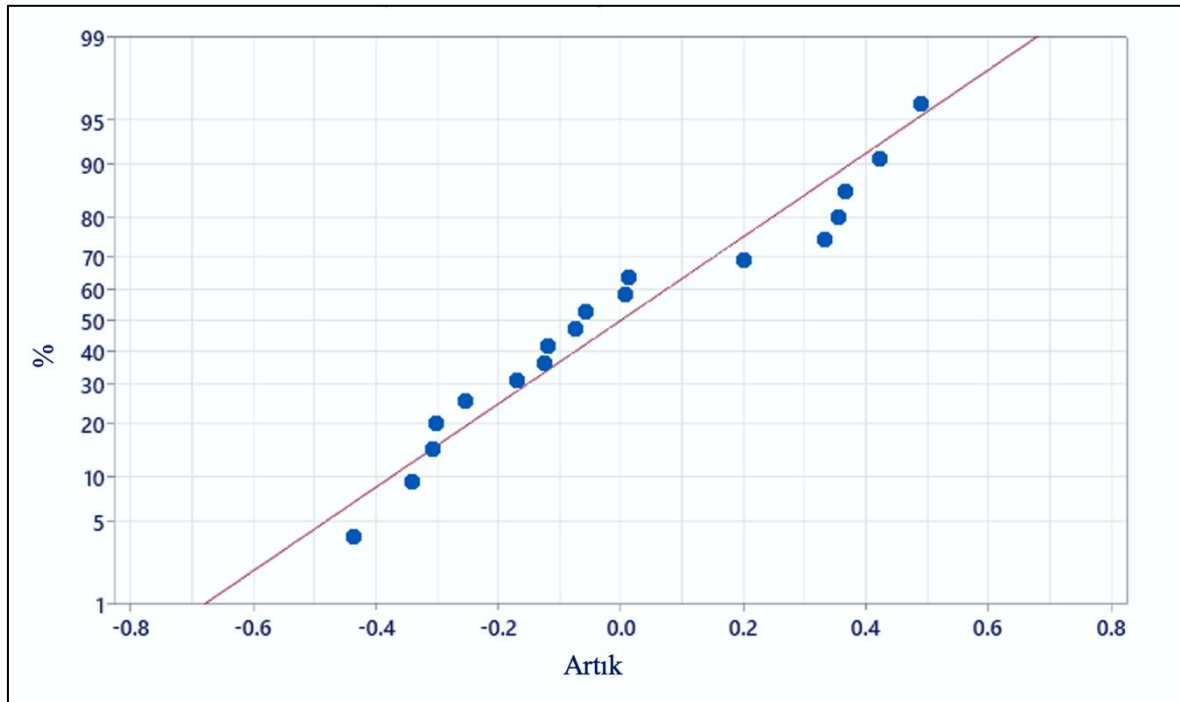
Terim	Coef	SE Coef	%95 CI	T-Değer	P-Değer	VIF
Sabit	6,82	1,70	(3,17/ 10,47)	4,01	0,001	
Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	-0,02250	0,00931	(-0,04246/ -0,00254)	-2,42	0,030	1,00
Süre (dk.)	0,0867	0,0186	(0,0468/ 0,1266)	4,66	0,000	1,00
Fırın modeli	-	-	-	-	-	
B	0,511	0,152	(0,185/ 0,837)	3,36	0,005	1,00

Çizelge 6.15. Kekin maksimum yüksekliği için regresyon analizinin model özeti

S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)
0,322349	%73,51	%67,83	%58,21

Çizelge 6.16. Keki maksimum yüksekliği için ANOVA analizi

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Katkı Düzeyi	Kareler Ortalaması	F-Değer	P-Değer
Regresyon	3	4,0364	%73,51	1,3455	12,95	0,000
Sıcaklık (°C)	1	0,6075	%11,06	0,6075	5,85	0,030
Süre (dk.)	1	2,2533	%41,04	2,2533	21,69	0,000
Fırın modeli	1	1,1756	%21,41	1,1756	11,31	0,005
Hata	14	1,4547	%26,49	0,1039	-	-
Toplam	17	5,4911	%100	-	-	-



