

T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA BİLİMLERİ BİLİM DALI

JELLY YUMUŞAK ŞEKER ÜRÜNÜ İÇİN PROSES PARAMETRELERİNİN
SON ÜRÜN ÜZERİNE ETKİSİ VE OPTİMİZASYONU

Figen YEL

Danışmanlar

Prof. Dr. Bülent ERGÖNÜL

Doç. Dr. Tuncay YILMAZ



MANİSA-2022

**FIGEN
YEL**

**JELLY YUMUŞAK ŞEKER ÜRÜNÜ İÇİN PROSES
PARAMETRELERİNİN SON ÜRÜN ÜZERİNE ETKİSİ VE
OPTİMİZASYONU**

2022

TEZ ONAYI

Figen YEL tarafından hazırlanan "**Jelly Yumuşak Şeker Ürünü İçin Proses Parametrelerinin Son Ürün Üzerine Etkisi ve Optimizasyonu**" adlı tez çalışması 10/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği **Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS** olarak savunulmuş ve **oyçokluğu / oybirliği** ile başarılı olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Bülent ERGÖNÜL

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Danışman

Doç. Dr. Tuncay YILMAZ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Şebnem TAVMAN

Ege Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU

Ege Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi /Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Figen YEL



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
TEŞEKKÜR	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT	XI
1.GİRİŞ	1
2.JELLY ŞEKERLEMELER HAKKINDA GENEL BİLGİLER	4
3.LİTERATÜR ÖZETİ	5
3.1.Yumuşak Şeker Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	5
3.1.1. Hidrokolloidler (Jelleştirici Ajanlar)	5
3.1.2. Kristal Şeker (Sakkaroz)	11
3.1.3.Glukoz şurubu	12
3.1.4. Asitler	12
3.1.5.Aroma vericiler	13
3.1.6. Renk Maddeleri	13
3.2. Yumuşak Şeker Jelly Üretimi	14
3.2.1.Jelly Üretiminde Kullanılan Isı Değiştiriciler	15
3.2.2. Vakum	16
3.2.3. Dozajlama ve Şekil Verme	16
3.2.4. Soğutma – Dinlendirme	16
3.2.5. Kaplama	17
3.2.6. Ambalajlama ve Depolama	17
3.3. Jelly Üretimi Sırasında Oluşan Fiziksel ve Kimyasal Değişmeler	17
3.3.1. Denatürasyon	17
3.3.2. Köpük Oluşumu	18
3.3.3. Yumuşak Şeker Pişirmede Sıcaklık Zaman İlişkisi	20
3.3.4. Şeker Çeşitlerini Belirleme	20
3.3.5. Nem İçeriği	22
3.3.6. İnversiyon	22
3.3.7. Maillard reaksiyonu	24

3.3.8. Şekerleme Türleri ve Jelly Yumuşak Şeker Besin Öğeleri	24
3.4. Jelly Şekerleme Üretimi Kritik Noktalar.....	25
3.5. Deney Tasarımı ve İstatistiksel Analiz.....	26
3.5.1. Ürün ve Süreç Geliştirmede Deney Tasarımı.....	26
3.5.2.İstatistiksel Deney Tasarımı.....	27
3.5.3.Yanıt Yüzey Yöntemi Deney Tasarımı	29
3.5.4. Optimizasyon.....	29
3.5.5. Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM)	30
4.MATERYAL VE YÖNTEMLER	38
4.1. Materyal.....	38
4.2. Yöntem	39
4.3. Fiziksel, Kimyasal ve Finansal Analiz Yöntemleri	42
4.3.1. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini.....	42
4.3.2. Renk Analizi	44
4.3.3.Tekstür (Sertlik) Analizi	44
4.3.4. Su Aktivitesi Analizi.....	45
4.3.5. Raf Ömrü Analizi.....	45
4.3.6. Maliyet Analizi	47
4.4. Deney Tasarımı ve Optimizasyon	48
4.4.1. Yanıt Yüzey Metodunun Yumuşak Şeker Kalite Karakteristikleri Üzerine İşlem Parametrelerinin Optimizasyonunda Kullanımı	48
4.4.2. İstatistiksel Model	49
4.4.3. Optimizasyon.....	50
5.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	55
5.1. Yanıt Yüzey Grafiklerinin ve İzohips Eğrilerinin Çizilmesi	59
5.2. Validasyon üretimi	81
6.SONUÇ	83
7. KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ	92
EKLER.....	93
Ek Tablo 1.Suda Çözünür Kuru Madde (KM) için Lack of Fit Testleri	93
Ek Tablo 2. Renk (C) için Lack of Fit Testleri.....	93
Ek Tablo 3. Tekstür (Sertlik) (TEX) için Lack of Fit Testleri.....	93
Ek Tablo 4. Su Aktivitesi (aw) için Lack of Fit Testleri	94

Ek Tablo 5. Raf Ömrü (SL) için Lack of Fit Testleri.....	94
Ek Tablo 6. Maliyet (MA) için Lack of Fit Testleri	94
Ek Tablo 7. Kuru Madde için Beklenen ve Gözlenen Değerler	95
Ek Tablo 8. Renk için beklenen ve gözlenen değerler	96
Ek Tablo 9. Tekstür (Sertlik) için beklenen ve gözlenen değerler	97
Ek Tablo 10. Su Aktivitesi için beklenen ve gözlenen değerler	98
Ek Tablo 11. Optimizasyon değerleri	99



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

DE	Dekstroz Eşdeğeri
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
CCD	Central Composite Retatable Dizayn
y	Yanıt
η	Direkt olarak gözlemlenemeyen yanıtın gerçek değeri
ϵ	Ölçüm Hatası
d_f	Serbestlik Derecesi
E	Beklenen Değer Fonksiyonu
ANOVA	Varyans Analizi
adj-R²	Düzeltilmiş Regresyon Katsayısı
SS_E	Kalıntı Kareler Toplamı
PRESS	Tahminlenmiş Hata Kareler Toplamı
f	Gerçek Yanıt Fonksiyonu
F₀	F-istatistiği
F_{cal}	Deneysel Verilerden Hesaplanan F-değeri
F_{tab}	Tablodan Okunan F-değeri
L_f	En Küçük Kareler Fonksiyonu
m	Bağımsız Değişken Sayısı
MSE	Hata Kareler Ortalaması
MSREG	Regresyon Kareler Ortalaması
n₀	Deneysel Dizaynın Merkez Noktasındaki Tekrar Sayısı
p	Modeldeki Katsayı Adeti
Pre-R²	Tahminlenmiş Regresyon Katsayısı
r	Her hangi bir Dizayn Noktasındaki Tekrar Sayısı
R	Deneysel Bölge
R²	Regresyon Katsayısı
SS_{LOF}	Lack of fit Kareler Toplamı
SSPE	Saf Hata Kareler Toplamı
SS_{REG}	Regresyon Kareler Toplamı
SS_T	Genel Kareler Toplamı
X	Dizayn Matrisi (n x p)

y	Bağımlı Değişken
y_i	Deneysel Gözlemlerin Ortalaması
β	Regresyon Katsayıları
σ²	Rasgele Hata Varyansı
ξ	Doğal Değişken
α	İstatistiksel Önemlilik Seviyesi
KM	Suda Çözünen Kuru Madde Miktarı
C	Renk
Tex	Tekstür (Sertlik)
aw	Su Aktivitesi
SL	Raf ömrü
MA	Maliyet
A	Piştirme Sıcaklığı (°C)
B	Vakum Şiddeti (mmHg)
C	Jelatin Bloom Değeri (N)
D	Jelatin miktarı (%)
mmHg	Milimetre civa
N	Newton

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Nişasta Moleküllerinin Mikroskop Altındaki Görünümleri.....	8
Şekil 3. 2. Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Nişastaların Jelleşme Sıcaklıkları	9
Şekil 3. 3. Nişasta Molekülünün Jelleşmesi	9
Şekil 3. 4. Nişasta Jelatinizasyonu Grafiği	10
Şekil 3. 5. Denatürasyon	18
Şekil 3. 6. Jelatin Solüsyonunda Köpük Oluşumu (İşletme Deneme Görseli)	19
Şekil 3. 7. Köpüklü Jelly Yumuşak Şeker (İşletme Deneme Görseli)	19
Şekil 3. 8. Sistem Modeli	27
Şekil 3. 9. Maksimum Nokta İçin Yanıt Yüzey Grafiği Ve İzohips Eğrileri	32
Şekil 3. 10. Minimum Nokta İçin Yanıt Yüzey Grafiği Ve İzohips Eğrileri	32
Şekil 3. 11. Eyer Noktası İçin Yanıt Yüzey Grafiği Ve İzohips Eğrileri	33
Şekil 3. 12. Hedef Değer Atanması Durumunda Desirability Fonksiyonu	34
Şekil 3. 13. Hedef Belli Bir Aralık Olarak Seçildiğinde Desirability Fonksiyonu ...	35
Şekil 4. 1. Uygun özellikte jelly yumuşak şeker ürünü (referans ürün)	38
Şekil 4. 2. Jelly yumuşak şeker üretimi akış şeması.....	41
Şekil 5. 1. Modellerin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler	60
Şekil 5. 2. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının kuru madde değeri için yanıt yüzey ve izohips eğrileri	62
Şekil 5. 3. Renk değeri (c) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler	63
Şekil 5.4. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının renk değeri için yanıt yüzey ve izohips eğrileri.....	64
Şekil 5. 5. Tekstür (Sertlik) (tex) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler .	66
Şekil 5. 6. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının Tekstür (Sertlik) için yanıt yüzey ve izohips eğrileri	68
Şekil 5. 7. Su aktivitesi (aw) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler.....	69
Şekil 5. 8. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının su aktivitesi için yanıt yüzey ve izohips eğrileri	71
Şekil 5. 9. Raf ömrü (sl) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler	72
Şekil 5. 10. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının raf ömrü için yanıt yüzey ve izohips eğrileri.....	74
Şekil 5. 11. Maliyet (ma) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler.....	75
Şekil 5. 12. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının maliyet için yanıt yüzey ve izohips eğrileri	77

TABLO DİZİNİ

Tablo 3. 1. Jelatinin diğer kıvam vericiler ile karşılaştırılması .	6
Tablo 3. 2. Sakaroz çözeltilerinin kaynama noktaları	20
Tablo 3. 3. Şeker çeşitleri	21
Tablo 3. 4. Sakarozun sudaki çözünürlüğü sıcaklıkla ilişkisi	23
Tablo 3. 5. Jelly yumuşak şeker besin ögesi Tablosu (işletme standart üretim analizi)	25
Tablo 3. 6. Desirability fonksiyonunun standart tahminleme skalası	34
Tablo 4. 1. Denemelerde kullanılan hammaddeler	39
Tablo 4. 2. Jelatin bloom değerine göre kg maliyeti	47
Tablo 4. 3. Pişirme sıcaklığı maliyet hesaplaması	48
Tablo 4. 4. Vakum maliyet verileri	48
Tablo 4. 5. Referans ürüne ait son ürün analiz sonuçları	50
Tablo 4. 6. Etkili faktörler ve yanıtlar	51
Tablo 4. 7. Central composite rotatable dizayn için değişkenler ve seviyeleri	52
Tablo 4. 8. Central composite rotatable dizayn deneme planı	52
Tablo 5. 1. Central composite rotatable dizaynı deneme sonuçları	56
Tablo 5. 2. Modellerin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler	58
Tablo 5. 3. Raf ömrü için beklenen ve gözlenen değerler	78
Tablo 5. 4. Maliyet için beklenen ve gözlenen değerler	79
Tablo 5. 5. Optimizasyon verileri	81
Tablo 5. 6. Validasyon üretimi tekrerrür denemeleri	82

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan saygıdeğer danışman hocalarım; Prof. Dr. Bülent ERGÖNÜL ve Doç. Dr. Tuncay YILMAZ'a, bana hayatımın her aşamasında hem maddi hem de manevi en büyük desteği vererek sahip olduğum her şeyi borçlu olduğum en büyük servetim olan canım annem Ayşe YEL ve canım babam Hasan YEL'e, her zaman bana yol gösterip destek olan, her düştüğümde elimden tutan, bana yedek kalplerim olduğunu hissettiren canım ablalarım Fatma AKICI ve Filiz YEL'e, hayatım boyunca bana sevginin en saf halini gösterip, en çıkmazda hissettiğim zamanlarda bile bir çıkar yol gösteren, annemden farklı görmediğim canım halam Nezihe Yel'e, dokuz yıldır her iniş ve çıkışında olduğu gibi yüksek lisans dönemi boyunca da en büyük destekçim olan, yıkılmaz duvarım Seyit ERDEN'e, özellikle yoğun çalışma hayatıyla birlikte yürütmeye çalıştığım yüksek lisans dönemim boyunca tüm stres ve değişken ruh hallerime rağmen desteğini eksik etmeyip sürekli motive eden, elini hep omzumda hissettiğim canım ev arkadaşım Tuğçe AL'a, üstün sektör tecrübesi ve mühendislik bilgisiyle yüksek lisans süreci boyunca büyük bir sabır ve özveri ile elinden gelenin fazlasını yapan değerli çalışma arkadaşım Gıda Yüksek Mühendisi Yakup ŞEN'e ve tez çalışmasında denemelerin ve analizlerin yapılmasında desteğini esirgemeyen üretici firmaya teşekkürlerimi sunarım.

Figen YEL
Manisa, 2022

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Jelly Yumuşak Şeker Ürünü İçin Proses Parametrelerinin Son Ürün Üzerine Etkisi ve Optimizasyonu

FİGEN YEL

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bülent ERGÖNÜL

Doç. Dr. Tuncay YILMAZ

Jelly yumuşak şeker ürünleri, yüksek molekül ağırlıklı maddelerden ve düşük molekül ağırlıklı sıvılardan oluşan yarı katı sistemlerden biridir. Jelly yumuşak şeker ürünlerinin hepsinde temel bileşenler; sakkaroz, glukoz şurubu, jelleştirici ajanlar (jelatin, pektin, nişasta, karragenan vb.), asitlik düzenleyiciler, su, aroma ve renk maddeleri gibi bileşenlerinin uygun proses basamaklarından geçirilmesiyle oluşmaktadır. Jelly yumuşak şekerin raf ömrü 15-30°C, %30-%60 bağıl nemde (optimum 25°C, %40 bağıl nemde) 18 aydır. 24 ay boyunca duyu, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak özelliğini koruyabilmektedir. Bu çalışmada jelly yumuşak şeker üretiminde jelatin miktarı minimize edilerek maliyet azaltılırken son ürün kalite parametrelerinin olumsuz etkilenmemesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada etkili olduğu bilinen 4 faktör (pişirme sıcaklığı, vakum, jelatin bloom derecesi ve jelatin miktarı) için deneme planı Central Composite Rotable Dizayn ile oluşturulmuştur. Optimum pişirme koşulları ise yanıt yüzey yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Optimizasyon çalışmasında pişirme sıcaklığı (104-129°C), vakum şiddeti ((-200)-(-600) mmHg), jelatin bloom değeri (160-270) ve jelatin miktarı (5-9 %) bağımsız değişkenler olarak; suda çözünür kuru madde miktarı, renk(L*),

Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet ise bağımlı değişkenler olarak seçilmiştir. Optimum işlem koşulları; desirability fonksiyonu yaklaşımı uygulanarak tespit edilmiştir. Optimum işlem koşulları için 3 adet validasyon üretimi yapılmıştır.

Raf ömrünü maksimize edip maliyeti minimize etmeye yönelik yapılan bu tez çalışmasında Central Composite Rotatable Dizayn ile elde edilen optimum noktalarda (- 200,01 mmHg vakum, 269, 99 jelatin bloom derecesi, %5,01 jelatin miktarı ve 128,96°C pişirme sıcaklığında yanıtlar Suda çözünür kuru madde %84,293, renk 21,672, Tekstür (Sertlik) 5,69 N, su aktivitesi 0,621, raf ömrü 23,479 ay ve maliyet 3081, 713 TL/ton 'dir.) deneme üretimleri sağlanmıştır. Bulunan sonuçlar (pişirme sıcaklığı 129°C, vakum şiddeti -200 mmHg, jelatin bloom değeri 270 ve jelatin miktarı % 5,133 olarak alınmıştır. Bu üretime göre suda çözünür kuru madde % 83,92, renk 22,73, Tekstür (Sertlik) 5,18 N, su aktivitesi 0,6 aw, raf ömrü 24 ay ve maliyet 2933,7 TL/ton olarak bulunmuştur) doğrultusunda jelatin bloom derecesi ve jelatin miktarının jelly yumuşak şeker ürününün raf ömrü ve maliyetini doğrudan etkilediği görülmüştür. Jelatin miktarı %1,5 düşürölüp raf ömrü 18 aydan 24 aya çıkarılmış ve toplam maliyet %22,41 oranında azaltılmıştır.

Anahtar sözcükler: jelly, yumuşak şeker, vakum, optimizasyon, jelatin,2022, 100 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Effect of Process Parameters on the Final Product and Optimization for Gummy Candy Product

FİGEN YEL

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Bulent ERGONUL

Assoc. Prof. Dr. Tuncay YILMAZ

The gummy candy products are semi-solid systems which are consist of high molecular substance and low molecula fluid. The main components of all gummy candies consist of passing the components which are sucrose, glucose syrup, gelling agent (gelatin, pectin, amylum, carrageenan, etc.), acidity regulators, water, aroma etc. through the appropriate process steps. The shelf life of gummy candies is 18 months with 15-30 °C and %30-%60 relative humidity rate (optimum conditions are 25°C and %40 relative humidity). They can keep up their organoleptic, chemical and microbiological property during 24 months. The aim of the study is minimizing the costs via minimizing gelatin using in product without impressing the quality process parameters on the last product.

In this study, the trial plan was created with Central Composite Rotatable Dizayn for 4 factors (cooking temperature, vacuum, gelatin bloom degree and gelatin amount) that are known to be effective. Optimum cooking conditions were determined using the response surface method. In this optimization study, the baking temperature

(104-129 °C), the vacuum intensity ((-200)-(-600) mmHg), the gelatin bloom value (160-270) and the gelatin quantity (5-9%) are decided as independent variables and the dependent variables are decided as the quantity of water-soluble dry matter, color, taste, texture, water activity and shelf life. Optimum trading conditions; determined by applying the desirability function approach.

In this thesis study, which was carried out to maximize shelf life and minimize cost, the optimum point obtained with Central Composite Rotatable Design (- 200.01 mmHg vacuum, 269.99 gelatin bloom degree, 5.01% gelatin amount and 128.96°C cooking temperature responses) The water-soluble dry matter is 84,293, the color is 21,672, the texture is 5,18 N, the water activity is 0.621, the shelf life is 23,479 months, and the cost is 3081, 713 TL/ton. vacuum intensity is -200 mmHg, gelatin bloom value is 270 and gelatin amount is 5%. According to this production, water-soluble dry matter is 83.8%, color is 22.06, texture is 5,69 N, water activity is 0.62 aw, shelf life is 24. month and cost was found as 2860,267 TL/ton). The amount of gelatin was reduced by 1.5%, the shelf life was increased from 18 months to 24 months, and the total cost was reduced by 22.41%.

Keywords: jelly, gummy candy, vacuum, optimization, gelatin 2022, 100 pages.

1.GİRİŞ

Jelly yumuşak şeker ürünler yarı katı sistemlerden biridir. Bunun yanısıra akışkan olmayan elastiki yapılardır [1]. Jelly yumuşak şeker ürünleri ilk olarak 1900'lü yılların başında Hans Riegel tarafından Almanya'da üretilmiştir [2].

Jelly yumuşak şekerlemeler, tüm dünyada özellikle gençlerin ve çocukların severek tükettiği bir şekerleme türüdür. Bu şekerleme türü hidrokolloid (genellikle jelatin) bazlıdır [3]. Tüketim oranlarına bakıldığında jelly yumuşak şekerlemeler diğer şekerlemeler arasında en yüksek paya sahip gruptur. Farklı beslenme Şekillerine göre Şekil alması ve takviye edici gıda olarak uyarlanabilmesiyle birlikte de gün geçtikçe büyüyen bir pazarı bulunmaktadır [4].

Dünyada kişi başına düşen ortalama şekerleme tüketimi 5 kg olup; Almanya, İngiltere, İsviçre, Belçika ve Rusya'da 6-8 kg, ABD, Avustralya ve diğer Avrupa ülkelerinde 4-6 kg, Japonya ve Türkiye'de ise 2 kg'dır [5].

Jelly yumuşak şekerin raf ömrü 15-30°C, %30-%60 bağıl nemde (optimum 25°C, %40 bağıl nemde) 18-24 aydır. Jelly yumuşak şekerin raf ömrünün uzunluğu ticari anlamda şeker endüstrisinin avantajlarından biridir [5].

Şekerlemelerin özellikle nem, sıcaklık ve oksidasyondan korunması, hava ile teması minimize edilerek serin ve kuru ortamda saklanması, doğrudan güneş ışığı görmeyecek şekilde ve koku veren maddelerden uzakta tutmak gereklidir. Uygun koşullarda saklandığı sürece son kullanma tarihine kadar kalitesini korur. Başlangıçta daha yumuşak ve parlak yapıda olan jelly yumuşak şekerlemeler muhafaza şartlarına bağlı olarak dışarıdan hava almasıyla sertleşip matlaşmaktadır [6].

Gıda sektöründeki gelişen teknolojiye paralel olarak tüketici istekleri çeşitlenmiş, bu da gıda üreticisine her zaman en iyi ve en kaliteli ürün üretme zorunluluğu getirmiştir. Bunun yanı sıra gıda endüstrisine direkt olarak yansıyan teknolojik gelişmeler, gıda katkı maddelerinin kullanımını da gözle görülür şekilde arttırmıştır. Gıda katkı maddelerinin bir grubunu oluşturan renk maddeleri, ayrı ve özel bir önem taşımaktadır. Çünkü renk, gıda ile ilgili en temel duyuşsal kaliteyi oluşturmaktadır. Bir gıda, teknolojik kalite açısından ne kadar üstün özellik gösterirse gösterebilir, ne kadar besleyici, ne kadar iyi tat ve koku ya da iyi tekstür özelliğine sahip olursa olsun, renk özelliği iyi değilse, kişide tüketme isteği yaratmayacaktır [7,8].

Diğer katkı maddeleri gibi renk maddeleri de, uluslararası ve ulusal yasalar çerçevesinde kullanımına izin verilen ve denetlenen maddeler olmalarına rağmen, bugüne kadar yapılmış çalışmalar bu maddelerin ülkemiz gıda endüstrisinde çok yaygın olarak ve çoğu kez de bilgisizce kullanıldığını göstermektedir. Ülkemizde renk maddelerini en yoğun şekilde kullanan üretim birimlerinin daha çok, ilkel üretim yapan üreticilerden oluştuğu da bilinen bir gerçektir. Bu nedenle gıda katkı maddelerinin ve bu çalışmanın kapsadığı şekilde renk maddelerinin ulusal ve uluslararası yasalara uygunluğunun araştırılması, ülkemiz açısından büyük önem taşımaktadır [8].

Ülkemizde renk maddelerinin kullanım miktarını ortaya koyan ve genel bir durum değerlendirmesi yapan az sayıda çalışma bulunmaktadır. Renk maddelerinin kullanıldığı ürünlerin son derece çeşitli olması nedeniyle, çalışma kapsamına sadece renk maddelerinin en yoğun biçimde yer aldığı ve çocuk tüketiminde önemli yer tutan şekerlemeler grubu alınmıştır. Özellikle ilkel üretimin egemen olduğu bir alt sektör durumunda olması, çalışmanın bu kapsamda ağırlıklı olarak yapılmasını gerektirmiştir. Türkiye'nin içinde bulunduğu ekonomik sıkıntılar, tüketicileri modern teknoloji ile

sağlıklı ve Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne uygun bir Şekilde üretilen şekerlemeleri değil de, kaynağı bilinmeyen pazar yerlerinde açıkta satılan ucuz şekerlemeleri tüketmeye zorlamaktadır. Gelişmiş teknoloji ve yetişmiş insan gücü kullanılarak üretilen şekerlemelerin fiyatları ekonomik düzeyi iyi olmayan kişilerin alamayacağı Şekilde yüksek olmaktadır. Ancak ülkemizde iyi bir teknoloji kullanılarak üretilen fabrikasyon üretim biçimi de yaygın değil, oldukça sınırlıdır [7,8]

Son yıllarda şerbet tanklarına yalnız sıvı yüzeyinden etkili olabilen vakum uygulaması yapılarak kalitede bir miktar artış sağlanabilmiştir. Ürün ve süreçlerin geliştirilmesi rekabet ortamındaki tüm işletmeler için öncelikli çalışma alanlarından biridir ve üretim kalitesinin artmasıyla birlikte işletme karlılığında önemli derecede artış sağlamaktadır. Ürün ve süreçlerin geliştirilmesinde sürecin çıktısı ile süreci etkileyen faktörlerin birlikte değerlendirildiği deney tasarım yöntemleri bu tür problemlerin çözümünde etkin sonuç vermektedir [5].

Bu tezin amacı; istenilen kalitede jelly yumuşak şeker (standart alınan örnek ile uyumlu, istenilen yapıda) üretebilmek için etkili proses parametrelerinin belirlenirken maliyetin azaltılıp, raf ömrünün arttırılmasıdır.

Bu tez çalışması, jelly yumuşak şeker üretiminde optimizasyon parametrelerinin ürün özelliklerine etkisinin anlaşılmasına ve bilinçli olarak kaliteden ödün vermeyerek daha düşük maliyetli ürünler elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

2.JELLY ŞEKERLEMELER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Jelly yumuşak şekerler Jelly yumuşak şeker ürünleri, yüksek molekül ağırlıklı maddelerden ve düşük molekül ağırlıklı sıvılardan oluşan yarı katı sistemlerden biridir. Jeller, akışkan olmayan ve Şekil ile elastikiyetlerini koruyabilme özellikleriyle karakterize edilirler [1].

Jelly yumuşak şeker ürünleri elastiki yapıya sahiptirler. Bu yapıyı sağlama amacıyla jelatin ve pektin gibi hidrokolloidler kullanılır [7].

Jelly yumuşak şeker ürünleri ilk olarak 1900'lü yılların başında Hans Riegel tarafından Almanya'da üretilmiştir [2].

Günümüzde birçok firma tarafından üretilen çeşitli jelly yumuşak şeker ürünleri bulunmaktadır. Kalıp şekli, aromalar, renklendiriciler, kaplama Şekilleri ve proses uygulamaları jelly şekerleme ürünlerinin farklılaşmasını sağlamaktadır. İçeriklerinde yapılan değişikliklerle çocuk, genç, yetişkin gibi farklı yaş grupları ile hammaddelerin ve proses basamaklarının özelleştirilmesiyle helal, koşer, vegan gibi çeşitli hassasiyetteki tüketicilere özgü ürünler üretilmektedir [3].

3.LİTERATÜR ÖZETİ

3.1.Yumuşak Şeker Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Jelly yumuşak şeker ürünlerinin hepsinde temel bileşenler; sakkaroz, glukoz şurubu, jelleştirici ajanlar (jelatin, pektin, nişasta, karragenan vb.), asitlik düzenleyiciler, su, aroma ve renk maddeleri gibi bileşenlerden oluşmaktadır [9].

3.1.1. Hidrokolloidler (Jelleştirici Ajanlar)

Hidrokolloidlerin sulu çözeltilerin koyulaşması ve jelleşmesi, köpüklerin, emülsiyonların ve dispersiyonların stabilize olması, buz ve şeker kristallerinin oluşmasının önlenmesi, tat ve kokunun kontrollü olarak salınması gibi fonksiyonel terimleri bulunmaktadır [10].

Hidrokolloid yapılar bulundukları ortamdaki suyu emerek şişerler. Eklendikleri gıda içerisindeki suyu tutarak ağımsı bir yapı oluşturur buna bağlı olarak da jelleşirler. Ürün bileşiminde kullanılan hidrokolloid çeşidi, pH, sıcaklık ve konsantrasyon gibi son ürünün tekstürel ve duyuşal özelliklerine etki etmektedir [11].

Hidrokolloidlerin asıl kullanım amacı jelleşme ve kalınlaştırma ajanı olarak kullanılması olsa da bunun yanında şeker kristalizasyonunu önleme, ürüne saydamlık, parlaklık ve yapışkanlık verme, aroma tutuculuğuna yardımcı olma ve köpüklü ürünlerde köpük oluşumuna katkılarından dolayı kullanılmaktadır [11].

Jelly yumuşak şeker ürünlerine istenen elastiki yapıyı kazandıran en temel hammadde hidrokolloidlerdir. Son üründe istenen yapıya bağlı olarak tek başlarına ya da kombinasyon Şekilde kullanılabilirler. Şekerleme sektöründe en yaygın kullanılan hidrokolloid türleri ise jelatin, nişasta ve pektindir. Bu yaygın kullanımların yanında agar agar, karreganan vb. gibi çeşitli jelleştirici ajanlar da kullanılmaktadır [12].

3.1.1.1. Jelatin

Jelatin, hayvan derisinde, tendonundan ve kemiklerinde bulunan kolajenin kısmi hidralizasyonu ile elde edilen kıvam verme, jelleştirme, film oluşturma, elastikiyet verme ve köpüklü ürünlerde stabilite sağlama gibi özellikleri bulunan hayvansal kaynaklı bir proteindir [13,14,15,16].

