



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**VAKUM PIŞİRME FONKSİYONUNA SAHİP
EV TİPİ CİHAZ GELİŞTİRİLMESİ,
GELİŞTİRİLEN CİHAZIN PERFORMANSININ
REÇEL ÜRETİMİNDE TEST EDİLMESİ**

Dilara TOMRUK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Figen ERTEKİN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 614.02.00

Sunuş Tarihi : 28.12.2015

Bornova-İZMİR

2015

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**VAKUM PİŞİRME FONKSİYONUNA SAHİP
EV TİPİ CİHAZ GELİŞTİRİLMESİ,
GELİŞTİRİLEN CİHAZIN PERFORMANSININ
REÇEL ÜRETİMİNDE TEST EDİLMESİ**

Dilara TOMRUK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Figen ERTEKİN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 28.12.2015

Bornova-İZMİR

2015

Dilara TOMRUK tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Vakum Pişirme Fonksiyonuna Sahip Ev Tipi Cihaz Geliştirilmesi, Geliştirilen Cihazın Performansının Reçel Üretiminde Test Edilmesi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 28.12.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	: Prof. Dr. Figen ERTEKİN
Raportör Üye	: Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK
Üye	: Prof. Dr. Koray PALAZOĞLU

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Vakum Pişirme Fonksiyonuna Sahip Ev Tipi Cihaz Geliştirilmesi, Geliştirilen Cihazın Performansının Reçel Üretiminde Test Edilmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışım olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

28/12/2015

Dilara TOMRUK

ÖZET

VAKUM PIŞİRME FONKSİYONUNA SAHİP EV TİPİ CİHAZ GELİŞTİRİLMESİ, GELİŞTİRİLEN CİHAZIN PERFORMANSININ REÇEL ÜRETİMİNDE TEST EDİLMESİ

TOMRUK, Dilara

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Figen ERTEKİN

Aralık 2015, 119 Sayfa

Bu çalışmada, vakum altında pişirme/evaporasyon fonksiyonuna sahip aynı zamanda atmosferik basınçta da çalışabilen mutfak tipi (ev tipi) bir pişirme cihazının geliştirilmesi ve çilek reçeli üretiminde performansının test edilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen prototip kullanılarak bu prototipin ev tipi (fırın tipi) kullanımına yönelik şeklinin geliştirilmesi, projeyi destekleyen firma ARÇELİK A.Ş tarafından gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen prototip kullanılarak üretilen çilek reçelleri için optimum üretim koşullarının (sıcaklık ve süre) belirlenmesi amacıyla merkezi tümleşik dizayn kullanılarak optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Merkezi tümleşik tasarım (CCRD) deneme desenine göre vakum altında pişirme yöntemi ile çilek reçeli üretiminde pişirme sıcaklığı ve süresinin etkileri değerlendirilmiştir.

Optimizasyon çalışmasında, bu bağımsız değişkenlerin çilek reçelinin Briksi, renk tonu değeri (Hue), HMF (hidroksimetilfurfural) içeriği ve duyuşal değerlendirme kriterlerinden kaşıқта kıvam değeri üzerine etkileri incelenmiştir. Design Expert programı kullanılarak belirlenen optimum vakum altında pişirme

koşulları; 74.4 °C sıcaklık ve 19.8 dak süre şeklindedir. Optimizasyon çalışmasında yanıt olarak kullanılmayan fakat çilek reçelinin kalitesi açısından önemli olan CIE renk değerleri (L*,a*b*), Chroma(C*) değeri, pH, % titrasyon asitliği (w/v), % invert şeker, % sakkaroz ve % toplam şeker içeriği ile duyuşal özellikleri de analiz edilmiştir. Modele göre belirlenmiş olan optimum işlem koşullarında da en az beş deneme yapılmış ve optimum nokta deneysel olarak da doğrulanmıştır.

Ayrıca vakum altında pişirme yöntemi ile üretilen çilek reçellerinin kalitesinin geleneksel yöntemle üretilen çilek reçelleriyle karşılaştırmak amacıyla, atmosferik basınçta da çilek reçeli üretimi gerçekleştirilmiş ve elde edilen ürünlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Reçel, Çilek reçeli, Vakum Pişirme, Evaporasyon, Optimizasyon, HMF

ABSTRACT

DEVELOPING A HOUSEHOLD VACUUM COOKING EQUIPMENT, TESTING THE PERFORMANCE on STRAWBERRY JAM PRODUCTION

TOMRUK, Dilara

MSc in Food Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Figen ERTEKİN

December 2015, 119 Pages

In this research, a kitchen appliance cooking equipment which can operate either under vacuum or at atmospheric pressure is aimed to be developed and to be tested the performance on strawberry jam production. According to developed kitchen appliance equipment, the prototype for household cooking type (oven type) was developed by the company which financially support the project, Arçelik A.Ş.