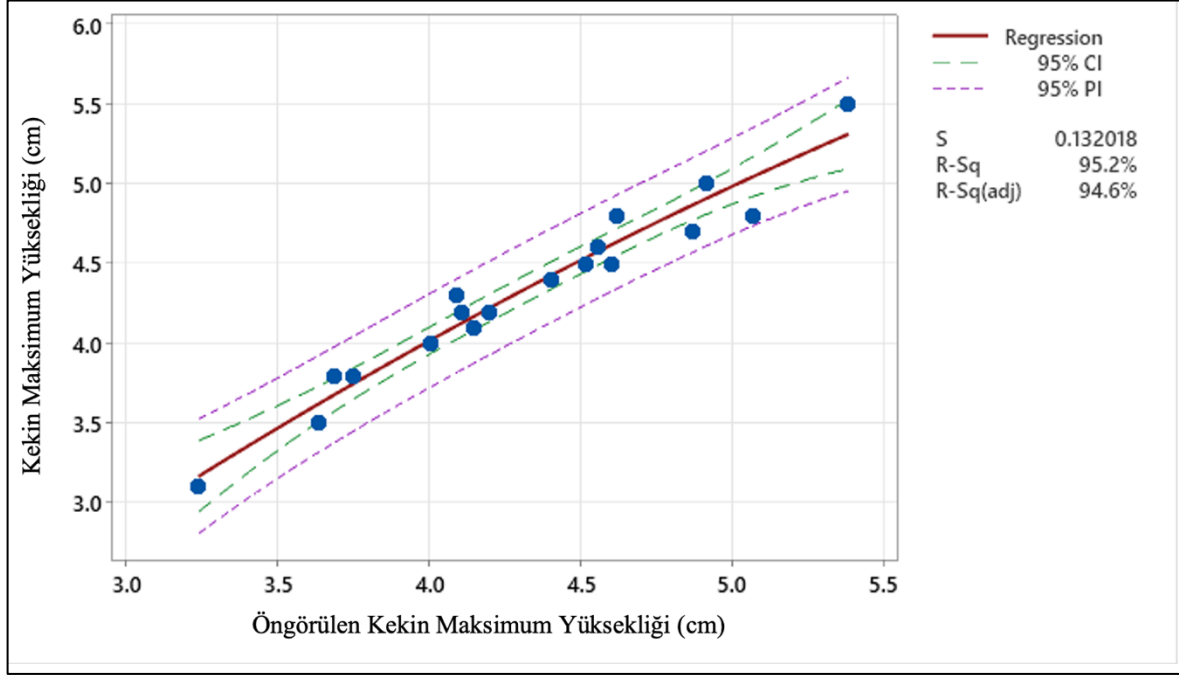
Şekil 6.16. Keki maksimum yüksekliği için regresyon analizinin normal olasılık grafiği

Modelin öngörülen sonuçları Taguchi modellemesi ile hesaplanmıştır. Bu sonuçlar daha kolay kıyaslanabilmesi için Çizelge 6.17’de yan yana getirilmiştir. Keki en yüksek tepe noktası ve bu değerin öngörülen cevapları karşılaştırıldığında, farkın çok olmaması ise beklenen bir durumdur.

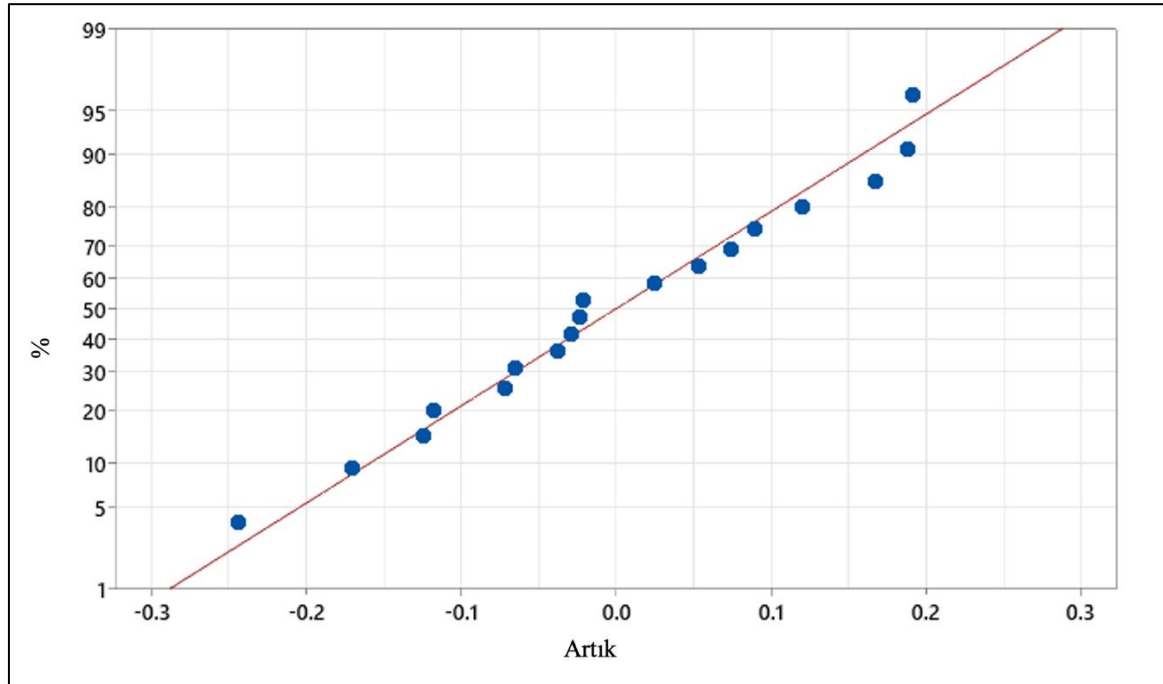
Çizelge 6.17. Kekin maksimum yüksekliği için öngörülen Taguchi sonuçları