Jelatin birçok ülkede gıda katkı maddesi olarak sınıflandırılmamaktadır. Ancak çeşitli gıdalarda kıvam arttırıcı olarak, reolojik ve tekstürel özelliklerin ayarlanması gibi etkilerden dolayı kullanılmaktadır [17]. Jelatinin %85'i protein ve kolajen geri kalan kısımda yaklaşık olarak %13 su ve %2 mineralden meydana gelmektedir [18].

Jelatinin Jelly Yumuşak Şeker Ürünleri Üzerinde Etkili Olan Özellikleri;

Suda Çözünür, tatsız ve kokusuzdur [17,19].

Köpük oluşturup oluşan köpüğü uzun süre muhafaza eder

Sıcaklığa bağlı olarak geri dönüşümü olan bir jelleştirme ajanıdır [20].

Boran' a göre (2011), Jelatin özellikleri ile diğer kıvam arttırıcıların özellikleri karşılaştırıldığında aşağıdaki gibi bir çizelge meydana gelmektedir [21].

Tablo 3. 1. Jelatinin diğer kıvam vericiler ile karşılaştırılması [12].

Jelatin	Diğer kıvam arttırıcılar
Çok fonksiyonludur. Jelleştirici, kıvam arttırıcı, emülsifiye edici, köpük önleyici ve film oluşturuıcı olarak kullanılabilir.	Diğer kıvam arttırıcılar jelatinin yerine getirdiği fonksiyonları tek başına yapamaz, her fonksiyon için ayrı ayrı kıvam arttırıcı kullanmak gerekir.
Jelatin Türkiye dahil olmak üzere birçok ülkede gıda katkı maddesi olarak değerlendirilmez	Diğer kıvam arttırıcılar genellikle gıda katkısı olarak değerlendirilir ve bir E numarasına sahiptir.

Jelatin, ısıtılarak geri dönüşlü jel oluşturması ve vücut sıcaklığında erimesi gibi özelliklerinden dolayı gıda endüstrisinde tercih edilmektedir	Diğer kıvam artırıcıların erime sıcaklıkları daha yüksektir ve geri dönüşümlü jel oluşturabilseler dahi erime ve jelleşme sıcaklıkları arasında büyük fark vardır.
Kolajenin hidroliz derecesine göre farklı jel gücünde jelatinler elde edilebilir.	Diğer kıvam artırıcılarla farklı jel gücü elde edebilmek için şeker ve tuz gibi bileşenler kullanılır.
Jelatin tam ve kolay sindirilebilir.	Diğer kıvam artırıcılar bazı minerallerin emilimini düşürebilmektedir.
Jelatin gıdaların normal pH değerlerinde fonksiyonunu yerine getirebilir.	Diğer kıvam artırıcıların jelleşmesi için tuz, şeker, bazı mineraller ve belirli pH aralığına gelmesi için gıda asitlerinin eklenmesi gerekli olabilir.

Jelly yumuşak şeker ürünleri için jelatinin en önemli özelliği jel gücü ve viskozitedir. Bu özellikler son ürün kalitesini direkt etkilemektedir. Jelleşme gücü bloom ile ifade edilmektedir ve 50 ile 300 arasında değişiklik göstermektedir. Meyveli jelly şekerlemelerinde gelen olarak 180 ile 260 bloom değeri arasındaki jelatinler kullanılmaktadır [22,23].

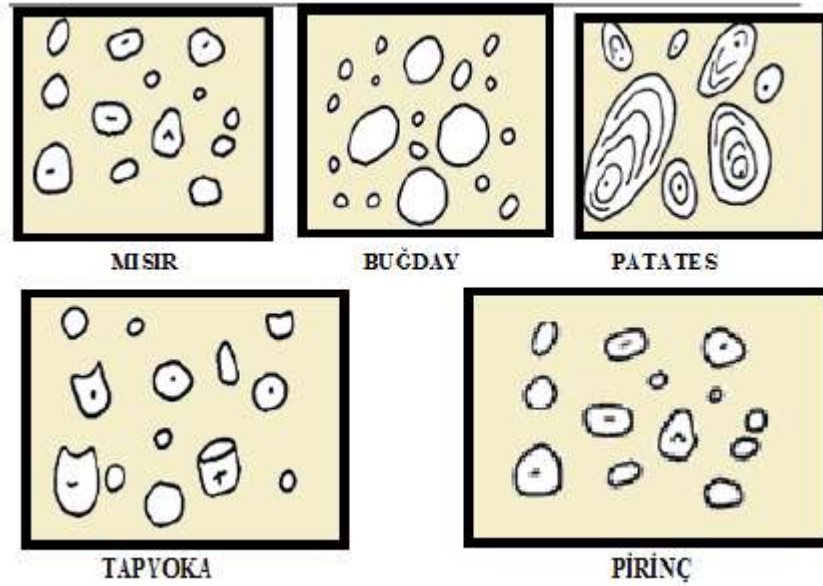
Jelly yumuşak şeker ürünlerinde istenilen son ürün özelliklerine bağlı olarak jelatinlerin bloom değerleri değişkenlik göstermektedir. Daha yumuşak veya köpüksü yapılarıdaki ürünlerde 180 bloom jelatin, daha sert ve ısırmaya dayanıklı olarak kopan bir yapıda ürün elde etmek içinse genellikle 260 bloom jelatin kullanılmaktadır [9].

Bloom değeri yükseldikçe erime ve katılaşma noktası, jelleşme süresi yüklenirken, daha az kullanım ile aynı sertlikte ve daha parlak ürün elde edilmektedir [9].

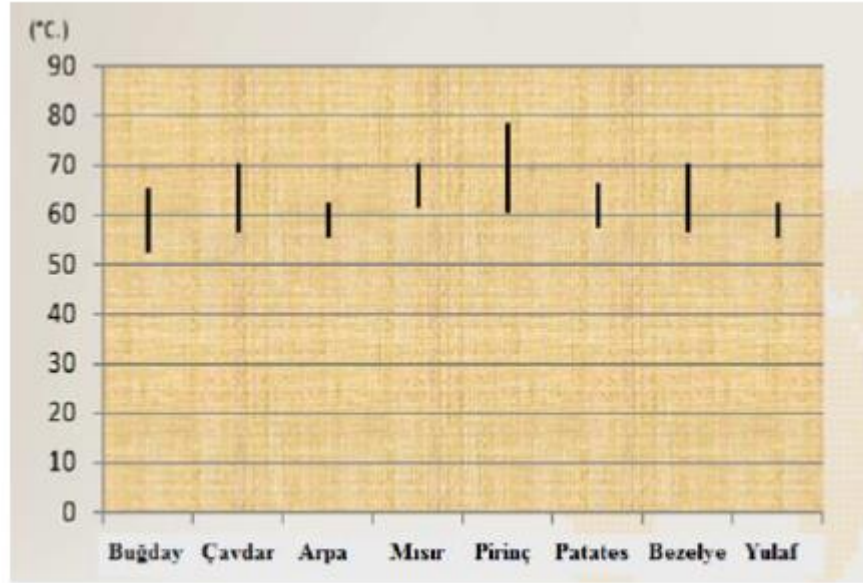
3.1.1.2. Nişasta

Nişasta, tüm bitkilerde enerji kaynağı olarak bulunan düz zincir yapılı amiloz ile dallanma zincir yapısındaki amilopektin polimerlerinden oluşan kompleks bir karbonhidrattır. Endüstriyel olarak en çok mısır nişastasası olmak üzere patates, pirinç ve tapiyoka gibi nişasta türleri de oldukça yoğun kullanılmaktadır [24]. Nişastalar elde edilış yöntemi ve işlevine bağılı olarak doğal nişasta, modifiye nişasta ve prejel nişasta olarak 3 gruptan oluşmaktadır. Doğal nişasta yapısında ortalama %20-25 amiloz ile %75-80 civarı amilopektin içermektedir. Bazı fiziksel, kimyasal ve enzimatik işlemler neticesinde amiloz ve amilopektin oranları değıştirilerek, istenen özellikler öne çıkarılıp istenmeyen özellikler arka planda bırakılarak nişastalar modifiye edilebilmektedir. Nişastanın jelleştirme ve tekstür kazandırma özelliklerinden dolayı şekerleme sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Jelly yumuşak şeker ürünlerinde yaygın olarak modifiye nişasta kullanılmaktadır [11,12].

Nişasta her ne kadar modifiye edilip istenilen özellikler elde edilmeye çalışılsa da modifiye olma durumunun yanında en önemli kriteri nişastanın kaynağıdır. Nişastanın granül yapısı ve jelleşme özelliğı elde edildiğı kaynağı göre farklılık göstermektedir. Örneğın patates nişastasası granül büyüklüğü en fazla olan nişastadır bu nedenle diğeri nişastalara oranla daha şeffaf ve berrak bir renk verebilmektedir [11].

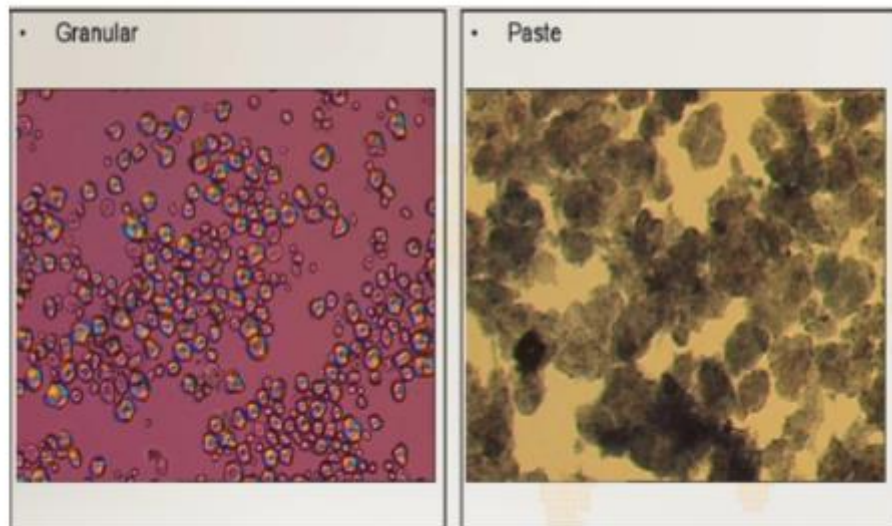


Şekil 3. 1. Farklı kaynaklardan elde edilen nişasta moleküllerinin mikroskop altındaki görünüşleri [12]

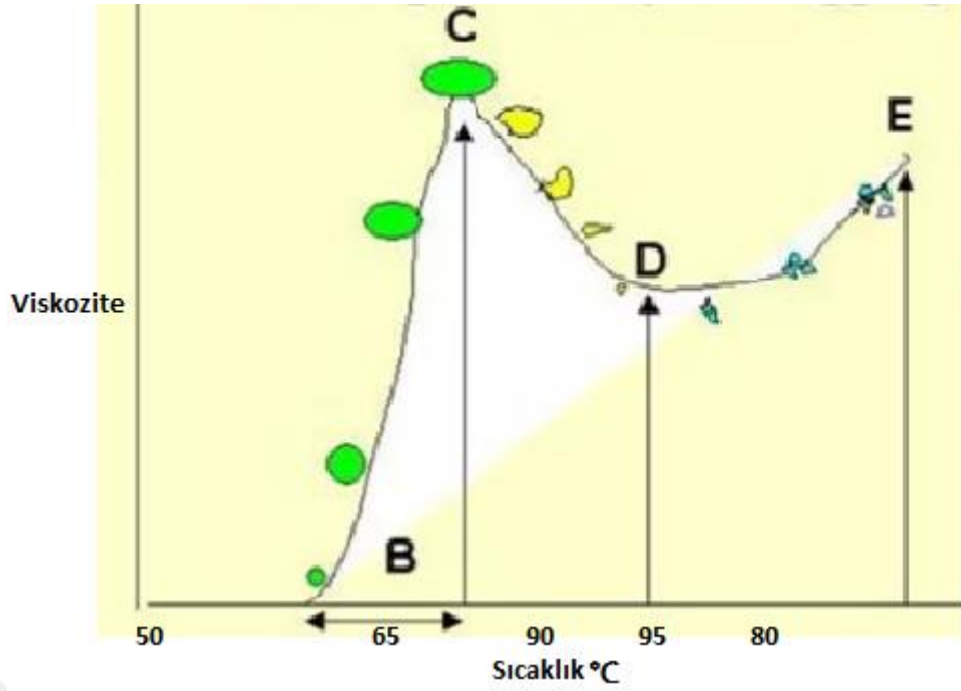


Şekil 3. 2. Farklı kaynaklardan elde edilen nişastaların jelleşme sıcaklıkları [9]

Nişasta molekülleri sıcak su ile buluşunca hidrojen ağları zayıflarak suyu tutar ve şişmeye başlar. Bu durum devam ettikçe molekül genişler ve daha çok su tutar. Bunun yanında mukavemet ve viskozite artar. Ancak ısıtma işlemine devam edildiği takdirde granüller deforme olur [11,12].



Şekil 3. 3. Nişasta molekülünün jelleşmesi [11]



B: Jelatinizasyonun başlama noktası

C: Jelatinizasyonun tepe noktası

C-D: Yıkım Aralığı

D-E: Toparlanma evresi

Şekil 3. 4. Nişasta jelatinizasyonu grafiği [11]

3.1.1.3. Pektin

Pektin, bitkilerin hücre çeperinde bulunan, düz galakturonik asit zincirlerinden oluan bir polisakkarittir. Endüstriyel amaçlı kullanılan pektinler genellikle elma ve turunçgillerden elde edilmektedir [11,12,20].

Pektinin jelleşme özelliği sebebiyle jelly şekerleme ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle pektinin bitkisel kaynaklı olması sebebiyle vegan jelly yapımında öncü olmaktadır. Pektinin ekstraksiyonunda galkturonik asitler belli oranda esterleşirler. Bu esterleşme oranına bağlı olarak pektinler jelleşme şartları birbirinden farklı iki gruba ayrılır [11,12,25].

Yüksek Metoksilli Pektin (HM): Bu grupta yer alan pektin %50'den fazla galakturonik asitin esterleşmesi ile elde edilmektedir. Pektinin jelleşebilmesi için şeker

konsantrasyonun yüksek olmasına ve asite ihtiyaç vardır. Yüksek metoksilli pektinlerin jelleşebilecekler pH aralığı dardır [11,25].

Düşük Metoksilli Pektin (LM): Bu grupta yer alan pektin %50'den az galakturonik asitin esterleşmesi ile elde edilmektedir. Düşük metoksilli pektinlerin iyi bir jelleştirme gerçekleştirebilmeleri için yüksek metoksilli pektinlerden farklı olarak yüksek şeker konsantrasyonuna ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak bunun yanında +2 değerlikli iyon varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacı karşılaması adına ürünlerde genellikle kalsiyum kullanılmaktadır. Düşük metoksilli pektinlerin yüksek metoksillilere göre bir diğer farkı da daha geniş pH aralığında etkin olabilmeleridir. Bu özelliği sayesinde de asitsiz jelly şekerlemelerde kullanılabilirler [11,12,25].

3.1.2. Kristal Şeker (Sakkaroz)

Türkiye'de sadece şeker pancarından üretilen şekerin içeriği yumuşak şeker üretimi için büyük önem taşır. Büyük kristaller güzel renkli, temiz ve saydam şeker eldesi verir fakat çözünmesi zor olduğu için çok fazla su eklemek gerekmektedir. Küçük kristaller ise yüzey alanlarının geniş olması sebebiyle yabancı maddelerle kolayca ilişki kurabilirler. Bu sebeplerden dolayı yumuşak şeker üretimi için en ideali orta büyüklükte kristallerden oluşan bir şekerdir. Şekerde bulunan protein ve kül soruna neden olan diğer faktörlerdir. Proteinler pişirme sırasında esmerleşme reaksiyonu vererek rengin koyulaşmasına neden olmaktadır. Kül ise yağlarla sabunlaşma tepkimesine girerek sabun oluşturur ve köpürmeye neden olur [26].

Jelly yumuşak şeker ürünlerinde ürünün yapısı ve tadı üzerinde etkilidir. Sakkaroz, 1 mol glikoz ile 1 mol früktozun birleşmesiyle oluşan bir disakkarittir. Sakkaroz suda kolay çözünür ve çözünürken ortamdan ısı aldığından çözeltinin sıcaklığının düşmesine neden olabilmektedir [26].

3.1.3. Glukoz şurubu

Türkiye’de genelde mısır nişastasında asit hidroliziyle elde edilmektedir. Glukoz şuruplarının en önemli parametrelerinin başında %DE indeksi gelir. % DE indeksi ürünün kuru maddesinde dekstroz bazlı indirgenmiş şeker miktarının % olarak hesaplanmasıdır. Bir saflaştırma dekstrozunun indirgeme değerinin bir yüzdesi olarak ifade edilir ve bir kuru ağırlık bazında hesaplandığında, bir nişasta hidrolizatının toplam indirgeyici değeri, DE olarak ifade edilir. Glukoz şuruplarında DE değeri %38 ile 60 arasındadır. Yumuşak şeker üretiminde genellikle %42 DE glukoz şurupları kullanılmaktadır [4].

Glukoz şuruplarının pH derecesi 4,8 – 5,2 arasındadır. Glukoz şuruplarının yumuşak şeker üretimindeki ilk işlevi kristalizasyonu kontrol etmesidir. Ayrıca diğer kristalizasyon önleyici maddelere göre ucuz olması tercih sebebidir. Glukoz şuruplarının içerdiği serbest asit miktarı depolama açısından çok önemlidir. Yüksek sıcaklıkta uzun süre depolandığında glukoz şurubunun rengi sarıya döner. Bu yüzden 45°C üzerindeki sıcaklıklarda depolanmamalıdır [26].

%DE indeksinin glukoz şurubunun özellikleri üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. % DE değerinin yükselmesine bağlı olarak tatlılık yükselmektedir. Sakarozun tatlılık derecesi 100 iken, invert şekeri oluşturan glikozun ve fruktozun tatlılık dereceleri sırasıyla 74 ve 173’tür [27] . Bu sebeple, sakarozdan daha fazla tatlılık sağlayan invert şeker şekerli ürünlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte yüksek % DE’li glikoz şuruplarının akışkanlığı artırma ve nem çekme özelliği bulunmaktadır. Düşük % DE’li şuruplar ise sertlik sağlama, yapışkanlığı önleme ve viskozite sağlama gibi özelliklere sahiptirler. Glukoz şuruplarında yüksek % DE’ye sahip olanlar, toffee ve karamel gibi ürünlerde, akışkanlığı arttırmakta; düşük% DE’ye sahip olanlar ise sert ve zor çiğnenen ürünler vermektedir [27,28].

3.1.4. Asitler

Gıda sektöründe kullanılan asitler doğaldır ve kullanıldığı ürüne ekşilik vermektedir. Yumuşak şeker ürünlerindeki aromanın daha etkin hissedilmesi, raf

ömrünün arttırılması ve ekşilik vermek amacıyla kullanılır. Aynı zamanda jelleşme için gerekli plan pH değerinin yakalanması amacıyla da asitlik düzenleyiciler bu sektörde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Çoğunlukla meyve asitleri tercih edilir. En çok kullanılan asitler, sitrik asit, tartarik asit ve malik asittir. Tartarik asit keskin bir tat ve üzüm tadı verir. Nemlendiğinde kurutulup tekrar kullanılabilir. Sitrik asit en fazla kullanılan asittir, hoş bir tat verir fakat nemlendiğinde tekrar kullanılamaz, sıvılaşır [26].

3.1.5.Aroma vericiler

Aromalar, koku veya tat vermek amacıyla ya da gıdaların sahip olduğu koku veya tadı kuvvetlendirmek ya da değiştirmek amacıyla gıdalara ilave edilen ürünlerdir. Doğal ve yapay olarak sınıflandırılmaktadır. Günümüzde 1800 e yakın yapay ve 400 e yakın doğal aroma vericiler mevcuttur. Gıdalarda en yaygın kullanılan katkı maddesi olarak bilinirler. Sentetik aromalar, kimyasal işlemlerle elde edilirken; doğal aromalar fiziksel işlemlerle ya da mikrobiyal fermantasyon yöntemiyle elde edilebilmektedir. Örneğin en yaygın olarak kullanılan çilek ve elma aromaları hem doğal hem de yapay formda bulunabilir. Yumuşak şeker ürünlerindeki istenen karakteristik lezzeti oluşturma amacıyla kullanılır. Aroma maddeleri pişirme işlemi bittikten sonra eklenmektedir [29].

3.1.6. Renk Maddeleri

Gıdalara karşı ilk izlenim görseldir. Renk de görselin en önemli parçalarından biridir. Gıda sektöründe oldukça yaygın kullanılan katkı maddelerinden biridir. Renklendiriciler doğal ve yapay renklendiriciler olarak ikiye ayrılmaktadır. Yapay renklendiriciler kimyasal yollarla elde edilirken doğal renklendiriciler fiziksel yollarla elde edilmektedir. Örneğin kırmızı havuç suyunun konsantre hali gıda sektöründe oldukça yaygın kullanılan bir doğal renklendiricidir. Yapay renklendiricilerden en yaygın kullanılanlara ise tartrazine (E102) , sunset yellow (E110), allura red (E129) ve brilliant blue (E133) örnek olarak verilebilir. Genellikle su, glukoz şurubu veya gliserinle karıştırılarak hazırlanır ve çoğunlukla pişirme sonunda ilave edilirler. Yumuşak şeker ürünlerindeki istenen rengi elde etme amacıyla kullanılırlar [29].

3.2. Yumuşak Şeker Jelly Üretimi

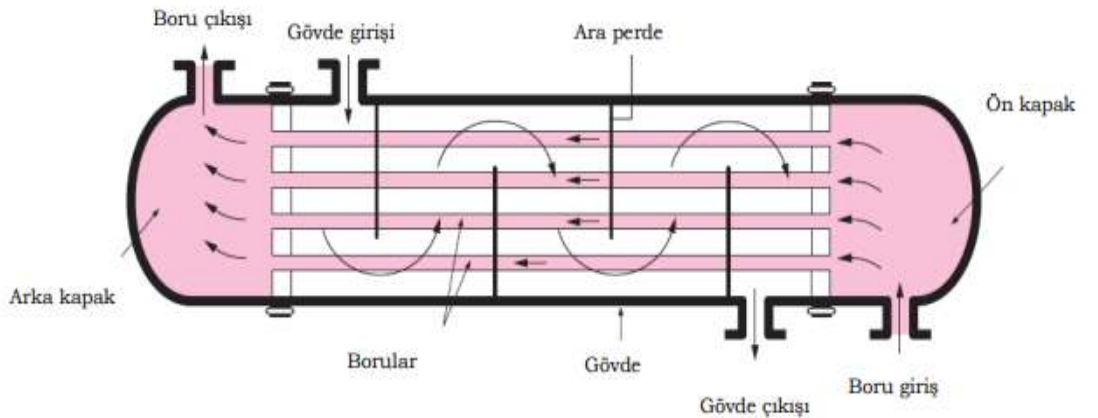
İlk olarak temel bileşenler ile birlikte hazırlanan şurup istenen kuru madde değerine (ortalama %78) ulaşana kadar eşanjör tipli ısı değiştiricilerde pişirilir ve ardından bu bileşime vakum işlemi uygulanır. Vakumdan çıkan hamura aroma, renklendirici, asitlik düzenleyici ilave edilir. Eğer jelly şekerlemenin vitamin veya meyve suları eklenerek fonksiyonel bir gıda olması isteniyorsa bu bileşenlerde vakum çıkışında ilave edilir. Basıma hazır hale gelen jelly şekerleme hamuru depozitörler vasıtasıyla çeşitli Şekiller (ayıcık, kalp vs.) verilmesi amacıyla farklı kalıpların basıldığı nişasta tepsilerine depozite edilir. Nişasta kalıplarına basılan jelly şekerlemeleri jelleşmenin devamı ve istenilen kuru maddeye ulaşabilmesi amacıyla sıcaklık ve nem bakımından şartlandırılmış odalarda dinlendirilir [4]. Jelleşmesi tamamlanıp istenen kuru maddeye ulaşan (%79-%%82) jelly şekerlemeleri nişastadan arındırılarak isteğe göre parlatma ajanları (palm yağı, Hindistan cevizi yağı) ile yağlama ya da şeker/şeker-asit karışımı ile kaplama işlemine tabi tutulur. Kaplama işlemi sırasında kaplama ajanlarının jelly şekerleme ürünü üzerine tutunabilmesi amacıyla kuru buhara maruz bırakılır. Böylece şeker/şeker-asit karışımı jelly şekerleme üzerine tutunur. Hem yağlama hem de kaplama işlemi döner tamburlarda gerçekleşir. Yağlama ve kaplama işlemi tamamlanan jelly şekerlemeleri paketlemeye hazır hale gelir. Çeşitli paketleme makinelerinde paketleme işlemi tamamlanan jelly şekerlemeleri sevkiyata hazır hale gelmiş olur [12].

3.2.1. Jelly Üretiminde Kullanılan Isı Değiştiriciler

Isı değiştiriciler, ısı enerjisini sıvı veya gaz bir ortamdan diğer bir ortama iletme amacıyla geliştirilen sistemlerdir. Isı değiştiricilerde ısı, sıcak olan ortamdan soğuk olan ortama doğru taşınım ve iletim yoluyla bazen de gazlarda olduğu gibi ışıma ile transfer edilmektedir [30].

Isı değiştiriciler ısı değişim şekline, ısı geçiş yüzeyinin ısı geçiş hacmine oranına akıma bağlı olarak sınıflandırılır. Farklı ısı transferi uygulamaları, farklı tiplerde donanım ve farklı düzenlerde ısı transferi aygıtları gerektirir. Belirli sınırlamaları olan ısı transferi gereğini karşılayacak ısı transferi donanımını bulmak için yapılan girişimler, ortaya sayısız yeni ısı değiştirici tasarım tipi çıkarmıştır [30].

Jelly yumuşak şeker üretiminde pişirme işlemi sırasında yaygın olarak gövde-borulu ısı değiştiriciler kullanılır. Gövde-borulu ısı değiştiriciler, gövde eksenine paralel olarak yerleştirilmiş çok sayıda boru içerirler. Bir akışkan boruların içinden, diğeri boruların dışında akarken ısı transferi meydana gelir. Isı transferini iyileştirmek ve borular arasında üniform aralığı korumak amacıyla, çoğunlukla gövde tarafındaki akışkanı gövdeye çapraz akmaya zorlayacak şekilde gövde içine ara perdeler yerleştirilir [30].



Şekil 3. 5. Gövde borulu ısı değiştirici şematik gösterimi (bir gövde geçişli ve bir boru geçişli) [30]

Jelly üretiminde hazırlanan ana şurup gövde borulu eşanjöre beslenerek pişirilir ve ardından vakum uygulanarak hızlı bir soğutma ve fazla suyun uzaklaştırılması sağlanır [30].

3.2.2. Vakum

Gövde borulu ısı değiştiriciden çıkan jelly hamuru vakuma maruz bırakılarak hem fazla suyun uzaklaşması hem de hızlı bir soğuma avantajı sağlar [9].

3.2.3. Dozajlama ve Şekil Verme

Vakumdan çıkan jelly hamuruna asit ile istenen aroma ve renk doğrultusunda aroma ve renklendirici dozajlaması yapılır. İstenilen karakteristik özelliğe sahip jelly hamuru depozitörler yardımı ile Şekil verme ve hamurdaki fazla suyun uzaklaştırılması amacıyla sıcaklık ve nem (ort. 40°C 'de max %7 nem değerine sahip nişasta) bakımından stabil modifiye nişastadan oluşan kalıplara dökülür. Kalıplama sırasında kullanılan nişastanın nem değerinin %4'ün altına düşmesi nişastada çatlamalara buna bağlı olarak da üründe Şekil bozukluklarına sebebiyet vermektedir [9].

3.2.4. Soğutma – Dinlendirme

Nişasta kalıplarına koyulan jelly ürünleri içeriğindeki fazla suyun uzaklaşp istenilen kurumadde ve buna bağlı yapıya ulaşması adına şartlandırılmış odalarda bekletilir [12]. Dinlendirme süresi boyunca şartlandırılmış odaların sıcaklığı 30°C'yi, nemi ise %40' ı geçmemelidir. Burada yaşanacak olan sıcaklık ve nem değerindeki dalgalanmalar ürünün istenilen kuru madde değerine gelme süresinin uzmasına ya da ısı-nem transferinin doğrusal olmayıp ürün yüzeyinde kabuklaşmaya sebebiyet verebilir [4].

3.2.5. Kaplama

Şartlandırılmış odalarda bekleme süresini dolduran jelly ürünleri nişastadan arındırılarak tercihe göre kaplama yağı, şeker ya da şeker-asit karışımı ile kaplanır [12].

3.2.6. Ambalajlama ve Depolama

Tüketime hazır olan jelly ürünleri çeşitli ambalajlama makineleri ile gıda ile temasa uygun OPP, CPP, PE film, PET gibi ambalaj malzemeleri ile paketlenir ve ortalama 15-30°C arası sıcaklık, %30-%60 arası bağıl nemde depolanır [4].

