

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GIDA İŞLETMELERİNDE TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE SÜREÇ  
İYİLEŞTİRME VE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YAĞMUR YALÇINDAĞ**

**DENİZLİ, MAYIS - 2021**

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**GIDA İŞLETMELERİNDE TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE SÜREÇ**  
**İYİLEŞTİRME VE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YAĞMUR YALÇINDAĞ**

**DENİZLİ, MAYIS - 2021**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**Yağmur YALÇINDAĞ**

## ÖZET

**GIDA İŞLETMELERİNDE TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE SÜREÇ  
İYİLEŞTİRME VE BİR UYGULAMA  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YAĞMUR YALÇINDAĞ  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI:DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF ÖZGÖRMÜŞ)**

**DENİZLİ, MAYIS - 2021**

İşletmelerde süreç eniyilemesi ve optimum üretim parametrelerinin belirlenmesi önemli endüstri mühendisliği problemlerinden biridir. Taguchi yöntemi, ortogonal dizinleri kullanarak deney sayılarını azaltarak maliyetleri en küçükleyen ve aynı zamanda kontrol edilebilen faktörlerin en iyi şekilde kombinasyonu ile kontrol edilemeyen faktörlerin etkilerini en küçükmeye çalışan bir deney tasarımı tekniğidir.

Bu çalışmada bir kuruyemiş fabrikasında draje kaplama sürecinin çalışma parametrelerinin optimizasyonu ile işlem süresinin en küçükleme için Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Uygulama çerçevesinde draje kaplama işlem süresine etki eden faktörler belirlenmiş, Taguchi metodu ile L9 deney planına göre deneyler 2 kez tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve analiz edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda draje kaplama süreci için optimum parametre değerleri havanın nemi 50Rh, havanın sıcaklığı 18 °C, şurubun sıcaklığı 38 °C ve şurubun miktarı 600ml olarak seçilmiştir. Faktörlerin işlem süresi üzerindeki yüzdesel etkilerinin belirlenmesi için varyans analizi yapılmış ve %77,56 değeri ile işlem süresi üzerindeki en etkili faktörün havanın nemi olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda Taguchi metodu ile elde edilen optimum proses parametre değerleri kullanılarak işlem süresinde %40 iyileşme sağlanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER:Taguchi Metodu, Deney Tasarımı, Draje Kaplama Prosesi, Gıda sektörü**

## **ABSTRACT**

### **PROCESS IMPROVEMENT WITH TAGUCHI METHOD AND AN APPLICATION IN FOOD INDUSTRY**

**MSC THESIS**

**YAĞMUR YALÇINDAĞ**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**INDUSTRIAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:ASS. PROF. DR. ELİF ÖZGÖRMÜŞ)**

**DENİZLİ, MAY 2021**

Process improvement and selection of optimum levels of production parameters is one of the major industrial engineering problems. The Taguchi method is an experimental design technique that drastically reduces the number of experiments using orthogonal arrays, enables experiments with less cost, and also tries to minimize the effects of uncontrollable factors with the best combination of controllable factors.

In this study, optimization of working parameters of drage coating process and minimization of processing time in a nuts factory is aimed by using Taguchi method. In the framework of the application, the humidity of the air, the temperature of the air, the temperature of the syrup and the amount of the syrup, which affect the processing time during the drage coating, is selected as critical. Then, the experiments are carried out twice and analyzed according to the L9 experiment plan determined by Taguchi method. According to the data obtained, optimum parameter values for the dragee coating process are determined as the humidity of the air 50Rh, the temperature of the air 18 ° C, the temperature of the syrup 38 ° C and the amount of syrup 600 ml. Variance analysis is performed to determine the percentage effects of the factors on the process time and it is seen that the most effective factor on the treatment time is the humidity of the air with a value of 77.56%. As a result of the study, an improvement of 40% is achieved in the processing time of the drage coating process with the optimum process parameter values obtained by the Taguchi method. In this way, the resources are used more effectively, saving time and money.

**KEYWORDS: Taguchi Method, Experiment Design, Drage Coating Process, Food Industry.**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problem Tanımı .....	1
1.2 Tezin Amacı .....	2
1.3 Tezin Önemi ve Literatüre Katkısı .....	2
1.4 Tezin Organizasyon Yapısı .....	3
<b>2. GIDA ve KURUYEMİŞ SEKTÖRÜNE BAKIŞ</b> .....	<b>4</b>
<b>3. LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>6</b>
<b>4. KALİTE ve SÜREÇ İYİLEŞTİRME</b> .....	<b>16</b>
4.1 Kalite .....	16
4.2 Süreç İyileştirme.....	17
4.3 Kalite Ve Süreç İlişkisi.....	17
4.4 Süreç İyileştirme Yöntemleri .....	18
<b>5. DENEY TASARIMI</b> .....	<b>20</b>
5.1 Deney Tasarımı ve Temel Terimler .....	20
5.2 Deney Tasarımının Tarihçesi .....	22
5.3 Deney Tasarımı Aşamaları .....	23
5.3.1 Planlama.....	23
5.3.2 Tasarım .....	24
5.3.3 Uygulama.....	25
5.3.4 Analiz.....	25
5.4 Deney Tasarım Metotları.....	26
<b>6. TAGUCHİ METODU</b> .....	<b>28</b>
6.1 Taguchi Metodunun Tarihçesi.....	28
6.2 Taguchi Metodunun Felsefesi .....	28
6.3 Taguchi Kayıp Fonksiyonu .....	30
6.4 Taguchi Sinyal/Gürültü Oranı(S/N) .....	31
6.5 Sağlam Tasarım .....	32
6.6 Taguchi Yönteminin Uygulama Adımları.....	33
6.6.1 Problemin Belirlenmesi .....	33
6.6.2 Faktör ve Seviyelerin Belirlenmesi.....	34
6.6.3 Ortogonal Diziler ve Seçimler .....	35
6.6.4 Faktörlerin Kolonlara Atanması .....	36
6.6.5 Deneylerin Gerçekleştirilmesi ve Verilen Toplanması.....	37
6.6.6 Verilerin Analizi .....	37
6.6.7 Anova Tablosunun Analizi .....	38
6.6.8 Doğrulama Deneylerinin Yapılması .....	39
<b>7. UYGULAMA</b> .....	<b>40</b>
7.1 Uygulama Yapılan İşletme Hakkında Genel Bilgi .....	40

7.2	İşletmedeki Draje Kaplama Süreçleri.....	41
7.2.1	Çikolata ya da Muadili Kokolin İle Kaplama.....	42
7.2.2	Şeker Kaplama Diğer Adıyla Draje Kaplama.....	44
7.3	Taguchi Metodu Uygulanması .....	49
7.3.1	Problemin Belirlenmesi .....	49
7.3.2	Faktör ve Seviyelerinin Belirlenmesi .....	51
7.3.3	Ortogonal Diziler ve Seçimleri .....	52
7.3.4	Faktörlerin Kolonlara Atanması .....	53
7.3.5	Deneylerin Gerçekleştirilmesi ve Verilerin Toplanması .....	54
7.3.6	Verilerin Analizi .....	55
7.3.7	ANOVA Tablosunun Analizi .....	63
7.3.8	Doğrulama Deneyinin Yapılması .....	65
<b>8.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>67</b>
<b>9.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>70</b>
<b>10.</b>	<b>EKLER.....</b>	<b>78</b>
	EK-1 Minitab program çıktısı .....	78
	EK-2 ANOVA Tablosu Program Çıktısı.....	80
<b>11.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>81</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 6.1: Taguchi kayıp fonksiyonu .....	30
Şekil 7.2: Çikolata kaplı Fındık .....	43
Şekil 7.3: Çikolata kaplama iş akış şeması .....	44
Şekil 7.4: Kokolin kaplı drajelenmiş leblebi.....	45
Şekil 7.5: Draje Kaplama Ünitesi.....	46
Şekil 7.6: Draje kaplama prosesi.....	46
Şekil 7.7: Draje kaplama iş akış şeması .....	48
Şekil 7.8: Draje prosesi parametre kontrol ekranı.....	50
Şekil 7.9: Balık kılıçığı diyagramı .....	51
Şekil 7.10: Minitab'da deney modelleme .....	55
Şekil 7.11: Deney faktör seviyesi ve ortogonal dizinin seçilmesi .....	56
Şekil 7.12: Faktörler isimlerinin ve seviyelerinin girilmesi.....	56
Şekil 7.13: Taguchi L9 deney planı .....	57
Şekil 7.14: Options kısmından “Smaller is better “seçimi .....	58
Şekil 7.15: Analysis kısmından “Signal to noise ratio ve means” seçimi.....	58
Şekil 7.16: Graphs kısmından “Signal to Noise ratio ve means” seçimi .....	59
Şekil 7.17: Taguchi yöntemi gürültü/şiddet değerleri.....	60
Şekil 7.18: Taguchi yöntemi ortalama etki değerleri .....	60



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 3.1: Literatür taraması.....	7
Tablo 6.2: L9(3 <sup>2</sup> ) Ortogonal dizi planı .....	37
Tablo 7.3: Deney faktörleri ve seviyeleri.....	52
Tablo 7.4: Toplam serbestlik derecesi .....	52
Tablo 7.5: L9 Taguchi ortogonal dizi kombinasyonu .....	53
Tablo 7.6: Draje prosesi L9 ortogonal dizisi deney şartları .....	54
Tablo 7.7: L9 ortogonal dizinine göre yapılan deneyler ve sonuçları.....	54
Tablo 7.8: Deneylerin S/N değerleri .....	59
Tablo 7.9: Faktörler için S/N oranları .....	61
Tablo 7.10: Faktörler için ortalamalar .....	61
Tablo 7.11: Çevrim süresi için ANOVA tablosu (Analysis of Variance for Çevrim Süresi).....	64
Tablo 7.12: Doğrulama deneyinin optimum proses koşulları.....	65
Tablo 7.13: Doğrulama deney sonuçları .....	65
Tablo 7.14: Taguchi tahmin değerleri .....	65
Tablo 7.15: Karşılaştırma tablosu .....	66

## SEMBOL LİSTESİ

<b>ANOVA</b>	:	Varyans Analizi (Analysis of Variance)
<b>°C</b>	:	Santigrat Derece
<b>Cr-Ni</b>	:	Krom-Nikel
<b>L(Y)</b>	:	Kayıp Fonksiyonu
<b>ML</b>	:	Mililitre
<b>N</b>	:	Gürültü(Noise)
<b>RH</b>	:	Bağıl Nem(Relative Humidity)
<b>S</b>	:	Sinyal(Signal)
<b>S/N</b>	:	Sinyal/Gürültü Oranı
<b><math>\mu</math></b>	:	Ortalama
<b><math>\sigma</math></b>	:	Standart Sapma
<b>VA</b>	:	A Faktörünün Serbestlik Derecesi
<b>VA*B</b>	:	A İle B Etkileşiminin Serbestlik Derecesi
<b>kA</b>	:	A Faktörü Seviye Sayısı
<b>VT</b>	:	Dizinin Toplam Serbestlik Derecesi
<b>N</b>	:	Dizideki Toplam Deney Sayısı

## ÖNSÖZ

Akademik eğitimim süresince bana yol gösteren, bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında benden destek ve yardımlarını esirgemeyen, üzerimde nice emeği olan değerli hocam Elif Özgörmüş başta olmak üzere bütün hocalarıma en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım süresince hep yanımda hissettiğim, her konuda dimdik arkamda duran, bana daima yol gösteren babam Lütfi Yalçındağ'a, annem Nermin Yalçındağ'a, kardeşim Deniz Yalçındağ'a teşekkür ederim.

# 1. GİRİŞ

Üretim maliyetlerinin rekabet açısından büyük önem arz ettiği günümüz işletmelerinde yüksek kaliteli ürünleri daha az maliyetle ve daha hızlı üretebilme gıda endüstrisinin önemli bir hedefi haline gelmiştir. Bu doğrultuda üretim süreçlerinin verimliliği için süreç tasarım aşamasında çok sayıda faktörün optimum değerlerinin belirlenmesi ve bu değerlerin uygulanması gerekmektedir.

İstatistiksel deney tasarımı yöntemi kontrol edilen ve kontrol edilemeyen bu parametrelerin ürün ve ürünün kalite karakteristiğine olan etkilerinin tespit edilmesi açısından en etkili metottur(Mercan,2019). Endüstrideki çalışma şartları ve imkanları göz önünde bulundurulduğunda, az sayıda deney ile en kısa zamanda ve maliyetle, parametreler ile çıktı değişkenleri arasındaki ilişkiyi tespit ederek optimum hale getirebilmek için deney tasarım çalışmalarının kullanılması oldukça verimli olacaktır. Aksi halde endüstri noktasında bu çalışmaları gerçekleştirmek hem fazladan maliyet hem de daha fazladan zaman kullanılması anlamına gelecektir. Deney tasarımı çalışmaları ile imalat boyunca, dışarıdaki etkilere duyarsız yani kontrol edilemeyen faktörlerin en küçüklenerek, bir imalat sürecini planlamak mümkündür. Kuruyemiş üretim sektöründe tecrübeye dayalı üretim şeklinin benimsenmiş olmasından kaynaklanan üretim girdilerinin etkin kullanılamaması üretim verimliliğini düşürmekte, birim maliyeti artırmakta ve dolaylı olarak müşteri memnuniyetini olumsuz etkilemektedir.

## 1.1 Problem Tanımı

Bu tez çalışmasında Denizli’de faaliyet gösteren bir kuruyemiş işletmesinin draje kaplama süreci ele alınmış ve sürecin optimum çalışma parametreleri Taguchi metodu ile modellenerek, sürecin daha fazla verimlilikte yani minimum işlem süresi ile çalışması hedeflenmiştir.

Bu sürecin seçilme sebebi uygulamanın yapıldığı işletmede çevrim süresinin en uzun olduğu sürecin “draje kaplama” süreci olmasıdır. Bu nedenle bu bölümden

ıkan rnlerin birim maliyetleri yükselmekte ve müşterilere verilen terminlere yetişilememektedir. Rakip firmaların satış fiyatının ve sipariş termin tarihinin üzerinde verilen teklifler işletmenin sipariş alamamasına ve bazı dönemlerde prosesin boş kalabilmesine neden olmaktadır. İlaveten bugüne kadar sürecin çalışma parametrelerinin yanlış planlanmasından kaynaklı, süreçte plansız duruşlar ve arızalar gerçekleşmektedir. Çok sayıda arıza maliyetine ve bölümün arızalı olmasından kaynaklı üretilemeyen ürünlerin maliyetine katlanılmaktadır. Taguchi metodu ile optimum çalışma parametreleri belirlenecek bu süreçte, çevrim süresi azalacak dolayısıyla terminlere zamanında yetişilecek ve de arızasız tabiri caizse prosesin saat gibi çalışması sağlanacaktır.

## **1.2 Tezin Amacı**

Bu tez çalışmasının amacı gıda sektörünün önemli kollarından olan gıda işletmeleri için analitik bir üzüm yöntemi sunmaktır. Özellikle kuruyemiş üretimi yapan bir üretim tesisinde üretim verimliliğini artırmak, çevrim süresini kısaltarak, ürünlerin birim maliyetini düşürmek, gerekli olan optimum süreç parametrelerini tespit edip etkili ve verimli şekilde uygulamak yalnızca üreticiye fayda sağlamakla kalmayıp müşteri memnuniyetini de beraberinde getirecektir.

## **1.3 Tezin nemi ve Literatüre Katkısı**

Bu tez çalışmasında müşteri taleplerinin eksiksiz ve zamanında karşılanabilmesi için draje kaplama sürecindeki üretim parametrelerinin eniyilemesi üzerinde çalışılmıştır. Literatürde deney tasarımı sanayi sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olan bir kalite iyileştirme tekniğidir (Demir 2004). İmalat kalitesinin arttırılmasına, geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmaların birçoğunda, ürünün bileşiminde kullanılan hammaddelerin etkilerinin araştırılarak optimum bileşimi elde edilmesine yönelik çalışmaların birçoğu deney tasarımı çalışmalarıdır. Fakat kuruyemiş sektöründe draje kaplama süreçleri için kullanılan bir çalışmaya yaptığımız literatür taramasında rastlanmamıştır. Bu alışma ile literatüre bu anlamda katkı sağlamak hedeflenmiştir.

#### **1.4 Tezin Organizasyon Yapısı**

Bu tez çalışması yedi ana bölümden oluşmaktadır. İlk olarak birinci bölümde tez hakkında genel bilgi verilmiştir. İkinci bölümde gıda sektörü ve gıda sektörünün alt sektörlerinden biri olan kuruyemiş sektörü hakkında bilgiler sunulmuştur. Üçüncü bölümde literatürde deney tasarımı ve Taguchi metodu ile yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir. Dördüncü bölümde kalite ve süreç iyileştirme kavramlarına değinilmiş ve süreç iyileştirme tekniklerinden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde deney tasarımı, altıncı bölümde ise deney tasarımı tekniklerinden birisi olan Taguchi metodu genel hatlarıyla açıklanmıştır. Gerçek işletme verilerine dayanan uygulama hakkında bilgilerin verildiği, problemin Taguchi metodu ile modellendiği, deneylerin gerçekleştirildiği ve deneyler sonucunda verilerin analiz edildiği deney tasarım çalışmaları yedinci bölümde yer verilmiştir. Son bölümde ise çalışmaya dair elde edilen veriler ışığında sonuçlar açıklanmış ve konuya ilgi duyan işletmeler ve araştırmacılar için önerilere yer verilmiştir.

## 2. GIDA ve KURUYEMİŞ SEKTÖRÜNE BAKIŞ

İnsanların beslenme ihtiyacını karşılayan, yenilerek tüketilebilen ya da içilebilen hammadde, yarı mamul ve mamuller gıda olarak adlandırılmaktadır. Gıda sanayisi ise, gıda olarak nitelendirilen hammaddelerin, yarı mamullerin ya da mamullerin işleme, depolama, ambalajlama ve satış yapılacak yerlerine gönderilmek üzere depolandığı yerler dahil bu yerlerin tamamını ifade etmektedir (Turgut 2008).

Gıda ihtiyacı, hayati bir gereksinim olup ertelenemez bir ihtiyaçtır. Bu sebepten tedarik edilmesi ya da diğer bir deyişle arz edilmesi elzemdir. Arz edilirken de kalite standartlarına uygun olması önemlidir. Ayrıca gıda sanayisi diğer sektörler ile ileri ve geri bağlantısı yüksek olan sanayi dallarından biridir. Gıda sanayisinde bir birim ürün üretebilmek için hem tarım sektöründe hem de sanayinin diğer dallarında yarattığı hammadde, makine ve teçhizat talebi, sektörün geri bağlantısının bir örneğidir. Üretimden sonra oluşan pazarlama, satış ve dağıtım gibi ihtiyaçlar ise hizmet ve ulaştırma sektöründe talebin oluşmasına neden olurken, gıda sanayinin ileri bağlantısının bir örneğini oluşturmaktadır. Buradan çıkarılacak sonuç ile gıda sanayi ürünlerinin yaklaşık hepsinin hizmet sektöründe girdi olduğunu söylenebilir. Dünya nüfusunun artışına bağlı olarak gıda ihtiyacının da artacağı düşünülürse, dünya standartlarına uygun üretme imkânına sahip tesisler ile gıda sanayinin ileri ve geri bağlantısının da yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda, ülke sanayisinin gelişmesi adına gıda sanayinin, lokomotif sektör olabileceği söylenebilir (Akın 2012).

Gıda sanayisinde teknolojinin üretime entegre edilmesiyle birlikte ürün çeşitliliği daha kolay arttırılırken, kalite standartlarına uygun ürün üretimi de daha kolay gerçekleştirilebilmektedir. Globalleşen dünya ile birlikte, gıda sanayinin rekabet edebilirliği açısından, teknolojinin ,bilimsel metotların kullanılması şarttır (Kaya ve diğ.).

Ülkemizdeki Yıllık Sanayi Ürün (PRODCOM) İstatistikleri 2019'a göre, girişimlerin 2019 yılında ürettikleri ürünlerden yapılan satış tutarının %13,6'sını gıda sanayi ürünleri oluşturmaktadır. Buna göre gıda sanayinin, ülkemiz ekonomisinde de önemli bir paya sahip olduğu söylenebilmektedir.

Meyve kelimesinin diğer bir anlamı yemiş kelimesine karşı gelmektedir. Kurutularak tüketlenen meyvelere kuruyemiş denilmektedir. Kuruyemişlerin birçoğu ısıl işlemeden geçerek ya da kurutularak elde edilen meyve ya da sebzelerdir (Garipoğlu 2006).Kuruyemiş isminden de anlaşılacağı gibi; kuruyemiş sektöru, gıda sektörünün alt sektöru olan meyve ve sebze işleme sektörünün içerisinde yer almaktadır (Yılmaz 2018).

Tüm Kuruyemiş Sanayicileri ve İş Adamları Derneği'nin (Tüksiad) 2014 yılında hazırlamış olduğu “Kuruyemiş Sektöründe Mevcut Durum Analizi ” isimli raporuna göre; Türkiye'nin iklimi ve coğrafi konumundan dolayı kuruyemiş sektörünün hammaddesi olan nohut, çekirdek, fındık, üzüm, kayısı vb. gibi tarımsal ürünlerin üretimi için şanslı olarak addedilebilmektedir. Ayrıca kuruyemiş anlamında dünyada ihracatta ilk sıralarda yer almaktadır. Bahsi geçen ürünlerin ülke içindeki tüketimi de oldukça fazladır. Bundan dolayı kuruyemiş sektörünün, Türk ticaretinde önemi fazladır. Miktar, kalite ve fiyat göz önünde bulundurulduğunda, sürdürülebilir, planlı bir üretim ile birlikte kuruyemiş sektörünün geliştirilmesi sonucunda, gıda sanayi başta olmak üzere birçok sektöre yarar sağlanacaktır.

Ankara Ticaret Borsası'nın Ocak 2016 yılındaki “Kuruyemiş Sektör Raporu” isimli paylaşımına göre; Kuruyemiş sanayinde ürünler tüketicinin kullanımına hem dökme hem de paketli olarak sunulmaktadır. Ancak, son yıllarda sektöre giren büyük oyuncuların da etkisiyle paketli kuruyemiş pazarı büyümüş ve büyümesini de sürdürmektedir. Bu doğrultuda, kuruyemiş sanayicileri de paketli kuruyemiş üretimine yönelmekte, daha sağlıklı ve göze hoş görünen ambalajlı ürünlerini tüketicinin beğenisine sunmaktadırlar. Kuruyemiş sektöründe son yıllarda gelişen bir başka eğilim de soslu ve kaplamalı ürünlere yapılan yatırımlardır. Bu ürünlere iç pazarda oldukça yoğun talep olduğu gibi, özellikle Ortadoğu pazarına yönelik soslu ürünler de üretilip, ihraç edilmektedir. Ülkemiz kuruyemiş ve kuru meyve sektörleri açısından birkaç ürün dışında net ihracatçı durumundadır. Ürünler bazında incelendiğinde, iç pazarda talep ok ve üretim yetersiz olduğu için yer fıstığı, badem ve ceviz ile ülkemizde yetişmediği için kaju dışındaki bütün ürünlere ihracat-ithalat dengesinin Türkiye lehine pozitif olduğu görülmektedir.



### 3. LİTERATÜR TARAMASI

İstatistiksel deney tasarımı yöntemlerinden birisi olan Taguchi metodu, ürün ya da süreçlerde, değişiklik oluşturan ve kontrolü mümkün olmayan parametrelere karşı, çıktı üzerinde etkisi olan ayarlanıp, değiştirilebilen parametrelerin, ürün ya da süreçlerdeki değişkenliğini yok etmeye ya da en aza indirmeye çalışan deneysel bir tasarım yöntemidir (Mercan 2019). Deney tasarımı metotları ürün ya da süreç geliştirmede başarılı sonuçlara vesile olmasının yanı sıra, endüstride az zamanda daha az maliyetle etkili sonuçlar elde etmeye imkân tanımaktadır.

Geçmişten günümüze yapılan deney tasarımı çalışmaları incelendiğinde, gıdadan inşaata, kimyadan sanayiye birçok alanda çeşitli uygulamaları mevcuttur. Bu çalışmalardan süreç parametrelerinin optimizasyonu için yapılan çalışmalara örnek olarak; Kayı (2006)'nın, enjeksiyon ile plastik kaplanmış parçaların, çekmeye olan etkisini süreç parametreleri ile açıkladığı çalışması, Binal'in (2007), seramik üretiminden biri olan yer karosunun, özelliklerini etkileyen süreç parametrelerini deney tasarımı ile oluşturduğu modeli, Makadia'nın (2016) torna işleminde süreç parametrelerinin yüzey yanıt metodu ile optimizasyonu, Peşsen (2018), Çorum ilinde meydana gelen trafik kaza verilerini ve coğrafi bilgi sisteminden elde edilen verileri paket programlardan biri olan Minitab'da deney tasarımı olarak modellediği çalışması, Akaslan'ın (2019), istenilen kalitede çimento üretmek için deney tasarımı metodunu kullanarak, çimentonun kalitesine etki eden birçok faktör için optimizasyon çalışması gösterilebilir.