-	Faktörler			-	
	Fırın modeli	Sıcaklık	Süre	Kekin maksimum yüksekliği	Öngörülen kekin maksimum yüksekliği
	-	(°C)	(dk.)	(cm)	(cm)
1	A	170	10	3,8	3,68889
2	A	170	15	4,3	4,08889
3	A	170	20	4,6	4,55556
4	A	180	10	4,0	4,00556
5	A	180	15	4,4	4,40556
6	A	180	20	4,7	4,87222
7	A	190	10	3,1	3,23889
8	A	190	15	3,5	3,63889
9	A	190	20	4,2	4,10556
10	B	170	10	4,2	4,20000
11	B	170	15	4,5	4,60000
12	B	170	20	4,8	5,06667
13	B	180	10	4,5	4,51667
14	B	180	15	5,0	4,91667
15	B	180	20	5,5	5,38333
16	B	190	10	3,8	3,75000
17	B	190	15	4,1	4,15000
18	B	190	20	4,8	4,61667

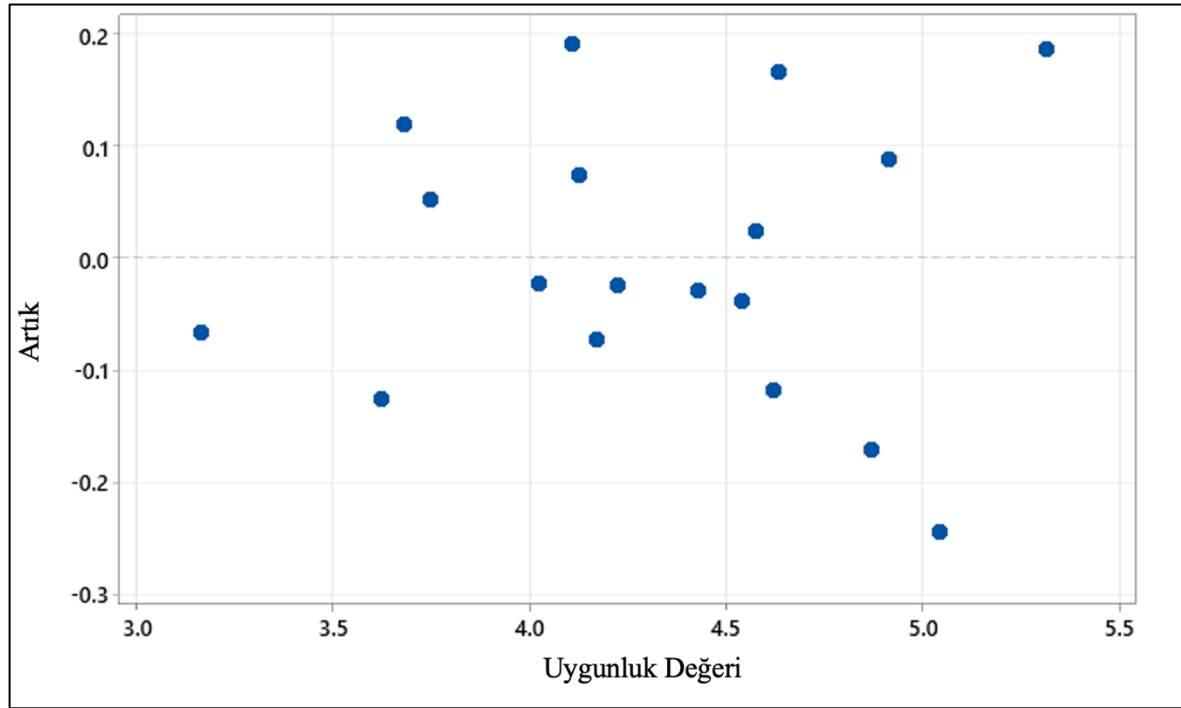
Şekil 6.17’de CI uyum için güven aralığı ve PI tahmin aralığı, gelecekte başka bir tahmin değerinin olasılığı olan bir aralıktır. Deney sonuçları olan mavi noktalar, regresyon çizgisine daha yakın olmaları modelin güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.