3.3. Jelly Üretimi Sırasında Oluşan Fiziksel ve Kimyasal Değişmeler

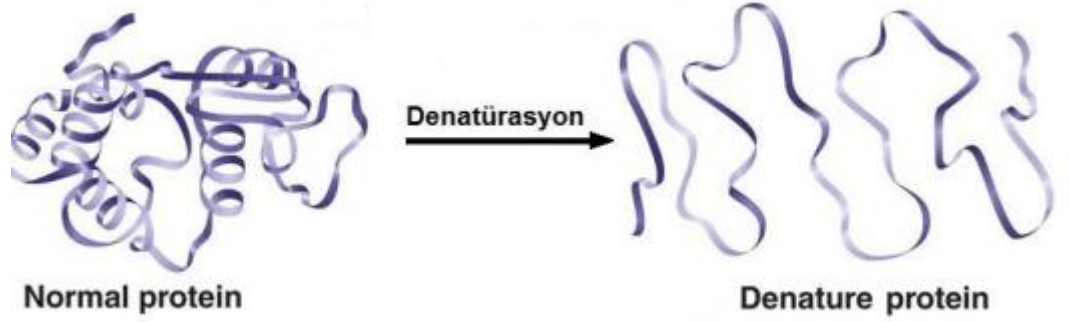
3.3.1. Denatürasyon

Proteinlerin tersiyer ve sekonder yapısını oluşturan bağlar bazı koşullarda parçalanır ve üç boyutlu yapının bozulmasına neden olur. Denatürasyon sırasında kovalent bağlar korunsada disülfid bağları kırılarak çok sayıda sülfidril grubu açığa çıkarır. Yumak şeklinde olan molekül şeklini koruyamayarak açılıp düz Şekil oluşturmaya başlar. Özetle protein molekülü çeşitli etkenler sebebiyle doğal yapısını kaybetmesine denatürasyon denir [31].

Isı, pH, çeşitli kimyasallar, radyasyon, asidik ve bazik çözeltiler ve konsantre tuz çözeltileri proteinlerin denatürasyonunu tetikleyen etmenlerdir [31]. Isıl işlem protein denatürasyonunda ki en önemli fiziksel etkidir. Denatürasyon hızı ısıl işlemin şiddetine (sıcaklık derecesi ve uygulama süresi) bağlıdır. Sıcaklık derecesindeki 10°C' lik artış denatürasyon hızını iki katına çıkarır [32].

Jelly yumuşak şeker üretiminde kullanılan ana hammaddelerden biri jelatindir. Jelatin solüsyonda kullanılacak suyun sıcaklığı minimum 50°C, maksimum

80°C olacak şekilde ayarlanmalıdır. Jelatin protein yapılı olduğundan 100°C üzerinde proteinler denatüre olmakta ve jelatin jelleştirici özelliğini kaybetmektedir [4].

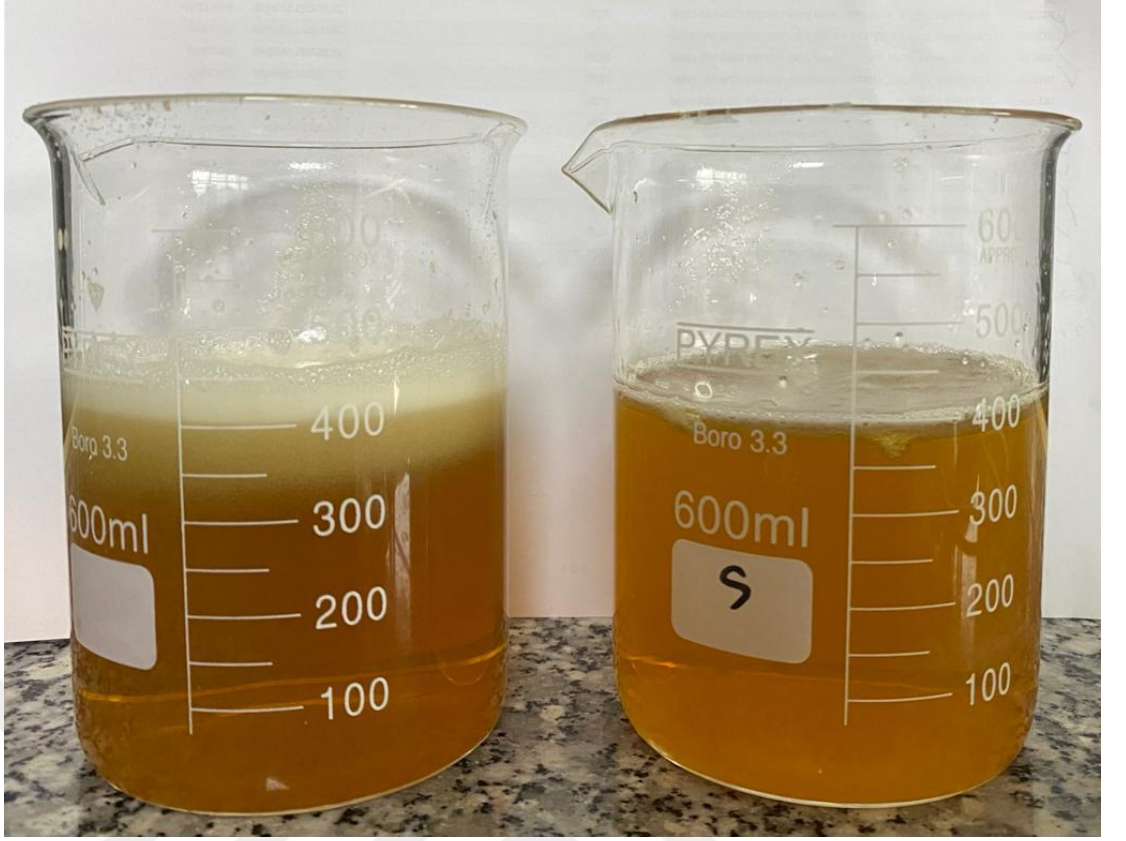


Şekil 3. 5. Denatürasyon [4]

3.3.2. Köpük Oluşumu

Gıda üretiminde bazı özel durumlarda köpük yapı oluşturmak istenildiğinde yine proteinlerden yararlanılmaktadır. Köpük oluşumunu ve stabilitesini etkileyen faktörlerin başında proteinin yüksek çözünürlük özelliği göstermesi gelir. Bunun dışında ortam pH'ı, tuz, sakkaroz ya da diğer şekerlerin bulunması, lipid konsantrasyonu gibi faktörler de bu oluşumu büyük ölçüde etkiler. En yüksek köpürme özelliği gösteren proteinler; yumurta beyazı proteini, hemoglobinin globin kısmı, jelatin, peynir suyu proteini, kazein miselleri, buğday proteinleri ve soya proteinleridir [31].

Jelly yumuşak şeker üretiminde köpük oluşumu son ürün kalitesini etkilediğinden (saydam yapı oluşumu) istenmemektedir. Bu nedenle jelatin solüsyonunun karıştırma hızı max. 350 d/dk olmalıdır. Bu değer üzerine çıktıkça jelatinin köpük oluşturma özelliği devreye girerek son üründe köpük oluşumuna yol açmaktadır [4].



Şekil 3. 6. Jelatin solüsyonunda köpük oluşumu (işletme deneme görseli)



Şekil 3. 7. Köpüklü jelly yumuşak şeker (işletme deneme görseli)

3.3.3. Yumuşak Şeker Pişirmede Sıcaklık Zaman İlişkisi

Yumuşak şeker üretiminde pişirme sıcaklığı çok önemlidir. Yumuşak şekerde istenen yapı ve saydamlığın oluşmasında büyük rol oynar. Her çeşit şekerin kendine has kaynama noktaları vardır [28].

Tablo 3.2.' de görüldüğü gibi sakkaroz konsantrasyonunun artması çözeltilerin kaynama noktalarının da artmasına sebebiyet vermektedir.

Tablo 3. 2. Sakkaroz çözeltilerinin kaynama noktaları [27]

Konsantrasyonu (%)	Kaynama Noktası (°C) *
40	101
50	102
60	103
70	105
75	108
80	111
85	116
90	122
95	130

*deniz seviyesi

3.3.4. Şeker Çeşitlerini Belirleme

Yumuşak şekerin yapısı kaynama noktasındaki değişimlerle ilişkilidir. Çözeltideki şeker konsantrasyonu arttığında buna bağlı olarak kaynama noktası da artar. Su buharlaştıkça, çözelti aşırı doymuş hale gelir. Kaynama sıcaklığı ise 100°C'yi aştıktan sonra devam eder. Sıcaklığı ölçmenin en doğru yolu şeker termometresi kullanmaktır. Herbir sıcaklık şekerlerde farklı isimlerle adlandırılır [33].

Tablo 3.3 'de farklı şeker çeşitlerine ait kaynama noktalarının sıcaklık aralıkları verilmektedir.

Tablo 3. 3. Şeker çeşitleri [34]

Şeker türü	Kaynama noktası sıcaklık aralığı (°C)
Yumuşak (fondan, fudge)	116-121
<u>Firm</u> or hard (Sert Şeker), (karamel, marsmellov ve nugat)	118-130
Soft crack (toffee) (kırılğan olmayan)	132-143
Hard crack (sert toffee) (kırılğan)	149-154
Karamel (pralin) (kırılğan ve altın kahve rengine)	154 üstü

Yumuşak şekerler genel olarak mısır şurubu ve sakaroz karışımının jelatin çözeltisiyle pişirilip aroma ve renklendiriciler ile karakterize edildikten sonra fazla suyunun uzaklaştırılması ile kuru madde oranının %80 civarına çıkarıldığı ürünlerdir. Formülasyonda sakarozun ve glukoz şurubunun oranı önemli bir parametredir. Higroskopik özellik gösteren son ürün yapışkanlaşarak daha kısa raf ömrüne sahip olmaktadır. Glukoz şurubu oranının artırılması glukozu ve yüksek molekül ağırlıklı glukoz oligomerlerini de artırmaktadır. Glukoz oranının artırılması ürünü daha higroskopik yapmaktadır. Yüksek molekül ağırlıklı maddelerin artırılması ise sıvı formda viskoziteyi artırmaktadır.. Geleneksel, asit parçalanması ile elde edilmiş farklı glukoz eşdeğerliliğine (DE) sahip glukoz şuruplarında bu iki problemten birinin var olması kaçınılmazdır. Yumuşak şekerlerde glukoz ve sakkaroz oranı oldukça önemlidir. Sakkaroz oranının artması kristalizasyona sebebiyet verirken glukoz oranının artması yapışkanlığın artmasına sebebiyet verebilir [11].

3.3.5. Nem İçeriği

Yumuşak şeker pişirildikten sonra şekerde kalan su miktarı ürünün dinlendirme süresini ve dış kısmında kabuk oluşmasını etkiler. Yüksek nem içeriğine sahip yumuşak şeker ürünleri nişasta kalıplarına basıldığında nem alışverişinin hızlı olmasından dolayı yüzeyde kabuklanmaya neden olabilir. Bu sebeple yumuşak şeker pişirmede hem sıcaklık hem de basım öncesi kuru madde kontrolü yapılarak nem miktarı tespit edilmelidir. Ancak böylelikle kusursuz bir ürün elde edilmiş olunur [27].

3.3.6. İnverson

İnvert, şeker şurubu temellidir. Glukozit hidrolaz grubu enzim olan invertaz veya asitle üretilir. Disakkarit olan glukoz ve fruktoza ayrılır. Glukoz ve frktoza ayrıldığı bu olaya da inverson adı verilir. İnvert şuruplar çözeltilere göre daha tatlı olmalarının yanısıra invert şekerdeki fruktoz sakarozdan daha higroskopiktir [35].



Reaksiyon, sıcaklığa, zamana ve reaktanların konsantrasyonuna bağlıdır. Yüksek sıcaklık asidik türdeki reaksiyonlar için çevrimi arttırır. İnvert terimi şeker şuruplarını ölçmede kullanılan metottan gelir. Düzgün polarize ışık saf çözeltisinden geçer ve rotasyona uğrar (optik rotasyon). Çözelti, fruktoz ve glukozu çevrildikçe rotasyon miktarı azalır [35].

Sakarozun sudaki çözünürlüğü sıcaklıkla doğru orantılıdır, bu durum Tablo 3.4 'de gösterilmektedir. İnverson pH ile ters, sıcaklık ile doğru orantılıdır. İnverson asidik ortamda meydana gelir.

Tablo 3. 4. Sakarozun sudaki çözünürlüğü sıcaklıkla ilişkisi [35]

°C	Çözünürlük (g/100 g su)
0	64.2
50	72.3
100	162.9

İnversiyon iki nedenden dolayı istenmez. Birincisi Maillard reaksiyonu (renk değişimi), ikincisi ise kristallenmeyi güçleştirmesinden dolayıdır.

Yüksek oranda şeker konsantrasyonu olan şekerler ya üretim sırasında ya da depolamada kristalize olurlar. Yumuşak şeker formülasyonlarında bu nedenle sakkaroz tek başına kullanılmamaktadır. Şeker çözeltisi yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra invert şeker oluşturur [35]. İnvirt şeker kristalizasyonu engeller ve şeker konsantrasyonunu artırır. İnversiyonu kontrol etmek için bileşen olarak tartarik asit, sitrik asit kullanılabilir. Bu bileşenler (sitrik asit, tartarik asit) invert şeker oranını dengelemek için kullanılır. Bunların dışında direkt olarak glukoz şurubu da eklenebilir. Eğer çok fazla invert şeker varsa bu da bir dezavantajdır. Çünkü bu durumda şeker havadan su çekmeye başlar ve yapışkan hale gelir. İnvirt şekerin su aktivitesi sakarozdan daha düşüktür. Bu nedenle raf ömrü daha uzundur [36].

Yumuşak şeker üretiminde şekerin istenen konsantrasyona, nem içeriğine ve istenen yapısal özelliklere sahip olması amacıyla pişirme sıcaklığının kontrolü gerekmektedir. Bu kontrol kapalı döngü kontrol sistemi ile sağlanmakta, sistemin kontrol elemanlarını termokupl, elektriksel iletim hattı, PID kontrol cihazı ve elektriksel vana oluşturmaktadır. Şekerleme endüstrisi tüketicilerin artan talepleri doğrultusunda hızlı bir gelişme göstermektedir. Buna bağlı olarak şekerleme ürünlerinin raf ömrü süresince kalitesinin ve stabilitesinin korunmasının garanti edilmesi gerekmektedir [37].

3.3.7. Maillard reaksiyonu

Fransız bilim adamı Louis Camille Maillard'dan (1878–1936) adını alan maillard reaksiyonları veya enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu karbonil içeren bileşik (indirgeyici şeker gibi) ve amino içeren bileşik (amino asit, peptit veya protein gibi) arasındaki karmaşık reaksiyonları ifade eder. Maillard reaksiyonunu reaksiyonun hızı, sıcaklık, su aktivitesi, pH, reaktan kaynağı, konsantrasyon, indirgen şekerin türü ve maruz kalma süresi gibi bir çok faktörden etkilenir [38]. Maillard reaksiyonu optimum 180°C 'de ve 0,6-0,7 su aktivitesinin olduğu durumlarda gerçekleşmektedir. Jelly yumuşak şeker ürünleinin su aktiviteleri 0,6-0,7 olmasına rağmen düşük sıcaklıkta ve vakum altında pişirilmesinden kaynaklı olarak maillard reaksiyonu gerçekleşmemektedir [39].

3.3.8. Şekerleme Türleri ve Jelly Yumuşak Şeker Besin Öğeleri

Tatlı ürünler endüstrisi üç ana sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar; unlu tatlılar, çikolatalı tatlılar ve şekerlemelerdir. Unlu tatlılar, doğal olarak un ile yapılan ve pişirilerek üretilen ürünlerdir. Çikolatalı tatlılar, çikolata içeriğine sahip ürünlerdir. Geri kalan tatlı ürünleri ise şekerlemeler oluşturmaktadır. Şekerleme üretimi 19. yüzyılda gelişimine başlayıp günümüzde uluslararası bir sektör haline gelmiştir. Sert şekerlemeler, sakızlar, jöle şekerlemeler, meyhan şekerlemeleri, havalandırılmış şekerlemeler, yumuşak şekerlemeler gibi ürünler şekerleme sektöründe üretilen bazı ürünlerdir. Şekerlemeler uzun raf ömürleri ve kontrollü olmayan sıcaklıktaki depolanabilirliği ile avantaj sağlamaktadır. Genel olarak şekerlemelerdeki kavramlar su aktivitesi, nicel özellikler, çözünürlük ve şekerlerin oranları olarak sıralanabilmektedir. Yumuşak şekerlemelerin üretimindeki en önemli nokta ise camsı formdaki şekerin oluşturulmasıdır [40].

Şekerleme endüstrisinde birçok şekerleme çeşidi bulunmaktadır. Bazı şekerleme çeşitleri şunlardır:

- Sert şekerleme

- Yumuşak şekerleme
- Jöle şekerleme benzerleri
- Draje şekerleme
- Tablet şekerler
- Dolgulu şekerleme ürünleri

Yumuşak şekerler beslenme değeri bakımından karbonhidratça ve proteince çok zengin bir üründür. Yumuşak şekerin karakteristik kimyasal bileşimi Tablo 3.5’de gösterilmiştir.

Tablo 3. 5. Jelly yumuşak şeker besin ögesi tablosu (İşletme standart üretim analizi)

Besin Değerleri	
Enerji ve Besin Öğeleri	100 g için
Enerji	338 kcal/100 g
Karbonhidrat	79%
Toplam Şeker	44,70%
Sodyum	15 mg/100 g
Protein	4,75%
Doymuş yağ asidi	0,16 g/100 g

3.4. Jelly Şekerleme Üretimi Kritik Noktalar

Yumuşak şeker üretiminde kullanılan jelleştirici ajanların etkinliği için ürün pH değeri, jelleştirici ajanın hazırlanması ya da ürün pişirmesi sırasında uygulanan sıcaklık değeri ve hem ürün basım hem de paketlenme öncesi ürün kuru madde değeri dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerin başında gelmektedir [4,12]. Yumuşak şeker üretiminde kullanılan jelleştirici ajanın miktar ve çeşidinin belirlenmesi son ürün kalitesi üzerinde direkt ilgili olan bir parametredir. Kullanılacak olan çeşit ve miktar ürün yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Bununla birlikte Sakkaroz/Glukoz oranı üründe gerçekleşecek kristalizasyonu doğrudan etkilediğinden uygun oran belirlenmelidir [12].

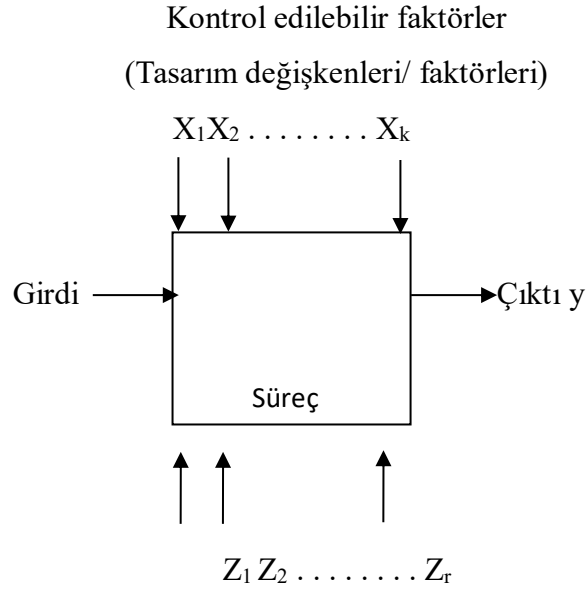
Jelly yumuşak şeker ürününü kalıplamada kullanılan modifiye nişastanın nem değerinin (ortalama <6%) çok yüksek ya da düşük olması ürünün şartlandırma süresini değiştirip ürün yüzeyinde kabuk oluşumuna sebebiyet verebilmektedir [4,12]. Bununla ilişkili olarak ürünün dinlendirilmesi için kullanılan şartlandırılmış odaların sıcaklık ve nem değeri de ürünün şartlanma süresini değiştirip yine ürün yüzeyinde kabuk, çatlaklı yapı oluşumuna sebebiyet verebilmektedir [4].

3.5. Deney Tasarımı ve İstatistiksel Analiz

3.5.1. Ürün ve Süreç Geliştirmede Deney Tasarımı

Sistem; makine, insan, yöntem, malzeme, donanım ve diğer tüm kaynakların girdi olarak kombine edildiği ve bir veya daha fazla yanıt değişkeni ile ifade edilen çıktıya (y) dönüşüm süreci olarak tanımlanır. Bu değişkenlerden bazıları $x_1, x_2, \dots, x_k$ gösterilen ve istenen bir hedef değere göre ayarlanıp kontrol edilebilen faktörlerdir (controllable factors, parametre, tasarım değişkenleri). Buna karşın; $z_1, z_2, \dots, z_r$ faktörleri de kontrolü zor olan ya da kontrol edilemeyen faktörler yani gürültü faktörleridir (uncontrollable factors, noise factors). Burada “k” kontrol edilebilir faktör sayısı, “r” ise kontrol edilemeyen faktör sayısı olduğunda sistem performansını etkileyen $p=k+r$ faktör bulunmaktadır [41].

Süreçlerin ve ürünlerin geliştirilmesi adına ele alınan bir sistemde amaç, sistem yanıtının sahip olduğu kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen faktörlerin etkisine karar vermektir. Ancak, faktörleri iki kategoriye bölmek için kesin bir sınıflandırma sistemi mevcut değildir. Bunun için kontrolün ekonomik ve fiziksel uygunluğu göz önüne alınmalıdır [42]. Şekil 3.10’da bir sistem ya da sürecin modeli görülmektedir [43].



Şekil 3. 8. Sistem modeli [43]

Burada kontrol edilemeyen faktörler ve üretim performansı arasındaki matematik ilişki çoğu zaman çok karmaşık olmakta veya bilinmemektedir. Gerekli özelliklerin sağlanması için de deneysel yaklaşım yoluna gidilmektedir. Bir ürün veya sistem tasarımı için bu nedenle yapılacak deneyin amaçları; Çıktı değişkeni y üzerindeki en etkili faktörlerin belirlenmesi, en etkili x 'ler kümesinin belirlenmesiyle y 'nin arzulanan ortalama değere yaklaşması, en etkili x 'ler kümesinin belirlenmesiyle y 'nin değişkenliğinin azaltılması ve en etkili x 'ler kümesinin belirlenmesiyle kontrol edilemeyen $Z_1, Z_2, \dots, Z_r$ faktörlerinin etkisinin azaltılması şeklinde sıralanabilir [44].

3.5.2. İstatistiksel Deney Tasarımı

Bir deneyin tasarlanması ana iki başlıkta incelenebilir. Bunlardan birincisi klasik deney tasarımında, faktörler tek tek değiştirilip diğer faktörler sabit tutularak her kombinasyonda deney tekrarlanır. Bu yaklaşımdaki dezavantaj faktörler arasındaki etkileşimin ihmal ediliyor olmasıdır. Her kombinasyonda deneylerin tekrarlanması çalışma için harcanan maliyet ve zamanı arttırmaktadır [46].

İkinci başlık istatistiksel deney tasarımıdır. Bu yöntemin ilk yöntemle göre farkı her faktörün farklı seviyeleri için deneylerin tekrarlanmasına ihtiyaç olmamasıdır.

Çeşitli yöntemler kullanılarak bütünü temsil eden az sayıda deney yapıp çalışma tamamlanabilir. Kesirli deneyler olarak adlandırılan bu deneyler ile pratikte uygulamacılara kolaylık sağlanır [46].

Yapılan her deneyde, bir faktörün ele alındığı durumlarda, ilgili faktörün sonuç değişkeni üzerindeki etkisi analiz edilmektedir. Örnek olarak 1, 2 ve 3 numaralı üç faktörün etkisi ölçülmek isteniyor olsun. Yapılacak olan ilk deneyde 1. faktörün farklı her bir seviyesi için deney yapılırken diğer tüm faktörler sabit tutulmaktadır. Aynı işlem 2, 3 numaralı faktörlerin her bir seviyesi için tekrar edilir. Bu yöntemde olası tüm değişik durumlar ele alındığından en iyi kombinasyon sağlanmaktadır. Yine de yöntemin bu olumlu yanına rağmen, her bir faktörün ortalama etkilerinin, sonuç değişkeni üzerinde olan etkisini ve faktörler arası etkileşimlerinin etkisini vermemektedir [46].

Yukarıda anlatılan Şekilde deney yapmanın dezavantajlarından bir tanesi, faktörlere ait tüm sınır değerlerin tanımlanmış olmasıdır. Bir diğer dezavantajı ise faktörler arası etkileşimlerin göz ardı ediliyor olmasıdır [42]. Bu yöntem ile tüm faktörlerin sonuç üzerinde oluşturduğu etkileri tek tek incelendiğinden dolayı, deney sayısı artmaktadır. Bu artışa bağlı olarak deney maliyetleri de artmaktadır. Uygulamalarda bu durum tercih edilmediğinden dolayı istatistiksel deney tasarım yöntemlerinin önemi artmaktadır [46].

Yeni bir süreç tasarlanması ya da var olan bir süreçte performansın artırılmasında mühendislik tasarım faaliyetleri ile mevcutta olan bir ürünün geliştirilmesi, görünümünün ya da özelliklerinin değiştirilmesi gibi amaçlar için deney tasarımı büyük önem taşır [41].

Süreç ya da ürünlerin geliştirilmesine yönelik yapılabilecek çalışmalar süreç ve ürün tasarımında, tasarım süresinin kısaltılması, mevcut işletim koşullarından daha geniş bir aralık için süreç davranışını araştırmak, üretim koşullarında oluşan değişkenliğin etkisini minimize etmeye çalışmak, çalışma koşullarında sürecin davranışını anlamak ve performansını geliştirmek, süreç verimliliğini arttırarak, hurda, yeniden işleme vb. oranını azaltmak, üretim sürecinin kararlılık ve verimliliğini arttırmak, ürünleri titreşim, sarsıntı, nem gibi çevresel etkenlere karşı

duyarsızlaştırmak ve bağımsız süreç değişkenleri ile sistem çıktısı arasındaki ilişkiyi araştırmak şeklinde özetlenebilir [45].

3.5.3.Yanıt Yüzey Yöntemi Deney Tasarımı

Temel olarak bir deney tasarım çalışması aşağıdaki adımları kapsar [47].

İlk aşama olarak test edilecek kalite değişkeni tespit edilmelidir. Bu kalite değişkeni, iyileştirilmesi amaç edinilen değişkendir. Bu değişkenin değeri nicel ya da nitel olabilmektedir. Sonucun üzerinde etkili olduğu düşünülen tüm faktörler tespit edilip deneye dahil edilir. Faktörler belirlendikten sonra bu faktörler arasında etkileşim olup olmadığına bakılır [46]. Deney tasarım türü deneye dahil edilecek faktörlere ve bu faktörlerin etkileşim durumlarına göre belirlenir. Her faktör için seviye tespiti yapılır. Faktörlerin seviyeleri arasındaki fark çok küçük ya da çok büyük olmamalıdır. Deneye dahil edilmeyen tüm faktörler deneyin sonuna kadar sabit olması gerekir. Bütün deneyler tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlar, hesap tablolarına ya da paket programlara girildikten sonra sonuçlar yorumlanır. Hesap tabloları kullanım kolaylıklarından dolayı işletmelerde tercih edilmektedir. Etkili olduğu tespit edilen faktör ve etkileşimlerin düzeyleri belirlenip kalite değişkeninin değeri hesaplanır.

Son aşama olarak doğrulama deneyleri yapılır ve bulunan sonuçlardan emin olunması sağlanır [47].

3.5.4. Optimizasyon

Optimizasyon, proseste belirlenen hedefler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki doğrultusunda, bağımsız olan değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkisi ve bağımsız değişkenlerin hedef üzerindeki etkilerinin bir araya getirilip uygulanması işlemidir. Bir sistemdeki kaynakların verimli bir şekilde kullanıp belli amaçlara ulaşmasını amaçlayan bir uygulamadır. Optimizasyon, prosesi daha verimli hale getirmektedir [48,49].

Son yıllarda optimizasyon uygulamaların artmasındaki en büyük etki bilgisayar yazılımları ile birçok matematiksel analizlerin uygulanabiliyor olmasıdır. Gıda mühendisliğinde diğer mühendisliklere kıyasla optimizasyon daha az kullanılamamaktadır. Bunun nedeni gıdaların fizikokimyasal yapılarının karmaşık olmasından kaynaklıdır [49].

Yanıt yüzey yöntemi deneme setlerinden türetilen ve basit empirik modellerin kullanıldığı bir yöntemdir. Gıda teknolojisi ve bilimi alanında en yaygın kullanılan optimizasyon tekniğidir [50].

3.5.5. Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM)

Yanıt yüzey yöntemi , “Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” ismi ile 1951 yılında Box ve Wilson tarafından geliştirilip ve tanımlanmış bir yöntemdir. Bu yöntem ilk olarak kimya endüstrisinde uygulanmıştır. Yanıt yüzey yöntemini Myers ve Montgomery [51], proseslerin geliştirilmesi ile birlikte optimizasyonu için gerekli olan matematiksel ve istatistiksel tekniklerin bir arada kullanıldığı yöntem olarak tanımlamışlardır [50].

Yanıt yüzey yöntemi, proses değişkenlerinin, sistemin yanıt ve üzerinde etkili olan bağımsız değişkenler ile arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan empirik modelleme teknikleri ile proses değişkenlerinin sistemin yanıtında beklenen etkiyi gösterdiği seviyelerinin bulunması için kullanılan optimizasyon tekniklerini içerir [52].