Farklı sektörlerde Taguchi metodu ile yapılan deney tasarımı çalışmalarına ise; Küçük 'ün (2009) delik işlemede, kesme parametreleri ile takımlamanın delik kalitesi üzerindeki etkisini Taguchi metodu ile modellemesi, Shin ve diğ. (2010), fırça tipi DC motor için fırça aşınmasıyla motor ömrü arasındaki ilişkinin Taguchi ile açıkladığı modeli, Mercan'ın (2019), plastik enjeksiyon sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede, sık kalite problemlerine karşılaşılan bir parça için, Taguchi metodu ile modellenerek parçanın üretimdeki uygun faktör seviyelerinin bulunması, Tuğral (2019), beyaz renkli mermerlerde CNC'de frezeleme işlemi sonrasında en iyi yüzey kalitesinin elde edilmesi için Taguchi deney tasarımı ile ilerleme hızı, kesme hızı vb gibi faktörlerin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin araştırılması, Lonbar ve diğ. (2020),

farklı sıcaklıklara dayanıklı asfalt için asfalt karışımını Taguchi ile değerlendirdiği çalışması örnek verilebilir. Çalışmalar ışığında literatürde deney tasarımının etkin bir yöntem olarak kullanıldığı görülmektedir. Yukarıdaki çalışmaların yanı sıra gıda sektöründeki uygulamalarına detaylı bakılacak olursa, gıda sektöründe imalat verimliliğinin artırılmasına hizmet veren çalışmaların büyük kısmında, ürünün içeriğinde kullanılan gıda maddelerinin etkilerinin araştırılmasında ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmaların birçoğu deney tasarımı çalışmalarıdır. Gıda sektöründe yapılan çalışmalar Tablo 3.1’de konu ve metot açısından sınıflandırılmıştır.

**Tablo 3.1:** Literatür taraması

<b>Yazar</b>	<b>Konu</b>	<b>Metot</b>
Tasirin ve diğ.(2007)	Akışkan Yataklı Kurutucuda Kuşgözü Biberinin Kurutma Parametrelerini Taguchi Metodu ile Optimizasyonu	Taguchi Metodu
Hasgül(2011)	“Urfa Kebap” Ürününün Ağırlık Özelliğinin Deney Tasarımı İle Geliştirilmesi	Faktöriyel Tasarım
Kumar ve diğ.(2014)	Taro (Colocasia Esculenta)’Nun, Kek İçindeki Buğday Unu Yerine Potansiyel Bir Alternatif Olarak Kullanılması Üzerine Taguchi Metodu İle Optimizasyonu	Taguchi Metodu
Baynal ve Gencel(2015)	Alkollü İçeceklerin Kalitesini Belirleyen Yedi Kalite Karakteristiğinin Taguchi İyi En İyilenmesi	Taguchi Metodu
Dooyum ve diğ.(2016)	Japonica’nın Öğütme İçin Optimum Kaynatma Koşullarını Belirlemek Üzere Taguchi Metodu İle Optimizasyonu	Taguchi Metodu
Morakinyo ve Bamgboye(2016)	Yağ Hurma İşleme Tesisinin Yeni Geliştirilmiş Bir Sterilizatörünün Optimum Çalışma Parametrelerinin Taguchi Metodu İle Optimizasyonu	Taguchi Metodu
Cevik ve diğ. (2017)	Zeytinyağının Ekstraksiyon Verimi Ve Kalite Parametrelerinin Yanıt Yüzey Yöntemi İle Optimizasyonu	Yanıt Yüzey Yöntemi
Kırmacı ve diğ.(2017)	Dondurarak Kurutma İşleminin Taguchi Metodunu İle En İyilenmesi	Taguchi Metodu
Kuvat(2018)	Bir Paket Gıda Üretim İşletmesinde Taguchi Parametre Tasarımı İle Çok Yanıtlı Eniyileme	Çok Yanıtlı Eniyileme-Taguchi Yöntem

<b>Yazar</b>	<b>Konu</b>	<b>Metot</b>
Saydam ve diğ.(2018)	Elma Küplerinin Ultrason Destekli Ozmotik Dehidrasyonu (US-OD) İle Maksimum Düzeyde Su İçeriğini Azaltmak İçin Box-Behnken Deneysel Tasarımı	Box-Behnken Dizaynı
Kılıç ve diğ.(2018)	Mısır Ekmeğindeki Fitik Asit Miktarını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesinde Yanıt Yüzey Yöntemi Yaklaşımı	Faktöriyel Deney Tasarımı
Chakraborty ve Shrivastava(2018)	Nohut Unu Bazlı Buğday Ekmeği İçin Pişirme Koşullarının Optimizasyonu	Yanıt Yüzey Yöntemi
Hayıt ve Gül (2018)	Glutensiz Bisküvi Unu Formülasyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi Kullanılarak Optimizasyonu	Yanıt Yüzey Yöntemi
Yıldız ve Gökayaz(2019)	Güneş Enerjili Kurutucuda Kurutulan Elma Dilimlerinin Kurutma Koşullarının RSM İle Optimizasyonu	Yanıt Yüzey Yöntemi
Türkan ve Etemoğlu(2019)	Taguchi Metodu Kullanılarak Gıda Kurutulmasına Etki Eden Parametrelerin Optimizasyonu	Taguchi Metodu
Singh ve Kumar(2019)	Glütensiz Bisküviler İçin Depolamaya Özel Ambalaj Malzemesinin Taguchi Metodu İle Seçimi	Taguchi Metodu
Mayasti ve diğ.(2019)	Glütensiz Spagetti Üretim Sürecinin Taguchi Metodu İle Optimizasyonu	Taguchi Metodu
Durmaz ve Özel(2019)	Taguchi Yöntemi Kullanılarak Keçiboynuzundan Ekstraksiyon Yöntemi İle Şekerin Geri Kazanımı	Taguchi Metodu
Sadr ve diğ.(2019)	Taguchi Metodu İle Optimal Seviyelerde Gübre Spreyinin Belirlenmesi	Taguchi Metodu
Chung ve diğ.(2020)	Taguchi Ve Gri İlişkisel Analiz Yaklaşımının Bir Kombinasyonunun, Ekşi Maya Ekmeğinin Kalitesindeki İşleme Parametrelerinin Araştırılmasında Kullanılması	Taguchi Ve Gri İlişkisel Analiz

Tasirin ve diğ. (2007), yaptıkları çalışmalarla bir akışkan yataklı kurutucuda kuşgözü biberinin kurutma parametrelerini optimize etmede Taguchi yönteminin uygulanmasını sunmaktadır. İncelenen kurutma parametreleri yatak derinlikleri, hava hızları, çalışma sıcaklıkları ve kuruma süreleridir. Kurutma parametrelerinin üç faktörünü karşılamak için standart L-18 dik dizisi kullanmışlardır. Sonuç olarak, nem içeriğinin ve kurutma hızının, kurutma süresi ile önemli ölçüde kontrol edildiğini

göstermişlerdir. Çalışmalar sonucunda, kurutma parametreleri için optimum çalışma koşulunun 2 cm yatak derinliğinde, 1.09 m / s hava hızında ve 70 ° C çalışma sıcaklığında elde edildiği göstermişlerdir.

Hasgül (2011), çalışmasında bütünleşmiş imalathaneleri var olan bir beyaz et imalat işletmesinin oldukça talep gören, birçok işlemde geçerek şekillendirilmiş ürünlerinden “Urfa Kebap” ürününün ağırlığının arttırılmasını ve geliştirilmesini amaçlamıştır. Amaç doğrultusunda ürünün ağırlığı çıktı değişkeni olarak alınmıştır. Çıktı değişkeni olarak seçilen ağırlığın üzerinde etkisi araştırılacak parametreler; pişirme süresi, pişirme sıcaklığı ve fan hızı olarak belirlemiştir. Çıktı değişkeni ve parametreler belirlendikten sonra deney tasarımı metodu ile deney planı oluşturulmuştur. Oluşturulan deney planı düzenine göre gerçekleştirilen denemeler sonucunda parametrelerin seviyeleri bulunmuştur. 3,5 dk. Pişirme süresinde, 225 °C pişirme sıcaklığında ve 500 (1/dk) fan hızı ile çalışılması sonucunda imal edilen ürünlerin ağırlık değerlerinin fazla olacağını saptamıştır. Sıcak işleme ile farklı ısı koşullarında pişirilerek imal edilen ürünlerin ağırlığını etkileyen parametreler ve bunların uygun imalat düzeyleri deney tasarımı ile belirlenerek istenilen sonuca ulaşılmıştır.

Kumar ve diğ. (2014), besin değeri daha yüksek olan ve az kullanılan Taro (*Colocasia esculenta*)’nun, kek içindeki buğday unu yerine potansiyel bir alternatif olarak kullanılması üzerine çalışmalar yapmışlardır. Buğday, taro unları ve bunların bileşik karışımlarında (5, 10, 15 ve 20% taro) yaklaşık kompozisyon, fizikokimyasal özellikler, fonksiyonel özellikler ve anti-beslenme özellikleri Taguchi metodu ile değerlendirmişlerdir. Taro (% 5–20), yağ (% 50–80), şeker (% 80–110) ve yumurta (% 90–120) gibi dört faktörün dokusal özellikler (kıvam ve çiğneme), hacim üzerine etkisi keklerin renk ve duyu nitelikleri (görünüm, yumuşaklık, tat, aroma ve genel kabul edilebilirlik) araştırmışlardır. Sonuçlar, S / N oranlarına göre analiz edilmiştir. Bu şekilde dört faktör için belirlenen optimal seviyelere ulaşılmıştır. ( taro % 10, yağ% 60, şeker% 110 ve yumurta% 100)

Baynal ve Gencel (2015), alkollü içeceklerin kalitesini belirleyen yedi kalite karakteristiğini eşzamanlı olarak optimum değere getirmek için çalışmışlardır. Taguchi Yöntemi ile çok yanıtlı bir problemin optimum değerleri bulunmuş ve bunun sonucu olarak iyileştirmeden önceki duruma göre ürünün kalitesinde bir iyileştirme

gözlemlenmiştir. Deney tasarımı çalışmasıyla birlikte, işletmede suma imalatındaki fermantasyon sürecinde çalışmalar yapılmıştır. İmalathanede, fermentasyon süreci ve sürece etki eden parametreler hakkında çok iyi bilgi sahibi olunmasına rağmen bu parametrelerin kontrol altına alınması konusunda sıkıntı yaşanmakta ve sürekli deneme yanılma yöntemiyle çok fazla sayıda deney yapılmakta iken bunun sonucunda hem tanklar tam kapasite ile kullanılamamakta, fazladan maliyete neden olmakta, hem de çok uzun işlem süresi nedeniyle ciddi bir zaman kaybına sebep olmaktadır. İmalat sonucunda istenilen özelliklere sahip olmayan ürün diğer ürünlerle karıştırılmak zorunda kalmaktadır. Taguchi deney tasarımı ile birlikte çıktı değişken üzerinde anlamlı olan parametrelerin en ideal düzeyleri deney tasarımı sonucundaki elde edilen verilerin analiziyle belirlendikten sonra imalat reçetesi (üretim parametreleri kombinasyonu) A1B3C1D3 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen parametrelerin en iyi düzeyleri ile ilk denemede istenilen uç değerler arasında ürünler üretilmeye başlanmıştır.

Dooyum ve diğ. (2016), Kore’de yaygın olarak yetiştirilen bir pirinç çeşidi olan Japonica’nın öğütme için optimum kaynatma koşullarını belirlemek üzere Taguchi L9 (34) ortogonal dizi optimizasyon yöntemini benimsemişlerdir. Elde edilen bulgular, tüm faktörlerin yalnızca doğru bir kombinasyonunun kaynatma sürecinden iyi bir sonucu garanti edebileceğini göstermiştir.

Morakinyo ve Bamgboye (2016), yaptıkları çalışmada orta ölçekli yağ hurma işleme tesisinin yeni geliştirilmiş bir sterilizatörünün optimum çalışma parametrelerini, maksimum yağ verimi açısından araştırmışlardır. Taguchi'nin dikey dizi L9 (34) 'un deneysel tasarımı, dokuz deneme çalışması oluşturmak için benimsenmiştir. Operasyon parametrelerini optimize etmek için yanıt yüzeyi yöntemi kullanılmış ve Taguchi'nin tablosu kullanılarak doğrulanmıştır. Bununla birlikte, deneysel sonuç doğrusal çoklu regresyon denklemleri aracılığıyla öngörülen bağımlı operasyon parametreleri üretmek için analiz edilmiştir.

Çevik ve diğ. (2017), yaptıkları çalışmada zeytinyağı imalatında meyve olgunluğu ve işleme yöntemlerinin zeytinyağının ekstraksiyon verimini direkt etkilediği bilindiğinden ve bu parametrelere bağlı olduğu tecrübe edildiğinden, imalatta yoğurma işleminin yağ verimi ve kalite parametreleri bakımından deney tasarımı yöntemlerinden yanıt yüzey yöntemi ile optimizasyonu amaçlamıştır.

Çalışmada mor ve siyah zamanlarında olmak üzere iki farklı renkte yani olgunlukta zeytin meyvesi kullanılmıştır. Deney tasarımı ile yanıtların tahmininde ikinci dereceden regresyon eşitliği kullanılmış ve her bir model için model yeterliliğini değerlendirmek için regresyon parametrelerine bakılmıştır. Çalışmada önerilen modellerle birlikte yağ verimi ve bazı kalite faktörlerine yönelik önerilen modellerin deneysel sonuçları tahmin etmede yeterli düzeyde oldukları bulunmuştur. Yapılan doğrulama deney sonuçları ile birlikte bu modeller desteklenmiştir. Parametrelerden serbest asitlik değeri ve peroksit değeri natürel sızma zeytinyağı için belirlenmiş olan değerlerin altında kalırken, yağ verimi modellerle birlikte maksimize edilmiştir. Zeytinyağının verimi için en uygun proses koşulları ise mor renkli dönemlerindeki zeytinyağları için 30°C, 45 dakika, siyah renkli dönemlerindeki zeytinyağları için 28°C, 55 dakika olarak bulunmuştur. Bu sayede optimizasyon sonuçları elde edilmiştir.

Kırmacı ve diğ. (2017), dondurarak kurutmanın karmaşık yapısı için Taguchi metodunu önermişlerdir. Dondurarak kurutma sonuçta elde edilen ürünün kalitesine göre en iyi kurutma teknolojisidir. Kurutma süresi, basınç, numune kalınlıkları, hazne sıcaklığı, numune sıcaklıkları ve bağıl nem miktarı gibi farklı parametrelere bağlıdır. Bu yüzden dondurarak kurutma işlemi için nem içeriği, nem oranı ve kurutma oranı gibi kurutma davranışlarının belirlenmesi oldukça karmaşıktır. İşlem parametrelerinin etkisi ve optimal unsur ayarlarını belirlemek için sinyal görüntü oranı ve varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Son olarak, nem içeriği, nem oranı ve kurutma oranı için Taguchi metodunun onaylama testleri gerçekleştirilerek başarıya ulaştığı doğrulanmıştır.

Kuvat (2018), Tavuk Adana Kebap üretilen bir gıda işletmesinde, üretilen tavuk adana kebabların kalitesinin arttırılmasına yönelik çalışmalarında Taguchi ile deney tasarımı metodunu kullanmıştır. Tavuk adana kebabın mikrobiyolojik yük, merkez sıcaklığı, ağırlık gibi kalitesini etkilen üç performans değeri için, ürünlerin üretimi sırasındaki performans değerlerine etki eden, ürünün pişirme sıcaklığı, fan hızı ve pişirme süresi faktörlerinin optimumu seviyeleri bulunması, kalite kayıp fonksiyonunun kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Deney tasarımı çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığında, mikrobiyolojik yük, ağırlık ve merkez sıcaklığı olarak belirlenen çıktı değerlerinin eş zamanlı olarak eniyilemesi için, tavuk adana

kebab ürününün 205°C 'de, 2,5 dakika ve 1250/dk fan hızında pişirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir. Elde edilen faktör değerleri sonucunda doğrulama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Doğrulama deneyleri sonucunda verilerin analiz edilmesi ile birlikte, ürün performansındaki iyileşme görülmüştür . Çalışma sonucunda, istenilen performans değerlerinde tavuk adana kebab ürünü elde etmek için , ürününün pişirme sıcaklığı ,pişirme süresi ve fırın fan hızı için optimum değerleri elde edilmiştir.

Saydam ve diğ. (2018), yaptıkları çalışmalarda elma küplerinin ultrason destekli ozmotik dehidrasyonu (US-OD) ile maksimum düzeyde su içeriğini azaltmak için Box-Behnken tarafından tasarlanan deneysel tasarım çerçevesinde deneyler yürütmüşlerdir. Deneysel tasarımın sükröz çözelti konsantrasyonu (% 40, 45, 50), elma ve çözelti oranı (1: 4, 1: 6, 1: 8 w-w) ve ultrason uygulama süresi (10, 20, 30 dak) değişkenlerinin optimum değerleri belirlenmiştir. Deney tasarım metodolojisi, % 50 sükröz konsantrasyonu, 1:4 elma ve çözelti oranı ile 10,05 dakika koşullarında maksimum su kaybına ulaşıldığını ortaya koymuştur; sükröz konsantrasyonunu en etkili değişken olarak belirlemiştir ve kuadratik modelin deneysel sonuçlar ile iyi bir uyum sağladığını ( $R^2=0.929$ ) ortaya çıkarmıştır. Optimize edilen koşullar altında üretilen elma örnekleri, 5 saat boyunca 37 °C sıcaklıkta konveksiyonel ve konvensiyonel kurutucularla kurutulmuştur. Sonuçlar, canlı kalan LGG hücre sayısının (106-107kob g-1) kurutulmuş ürünleri probiyotik olarak nitelendirmek için yeterli olduğunu göstermiştir.

Kılıç ve diğ. (2018), yanıt yüzey modelini kullanarak, mısır ekmeğinin imalatı sırasında gerçekleştirilen işlemlerin neticesinde meydana gelen fitik asit miktarına etkisini ele almışlardır. Probleme uygun olarak Merkezi Bileşik Deneme(Central-Composit Desing) düzenini kullanmışlardır. Merkezi Bileşik deneme düzeni bir sefer tekrarlamıştır. Merkezi bileşik deneme düzenini etkileyen parametrenin değerini arttırmak veya azaltmak, düzen ile ilgili parametreyi direkt arttıracak ya da azaltacaktır. Deneme düzeni ile birlikte, belirli seviyedeki alan daha iyi sınırlandırılarak hem malzeme düzeyinden hem de zamandan tasarruf gerçekleştirilebileceği saptanmıştır.

Chakraborty ve Shrivastava (2018), çalışmalarında fermente nohut unu bazlı buğday ekmeği için pişirme koşullarını (bağıl nem, pişirme süresi ve sıcaklık) birden fazla yanıt dikkate alarak optimize etmişlerdir: (kırıntı sertliği, spesifik somun hacmi,

kabuk ve kırınımda renk değişimi) Bu amaçla Taguchi faktör-etki yaklaşımı, temel bileşen analizi, gri ilişkisel analiz, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalara dayanan akıllı ve sağlam bir teknik kullanmışlardır.

Hayıt ve Gül (2018), un olarak mısır ve pirinç, nişastalardanda mısır ve patates nişastasını kullanarak, glütensiz bisküvi unu üretimi için reçete oluşturmaya çalışmışlardır. Çölyak hastalarının glütene karşı gösterdikleri intolerans sebebinden dolayı, buğday unundan yapılmış bisküvileri tüketmeleri yanlıştır. Glutensiz bisküvi unu için yukarıda bahsi geçen hammaddelerin reçetedeki kullanım oranları deney tasarım yöntemlerinden bir olan yanıt yüzey metodu ile belirlenmiştir. Glutensiz bisküvi unu reçetesi için, unun bileşiminde kullanılacak hammaddelerin limitleri belirlenmiştir. Bu değerler mısır unu için %5-20,pirinç unu için %0-50 ve mısır nişastası için %0-30 arası olarak belirlenmiştir. Bu üç parametre için değerler belirlendikten sonra kalan miktar patates miktarı ile tamamlanacaktır. Alt ve üst limitlerde belirlendikten sonra yanıt yüzey yöntemi ile denenmek üzere glütensiz bisküvi unu reçeteleri oluşturulmuştur. Tekstürel sertlik, renk farkı ve yayılma oranı reçetelerin performans değerlerinin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Deney tasarımı çalışması sonucunda yapılan değerlendirmeler; %8 mısır unu, %7 mısır nişastası, %40 pirinç unu ve %45 patates nişastası reçetede karıştırılarak istenilen performans değerlerine uygun, glütensiz bisküvi üretilebileceği görülmüştür.

Yıldız ve Gökayaz (2019), çalışmaları sonucunda, çok raflı güneş enerjili kurutucularda elma kurutmuşlar ve kurutma sürecinin parametrelerini deney tasarım yöntemlerinden biri olan yanıt yüzey metodu ile birlikte optimize etmişlerdir. Sürece etki eden elmanın dilim kalınlığı, tepsiye konulan elma dilimlerinin kütlesi ve kurutma süresi parametreleri yanıt yüzey yönteminde kullanılacak parametreler olarak seçilmiştir. Deney tasarımı ile kurutma hızı, yüzdesel nem kaybı ve dilimlerdeki büzülme oranı optimize edilecek yanıt değerler olarak belirlenmiştir. Üç faktörlü merkezi kompozit dizayn ile birlikte parametrelerden kurutma süresi 58,6-361 dakika arasında, tepsiye konulan elma dilimlerinin ağırlığı 32,7-167 gram arasında ve elma dilimlerinin kalınlığı 3,98-9,02 milimetre arasında denenmiştir. Deney sonucundaki veriler için varyans analizi yapılmış ve ikinci derece polinom bir model elde edilmiştir. Modelin çözümlenmesi sonucunda da çok raflı güneş enerjili kurutucuların optimum kurutma değerleri bulunmuştur. Kurutma işleminde minimum kurutma süresi ile



maksimum nem kaybı ve büzülme oranının elde edilmesi için tepsiye konulan elma dilimlerinin kütlesi 92,86-105,72 gram, elma dilim kalınlığı 6,48-6,667 milimetre ve kurutma süresi 159-274 dakika arasında olması gerektiği gözlemlenmiştir.

Türkan ve Etemoğlu (2019), çalışmalarında deney tasarımı metotlarında Taguchi metodu ile konvektif kurutucuda salatalığın kurutulmasına etki eden parametrelerin optimizasyonunun uygulamasını göstermişlerdir. Kurutma sürecine etki eden parametrelerin seviyeleri, hava hızı için 0,5-0,8 ve 1 m/s ,kurutma sıcaklığı için 40-50 ve 60°C ve salatalık dilim kalınlığı için 0,5-1 ve 1,5 santimetre olarak belirlenmiştir. Kurutma işleminin sonucunda sürece etki eden parametrelerin, performans değeri olarak belirlenen ürün nemi, büzülme katsayısı ,ekserji verimliliği ve ekserjetik gelişme potansiyeli üzerindeki etkileri varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda dilimlerin kurutulmasında dilim kalınlığının etkisinin, performans göstergelerinden biri olan ekserji veriminde ise hava sıcaklığının etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kuruma süresinin optimize edilmesi için, kurutma parametrelerinden dilim kalınlığının 0,5 santimetre, hava sıcaklığının 60°C ve hava hızının 1m/s olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Singh ve Kumar (2019), Taguchi'nin L27 ortogonal dizisi (Qualitek-4) aracılığıyla glutensiz bisküviler için depolamaya özel ambalaj malzemesi seçimi için optimal işlem parametreleri değerlendirilmiştir.

Mayasti ve diğ. (2019), glutensiz spagetti üretim sürecini ,dört faktör ve üç seviyeyi birleştirerek Taguchi yöntemiyle optimize etmişlerdir.