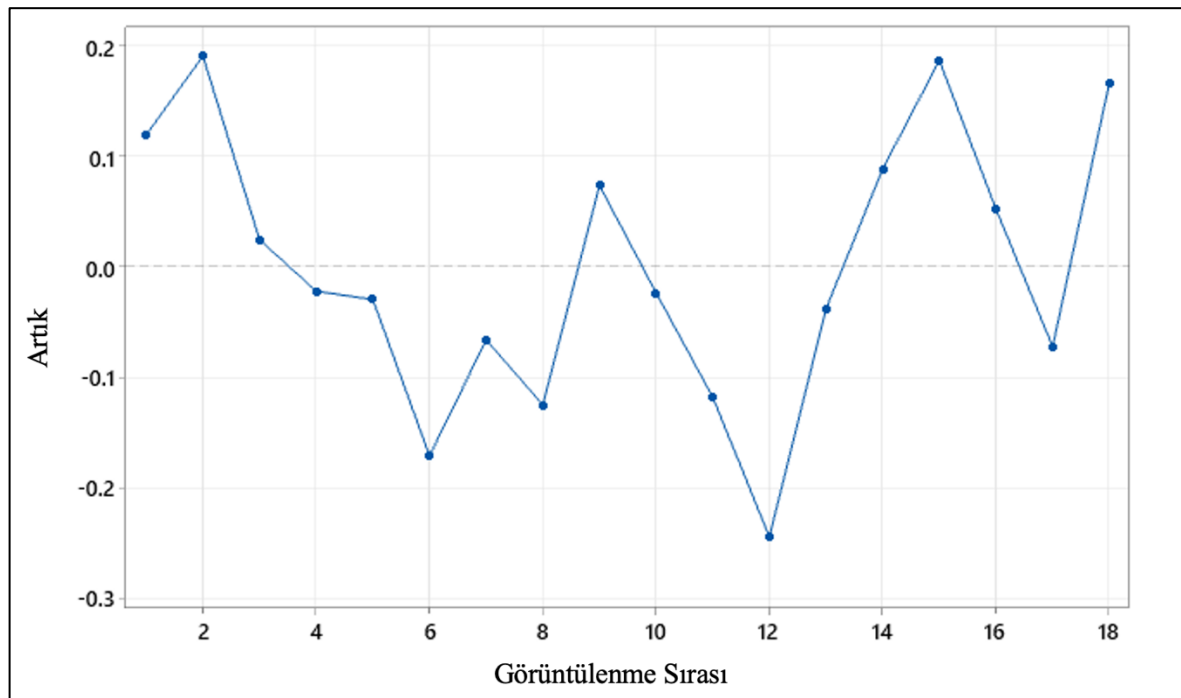
Şekil 6.17. Kekin maksimum yüksekliği için uygunluk çizgi grafiği



Şekil 6.18. Kek maksimum yüksekliği için regresyon analizinin normal olasılık grafiği



Şekil 6.19. Kekin maksimum yüksekliği için regresyon artıklar uygunluğa karşı grafiği



Şekil 6.20. Kekin maksimum yüksekliği için regresyon kalıntıları görüntülenme sırasına karşı grafiği

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu araştırmada etkili olduğu gösterilen temel karakteristik yöntemlerin kullanımı yoluyla kritik tasarım bilgilerinin bir alt kümesi oluşturulmuş ve verimli bir şekilde yönetilmiştir. Ürün gereksinimlerinde değişiklik olduğundan, temel özellikler, ürün gereksinimleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olan özelliklerdir. Temel karakteristik süreç için çok sayıda destekleyici uygulamanın entegrasyonu gerekmektedir. Bu nedenle, temel özellikleri kullanarak tasarım amacını yakalama yöntemlerine ilişkin tartışma, organizasyon ve uygulama konularına ilişkin bir değerlendirme ile birleştirilmiştir.