Genel olarak yanıt yüzey yöntemi 3 aşamadan oluşur. Bu aşamalar:

1. Eleme Denemeleri
2. Bölge Araştırması
3. İşlemin veya Ürünün Optimizasyonu

Eleme denemeleri, daha verimli ve daha az sayıda verimli deneme yapılmasına imkan sağlamaktadır. İkinci aşama olarak verilen bölge araştırmasındaki amaç, eleme

denemeleriyle belirlenen bağımsız değişkenlerin, sistemin yanıtında oluşturdukları değerlerin, optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediğini belirlemektir. Üçüncü aşama olarak belirlenen işlemin veya ürünün optimizasyonu işlem optimum noktaya yaklaştığında başlamaktadır. Gerçek yanıt fonksiyonu, optimum nokta etrafında önemli ölçüde eğrilik gösterir [50].

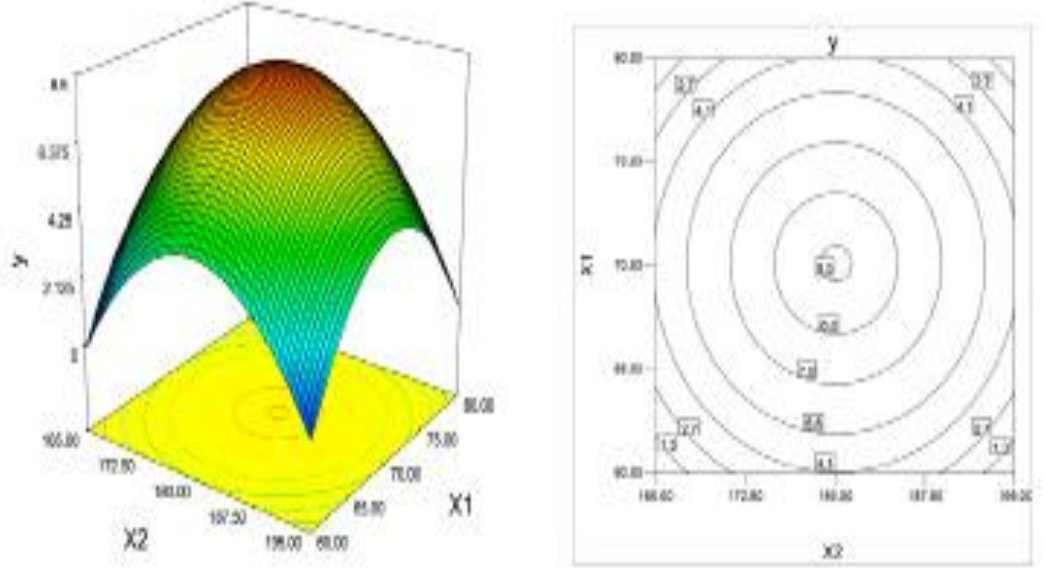
Proseslerin optimizasyonunda genellikle, sistemin performansını ya da ürünün kalite parametrelerini belirleyen çok sayıda yanıt ile eş zamanlı olarak çalışılır [47]. Bu yanıtların bazılarının maksimum, bazılarının minimum ve bazının da kabul edilebilir hedef değer veya değerler alması istenmektedir. Bir yanıtın geliştirilmesi diğer yanıt üzerinde olumsuz etki oluşturabilmektedir. Bu nedenle, optimizasyon çalışmalarında sistemdeki tüm yanıtlar birlikte ele alınmalıdır [50,52].

Çok yanıtlı optimizasyon problemlerinin çözümünde:

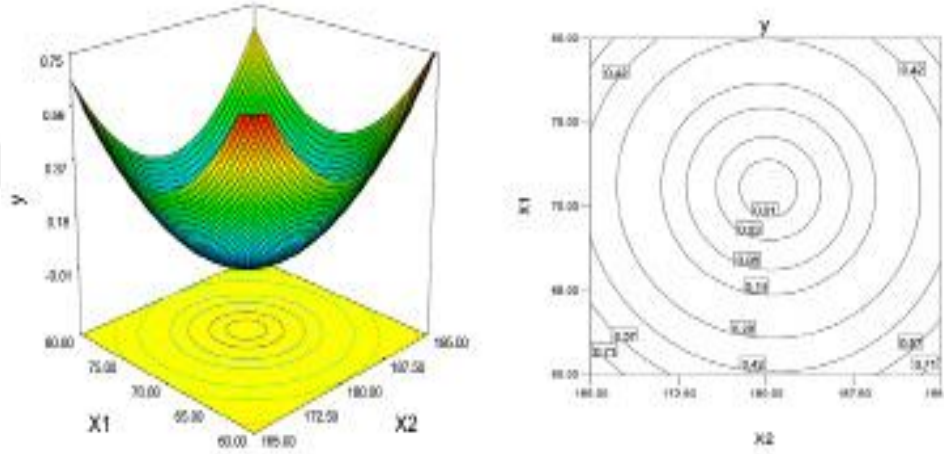
Lineer olmayan programlama yaklaşımı;

Bu yaklaşımda, çok yanıtlı optimizasyon problemi, kısıtlanmış (constrained) optimizasyon problemi olarak formüle edilerek çözülmektedir. Seçilen bir yanıt [$y(x_i) = f_1(x_1, x_2, \dots, x_m)$] edilirken, diğer yanıtların da belirli kısıtlamalar konularak kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulması amaçlanmaktadır [49].

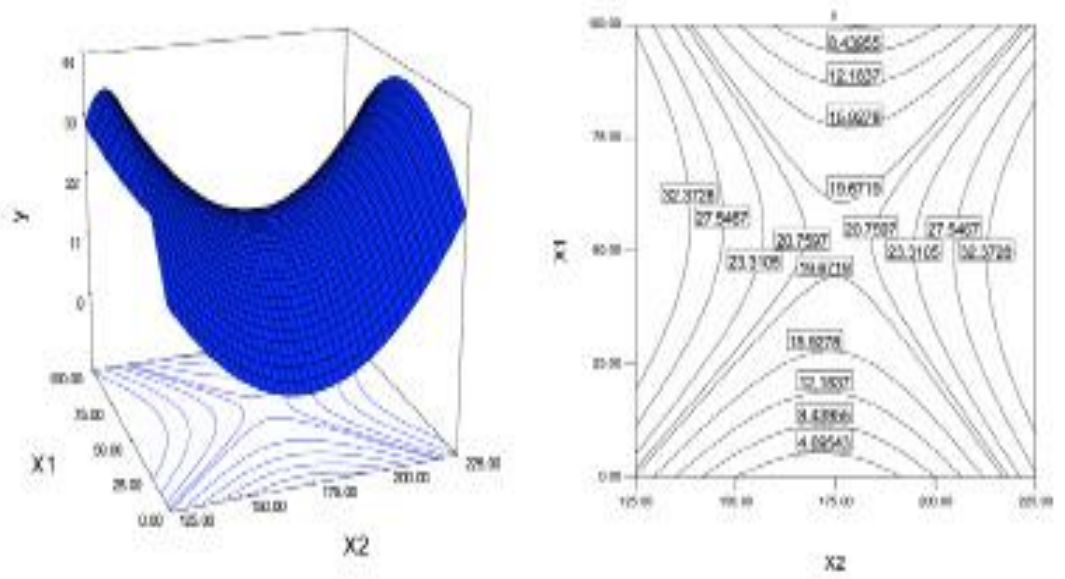
Problemlerin çözülmesinde kullanılan diğer yaklaşım izohips eğrilerinin çizilip üst üste yerleştirilmesi (superimposing) ile yapılır. Her bir izohips eğrisi, bir bağımsız değişken merkezdeyken, diğer iki değişkenin sonsuz sayıdaki kombinasyonlarını vermektedir. Katsayılara bağlı olarak izohips eğrilerinin eliptik, dairesel ya da eğri şeklinde olması; minimum nokta, maksimum nokta, azalan/yükselen tepe koşullarını ya da durgun tepe koşullarını verebilmektedir. Maksimum nokta, minimum nokta ve eğri noktası için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri sırasıyla Şekil 3.12 (a) ve Şekil 3.13 (b) ve Şekil 3.14 (c)'de gösterilmiştir. Yanıt yüzey grafiğinin dairesel olması, değişkenler arasında olan etkileşimin ihmal edilebilir olduğunu göstermektedir [49,53].



Şekil 3. 9. Maksimum nokta için yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri [53]



Şekil 3. 10. Minimum nokta için yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri [53]



Şekil 3. 11. Eyer noktası için yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri [53]

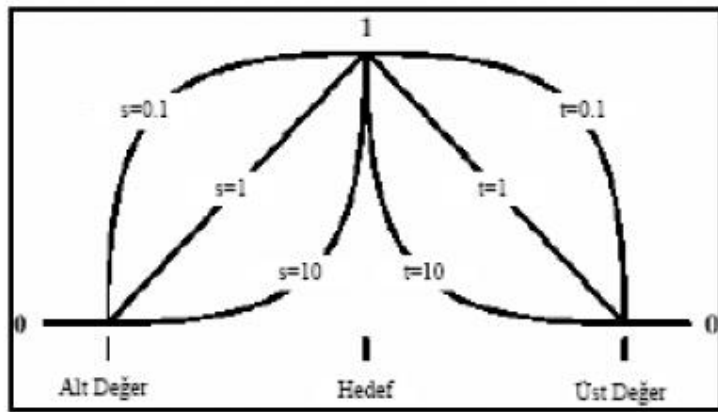
Desirability (istenilen hedefe ulaşma) fonksiyonu yaklaşımı ilk olarak Harrington (1965) tarafından ortaya atılmış, sonra Derringer ve Suich (1980) tarafından geliştirilmiştir [53]. Desirability fonksiyonu metodu, araştırmacının sistemin yanıtları üzerindeki önceliklerini ve arzularını desirability fonksiyonları oluşturarak optimizasyon işlemine dahil etmesini sağlamaktadır. Desirability fonksiyonu, tüm yanıtların bir araya getirildiği, 0 ile 1 arasında değişen tek bir yanıt indeksidir ve bu değer 1'e yaklaşması araştırmacının belirlediği kriterlerin sağlandığını belirtmektedir [50,53].

Tablo 3. 6. Desirability fonksiyonunun standart tahminleme skolası [53]

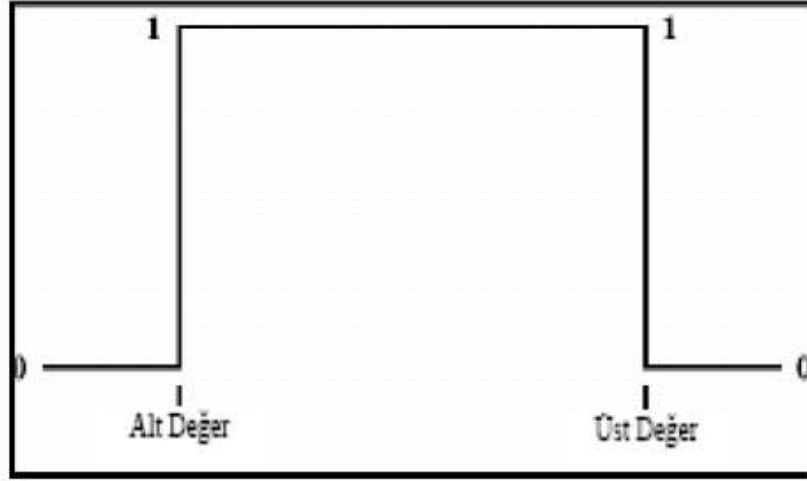
Standart Tahminleme	İstenen
1	Mükemmel
1 – 0,8	Çok iyi
0,8 – 0,63	İyi
0,63 – 0,37	Yeterli
0,37 – 0,20	Kötü
0,20 – 0	Çok kötü

Optimizasyon çalışmasında her bir yanıt için seçilen kritere (maksimum, minimum, hedef değer atanması veya belli bir aralıkta olması) bağlı olarak farklı desirability fonksiyonları kullanılmaktadır [53].

Örneğin, yanıtların bazılarının hedeflenen belli bir değere yakın olması istendiğinde (hedef değer en iyi olacak şekilde) desirability fonksiyonu yanıtlar hedef değerden her iki yönde de uzaklaştıkça sıfıra yaklaşacak şekilde tasarlanır [50].



Şekil 3. 12. Hedef değer atanması durumunda desirability fonksiyonu [50]



Şekil 3. 13. Hedef belli bir aralık olarak seçildiğinde desirability fonksiyonu [50]

3.5.5.2. Model Parametrelerinin Tahminlenmesi

Yaygın olarak kullanılan lineer regresyon analizi, bağımlı değişken (yanıt) ile bir ya da daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi fonksiyonel olarak inceleyen istatistiksel bir tekniktir [54].

Optimizasyon çalışmasında da, regresyon analizi modelin kurulması ve bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin seviyelerinin belirlenmesi için kullanılır [55]. Polinomiyal modeller gibi lineer olan herhangi bir model, oluşturduğu yanıt yüzeyin şekli ne olursa olsun lineer regresyon modelidir [54].

Bunun sebebi regresyon analizinin deneysel verilere dayalı olarak gerçekleştirilmesiyle bilinmeyen katsayıların modeldeki değişkenlere, değişkenlerin de bilinmeyen katsayılara dönüşmesidir. Bu noktada problem, çözümü tahminlenecek katsayıları veren lineer denklem sistemi olarak ele alınır [56]. Çoklu lineer regresyon modelinde, regresyon katsayıları en küçük kareler yöntemi kullanılarak tahminlenmektedir. Bu yöntemde bilinmeyen katsayıların tahminlenmesi, deneysel veriler ile model arasındaki farklar toplamının karesinin en küçük değeri alması temeline dayanmaktadır [57].

3.5.5.3. Model Uygunluğunun Test Edilmesi

Fit edilen modelin, gerçek sistemi ne ölçüde tahminlediği ve en küçük kareler yöntemi uygulanırken yapılan varsayımların geçerliliği her zaman test edilmelidir. Aksi takdirde, yanıt yüzey yönteminin daha sonraki aşamalarında kötü ve yanlış sonuçlar elde edilebilir. Regresyon analizi uygulanırken yapılan varsayımların doğrulanması gerekmektedir [58].

Hatanın varyansının bağımsız değişkenlere göre değişmediği, yani sabit ($\text{Var}[\varepsilon] = \sigma^2$) olarak kabul edilmesi diğer bir varsayımdır. Başka bir ifadeyle, bağımsız değişkenler için hata kendi ortalamaları etrafında aynı değişkenliğe sahiptir. Kalıntı kareler toplamı (SS_E), deneysel verilerdeki model tarafından açıklanamayan hatayı göstermektedir. Hata kareler ortalaması (σ^2), fit edilen modelin gerçek ortalama yanıtı tam anlamı ile modellemesi koşulunda, σ^2 'nin yansız tahminleyicileridir.[59].

Yanıtın ortalama değeri için tahminleme aralığı, güven aralığından her zaman daha geniştir. Tahminlenmiş standart hata, deneme planına ve modelin matematiksel formuna bağımlılık gösterir. Yapılan varsayımlardan biri olan, seçilen modelin matematiksel formunun uygun olduğu, dolayısıyla gerçek ortalama yanıtı temsil edebildiği de test edilmelidir. Bu amaçla, varyasyon katsayısının hesaplanması, regresyon analizine hipotez testlerinin uygulanması, hipotez testlerinin regresyon katsayılarına bireysel olarak uygulanması, model uygunsuzluğunun test edilmesi (lack of fit testi) ve kalıntı analizi gibi farklı test yöntemleri uygulanmaktadır [58,59].

3.5.5.4. Model Uygunsuzluğu (lack of fit) Testi

Yanıt yüzey yönteminde dizayn edilmiş denemelerden alınan veriler, regresyon modeline fit ettirilmektedir. Elde edilen bu model gerçek yanıt fonksiyonuna sadece bir yaklaşım olduğu için, tahminlenen değerler ile deneysel veriler arasındaki fark (kalıntı), sadece saf deneysel hatayı değil modelin matematiksel formunun uygunsuzluğundan kaynaklanan hatayı da içermektedir. Modelin matematiksel

formunun uygunsuzluğunda kaynaklanan hataya, model uygunsuzluğu (Lack of fit) denmektedir [59].

Modelin matematiksel formunun uygunsuzluğunun (Lack of fit) başlıca iki nedeni olabilir:

- a) Yanıtı etkileyen faktörler ihmal edilmiş olabilir.
- b) Yanıtı etkileyen, modelde önceden bulunan faktörlerin yüksek dereceli terimleri ihmal edilmiş olabilir [59].

Eğer deneme planının belli noktalarında gözlemler tekrarlanırsa, saf deneysel hatanın deneysel veriler ile model tahminleri arasındaki bu farklılığın ne kadarını açıkladığı belirlenebilir, dolayısı ile model uygunsuzluğu test edilebilir [59].

4.MATERYAL VE YÖNTEMLER

4.1. Materyal

Bu tez çalışmasında yumuşak şeker üretim firmasında bulunan jelly yumuşak şeker eşanjör tipi vakumlu pişirici sistemi kullanılarak jelly yumuşak şeker üretilmiştir. Belirlenen reçetelerde hazırlanan yumuşak şeker hamuru mogul hattında kalıplanarak 48 saat dinlendirilmiş ve sonrasında yağlama tamburunda yağ ile kaplanarak oriente polipropilen ve cast polipropilenden (OPP+CPP) oluşan çift kat ambalaj ile ambalajlanmıştır. Örnekler tez denemeleri boyunca işletmenin deposunda +18 ile +20°C'da ve %30-40 RH'da depolanmıştır

Piştirme işlemleri ortam sıcaklığının 25-35°C ve bağıl nemin %35-55 olduğu koşullarda gerçekleştirilmiştir. Denemelerde pişirilen her bir parti miktarı 50 kg olacak şekilde üretimler yapılmıştır. Denemelerde kullanılan hammaddeler Tablo 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Uygun özellikte jelly yumuşak şeker ürünü (Referans ürün)

Deneme üretimlerinin yapılabilmesi adına hammadde tedariki yapılan firmalar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4. 1. Denemelerde kullanılan hammaddeler

Hammadde Adı	Tedarik Edilen Firma	Menşei
Toz Şeker	İlgin Şeker Fabrikası Anonim Şirketi	Konya/Türkiye
Glukoz Şurubu	Cargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş.	Kocaeli/Türkiye
Sitrik Asit	RZBC Ltd. Şti.	Shandong/ Çin
Jelatin	Halavet Gıda San. Ve Tic. A.Ş.	İstanbul/Türkiye
Portakal Aroması	Silesia Ltd. Şti.	Neuss/Almanya
Renklendirici (paprika ekstraktı)	Endemix Doğal Maddeler A.Ş.	Kocaeli/Türkiye
Ambalaj	Yılmaz Ambalaj Malzemeleri Sa. Tic. Ltd. Şti.	İstanbul/Türkiye

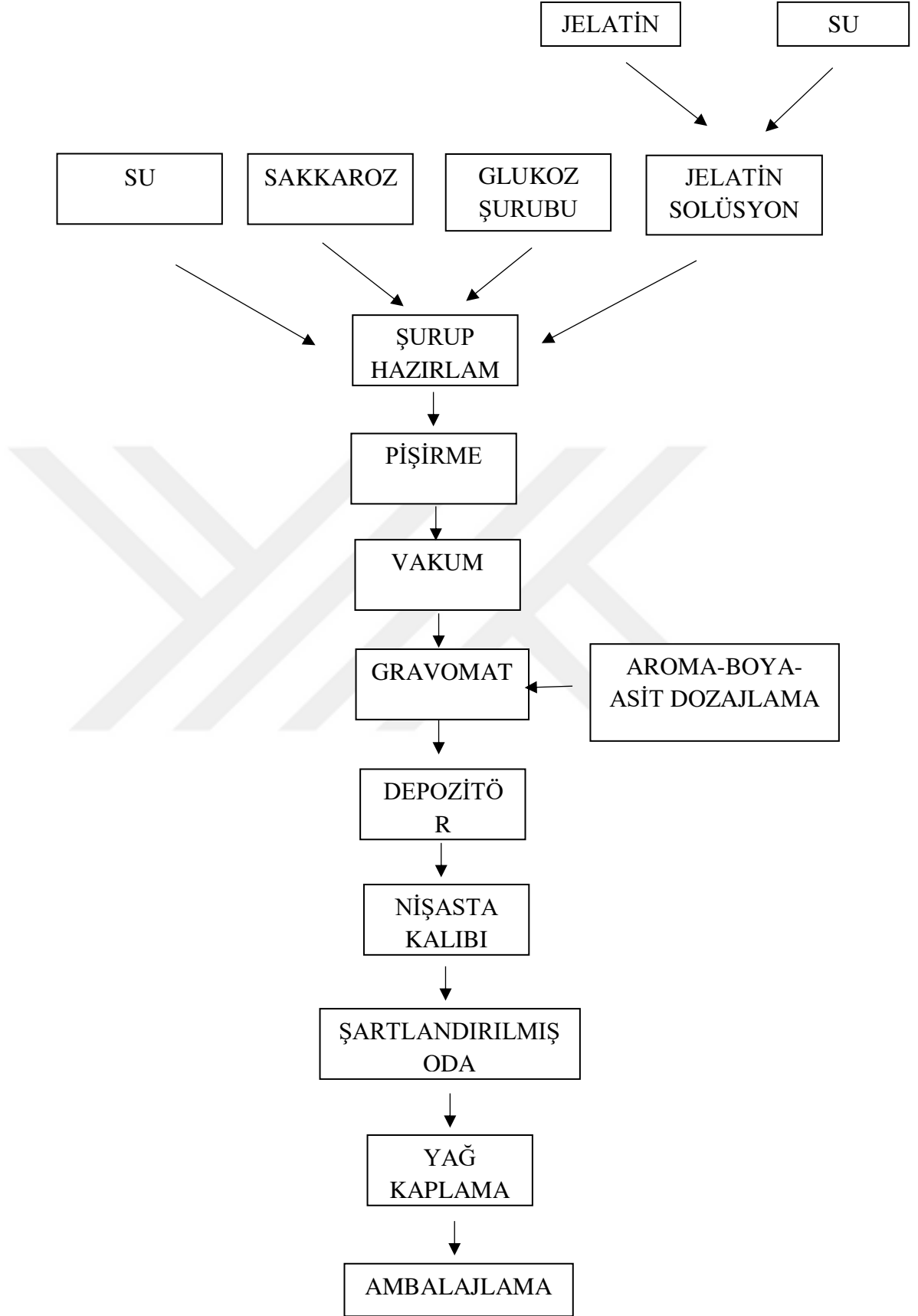
4.2. Yöntem

Pişirme denemeleri Şekil 4.2 ’de verilen akış şeması ile gerçekleştirilmiştir. Sistemin pişirme kapasitesi 1920 kg/saat’dir. Yumuşak şeker üretiminde öncelikle toz şeker, su ve glukoz şurubu reçetede istenilen miktarlarda otomatik olarak tartılıp karıştırılarak, hammadde tartım ve karıştırma tankına alınır. Ayrı bir tankta 55°C ($\pm$ 10) de jelatin solüsyonu hazırlanır. Jelatin solüsyonu ile şeker karışımı ara tankta birleştirilerek pişirmeye verilir. Pişirme işlemi vakumlu eşanjörde 129°C’ye kadar yapılıp ardından jelly yumuşak şeker hamuru -599 mmHg vakumda 75°C’ye kadar soğutulur. Soğutulan yumuşak şeker hamuru pompalar yardımı ile jelly yumuşak şeker ara tankına alınır. Yumuşak şeker hamuru dozajlanarak grovomatlara, burada da asit,

aroma ve renklendirici dozajlamaları yapıp homojen karışım oluşturulduktan sonra ürün basımına gönderilir.

Piştirme PLC ekran ile kontrol edilebilmekte ve istenilen piştirme sıcaklığı, vakum süresi, reçete oranı ekrandan ayarlanabilmektedir. Vakum şiddeti ise vakum haznesine bağlantılı olan vananın açılıp kapatılması ile istenilen miktara getirilebilmektedir.





Şekil 4. 2. Jelly yumuşak şeker üretimi akış şeması

Karışımı tamamlamış jelly yumuşak şeker hamuru modifiye nişastadan oluşan (35-45°C ve %5-7,5 nemde) tepsi kalıplara dökülerek maksimum 29°C ve maksimum %38 nemde şartlandırılmış dinlendirme odalarında ortalama 36 saat süre boyunca ve ortalama %83 kuru maddeye ulaşana kadar dinlendirilir.

İstenilen kuru maddeye ulaşan yumuşak şekerler kaplama çeşidine göre şeker ya da kaplama yağı ile kaplanır. Son halini alan ürünler ambalajlama makinesinde ambalajlanır.

Optimizasyon çalışmasında ürünün suda çözünür kuru maddesine, su aktivitesine rengine, Tekstürüne (Sertlik), raf ömrüne ve maliyetine etki eden ana etkenlerin belirlenmesi dikkate alınmıştır.

Jelly yumuşak şeker ürünün istenen suda çözünür kuru madde miktarı, su aktivitesi, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), raf ömrü ve maliyetin istenen düzeyde sağlanması işletme için önemli bir kalite kriteridir.

Tez çalışması denemelerinin yanı sıra, suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü, maliyet gibi analizler denemelerin yapıldığı işletme laboratuvarında yapılmıştır. Diğer analizler, Çevre Endüstriyel Analiz Sanayi ve Ticaret AŞ. laboratuvar firmasına yaptırılmıştır. Yapılmış olan analizler 2 tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir.

4.3. Fiziksel, Kimyasal ve Finansal Analiz Yöntemleri

Jelly yumuşak şeker ürün denemelerinde son ürün üzerinde suda çözünür kuru madde tayini, renk (L^*), duyu analizi, Tekstür (Sertlik), su aktivitesi ve raf ömrü analizleri yapılmıştır.

4.3.1. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Suda çözünür kuru madde tayini abbe refraktometresi (Worldbest, 2WA) ile yapılmıştır.

Refraktometrenin çalışma ilkesi; optik yoğunluğu birbirinden farklı ortamlarda, ışığın bir ortamdan diğerine geçerken kırılması ve bununla ilgili kırılma yasasına dayanır [60].

Suda çözünür kuru madde analizinde el refraktometresi veya abbe refraktometresi kullanılır. Refraktometre skalasında okunan % çözünür kuru maddeye briks denir. Abbe refraktometresinde kuru madde skalası 20°C'deki saf sakkaroz çözeltilerine göre hazırlanmıştır. Kırılma indisi skalası yanında kuru madde skalası da bulunur[61].

Refraktometre ile sadece berrak yani süspansiyon halinde katı parçacıklar içermeyen örnekler incelenmelidir. Bulanık çözeltiler refraktometredeki aydınlık ve karanlık bölgeyi ayıran hattın belirgin ve kesin olarak oluşmasını engeller ve analiz sonucu hatalı bulunur. Bu nedenle örneğin berrak olmasını sağlayacak şekilde hazırlanmasına dikkat edilmiştir. 250 mL'lik bir erlen içine 25 g örnek alınıp tartılmıştır. Üzerine 50 mL saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan karışımın ağzı alüminyum folyo ile kapatılarak ısıtıcılı manyetik karıştırıcı ile çözünmesi sağlanmıştır. Oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra süzüntüden birkaç damla refraktometre prizması üzerine alınıp okuma yapılmıştır. Seyreltme oranı dikkate alınarak esas örnekteki suda çözünür kurumadde oranı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [61].

Refraktometre ile ölçümde işlem basamakları sırasıyla, uygun ve yeterli ışık kaynağı ile gerekli ışıklandırma sağlandı. Prizma kapağı açıldı ve temiz olup olmadığı kontrol edildi. Prizma saf su ile yıkandı ve yumuşak kâğıt mendille silinerek kurulandı.

Refraktometre kullanılmadan önce, ayarlı olup olmadığı kontrol edildi. Prizmaya saf su damlatıldı, "0" değeri okundu ve refraktometrenin ayarlı olduğu görülmüş oldu. Temiz ve kuru prizma yüzeyine oda sıcaklığındaki örnekten 2-3 damla sıkıldı. Örnek, prizma yüzeyine değdirilmeden yukarıdan damlatıldı. Örnek konduktan sonra prizma kapağı kapatıldı. Ayar vidaları ile aydınlık ve karanlık bölge netleştirildi. Karanlık ve aydınlık bölgenin kesiştiği noktadaki rakam okundu. Okuma yapıldıktan sonra prizma yüzeyi önce doğrudan sonra saf su ile silindi ve kurulandı şeklinde uygulanmıştır. Herhangi bir sulandırma yapılmamış örnekte, refraktometrede

okunan değer, doğrudan yüzde çözünür kuru madde oranını verir. Herhangi bir hesaplama yapmaya gerek yoktur. Sulandırma yapıldığından aşağıdaki formül kullanılarak hesaplama yapıldı [61].

$$\% \text{ Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (g/ 100 mL)} = \frac{B \times V}{Ö}$$

B: Seyreltilmiş örnekte saptanan briks derecesi

V: Örneğin seyreltildiği hacim (mL)

Ö: Örnek miktarı (g)

4.3.2. Renk Analizi

Jelly yumuşak şekerde pişirme sonucu gerçekleşen renk değişimi reflektans kolorimetresi yöntem ile belirlenmiştir.