Durmaz ve Özel (2019), yaptıkları çalışmada melasın kalitesini etkileyen su miktarı, ekstraksiyon sıcaklığı, süresi ve parti sayısı gibi parametrelerin etkilerini Taguchi yöntemi kullanılarak deneysel olarak araştırmışlardır. Keçiboynuzu gibi preslenemeyen sert kurutulmuş meyvelerin pekmezi su kullanılarak ekstraksiyon yöntemi ile elde edilir. Geleneksel yöntemlerle elde edilen harnup pekmezinde ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi gibi ürün kalitesi açısından önemli olan parametreler dikkate alınmamaktadır. Ekstraksiyondaki su miktarının artırılması, enerji tüketimini arttırırken üretim verimini ve kalitesini düşürür. Bu çalışmada, şeker, Taguchi yöntemi kullanılarak keçiboynuzundan ekstraksiyon yöntemi ile geri kazanılmıştır. Daha az

enerji ve kaynak tüketmek için optimum ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sadr ve diğ. (2019), antepfıstığı endokarplesyonu (PEL) sorunu, İran'ın fıstık alanlarına son yıllarda yayılan en yaygın anomalilerden biridir ve İranlı fıstık çiftçilerine çok zarar vermiştir. Çalışmada Taguchi metodu optimize edilerek, bu problemdeki bazı etkili besin elementleri için optimal seviyelerde gübre spreyi belirlenmiştir. Tüm bu çalışmalarda, tek başına kalsiyum eksikliğinin etkileri göz önünde bulundurulurken, son araştırmalar kalsiyumun yanı sıra diğer besinlerin de bu sorunu yaratmada etkili olduğunu göstermiştir. Bu amaçla, üç kademedeki altı makro ve yüksek mikro element (Ca, Mg, Cu, Fe, Zn ve Mn) faktörü seçilmiştir ve Taguchi tasarımı (L27) uygulanmıştır.

Chung ve diğ. (2020) çalışmalarında, Taguchi ve gri ilişkisel analizin, yani Taguchi-GRA yaklaşımının bir kombinasyonunun, ekşi maya ekmeğinin kalitesindeki işleme parametrelerini araştırmak ve birden çok özellik içeren yeni fırıncılık ürünleri üretmeye yönelik en uygun ayarları belirlemek için kullanılabileceğini göstermiştir. Sonuç, en iyi doku, renk ve duyu niteliklere sahip bir ekşi maya ekmeği üretmek için en uygun formülün A3B1C1D2E2 olduğunu, yani % 20 çulissur mayası, % 0 ilavesi, % 8 tuzsuz tereyağı, % 80 buğday fl +% 20 yüksek glütenimiz ve sırasıyla % 10 bal olduğunu göstermiştir. Böyle yeni bir uygulama, endüstride unlu mamullerin kalitesinin iyileştirilmesi için bir referans olabileceğini kanıtlamıştır.

Ayrıca draje kaplama için yapılmış çalışmalara örnek olarak; Eyyüpoğlu ve diğ. (2019), draje kaplı çikneme gerektiren, sakız vb. şekerleme ürünlerinin proses koşullarını yanıt yüzey yöntemi ile incelediği çalışması, Pandey ve diğ. (2006), kaplama tavaında farmasötik tablet kaplama işlemi için yaptıkları ölçeklendirme çalışması, Boutin ve diğ. (2004) , ise şeker muadilli olan polialkoller ile draje kaplamayı incelediği çalışması gösterilebilir.

Bu tez çalışmasında ise Denizli'de faaliyet gösteren bir kuruyemiş firmasının draje kaplama sürecinin çalışma parametrelerinin Taguchi metodu ile optimizasyonu ele alınmıştır. Konuyla ilgili çalışmalar incelendiğinde kuruyemiş sektöründe draje kaplama sürecinin çalışma koşulları için Taguchi metodu ile yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

## 4. KALİTE ve SÜREÇ İYİLEŞTİRME

### 4.1 Kalite

Globalleşen dünya ile birlikte, rekabetin zorlaştığı günümüzde, en kısa zamanda, en az maliyetle, en iyi kalitede ürünü müşteriye ulaştırmak şart hala gelmiştir. Kalite kavramını birçok açıdan değerlendirebilmek mümkündür. İstenilen özelliklere sahip, müşteri ihtiyaçlarını karşılayan, kullanıma uygun gibi kavramlar ile birlikte tanımlamaların birçoğu kalite kavramı olarak nitelendirilebilmektedir (Yılmaz 2014).

Değişen dünya ile birlikte tüketicilerin ürüne ya da hizmete dayalı kalite beklentileri zamanla değişmekte ve artmaktadır. Geçmişten gelen ürünü üretimden sonra kaliteli yapma düşüncesi zamanla, yerini “kalite ürünle üretilir “ düşüncesine bırakmıştır. Bu sebepten ürünün ya da sürecin tasarım aşamasından, üretimine kadar her aşamasında kalitenin üretilmesi, iyileştirilmesi çok önemlidir.

Ürünlerin veya sürecin ana işlevlerini yerine getirebilmesi kalitenin boyutlarından bir kabul edilen performans kavramını karşılarken, aynı zamanda ürünün bozulma sıklığı vs. ise, kalitenin güvenilirlik boyutunu açıklamaktadır.

Alınan hizmet, ürün ya da sürecin ana işlevlerini yerine getirirken ne kadar zaman bozulmadan dayandığı ise kalitenin dayanıklılık kavramına karşılık gelmektedir. Ana işlevlerinin yanı sıra ürünün ya da sürecin sahip olduğu farklı niteliklerde kalitenin özellik boyutunu açıklamaktadır (Yıldırım 2015).

Yapılan birçok tanıma göre kalite varyasyon ya da diğer adıyla değişkenlikle ters orantılıdır. Ürün ya da süreçteki varyasyonun yok edilmesi direkt kaliteyi arttırmak olarak ifade edilebilir. Bu nedenle kalite kavramını açıklarken, ölçüm sonuçları ile desteklemek gerekir. Ölçülemezse, değişkenlik saptanamaz ve bunu sonucunda ise de kalite kavramından bahsedilemez. Kalite ölçülürken de genelde iki kavram göz önünde bulundurulur. Bunlardan birincisi müşteri memnuniyetidir. Yüksek kaliteli ürünler ile pazar payını arttırmak mümkündür. Ancak bu yüksek

maliyetlere neden olabilmektedir. İkincisi ise hatasız üretimdir. Hatasız üretim ile birlikte de hurda, yeniden işleme ve çöpe atma masrafları ortadan kalkmaktadır.

## **4.2 Süreç İyileştirme**

İşletmelerde oluşturulan değerın yaratılmasından, müşterilere sunulmasına kadar gerçekleşen olayların hepsi bir süreç örneğidir. Kaynakların kullanılarak çıktıya dönüştüğü değer yaratma işlemi süreç olarak adlandırılmaktadır. Süreç sonucunda elde edilen çıktı değerın, girdilere oranı ise verimlilik olarak tanımlanmaktadır. En iyi çıktı değere ulaşırken, minimum maliyetle girdileri kullanmak verimliliği arttıracaktır (Yıldırım 2015).

Globalleşen dünya ile birlikte fiyatın belirli olduğu piyasada, üretim maliyetlerini düşürerek, kar marjını arttırmak yapılabilecek en önemli şeydir. Üretim maliyetlerini düşürerek, istenilen kalitede ve en hızlı şekilde üretim yapabilmek içinse süreç iyileştirme çalışmalarını gerçekleştirmek bir mecburiyet haline gelmektedir.

## **4.3 Kalite Ve Süreç İlişkisi**

Günümüz rekabet şartları göz önüne bulduğunda kalite ve verimlilik kavramlarını birbirlerinden ayrı düşünmek olanaksızdır. İlk defa da müşteri beklentilerini karşılayan, dayanıklı, fonksiyonlu üretim ile birlikte yeniden işleme, hurda maliyetlerinden kurtulmuş olunacaktır. Ürün başına düşen toplam maliyet düşecek ve ürün sayısı artacaktır. Bu sayede girdilerin daha etkin kullanılmasıyla verimlilik artırılmış olacaktır. Üretim süreçlerinin verimliliğini arttırarak düşük maliyetle kaliteli ürünler üreterek, kaliteli ürünler için yüksek maliyet algısı ortadan kalkmış olacaktır. Bu nedenle verimliliği arttırarak, rekabette söz sahibi olmak isteyen işletmeler içinse süreç geliştirme faaliyetleri elzemdir (Yıldırım 2015).

Ürün ve süreç üzerindeki değişkenliğin azaltılması, kayıpların, hataların elimine edip, sıfır hata ya da kusurlu üretim, kaliteyi direkt olarak etkileyecektir. Akıldan çıkarılmaması gereken bir nokta vardır ki ürünün kalitesi, ürün üretilirken oluşur. Üretim sonrasında yapılan kontrol ya da diğer adıyla muayene işleminin

kaliteye bir etkisi yoktur. Sadece son ürünün standartlara uyup uymadığının tespiti için yapılan kontrol, ürünlerin kusurlu ya da sağlam olarak ayrılmasını sağlayacaktır.

#### 4.4 Süreç İyileştirme Yöntemleri

Geçmişten günümüze kaliteli ürün ya da hizmet üreterek, rekabette yer edinebilmek için birçok süreç iyileştirme faaliyetinde bulunulmuştur. Bu faaliyetler ile birlikte değer yaratmayan noktalar azaltılarak ya da elimine edilerek israf önlenmiş ve verimlilik arttırılmıştır (Yılmazer 2014).

Süreç iyileştirme yöntemlerinden işletmede olumlu neticeler elde edilebilmesi için, her şeyden önce uygulamada süreklilik sağlanmalıdır. Üretim hattında her bir birim hem üretici hem de müşteri durumundadır. Mamulün kalitesi bu üretim hattının başarılı bir şekilde çalışmasına bağlıdır. Bu nedenle değerlendirilirken hep birlikte değerlendirilmelidir. Kaliteye dair problemler daha yokken bile önlemeye yönelik çalışmalar yapılacak şekilde sistem tasarlanmalıdır.

Müşteriye en kısa zamanda, istenen kalitede ve en düşük maliyetle ürünleri ulaştırmak için, işletmede kullanılan başlıca süreç iyileştirme yöntemleri aşağıdaki gibidir (Deste ve diğ. 2018).

- Yalın üretim araçları (Kaizen, Poka Yoke, Just in Time, Six Sigma vb.)
- İstatistiksel Süreç Kontrol
- Hata Türü ve Etkileri Analizi
- Değer mühendisliği
- Deney Tasarımı
- Analitik Hiyerarşi Süreci
- Simülasyon
- Kalite Çemberi vb.

Bu tez çalışmasında ise müşteri taleplerinin eksiksiz ve zamanında karşılanabilmesi için draje kaplama sürecindeki üretim parametrelerinin eniyilemesi için süreç geliştirme yöntemlerinden deney tasarımı metodu olan Taguchi metodu ile

alışılacaktır. Metotlardan deney tasarımı ise daha sonraki bölümde detaylı olarak anlatılacaktır.

## 5. DENEY TASARIMI

### 5.1 Deney Tasarımı ve Temel Terimler

Deney, bir ürün, sistem veya süreç hakkında detaylı bilgi edinmek, herhangi bir parçasını incelemek, veri toplamak ve bir amaca uygun olarak çıkarım sağlamak amacıyla yapılan gözlemlere ve çalışmalara verilen isimdir. Daha basit bir ifade ile bir şey öğrenmek, tecrübe etmek veya herhangi bir şeyin doğruluğunu kanıtlamak amacıyla yapılan çalışmalara denmektedir.

Süreç, belirli bir çıktı elde etmek için birbirleriyle etkileşim halinde bulunan makine, malzeme, metot ve insan gibi kaynakların kullanılarak amaca ulaşmak için kullanılabilir takım faaliyetler dizisi olarak tanımlanmaktadır. Girdi değişkenleri ise deney sonucunu etkileyen, kontrol edilebilen yani üzerinde değişiklik yapılan, ölçülebilen veya edilemeyen faktörlerdir. Bir ürün ya da sürecin kalite performansını iyileştirmek veya geliştirmek amacıyla, ürün / süreci etkileyen çeşitli faktörler ve seviyeleri üzerinde değişiklikler yapılarak, seçilen kalite karakteristikleri üzerinde ortaya çıkan farklılıkların gözlenmesi ve çeşitli yöntemlerle yorumlanması ‘deney tasarımı’ olarak adlandırılmaktadır (Taphasanoğlu 2020).

Planlanmış deney tasarımı çalışmaları ile sürecin istenen verimlilikte çalışması için uygun faktör seviye ve değerleri belirlenebilmekte ve sürecin verimliliği artırılabilir. Aslında asıl amaç bu çalışmalarla dayanıklı yani robust bir süreç ya da ürün oluşturmaktır. Dayanıklından kasıt süreçte ya da üründe kontrol edilemeyen faktörlerin etkisine duyarsız, çevre koşulları, müşteri kullanımı vs. gibi etkenlerden etkilenmeyen süreç ya da ürün anlamındadır.

Deney tasarımı teknikleri, yeni bir ürün geliştirmede, yeni bir süreç geliştirmede veya performans artırma amacıyla mevcut süreci düzeltme çalışmalarında önem arz etmektedir (Şanyılmaz 2006).

Deney tasarım çalışmalarında temel amaç, incelenen süreçteki girdilerin çıktılar üzerindeki etkileriyle ilgili bir matematiksel model oluşturmak ve bu modeli oluştururken de mümkün olan en az deney yapabilmektir. Oluşturulan bu model

sayesinde süreç üzerinde istenilen en uygun değer için optimizasyon çalışması yapılabilmesi ve daha önce hiç denenmemiş deney için bir tahminleme çalışması yapılabilmeye fırsat tanınmasıdır (Özden 2020).

Bir ürün ya da süreçte deney tasarımı çalışmalarında bulunulabilmesi için, ürün ya da süreç özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Başarılı bir deney tasarımı çalışması için deneyin iyi planlanmış olması şarttır ki istenen optimum sonuçlara ulaşılabilsin. Sürecin girdi değerleri, çıktı değerleri, sürece etki eden kontrol edilen ve kontrol edilemeyen değerlerinin tanınmasının yapılabilmesi gerekmektedir. Deney tasarımında kullanılan terimler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Yanıt değişkeni diğer adıyla çıktı, deney yapılarak incelenmek istenen, süreçte gözlemlenen ve iyileştirilmek ya da geliştirilmek istenen değişkendir.

Faktör, deneyde çıktı ya da diğer adıyla yanıt üzerinde etkisi bulunan kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenlerdir. Faktör bir sürecin makine ayar hızı, sıcaklığı nemi gibi ölçülebilir değişkenler olabileceği gibi, farklı makinelerde, farklı operatörlerin etkisi gibi ölçülemeyen yani nitel değişkenlerde olabilir. Kontrol edilebilen faktörler deney sırasında çıktı üzerindeki etkilerini gözlemleyebildiğimiz, değiştirebildiğimiz parametrelerdir. Bu parametreler ile çıktı değişkeninin üzerindeki kontrol edilemeyen değişkenlerin etkisinin minimize edilmesi istenir. Kontrol edilemeyen faktörler ise deney sırasında değiştirilemeyen veya değiştirilmesi mümkün olmayan parametrelerdir.

Seviye ya da diğer adıyla düzey, seçilen faktörlerin çıktı üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi için denenecek değerleridir.

Etki, faktörün bir seviyeden öteki seviyeye değiştirilmesi sonucunda çıktı üzerinde meydana gelen değişimdir. Seçilen faktörlerin çıktı üzerindeki etkisinin büyük olması, deney tasarımında seçilen faktörlerin doğruluğunun göstergesidir. Bu sayede çıktı üzerindeki değişiklikler faktörler ile kontrol edilebilir hale gelecektir ve model anlam kazanacaktır.

Deney tasarımı çalışmalarında elde edilen veriler çalışmanın doğruluğu için oldukça önemlidir. Bu sebepten dolayı deneyin iyi tasarlanmış olması, nasıl



uygulanacağı kararı oldukça önemlidir. Deney tasarımı çalışmaları temelinde 3 ilkeyi bulundurmaktadır. Bu ilkeler ; rassallık, tekrarlama ve bloklama'dır.

Rassallık yani diğer bir ifade olarak şansa bağlı olarak bazı olayların gerçekleşerek, ele alınan problemin her tarafından gözlemlenmesine olanak sağlayarak, deney tasarımı çalışmalarında kullanılan metotların en temel noktasını temsil etmektedir. Çalışma sırasında, çalışmaya konu olan girdilerin şansa bağlı olarak sıralanması gerekmektedir. Daha basit bir ifadeyle kullanılan makine, operatör, malzemelerin ve yapılacak deneylerin sıralarının şansa bağlı olarak belirlenmesi rassallık olarak tanımlanmaktadır. Rassallık ile asıl amaç, deney tasarımı çalışmasına konu olarak çıktı değişkenine etki eden kontrol edilemeyen başka değişkenler var ise şayet, bu faktörlerin etkisinin olabildiğine azaltmaya çalışarak, bu faktörlere duyarsız bir model oluşturmaktır. Örnek verilecek olursa eğer, deney çalışması sırasında makine ısınmasından kaynaklı toplanan verilerde bir varyasyon söz konusu ise, deneylerin rastgele yapılması, bu etkinin her deneyde aynı olması sağlanmış olur. Dolayısıyla deneylerin rastgele yapılması sonucunda, toplanan verilerin anlamlı olması sağlanır. Deney çalışma sonucu daha anlamlı analiz edilmiş olur(Demir 2004).

Tekrarlama ise çalışmaların birden fazla kez gerçekleştirilerek ortaya çıkabilecek hataların daha kolay gözlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle deneylerin birden fazla kez gerçekleştirilmesi önemlidir.

Bloklama, deney tasarımı ile ele alınan parametrelerin, özel durumları sebebiyle meydana gelen varyasyon sebeplerini parçalamaktır daha basit bir ifade ile kendi aralarında homojen olan birimlerin parçalanarak deneylere atanmasıdır. Bu ilke sayesinde değişkenliğe dair durumlar izole edilmektedir. Bloklama ilkesinin temel amacı, birbirine benzeyen deney birimlerini gruplara ayırarak, kontrol edilemeyen ya da değiştirilemeyen parametrelerin etkilerini azaltarak, gruplara ayrılmış bloklar içindeki verilerin homojenliğini sağlamaktır (Taylan 2009).

## **5.2 Deney Tasarımının Tarihçesi**

Deney tasarımı kavramı 1920'li yılların başında Ronald Fisher tarafından İngiltere'nin Londra şehrinde bulunan Rothamsted Tarım Alanı Araştırma Merkezi'nde geliştirilmiştir. İlk olarak çeşitli bölgelerdeki topraklarda farklı gübrelerin nasıl etki ettiği konusunda araştırmalarda kullanılmıştır. Bu çalışmada

bağımsız değişken olarak sadece gübre çeşidinin etki etmediği aynı zamanda topraktaki nem ve bakteri çeşidi gibi değişkenlerin de etkisinin önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ronald Fisher bu konu hakkında deney tasarımını kullanmış ve bu süreçten sonra tarım ve biyoloji alanındaki deney tasarımı çalışmalarına da öncü olmuştur. Deney tasarımı çalışmalarının başarıları Amerikalı ve Avrupalı üreticiler tarafından da desteklenmiştir (Montgomery 2008).

Edwards Deming'in Japonya' da kalite üzerine verdiği konferansların ardından bu yöntemler Japon araştırmacılar tarafından uygulanmaya başlanmıştır. Kaliteli ürün geliştirmek ve bunu yaparken de maliyeti olabildiğince düşürmek için deney tasarımı yöntemleri geliştirilmiştir. Fisher'ın buluşlarından sonra Prof. Genichi Taguchi de kendi yaklaşımlarını ortaya koymuştur (Topçu 2018).

### **5.3 Deney Tasarımı Aşamaları**

Deney tasarımı çalışmalarında, çalışma yapılacak konunun ve etkenlerinin açık bir şekilde tanımlanması, deneyin planlı bir şekilde gerçekleştirilmesi, verilerin doğru bir şekilde toplanması ve deney çıktılarının analiz edilme şeklinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle deney tasarımı çalışmaları birçok aşamadan oluşmaktadır. Temelinde bu aşamalar planlama, tasarım, uygulama ve analiz olmak üzere dört gruba ayrılabilir.

#### **5.3.1 Planlama**

Planlama aşaması; problemin tanımlanması, çıktı faktörünün belirlenmesi, deney faktörlerinin ve tasarım parametrelerinin belirlenmesi, deney faktörlerinin sınıflandırılması, deney faktörlerinin seviyelerinin belirlenmesi ve etkileşimlerin belirlenmesi aşamalarından oluşur (Antony 2003).

**Problemin Tanımlanması:** Deney tasarımı çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Deney tasarımı çalışması yapılacak olan problemin verileri ile birlikte açıkça, anlaşılabilir bir şekilde, tüm noktaları ile bilinip, açıklandığı aşamadır. Bu aşamadaki yapılan tanımlar nicel bir şekilde ortaya konulmalıdır.

**Çıktının Belirlenmesi:** Problem net ve açık bir şekilde ortaya konulduktan sonra, deney tasarımı çalışmaları ile neyin hedeflendiği ve neyin amaçlandığının açıkça ifade edilmesi gereklidir. Bu aşamada deney tasarımı ile çıktı faktörü üzerinde ne olması hedefleniyor belirtilmelidir. Çıktı değişkeni belirlenirken sayılar ile ifade edilebiliyor ve ölçülebilir olmalıdır.

**Deney Faktörleri ve Parametrelerinin Belirlenmesi:** Problem tanımında ortaya konulmuş olan sürece etki eden her bir faktörün ortaya konulduğu aşamadır. Faktörler ölçülebilir ve ölçülemeyen şekilde yani nitel olabilir. Süreci tanıyan, bilgi sahibi olan yetkin kişilerin bir araya gelip faktörleri belirlenmesinde fayda vardır. İyi bir şekilde ortaya konulmamış faktörler sonucunda deney tasarımı çalışmaları anlamsız sonuçlar verebilir.

Sürece etki eden faktörler belirlendikten sonra kontrol edilebilen yani ayarlanabilir, değiştirilebilir faktörler ve kontrol edilemeyip diğer adıyla gürültü olarak adlandırılan faktörler belirlenmelidir. Makinanın çalışma zamanı, çalışma hızı vs. gibi parametreler kontrol edilebilen faktörlere, makinanın içinde oluşan sürtünmeden kaynaklı ısı artışı, buna bağlı hammadde değişimi vs. gibi değişkenler kontrol edilemeyen faktörlere örnektir. Deney tasarımı ile kontrol edilebilen faktörlerin optimum değerleri ile kontrol edilemeyen faktörlerin etkisine duyarız bir süreç ya da ürün geliştirmek asıl amaçtır.

Faktörlere göre seviyeler de sözel, nitel (düşük-yüksek),(evet-hayır) ya da sayısal, nicel (150-200-250-300) olabilmektedir. Seçilen faktör ve seviye sayıları deney sayısının belirlenmesinde önem arz etmektedir. Faktör seviyeleri çıktı üzerindeki etkilerine göre uygun olarak seçilmelidir.

### **5.3.2 Tasarım**

Deney tasarımı için problem, problemdeki sürece etki eden faktörler, seviyeleri ve çıktı değişkeni planlandıktan sonraki aşama tasarım aşamasıdır.

Bu aşamada problemin amacına uygun olarak uygulanacak deney tasarım tekniği seçilir.

Ronald Fisher' ın klasik istatistiksel yaklaşımı savunduğu teknik seçilebileceği gibi Genichi Taguchi' nin savunduğu ortogonal diziler yaklaşımı ya da Dr. Dorian Shainin' in savunduğu değişken yaklaşımı teknikleri seçilebilir. Bu seçilen yaklaşımlardan bir tanesiyle birlikte tam faktöriyel, kesirli faktöriyel, yanıt yüzey yöntemi gibi tasarım metotlarına karar verilir. Yapılacak deneyin büyüklüğü, faktör sayısına, her faktör için seçilen seviye sayısına, deney için ayrılan bütçeye ve kaynağa bağlıdır. Özetle bu aşama, deneyde faktörlerin ve seviyelerin belirlenmesi ve hangi yöntem ile deneyin yapılacağına belirlendiği aşamadır (Özden 2020).

### **5.3.3 Uygulama**

Plana uygun olarak deneylerin yapıldığı ve verilerin toplandığı aşamadır. Uygulama sırasında yapılan hatalar deney tasarım çalışmasının gerçeği yansıtmasına engel olacağından bu aşamadaki her bir adım önem arz etmektedir.