Fırınlara, farklı boyutlarda, evlerde ve gıda üretim sektöründe kullanılmaktadır. Kullanıma göre farklı ürünleri pişirme hedeflenmektedir. Bu yüzden kullanıcı kategorisini belirtmek, fırın tasarımında veya geliştirmesinde ilk ve en önemli adımdır. Ev tipi bir fırının neredeyse özelliklerinin çoğu üretim sektöründe kullanılan fırınlardan farklıdır. Bu nedenle sadece fırının içinde hazırlanan gıda değil kullanım alanları da önemlidir. Bu çalışmada bu faktör sabit olarak düşünülmüştür. Kullanılan her iki fırın sanayi tipi küçük fırınlardır.

Isı transferi süreci, fırının çalışma sisteminin en önemli çalışma prensibidir. Isı transferi, sıcaklık farkı olduğunda meydana gelmektedir. Elektrik ve gaz ısının aktarılabilmesi için iki farklı yöntemdir. Yeni fırının tasarımında ve geliştirmesinde önem gösterilmesi gereken diğer faktörlerden biridir.

Bu çalışmada, fırın özellikleri aracılığıyla süreç kontrollerinin optimize edilmesinin, büyük ölçekli keklerin pişirilmesini uygun şekilde iyileştirmek için kullanılabileceği gösterilmiştir. Sağlam tasarım için, veri toplamayı kolaylaştırmak amacıyla doğrusal olmayan ortogonal dizilerin tanıtılması ve öncelikli etkileri belirlemek için elde edilen verilerin yanıt çizelgeleri ve grafiklerle işlenmesi dahil olmak üzere düzenli problem çözme teknikleri uygulanmıştır.

Çalışmanın bir parçası olarak birincil hedef, tüketiciler için kritik olduğu düşünülen iki kalite tepkisine dayanıklı bir kek ürünü geliştirmektir. Kek ağırlığı ve kek yüzeyi maksimum yüksekliği ölçülen özelliklerdir. Süreç anlayışı, iki yanıtın S/N oranı performansının karşılaştırılması ve en iyi kontrollerin seçilmesi yoluyla elde edilen değişkenlik azaltma yönünün incelenmesi yoluyla metodik bir şekilde geliştirilmiştir. Taguchi tarafından

önerilen ANOVA, bu amaca ulaşmak için hem ortalama tekrar yanıtına hem de S/N oranı dönüştürülmüş verilere uygulanmıştır. Bu tarama tasarımı analizinin bulguları aşağıdaki sonuçları ortaya çıkarmıştır:

- Fırının kalitesi, ağırlık tepkisini ve kekin maksimum yüksekliğini etkileyen en önemli faktörlerdir. Hedeflenen verilere ulaşmak için fırının kalitesi kritik olduğu keşfedilmiştir.
- Pişirme sıcaklığının fırında sabit kalması ve sıcak havanın dışarıya çıkmaması değişkenliği endişelerini azaltmada kritik öneme sahiptir.
- Kek maksimum yüksekliği ortalama değerlerinin pişirme süresi arttıkça güçlü bir şekilde arttığı görülmüştür.
- Kek ağırlığı ortalama değerlerinin pişirme süresi arttıkça azaldığı görülmüştür.
- Kek ağırlığı ve kekin maksimum yüksekliği için elde edilen P-değerler 0,05'den daha küçük olduğu için modelin anlamı olduğu tespit edilmiştir.
- B model fırın ile hazırlanmış kekler için en iyi sonuç alınmıştır. Üretilen kekler için bu kalite farkı fırın modelinden kaynaklı olduğu tespit edildi. Fırın modeli olarak B, sıcaklık faktörü için 180 °C ve süre olarak 20 dk. en iyi sonuç olarak tespit edilmiş her faktörün seviyeleridir.