Reflektans kolorimetresi yönteminde sert şeker örneklerinin rengi, Minolta CM-5 reflektans kolorimetresi (Japonya) ile 3 mm delik çapına sahip ölçüm başlığı kullanılarak hiçbir ön işlem yapılmadan doğrudan ölçülmüştür. Kolorimetre cihazı her ölçümden önce beyaz plakaya karşı standardize edilmiştir. Parlaklık değeri olan L* (aydınlık(100)/karanlık(0)) değerleri belirlenmiştir. En doğru sonucu elde etmek için aynı analiz üç paralel olacak şekilde tekrarlanmalıdır [62].

4.3.3. Tekstür (Sertlik) Analizi

Numunelerin tekstürel özellikleri, 5 kg yük hücresi ile donatılmış tekstür analiz cihazı (TA. HD Plus, Stable Micro sistemleri, Surrey, İngiltere) kullanılarak tespit edilmiştir. Analiz için P/36R 36 mm dışı alüminyum radiused AACC probu kullanılmıştır. Ön test, test ve son test hızları sırasıyla 1mm/s, 5mm/s ve 5mm/s olarak ayarlanmış, algılama kuvveti 0.1 g olarak seçilmiş ve numunelere tekstür profil analizi (TPA) uygulanmıştır. Jelly yumuşak şekerde bu analiz ürünün sertliğini ölçebilme adına uygulanmıştır. Gıda maddesinin yapısında belirli bir deformasyonu sağlamak için uygulanması gereken kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Duyusal olarak, azı dişleri arasında gıdanın sıkıştırılması için gereken güçtür. Bu nedenle analiz için silindirik prob tercih edilmiştir [11, 63].

4.3.4. Su Aktivitesi Analizi

Su aktivitesi ölçüm cihazı (Aqualab 4TE, Pullman, ABD) ile 25°C’de ölçülmüştür. Her örnek için iki paralel analiz yapılmıştır.

4.3.5. Raf Ömrü Analizi

Örnekler 2 adet aynı özelliklere sahip iklimlendirme kabinde (Nüve, İD 300, Türkiye), %60 $\pm$ 2 bağıl nem ve 40 $\pm$ 2°C’lik sıcaklıkta 20 hafta süreyle depolanmıştır. Örnekler üzerinde yapılan analizler tekrarlanmıştır ve ürün fiziksel görünüşünde depolama sırasında değişim olup olmadığı kontrol edilmiştir [64].

Hızlandırılmış Raf Ömrü Çalışmaları

Hızlandırılmış raf ömrü çalışmalarının prensibi, gıdanın bozulmasını hızlandırarak raf ömrü belirleme süresini kısaltmaktır. Gıdanın bozulmasını hızlandırmak için, gıda normal saklama koşullarında saklanmaz [65]. Bozulmayı hızlandırmak için sıcaklık, nem gibi parametreler değiştirilmekte ve tahmini olarak raf ömrü süresi belirlenmektedir. Bu metotta da gıdanın özelliklerinin, kalite parametrelerinin, bozulma koşulları ve tiplerinin bilinmesi gerekmektedir. Tahmini olarak tespit edilmiş olan raf ömrü süresi boyunca kalite parametreleri kontrol edilir. Bu metodun uygulanabilmesi için bilinmesi gereken en önemli iki parametre gıdanın dayanabileceği sıcaklık ve nemdir. Bu koşullar iklimlendirme cihazları ile sağlanabilmektedir. İklimlendirme cihazları ile sıcaklık, nem, ışık gibi koşullar sabitlenebilmektedir. Gıdanın depolanabileceği en yüksek sıcaklık tahminleme yöntemi ile tespit edildi. Yapılan çalışmalar neticesinde raf ömrü süresi tahmini olarak Arrhenius veya Q₁₀ denkleminde göre hesaplanmıştır [66].

Hızlandırılmış raf ömrü çalışmaları genel olarak depolama sıcaklığı artırılarak yapılmaktadır. Q₁₀ değeri, sıcaklığın 10°C yükseltilmesinin reaksiyon hızına etkisini gösteren bir kriterdir. Gıda teknolojisinde reaksiyon hızının sıcaklığa bağımlılığını

tanımlamada geleneksel olarak kullanılan katsayıdır. Bu değer bir reaksiyonun sıcaklık değişiminden etkilenme düzeyini göstermektedir. Tipik kimyasal reaksiyonlar için Q_{10} değerleri 2' dir [67].

$$\text{Faktör} = Q_{10}^{(\text{yüksek sıcaklık} - \text{normal sıcaklık})/10}$$

$$\text{Hızlandırılmış raf ömrü süresi} = \frac{\text{Hedeflenen raf ömrü}}{\text{Faktör}}$$

$$(Q_{10}) = 2^{((40 - 20)/10)} = 4$$

$$540 \text{ gün} / 4 = 135 \text{ gün} = 18 \text{ ay}$$

Yüksek sıcaklıkta yapılan çalışmalar sonucunda bulunan raf ömrüne göre Şekil 3.7. de görüldüğü gibi ekstrapolasyon yapılarak gerçek depolama koşullarındaki raf ömrü hesaplanmıştır [67].

Toplam 100 poşet 100'er gramlık çilek aromalı jelly yumuşak şekerler ambalajlı olarak 2 adet iklimlendirme kabinine 50'şer adet koyulmuştur. Kabin nemi % 65 ve sıcaklığı 40°C'ye ayarlanmıştır. Her 5 günde birer poşet ürün alınarak portakal tadı, renk ve yüzeysel değişikliğin kontrolü yapıldı. Raf ömrü süresi Q_{10} denklemine göre hesaplanarak bulunmuştur.

Hızlandırılmış raf ömrü çalışmalarında gıdaların dayanabileceği maksimum sıcaklığın bilinmesi çok önemlidir ve sıcaklığın belirlenebilmesi için denemelerin yapılması gerekmektedir.

Hızlandırılmış raf ömrü testleri 7 adımda gerçekleştirilir:

1. Test hedefleri belirlenir. Hızlandırılmış raf ömrü çalışmalarında gelişim aşaması boyunca yaklaşık raf ömrünün hızlıca tahminlenmesi ve gerçek raf ömrü tahmini için kinetik parametreler toplanması hedeflenmektedir.

2. Hızlandırıcı sıcaklık şartları seçilir.

3. Test zamanı ve örnekleme sıklığı belirlenir.

4. Bitiş noktası belirlenir. Raf ömrünün sonlandığını nokta yasal düzenlemeler ya da duyu analizi sonuçları ile belirlenir.
5. Kinetik parametreler belirlenir.
6. Gerçek depolama koşulları ekstrapolasyon ile belirlenir.
7. Zaman- Sıcaklık dağılımı için kalite kaybı tahminlenir. Tahmin iki varsayıma dayanır. Birincisi, zaman sıcaklık çeşitliliğinin etkisi yoktur. İkincisi, kilit bozulma biçimi sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişmez [68].

4.3.6. Maliyet Analizi

Maliyet hesabı 1000 kg son ürün için yapılmıştır. Maliyet hesabında sadece bağımsız değişkenler (pişirme sıcaklığı, vakum, jelatin bloom değeri, jelatin miktarı) baz alınmış diğer proses parametreleri ve girdilerde bir değişiklik olmadığı için hesaplama katılmamıştır. Pişirme sıcaklığı ve vakum için enerji sarfıyatı üzerinden hesaplama yapılmıştır. Pişirme sıcaklığı maliyet hesabı ürünün bu proseste kalma süresine göre değişmektedir. Jelatin miktarı ve jelatin bloom değeri maliyetleri ortak hesaplanmıştır. Jelatinin bloom değeri arttıkça maliyet artmakta ancak kullanım yüzdesi azalmaktadır. Bu nedenle jelatin bloom değerine göre jelatinin kilogram fiyatı ve son ürünlerdeki kullanım yüzdesine göre hesaplama yapılmıştır detaylar Tablo 4.2’ de verilmiştir. Pişirme sıcaklığı ile ilgili maliyet hesabı eşanjörün motor gücüne bağlı elektrik sarfıyatı üzerinden yapılmış ve veriler Tablo 4.3’ de verilmiştir. Vakuma bağlı maliyet hesabı yapılması sırasında vakum pompasının gücü ve elektrik sarfıyatı baz alınmıştır ilgili veriler Tablo 4.4’ de verilmiştir. Elektrik harcamasına bağlı maliyet hesaplamalarında 1 kw/h elektrik fiyatı 0,648 TL (Temmuz 2022) olarak alınmıştır. Maliyet hesaplamalarında kullanılan veriler

Tablo 4. 2. Jelatin bloom değerine göre kg maliyeti

Jelatin Bloom Değeri	Maliyet (TL/kg)
105	40
160	45
215	48
270	55
325	60

Tablo 4. 3. Pişirme sıcaklığı maliyet hesaplaması

PİŞİRME SICAKLIĞI	Piştirme Süresi (s)	Maliyet (TL/ton)
91,50	2,00	25,95
104,00	3,00	38,92
116,50	4,00	51,89
129,00	5,00	64,87
141,50	6,00	77,84

Tablo 4. 4. Vakum maliyet verileri

VAKUM	Maliyet (TL/ton)
0,0	0,0
200,0	45,4
400,0	58,4
600,0	71,4
800,0	84,3

4.4. Deney Tasarımı ve Optimizasyon

4.4.1. Yanıt Yüzey Metodunun Yumuşak Şeker Kalite Karakteristikleri Üzerine İşlem Parametrelerinin Optimizasyonunda Kullanımı

Geleneksel optimizasyon yöntemlerinin temelini, sadece bir parametreyi zamanla değiştirirken diğerlerini sabit tutmak oluşturur. Bu yaklaşım, araştırmacıya hem maliyet hem zaman açısından önemli dezavantajlar getirmektedir. Ayrıca, bu yaklaşımla çeşitli işlem parametreleri arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi ve prosesin tam anlamıyla tanımlanabilmesi için yeterli veri elde etmek oldukça güçtür. Yanıt yüzey metodu ise, sistemin yanıtını etkileyen çok sayıda değişkeni bir arada ve eşzamanlı olarak inceler. Bu sayede, prosesin işlem parametrelerindeki değişime verdiği yanıt olabilecek en az sayıda deneme yapılarak en iyi şekilde tanımlanabilmektedir [54,69].

Yanıt yüzey metodunun en yaygın uygulamaları endüstriyel alanda, özellikle de bir prosesin veya ürünün performans ölçüleri veya kalite karakteristikleri üzerinde çok sayıda işlem parametresinin etkili olduğu durumlarda karşımıza çıkmaktadır [54].

Yanıt yüzey metodu gıda bilimi ve teknolojisi alanında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ekstrüzyon, fırında pişirme, biyoteknoloji, lye-peeling, ultrafiltrasyon, ekstraksiyon, duysal değerlendirme, kurutma ve ürün formülasyonlarının geliştirilmesi gibi çeşitli alanlarda pek çok araştırmacı tarafından başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Modellerin deneysel veriyi ne ölçüde karşıladığını varyans analizi ve R^2 , adj- R^2 ve predicted- R^2 ve tahminlenmiş hata kareler toplamı (PRESS) istatistiklerini kullanarak test etmişlerdir [44].

Jelly Yumuşak Şeker Ürünü İçin Proses Parametrelerinin Son Ürün Üzerine Etkisi ve Optimizasyonu ilgili şu ana kadar yapılmış çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yumuşak şeker üretiminde daha çok bileşen optimizasyonuna ait çalışmalar bulunmaktadır.

4.4.2. İstatistiksel Model

Denemelerin sonuçları Design Expert 7.0 programı kullanılarak yorumlanmıştır. Yanıtlar ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki bilinmediğinden ikinci dereceden polinomiyal bir modelle gerçek yanıt fonksiyonuna yaklaşılaacağı varsayılır. Böyle bir modelin fit edilebilmesi için gerekli deneysel veriler”Central Composite Rotatable Dizayn”deneme planı izlenerek elde edilmiştir.

Yumuşak şekerlerin kalite karakteristikleri üzerine işlem parametrelerinin etkisinin belirlenmesi veriler CCD ile az sayıda deney ile belirlenmiştir ve işlem Optimizasyonu yanıt yüzey metodu kullanılarak yapılmıştır.

Piştirme Sıcaklığı için 104 ile 129°C verileri seçilmiştir.

Vakum Şiddeti için -200 mmHg ile -600 mmHg bar verileri seçilmiştir.

Jelatin Bloom Değeri için 160 ile 270 verileri seçilmiştir.

Jelatin Miktarı için % 5 ile % 9 seçilmiştir.

Problemde prosesi etkileyen 4 ana faktör olarak verilmiş olan vakum süresi, pişirme sıcaklığı, jelatin bloom değeri, jelatin miktarı sisteme tanıtılmıştır.

Sonuca etki eden 4 faktörün çeşitli kombinasyonlarda bir araya gelmesi sonucu elde edilen deney sonuçları programa aktarılmıştır.

Verilerin sisteme atanması sonrasında analiz işlemlerine başlanmıştır, deney tasarımına ANOVA testi uygulanmıştır. ANOVA'ya dahil olmak üzere “effects list” üzerinde ana faktörler seçilmiştir. Analizin sonucu 6 yanıt olan suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet baz alınarak yorumlanmıştır.

4.4.3. Optimizasyon

Optimizasyon sonucunda çıkan değerlerin karşılaştırılabilmesi adına denemelerin yapıldığı firmada ticari ürününe ait şirket içi spesifikasyonu (J-ST.001) baz alınarak standart kabul edilen bir üründe analizler gerçekleştirilmiştir. Standart kabul edilen ürüne ait firmada kabul edilebilir değer aralıkları ile standart üründe gerçekleştirilen analiz sonuçları Tablo 4.5’ de verilmiştir.

Tablo 4. 5. Referans ürüne ait son ürün analiz sonuçları

Kalite Parametreleri	Kabul Edilebilir Aralık	Ölçüm Sonucu
Kuru madde (%)	81-85	83,2
Su aktivitesi (aw)	0,55-0,68	0,67
Renk (L*)	12-29	24,067
Tekstür (Sertlik)(N)	4,707-6,08	5,384
Raf ömrü (ay)	12-24	18

Tablo 4.6’da deneme modeli oluşturulurken bağımsız değişkene ait minimum ve maksimum noktaları verilmiştir. Pişirme sıcaklığı için 104-129 °C, vakum şiddeti için (-200)-(-600) mmHg, jelatin bloom değeri için 160-270 ve jelatin miktarı için

%5-9 aralıkları verilmiştir. Bu aralıklar dışına çıkıldığında üründe kalitesel problemler gözlemlendiği firma tecrübelerine göre edinilmiş bir bilgidir.

Tablo 4. 6. Etkili faktörler ve yanıtlar

Prosesi etkileyen faktörler	Aralık	Birim
A: Pişirme Sıcaklığı	104-129	°C
B: Vakum Şiddeti	(-200)-(-600)	mmHg
C: Jelatin Bloom Değeri	160-270	Bloom
D: Jelatin Miktarı	5-9	%
Yanıtlar	Birim	
KM: Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı	%	
C: Renk	L*	
aw: Su Aktivitesi	aw	
Tex: Tekstür (Sertlik)	N	
SL: Raf Ömrü	ay	
MA: Maliyet	TL	

Bu dört faktör bağımsız değişken, son ürünlerdeki suda çözünen kuru madde miktarı (KM), renk (L*) (C), su aktivitesi (aw), Tekstür (Sertlik) (Tex), raf ömrü (SL) ve maliyet (MA) miktarı ise sistemin yanıtları (bağımlı değişken) olarak seçilmiştir. Yanıtlar ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki bilinmediğinden ikinci dereceden polinomiyal bir modelle gerçek yanıt fonksiyonuna yaklaşılabileceği varsayılır. Böyle bir modelin fit edilebilmesi için gerekli deneysel veriler”Central Composite Rotatable Dizayn”deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Merkez noktası tüm değişkenlerin orta (0) değerini aldığı deneme noktasıdır. Bu noktada yapılan tekrarlar, uygun serbestlik derecesi sağlayarak kalıntı hatayı, saf deneysel hata ve “lack of fit” olarak ayrılmasını sağlar. Böylelikle modelin matematiksel formunun uygunluğu da test edilebilmiş olur. Eksenel noktalar ise bağımsız değişkenlerin en yüksek (+2) ve en düşük (-2) değerleri aldıkları noktalardır. Central Composite Rotatable Dizayn deneme planı sırasıyla Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4. 7. Central Composite Rotatable Dizayn için değişkenler ve seviyeleri

	Kodlanmış Seviyeler				
Bağımsız Değişken	-2	-1	0	1	2
A: Pişirme Sıcaklığı (°C)	91,5	104	116,5	129	141,5
B: Vakum Şiddeti (mmHg)	0	-200	-400	-600	-800
C: Jelatin Bloom Değeri	105	160	215	270	325
D: Jelatin Miktarı (%)	3	5	7	9	11

Tablo 4.8’de optimizasyonu gerçekleştirmek için kullanılan programın verdiği merkezde 6 tekrerrür verilen toplamda 30 adet deneme planı gösterilmiştir.

Tablo 4. 8. Central Composite Rotatable Dizayn deneme planı

Deney No	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Vakum Şiddeti (mmHg)	Jelatin Bloom Değeri	Jelatin Miktarı (%)
1	116,5 (0)	-800 (+2)	215 (0)	7 (0)
2	104 (-1)	-200 (-1)	160 (-1)	5 (-1)
3	129 (+1)	-600 (+1)	160 (-1)	5 (-1)
4	116,5 (0)	-400 (0)	215 (0)	7 (0)
5	104 (-1)	-200 (-1)	270 (+1)	5 (-1)
6	104 (-1)	-200 (-1)	270 (+1)	9 (+1)
7	129 (+1)	-600 (+1)	160 (-1)	9 (+1)
8	129 (+1)	-600 (+1)	270 (+1)	9 (+1)
9	116,5 (0)	-400 (0)	325 (+2)	7 (0)
10	129 (+1)	-200 (-1)	270 (+1)	5 (-1)
11	116,5 (0)	-400 (0)	215 (0)	7 (0)
12	104 (-1)	-600 (+1)	270 (+1)	5 (-1)
13	104 (-1)	-600 (+1)	160 (-1)	5 (-1)
14	129 (+1)	-200 (-1)	160 (-1)	9 (+1)
15	116,5 (0)	-400 (0)	215 (0)	11 (+2)
16	104 (-1)	-600 (+1)	270 (+1)	9 (+1)
17	91,5 (-2)	-400 (0)	215 (0)	7 (0)

18	129 (+1)	-200 (-1)	270 (+1)	9 (+1)
19	116,5 (0)	-400 (0)	215 (0)	7 (0)
20	116,5 (0)	-400 (0)	215 (0)	7 (0)
21	141,5 (+2)	-400 (0)	215 (0)	7 (0)
22	116,5 (0)	0 (-2)	215 (0)	7 (0)
23	116,5 (0)	-400 (0)	215 (0)	3 (-2)
24	116,5 (0)	-400 (0)	105 (-2)	7 (0)
25	104 (-1)	-200 (-1)	160 (-1)	9 (+1)
26	104 (-1)	-600 (+1)	160 (-1)	9 (+1)
27	129 (+1)	-200 (-1)	160 (-1)	5 (-1)
28	116,5 (0)	-400 (0)	215 (0)	7 (0)
29	129 (+1)	-600 (+1)	270 (+1)	5 (-1)
30	116,5 (0)	-400 (0)	215 (0)	7 (0)

Elde edilen verilerin çoklu lineer regresyon analizi sonucu her bir yanıt KM, C, T, aw, Tex, SL, MA için jelatin miktarı, pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti ve jelatin bloom değerine bağlı olarak ikinci dereceden polinomial denklemler oluşturulur.

Oluşturulan bu modellerin deneysel verileri ne ölçüde karşıladığı varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Bu yöntemle her bir faktörün lineer ve quadratik etkilerinin yanıtlar üzerindeki istatistiksel önemlilikleri %95 güvenlik seviyesinde Fischer (F-testi) testi uygulanarak bulunmuştur. Her bir etki için hesaplanan F_{cal} ile Tablo F_{tab} değerleri karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak önemli olmayan etkiler modelden çıkarılmıştır. Bir modelin sistemin gerçek yanıtına uygun bir yaklaşım olup olmadığına, “lack of fit”den kaynaklanan hatanın önemsiz ve regresyondan kaynaklanan varyasyonun %95 güvenlik seviyesinde önemli olması koşuluyla karar verilmiştir. Ayrıca, modelin uygunluğu regresyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş regresyon katsayısı (Adj- R^2), tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı (PRESS) ve tahminlenmiş çoklu belirleme katsayısı (Pre- R^2) kullanılarak test edilmiştir.

Diğer yandan, regresyon ve varyans analizinde yapılmış olan varsayımların (kalıntı hatanın birbirinden bağımsız normal dağılışa sahip olduğu ve ortalamasının sıfır ve varyansının sabit) geçerliliğini belirlemek için her bir modele ait diagnostik

durum istatistikleri kalıntıya karşı normal % olasılık grafiği ve tahminlenen değerlere karşı kalıntı hata grafiği) elde edilmiştir.

Tüm bu analizler sonunda elde edilen modeller kullanılarak çalışılan deneysel bölge içerisinde optimum işlem koşulları “desirability fonksiyonu” metodu kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, regresyon analizi sonucu elde edilen modeller kullanılarak, optimum noktanın belirlenmesinde büyük kolaylık sağlayan izohips ve yanıt yüzey eğrileri çizilmiştir.

Regresyon analizi, istatistiksel analizler, izohips ve yanıt yüzey grafikleri ve optimizasyon Design Expert Version 7 (Statease Inc.) paket programı kullanılarak yapılmıştır

5.BULGULAR VE TARTIŞMA

Yumuşak şekerlerin son ürün kalite karakteristikleri üzerine işlem parametrelerinin etkisinin belirlenmesi Central Composite Rotatable Dizaynı ile az sayıda deney ile belirlenmiştir. Bu seçim yapılırken sonucun “önemli” olması dikkate alınmıştır.

Yapılan denemeler yumuşak şekerlerin kalite karakteristikleri üzerine işlem parametrelerinin etkisinin belirlenmesi için deney sayısını azaltmakta, işlem kolaylığı sağlamaktadır.

CCD ile toplam 30 deneme ve merkezde 6 tekerrür çalışılmıştır. Central Composite Rotatable Dizaynı ile yapılan denemelerin sonuçları Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5. 1. Central Composite Rotatable Dizaynı Deneme Sonuçları

STD	RUN	Faktör 1: Pişirme Sıcaklığı °C	Faktör 2: Vakum Şiddeti (mmHg)	Faktör 3: Jelatin Bloom Değeri (Bloom)	Faktör 4: Jelatin Miktarı (%)	Yanıt 1: Kuru Madde (%)	Yanıt 2: Renk (L*)	Yanıt 3: Tekstür (Sertlik) (N)	Yanıt 4: Su Aktivitesi (aw)	Yanıt 5: Raf Ömrü (Ay)	Yanıt 6: Maliyet (TL/ton)
11	1	104	-600	160	9	78,64	25,7	4,68	0,69	11	4160,28
22	2	116,5	-400	325	7	89,65	7,9	6,67	0,53	23	4310,28
23	3	116,5	-400	215	3	76,24	28,2	4,44	0,78	18	3473,28
29	4	116,5	-400	215	7	82,6	19,4	5,09	0,65	18	3470,27
14	5	129	-200	270	9	87,64	9,9	6,15	0,54	24	5060,27
15	6	104	-600	270	9	81,76	23,9	5,06	0,62	24	5060,28
1	7	104	-200	160	5	76,35	26,6	4,59	0,71	9	2334,32
17	8	91,5	-400	215	7	75,87	29,2	4,43	0,78	8	3444,32
5	9	104	-200	270	5	81,6	24	4,88	0,68	18	2834,32
8	10	129	-600	270	5	84,6	15,6	5,75	0,62	24	2886,22
4	11	129	-600	160	5	81,86	21,9	5,05	0,69	19	2386,21
3	12	104	-600	160	5	76,35	27,4	4,54	0,73	9	2360,27
24	13	116,5	-400	215	11	82,39	19,9	5,07	0,65	24	5390,27
30	14	116,5	-400	215	7	81,92	19,2	5,10	0,65	18	3470,27
10	15	129	-200	160	9	84,19	16,7	5,75	0,62	24	4160,26
16	16	129	-600	270	9	86,8	11,9	6,00	0,57	24	5086,21

7	17	104	600	270	5	81,45	23,9	4,78	0,68	14	2860
9	18	104	200	160	9	78,87	25,7	4,67	0,68	16	4134,32
13	19	104	200	270	9	82,11	19,9	5,08	0,64	16	5034,32
25	20	116,5	400	215	7	81,89	20	5,09	0,64	18	3470,27
18	21	141,5	400	215	7	88,97	9	6,24	0,52	24	3496,22
27	22	116,5	400	215	7	83,33	19,5	5,10	0,65	18	3470,27
26	23	116,5	400	215	7	81,65	19,8	5,10	0,64	18	3470,27
12	24	129	600	160	9	83,21	17,3	5,52	0,65	19	4186,21
20	25	116,5	800	215	7	83,75	16,8	5,54	0,62	24	3420,21
28	26	116,5	400	215	7	80,92	19,1	5,08	0,64	18	3470,27
6	27	129	200	270	5	84,38	15,3	5,75	0,63	24	2860,26
2	28	129	200	160	5	76,35	27,4	4,47	0,72	18	2360,26
19	29	116,5	0	215	7	80,79	23,2	4,76	0,67	22	3411,89
21	30	116,5	400	105	7	80,43	24,8	4,74	0,68	18	2910,27

Modellerin deneysel veriyi ne ölçüde karşıladığı R^2 , $\text{adj-}R^2$ ve varyasyon katsayısı (C.V.) hesaplanarak belirlenmiştir. Çoklu belirleme katsayısı (R^2), deneysel verideki model tarafından açıklanabilen varyasyonun toplam varyasyona oranı olarak tanımlanmıştır. Elde edilen modellerin tümünde varyasyonun büyük bir kısmı ($R^2 > 0.94$) modeller tarafından açıklanabilmektedir (Tablo 5.9.) [72].

Ancak modele yeni terimlerin eklenmesi, bu terimler istatistiksel olarak önemsiz dahi olsa (R^2)'yi her zaman arttırır. Bu nedenle $\text{adj-}R^2$ değerlerinin modelin uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılması ve %90'ın altında olmaması önerilmektedir. Tablo 5.9'dan da görüldüğü gibi tüm modeller için hesaplanmış ($\text{adj-}R^2$) değerleri ($\text{adj-}R^2 > 0.94$) kabul edilebilir sınırlar içerisinde çıkmıştır. (R^2) ve ($\text{adj-}R^2$) değerlerinin birbirlerine yakın olması modellerin istatistiksel olarak önemsiz terimleri içermediğini göstermektedir. Bununla birlikte, deneysel verideki kalıntı varyasyonunun ortalamaya bağlı olarak bir ölçüsü olan varyasyon katsayısı (C.V.) tüm modeller için hesaplanmıştır. Bu değer %10'un altında olması beklenir [54].

Tablo 5. 2. Modellerin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler

	KM	C	Tex	aw	SL	MA
Adj-R^2	0,941	0,941	0,943	0,962	0,983	0,929
Pred R^2	0,909	0,909	0,912	0,941	0,973	0,943
Adeq Precision	26,998	26,621	22,992	33,589	51,172	15,301
CV	0,714	5,78	5,34	1,944	3,47	8,824
PRESS	8,003	35,97	14381	0,004	8,46	8790939

Bir regresyon modelinin daha sonra yapılacak gözlemler için bir tahminleme modeli olarak kullanılabilmesi ise Adeq Precision, PRESS ve Pred R^2 istatistikleri kullanılarak belirlenebilir. Düşük PRESS değerleri ve Pre- R^2 ve $\text{adj-}R^2$ değerlerinin

birbirine yakın olması (%20), fit edilen modellerin tahminleme açısından uygun olduğunu göstermektedir [54].

Elde edilen sonuçların istatistiksel olarak bir anlam ifade edebilmesi, bu analizler sırasında yapılan varsayımların geçerliliğinin test edilmesine dayanmaktadır. Kalıntılar, rasgele hata teriminin (ϵ_i) davranışını yansıttığı için bu varsayımların test edilmesinde ve modelin uygunluğunun belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır [54,72].