### **5.3.4 Analiz**

Deneyler gerçekleştirildikten sonra kayıt altına alınan veriler, deney tasarımı çalışmasında sonuç elde etmek amacıyla istatistiksel metotları kullanan paket programlar yardımıyla bilgisayarda değerlendirilir. Bilgisayar destekli çalışan ,verilerin analizinde kullanılabilecek SAS,SPSS,MINITAB vb. gibi birçok program bulunmaktadır. Elde edilen verilerin ışığında modelin yorumlanmasında kullanılan en önemli metotlardan bir tanesi varyans analizidir. Deney tasarımı çalışmasında parametreler ile oluşturulan modelin, çıktı değişkeni üzerinde anlamlı olup olmadığı varyans analizi ile belirlenmiş olur. Varyans analizi sonucunun doğru olması için modelin anlamlı olması gerekir. Bu sebepten modelin anlamlılığı için hata analizi yapılır. Veri analizi gerçekleştirildikten sonra deney sonuçları elde edilen nicel veriler ile yorumlamalıdır. Bu nedenle grafik araçlarının kullanılması faydalı olacaktır. Deney tasarımı sonuçlarından emin olmak için doğrulama deneyleri gerçekleştirmek gerekir. Gerçekleştirilen tüm bu çalışmaların ışığında ele alınan problem hakkında yol gösterici bilgiler elde edilirken, aynı zamanda deney tasarım çalışmasının sonucu anlamlandırılmış olacaktır (Demir 2004).

## 5.4 Deney Tasarım Metotları

Deney tasarımı; klasik deney tasarımı ve istatistiksel deney tasarımı olmak üzere iki gruba ayrılır (Taphasanoğlu 2020).

Geleneksel metodoloji ile yapılan deney tasarımı uygulamalarında çıktı üzerinde sadece kontrol edilebilir faktörlerin etkisi araştırılarak kontrol edilemeyen faktörlerin etkisi göz ardı edilmektedir (Ercan 2019).

Klasik deney tasarımında, parametrelerin belirlenmesi ile deney uygulanmaya başlanmaktadır. Temel prensip parametrelerden birini değiştirip diğerlerini sabit tutarak çıktı üzerindeki etkiyi inceleyerek sonuç elde etmektir.

Her bir parametre seviyesinin tek tek incelenmesi nedeniyle yöntemdeki deney sayısı oldukça fazla olduğu için sürecin tamamlanması uzun sürmekte, yüksek malzeme maliyetine katlanılması gerekerek pahalıya mal olmaktadır. Ayrıca bu durum parametrelerin aynı anda 4 ya da 5’den fazla seviyesinin bulunmasını mümkün kılmaz. Çünkü 5 parametrelili bir uygulamada her bir parametrenin 5 seviyeye sahip olduğu varsayıldığında toplam olarak  $5^5 = 3.125$  farklı kombinasyon denenmelidir. Tekrar edilebilirlik ilkesi gereği deneysel hataların azalacağı öngörüldüğü için her bir deney 3 kez tekrarlandığında toplam  $3.125 \times 3 = 9.375$  deney uygulanmalıdır. Sonuç olarak klasik ya da geleneksel yöntemlerle yapılan deney çalışmalarından eş zamanlı analiz mümkün olamamaktadır (Gökçe ve Taşgetiren, 2009).

Ar-Ge çalışmalarının son derece önemli olduğu rekabet ortamında en düşük maliyetle en yüksek kaliteyi elde etmek firmalar için önemli unsurlardandır. Bu nedenle günümüzde klasik deney tasarımı yerine istatistik deney tasarımı metotları geliştirilmiştir (Taphasanoğlu 2020).

Klasik deney tasarımının aksine istatistiksel deney tasarımı yöntemleri ile daha az maliyetle ve deney sayısı ile daha etkili sonuçlara ulaşabilmek mümkündür. En yaygın kullanılan istatistiksel deney tasarımı yöntemleri; Yanıt Yüzey Yöntemi, Taguchi Yöntemi ve Faktöriyel Tasarım Yöntemidir.

Yanıt Yüzey Yöntemi: Süreç üzerinde değişkenlerin tek tek ve etkileşimli olarak sonuç üzerindeki etkileri öğrenilebilir. Aynı zamanda bu deney metodolojisi

sayesinde bağımsız değişkenler üzerinden bir matematiksel model oluşturulabilir (Özden 2020).

Box ve Wilson, olabilecek en az sayıdaki deney ile yanıt değişkeninin maksimum değerini aldığı noktaya ulaşması çalışmalarını üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu yöntemde regresyon analizi önemlidir çünkü bir faktörün yanıt değişkeni üzerindeki etkisini ve diğer faktörler ile etkileşimi üzerinde ne derece bir etkiye sahip olduğuna regresyon katsayıları yardımı ile karar verilir. Bu kararı verirken birinci derece lineer denklemler, ikinci derece tam karesel denklemler ve faktörlerin birbirleri ile olan etkileşim terimleri regresyon denklemini oluşturur (Özden 2020).

Taguchi Yöntemi: Birden fazla faktör ve faktör seviyesinden oluşan sistemler için optimum faktör kombinasyonunu veren Taguchi metodu, yararlandığı ortogonal diziler sayesinde yapılması gereken deney sayısını minimum seviyede tutabilmektedir (Mercan 2019).(6. bölümde detaylı olarak anlatılacaktır.)

Faktöriyel Tasarım Yöntemi: Deney tasarım metodlarından birisi olan faktöriyel tasarım metodu, iki ya da daha fazla parametrenin çıktı üzerindeki etkisini incelemek için kullanılan en yaygın metotlardandır. Bu metot ile birlikte modele göre çıktı üzerinde etkisi olan tüm parametrelerin kombinleri için deney yapılır ve çıktı üzerindeki etkileri araştırılır. İncelenen parametrelerin çıktı üzerindeki etkisi iki türlü gözlemlenir. İlk durumda parametrelerden biri diğer parametrelerden bağımsız olarak çıktı üzerinde etki yaratabilir ve bu etkiye esas etki denir. Diğer durumda ise parametrelerden birinin etkisi ,diğer parametre seviyelerine bağlı olarak değişir ve bu etkiye de etkileşim etkisi adı verilir (Demir 2004).

## 6. TAGUCHİ METODU

### 6.1 Taguchi Metodunun Tarihçesi

Tarım alanında iklim, gübre ve sulama faktörlerinin ürünler üzerinde oluşturduğu etkiyi saptayabilmek adına İngiliz İstatistikçi Fisher tarafından yapılan deney tasarım çalışmaları Taguchi metodunun temellerini oluşturmaktadır.

Ürün ya da süreçte kaliteyi artırma ve ürün ya da süreç maliyet düşürme yöntemi olarak takdim edilebilecek “Taguchi Tekniği”, Japon Mühendis ve Bilim adamı Dr. Genichi Taguchi'nin 1940'larda başladığı çalışmalarıyla geliştirdiği ve özellikle 1980 sonrası tüm dünyada geniş yankı uyandıran bir kalite geliştirme metodudur (Durmaz 2008).

1949 yılında Japon Nippon Telefon ve Telgraf şirketinin iletişim laboratuvarı ulusal iletişim sistemini geliştirmek için bir projeyi üstlendi. Mühendislik becerilerini ve gelişen yöntemleri deney tasarımında en verimli şekilde uygulaması nedeni ile Taguchi'ye bu laboratuvarın Araştırma ve Geliştirme bölümünde verimlilik konusunda sorumluluk verilmiştir. Böylece, Taguchi kalite mühendisliğinin temelleri burada atılmıştır. Süreç gelişiminin gerçekleştiği yaklaşık 45 yıllık zaman diliminde de, Taguchi yöntemi tüm dünya endüstri topluluklarından ve akademik topluluklardan büyük övgü almış ve saygı görmüştür. Endüstriye katkılarından dolayı Taguchi dört defa Deming ödülünü almıştır. Japon imparatoru, Japon endüstrisinin verimliliğine sağladığı katkılardan dolayı Taguchi'yi ödüllendirmiştir (Gencel 2007).

### 6.2 Taguchi Metodunun Felsefesi

Taguchi felsefesine göre ürünle ilgili her türlü aşamanın tasarımından başlanarak kalitenin sağlanması asıl amaçtır. Bu sayede ürün ve süreçte oluşacak her türlü sorun için yapılacak yeniden işleme, süreç geliştirme vs. gibi maliyet gerektiren çalışmaların önüne geçilmiş olacaktır. Felsefeye göre istenilen değerde ürün ve süreç için işlem boyunca oluşabilecek sapmaları azaltmak esastır. Bu metot iyi tasarlanmış kontrol edilebilen faktörler ile gürültü faktörlerine duyarsız bir sistemsel tasarım, süreç

ve ya ürün kalitesinin geliştirilmesinin yanı sıra az sayıda deney ile daha iyi sonuçlar veren deneysel tasarım metodudur.

Taguchi felsefesi 7 temel madde ile özetlenmektedir.

1- Bir ürünün kalitesinin önemli bir ölçüsü onun toplumda meydana getirdiği toplam kayıptır (Durmaz 2008).

2- Bir işletmenin zamana ayak uydurabilmesi, rekabet edebilmesi ve küresel yarışta yerini alabilmesi için kalite, maliyet vb. gibi açılardan daima kendini geliştirmesi esastır. Taguchi deney tasarımı ile iyi tasarlanmış süreçler sonucunda daha az değişkenlik, daha az maliyet ile daha kaliteli ürünler üretilmesi vurgulanır.

3- İşletmede uygulanan geliştirme faaliyetlerinde üretilen ürünün sınır değerler arasında değil, hedeflenen değerden sapmayacak şekilde üretilmesi esastır.

4- Ürünün performansındaki kayıptan dolayı tüketicinin maruz kaldığı kayıp; söz konusu performans karakteristiğinin hedef değerden sapmasının karesiyle orantılıdır (Durmaz 2008).

5- Ürünün tasarım mühendisliği ve üretim süreci o ürünün nihai kalitesini ve maliyetini verir (Mercan 2019).

6- Bir sürecin sonucu olarak ürünün istenilen özellikte üretilebilmesi için, ürünün üretimi sırasında ürün özelliklerine etki eden parametrelerin kontrol altında tutulması ile üründe oluşan sapmalar ve kalitesizlikler azaltılabilir.

7- İyi tasarlanmış bir süreç ve ürün için, sürece ve ürüne etki eden parametrelerin çok iyi bilinmesi gereklidir. İstatistiksel deney tasarımı metotları ile ürün ve süreçlere etki eden parametrelerin ürün üzerindeki etkileri açıklanarak istenilen değerlerde ürün ve süreç oluşturulabilmektedir.



### 6.3 Taguchi Kayıp Fonksiyonu

Deney tasarımı metotlarından biri olan Taguchi metodunun kalite felsefesinde temel dayanak nokta kayıp fonksiyonudur. Üründe oluşan kalitesizlik ve buna bağlı olarak ortaya çıkan, tüketici memnuniyetsizliğinin şiddetini belirleyen sürekli bir fonksiyondur, kayıp fonksiyonu (Çelik 1993).

Ürünün kalitesizliğinden kaynaklı yeniden işleme, hurdaya ayırma gibi fazladan işçilik, elektrik vs. gibi kayıpların yanı sıra işletmenin güvenilirliği ve itibar kaybı da işletmenin rekabet sürecine olumsuz etki eder.

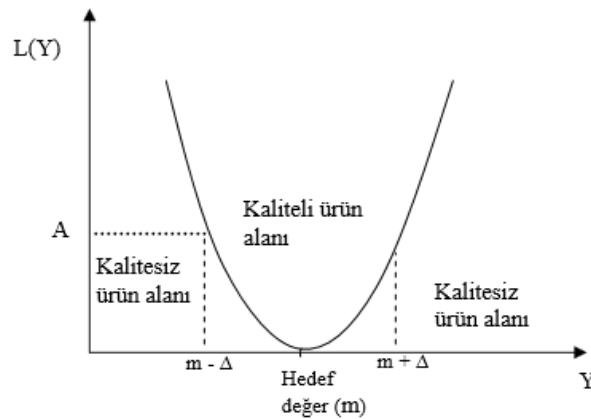
Performans karakteristiği Y olan bir ürünün herhangi bir tüketiciye vermiş olduğu kayıpların parasal değeri L(Y) ile gösterilir ve Y'nin kayıp fonksiyonu olarak adlandırılır (Şanyılmaz 2006).

Taguchi'ye göre ise kayıp fonksiyonu 6.1 eşitliğindeki gibi sürekli bir fonksiyon olmalıdır (Şanyılmaz 2006).

$$L(Y) = k(Y - m)^2 \quad (6.1)$$

Y performans karakteristiğinin değeri, m ise hedef değerdir. Burada k, hedeften sapan bir birim ürünü tekrar hedef değerine getirebilmek için üreticinin alacağı önlemlerin birim maliyetini gösterir (Şanyılmaz 2006).

Taguchi'nin kayıp fonksiyonu Şekil 6.1'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 6.1: Taguchi kayıp fonksiyonu

Şekil 6.1’ de görüldüğü gibi hedef değer olarak sadece tek bir nokta vardır. Kayıp sadece hedef değerde sıfır olmaktadır. Bu noktadan en ufak bir uzaklaşmada kayıp oluşacaktır. Bu kayıp üstel olarak artmaya devam edecektir (Özden 2020).

#### **6.4 Taguchi Sinyal/Gürültü Oranı(S/N)**

Taguchi metodu ile deney tasarımında, değişkenliği az ve kontrol edilebilen bir model açıklanmaya çalışılır. Deney sonuçları analiz edilirken S/N oranları dikkate alınmaktadır.

Deney tasarımında bir faktörün değiştirilmesi ile ürün kalitesindeki değişim gözlemlenmeye çalışılır. Burada istenilen etkiyi bu faktör oluşturmuş ise, bu sinyal olarak adlandırılmaktadır. Buna ek olarak, deney tasarımında deney sonucuna etki eden dış faktörler de bulunmaktadır. Bu dış faktörlerin ürün kalitesinde oluşturdukları etki ise, gürültü olarak tanımlanmıştır (Topçu 2018).

S/N olarak anılan sinyalin gürültüye oranı, Taguchi metodunun değiştirilebilen yada kontrol edilebilen parametrelerin ve kontrol edilemeyen parametrelerin çıktı üzerindeki oluşturduğu etkiyi saptamak için standart sapma ve ortalama değer ile birlikte kullanılan istatistiksel terimlerden bir tanesidir (Kandemir 2018).

Deney tasarım sonuçlarında yüksek bir Sinyal/Gürültü bulunmuşsa, bu çalışma ile sapmanın az ve parametrelerin anlamlı olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Sonuçlar değerlendirilirken çalışma için elde edilmek istenen sonuca göre 3 farklı S/N oranı kullanılabilir. S/N oranının bütün türleri için de sonuç değerinin yüksek olması deney sonucunun anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır.

##### **1)En Küçük-En İyi:**

Performans göstergesi olarak “Hedef değer en küçük” olduğu durumdur.(gürültü, zararlı maddeler, kirlenme, makina ısınması vb.). Bu tür problemlerde, performans karakteristiği y’nin hedef değeri sıfırdır. En Küçük en iyi durumunda İşaret/Gürültü oranı eşitlik 6.2’de verildiği gibi tanımlanabilir (Şanyılmaz 2006).

$$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{10} \sum_{i=1}^n y_i^2\right) \quad (6.2)$$

2)En Yüksek- En İyi:

“Hedef değeri en büyük”; (güç, mukavemet vb.). Bu durumda y'nin hedef değeri sonsuzdur ve İşaret/Gürültü oranı eşitlik 6.3'deki gibi tanımlanır (Şanyılmaz 2006).

$$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right) \quad (6.3)$$

3)Nominal Değer-En İyi:

“Hedef Değer En İyi” (ürün boyutları, elektrik voltajı vb.). Bu tür problemlerde, y için belli bir hedef değeri verilmiştir (Şanyılmaz 2006).

$$S/N = 10 \log\left(\frac{\mu^2}{\sigma^2}\right) \quad (6.4)$$

Yukarıdaki 6.4 numaralı denklemde  $\mu$  ortalama değeri,  $\sigma$  ifadesi de standart sapmayı göstermektedir.

## 6.5 Sağlam Tasarım

Çıktı değişkeni üzerindeki etkisi kontrol edilebilen ya da değiştirilebilen parametrelerin düzeylerini, kontrol edilemeyen parametrelerin çıktı üzerinde oluşturduğu etkiye duyarsız yani en küçükleyecek şekilde oluşturan tasarım robust yani sağlam tasarımdır. Deney tasarım metodlarından Taguchi metodunun tolerans ve parametre tasarım adımları, robust tasarımın adımlarını oluşturmaktadır (Taylan 2009).

Robust tasarım ile kontrol edilen parametrelerin en uygun seviyeleri ile dış etkilere yani çıktı üzerinde etkisi olup kontrol edilemeyen parametrelere duyarsız bir model açıklanmaya çalışılmaktadır. Bu sayede ürün üzerindeki değişkenlik azaltılıp, istenilen sonuca daha kolay ve anlamlı ulaşılabilecektir. Dış etkenlere duyarsız,

kontrol edilebilmek amacıyla yapılan ürün ve süreç tasarımına sağlam tasarım yani robust tasarım denilmektedir.

## **6.6 Taguchi Yönteminin Uygulama Adımları**

Taguchi yöntemi ile başarılı bir sonuca ulaşabilmek için planlı ve sistematik bir yol izlemek gereklidir. Planlı çalışma sonucunda istenilen ve doğru sonuçlara ulaşmak daha kolay olmaktadır. Taguchi yöntemi ile başlangıç aşamasından deney sonuçlarının analizine kadar uygulanan adımlar aşağıdaki gibi sekiz temel başlık altında toplanabilmektedir (Şanyılmaz 2006).

1. Problemin belirlenmesi
2. Faktör ve seviyelerin belirlenmesi
3. Ortogonal dizi ve seçimleri
4. Faktörlerin kolonlara atanması
5. Deneylerin gerçekleştirilmesi ve verilerin toplanması
6. Verilerin analizi
7. Anova tablosunun analizi
8. Doğrulama deneylerinin yapılması

### **6.6.1 Problemin Belirlenmesi**

Çalışmalara başlarken en önemli aşama problemin ya da ele alınan konunun tanımlanması hususudur. Ele alınan konunun ya da problemin tanımlanması aşamasında yapılacak bir hata çalışmanın bütünüyle yanlış sonuçlar vermesine neden olacağı gibi, aynı zamanda maliyet ve zaman kaybına da yol açacaktır.

Problemin belirlenmesinde, problemle alakalı müşteri şikâyetleri, ürün ya da süreçle ilgili yetkin kişilerin düşüncelerini paylaşılması istenilmelidir. Problemin tanımlanması açık ve net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Problemin belirlenmesinin sonucunda deney çalışması ile istenilen fonksiyonların yerine getirilebilmesi için gerekli ve kalitesini belirleyen özelliklerinde açıklanmış olması

gerekir. Problemin belirlenmesi ile birlikte deney çalışmasının amaçları mümkün ise nicel olarak ortaya konulmalıdır.

Problemin belirlenmesi aşamasında ve Taguchi yönteminin bundan sonraki her aşamasında çalışmayı yürütecek belirli bir ekibin oluşturulması çalışmanın verimliliği açısından önemlidir (şanyılmaz 2006).

### **6.6.2 Faktör ve Seviyelerin Belirlenmesi**

Problem belirlenip, amacı net bir şeklide ortaya konulduktan sonraki aşama da, problem çıktısı üzerinde etkisi olan tüm faktörler belirlenir. Bu aşamada sürecin ve ürünün her noktasının çok iyi bilinmesi gereklidir. Beyin fırtınası, akış diyagramları vb. diyagramlar, çıktı üzerindeki faktörlerin belirlenmesinde yardımcı olabilir.

Faktörler belirlendikten sonra çıktı üzerindeki etkisine göre kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen faktörler olarak ayrılırlar. Kontrol edilebilen faktörler ile çıktı üzerindeki kontrol edilemeyen faktörlerin etkisini azaltmak ya da elimine ederek, dış etkenlere duyarsız bir model oluşturmak esastır.

Performans karakteristiğini etkileyen parametrelerin belirlenmesiyle birlikte s bu parametrelerin kaç değişik seviyede inceleneceğinin belirlenmesi gerekmektedir. Parametrelerin düzeyleri (seviyeleri) en az iki olmak koşulu ile üç veya daha fazla sayıda olabilir. Ancak seviyeleri iki veya üç olarak belirlemek büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca gerekli toplam serbestlik derecesi faktörler için seviye sayılarının bir fonksiyonudur. Bir faktör için serbestlik derecesinin o faktör için kullanılan seviye sayısının bir sayı eksiğine eşit olduğu bilinmektedir. Faktörlerin yanında bir de faktörler arasında olması beklenen karşılıklı etkileşimlerde belirlenir. Bu tür karşılıklı etkileşimlere interaksiyon denir. Süreçte bazen faktörlerin bir arada olması dolayısıyla karşılıklı etkileştikleri ve sapmalara bu şekilde de kaynaklık ettikleri görülebilir. rnek olarak sıcaklığın bir faktör ve nemin bir faktör olduğu durumlarda sıcaklık ve nem etkileşimi de ayrıca bir faktör olarak etki edebilmektedir. şayet bu tür faktörler varsa bunlara ait olabilecek etkileşimleri de bir faktör olarak göz önünde bulundurup belirlemek gerekir. Eğer faktörler arasında bir etkileşim söz konusu ise bu etkileşim için serbestlik derecesi; etkileşen faktörlerin serbestlik

derecelerinin çarpımına eşittir. Toplam serbestlik derecesi her bir faktörün serbestlik derecesinin toplamına eşittir. Seviye sayısını arttırmakla toplam serbestlik sayısı artacak bu da yapılması gereken test (deney) sayısını arttıracaktır. Her bir faktör için serbestlik derecesinin bir olması toplam test sayısını en küçüklemektedir. Deneyin ilk aşamasında birçok faktör elenir ve kalanları deney hacminde, maliyet ve zamanı arttıran bir artışa neden olmadan birkaç seviyede incelenir (Durmaz 2008).

### 6.6.3 Ortogonal Diziler ve Seçimler

Taguchi, deney tasarımı çalışmalarında kullanılmak üzere ortogonal dizileri oluşturmuştur. Bu sayede endüstride az sayıda deney ile kısa zamanda ve minimum maliyet ile deney tasarımı çalışmalarına olanak sağlamıştır. Ortogonal dizinin en önemli faydası birçok parametrenin az sayıda deney ile denenmesine imkan sağlamaktadır. Problemin çeşidine göre ortogonal diziler iki seviyeli, üç seviyeli, iki ve üç seviyeli olarak belirlenebilmektedir (Taylan 2009).

Deney tasarımında uygun ortogonal dizi bulunurken serbestlik derecesi dikkate alınır. Problem için belirlenen kontrol edilebilen faktörlerin serbestlik derecelerinin toplamı ile bulunur. Bir faktörün serbestlik derecesi ise seviye sayısının bir eksigidir.

Serbestlik dereceleri aşağıdaki gibi hesaplanır: (Mercan 2019)

VA: A faktörünün serbestlik derecesi

VA\*B: A ile B etkileşiminin serbestlik derecesi

kA: A faktörü seviye sayısı

Tüm faktör ve faktör etkileşimlerinin serbestlik dereceleri toplamı ise faktör grubunun serbestlik derecesini verir. Toplam yapılacak deney sayısı ise faktör grubunun toplam serbestlik derecesine 1 eklenerek bulunur. Eşitlik 6.5'deki gibi tanımlanır.

VT: Dizinin toplam serbestlik derecesi

N: Dizideki toplam deney sayısı

$$N=VT + 1 \quad (6.5)$$

Serbestlik derecesi belli olan faktörler için uygun ortogonal dizi seçimi kolaylıkla yapılabilir (Mercan 2019).

#### **6.6.4 Faktörlerin Kolonlara Atanması**

Taguchi metodu ile yapılan deney tasarım çalışmalarında parametrelerin, karşılaştırılan ortogonal düzen doğrultusunda sütunlara ya da diğer ifade ile kolonlara atanmasında, Genichi Taguchi tarafından geliştirilen üçgenel tablolar veya grafikler kullanılmaktadır. Parametrelerin ve etkileşimlerinin yerleştirileceği kolonları doğrusal grafikler gösterirken, parametreler arasındaki tüm etkileşimleri ise üçgenel tablolar içermektedir (Taylan 2009).

Taguchi belli başlı ortogonal deney planlarını tablolar halinde sunmaktadır. Bu planlar standartlaştırılmıştır ve direkt olarak bir deney için kullanılabilirler(Çangal 2019).

Ortogonal dizinler iki kademeli, üç kademeli, iki ve üç kademeli olmak üzere üç türlü oluşturulmuşlardır. Taguchi ile deney tasarımının temel noktası ortogonal dizinlerdir. Taguchi yöntemiyle deney tasarım çalışması yapılırken, deneyler sırasında bu dizilerden birini kullanmak gereklidir. Eğer deney tasarımı süresince parametrelere uygun dizi seçilemediyse, düzenlemeler ile dizilerden birinin seçilmesi gerekir. İki kademeliler için L4,L8,L12 ve L32, üç kademeliler için L9,L18,L27 dizileri kullanılmaktadır. Örnek olarak Tablo 6.2’de L9 ortogonal dizi planı tablo halinde verilmiştir. Bunlara ek olarak L18,L36 ve L54 dizileri her iki kademenin de karışık kullanıldığı dizilere örnektir (Kamber 2008).