Taguchi tarafından önerilen tasarım araçlarının, özellikle seri üretim fırınların standardizasyonu için pazar talepleri ışığında, gıda mühendisliğindeki iyileştirme çabalarının çözümünde kritik olabileceği görülmüştür. Bu araştırmanın bir diğer avantajı da, Taguchi'nin yapılandırılmış problem çözme yaklaşımının, ürün ve süreç mühendisleri ile kalite fonksiyonu personelinin katılımıyla uzmanlaşmış bilginin üretilmesine ve farkındalığın geliştirilmesine nasıl izin verdiğini göstermesidir.

Tasarımdaki değişiklikler için bir değerlendirme yöntemi de dahil edilmiştir. Bu çalışma, ürün geliştirme ekibi içindeki tasarım bilgisi akışını geliştirme ve farklı tasarım gerekçeleriyle yeniden tasarımın karmaşık hale gelme olasılığını azaltma potansiyeline sahiptir. Bu avantajların bir sonucu olarak, ürünün daha iyi anlaşılması, geliştirme çevrim süresi ve maliyetlerinde azalma sağlanmaktadır. Ürün tasarımı işlevselliğinin daha iyi anlaşılması yoluyla tasarım amacını yakalamaya yönelik kavramsal çerçeveler, bu analizin odak noktası olmuştur. Sorunlu alanlar daha sonra ek araştırmalarla ele alınabilir.

Kek ürününün; tat, koku, renk, kabuk görünümü, doku, yapı ve görünüm gibi fırın özelliklerinden etkilenen bir dizi diğer kalite özellikleri ile ilgili ve aynı zamanda fırının da kalite özellikleri ile ilgili çalışma yapılması önerilmektedir. Spesifik olarak, mühendislik fırınlarında bir kek ürününün üzerinde veya optimizasyonu ile ilgili fırın özelliklerine vurgu yapılarak ek deneysel araştırmaların yapılması beklenebilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Basset, M., and Mohamed, R. (2020). A novel plithogenic TOPSIS-CRITIC model for sustainable supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119586.
- Akram Afzal, M. (2017). *Risks in new product development (NPD) projects*. PhD Dissertation, Cranfield University School of Management, Bedford.
- Arjoon, S. (2006). Striking a balance between rules and principles-based approaches for effective governance: A risks-based approach. *Journal of Business Ethics*, 68(1), 53-82.
- Ayala-Cruz, J. (2016). Project risk planning in high-tech new product development. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 29(2), 110-124.
- Behzadi, G., O'Sullivan, M. J., Olsen, T. L., and Zhang, A. (2018). Agribusiness supply chain risk management: A review of quantitative decision models. *Omega*, 79, 21-42.
- Büyüközkan, G., and Feyzioğlu, O. (2004). A fuzzy-logic-based decision-making approach for new product development. *International Journal of Production Economics*, 90(1), 27-45.
- Cagnin, F., Oliveira, M. C. D., and Cauchick Miguel, P. A. (2021). Assessment of ISO 9001: 2015 implementation: focus on risk management approach requirements compliance in an automotive company. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(9-10), 1147-1165.
- Cha, N. G., Park, C. H., Cho, M. S., Park, J. G., Jeong, J. H., & Lee, E. S. (2005). Optimizing the Plasma Deposition Process Parameters of Antistiction Layers Using a DOE (Design of Experiment). *Korean Journal of Materials Research*, 15(11), 705-710.
- Chang, K. H., and Cheng, C. H. (2010). A risk assessment methodology using intuitionistic fuzzy set in FMEA. *International Journal of Systems Science*, 41(12), 1457-1471.
- Chauhan, A. S., Nepal, B., Soni, G., and Rathore, A. P. S. (2018). Examining the state of risk management research in new product development process. *Engineering Management Journal*, 30(2), 85-97.
- Cheng, C., and Yang, M. (2019). Creative process engagement and new product performance: The role of new product development speed and leadership encouragement of creativity. *Journal of Business Research*, 99, 215-225.
- Choi, J., Kim, B., Han, C. H., Hahn, H., Park, H., Yoo, J., and Jeong, M. K. (2021). Methodology for assessing the contribution of knowledge services during the new product development process to business performance. *Expert Systems with Applications*, 167, 113860.

- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Wamba, S. F., and Papadopoulos, T. (2016). The impact of big data on world-class sustainable manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(1), 631-645.
- Ebrahimnejad, S., Mousavi, S. M., and Seyrafiyanpour, H. (2010). Risk identification and assessment for build–operate–transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model. *Expert systems with Applications*, 37(1), 575-586.
- Galli, B. J. (2017). The effective approach of managing risk in new product development (NPD). *International Journal of Applied Management Sciences and Engineering (IJAMSE)*, 4(2), 27-40.
- Ghasemi, F., Sari, M. H. M., Yousefi, V., Falsafi, R., and Tamošaitienė, J. (2018). Project portfolio risk identification and analysis, considering project risk interactions and using Bayesian networks. *Sustainability*, 10(5), 1609.
- Grubisic, V. V. F., and Ogliari, A. (2009). Methodology for the integrated management of technical and managerial risks related to the product design process. *Product: Management and Development*, 7(2), 149-160.
- Gul, M., and Guneri, A. F. (2016). A fuzzy multi criteria risk assessment based on decision matrix technique: A case study for aluminum industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 40, 89-100.
- Habibi, M., Kermanshachi, S., and Rouhanizadeh, B. (2019). Identifying and measuring engineering, procurement, and construction (EPC) key performance indicators and management strategies. *Infrastructures*, 4(2), 14.
- Hillson, D. (2017). *Managing risk in projects*. London: Routledge, 143.
- Hong, C. W. (2012). Using the Taguchi method for effective market segmentation. *Expert systems with applications*, 39(5), 5451-5459.
- Hosseini, A. S., Soltani, S., and Mehdizadeh, M. (2018). Competitive advantage and its impact on new product development strategy (Case study: Toos Nirro technical firm). *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(2), 17.
- Ilbahar, E., Karaşan, A., Cebi, S., and Kahraman, C. (2018). A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system. *Safety Science*, 103, 124-136.
- Internet: Fécamp, S., Mikael, J., and Warin, X. (2019). Risk management with machine-learning-based algorithms. *arXiv preprint arXiv:1902.05287*. URL: <https://arxiv.org/pdf/1902.05287.pdf>
- Jithavech, I., and Krishnan, K. K. (2010). A simulation-based approach for risk assessment of facility layout designs under stochastic product demands. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49(1), 27-40.
- John, A., Paraskevadakis, D., Bury, A., Yang, Z., Riahi, R., and Wang, J. (2014). An integrated fuzzy risk assessment for seaport operations. *Safety science*, 68, 180-194.

- Kabir, S., and Papadopoulos, Y. (2019). Applications of Bayesian networks and Petri nets in safety, reliability, and risk assessments: A review. *Safety Science*, 115, 154-175.
- Kang, J., Liang, W., Zhang, L., Lu, Z., Liu, D., Yin, W., and Zhang, G. (2014). A new risk evaluation method for oil storage tank zones based on the theory of two types of hazards. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 29, 267-276.
- Keers, B. B., and van Fenema, P. C. (2018). Managing risks in public-private partnership formation projects. *International Journal of Project Management*, 36(6), 861-875.
- Keizer, J. A., Vos, J. P., and Halman, J. I. (2005). Risks in new product development: devising a reference tool. *R&d Management*, 35(3), 297-309.
- Keizera, J. A., Halman, J. I., and Song, M. (2002). From experience: applying the risk diagnosing methodology. *Journal of Product Innovation Management: An International Publication of the Product Development & Management Association*, 19(3), 213-232.
- Keski-Rahkonen, J. K. (2018, May). Probabilistic framework for product design optimization and risk management. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 351(1), 012007.
- Kremljak, Z., and Kafol, C. (2014). Types of risk in a system engineering environment and software tools for risk analysis. *Procedia Engineering*, 69, 177-183.
- Liu, H. T., and Tsai, Y. L. (2012). A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. *Safety Science*, 50(4), 1067-1078.
- Marhavilas, P. K., Koulouriotis, D., and Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(5), 477-523.
- Millson, M. R., and Wilemon, D. (2008). Impact of new product development (NPD) proficiency and NPD entry strategies on product quality and risk. *R&d Management*, 38(5), 491-509.
- Mirza Ramazani, A., Golestan Hashemi, S. M., and Naserian, S. M. M. (2018). Proposed A Model for Management of Technological Risks in New Product Development with the approaches to the TRIZ. *Quarterly journal of Industrial Technology Development*, 16(32), 39-56.
- Moreira, A. C., Ferreira, L. M. D., and Silva, P. (2020). A case study on FMEA-based improvement for managing new product development risk. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 38(5), 1130-1148.
- Mu, J., Peng, G., and MacLachlan, D. L. (2009). Effect of risk management strategy on NPD performance. *Technovation*, 29(3), 170-180.