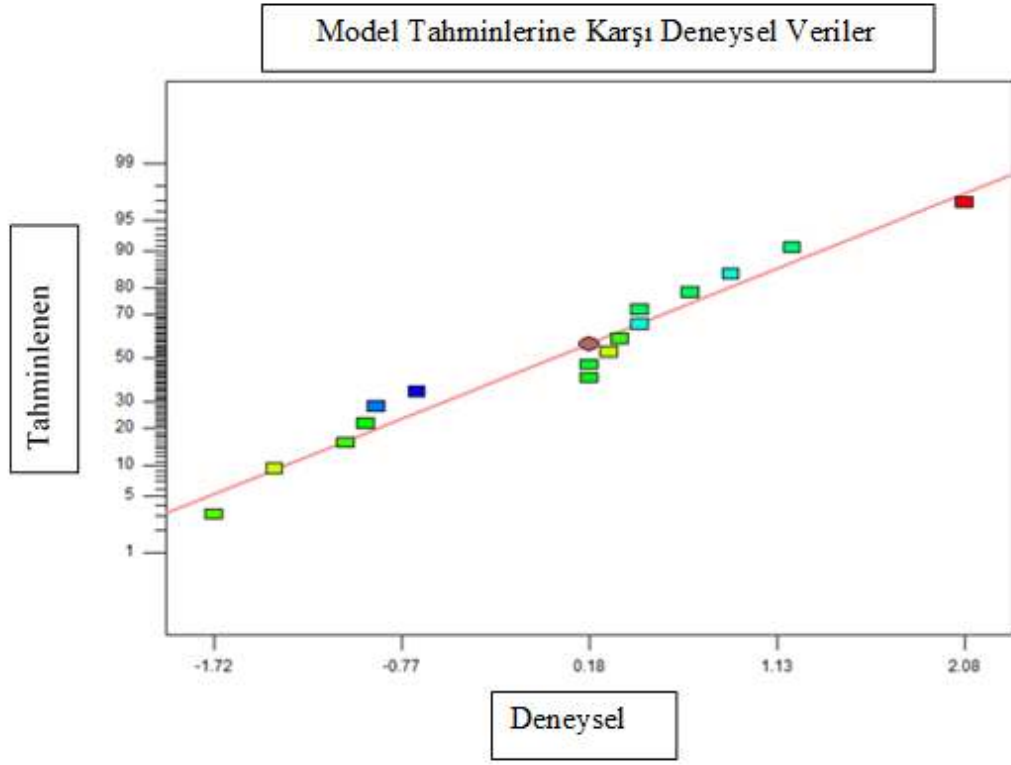
5.1. Yanıt Yüzey Grafiklerinin ve İzohips Eğrilerinin Çizilmesi

Optimizasyon çalışmasında kuru madde değeri (KM) için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Şekil 5.1’de, kuru madde değeri (KM) için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu saptanmıştır [57].

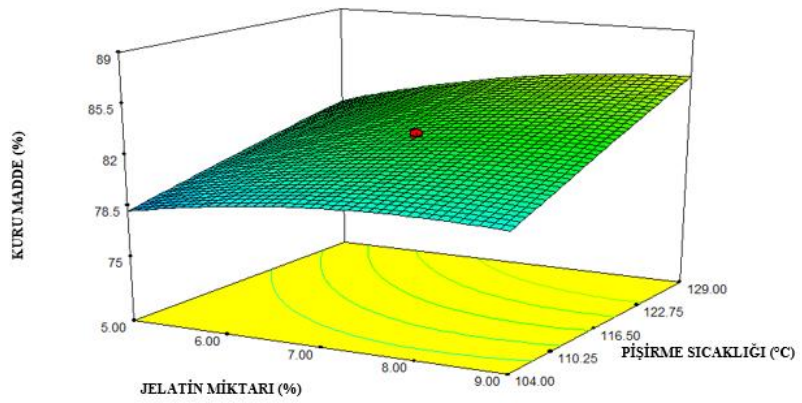
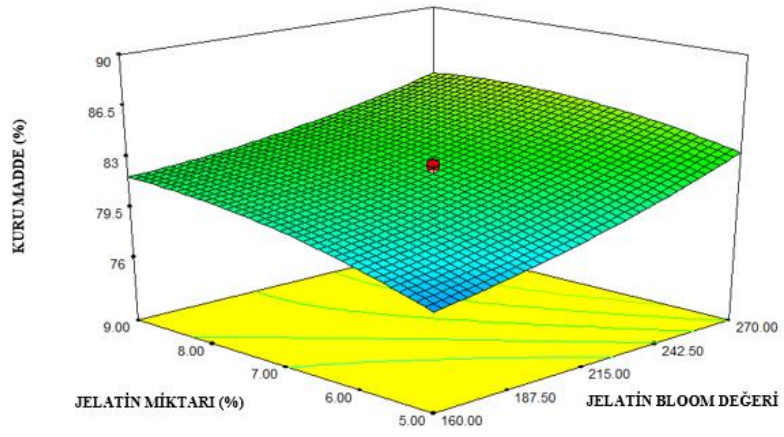
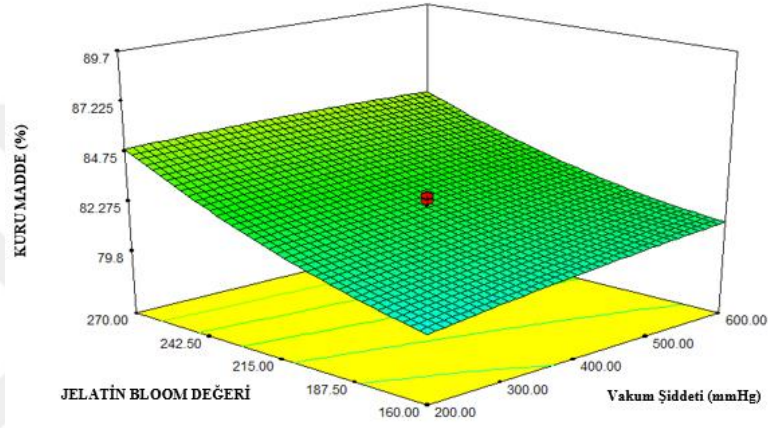
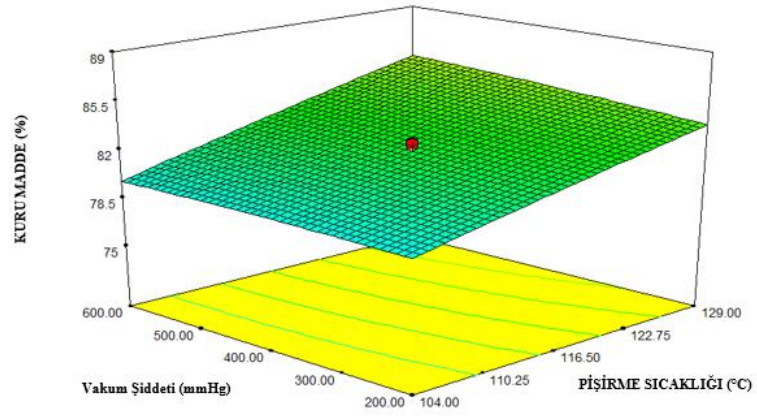
İşlem değişkenlerinin suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, işlem değişkenlerinden herhangi ikisinin deneysel dizaynın merkez noktasında (0) sabit tutulup, diğerlerinin birlikte değiştirilmesi ile elde edilmiştir [55].

Şekil 5.2’de pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının suda çözünür kuru madde miktarı üzerindeki etkisini göstermektedir. Kuru madde değerinin jelatin miktarı, jelatin bloom değeri ve pişirme sıcaklığı ile birlikte arttığı, vakum şiddetiyle ciddi bir değişim yaşamadığı gözlenmiştir.

Lamadrid ve ark. (2020) tarafından jelly yumuşak şeker ürünü üzerine yapılan çalışmada pişirme sıcaklığındaki artışın, pişirme süresi ve jelleştirici ajan miktarındaki artışın ürünlerdeki kuru madde miktarı üzerindeki artışa sebebiyet verdiği belirtilmiştir [73].



Şekil 5. 1. Modellerin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler

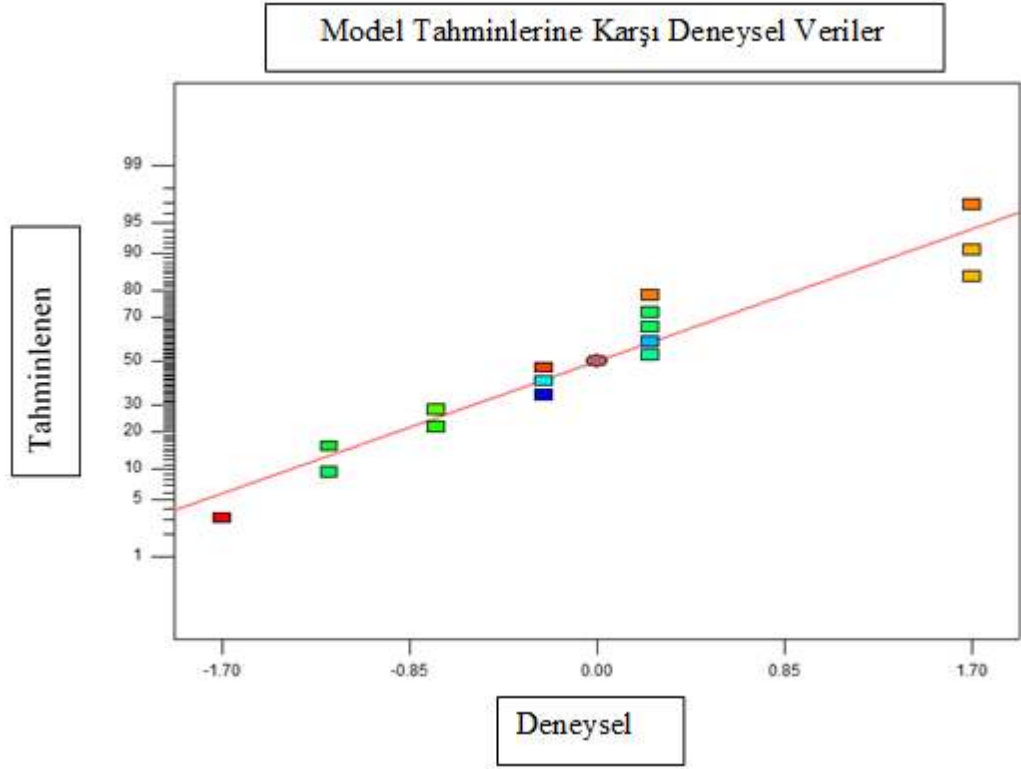


Şekil 5. 2. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının kuru madde değeri için yanıt yüzey ve izohips eğrileri

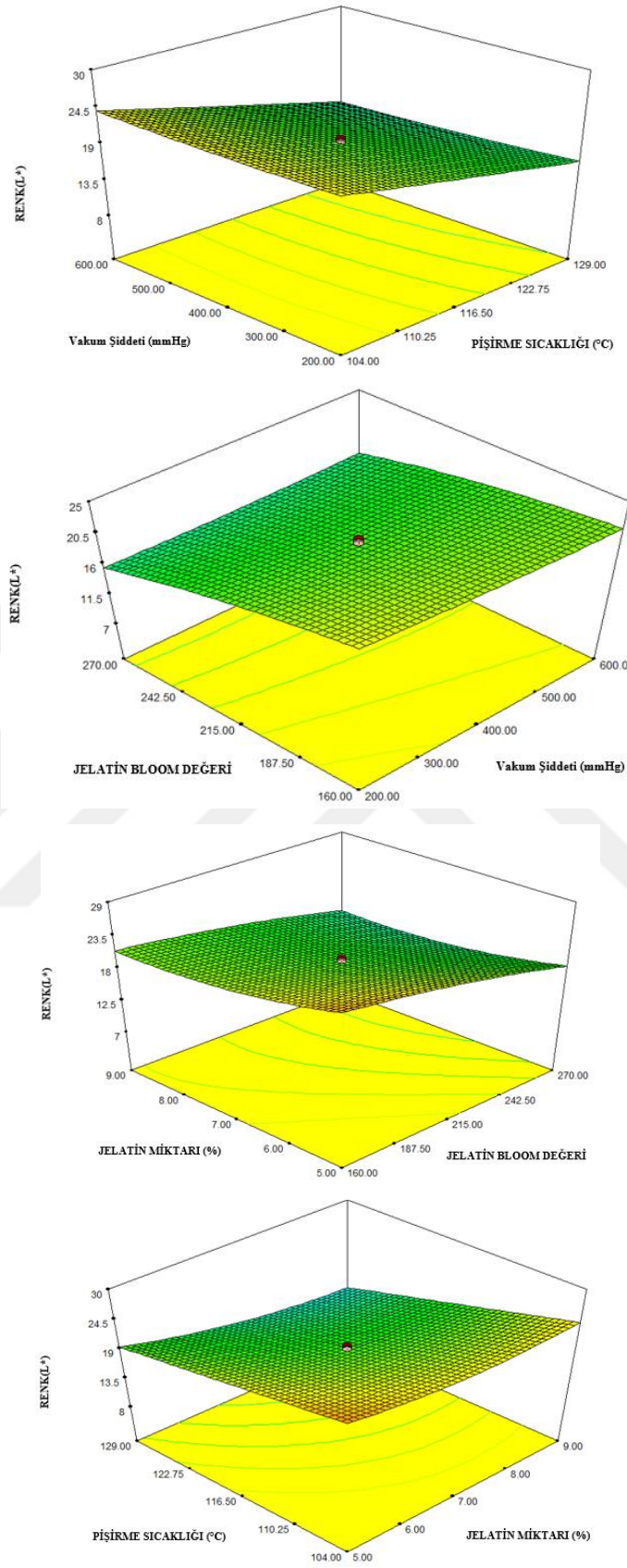
Optimizasyon çalışmasında renk (L^*) değeri (C) için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 5.3’de gösterilmiştir. Şekil 5.3’de, renk değeri (C) için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu saptanmıştır.

İşlem değişkenlerinin suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, işlem değişkenlerinden herhangi ikisinin deneysel dizaynın merkez noktasında (0) sabit tutulup, diğerlerinin birlikte değiştirilmesi ile elde edilmiştir.

Şekil 5.4’de pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının rengin üzerindeki etkisini göstermektedir. Renk değerinin; pişirme sıcaklığı ve jelatin bloom değeriyle arttığı, vakum şiddeti ve jelatin miktarının artması ile ciddi bir değişiklik göstermediği gözlenmiştir. Demircan (2019) tarafından yapılan çalışmada yumuşak şeker ürünlerinde jelleşme derecesindeki artışın rengin L değerini 0’ a yaklaştırdığı yani koyulaştırdığı tespit edilmiştir [9]. Yapılan denemeler sonucu elde edilen sonuçlarda dikkate alındığında Demircan’ın yaptığı çalışmayı destekler yönde sonuçlar bulunmuştur.



Şekil 5. 3 Renk Değeri (L^*) (C) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

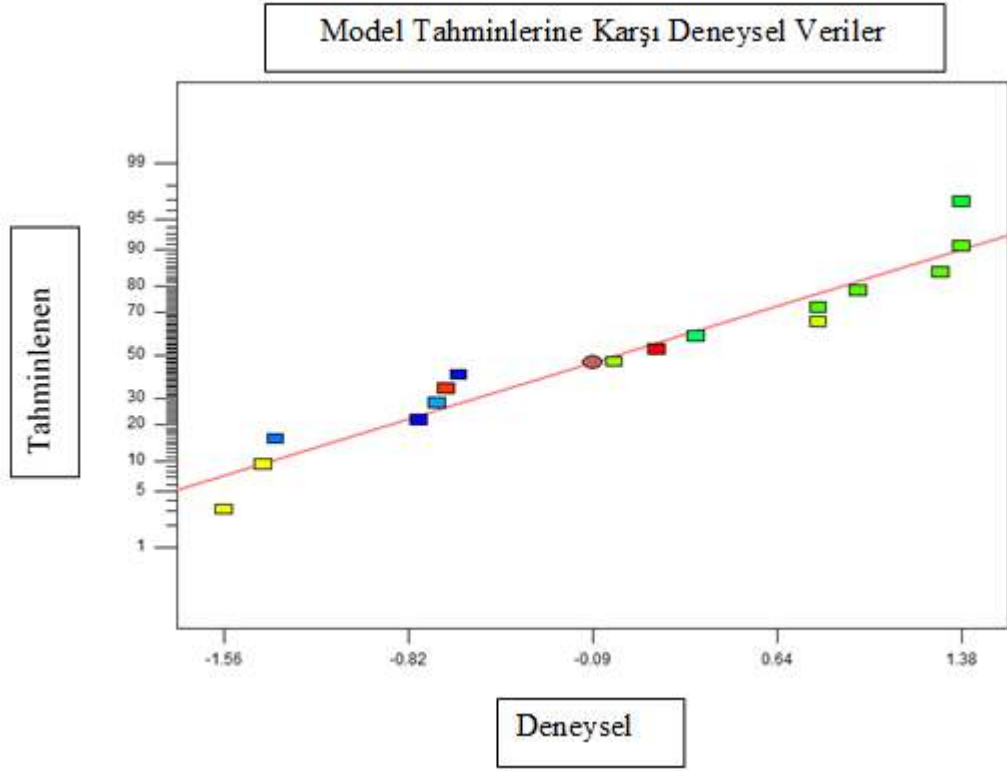


Şekil 5.4 Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının renk(L*) değeri için yanıt yüzey ve izohips eğrileri

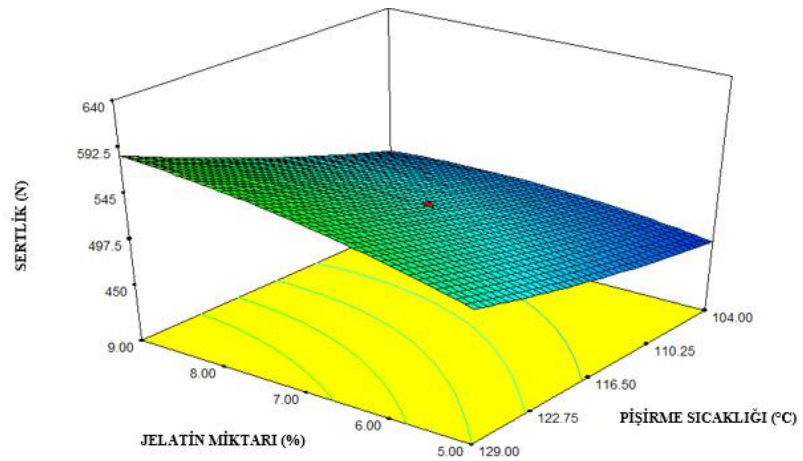
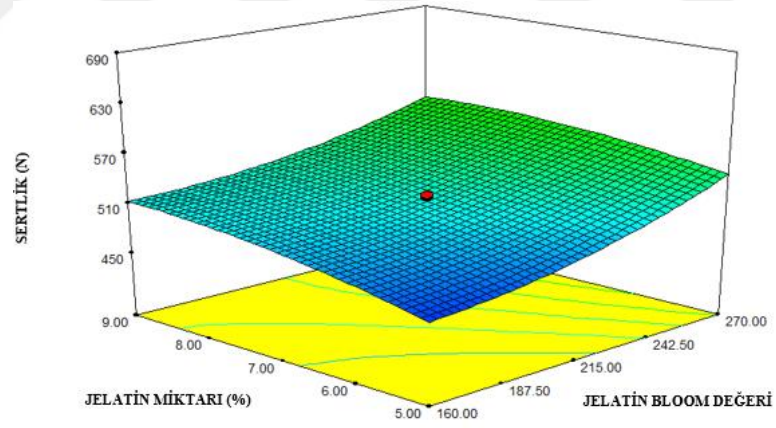
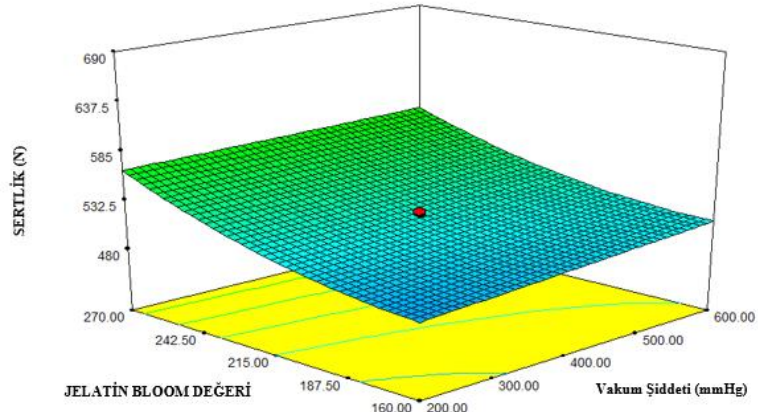
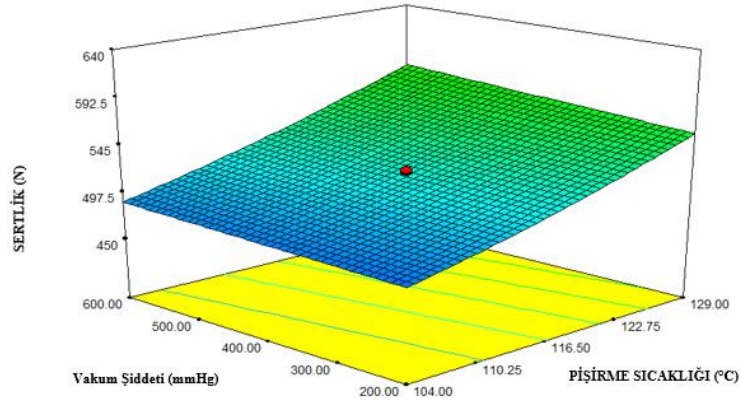
Optimizasyon çalışmasında Tekstür (Sertlik) (Tex) için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 5.5’de gösterilmiştir. Şekil 5.5’de, Tekstür (Sertlik) (Tex) için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu saptanmıştır.

İşlem değişkenlerinin suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, işlem değişkenlerinden herhangi ikisinin deneysel dizaynın merkez noktasında (0) sabit tutulup, diğerlerinin birlikte değiştirilmesi ile elde edilmiştir.

Şekil 5.6’da pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının Tekstür (Sertlik) üzerindeki etkisini göstermektedir. Sertliğin; jelatin miktarı, jelatin bloom değeri ve pişirme sıcaklığının artışıyla arttığı gözlenmektedir. Jelatinin jelleşip sertliğin arttırması için sıcaklığa ihtiyaç vardır. Ancak yüksek sıcaklıklara çıkıldığında protein yapıda olan jelatin denatüre olmaktadır. Bu nedenle pişirme sıcaklığı derecesi oldukça önemlidir. Jiamjariyatam (2017), jelly tipi çiğnenebilir şekerlemelerde jelatin ve izomaltulozun kalite üzerine etkisini incelediği çalışmada, jelatin seviyesindeki artışın, jelatin molekülleri arasında oluşan hidrojen bağlarını artırarak şekerlemelerde sertliği arttırdığını tespit etmiştir [74]. Başka bir çalışmada Cengiz (2020), jelly ürünü içerisindeki jelleştirici ajanın artışının ürün sertliği üzerine etkisinin önemli olduğunu, jelleştirici ajanın miktar artışının ürün sertliğini de arttırdığını doğrulamıştır [75]. Bu araştırmalarla tutarlı olarak yapılan denemelerde jelatin miktarındaki artışın doğrusal olarak ürünün sertliğini de arttırdığı görülmüştür.



Şekil 5. 5. Tekstür (Sertlik) (Tex) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

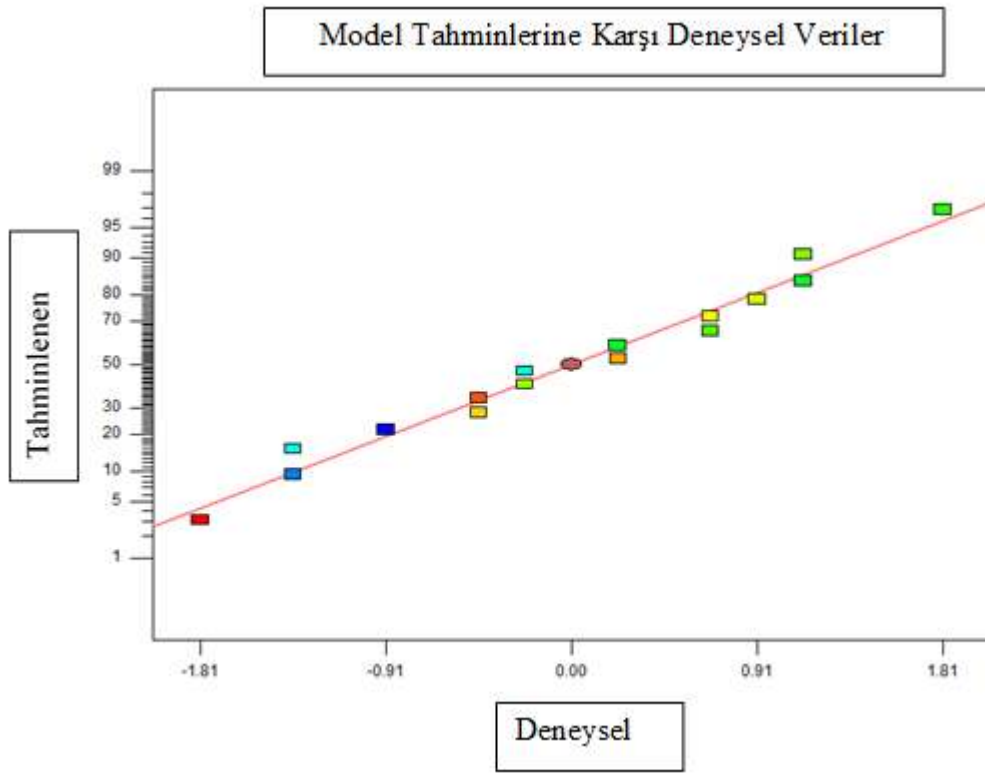


Şekil 5. 6. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının Tekstür (Sertlik) için yanıt yüzey ve izohips eğrileri

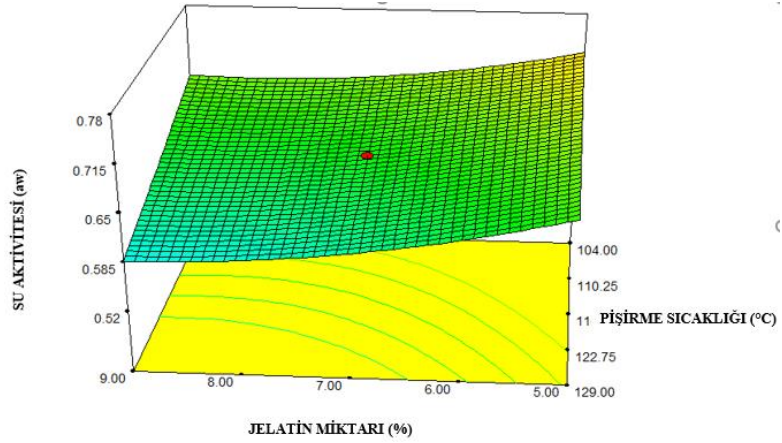
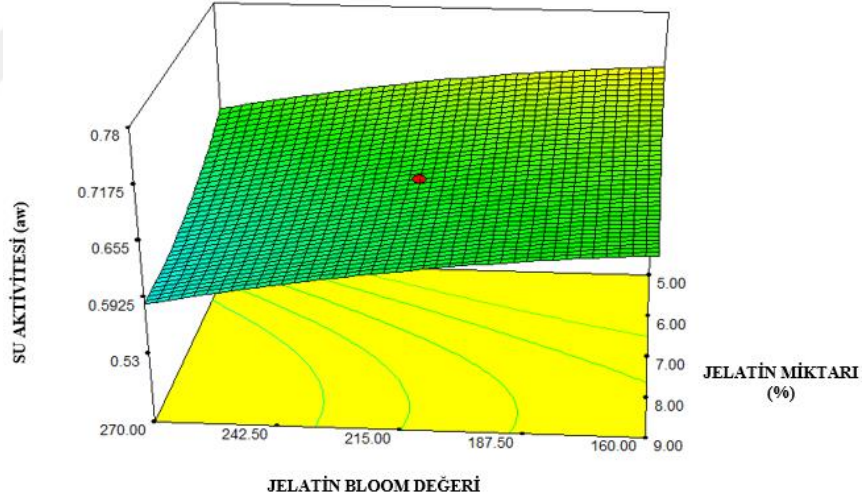
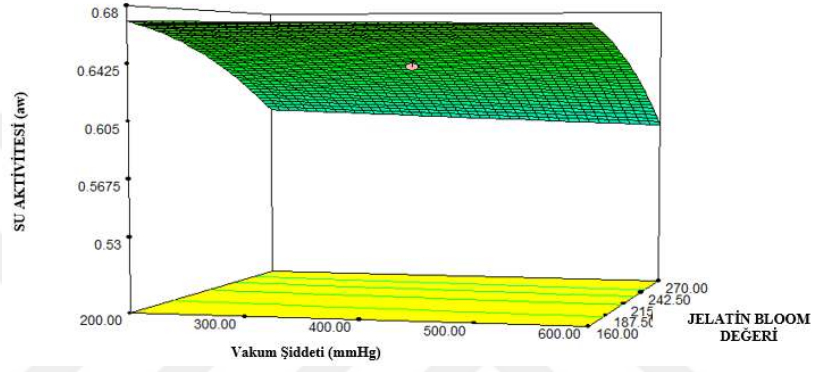
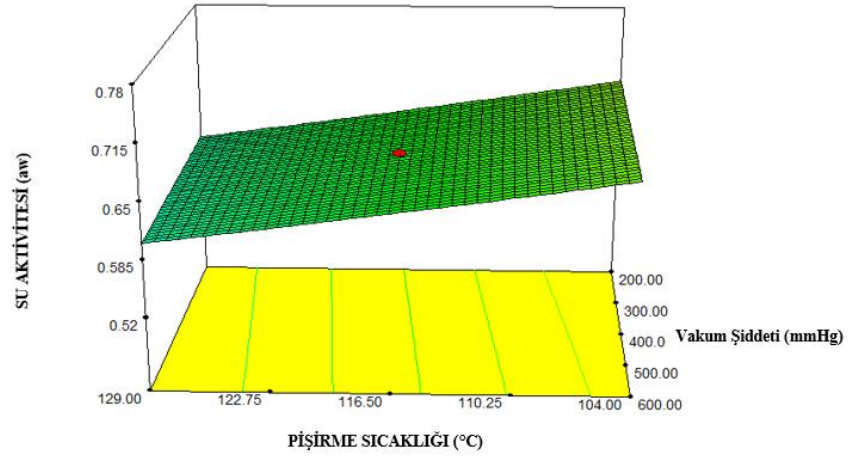
Optimizasyon çalışmasında su aktivitesi (aw) için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Şekil 5.7’de, su aktivitesi (aw) için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu saptanmıştır.