**Tablo 6.2:** L9(3<sup>2</sup>) Ortogonal dizi planı

Deneyleer	Faktörler		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

### 6.6.5 Deneyleer Gerçekleştirelmesi ve Verilen Toplanması

Deneylee planına uygun olarak ortogonal dizideki her bir deneylee gerçekteştirilir. Deneylee sonucunda elde edilen sonuçlar değereendirilmek üzere objektif bir şekilde dokümanete edilmelidir.

Deneylee yapılabilmesi için öncelikle deneylee donanımından, hammaddeye ve deneylee yapılacak ekibe kadar her ayrıntının ,deneylee sırasında ve tamamlanmasında hazır olması gerekmektedir. Deneylee bütünselliğini bozmamak için kullanılacak donanım ve ekipmanların uygun şekilde kullanılması ve sürelerine göre önceden sipariş verilerek tedarik edilmesi önemlidir. Deneylee ekibi tarafından, ekipman ve malzeme kontrolü yapılır. İşi gerçekteştiren, denetleyen personeller deneyleeden önce hazırlanmalılar ve gerekli yönlendirmeleri yapmamalılardır. Hazırlanan deneylee programına uygun olarak deneylee gerçekteştirilmesi sağlanır. Deneylee gerçekteştirilirken verilerin de plan aşamasında olduğu gibi hassas olarak takibinin yapılması gerekmektedir. Aksi halde yapılan deneylee tasarımı çalışmaları neticesinde sonuç elde edilemeyecek kadar kötü sonuçlar alınabilir (Gencel 2007).

### 6.6.6 Verilerin Analizi

Deneylee planına uygun olarak toplanan veriler Minitab vs. gibi paket programlar aracılığı ile analiz edilebilmektedir. Verilerin analizi sonucunda elde edilen sinyal



/gürültü oranlarına bakılarak, faktörlerin çıktı üzerindeki etkileri incelenip, model anlamlı bir şekilde açıklanır.

Veriler analizi sırasında, metoda uygun olacak şekilde hesaplamalar gerçekleştirilirken, her bir parametrenin çıktı değişkeni üzerindeki etkileri bulunur. Bunlara ilave olarak çıktı üzerindeki etkilerin incelenmesinde F testi ve katkı yüzde oranları kullanılabilir. Parametrelerin seviyeleri göre çıktı değişken üzerindeki etkilerine bakarak, en iyi seviyelerinin bulunmasına yardımcı temel araç grafiklerdir. Analiz sırasında her bir parametrenin sinyal/gürültü oranı bulunur ve her bir parametrenin en yüksek S/N oranını veren seviyesi seçilir. Her bir parametrenin, çıktı değişken üzerindeki en ideal seviyesi bulunarak en iyi parametre kombinasyonu oluşturulmuş olunur. Parametre etkilerinin görsel olarak sunumunda grafikler kullanılabilir. Parametre düzeylerinin arasındaki farkların belirlenmesinde faktör grafikleri kullanılmaktadır (Gencel 2007).

Analiz sonucunda kontrol edilebilen faktörlerin çıktı üzerindeki en iyi sonucu veren seviyeleri seçilir. Bu değerler doğrulama deneyleri için referans olmaktadır. Bu sayede, teorik olarak elde edilen değerlerin, uygulama ile ne kadar örtüşeceği gözlemlenmiş olur.

### **6.6.7 Anova Tablosunun Analizi**

Deney tasarım yöntemleri varyans analizine dayanmaktadır. Varyans analizi, diğer adıyla Anova test edilen grupların ortalama değerleri arasındaki farkı ortaya koymak için kullanılan istatistiksel bir metottur. 1930'lu yıllarda Ronald Fisher tarafından geliştirildiğinden dolayı, soyisminin baş harfinden ilham alarak F testi olarak da anılmaktadır (Taylan 2009).

Deneyler sonucunda elde edilen sinyal /gürültü oranının yanı sıra, her bir faktör için varyans analizi yapılır. Faktörlerin çıktı üzerindeki değişim etkileri belirlenmiş olur.

ANOVA sonuçları yorumlanırken; bazı kriterleri aşan F değerine sahip faktörler ve bazı kriterlerden daha az F değerine sahip faktörler incelenmektedir. F

değeri sözü edilen kriterlerden (F-tablo değeri) büyük olan faktörlerin yığın için ortalama değeri etkileyeceği düşünülür. F değeri tablo değerinden küçük olan faktörlerin ise ortalama üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı düşünülür (Durmaz 2008).

### **6.6.8 Doğrulama Deneilerinin Yapılması**

Taguchi deney tasarımında VARAN (varyans) analizleri yapıldıktan sonra performans karakteristiği üzerinde hangi faktörün hangi seviyesinin ne kadar etkili olduğu belirlenmiş olmaktadır. Son adım ise, doğrulama deneilerinin yapılması ve optimizasyon işleminin doğruluğunun test edilmesidir (Topçu 2018).

Verilerin analizi ile her bir faktörün çıktı üzerindeki en uygun sonuçlarını veren seviyelerine göre doğrulama değerleri yapılır. Deney planına uygun olarak birkaç defa bu deneyler tekrarlanır, ortalama değerleri, standart sapması vs. bulunur. Doğrulama deney sonuçlarının analiz sonuçları ile uyumlu olup olmadığına bakılır.

Doğrulama deneyleri sonucunda elde edilen faktör ve seviyeleri, analiz sonucundakiler ile aynı olursa eğer deneyin amacına ulaşmış ve robust bir tasarım elde edilmiş sayılır.

Fakat doğrulama deneilerinin neticesinde, istenilen güven aralığı arasında sonuca ulaşılamamışsa, deney tasarımı çalışmalarında bir başarısızlık olduğu sonucuna varılır. Böyle bir durumda süreç yeniden gözden geçirilir ve yapılan hatalar bulunmaya çalışılır. Hataların yapılan noktaların revize edilerek deney tasarımı çalışmalarına tekrar başlanır ve yeniden parametrelere ait en iyi seviyeler bulunmaya çalışılır (Şanyılmaz 2006).

## 7. UYGULAMA

### 7.1 Uygulama Yapılan İşletme Hakkında Genel Bilgi

Uygulamanın yapılacağı firma Denizli'nin önde gelen kuruyemiş fabrikalarından biridir. 1979 yılında Denizli'nin Serinhisar ilçesinde küçük bir leblebi imalathanesi ile ilk üretime başlamıştır. Ardından 1980 yılında üretim kapasitesini arttırarak bölge dışında Türkiye geneli toptan satışlara başlamıştır. 2000 yılında leblebi çeşitlerini arttırmak ve diğer kuruyemiş çeşitlerini de taze üretilip son tüketiciyle buluşturmak üzere imalathaneden fabrikaya geçiş yapılmıştır.

Toptan satışın yanı sıra halka direkt ulaştırmak amacıyla fabrikanın yeni bir perakende markası yaratarak, üretilen taptaze 20'nin üzerindeki leblebi çeşidiyle ve diğer kuruyemişler ile birlikte 2004 yılında perakende hizmetine başlamıştır. Şu anda bir adet fabrika ve dört adet Perakende Mağazası ile hizmet vermektedir.

İşletmede üretilen ürünlerin çoğunun temelinde leblebi bulunmaktadır. Leblebi, nohudun birtakım ısıtma ve ısıtma işlemlerinden geçirilmesi ile elde edilen bir kuruyemiş çeşididir. Süreçteki üretime bakılarak işlem tipine ve üretimde kullanılan diğer baharat, sos, çikolata, kokolin, şeker, haşhaş vs. gibi ilavelerle yüzlerce çeşit leblebi üretmek mümkündür. Leblebinin boyutuna ve satış miktarlarına göre farklı fiyatlarda satışı yapılabilmektedir. İşletmede leblebinin yanı sıra fındık, fıstık, badem, ay çekirdeği, kabak çekirdeği, mısır, portakal kabuğu, vb. farklı üretim süreçlerinden geçerek, çeşitli kuruyemişlerin imalatı gerçekleştirilmektedir.

Ürünlerin arasında kaplamalı kuruyemişler olarak adlandırılan gevrek leblebi, kıtır leblebi, şeker leblebi, soslu leblebi, çikolatalı leblebi, çikolatalı fındık, çikolatalı badem, çikolatalı portakal kabuğu, gevrek fıstık, soslu fıstık, şekerli badem vs. yanı sıra beyaz leblebi, kavrulmuş leblebi, ay çekirdeği, kabak çekirdeği, badem, kavurma vb. bulunmaktadır. En önemli hammaddesinin nohut olması dolayısıyla en önemli tedarikçileri arasında nohut üreticileri gelmektedir. Yurtiçinde çok geniş satış ve dağıtım ağına sahip olan firma ayrıca ihracat da yapmaktadır.

## 7.2 İşletmedeki Draje Kaplama Süreçleri

İşletmenin Çikones isimli bölümünde badem, fındık, fıstık, portakal kabuğu, kuru üzüm, leblebi, kahve çekirdeği vs. gibi kuruyemişlerin çikolata veya kokolin kaplanması, ürün çeşidine göre ihtiyaç duyulursa parlatılması veya şeker şurubu ile renklendirilmesi ve aromalandırılması üzerine üretim yapılmaktadır.

Çikolata (Sütlü-Fildişi-Bitter) ile kaplanmış, aromalı (Vişne-Yoğurt-Trileçe-Çilek vs)...leblebi, fındık, fıstık, üzüm, badem, portakal kabuğu ya da kokolin kaplanmış ardından drajelenmiş kuruyemişler bu bölümde üretilen ürünlerdir.

Drajeler, kuruyemişlerin renkli şurupla sarılarak kolay yenilebilen ve parlak görünen, rengârenk yiyeceklere dönüşmüş şeklidir. Leblebi dışında birçok kuruyemiş (fındık, badem, üzüm, leblebi, kahve çekirdeği, ortakla kabuğu, ayva küpü vs.) önce farklı çikolatalarla sarılarak bir onlarca seçenek, bu onlarca seçenek de istenirse renkli şuruplar ile kaplanarak yüzlerce çeşitte ürün elde edilebilmektedir.

Bölümde kaplama işlemi için farklı boyutlarda tamburlu Cr-Ni malzemeli kaplama kazanları kullanılmaktadır. İşletmede altı adet kaplama ünitesi bulunmaktadır. Bu ünitelerde toplamda 54 adet Cr-Ni malzemeli küçük ebatlı kaplama kazanı, 24 adet Cr-Ni malzemeli büyük ebatlı kaplama kazanı vardır. Ünitelerin her birinde kaplama süreçlerindeki hava, nem ve sıcaklık koşullarını sağlamak için soğuk hava klima santralleri bulunmaktadır.

Kaplama işlemi, işlem basamaklarının tekrarlamalı bir uygulaması şeklindedir. Çikolata ya da draje kaplama işleminde, kaplama kazanı dönerken periyotlar halinde kaplanacak sıvının ilave edilmesiyle birlikte, sıvının kazan dönerken homojen şekilde hammadde üstüne kaplanması amaçtır. Kaplama işleminde periyotlar halinde tabakalar oluşturularak hammadde üzerine kaplama yapılmaktadır. Katlar, belirli aralıklarla dönen hammaddenin üzerine püskürtülür ya da cezve yardımıyla dökülür. Ardından her katın kurumasına izin verilir. Her kat, eşit, bir tabaka bırakır.

Katlar oluşturulurken uygulanan işlem;

- kaplama sıvısının reçeteye uygun şekilde kaplanacak hammadde üzerine ml halinde uygulanması,

- uygulanan sıvının homojen dağılımı için kaplama kazanı hareket halinde iken bir süre beklenmesi, (Draje işlemi için kurutma-çikolata için dondurma)

- sıvı tabakasının kristalizasyonu için kurutma, şeklindedir.

Çikones bölümünde kaplama çeşitleri prensiplerine göre ikiye ayrılmaktadırlar. Çikolata ya da muadili olan kokolin kaplama işlemlerinde amaç, kaplama kazanı dönerken içindeki kuruyemişlerin dışına homojen bir şekilde çikolata kaplamaktır. Dolayısıyla hava kanallarından verilen hava çikolatayı dondurarak şekil almasına yardımcı olur. Bu sebepten çikolata kaplama işlemi için soğuk hava olması yeterlidir.

Draje kaplam işleminde ise %75 i şeker olan renkli bir şurup ürünlerin dışına kaplanmaktadır. Kaplama işlemi ile birlikte şurubun içerisindeki şekerin ürünün dışına homojen kaplanırken, şurubun içerisindeki nemin ortamdan ve üründen uzaklaştırılması gerekmektedir. Yani başka bir deyişle ürün kurutulmaktadır. Bu sebepten hava kanallarından gönderilen havanın soğuk olması yetmemektedir, aynı zamanda bağıl nem oranının düşük olması gerekmektedir.

### **7.2.1 Çikolata ya da Muadili Kokolin İle Kaplama**

Çikolata ya da kokolin kaplama proseinde kaplanacak hammadde olarak seçilen kuruyemiş, çikolata ya da muadili kokolin ile istenen kalınlığa ulaşmaya kadar kaplanmaktadır. Çikolata kaplama sürecinde nemin uzaklaştırılması söz konusu olmadığından, kaplama işlemi çikolatanın belirli sıcaklıkta akışkan olması ve soğutma sırasında da sertleşmesi yani donması prensibine dayalı çalışmaktadır. Burada amaç, kaplamada kullanılabilmesi için belirli bir sıcaklığa ve yoğunluğa sahip çikolatanın, ürünün dışına homojen kaplanıp, en kısa sürede sertleşmesidir.

Çikolata ile kaplama işleminde ilk olarak kaplanacak hammadde olarak seçilen kuruyemiş kaplama kazanına alınır. Kaplama işlemi ile ilgili soğuk hava klima santrali ayarlanır. Kaplama kazanı döndürülmeye başlanır. Burada çikolata püskürtme ya da dökme yöntemi ile uygulanır. Dökme sisteminde cezve kullanmak suretiyle çikolata ince bir katman şeklinde dönen kazanın içine dökülür. Kuruyemişler kaplama kazanı

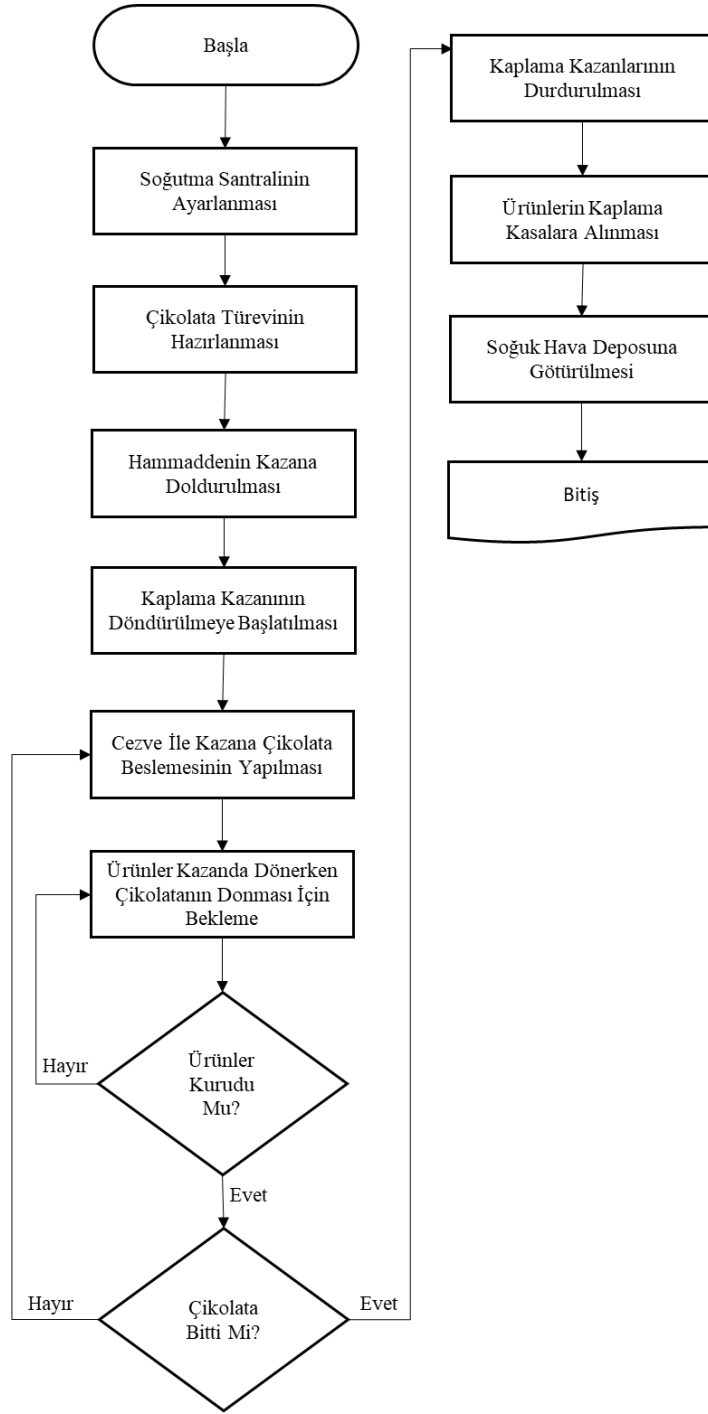
içinde dönerek çikolataya bulanır. Çikolatadaki şeker ve sıcaklığın etkisiyle yapışmaya başlayan kuruyemişler el ile tek tek ayrılır. Kaplama sırasında çikolataya bulanmış kuruyemişlerin birbirine yapışmasını önlemek ve homojen bir kaplama sağlamak için kaplama kazanı içine soğuk hava verilmektedir. Hava kanalından kaplama kazanına verilen hava klima santralinde şartlandırılmaktadır. İşlem çikolatanın hızlı ve homojen sertleşmesine bağlıdır. Her bir dökme işleminden sonra, çikolata kuruyemişe bulanıp, sertleşinceye kadar kaplama kazanında soğuk havayla birlikte dönmeye devam eder. Süreç boyunca istenilen kaplama kalınlığına ulaşıncaya kadar işleme devam edilir. Bu aşamada elde edilen ürünler talebe göre parlatılır ya da daha sonradan draje kaplanır.

İşletmede iki adet çikolata-kokolin kaplama ünitesi bulunmaktadır. Bu ünitelerde toplam 22 adet Cr-Ni malzemeli küçük ebatlı kaplama kazanı mevcuttur. Her bir üniteye Soğuk Hava Klima Santralleri; Kompresörleri, (10Hp, 7Hp güçlerinde) bulunmaktadır. Kaplama kazanlarına verilen havalar bu klima santrallerinde şartlandırılmaktadır.



**Şekil 7.2:** Çikolata kaplı Fındık

Şekil 7.2 çikolata kaplı fındığa örnektir. Çikolata kaplı ürünlerin üretiminde soğuk çalışma ortamı, kaliteyi etkileyen en önemli unsurdur. Çikolata kaplama işleminde temperlenmiş çikolata kullanılmamaktadır. Temperlenmiş çikolatalardaki kakao yağı kolayca donabildiği için kaplama işleminde kullanılmaya uygun değildir. Çünkü istenilen akışkanlığa sahip değildir. Düşük ortam sıcaklığında çikolata işlemek, akışkanlığından dolayı oldukça zordur (Dereli 2011).



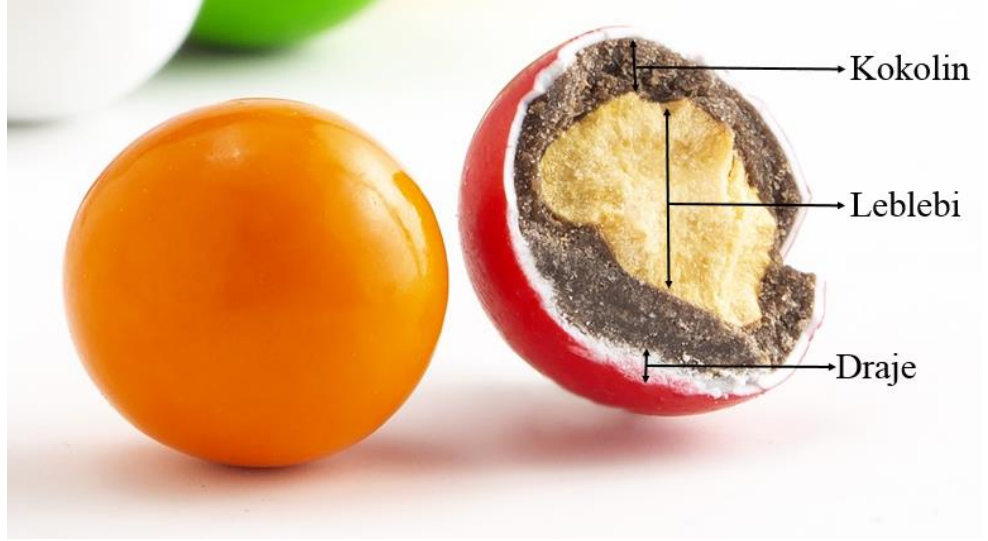
Şekil 7.3: Çikolata kaplama iş akış şeması

### 7.2.2 Şeker Kaplama Diğer Adıyla Draje Kaplama

Hammade olarak seçilen kuruyemişin üzerine veya daha önceden kokolin veya çikolata ile kaplanmış ürünlerin üzerine ihtiyaca göre sert şeker kaplama yani

drajeleme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Drajeleme işlemleri, daha anlaşılır bir ifade ile dolgu malzemesinin, %75'i şeker olan renkli ve sıcak şerbet ile kaplanması işlemidir.

Draje işlemleri ile birlikte ürün şekerden renkli bir tabaka ile örtülmekte; çeşitli hammaddelerin, aromaların ve boya maddelerinin birleşimi ile değişik lezzet elde edilmektedir. Süreç boyunca amaç şerbetteki suyu uzaklaştırıp, ürünün dışını renkli şeker tabaka ile kaplamaktır.



Şekil 7.4: Kokolin kaplı drajelenmiş leblebi

Draje üretiminin esasını, sürekli dönen tava içinde ürünün renkli şurup ile kaplanması oluşturmaktadır. Draje kaplama işlemi kaplama tavaında yapılır. Kaplama tavaları bakır veya paslanmaz çelikten imal edilir (Çelik 1998). Draje kaplama tavaları bölüme yatay düzlemde açılı yapacak şekilde yerleştirilir. İçindeki işleme tabi tutulacak ürüne bağlı olarak draje tavaının dönüş hızı 15-45 devir/dakika arasında değişmektedir.

Herhangi bir draje tavaında daima ölü bölge olarak tabir edilen ve dönme hareketinin az olduğu bir bölge vardır. Bu bölge draje tavaının arkasına doğrudur. Küçük çaplı kaplanmış ürünler kaplama tavaının bu ölü bölgesinde birikirken, daha çok kaplanmış ürünlerin kaplama tavaının ön tarafında biriktiği gözlemlenir. Bu nedenle süreç boyunca makine operatörünün sıklıkla drajeleri elleri ile karıştırması gerekmektedir. Tüm draje kaplama tavaalarında soğuk ve kuru havanın drajenin üstüne gelmesini sağlamak amacıyla hava giriş kanalı bulunur (Çelik 1998).