- Naseem, T., Shahzad, F., Asim, G. A., Rehman, I. U., and Nawaz, F. (2020). Corporate social responsibility engagement and firm performance in Asia Pacific: The role of enterprise risk management. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 27(2), 501-513.
- Ni, D., Xiao, Z., and Lim, M. K. (2020). A systematic review of the research trends of machine learning in supply chain management. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 11(7), 1463-1482.
- Oehmen, J., Olechowski, A., Kenley, C. R., and Ben-Daya, M. (2014). Analysis of the effect of risk management practices on the performance of new product development programs. *Technovation*, 34(8), 441-453.
- Park, Y. H. (2010). A study of risk management and performance measures on new product development. *Asian Journal on Quality*, 11(1), 39-48.
- Peljhan, D., and Marc, M. (2021). Risk management and strategy alignment: influence on new product development performance. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1-13.
- Ricondo, I., Arrieta, J. A., and Aranguren, N. (2006, June). NPD Risk Management: Proposed implementation to increase new product success. In *2006 IEEE International Technology Management Conference (ICE)*, 1-8.
- Roy, R. K. (2010). *A primer on the Taguchi method*. Society of Manufacturing Engineers, 1-20.
- Saeidi, P., Saeidi, S. P., Sofian, S., Saeidi, S. P., Nilashi, M., and Mardani, A. (2019). The impact of enterprise risk management on competitive advantage by moderating role of information technology. *Computer Standards & Interfaces*, 63, 67-82.
- Salavati, M., Tuyserkani, M., Mousavi, S. A., Falahi, N., and Abdi, F. (2016). Improving new product development performance by risk management. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 31(3), 418-425.
- Serpell, A., Ferrada, X., and Rubio, N. L. (2017). Fostering the effective usage of risk management in construction. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(7), 858-867.
- Shad, M. K., Lai, F. W., Fatt, C. L., Klemeš, J. J., and Bokhari, A. (2019). Integrating sustainability reporting into enterprise risk management and its relationship with business performance: A conceptual framework. *Journal of Cleaner production*, 208, 415-425.
- Sicotte, H., and Bourgault, M. (2008). Dimensions of uncertainty and their moderating effect on new product development project performance. *R&D Management*, 38(5), 468-479.
- Song, M., and Montoya-Weiss, M. M. (2001). The effect of perceived technological uncertainty on Japanese new product development. *Academy of Management Journal*, 44(1), 61-80.

- Tseng, M. L., Tran, T. P. T., Ha, H. M., Bui, T. D., and Lim, M. K. (2021). Sustainable industrial and operation engineering trends and challenges Toward Industry 4.0: A data driven analysis. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 38(8), 581-598.
- Turskis, Z., Gajzler, M., and Dziadosz, A. (2012). Reliability, risk management, and contingency of construction processes and projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 18(2), 290-298.
- Ulrich, K. T. (2011). Design is everything?. *Journal of Product Innovation Management*, 28(3), 394-398.
- Valipour, A., Yahaya, N., Md Noor, N., Kildienė, S., Sarvari, H., and Mardani, A. (2015). A fuzzy analytic network process method for risk prioritization in freeway PPP projects: an Iranian case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(7), 933-947.
- Williams, R., Moghadam, P. S., and Mulyata, J. (2020). A conceptual model for finding key factors for new product development evaluation. *Journal of Innovation Management*, 8(4), 57-77.
- Wu, F. C. (2004). Optimization of correlated multiple quality characteristics using desirability function. *Quality engineering*, 17(1), 119-126.
- Wu, L., Liu, H., and Su, K. (2020). Exploring the dual effect of effectuation on new product development speed and quality. *Journal of Business Research*, 106, 82-93.
- Zahay, D., Hajli, N., and Sihi, D. (2018). Managerial perspectives on crowdsourcing in the new product development process. *Industrial Marketing Management*, 71, 41-53.



GAZİ GELECEKTİR..