İşlem değişkenlerinin suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, işlem değişkenlerinden herhangi ikisinin deneysel dizaynın merkez noktasında (0) sabit tutulup, diğerlerinin birlikte değiştirilmesi ile elde edilmiştir.

Şekil 5.8’de pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının su aktivitesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Su aktivitesinin izohips eğrilerinde pişirme sıcaklığının artması, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının artması ile birlikte su aktivitesinin düştüğü, vakum şiddetinde belirgin bir fark görülmesine de vakum şiddetinin azalmasıyla su aktivitesinin arttığı tespit edilmiştir. Salanta ve ark. (2015) yaptığı çalışmada havuç ve çilek konsantrelerinden üretilmiş jelly yumuşak şekerlerde su miktarı arttıkça su aktivitesinin de arttığına ilişkin tespitlerde bulunmuştur [76]. Jelly yumuşak şeker ürünü içerisindeki su miktarının artması ürünün su aktivitesini arttıracığından dolayı ürünün bozulmasını hızlandırıp raf ömrünün kısa olmasına sebebiyet verecektir. Yapılan denemelerde de Şekil 5.8’ de görüldüğü gibi ürün içerisindeki kuru madde oranının arttırılması ya da pişirme sıcaklığının yükseltilmesi ürünün su aktivitesini azaltmaktadır.



Şekil 5. 7. Su Aktivitesi (a_w) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

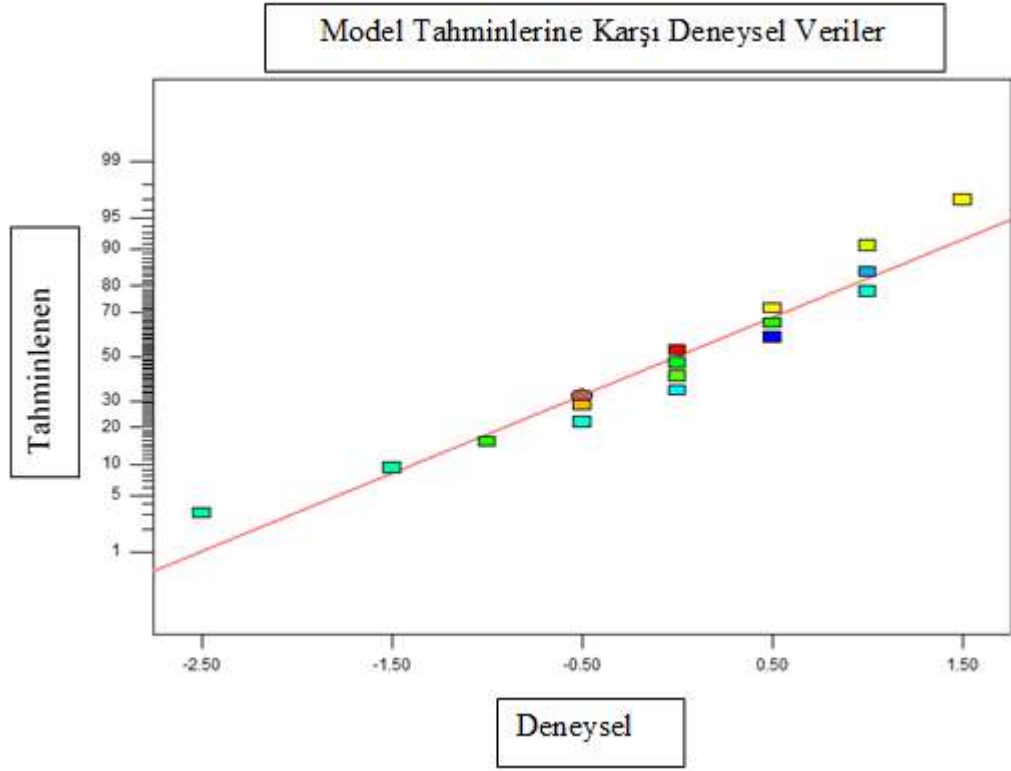


Şekil 5. 8. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının su aktivitesi için yanıt yüzey ve izohips eğrileri

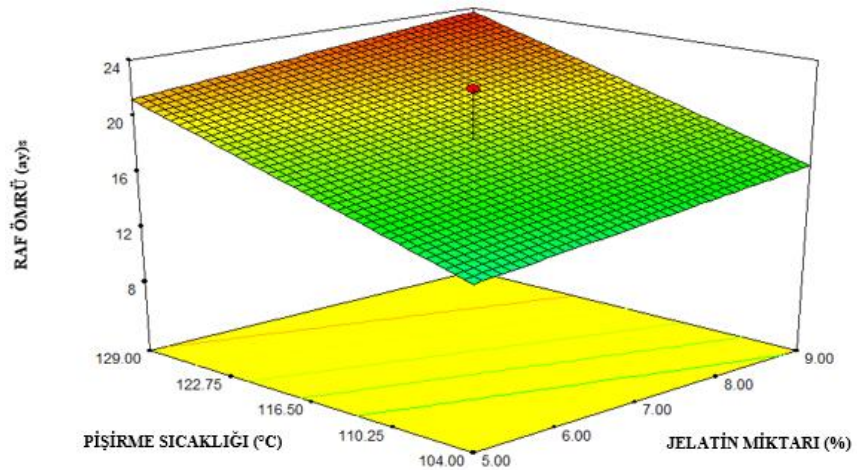
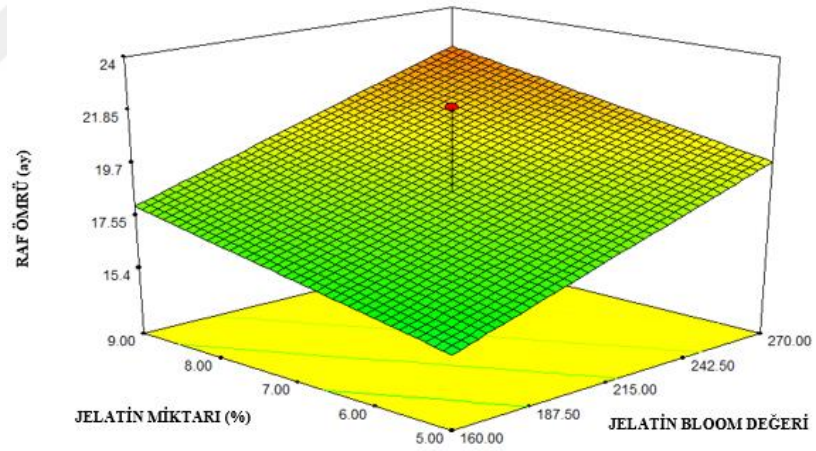
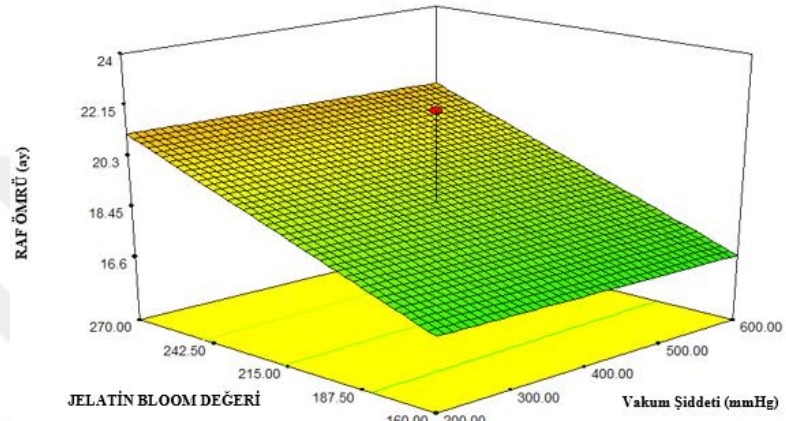
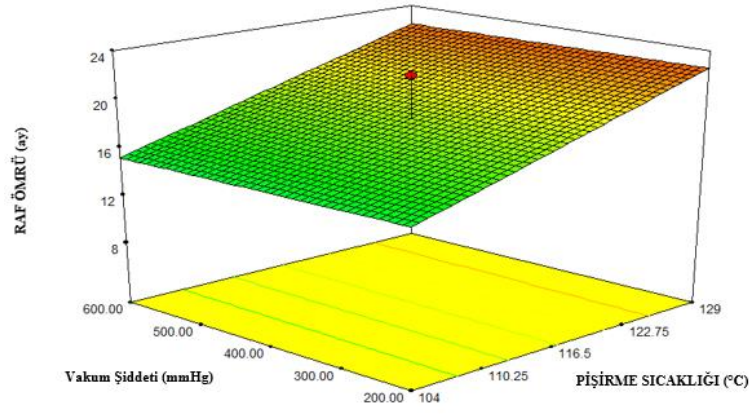
Optimizasyon çalışmasında raf ömrü (SL) için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 5.9’da gösterilmiştir. Şekil 5.9’da, raf ömrü (SL) için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu saptanmıştır.

İşlem değişkenlerinin suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, işlem değişkenlerinden herhangi ikisinin deneysel dizaynın merkez noktasında (0) sabit tutulup, diğerlerinin birlikte değiştirilmesi ile elde edilmiştir.

Şekil 5.10’da pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının raf ömrü üzerindeki etkisini göstermektedir. Raf ömrünün izohips eğrilerinde pişirme sıcaklığı, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının artmasıyla birlikte raf ömründe artış olduğu, vakum şiddetindeki değişimle anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Jackson ve Lees (1973) yaptıkları çalışmada jelly yumuşak şeker ürünlerindeki kuru madde miktarı ve su aktivitesinin raf ömrü üzerinde etkili olduğuna dair tespitlerde bulunmuşlardır. Kuru madde miktarının ürün içerisine katılan hammaddelerin oranı ve pişirme sıcaklık ile süresine bağlı olduğuna dair çalışmaları bulunmaktadır [4]. Tablo 5.10’ da görüldüğü gibi jelatin miktarının, jelatin bloom değerinin ve pişirme sıcaklığının artmasıyla raf ömrünün arttığı gözlemlenmiştir. Bu gözlem ile daha önce yapılmış olan çalışmalar arasında tutatlı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 9. Raf Ömrü (SL) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

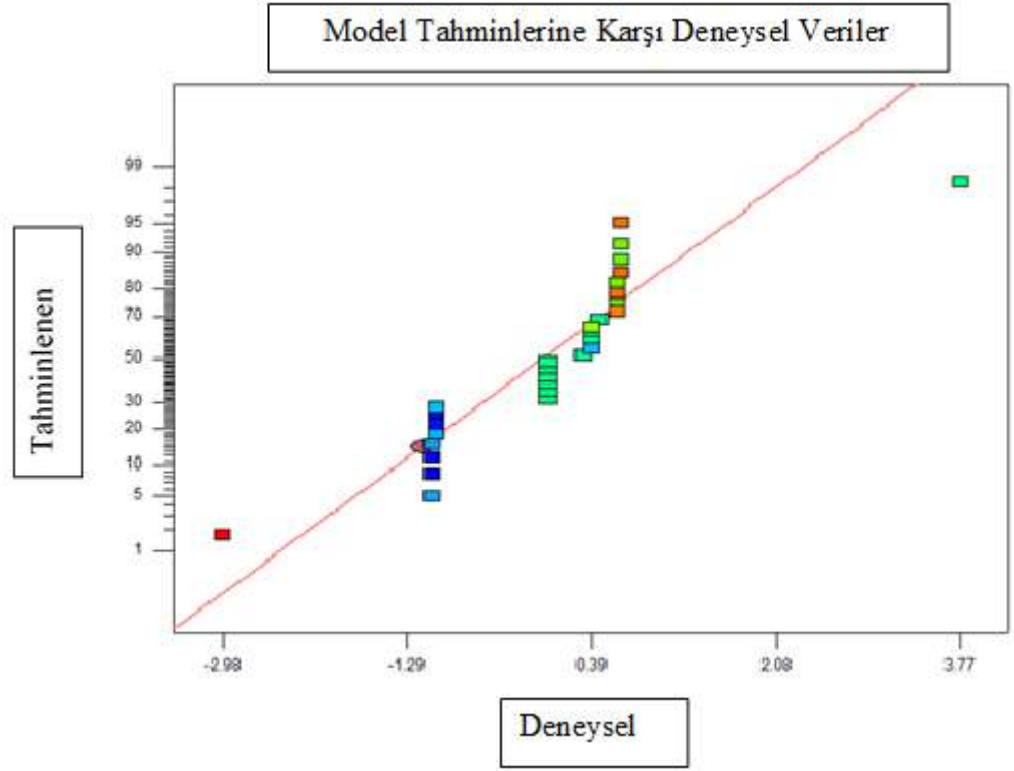


Şekil 5. 10. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının raf ömrü için yanıt yüzey ve izohips eğrileri

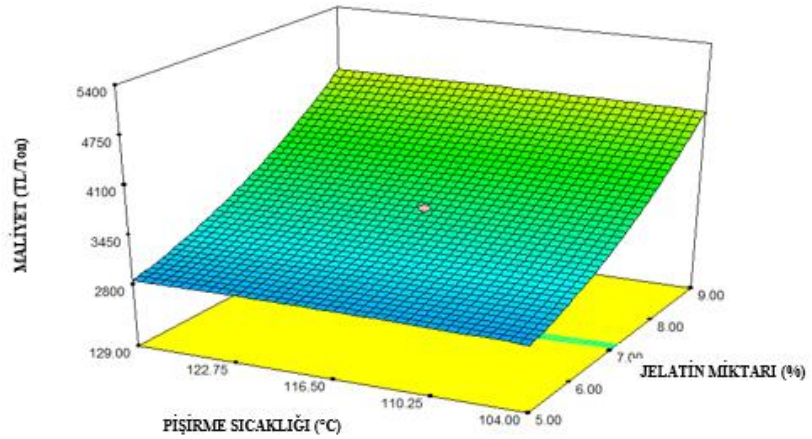
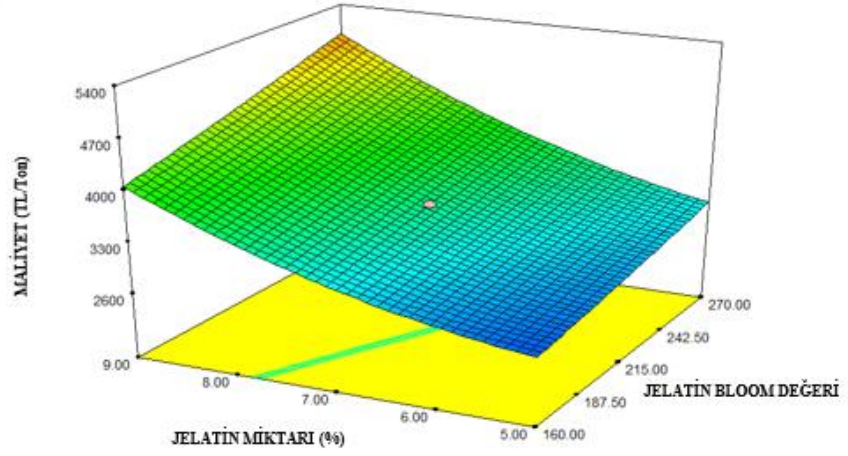
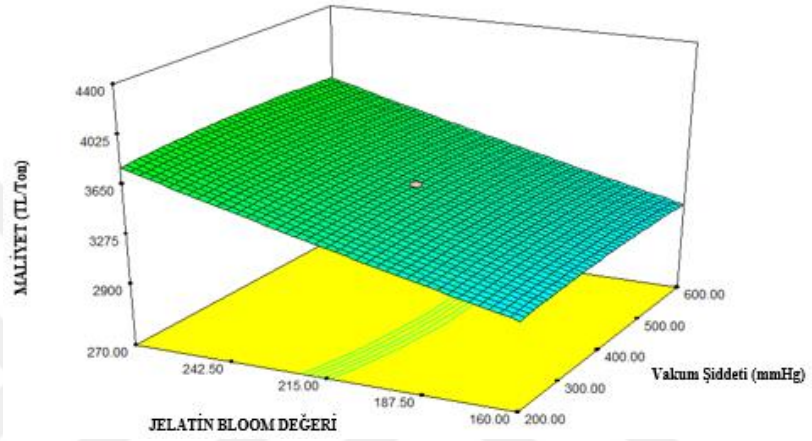
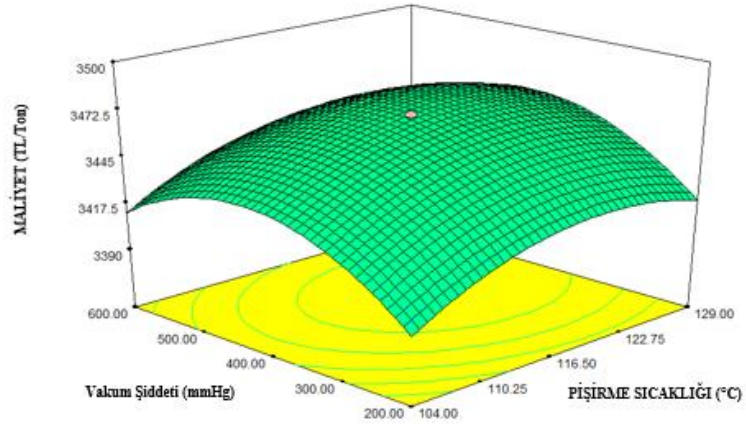
Optimizasyon çalışmasında maliyet (MA) için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 5.11’de gösterilmiştir. Şekil 5.11’de, maliyet (MA) için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu saptanmıştır.

İşlem değişkenlerinin suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü, maliyet üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, işlem değişkenlerinden herhangi ikisinin deneysel dizaynın merkez noktasında (0) sabit tutulup, diğerlerinin birlikte değiştirilmesi ile elde edilmiştir.

Şekil 5.12’de pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının maliyet üzerindeki etkisini göstermektedir. Maliyetin izohips eğrilerinde jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının artmasıyla birlikte maliyetinde arttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5. 11. Maliyet (MA) için tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler



Şekil 5. 12. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının maliyet için yanıt yüzey ve izohips eğrileri

Yanıt-1 (Kuru Madde): Model bu haliyle anlamlıdır. Tasarımdaki bağımsız değişkenlerin tamamına baktığımızda p değerinin $<0,0001$ olduğunu, bu faktörlere baktığımızda da p değerlerinin 0,05'den küçük olduğunu görmekteyiz. Bu tespitle bu faktörlerin modeli anlamlı bir Şekilde etkilediğini söylemek mümkündür (Ek Tablo 7). Avelar ve ark. (2020) , jelly yumuşak şekerin kuru madde içeriğine ait sebeplerini saptanmaya çalıştığı çalışmada jelleştirici ajanın miktarının artışının ve pişirme sıcaklığının yüksekliğinin ürün kurumaddesini arttırdığını tespit etmişlerdir [69].

Yanıt-2 (RENK): Model bu haliyle anlamlıdır.

Tasarımdaki bağımsız değişkenlerin tamamına baktığımızda p değerinin <0.0001 olduğunu, bu faktörlere baktığımızda da p değerlerinin 0.05'den küçük olduğunu görmekteyiz. Bu tespitle bu faktörlerin modeli anlamlı bir Şekilde etkilediğini söylemek mümkündür (Ek Tablo 8). Nilgün Efe'nin (2018) yaptığı çalışmada yumuşak şekerlerin fazla pişirilmesi sonucu renginin koyulaştığını, esmerleşmelerin gerçekleştiğini tespit etmiştir [70].

Yanıt-3 (Tekstür (Sertlik)): Model bu haliyle anlamlıdır. Tasarımdaki bağımsız değişkenlerden B (Vakum Siddeti) 'nın p değerinin 0,8906'dır. Diğer bağımsız değişkenlerin p değeri 0.05'den küçük olduğundan modeli anlamlı bir Şekilde etkilediğini söylemek mümkündür (Ek Tablo 9). Mutlu ve ark. (2018) yaptıkları araştırmada jelatin miktarındaki artışın ürettikleri şekerlemelerin sertliğini arttırdığını belirlemiştir [71]. Ürün içerisindeki jelleştirici ajanın artırılması kuru madde içeriğini yükseltirken aynı zamanda ürünün sertleşmesine sebebiyet verdiği gözlemlenmiştir.

Yanıt-4 (Su Aktivitesi): Model bu haliyle anlamlıdır. Tasarımdaki bağımsız değişkenlerin tamamının p değeri 0,05'den küçük olduğundan modeli anlamlı bir Şekilde etkilediğini söylemek mümkündür (Ek Tablo 10). Demircan' ın (2019) yaptığı

çalışmada jelatin miktarının artmasıyla su aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir [9]. Bu çalışmayı destekler nitelikte jelly üretiminde de ürün içeriğindeki kuru madde oranının artmasıyla su aktivitesinin düştüğü tespit edilmiştir.

Yanıt-5 (Raf Ömrü): Model bu haliyle anlamlıdır. Tasarımdaki bağımsız değişkenlerin tamamının p değeri 0.05’den küçük olduğundan modeli anlamlı bir şekilde etkilediğini söylemek mümkündür. Nilgün Efe’nin (2018) yumuşak şeker üzerine yaptığı çalışmada pişirme süre ve sıcaklığının düşmesiyle ürünün raf ömrünün de kısaldığına dair çalışmalarda ve tespitlerde bulunmuşlardır [70]. Denemeler sonucunda yapılan yapılan raf ömrü çalışmalarında bu araştırmaları destekler nitelikte pişirme sıcaklığındaki artışın raf ömrünü uzattığı görülmüştür.

Tablo 5. 3. Raf ömrü için beklenen ve gözlenen değerler

Yanıt 5 Raf Ömrü					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	DF	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	313,75	4	78,438	215,703	< 0,0001
A-Pisirme Sıcaklığı	90,25	1	90,250	248,188	< 0,0001
B-Vakum Sıddeti	30,25	1	30,250	83,188	< 0,0001
C-Jelatin Bloom Degeri	72,25	1	72,250	198,688	< 0,0001
D-Jelatin Miktarı	121,00	1	121,000	332,750	< 0,0001
Kalıntı	4,00	11	0,364		
Lack Of Fit	156,866	20	7,843	2,941	0,117
Toplam	317,75	15			
Std. Dev.	0,60		R-Squared	0,987	

Mean	17,38		Adj R-Squared	0,983	
C.V. %	3,47		Pred R-Squared	0,973	
PRESS	8,46		Adeq Precision	51,172	

Yanıt-6 (Maliyet): Model bu haliyle anlamlıdır. Tasarımdaki bağımsız değişkenlerden jelatin bloom değeri ve jelatin miktarının p değeri 0,05’den küçük olduğundan modeli anlamlı bir şekilde etkilediğini söylemek mümkündür.

Tablo 5. 4. Maliyet için beklenen ve gözlenen değerler

Yanıt 6 Maliyet					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	DF	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	20999801,4	14	1499985,814	14,742	< 0,0001
A-Pisirme Sıcaklığı	4045,648	1	4045,648	0,039	0,8446
B-Vakum Sıddeti	2090,390	1	2090,390	0,020	0,8879
C-Jelatin Bloom Değeri	2939833,122	1	2939833,122	28,893	< 0,0001
D-Jelatin Miktarı	16391586	1	16391586	161,1014	< 0,0001
Kalıntı	1526204,734	15	101746,9822		
Lack Of Fit	1526205	10	152620,5		
Toplam	22526006	19			
Std. Dev.	0,684		R-Squared	0,932	
Mean	3614,746		Adj R-Squared	0,929	
C.V. %	8,824		Pred R-Squared	0,943	
PRESS	8790939		Adeq Precision	15,301	

Son 20 yılda yanıt yüzey yöntemi gıda bilimi ve teknolojisi alanında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Yanıt yüzey yöntemi sayesinde, basit empirik modeller

kullanarak, sistem modellenebilmektedir. Sistemin yanıtını etkileyen çok sayıda değişken bir arada ve eş zamanlı olarak incelenebilmekte ve prosesin işlem parametrelerindeki değişime verdiği yanıt en az sayıda deneme yapılarak en iyi şekilde tanımlanabilmektedir. Çok farklı gıda proseslerinde başarıyla uygulanabilmesi ve çok fazla yanıt dikkate alınarak optimum noktanın belirlenmesine olanak sağlaması, gıda işlemede yanıt yüzey yönteminin diğer optimizasyon yöntemleri arasından öne çıkmasının en önemli nedenleri arasındadır. Bununla birlikte yanıt yüzey yönteminin en önemli dezavantajı deneysel verilerin ikinci dereceden polinomiyal bir modele fit ettirilmesidir. Eğrilik içeren tüm sistemlerin ikinci dereceden polinomiyal bir model ile uyumlu olduğunu söylemek doğru değildir. Ayrıca modelden tahminlenen değerlerin deneysel doğrulaması mutlaka yapılmalıdır [54, 69].

Jelly yumuşak şeker kalite karakteristikleri üzerine işlem parametrelerinin etkisinin belirlenmesi ve işlem optimizasyonu için optimum işlem koşulları yanıt yüzey metodu kullanılarak belirlenmiştir. Pişirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarı önemli işlem değişkenleri olarak seçilmiştir. Bu değişkenlere bağlı olarak jelly yumuşak şeker işlem parametrelerinin işlem optimizasyonu sırasında suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet değerleri ölçülerek takip edilmiştir. Optimizasyon için gerekli veriler Central Composite Rotatable Dizayn deneme planı izlenerek elde edilmiştir.

Bu sonuçlardan yola çıkarak, işlem değişkenlerinin her bir yanıt üzerindeki etkisi varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilerek belirlenmiştir.

Tablo 5.5’ de gösterildiği gibi bağımsız değişkenler ve yanıtlardan kuru madde, renk (L^*), Tekstür (Sertlik) ve su aktivitesini verilen alt ve üst limit içinde bırakılırken raf ömrü maksimize ve maliyet minimize edilerek programa giriş yapılmıştır. Bu girişler doğrultusunda (0,855-Çok İyi) arzu edilen değer ile optimum sonuçlar verilmiştir (Ek Tablo 11).

Tablo 5. 5. Optimizasyon verileri

	Hedef	Alt Limit	Üst Limit	Alt Ağırlık	Üst Ağırlık	Önem
Pisirme Sıcaklığı	Aralık İçinde	104	129	1	1	3
Vakum Şiddeti	Aralık İçinde	200	600	1	1	3
Jelatin Bloom Değeri	Aralık İçinde	160	270	1	1	3
Jelatin Miktarı	Aralık İçinde	5	9	1	1	3
Kuru Madde	Aralık İçinde	81	85	1	1	3
Renk (L*)	Aralık İçinde	12	29	1	1	3
Tekstür (Sertlik)	Aralık İçinde	4.70	6.08	1	1	3
Su Aktivitesi	Aralık İçinde	0,55	0,68	1	1	3
Raf Ömrü	Maksimize	12	24	1	1	3
Maliyet	Minimize	2334,32	5390,27	1	1	3

5.2. Validasyon üretimi

Optimizasyon sonucu çıkan optimum değerler 3 deneme üretim ile valide edilmiştir. Validasyon üretimine ait tekerrür denemelere ilişkin detaylar Tablo 5.6' da verilmiştir. Validasyon üretimi ile CCD modellerinin yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Optimizasyon sonucunda pişirme sıcaklığının 128, 96 °C, vakum şiddetinin -200 mmHg, jelatin bloom değerinin 269,99 ve jelatin miktarının %5,01 kullanılması durumunda renk L değerinin 21,672, sertliğin 5,81 N, su aktivitesinin 0,621, raf ömrünün 23, 479 ay ve maliyetin 3081,713 TL/ton olacağı 0,855 istenilebilirlik oranıyla bulunmuştur.

Validasyon üretimleri ile optimum koşulda elde edilen sonuçlar açısından, kuru madde, renk (L*) ve su aktivitesi değerleri %95 güven aralığında göre farklı değilken ($p>0,05$), textür değeri farklı ve küçüktür ($p<0,05$), ayrıca maliyet değeri açısından optimizasyon yanıtı olan değeri bir miktar yüksek görünse de istatistiksel açıdan farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Tablo 5. 6. Validasyon üretimi tekrerr denemeleri

	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Vakum Şiddeti (mmHg)	Jelatin Bloom Değeri	Jelatin Miktarı (%)	Kuru Madde (%)	Renk (L*)	Tekstür (Sertlik) (N)	Su Aktivitesi (aw)	Raf Ömrü (ay)	Maliyet (TL/ton)
	128	-200	270	5,1	83,67	21,32	5,12	0,61	24	2915,8
	129	-200	270	5	83,8	22,06	5,15	0,62	24	2860,3
	130	-200	270	5,3	84,3	24,83	5,26	0,59	24	3025,1
Ortalama	129	-200	270	5,133	83,92	22,73	5,18	0,6	24	2933,7
Standart Sapma	1	0	0	0,152	0,33	1,85	7,79	0,01	0	83,87

6.SONUÇ

Jelly yumuşak şekerin optimizasyon işleminde maliyetin en az ve raf ömrünün en fazla olduğu optimum işlem koşulları yanıt yüzey metodu kullanılarak belirlenmiştir. Yanıt yüzey metodu optimizasyon işleminin karakterize edilmesi, geliştirilmesi ve optimizasyonu için az sayıda deneme ile tüm işlem değişkenlerini ve bu değişkenler arasındaki interaksiyonlarını bir arada inceleyen etkin bir yöntemdir [54].