Şekil 7.5: Draje Kaplama Ünitesi

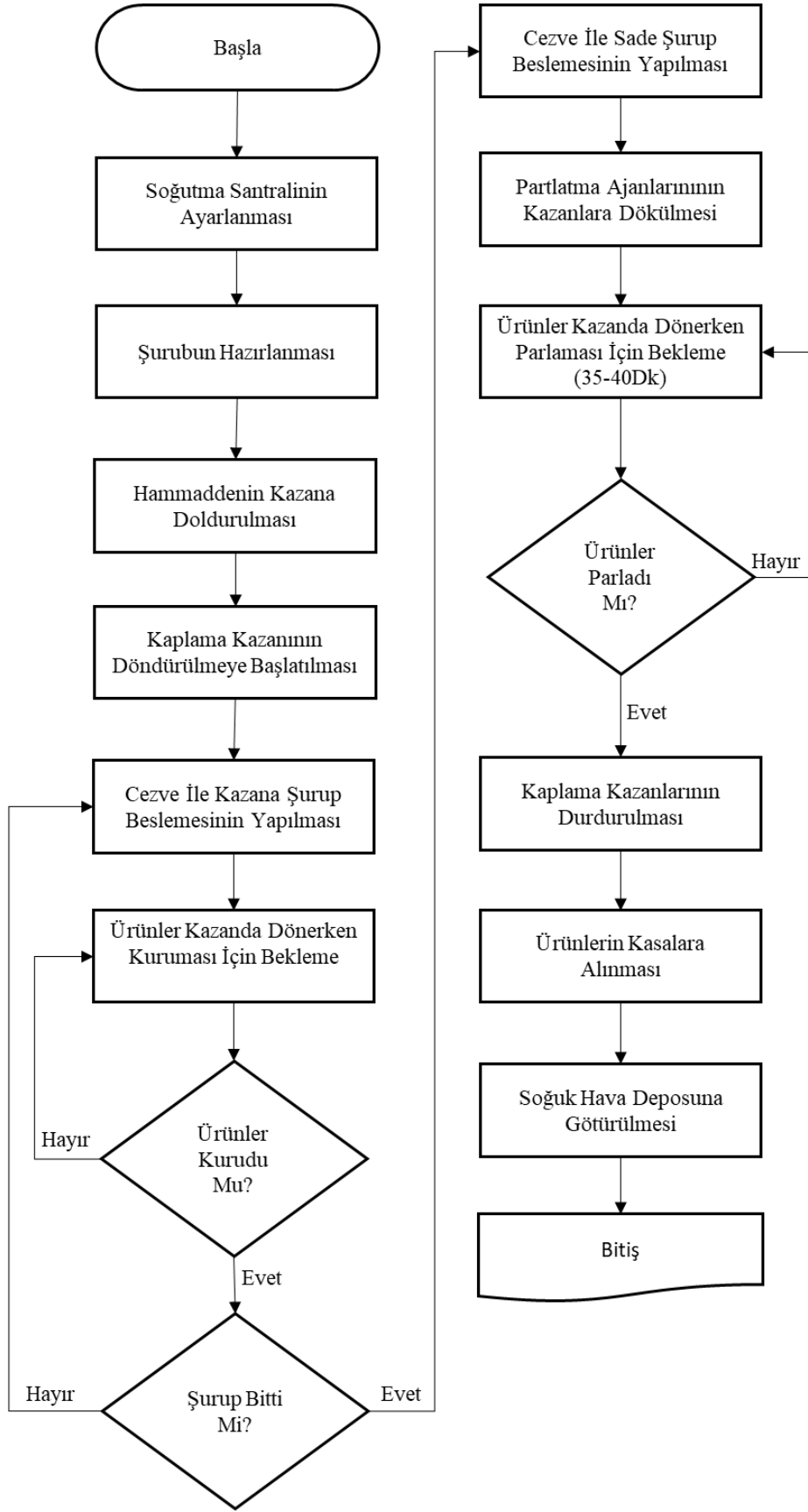
Draje kaplama işleminin yapıldığı ünite sayısı ise üçtür. Toplamda 32 adet Cr-Ni malzemeli küçük ebatlı kaplama kazanı, 24 adet Cr-Ni malzemeli büyük ebatlı kaplama kazanı ve soğuk hava klima santralleri; kompresörleri, (20Hp, 15Hp,25 Hp güçlerinde) bulunmaktadır.



Şekil 7.6: Draje kaplama prosesi

Draje kaplama işleminde ilk olarak kaplanacak hammadde olarak seçilen hammadde ya da yarı mamul kaplama kazanına alınır. Kaplama işlemi ile ilgili soğuk hava klima santrali ayarlanır. Kaplama kazanı döndürülmeye başlanır. Dönen kaplama tavaasının içine çikolata kaplamada olduğu gibi draje işlemi için hazırlanan renkli şurup püskürtülür veya dökülür. Dönme veya yuvarlanma hareketi ile sıvı kaplama malzemesi olan şurubun homojen şekilde dağılması sağlanır. Süreçte istenilen kaplama kalınlığına ulaşıncaya kadar işleme devam edilir. Çikolata kaplamadan farklı olarak draje işlemi sırasında şurup içindeki su uzaklaştırılmaya çalışılır. Uzaklaştırılan

suyun ardından, ürün kalan şeker tabaka ile örtülmektedir. Bu sebepten drajeleme işleminin verimliliği açısından kaplama tavasının içine verilen havanın nemi en önemli unsurdur. Nem transferi ne kadar hızlı gerçekleşirse, süreç o kadar kısa sürede tamamlanır. Kaplama işleminde birçok kez cezve ile kaplama şurubu verildiğinden, her bir cezve şurubunun çok iyi kurumması gerekmektedir. Aksi halde daha sonradan drajelenmiş ürünlerde çatlaklar meydana gelmektedir. Ya da draje işleminden sonraki “parlatma” aşamasında, ürün için parlatma işlemi yapılamamaktadır veya yapıldıktan sonra parlaklığını kaybedip solmaktadır.



Şekil 7.7: Draje kaplama iş akış şeması

## 7.3 Taguchi Metodu Uygulanması

### 7.3.1 Problemin Belirlenmesi

Deney tasarımı yöntemlerinden birisi olan Taguchi Metodunun ilk aşaması olan problem belirleme için işletmenin proses parametreleri incelenmiştir. Draje kaplı ürünlerin talebi işletme pazarında büyük bir paya sahiptir. Bu sebepten, draje kaplama sürecinin eksikliğinden kaynaklanan kalite problemleri, yeniden işleme maliyetleri büyük önem arz etmektedir.

Uygulamanın yapıldığı işletmede çevrim süresinin en uzun olduğu süreç “draje kaplama” sürecidir. Bu nedenle bu bölümden çıkan ürünlerin birim maliyetleri yükselmekte ve müşterilere verilen terminlere yetişilememektedir. Rakip firmaların satış fiyatının ve sipariş termin tarihinin üzerinde verilen teklifler işletmenin sipariş alamamasına ve bazı dönemlerde prosesin boş kalabilmesine neden olmaktadır. İlâveten bugüne kadar geleneksel yöntemlerin benimsenmesinden kaynaklı prosesin çalışma parametrelerinin yanlış planlanmasının sonucu olarak proseste plansız duruşlar ve arızalar gerçekleşmektedir. Çok sayıda arıza maliyetine ve bölümün arızalı olmasından kaynaklı üretilmeyen ürünlerin maliyetine katlanılmaktadır.

Sürecin iyileştirilmesi için ele alınan üretim bölümünde, 24 adet draje kaplama kazanı bulunmaktadır. Her bir kazanın içine doğru hava kanalları bulunmaktadır. Kaplama sırasınca bu kanallardan ürünün üzerine hava verilmektedir. Bu sayede kaplama yapılan ürünün üzerine verilen renkli şuruptan suyun uçurulması yöntemi ile renkli şeker tabakanın ürünün üzerine homojen bir şekilde kaplanması sağlanmaktadır. Bu bölümde her bir kaplama tavaasına yaklaşık olarak 120 kg ürün drajelenmek için doldurulmaktadır. Her bir kaplama tavaasındaki ürün için süreç boyunca 60 kg renkli şurup ilavesi yapılmaktadır. 60 Kg şurubun yaklaşık %75i şeker olduğundan, şurup sıcaklığı 35 derecenin altına düşmemektedir.

İlk olarak ilgili bölüme getirilen kaplanacak ürünlerin kazanlara doldurulup, makinaların döndürülmeye başlamasıyla üretim başlamaktadır. Bu sırada kazanlarını içine hava verilmeye başlanır. Kazanın dakikadaki devir hızı ayarlanır.

Her bir kazana sırayla yaklaşık 600 ml renkli şurup cezve yardımıyla dökülür. Dönen kaplama tavaasının içindeki ürünler bu şuruba dönerek bulanır. Şurubun sıcak ve ıslak olmasından dolayı kazanın içerisinde nem ve sıcaklık oluşur. Ürünlerin kazanın içinde dönerken sürtünmesinden de kaynaklı sıcaklık artışı vardır. Bu ilave edilen şurup kuruduğunda tekrar cezve ile şurup ilavesi yapılır.

Her bir kazanın içindeki belli kg 'deki ürün için yaklaşık 60 kg şurup bitinceye kadar bu işleme devam edilir. Sadece bu işlem 18 saat sürmektedir. Süreç boyunca bölümdeki 24 kazan için 1440 kg yaklaşık şurup kullanılır. Her bir kazandan uçurulan sudan kaynaklı draje kaplama bölümünde de sürekli bir nem söz konusudur.

Draje kaplamada çevrim süresine etki eden en önemli temel esas şuruptaki suyun uçurulması olduğundan, ortamda nem olmaması işlemi hızlandıracaktır. Bu nedenle süreç boyunca kaplama kazanına verilen havanın nemi, sıcaklığı, şurubun sıcaklığı, şurubun besleme miktarı ve kaplama yapılan odanın sıcaklığı çevrim süresine etki eden parametrelerdir. Parametrelerin optimizasyonu ile ortamdaki nem miktarı azaltıldığında, işlem hızlanacaktır.



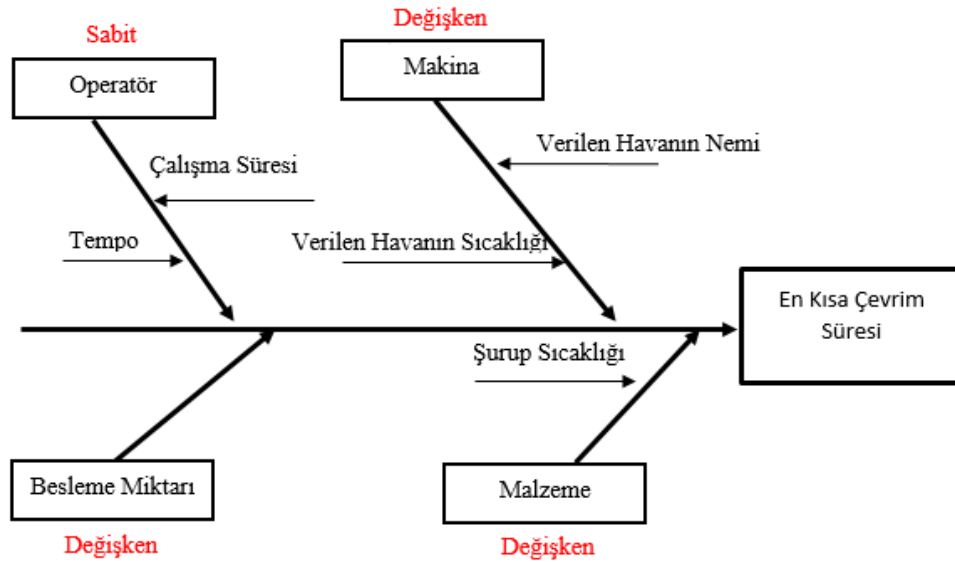
Şekil 7.8: Draje prosesi parametre kontrol ekranı

Bu zamana kadar işletmede tecrübeye dayalı olarak elde edilmiş bilgiler ışığında, geleneksel yöntemler ile değerler rastgele ayarlanmış ve operatörün inisiyatifine bağlı olarak draje kaplama işlemi yapılmıştır. Bölüme verilen ve bölümden soğutma santraline gelen havanın nem ve sıcaklık değerleri Şekil 7.8’de gösterildiği gibi bilgisayar ortamından ayarlanıp, takip edilebilmektedir.

Burada amaç draje kaplama sürecine etki eden parametrelerin önerilecek deney tasarımı modeli ile optimum değerlerinin bulunarak sürecin çevrim süresinin en küçüklenmesi olacaktır.

### 7.3.2 Faktör ve Seviyelerinin Belirlenmesi

Çalışmada incelenen draje kaplama sürecinin çevrim süresine etki eden parametreler bu bölümde çalışan diğer görevliler ile yapılan beyin fırtınası sonucu oluşturulan balık kılıçığı diyagramına dayanarak, deneyler sırasında değişken olarak alınacak faktörlere ve sabitlenmesi gereken faktörlere karar verilmiştir.



Şekil 7.9: Balık kılıçığı diyagramı

Yapılan analizde operatör sabit değişken olarak kabul edilmiş; makineye bağlı olan makineden kazanlara verilen havanın nemi, sıcaklığı, malzemeye bağlı olan şurubun sıcaklığı ve şurubun besleme miktarı parametreleri ise değişken olarak belirlenmiştir. Değişken olarak seçilen parametreler için dört değişik faktörden her biri

daha önceki tecrübelerden yola çıkılarak en yüksek, en düşük ve orta değer olmak üzere üç kademeli olarak belirlenmiştir.

Yapılacak deneylerde incelenmesi düşünülen faktörler ve seviyeleri Tablo 7.3’deki gibi öngörülmüştür.

**Tablo 7.3:** Deney faktörleri ve seviyeleri

Faktörler	1.Seviye	2.Seviye	3.Seviye
1-Havanın Nemi(Rh)	40	50	60
2-Havanın Sıcaklığı(°C)	16	18	20
3-Şurup Sıcaklığı( °C)	36	38	40
4-Şurup Besleme Miktarı(ml)	600	800	1000

### 7.3.3 Ortogonal Diziler ve Seçimleri

Problemin çeşidine uygun olarak seçilen ortogonal diziler, parametrelerin serbestlik derecelerinin toplamına göre belirlenmektedir. Parametrelerin serbestlik derecesi, seviye sayısının bir sayı eksiğine eşittir. Bu durumda toplam serbestlik derecesi Tablo 7.4 deki gibi sekiz bulunmaktadır.

**Tablo 7.4:** Toplam serbestlik derecesi

Faktör	Simge	Serbestlik derecesi
-Havanın Nemi(Rh)	A	3-1 = 2
-Havanın Sıcaklığı(°C)	B	3-1 = 2
-Şurup Sıcaklığı( °C)	C	3-1 = 2
-Şurup Besleme Miktarı(ml)	D	3-1 = 2
Toplam Serbestlik Derecesi		2+2+2+2 =8

Havanın nemi, havanın sıcaklığı, şurup sıcaklığı ve şurup besleme miktarı 3’er seviyeden oluşmaktadır ve her birinin serbestlik derecesi 2’dir.Bu durumda toplam serbestlik derecesi 8 olmaktadır.

Toplam serbestlik derecesi, maksimum seçilecek ortogonal dizinin deneme sayısından bir eksik olacaktır. Bu durumda en küçük ortogonal dizin L9( 3<sup>4</sup> ) seçilecektir.

### 7.3.4 Faktörlerin Kolonlara Atanması

Dokuz adet deneye sahip L9 deney planı, problemin serbestlik derecesine uygun olan tasarımlardan biridir. Dokuz deneyin imkân verdiği en büyük serbestlik derecesi sekizdir. Çalışma çerçevesinde gerek duyulan sekiz serbestlik derecesi dışında kalan serbestlik dereceleri ise hata değerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Tablo 7.5’de parametrelere ait Taguchi L9 deney planı gösterilmektedir.

**Tablo 7.5:** L9 Taguchi ortogonal dizi kombinasyonu

Deney	Havanın Nemi	Havanın Sıcaklığı	Şurubun Sıcaklığı	Şurubun Besleme Miktarı
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Tablo 7.6’da gösterilen faktörlerin kolonlara atanıp, faktörlerin gerçek seviyeleri ile yeni tablo yapılarak deney şartları oluşturulduktan sonra deneylerin uygulanmasına geçilmiştir. Belirlenen deney planı doğrultusunda uygulanacak olan dokuz deney koşulu Taguchi’nin tekrarlanma prensibi göz önünde bulundurularak ikişer kez tekrarlanmıştır. Böylece 18 adet gözlem sonucuna göre analiz yapılmıştır.



**Tablo 7.6:** Draje prosesi L9 ortogonal dizisi deney şartları

Deney	Havanın Nemi	Havanın Sıcaklığı	Şurup Sıcaklığı	Şurup Besleme Miktarı
1	40	16	36	600
2	40	18	38	800
3	40	20	40	1000
4	50	16	38	1000
5	50	18	40	600
6	50	20	36	800
7	60	16	40	800
8	60	18	36	1000
9	60	20	38	600

### 7.3.5 Deneylerin Gerçekleştirilmesi ve Verilerin Toplanması

Deneyde 4 faktör için ve her bir faktörün 3 seviyesi için L9 Taguchi ortogonal dizisi kullanılmıştır. Gözlem sonuçları kronometraj yöntemi ile not edilmiştir. Yapılan deney kadar deney sonuçlarında yapılan ölçümler de son derece önemlidir. Çünkü yanlış ölçülmüş bir deney tüm emeğin boşa gitmesine neden olabilir ve çalışmayı anlamsızlaştırabilmektedir. Deney planına göre ölçülen çevrim süreleri Tablo 7.7’de sunulmuştur.

**Tablo 7.7:** L9 ortogonal dizinine göre yapılan deneyler ve sonuçları

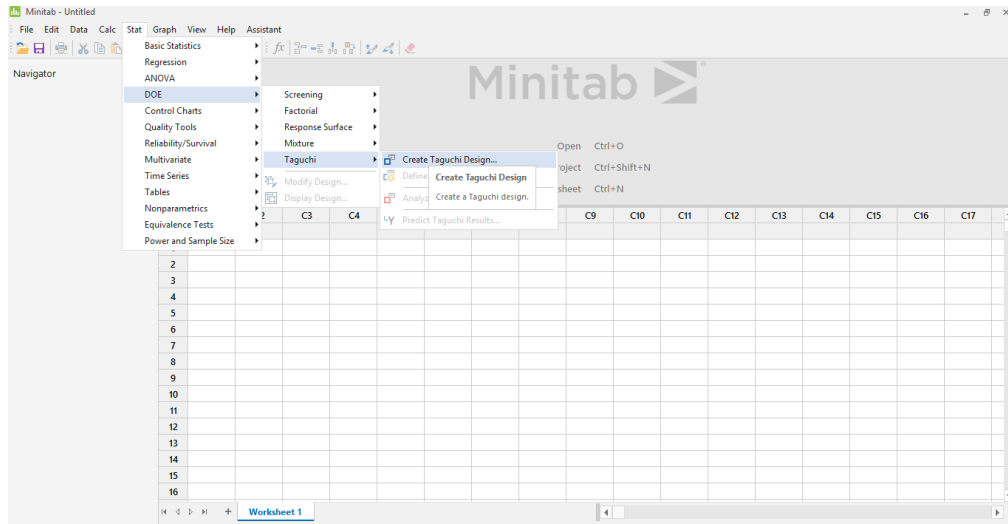
Deney	Gözlem Sonuçları-1	Gözlem Sonuçları-2
1	713	728
2	718	684
3	783	800
4	663	682
5	615	633
6	706	700
7	804	815
8	815	800
9	790	835

### 7.3.6 Verilerin Analizi

Taguchi yöntemi kullanılarak kontrol edilebilen faktörleri (şiddet) kontrol edilemeyen faktörlere (gürültü) karşı duyarsız olması amaçlanmaktadır. Bu tarz gürültü faktörlerine duyarsız bir şekilde ürün üretilmesine robust tasarım denilmektedir. Minitab programıyla elde edilecek olan şiddet/gürültü grafikleri ile hangi noktalarda bu deneyin robust olduğu belirlenebilecektir. Şiddet/gürültü grafikleri ile en yüksek şiddet/gürültü noktası gürültü faktörünün en az etkisini gösterdiği nokta olarak gösterilmektedir (Antony ve diğ. 2006).

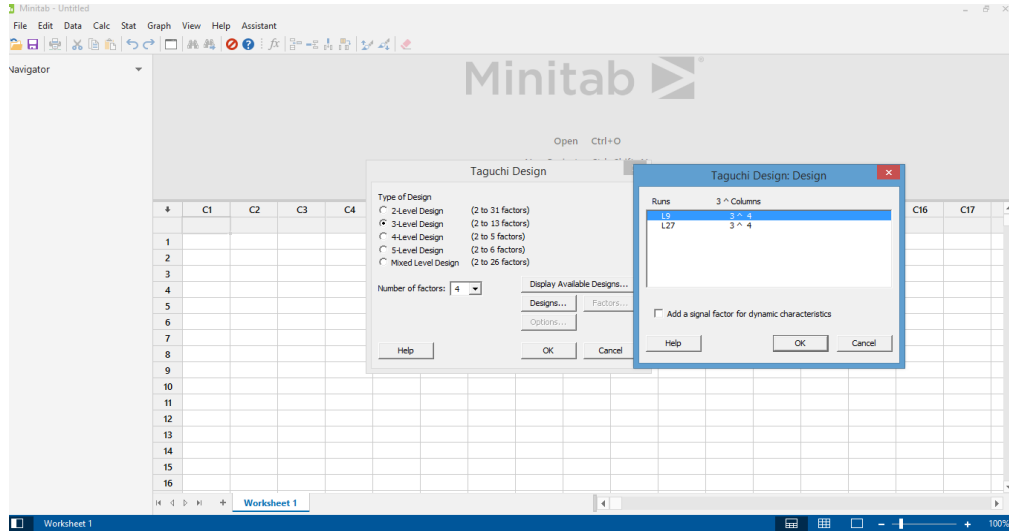
Çalışmada deney sonucunda elde edilen veriler Minitab 19 paket programında Taguchi yöntemi kullanılarak modellenmiş, sinyal/gürültü (S/N) oranı ve ortalama etki değerleri esas alınarak, optimum çevrim süresini veren kontrol faktörleri belirlenmiştir.

Probleme bağlı olarak veriler Minitab 19 paket programında modellenmiştir. Öncelikle Minitab 19 programının ana ekranında Şekil 7.10'da görüldüğü gibi sırasıyla Stat-DOE-Taguchi-Create Taguchi Design butonlarıyla deney modeli oluşturulmaya başlanmıştır.

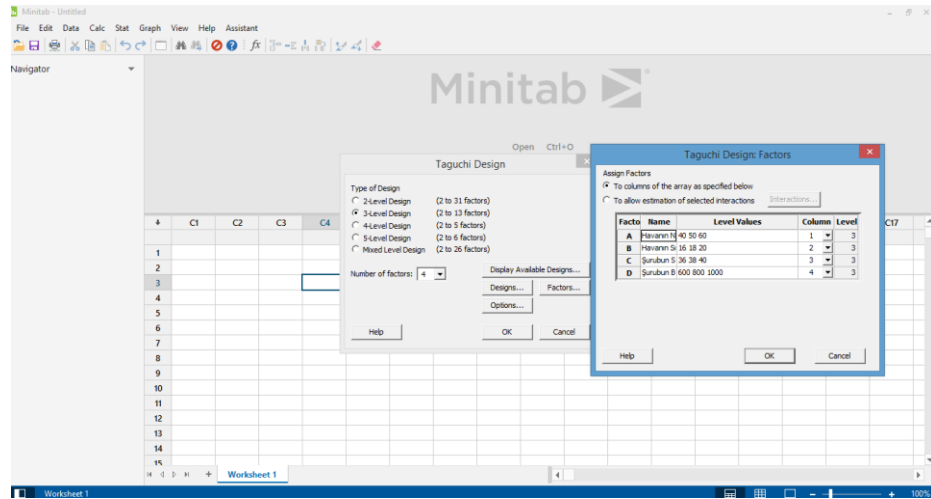


Şekil 7.10: Minitab'da deney modelleme

Şekil 7.11'de gösterildiği gibi 4 faktör için ve her bir faktörün 3 seviyesi için “Type of Design” kısmında “3-Level Design” seçildikten sonra “Number of factors” butonundan 4 faktörlü L9 Taguchi ortogonal dizisi seçilmiştir.



Şekil 7.11: Deney faktör seviyesi ve ortogonal dizinin seçilmesi



Şekil 7.12: Faktör isimlerinin ve seviyelerinin girilmesi

Ardından “Factors” kısmından her bir faktörün ismi yani “havanın nemi, havanın sıcaklığı, şurubun sıcaklığı ve şurubun besleme miktarı” ve bu faktörlere ait belirlenen seviyelerine ait değerleri Şekil 7.12’de gösterildiği gibi girilmiştir.

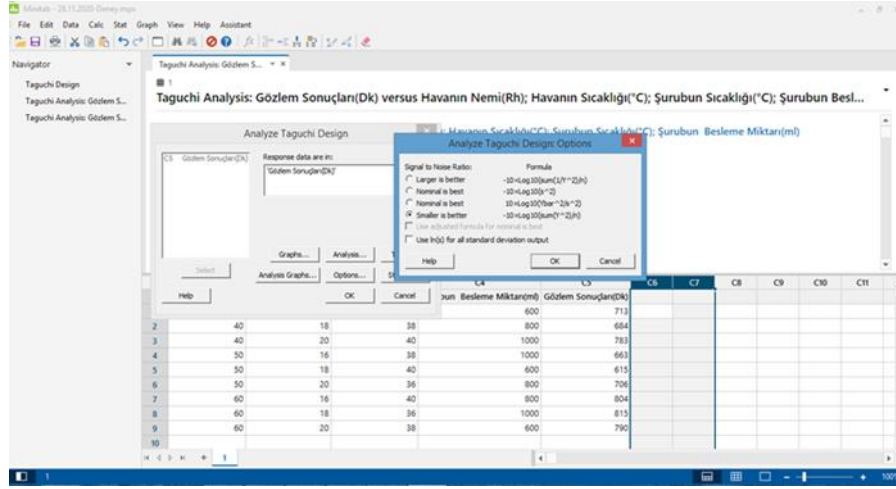
Faktörlere ait isimler ve değerler girildikten sonra programın oluşturduğu L9 deney planı Şekil 7.13’deki gibi elde edilmiştir. Faktör isimlerinin ve değerlerinin de kolonlara atanması ile deney planları net bir şekilde anlaşılır olmuştur. Örneğin; deney 1 için havanın nemi 40Rh, havanın sıcaklığı 16°C, şurubun sıcaklığı 36°C ve şurup besleme miktarı 600ml olarak ayarlanarak deney gerçekleştirileceği net bir şekilde anlaşılmaktadır.

↓	C1	C2	C3	C4
	Havanın Nemi(Rh)	Havanın Sıcaklığı(°C)	Şurubun Sıcaklığı(°C)	Şurubun Besleme Miktarı(ml)
1	40	16	36	600
2	40	18	38	800
3	40	20	40	1000
4	50	16	38	1000
5	50	18	40	600
6	50	20	36	800
7	60	16	40	800
8	60	18	36	1000
9	60	20	38	600
10				
11				
12				

Şekil 7.13: Taguchi L9 deney planı

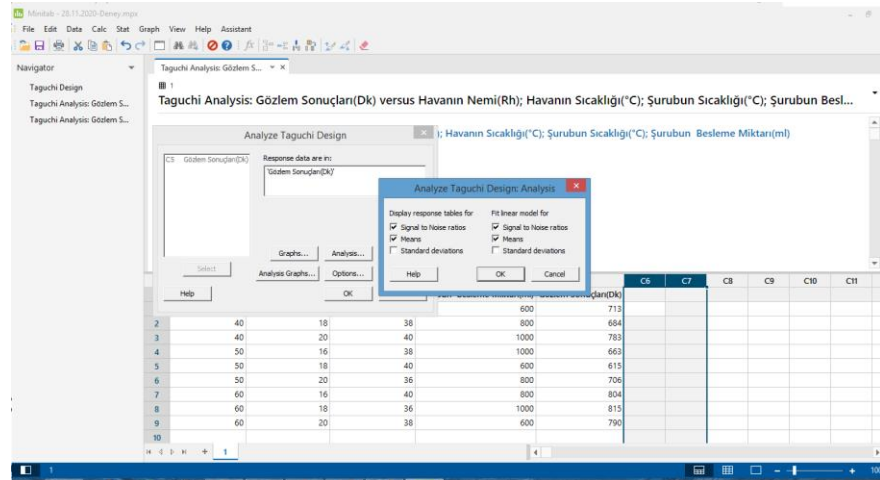
Faktörlerin isim ve seviyeleri ile sütunlara atanmasının ardından, deney planındaki parametrelere uygun olarak elde edilen deneylerin sonuçları C5 ve C6 sütununa elle girilmiştir. Bu aşamalardan sonra analiz kısmına geçilmiştir. Stat-DOE-Taguchi-Analyze Taguchi Design kısmından “Response data are in:” kısmı için analizi yapılacak C5 ve C6 sütununda yer alan “Gözlem Sonuçları” seçilmiştir.

Faktörlerin optimum seviyeleri belirlenirken, süreç verimliliğinin artırılması amacıyla çevrim süresinin azalması gerekmektedir. Problemden sürecin çevrim süresini azaltmak ele alındığından amaç performans karakteristiğinin en küçük değeri almasıdır. Bu sebepten “options” kısmından Şekil 7.14’de görüldüğü gibi “Smaller is better” seçeneği seçilmiştir. Ardından S/N oranları ve ortalama değerleri gösterecek tablolar ve grafikler için önce “Analysis” sonrasında ise “Graphs” kısmından seçim yapılmıştır.



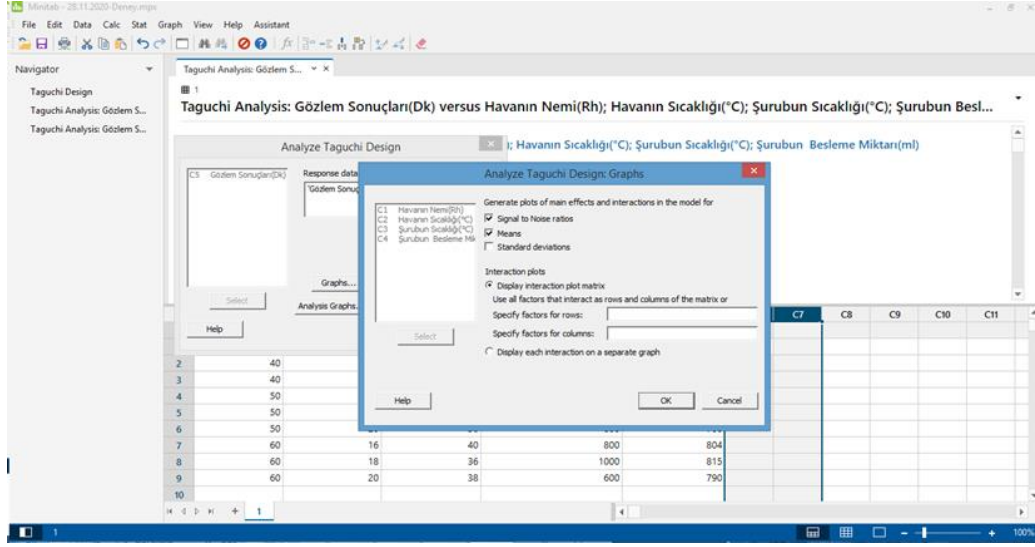
Şekil 7.14: Options kısmından “Smaller is better” seçimi

“Analysis” kısmından “Display response tables for” altından S/N oranları ve ortalama değerleri gösterecek tablolar için aşağıdaki Şekil 7.15’de gösterildiği gibi “Signal to noise ratio” ve ortalama değerler için “means” seçenekleri işaretlenmiştir.



Şekil 7.15: Analysis kısmından “Signal to noise ratio ve means” seçimi

“Graphs” kısmından ise de S/N oranları ve ortalama değerleri gösterecek grafik öğeler için aşağıdaki Şekil 7.16’da gösterildiği gibi S/N oranlarını gösterecek grafikler için “Signal to noise ratio” ve ortalama değerler için “means” seçenekleri işaretlenmiştir.



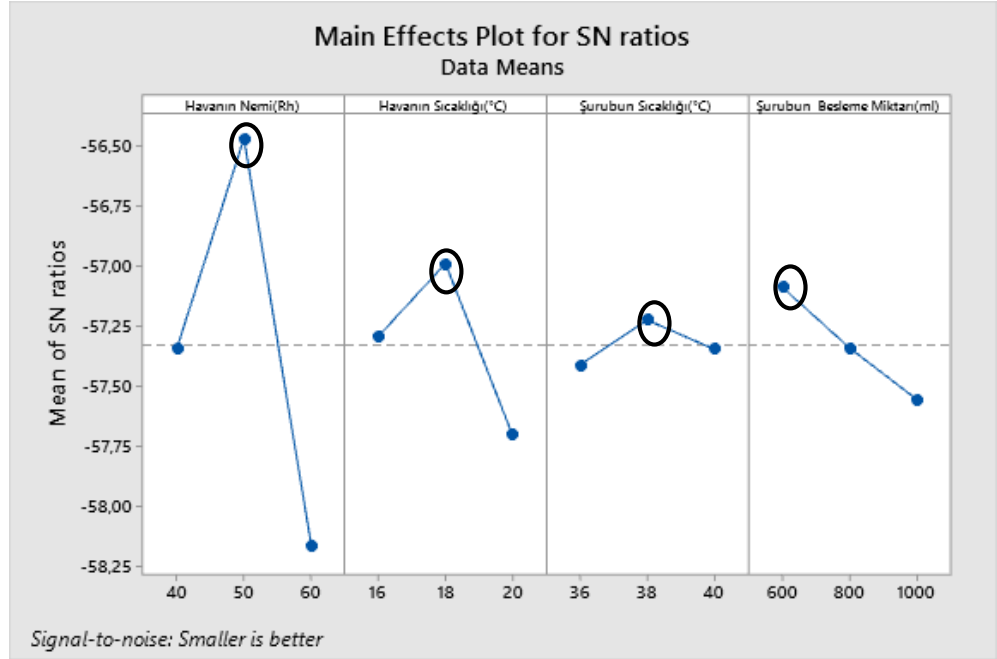
Şekil 7.16: Graphs kısmından “Signal to Noise ratio ve means” seçimi

“Storage” kısmından da S/N oranı ve ortalama değerlerinin çalışma sayfasına yazdırılması için “Fit and residuals” kısmından “Fits” seçilmiştir. Analyze kısmından çıkılıp analize ait veriler “ok” seçeneği ile onaylanarak analize ait tablolar ve değerler elde edilmiştir. Toplanan veriler, Minitab programının Taguchi analiz kısmında çözümlendikten sonra planlanan her bir deney için elde edilen S/N oranları Tablo 7.8’de gösterilmiştir.

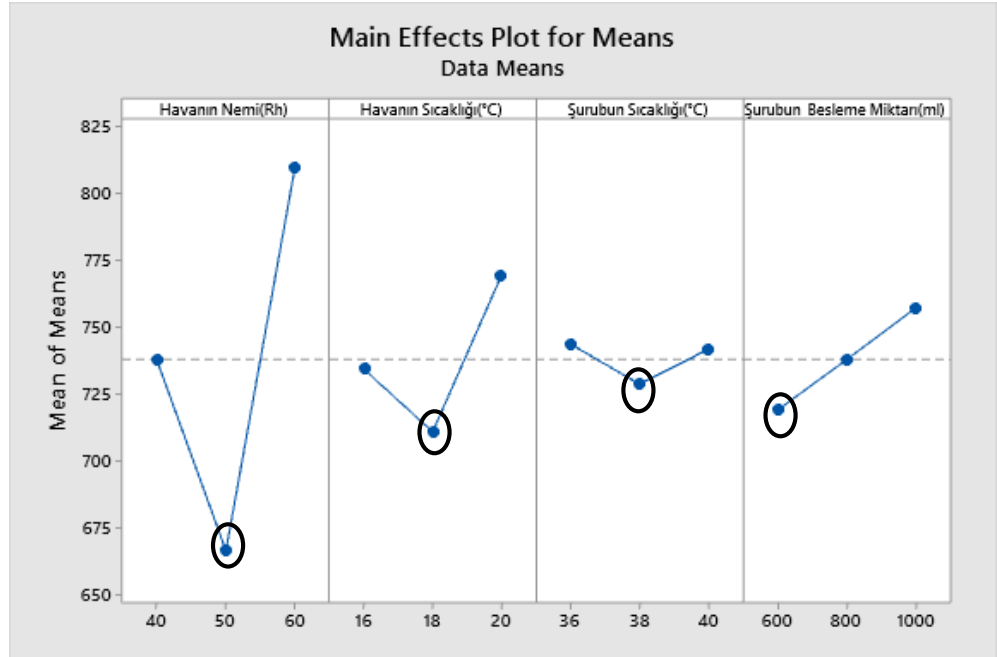
Tablo 7.8: Deneylerin S/N değerleri

Deney	S/N oranı (dB)
1	-57,1532
2	-56,9169
3	-57,9695
4	-56,5547
5	-55,9046
6	-56,9392
7	-58,1645
8	-58,1432
9	-58,1998

Çevrim süresine yönelik yapılan Taguchi analizi sonuçları, Şekil 7.17 ve Şekil 7.18’de verilmiştir. Şekil 7.17’de, faktörlerin çevrim süresi üzerindeki S/N (Signal/Noise) oranları, Şekil 7.18’de ise faktörlerin çevrim süresi üzerindeki ortalama etkileri (main effects) verilmiştir.



Şekil 7.17: Taguchi yöntemi gürültü/şiddet değerleri



Şekil 7.18: Taguchi yöntemi ortalama etki değerleri

Faktörler ve seviyelerinin çevrim süreleri üzerindeki etkilerini daha kolay görebilmek için, şekil 7.17’deki S/N oranları grafiği ve şekil 7.18’deki ortalama etki grafiğinin (main effects), tablo hali ile de özetlenmiştir. Tablo 7.9’da S/N oranının faktörlere göre değişimini veren değerlerin özet halde sunulduğu, Tablo 7.10’da ise ortalamanın faktörlere göre değişimini veren değerlerin sunulduğu tablolar verilmiştir.

**Tablo 7.9:** Faktörler için S/N oranları

S/N oranları için yanıt tablosu				
En küçük en iyi				
Seviye	Havanın Nemi(Rh)	Havanın Sıcaklığı(°C)	Şurubun Sıcaklığı(°C)	Şurubun Besleme Miktarı(ml)
1	-57,35	-57,29	-57,41	-57,09
2	-56,47	-56,99	-57,22	-57,34
3	-58,17	-57,70	-57,35	-57,56
Delta	1,70	0,71	0,19	0,47
Rank	1	2	4	3

**Tablo 7.10:** Faktörler için ortalamalar

Ortalamalar için yanıt tablosu				
Level	Havanın Nemi(Rh)	Havanın Sıcaklığı(°C)	Şurubun Sıcaklığı(°C)	Şurubun Besleme Miktarı(ml)
1	737,7	734,2	743,7	719,0
2	666,5	710,8	728,7	737,8
3	809,8	769,0	741,7	757,2
Delta	143,3	58,2	15,0	38,2
Rank	1	2	4	3

Şekil 7.17, draje kaplama sürecindeki parametrelerinin çevrim süresi üzerindeki etkisini göstermektedir. Her faktör için hesaplanan S/N oranının en yüksek olduğu değer, en iyi deney sonucunu yani çevrim süresinin en küçük olduğu deney sonucunu göstermektedir. Süreç parametrelerinin eğimlerinden de hangi parametrenin



çevrim süresi üzerinde etkili olduğu analiz edilebilmektedir. S/N oranlarının her bir faktör için maksimum ve minimum değer farklarına yani delta değerlerine Tablo 7.9'dan bakılacak olursa çevrim süresi üzerinde etkili olan en önemli değişken rank değeri 1, deltası 1,7 olan “Havanın nemi” parametresinin olduğu görülebilir. “Havanın Nemi” parametresinin bu durumda performans karakteristiği üzerinde önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir. Performans karakteristiği üzerindeki etkilerine göre önem sıralamasının “Havanın Sıcaklığı”, “Şurubun Besleme Miktarı” ve en düşük deltaya sahip “Şurubun Sıcaklığı” şeklinde olduğu görülmektedir.

Bu durumda Şekil 7.17'de, faktörlerin çevrim süresi üzerindeki S/N (Signal/Noise) oranlarına göre sonuçlar değerlendirildiğinde, S/N değerinin parametreler için maksimum olduğu koşullarda, yani Havanın Nemi=50Rh, Havanın Sıcaklığı=38°C, Şurubun Sıcaklığı=38°C ve Şurubun Besleme Miktarı=600ml kombinasyonu ile minimum çevrim süresi elde edilecektir.

Taguchi tasarımlarda “maksimum en iyi” ya da “minimum en iyi” problem tiplerine bakılmaksızın, gürültü/şiddet grafiğinde problemi en iyilemek için faktör seviyelerini belirlemede daima maksimum noktası alınır. Faktör seviyelerini belirlemede bir diğer çözüm ise ortalama etki grafiğine bakmaktır. Eğer problem “minimum en iyi” şeklinde ise ortalama etki grafiğinde minimum değer alınır.

Şekil 7.18'de faktörler için çevrim süresi ortalamaları grafiğinde de en fazla değişim, “Havanın nemi” parametresinde görülmektedir. Bunu “Havanın Sıcaklığı” faktörü, “Şurubun Besleme Miktarı” ve “Şurubun Sıcaklığı” faktörü izlemektedir. Ayrıca Tablo 7.10'de verilen rank ve delta değerleri de incelendiğinde Şekil 7.18'de faktörler için çevrim süresi ortalamaları grafiğindeki değişim ile paralel sonuçlar vererek yukarıdaki sıralamayı desteklemektedir.

Tablo 7.9'daki gibi Tablo 7.10'de verilen değerler de, faktörlerin (Havanın Nemi, Havanın Sıcaklığı, Şurubun Sıcaklığı ve Şurubun Besleme Miktarı) her bir seviyesinin (Level) çevrim süresi yani gözlem değerleri üzerindeki değişim etkisini de ortaya koymaktadır. Tablo 7.9 ve Tablo 7.10'da en büyük değişim yani delta değeri, “Havanın nemi” faktörünün 2. (level 2) seviyesi ile meydana gelmiştir. Tablo 7.9'da “Havanın Nemi” faktörünün 2. seviyesi= -56,47 ve Tablo 7.10'da “Havanın Nemi” faktörünün 2. Seviyesi = 666,5 olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak Taguchi yöntemi ortalama etki değerlerine göre de S/N oranlarına göre de sonuçlar değerlendirildiğinde optimum çevrim süresine ulaşmak için faktörlerin aynı seviyelerine ulaşılmaktadır. Ayrıca her iki durumda da performans karakteristiği üzerindeki etkilerine göre önem sıralamasının ‘‘Havanın Nemi’’, ‘‘Havanın Sıcaklığı’’, ‘‘şurubun Besleme Miktarı’’ ve en düşük deltaya sahip ‘‘şurubun Sıcaklığı’’ şeklinde olduğu görülmektedir.

evrim süresinin düşürülmesinde en etkili faktörler ve seviyeleri: Havanın nemi(2),Havanın Sıcaklığı(2), şurubun Sıcaklığı(2) ve şurubun Besleme Miktarı(1) şeklinde seviye kombinasyonu olduğu söylenbilir.

### 7.3.7 ANOVA Tablosunun Analizi

Taguchi metodu ile elde edilen S/N ve ortalama değerlere göre, çevrim süresinin düşürülmesinde faktörlerin etkileri incelenmiştir. Fakat daha kesin konuşabilmek için, faktörlerin çevrim süresi üzerindeki değişime katkısının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun içinde ANOVA analizleri yapılmıştır. ANOVA analizinin amacı, istatistiksel olarak draje kaplama parametrelerinin çevrim süresi üzerindeki etki oranlarının hesaplanması ve belirlenmesidir. Bu analizde havanın nemi, havanın sıcaklığı, şurubun sıcaklığı ve şurubun besleme miktarı draje kaplama süreci için ANOVA metodu ile analiz edilmiş, deney sonuçları %95’lik bir güven düzeyinde değerlendirilmiştir.

Minitab 19.0 paket programında ANOVA tablosu hazırlanarak faktörlerin model üzerindeki etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Çalışmada dokuz deney yapılmış ve her deney 2 kez tekrar edildiği için toplam 18 deney gözlem alınmıştır. Toplam serbestlik derecesi: N-1 olduğuna göre, problemin toplam serbestlik derecesi 17 bulunmuştur.

Çalışma kapsamında ANOVA analizi için hipotezler ise şu şekilde tanımlanmıştır:

- H0: Faktörlerin evrim süresi üzerinde etkisi yoktur →  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

➤ H1: Faktörlerin çevrim süresi üzerinde etkisi vardır →En az iki  $\mu_i \neq \mu_j$ ,

ANOVA analizinin sonucunda elde edilen p değeri H0 hipotezinin reddedilmesi için en küçük anlamlılık seviyesini ifade etmektedir. H0 hipotezi ise faktörlerin çevrim süresi üzerinde etkisi yoktur ifadesini savunmaktadır. ANOVA analiz sonuçları Tablo 7.11’de verilmiştir.

ANOVA analizi sonucunda, dört faktörün birlikte incelendiği modelde havanın nemi, havanın sıcaklığı ve şurubun besleme miktarı faktörlerinin çevrim süresi için istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0,05$ ), şurubun sıcaklığı faktörünün ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ( $p > 0,05$ ) görülmektedir.

Faktörlerin çevrim süresi üzerindeki etkisi incelendiğinde ise en yüksek etkiyi havanın nemi parametresi göstermektedir ve etkisi % 77,56 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerden anlaşılacağı gibi çevrim süresi üzerindeki en önemli etkiye sahip olan faktör havanın nemidir. Nem oranının 40’dan 50’ye çekilmesi çevrim süresinin değişimini % 77,56 oranında etkileyecektir. Ayrıca havanın sıcaklığı faktörünün etkisinin %12,94; şurubun besleme miktarı faktörünün etkisinin %5,5; şurubun sıcaklığı faktörünün etkisinin %1 ve Hata teriminin etkisinin ise %3,0 olduğu görülmektedir.

**Tablo 7.11:** Çevrim süresi için ANOVA tablosu (Analysis of Variance for Çevrim Süresi)

Parametre	Serbestlik Derecesi(D F)	Kareler Toplamı(S S)	Ortalama Kare(MS)	F-Değeri	P-Değeri	Faktör etkisi (%)
Havanın Nemi(Rh)	2	61634,3	30817,2	116,49	0,000	77,56
Havanın Sıcaklığı(°C)	2	10282,3	5141,2	19,43	0,001	12,94
Şurubun Sıcaklığı(°C)	2	796,0	398,0	1,50	0,273	1,00
Şurubun Besleme Miktarı(ml)	2	4370,3	2185,2	8,26	0,009	5,50
Hata(Error)	9	2381,0	264,6			3,00
Toplam(Total)	17	79464,0				100,00
R-Sq = % 97,00	R-Sq(adj) = % 94,34					

### 7.3.8 Doğrulama Deneyinin Yapılması

Taguchi metodundan elde edilen ortalama ve S/N oranına göre yapılan değerlendirmeler sonucunda çevrim süresini en küçükleyecek parametre kombinasyonu Havanın nemi(2), Havanın Sıcaklığı(2), Şurubun Sıcaklığı(2) ve Şurubun Besleme Miktarı(1) şeklindedir.

**Tablo 7.12:** Doğrulama deneyinin optimum proses koşulları

Parametreler	Havanın Nemi(RH)	Havanın Sıcaklığı(°C)	Şurubun Sıcaklığı(°C)	Şurubun Besleme M.(ml)
Seviyeleri	50	18	38	600

Tablo 7.12'deki kombinasyona göre doğrulama deneylerinin yapılması ve optimizasyon işleminin doğruluğunun test edilmesi gerekmektedir. Üç kez yeniden gözlem yapılarak bulunan sonuçlar ile Taguchi metodu ile elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

**Tablo 7.13:** Doğrulama deney sonuçları

Deney	Havanın Nemi	Havanın Sıcaklığı	Şurup Sıcaklığı	Şurup Besleme Miktarı	Gözlem Sonuçları
1	50	18	38	600	609
2	50	18	38	600	619
3	50	18	38	600	612

Tablo 7.13'deki üç adet gözleme ait sonuçların ortalama değeri 613 dakikadır. Programda Stat-DOE-Taguchi-Predict Taguchi Design kısmından "Levels" kısmı seçilerek optimum gözlem değeri için planlanan faktörlere ait seviyeler seçilmiştir ve Tablo 7.14'de gösterilen tahmin değerleri elde edilmiştir.

**Tablo 7.14:** Taguchi tahmin değerleri

S/N Ratio	Mean
-55,7822	611

Tablo 7.14’de elde edilen Mean değeri ortalama değerlere göre hesaplanmıştır ve 611 dakika elde edilmiştir. S/N Ratio değeri ise logaritmik dönüşümlere göre hesaplanmıştır. Gerçek değeri bulmak için en küçük en iyi sonuç kabul edildiğinden  $10^{-SN/20}$  ( $10^{55,7822/20}$ ) formülü kullanılarak S/N değerine göre tahmin edilen çevrim süresi 615,33 dakika bulunmuştur. Taguchi metodu ile elde edilen değerler ve mevcut çalışma koşullarına göre karşılaştırma yapılmıştır. Mevcut çalışma koşullarından kasıt işletmede bugüne kadar alışlagelmiş geleneksel kullanılan üretim koşullardır. Başlangıç koşullarında havanın neminin 60-95RH, havanın sıcaklığı 18-22°C, şurubun sıcaklığı 38-40°C arasında ve kullanılan şurubun besleme miktarı 1000ml’dir. Tablo 7.15’de mevcut ve önerilen sistemdeki süreç değerlerin sunulduğu karşılaştırma tablosu verilmiştir.