Yapılan varyans analizi ile tüm işlem değişkenlerinin yanıtlar üzerinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Suda çözünür kuru madde, renk (L^*), Tekstür (Sertlik), su aktivitesi, raf ömrü ve maliyet tahminlenmesinde en uygun model tipinin, ikinci dereceden polinomial modeller olduğu tespit edilmiştir. Yanıt yüzey ve izohips eğrileri değişkenler arasındaki interaksiyonun incelenmesinde ve optimum noktanın bulunmasında büyük kolaylık sağlamıştır.

Bu çalışmada amaç, dört bağımsız değişkene göre çok sayıda yanıtın eşzamanlı olarak optimizasyonu istendiğinden, optimizasyon yanıt yüzey yönteminde yaygın olarak kullanılan desirability fonksiyonu metoduyla etkin bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Jelly yumuşak şeker prosesinin bazı parametrelerinin son ürün kalitesindeki önemli özelliklere etkisini belirlemek amacı ile yapılan optimizasyon çalışmaları sonucu istenilen değerlerdeki ve kalitedeki jelly yumuşak şekerin 0,855 desirability (istenilebilirlik) değeri ile sistemin vermiş olduğu ilk değerlerdir. Toplamda 28 sonuç bulunmuştur.

Optimum proses parametre değerleri sıcaklık 128,96°C, vakum şiddeti 200,1 mm-Hg, Jelatin bloom değeri 269,99, jelatin miktarı %5,01' dir. Bu proses parametrelerindeki son ürün değerleri ise; Suda çözünür kuru madde %84,293, renk (L^*) 21,672, Tekstür (Sertlik) 5,69 N, su aktivitesi 0,621, raf ömrü 23,479 ay ve maliyet 3081, 713 TL/ton olarak bulunmuştur. Programın vermiş olduğu optimum noktadaki değerler ile deneme üretimi yapılmış ve bu noktanın validasyonu sağlanmıştır. Validasyon üretiminde sıcaklık 129°C, vakum şiddeti 200 mm-Hg,

Jelatin bloom değeri 270, jelatin miktarı %5,133 olarak çalışılmıştır. Bu proses parametrelerindeki son ürün değerleri ise; Suda çözünür kuru madde %83,92, renk (L*) 22,73, Tekstür (Sertlik) 5,18 N, su aktivitesi 0,6, raf ömrü 24 ay ve maliyeti 2933,7 TL/ton olarak bulunmuştur. CCD modeli ile validasyon üretiminin yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu çalışmada, istenilen işlem koşullarının belirlenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Ancak, arzu edilen son ürün kalitesine tam anlamıyla ulaşabilmek için pH, toplam asitlik gibi kalite karakteristiklerinin de incelenmesi gerekmektedir.

Gıdaların raf ömrünü belirleyen çevresel faktörler sıcaklık, bağıl nem, ışık şiddeti, oksijen kısmi basıncı, ambalaj materyali özelliği, proses aşamaları ve depolama şartları olarak bilinmektedir. Bileşimsel faktörler ise pH, su aktivitesi, nem içeriği, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, asitlik düzenleyici özelliği ve antimikrobiyal özelliğidir. Bileşimsel faktörler, hammadde çeşidi ve özellikleri ve de ürün formülasyonu ve yapısından etkilenirler [77].

Piştirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarı jelly yumuşak şekerin suda çözünür kuru maddesine, rengine, sertliğine, su aktivitesine, raf ömrüne ve maliyetine farklı şekillerde etki etmektedir.

Piştirme sıcaklığının artmasıyla birlikte suda çözünür kuru madde, renk (L*), Tekstür (Sertlik) ve raf ömrünün arttığı su aktivitesinin ise azaldığı görülmüştür.

Vakum şiddetinin artmasına bağlı grafiklerde ciddi değişimler gözlemlenmesinde suda çözünür kuru madde miktarı, renk (L*) ve raf ömrünün artmasına ve su aktivitesinin azalmasına sebebiyet verdiği görülmüştür.

Jelatin bloom değerinin artması suda çözünür kuru madde, renk (L*), Tekstür (Sertlik) ve raf ömrünü arttırırken su aktivitesinin azaldığı görülmüştür. Jelatin miktarındaki artış ile birlikte suda çözünür kuru madde, renk (L*), Tekstür (Sertlik) ve raf ömrü artarken su aktivitesinin azaldığı görülmüştür.

Jelly yumuşak şeker üretimine ilişkin yapılan bu optimizasyon çalışmasında piştirme sıcaklığı, vakum şiddeti, jelatin bloom değeri ve jelatin miktarları ile çalışarak

ürün kalite özelliklerine olumsuz etki etmeden jelatin miktarı %1,5 düşürölüp raf ömrü 18 aydan 24 aya çıkarılmış ve toplam maliyet %22,41 oranında azaltılmıştır. Jelly yumuşak şeker ana hammaddelerinden olan ve yüksek maliyetli jelatinin bloom derecesi değıştirilmeden kullanım oranının azaltılması ve pişirme sıcaklığının arttırılmasıyla üretim maliyetlerini ciddi Şekilde azaltabileceğı görölmüşür.



7. KAYNAKLAR

1. Sardesai A.N., Segel X.M., Baumholtz M.N., Chen Y., Sun R., Schork B.W., Buonocore R., Wagner K.O., Golecki H.M. Design and Characterization of Edible Soft Robotic Candy Actuators. Cambridge University Press. 2018, DOI: <https://doi.org/10.1557/adv.2018.557>
2. Traxler, H. The Life and Times of Gummy Bears. Harper Collins, New York, 1993, 61 s.
3. Burey P., Bhandari B., Rutgers R., Halley P., Torley P. Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. International Journal of Food Properties, 2009, 12(1), 176–210.
4. Jackson E.B., Lees R. Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture. Leonard Hill (Books) Limited, Londra, 1973, 226-268 s.
5. Konya Sanayi Odası, Şekerleme Sektör Raporu, 2017, Konya, 13 s.
6. Altan A. Özel Gıdalar Teknolojisi. Adana Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 2001, 252 s.
7. Fisher, E.L. Physicochemical Characterization of a Novel Strawberry Confection for Delivery of Fruit Bioactives to Human Oral Mucosa, The Ohio State University, Institute of Science, food engineering department, Columbus, Ohio, ABD, 2011, 115 s. (Yüksek Lisans Tezi)
8. Smidova, I., Copikova, J., Maryska, M., Coimbra, M.A. Crystals in Hard Candies. Czech Journal of Food Sciences. 2003, 21(5), 185-191.
9. Demircan, A. Yüksek Lif İçerikli Jelly Üretimi İçin Formülasyon Optimizasyonu. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2019, 1-94 s. (Yüksek Lisans Tezi).
10. Dickensen, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids. 2003, 17(1), 25-39 s.
11. Top, C. Patates ve Mısır Nişastalarının Farklı Oranlarda Karışımlarının Jelly Üretimi Üzerindeki Tekstür (Sertlik) ve Duyusal Özelliklerinin Araştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2020, 71 s. (Yüksek Lisans Tezi).

12. Jackson, E.B. Sugar Confectionery Manufacture Second Edition, Ed: E B Jackson, New York,1999, 189-217 s.
13. Ramachandran, G.N. Treatise on Collagen, Academic Press, New York, 1967, 53- 65 s.
14. Poppe J. Gelatin. In Thickening and gelling agents for food. Springer, Boston, 1992, 98-123 s.
15. Brinckmann J., Notbohm H. Collagens at a Glance. In: Collagen: Primer in Structure, Processing and Assembly. Ed: Müller P.K., Springer, USA, 2005, 1-6 s.
16. Hulmes DJS. Collagen Diversity, Synthesis, and Assembly. In: Collagen. Structure and Mechanics. 2008, 16-22 s.
17. Baziwane D., He Q. Gelatin: The Paramount Food Additive. Food Rev Int. 2003, 19 (4), 423-435.
18. Masilan K, Neethiselvan N, Jeya R, Sivaraman B, Ravikumar T, Nagarajan M, Karthy A, Sukumar D. Valorization of discarded industrial fish processing wastes for the extraction of gelatin to use as biodegradable fish bait matrix using RSM. PeerJ Materials Science. 2021, DOI: 10.7717/peerj-matsci.14.
19. Nugraheni A, Arifan F, Pratiwi M.D. , Faizah N.A., Setyawan A. Purwoceng Chemical Characterization By FTIR Spectrum And Feasibility Analysis Of Jelly Purwoceng Diversification With The Addition Of Gelatine And Carrageenan. 2020, DOI:10.1088/1742-6596/1524/1/012083
20. Verbeke, D., Thas, O. and Dewettinck, K. Textural properties of gelled dairy dessert containing κ -carrageenan and starch, Food Hydrocolloids,2004, 18, 817-823.
21. Boran, G. Bir Gıda Katkısı Olarak Jelatin: Yapısı, Özellikleri, Üretimi, Kullanımı ve Kalitesi. Gıda Dergisi. 2011, 36(2), 97-104.
22. Valeska R.R.R , Sager F, Chow C.Y., Thybo C., Bredie W. Ahrné L. 3D Printing Of A High Protein Yoghurt-Based Gel: Effect Of Protein Enrichment And Gelatine On Physical And Sensory Properties. 2021, DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110517
23. Boran G., Regenstein JM., Fish Gelatin, In: Advances in Food and Nutrition Research, Ed: Taylor SL , Volume 60, Academic Press, UK, 2010, 119-144 s.
24. Carvalho, A.J.F. Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics. 2013, 129-152.

25. Endress H.U. ve Christensen H.S. "Pectins." Handbook of hydrocolloids, 2009. 274-297 s.
26. Altan A. Özel gıdalar teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana, 1991, s:72-97
27. Şen, Yakup. Vakum Pişirmenin Sert Şeker Kalite Karakteristikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi ve İşlem Parametrelerinin Optimizasyonu. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2017, 143 s. (Yüksek Lisans Tezi)
28. Ayhan, Z. Gıda Kimyası ve Biyokimyası Ders Notları Gdm-205. Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Yayınları. Bışkek, Kırgızistan, 2009, 111 s.
29. Onoğur Altuğ T. Gıda Katkı Maddeleri Kitabı. Sidas Yayıncılık, 2009, 292 s.
30. Aydın, A. Gövde Borulu Tıp Isı Değiştiricilerin Optimizasyonu ve CFD. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2014. 79 (Yüksek Lisans Tezi)
31. Bilişli, A. Gıda Kimyası, Sidas Medya, İzmir, Türkiye, 2009, 121-153 s.
32. Roche J., Royer C.A., Lessons From Pressure Denaturation Of Proteins. The Royal Society, 2018, DOI: 10.1098/rsif.2018.0244
33. FAO Corporate Document Repository. (n.d.) Sugar confectionery. Web site: <http://www.fao.org/wairdocs/x5434e/x5434e0a.htm> 26 Aralık 2021.
34. Minifie B. W. (n.d.). Chocolate, Cocoa and Confectionary. An Aspen Publication. Electronic Book, web site: https://books.google.com.tr/books?id=qdjh_ 13 Aralık 2022, Editor by Ruteh Bloom, USA, 1970, 907 s.
35. Wikimedia Foundation., Caramelization. In Wikipedia Encyclopedia. Website: <http://en.wikipedia.org/wiki/Caramelization>, 2022.
36. Ergun, R., Lietha, R., and Hartel, R.W. Moisture and Shelf Life in Sugar Confections, Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2010, 50(2), 162- 192.
37. Edwards, W.P. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Ed: Caballero, B., Academic Press, Oxford, USA, 2003, 5703-5710.
38. Kchaou, H., Benbettaieb, N., Jridi, M., Moncef, N., Debeaufort F. Temperature On Functional, Structure And Bioactive Properties Of Fish Gelatin Films. 2019 <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105196>.

39. Starowicz M., Zieliński H., How Maillard Reaction Influences Sensorial Properties (Color, Flavor and Texture) of Food Products, Food Reviews International. 2019, DOI: 10.1080/87559129.2019.1600538
40. TKG, 2017. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği, Resmi Gazete, 26.01.2017, Ankara.
41. Jiju, A., Capon, N. Teaching Experimental Design Techniques to Industrial Engineers, International Journal of Engineering Education. 1998, 14(5), 335-343 s.
42. Montgomery, D.C. Experimental Design for Product and Process Design and Development. The Statistician. 1999, 49(2), 159-177 s.
43. Andersson, P. On Robust Design in the Conceptual Design Phase: A Qualitative Approach, Journal of Engineering Design, 1997, 8(1), 75-89 s.
44. Lujan G.A., Howard P.R., Rojasa O.G. , Montgomery D.C., Design Of Experiments And Response Surface Methodology To Tune Machine Learning Hyperparameters, With A Random Forest Case-Study, Expert Systems eith Applications. 2018, DOI: 10.1016/j.eswa.2018.05.024
45. Kolarik, W. J. Creating Quality: Concepts, Systems, Strategies and Tools. Ed: Wilson Bentley Chair, Mcgraw-Hill Inc, New York, ABD, 1995, 175-187.
46. Rekab, K., Shaikh, M., Statistical Design of Experiments with Engineering Applications. CRC Press Inc, Bosa Roca, ABD, 2005, 150-264.
47. Tamhane, A. C. Statistical Analysis of Designed Experiments. John Wiley & Sons, Inc, Publication, New York, ABD, 2009, 720 s.
48. Gass, S.I. ve Assad, A.A. An Notated Timeline of Operations Research: An Informal History, Springer-Verlag New York, NY, ABD, 2004, 1-213 s.
49. Lazic, Z. R. Design of Experiments in Chemical Engineering, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Almanya, 2004, 620 s.
50. Kaymak, F. ,Koç, B. Yanıt Yüzey Yöntemi ve Gıda İşleme Uygulamaları. Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü. 2009, 1-8 s.
51. Myers, R.H., Montgomery, D.C. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. New York, 1995, 856 s.
52. Eren, İ. Patateslerin Osmotik Dehidrasyonunun “Response Surface” Metodu Kullanılarak Optimizasyonu. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2004. (Yüksek Lisans Tezi)

53. Batu, A. Pekmez Üretim ve Denetimindeki Geleneksel Problemler. Dünya-Gıda. 2001, 2, 78-81 s.
54. Montgomery, D.C. Design and analysis of experiments. John Wiley and Sons, New York, ABD, 2001, 757 s.
55. Castillo E.D. Proses Optimization: A Statistical Approach. Ed: Frederick S. Hillier, Springer Science+Business Media, New York, ABD, 2007, 449 s.
56. Neter, J., Wasserman, W., Kutner, M. Applied Linear Regression Models. Richard D. Irwin Inc., Homewood, Illinois, ABD, 1990, 1415 s.
57. Roberto V. Response Surface Methods for High Dimensional Structural Design Problems. University of Florida, 2000, 176 s.
58. Sacchetti, G., Gianotti, A., ve Dalla Rosa, M., Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatment, Journal of Food Engineering. 2001, 49(2-3), 163-173 .
59. Cui, W., Mazza, G., Oormah, B.D. ve Biliaderis, C.G. Optimisation of an aqueous extraction process for flaxseed gum by Response Surface Methodology. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie. 1994, 27, 363-369 .
60. AOAC. 2000. Official methods of analysis., <https://www.cerealsgrains.org/>. Erişim tarihi 19.01.2022.
61. Altan, A. . Laboratuvar Tekniği. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, 1992, No: 36, Adana.
62. Ramlan, N.N.F., Mohd Zin, Z., Juhari, N.H., Smedley, K.L. ,Zainol, M.K. Physicochemical properties and sensory attributes of herbal pastilles affected by the inclusion of Clitoria ternatea (L.) leaves. Food Research. 2021, 5 (1), 478-487.
63. Nhi TTY., Vu ND., Quyen NN. , Thinh PV. , Tho NTM., Truc TT. The Effect Of Malt, Pectin, And Gelatin Concentrations On Elasticity, Color And Sensory Evaluation Of Soursop (Annona Muricata L.) Jelly Candy. IOP Science. 2020, DOI: 10.1088/1757-899X/991/1/012013
64. Armutak, Y., Bayındırlı, A. Gıdalarda raf ömrü belirleme yöntemleri. Gıda, 1995, 20(4), 205-208 s.
65. Saguy, S., Peleg, M. An Integrated Approach to New Food Product Development. Ed: Moskowitz, H.R., Saguy, I.S., Straus, T., Taylor & Francis Group, ABD, 2009, 429-471 s.
66. Doğan, İ., Aydın, R. Gıdalarda Hızlandırılmış Raf Ömrü Testleri. Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi. 2020, 9(1), 109-124.

67. Mizrahi, S. The Stability and Shelf-Life of Food. Ed: David Kilcast ve Persis Subramaniam, Woodhead publishing Limited, Cambridge England, 2000, 107-125 s.
68. Gökmen, V., Öztan, A. Gıdaların Raf Ömrünü Etkileyen Faktörler ve Raf Ömrünün Belirlenmesi. Gıda. 1995, 20(5) , 265-271.
69. Avelar M.H.M., Queiroz G.C. , Efraim P., Sustainable Performance Of Cold-Set Gelation İn The Confectionery Manufacturing And Its Effects On Perception Of Sensory Quality Of Jelly Candies, Cleaner Engineering and Technology. 2020, DOI: 10.1016/j.clet.2020.100005
70. Efe, Nilgün. Jelatin İçerikli Yumuşak Şekerlemelerin Karakterizasyonu Ve Formülasyonu orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Ankara,2018,132 s. (Yüksek Lisans Tezi).
71. Mutlu C., Tontul S.A., Erbaş M. Production of a minimally processed jelly candy for children using honey instead of sugar. 2014, LWT-Food Sci Technol, 93: 499–505.
72. Li Z., Luab D., Gaoa X., Optimization Of Mixture Proportions By Statistical Experimental Design Using Response Surface Method - A Review. Journal Of Building Engineering. 2021, DOI: 10.1016/j.jobbe.2020.102101
73. Lamadrid M.C., Villalba J.C., Sanchez A.C., Harnandez F., Quality Parameters and Consumer Acceptance of Jelly Candies Based on Pomegranate Juice "Mollar de Elche". MDPI Journal Food. 2020, DOI: 10.3390/foods9040516
74. Jiamjariyatam, R. . Influence of gelatin and isomaltulose on gummy jelly properties. Int Food Res J,2017, 25(2): 776–783.
75. Habilla C., Cheng, L.H. Quality of Jelly Candy Made of Acid-Thinned Starch Added with Different Non-Starch Polysaccharides. School of Industrial Technology, Penang,Malaysia, 2015, 9s.
76. Salanta L., Tofana M, Pop C., Socaci S. Pop A., Nagy M. Physicochemical Properties and Sensory Evaluation of Jelly Candy Made from Carrots and Strawberries. UASVM Food Science and Technology. 2015, DOI: 10.15835/buasvmcn-fst:11082
77. Gama T., Wallace H. M., Trueman S. J., Hosseini-Bai S., Quality and shelf life of tree nuts: A review. Scientia Horticulturae. 2018, DOI: 10.1016/j.scienta.2018.07.036

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Figen YEL

Doğum Yeri ve Yılı : Bursa,

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta

Eğitim Durumu

Lise: Biga Anadolu Lisesi, 2012-2018

Lisans: Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2013-2018

Yüksek Lisans: Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Bilimleri Bölümü, 2019-Halen

Mesleki Deneyim

Kervan Gıda San. Ve Tic. A.Ş.

2018-Halen

EKLER

Ek Tablo 1.Suda Çözünür Kuru Madde (KM) için Lack of Fit Testleri

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob> F
Linear	10,26536364	12	0,848365636	33,84635175	< 0,0001
2FI	8,638453636	6	1,284633939	57,22534729	< 0,0001
Quadratic	0,27629811	2	0,129475405	5,382631054	0,0199
Cubic	0	0			
Pure Error	0,3335	13	0,022845308		

Ek Tablo 2. Renk (C) için Lack of Fit Testleri

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob> F
Linear	23,33636364	12	1,94469697	17,84545455	< 0,0001
2FI	17,66969697	6	2,944949495	27,02424242	< 0,0001
Quadratic	0,786036036	2	0,393018018	3,606518283	0,0568
Cubic	0	0			
Pure Error	1,416666667	13	0,108974359		

Ek Tablo 3. Tekstür (Sertlik) (Tex) için Lack of Fit Testleri

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob> F
Linear	236,7372909	12	19,73726758	11,64537248	< 0,0001
2FI	170,4593829	6	28,42634848	16,7838264	< 0,0001
Quadratic	48,32432432	2	24,16284616	14,23846128	0,0005
Cubic	0	0			
Pure Error	22	13	1,6937254692		

Ek Tablo 4. Su Aktivitesi (aw) için Lack of Fit Testleri

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Value	p-value Prob> F
Linear	421,6372641	12	35,1227101	15,2810456	< 0,0001
2FI	236,5483879	6	39,43721798	17,52339266	< 0,0001
Quadratic	1,021109901	2	0,51372145	0,222710478	0,7993
Cubic	0	0			
Pure Error	29,25	13	2,25		

Ek Tablo 5. Raf Ömrü (SL) için Lack of Fit Testleri

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Value	p-value Prob> F
Linear	10,93727273	12	0,912453861	8,483212397	0,0002
2FI	9,548635661	6	12846534343	15,54725128	< 0,0001
Quadratic	0,053622252	2	0,047356126	0,83627424	0,7604
Cubic	0	0			
Pure Error	1,33	13	0,104602692		

Ek Tablo 6. Maliyet (MA) için Lack of Fit Testleri

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F Value	p-value Prob> F
Linear	3188450,805	20	159422,540	8,483212397	0,0002
2FI	3028397,817	14	216314,129	15,54725128	< 0,0001
Quadratic	1526204,733	10	152620,473	0,83627424	0,7439
Cubic	79174,740	2	39587,370		
Pure Error	0	5	0		

Ek Tablo 7. Kuru Madde için Beklenen ve Gözlenen Değerler

Yanıt 1 Kuru Madde					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	DF	Kareler Ortalaması	F- Değeri	P- Değeri
A-Pisirme Sicakligi	19,803	1	19,803	57,588	< 0,0001
B-Vakum Siddeti	6,760	1	6,760	19,659	0,0010
C-Jelatin Bloom Degeri	22,090	1	22,090	64,241	< 0,0001
D-Jelatin Miktari	35,403	1	35,403	102,955	< 0,0001
Kalıntı	3,783	11	0,344		
Lack Of Fit	21,260	10	2,126	18,025	0,0026
Toplam	87,838	15			
Std. Dev.	0,586		R-Squared	0,957	
Mean	82,163		Adj R-Squared	0,941	
C.V. %	0,714		Pred R-Squared	0,909	
PRESS	8,003		Adeq Precision	26,998	

Ek Tablo 8. Renk için beklenen ve gözlenen değerler

Yanıt 2 Renk					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	DF	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	379,00	4	94,75	61,309	< 0,0001
A-Pisirme Sicakligi	121,00	1	121,00	78,294	< 0,0001
B-Vakum Siddeti	25,00	1	25,00	16,176	0,0020
C-Jelatin Bloom Degeri	64,00	1	64,00	41,412	< 0,0001
D-Jelatin Miktari	169,00	1	169,00	109,353	< 0,0001
Kalıntı	17,00	11	1,55		
Lack Of Fit	52,0216	10	5,202	46,358	0,0003
Toplam	396,00	15			
Std. Dev.	1,24		R-Squared	0,957	
Mean	21,50		Adj R-Squared	0,941	
C.V. %	5,78		Pred R-Squared	0,909	
PRESS	35,97		Adeq Precision	26,621	

Ek Tablo 9. Tekstür (Sertlik) için beklenen ve gözlenen değerler

Yanıt 4 Tekstür (Sertlik)					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	DF	Kareler Ortalaması	F- Değeri	P-Değeri
Model	156286,50	4	39071,63	63,230	< 0,0001
A-Pisirme Sicakligi	10712,25	1	10712,25	17,336	0,0016
B-Vakum Siddeti	12,25	1	12,25	0,020	0,8906
C-Jelatin Bloom Değeri	96721,00	1	96721,00	156,524	< 0,0001
D-Jelatin Miktarı	48841,00	1	48841,00	79,039	< 0,0001
Kalıntı	6797,25	11	617,93		
Lack Of Fit	7953,183	10	795,318	1468,143	< 0,0001
Toplam	163083,75	15			
Std. Dev.	24,86		R-Squared	0,958	
Mean	465,88		Adj R-Squared	0,943	
C.V. %	5,34		Pred R- Squared	0,912	
PRESS	14380,96		Adeq Precision	22,992	

Ek Tablo 10. Su Aktivitesi için beklenen ve gözlenen değerler

Yanıt 5 Su Aktivitesi					
Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	DF	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	0,068	4	0,017	95,968	< 0,0001
A-Pisirme Sıcaklığı	0,017	1	0,017	95,333	< 0,0001
B-Vakum Siddeti	0,005	1	0,005	27,641	0,0003
C-Jelatin Bloom Degeri	0,016	1	0,016	88,141	< 0,0001
D-Jelatin Miktarı	0,031	1	0,031	172,756	< 0,0001
Kalıntı	0,002	11	0,000		
Lack Of Fit	0,011	10	0,001	38,861	0,0004
Toplam	0,070	15			
Std. Dev.	0,013		R-Squared	0,972	
Mean	0,685		Adj R-Squared	0,962	
C.V. %	1,944		Pred R-Squared	0,941	
PRESS	0,004		Adeq Precision	33,589	

Ek Tablo 11. Optimizasyon değerleri

Numara	Pişirme Sıcaklığı (°C)	Vakum şiddeti (mmHg)	Jelatin Bloom Değeri (Bloom)	Jelatin Miktarı (%)	Kuru Madde (%)	Renk (L*)	Tekstür (Sertlik) (N)	Su Aktivitesi (aw)	Raf Ömrü (ay)	Maliyet (TL)	İstenilebilirlik
1	128,96	-200,01	269,99	5,01	84,293	21,672	5,69	0,621	23,479	3081,713	0,855
2	129	-224,73	269,99	5	84,402	21,522	5,70	0,620	23,473	3087,091	0,854
3	129	-231,17	270	5	84,442	21,465	5,71	0,620	23,472	3090,150	0,853
4	128,93	-233,55	269,99	5	84,439	21,479	5,71	0,620	23,450	3090,209	0,853
5	129	-247,94	262,46	5	83,961	22,217	5,61	0,627	23,166	3056,623	0,851
6	129	-200	246,67	5	82,575	24,346	5,38	0,644	22,564	2962,266	0,850
7	129	-200,03	245,38	5	82,488	24,485	5,36	0,645	22,514	2956,023	0,850
8	129	-303,86	268,95	5	84,716	21,117	5,73	0,618	23,399	3103,658	0,849
9	129	-308,2	269,99	5	84,813	20,974	5,75	0,617	23,438	3109,850	0,849
10	129	-297,16	270	5,04	84,829	20,926	5,75	0,616	23,468	3117,394	0,848
11	129	-599,39	270	5	85,926	18,818	5,90	0,604	23,317	3096,919	0,848
12	129	-334,52	270	5	84,935	19,821	5,76	0,615	23,427	3114,610	0,847
13	129	-347,71	269,74	5	84,975	19,776	5,76	0,615	23,412	3115,222	0,847
14	129	-564,6	270	5	85,820	18,893	5,88	0,606	23,332	3106,071	0,846
15	128,82	-597,29	269,37	5	85,849	18,947	5,88	0,606	23,241	3094,726	0,846
16	129	-553,29	269,99	5,01	85,796	18,900	5,88	0,606	23,342	3110,816	0,846
17	129	-541	270	5	85,743	18,955	5,87	0,607	23,341	3111,027	0,846
18	129	-411,88	270	5	85,267	19,428	5,80	0,612	23,395	3121,703	0,845

19	129	-418,88	269,98	5	85,294	19,398	5,80	0,612	23,391	3121,783	0,845
20	129	-511,69	269,37	5	85,601	19,105	5,84	0,609	23,329	3112,759	0,845
21	129	-435,24	270	5	85,361	19,325	5,81	0,611	23,385	3121,884	0,845
22	129	-446,12	270	5	85,403	19,280	5,82	0,611	23,380	3121,643	0,845
23	129	-600	270	5,31	86,322	18,111	5,96	0,594	23,512	3178,229	0,838
24	129	-598,84	211,38	5,07	82,877	25,504	5,96	0,656	21,049	2828,753	0,827
25	129	-600	178,14	5,07	81,695	26,589	5,09	0,677	19,742	2682,698	0,806
26	127,12	-200	183,16	5	78,795	28,685	4,73	0,692	19,523	2677,349	0,800
27	128,95	-200	160	6,37	80,832	25,231	5,00	0,655	19,993	2877,466	0,785
28	120,85	-200	160	5,3	77,791	28,320	4,56	0,702	17,001	2635,454	0,712