**Tablo 7.15:** Karşılaştırma tablosu

	Mevcut Durum	Önerilen Durum
Havanın Nemi (Rh)	60-95	50
Havanın Sıcaklığı (°C)	18-22	18
Şurubun Sıcaklığı (°C)	38-40	38
Şurubun Besleme Miktarı (Ml)	1000	600
İşlem Süresi (Dakika)	1020	613

İşletmede mevcut durumda geleneksel yöntemlerle ayarlanan parametreler sonucunda çevrim süresi 1020 dakika civarlarında iken, Taguchi yöntemi ile belirlenen optimum parametre koşulunun uygulanması sonucunda elde edilen değer 613 dakika civarındadır. Bu sayede %40’lık süreçte bir iyileşme sağlanmıştır. Minimum çevrim süresine ulaşmak için optimum deney koşullarında model sonucu hesaplanan gözlem değeri ve doğrulama deneyleri sonucunda elde edilen gözlem değerleri oldukça yakındır. Doğrulama deneylerinin sonucu (613 Dakika) ile Taguchi analiz sonuçlarının(S/N=615,Mean=611) uyumlu olduğu görülmektedir.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küreselleşen dünya ile birlikte artan rekabet işletmeleri daha kaliteli ürünleri en az maliyetle ve en kısa zamanda müşterilere ulaştırmaya zorlamaktadır Bunun için kaynakların en etkin ve verimli şekilde israf edilmeden kullanılmalıdır. Piyasa koşullarında belirlenen fiyatlarla mücadele edebilmek için işletmeler analitik yöntemleri kullanarak faaliyetlerini iyileştirmenin yollarını aramaktadır.

İstatistiksel deney tasarımı yöntemlerinden biri olan Taguchi metodu az sayıda deney ve daha düşük maliyet ile istenen hedefe ulaşmayı sağlayan metotlardan birisidir. Bu metot ile ürün veya süreçteki kontrol edilebilen parametrelerin optimal seviyeleri ile kontrol edilemeyen ve süreçte değişkenliğe neden olan parametrelere duyarsız bir tasarımda bulunarak, ürün yada süreci geliştirmeye imkan sağlamaktadır.

Gıda sektörü, gerek ülkemizde gerekse dünyada oldukça önem arz etmektedir ancak hala günümüzde geleneksel yöntemlerle ayakta kalmaya çalışan pek çok işletme vardır. İnsan sağlığının doğrudan etkisinde olan bu sektörde uygulanacak analitik yöntemler hem verimlilik hem de karlılık açısından olumlu sonuçlar ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışmasında, ürün ve süreç geliştirme çalışmalarında yaygın kullanılan olarak kullanılan Taguchi metodu ile çalışılmıştır. Bir kuruyemiş fabrikasının draje kaplama sürecinin işlem süresinin minimize edilmesine yönelik üretim parametrelerinin eniyilemesi hedeflenmiştir.

İşletmede, draje kaplama süreci en uzun işlem süresine sahip süreçlerden biridir. Bu sebepten bu birimden elde edilen ürünler için termin problemi yaşanmaktadır. Bugüne kadar süreçte geleneksel yöntemlerin benimsenip, operatörün hislerine dayalı olarak kontrol edilmesinden kaynaklı sürecin işlem süresi uzun sürmekte ve parametrelerin yanlış planlanmasından kaynaklı olarak plansız duruşlar ve arızalar gerçekleşmekteydi. Bütün bu durumların sonucunda ise de işlem süresi nedeni ile ciddi kayıplar yaşanmaktaydı.

Çalışma kapsamında ilk olarak problemin tanımı yapılmış ve sürece hakim ekip ile birlikte, sürecin işlem süresine etki eden parametreler belirlenmiştir, balık

kılıçığı diyagramı ile parametreler kendi içinde kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler olarak ayrılmıştır. Proses kaplama süresine etki eden kontrol edilerek değiştirilebilen havanın nemi, sıcaklığı, şurubun sıcaklığı ve şurubun besleme miktarı parametreleri olarak seçilmiştir ve parametrelere ait seviyeleri belirlenmiştir.

Belirlenen faktörlerin seviyelerine bağlı olarak  $L_9(3^4)$  ortogonal dizini kullanılarak deney planı hazırlanmıştır ve deney tasarımının tekrarlık ilkesi göz önünde bulundurularak deney planı 2 kez tekrarlanarak toplamda 18 adet deney gerçekleştirilmiştir. Çünkü üretim hattının bir kez çalıştırılması işleminin sonucunda yaklaşık 4000 kg ürün drajelenmektedir. Yapılan her deney işletme için fazladan maliyet oluşturmaktadır. Ayrıca deney için ayrılan üniteye yapılan işlemlerden dolayı üretim aksamaktadır. Draje kaplama işlemi de bir iş gününe mal olduğundan en az sayıda deney ile çözüme ulaşılmaya çalışılmıştır.

Normal koşullarda parametrelere ait seviyelerin incelenip iki tekrarlı olarak bu deneylerin gerçekleştirilmesi için  $2 \times 3^4$  defa yani 162 kez deney yapıp, gözlem alınması gerekmektedir. Bu nedenle bu metot ile daha az maliyet ile daha kısa zamanda çözüme ulaşılmaya sağlanmıştır.

$L_9(3^4)$  deney planının sonuçlarında gerçekleştirilen 18 adet gözlem kayıt altına alınarak işlem süresi üzerinde etkisi olan parametrelerin belirlenmesi ve optimum seviyelerinin seçilmesi için Minitab 19 paket programında ortalama ve S/N değerleri hesaplanarak analiz edilmiştir. Bunlara ilave olarak işlem süresinde en etkili olan faktörleri belirlenmesi için varyans analizi gerçekleştirilmiştir.

İşlem süresinin minimum olması için ilgili parametrelere ait optimum değerleri Minitab 19 programındaki hesaplamaların sonucunda, havanın nemi parametresinin 2. seviyesi olan 50 Rh, havanın sıcaklığı parametresinin 2. seviyesi olan  $18^\circ\text{C}$ , şurubun sıcaklığı parametresinin 2. seviyesi  $38^\circ\text{C}$  ve şurubun besleme miktarı parametresinin 1. seviyesi 600ml değerinde olduğu saptanmıştır. Yapılan Anova analizi sonucunda ise de dört adet parametrenin birlikte incelendiği modelde havanın nemi, havanın sıcaklığı ve şurubun besleme miktarı faktörlerinin çevrim süresi için istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0,05$ ), şurubun sıcaklığı faktörünün ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ( $p > 0,05$ ) görülmektedir. Parametrelerin işlem süresi üzerindeki etkisi

incelendiğinde ise %77,56 ile en etkili parametrenin havanın nemi parametresinin olduğu görülmüştür.

Hesaplamalar sonucunda elde edilen optimum seviye değerlerinin sonucunda minimum işlem süresi ortalama göre 611 dakika, S/N oranına göre de 615,33 dakika olarak hesaplanmıştır. Optimum seviyelere göre üç adet doğrulama deneyi gerçekleştirilmiştir. Doğrulama deneyleri sonucunda sürecin işlem süresi ortalama 613 dakika olarak gözlenmiştir. Bu durumda doğrulama deneylerinin sonucu(613 Dakika) ile Taguchi analiz sonuçlarının(S/N=615,Mean=611) uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

İşletmede mevcut durumda geleneksel yöntemlerle ayarlanan parametreler sonucunda çevrim süresi 1020 dakika civarlarında iken, Taguchi yöntemi ile belirlenen optimum parametre koşulunun uygulanması sonucunda elde edilen değer 613 dakika civarındadır. Bu sayede %40'lık süreçte bir iyileşme sağlanmıştır. Çalışma çerçevesinde hedef olarak belirlenen işlem süresinin minimizasyonu Taguchi metodu ile gerçekleştirilmiştir ve draje kaplama sürecine katkıda bulunulmuştur. Taguchi yöntemi ile belirlenen optimum parametre değerleri dört aydan beri işletmede uygulanmaktadır. Bunun sonucu olarak sistemsiz arızaların ve plansız duruşların önüne geçilmiştir. İşlem süresinin kısalmasıyla birlikte en önemlisi verilen terminlere yetişilebilmektedir.

Bundan sonra işletmede drajeye dair her bir üniteye farklı ürünlere kaplama yapılırken bu tip süreç iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Bunun yanı sıra, üründe kullanılan gıda bileşenlerinin etkilerinin araştırılmasında ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmaların birçoğunda Taguchi ile deney tasarımı çalışmaları uygulanabilir. Bu sayede daha kısa sürede ve daha az maliyet ile sonuca ulaşmak mümkün olabilir.



## 9. KAYNAKLAR

Akarşlan, M., “Kaliteli Çimento Üretimi İçin Deney Tasarımına Ait Optimizasyon Uygulaması”, Yüksek Lisans, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, (2019).

Akın, F., “Gıda Ürünleri Ve İçecek Sanayinin Ekonomik Özellikleri”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 17 – 70, (2012).

Antony, J., *Design of Experiments for Engineers and Scientists*: Elsevier Science & Technology Books, (2014).

Antony, J., Perry, D., Wang, C., Kumar, M., “An Application of Taguchi Method of Experimental Design for New Product Design and Development Process”, *Assembly Automation*, 26(1), 18-24, (2006).

Baynal, K., Gencil, İ., “Taguchi yönteminin gıda sektöründe çok yanıtlı problemin eniyilemesinde uygulanması”, *Sakarya University Journal of Science*, 19(1), 107 – 121, ( 2015).

Binal, G., “Yer Karosu Süreç Parametrelerinin Faktöriyel Tasarım İle İncelenmesi”, Yüksek Lisans, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı*, Eskişehir, (2007).

Cevik, S., Aydın, S., Sermet, O., Ozkan, G., Karacabey, E., “Zeytinyağı Ekstraksiyon İşleminin Yanıt Yüzey Metodu ile Optimizasyonu”, *Akademik Gıda*, 15(1304-7582), 337 – 343, (2017).

Chakraborty, S., Shrivastava, C., “Comparison between multiresponse-robust process design and numerical optimization: A case study on baking of fermented chickpea flour-based wheat bread”, *Journal of Food Process Engineering*, 42(3), e13008, (2019).

Chung, P. L., Liaw, E.T., Gavahian, M., Chen, H.H., “Development and Optimization of Djulis Sourdough Bread Using Taguchi Grey Relational Analysis”, *Foods*, 9(9), 1149, (2020).

Çangal, Ç., “Farklı Yakıt Karışımları Ve Emisyon Azaltma Teknikleri Uygulanan Bir Dizel Motorda Optimum Parametrelerin Taguchi Yöntemi İle Belirlenmesi” ,Yüksek Lisans, *Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi*

*Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, (2019).*

Çelik, C., “Kalite Geliştirmede Tasarım Eniyileme Problemine Taguchi Yöntemlerinin Uygulanmasında Sistematik Bir Yaklaşım”, Doktora, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, (1993).*

Çelik, Ç., “Çikolatalı Draje Yapımında Uygulanan Farklı İşlemlerin Rafömrü Üzerine Etkileri”, Yüksek Lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1998).*

Demir, L., “İstatistiksel Deney Tasarımı Yöntemi ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulanması”, Yüksek Lisans, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2004).*

Dereli, C., “Bir Çikolata Üretim Tesisinde Kalite Yönetim Sisteminin Kurulması”, Yüksek Lisans, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, (2011).*

Dooyum, U., Woo, S., Hong, D., Ha, Y., “Optimization of parboiling conditions for enhanced Japonica rice milling”, *Emirates Journal of Food and Agriculture, 28(11), 764-771, (2016).*

Durmaz, S., “Taguchi Metodunun Kauçuğun Vulkanizasyonu Prosesine Uygulanması”, Yüksek Lisans, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, (2008).*

Durmaz, U., Ozel, M.B., “An Experimental Study on Extraction of Sugar from Carob Using with Taguchi Method”, *Sakarya University Journal of Science, 23(5), 916 – 923, (2019).*

Ercan, E., “Reaktif Boyamada Laboratuvar İle İşletme Renk Farkının Azaltılması: Taguchi Yaklaşımına Dayalı Bir Uygulama”, Yüksek Lisans, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı Sayısal Yöntemler Programı, Denizli, (2019).*

Eyyüpoğlu, Ö., Marangoz, M.A., Yeşiltepe, S.B., “Rsm Method And Optimization Of Hard Coated Soft Sugar Process Parameters”, *Journal of Scientific Perspectives ,3(2), 119-132, (2019).*

Garipoğlu, H., “Bazı baharat ve kuruyemişlerin aflatoksin içeriğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans”, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Edirne, (2006).*

Gencel, İ., “Çok Yanıtlı Problemlerin Optimizasyonunda Taguchi Yönteminin Kullanılması Ve Alkollü İçkiler Sektöründe Bir Uygulama” ,Yüksek Lisans, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kocaeli, (2007).

Gökçe, B., Taşgetiren, S., “Kalite İçin Deney Tasarımı”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 71-83, (2009).

Hartel R.W., Von Elbe J.H., Hofberger R., “Sugar and Sugar-Free Panned Confections”, *Confectionery Science and Technology*,(ed: S. Cham), 361-391, (2018).

Hasgül, Ö.,“ÜRÜN VE SÜREÇLERİN GELİŞTİRİLMESİNDE DENEY TASARIMI: GIDA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 9(15), 42 – 67, (2011).

Hayıt, F., Gül, H., “Glutensiz Bisküvi Unu Formülasyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi Kullanılarak Optimizasyonu” *Akademik Gıda*, 17(2), 185 – 192, (2019).

Kamber, Ö.Ş., “Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Basınç ve Sıcaklık Parametrelerinin Ürün Kalitesine Etkileri ve Taguchi Yöntemi İle Optimizasyonu”, Doktora, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı*, İstanbul, (2008).

Kandemir, Y., “Kompozit Malzemelerin Enerji Sönümlenme Performansına Numune Ve Tetikleyici Geometrik Değişkenlerin Etkisinin Taguchi Metodu İle İncelenmesi”, Yüksek Lisans, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kocaeli, (2018).

Kaya, M., Artık, N., Karakaya, M., Oğraş Ş.Ş., Yalınkılıç, B., Gıda Sanayinin Teknolojik Analizi[online],(01.02.2021), [https://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/d38e6eab92b2aeb\\_ek.pdf](https://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/d38e6eab92b2aeb_ek.pdf),

Kayı, Y., “Plastik Enjeksiyon Prosesindeki Parametrelerin Çekme Problemine Etkilerinin Taguchi Metodu İle İncelenmesi”, Yüksek Lisans, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Sakarya, (2006).

Kılıç, D., Bayrak, H., Özkaya, B., “Mısır Ekmeğindeki Fitik Asit Miktarını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesinde Yanıt Yüzey Yöntemi Yaklaşımı”, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 44(2), 121 – 134, (2018).

Kırmacı, V., Gülsevinçler, E., Kaya, H., “Farklı Kalınlıklardaki Elmaların Dondurarak Kurutma Davranışlarının Taguchi Metodu Kullanılarak Belirlenmesi”, *Neşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 529 – 540, (2017).

Kumar, V., Sharma H. K., Kaushal, P., Singh, K., “Optimization of taro–wheat composite flour cake using Taguchi technique”, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9(1), 35-51, (2015).

Kuruyemiş Sektör Raporu Ocak 2016, [online](01.02.2021), [https://www.ankaratb.org.tr/lib\\_upload/Kuruyemi%C5%9F%20Sekt%C3%B6r%C3%BC.pdf](https://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/Kuruyemi%C5%9F%20Sekt%C3%B6r%C3%BC.pdf), (2016).

Kuvat, Ö., "BİR PAKET GIDA ÜRETİM İŞLETMESİNDE TAGUCHİ PARAMETRE TASARIMI İLE ÇOK YANITLI ENİYİLEME", *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(3), 215 – 236, (2018).

Küçük, Y., “Delik İşlemede Takımlama Sisteminin Delik Kalitesi Üzerine Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması”, Doktora, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı*, Ankara, (2009).

Lonbar, M.H., Alavi, M.Z., Palassi, M., “ Selection Of Asphalt Mix With Optimal Fracture Properties At Intermediate Temperature Using Taguchi Method For Design Of Experiment,Construction And Building Materials”, *Construction and Building Materials*, 262, 120601, (2020).

Makadia, A.J., Nanavati, J.I., “Optimisation Of Machining Parameters For Turning Operations Based On Response Surface Methodology”, *Measurement*, 46(4), 1521-1529, (2013).

Mayasti, N., Ushada, M., Ainuri, M., “Optimization of Gluten Free Spaghetti Products from Local Food with the Taguchi Method Approach”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 251(1), 012031, (2019).

Mercan, Ş., “Deney Tasarımı Ve Yapay Zeka Tekniklerinden Yararlanarak Ürün Kalitesinin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Balıkesir, (2019).

Montgomery, D.C., *Design and Analysis of Experiments*, 8th Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc, (2008).

Morakınyo, A.T., Bamgboye, A.I. , “Optimization of Operation Parameters of a Vertical Sterilizer of Medium-Scale Oil Palm Mill Using Taguchi Method: OPTIMIZATION OF OPERATION PARAMETERS”, *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), e12453, (2016).

Özden, E., “Elektrostatik Toz Boya Proses Parametrelerinin Deney Tasarımı Yöntemleri İle Optimizasyonu Ve Endüstriyel Uygulaması”, Yüksek Lisans, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Balıkesir, (2020).

Pandey, P., Turton, R., Joshi, N., Hammerman, E., Ergun, J., “Scale-Up Of A Pan-Coating Process”, *AAPS PharmSciTech*, 7(4), E125-E132, (2006).

Pesen, S., “Trafik Kazalarını Etkileyen Yol Faktörlerinin Deney Tasarımı İle İncelenmesi”, Yüksek Lisans, *Yalova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Yalova, (2018).

Sadr, S., Mozafari, V., Alaei, H., Pour, A., Behjat, A., “Control of pistachio endocarp lesion by optimizing the concentration of some nutrients using taguchi method”, *Scientia Horticulturae*, 256(0304-4238), 108575, (2019).

Saydam D., Dakak R., Dalgıç A., “A preliminary study of probiotic apple snack production with assisting food technologies”, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(3), 324 – 334, (2019).

Shin, W., Lee, S., “Determination of accelerated condition for brush wear of small brush-type DC motor in using Design of Experiment (DOE) based on the Taguchi method”, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 25(2), 317-322, (2011).

Singh, A., Kumar, P., “Storage stability determination of calorie deficit gluten-free biscuit: Taguchi concern”, *Journal Of Food Processing and Preservation*, 43(5), e13927, (2019).

Şanyılmaz, M., “Deney Tasarımı Ve Kalite Geliştirme Faaliyetlerinde Taguchi Yöntemi İle Bir Uygulama”, Yüksek Lisans, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Afyonkarahisar, (2006).

Taphasanoğlu, S., “Çok Yanıtlı Problemlere Sürekli-Sürekli Kalite Karakteristikleri İçin Dinamik Taguchi Yöntemi Yaklaşımı”, Doktora, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kocaeli, (2020).

Tasirin, S.M., Kamarudin, S.K., “Optimization of drying parameters of bird’s eye chilli in a fluidized bed dryer”, *Journal of Food Engineering - J FOOD ENG*, 80(2), 695-700, (2007).

Taylan, D., “Taguchi Denev Tasarımı Uygulaması”, Yüksek Lisans, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Isparta, (2009).

Topçu, R.M., “Uygulamalı Bir Laboratuvar Çalışması Üzerinden Yates Ve Taguchi Denev Tasarımlarının Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Eskişehir, (2018).

Tuğral, N., “Beyaz Renkli Gerçek Mermerlerin Cnc Makinesinde İşlenmesinde Kesme Genişliğinin Yüzey Kalitesine Etkisinin Taguchi Denev Tasarımı Yöntemi Uygulanarak Araştırılması”, Yüksek Lisans, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı*, Afyon, (2019).

Turgut, M.E., “Türkiye Gıda Sanayi Kuruluşlarının Ekonomideki Yeri, Rolü Ve İzlenebilecek Stratejiler”, Yüksek Lisans, *Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı*, Tekirdağ, (2008).

Tüksiad, Kuruyemiş Sektörü Mevcut Durum Analizi,[online](01.02.2021), <http://www.tuksiad.org/uploads/yuklemeler/tuksiad-mds-2014.pdf>,(2014).

Türkan, B., Etemoğlu, A., “Taguchi metodu kullanılarak gıda kurutulmasına etki eden parametrelerin optimizasyonu”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(4), 654 – 665, (2020).

Yıldırım, S., “Giriş Kalite Kontrol Süreçlerinde Kabul Örneklemesine Yönelik Bir Metodoloji: Beyaz Eşya Endüstrisinde Bir Uygulama”, Yüksek Lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2015).

Yıldız, Z., Gökayaz, L., “Güneş Enerjili Kurutucuda Kurutulan Elma Dilimlerinin Kurutma Koşullarının RSM ile Optimizasyonu”, *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(2), 100 - 108, (2019).

Yıllık Sanayi Ürün (PRODCOM) İstatistikleri, 2019[Online],(02.02.2021), [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-Urun-\(PRODCOM\)-Istatistikleri-2019-33600](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-Urun-(PRODCOM)-Istatistikleri-2019-33600),(2020).

Yılmaz, A.B., “Organik Ve Konvansiyonel Yöntemlerle Üretilen Çeşitli Kuruyemişlerin Akrilamid İçeriklerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans, *Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Tekirdağ, (2018).

Yılmaz, Ş., “Toplam Kalite Yönetiminde Süreç Yönetimi Ve Lojistik Sektöründe Bir Uygulama”, Yüksek Lisans, *Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı*, İstanbul, (2014).

# **EKLER**



## 10. EKLER

### EK-1 Minitab program çıktısı

#### Taguchi Design

#### Design Summary

Taguchi Array

L9(3<sup>4</sup>)

Factors: 4

Runs: 9

Columns of L9(3<sup>4</sup>) array:

1 2 3 4

**Taguchi Analysis: Gözlem Sonuçları(Dk)-1; Gözlem Sonuçları(Dk)-2 versus Havanın Nemi(Rh); Havanın Sıcaklığı(°C); Şurubun Sıcaklığı(°C); Şurubun Besleme Miktarı(ml)**

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

	Havanın Nemi(Rh)	Havanın Sıcaklığı(°C)	Şurubun Sıcaklığı(°C)	Şurubun Besleme Miktarı(ml)
1	-57,35	-57,29	-57,41	-57,09
2	-56,47	-56,99	-57,22	-57,34
3	-58,17	-57,70	-57,35	-57,56
Delta	1,70	0,71	0,19	0,47
Rank	1	2	4	3

Response Table for Means

	Havanın Nemi(Rh)	Havanın Sıcaklığı(°C)	Şurubun Sıcaklığı(°C)	Şurubun Besleme Miktarı(ml)
1	737,7	734,2	743,7	719,0
2	666,5	710,8	728,7	737,8
3	809,8	769,0	741,7	757,2
Delta	143,3	58,2	15,0	38,2
Rank	1	2	4	3

## Predicted values

### Prediction

<u>S/N Ratio</u>	<u>Mean</u>	<u>StDev</u>	<u>Ln(StDev)</u>
-55,7822	611	24,9844	3,26246

### Settings

<u>Havanın</u>	<u>Havanın</u>	<u>Şurubun</u>	<u>Şurubun</u>
<u>Nemi(Rh)</u>	<u>Sıcaklığı(°C)</u>	<u>Sıcaklığı(°C)</u>	<u>Besleme</u>
			<u>Miktarı(ml)</u>
50	18	38	600

## EK-2 ANOVA Tablosu Program Çıktısı

**General Linear Model: Gözlem Sonuçları(Dk)-1 versus Havanın Nemi(Rh); Havanın Sıcaklığı(°C); Şurubun Sıcaklığı(°C); Şurubun Besleme Miktarı(ml)**

Method

Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

<b>Factor</b>	<b>Type</b>	<b>Levels</b>	<b>Values</b>
Havanın Nemi(Rh)	Fixed	3	40; 50; 60
Havanın Sıcaklığı(°C)	Fixed	3	16; 18; 20
Şurubun Sıcaklığı(°C)	Fixed	3	36; 38; 40
Şurubun Besleme Miktarı(ml)	Fixed	3	600; 800; 1000

Analysis of Variance

<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F-Value</b>	<b>P-Value</b>
Havanın Nemi(Rh)	2	61634,3	30817,2	116,49	0,000
Havanın Sıcaklığı(°C)	2	10282,3	5141,2	19,43	0,001
Şurubun Sıcaklığı(°C)	2	796,0	398,0	1,50	0,273
Şurubun Besleme Miktarı(ml)	2	4370,3	2185,2	8,26	0,009
Error	9	2381,0	264,6		
Total	17	79464,0			

Model Summary

<b>S</b>	<b>R-sq</b>	<b>R-sq(adj)</b>	<b>R-sq(pred)</b>
16,2652	97,00%	94,34%	88,01%