In order to determine the optimum cooking conditions of the strawberry jam which was produced using the developed prototype equipment, optimization study was carried out according to Central Composite design. The effect of vacuum cooking conditions in terms of cooking temperature and time on strawberry jam production were investigated based on Central Composite Rotatable Design (CCRD).

The effect of these independent variables on Brix, Hue, HMF content and consistency in spoon which is one of sensory evaluation criteria of strawberry jam were determined in the optimization study. The optimum vacuum cooking conditions were selected as 74.4 °C cooking temperature and 19.8 time by using

Design Expert software. CIE color values (L^* , a^* , b^*), Chroma(C^*), pH, titratable acidity, % (w/v), reducing sugar, %, sucrose, %, total sugar content, % and sensory properties were also determined. But these properties were not used as a response in optimization study. In the optimum process conditions which determined according to the model, at least five experiments were carried out and optimum point was confirmed experimentally.

In addition, to compare the quality of the strawberry jam produced by the vacuum cooking method with conventional method, strawberry jam production were also carried out at atmospheric pressure and physical and chemical properties of obtained strawberry jams were compared.

Keywords: Jam, Strawberry jam, Vacuum Cooking, Evaporation, Optimization, HMF

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca tezimin oluşum aşamasında, yönetiminde ve aynı zamanda çalışmalarım esnasında karşılaştığım sorunların çözümünde bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Figen ERTEKİN 'e,

Çalışmalarım boyunca tezimin her aşamasında hem bilgi ve tecrübeleriyle sorularıma yanıt vermekten kaçınmayan hem de manevi desteğini her daim hissettiğim hocam ve manevi abim Yrd. Doç. Dr. Mehmet KOÇ 'a,

Çalışmalarım süresince gerek analizlerimin yürütülmesi aşamasında gerekse manevi destekleriyle her zaman yanımda olan başta proje arkadaşım Esra DEVSEREN ve değerli çalışma arkadaşlarım Işıl İLTER, Zeynep ATAK ve Ulaş BAYSAN 'a,

HPLC analizlerimin gerçekleştirilmesi aşamasında desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK 'a ve çalışma ekibine,

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen ve bu yolda benimle birlikte yol alan hayat arkadaşım İbrahim OKUT 'a ve sevgili AİLEME,

Tezimin oluşumu ve yürütülmesi aşamasında mali destek sağlamış olan T.C Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı SAN-TEZ projelerine, ARÇELİK A.Ş.'ne ve bilgi ve tecrübeleriyle projemize katkıda bulunan AR-GE mühendisi Yük. Müh. Haluk KARATAŞ 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xix
1 GİRİŞ.....	1
2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1 Evaporasyon İşlemi	5
2.1.1 Vakum altında evaporasyon	6
2.2 Reçel	7
2.2.1 Reçel üretiminde kullanılan hammadde ve katkı maddeleri.....	8
2.3 Reçel Üretimi.....	15
2.3.1 Endüstriyel boyutta reçel üretimi.....	15
2.3.2 Geleneksel yöntemle ev tipi reçel üretimi	18
2.4 Reçelin Pişirilmesi Sırasında Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişimler.....	19
2.4.1 Reçelde HMF oluşumu ve önemi	20
2.5 Reçel Kalitesi Üzerine Yapılan Çalışmalar	23
2.6 Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology)	27
2.6.1 Merkezi tümleşik tasarım (Central composite rotatable design).....	31
2.6.2 Optimizasyon.....	33
3 MATERYAL ve YÖNTEM	35
3.1 Materyal.....	35

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2 Ekipman	36
3.2.1 Vakum altında pişirme düzeneği tasarımı.....	36
3.3 Yöntem.....	39
3.3.1 Atmosferik basınçta çilek reçeli üretimi	39
3.3.2 Vakum altında çilek reçeli üretimi.....	40
3.3.3 Analiz Yöntemleri.....	44
4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA	51
4.1 Atmosferik Basınçta Çilek Reçeli Üretim Koşullarının Çilek Reçeli Kalitesi Üzerine Etkisi.....	51
4.2 Vakum Pişirme Optimum İşlem Koşullarının Çilek Reçeli İçin Belirlenmesi	65
4.2.1 Modelin oluşturulması	67
4.2.2 Çilek reçelinin özellikleri.....	81
4.2.3 Optimizasyon ve sonuçların deneysel doğrulaması	102
5 SONUÇ	106
KAYNAKLAR DİZİNİ	109
ÖZGEÇMİŞ	119
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Reçel pişirmede kullanılan açık kazan	15
2.2 Vakum altında reçel pişirme kazanları	17
2.3 Serbest amino grubu ve karbonil grubu arasındaki kondenzasyon reaksiyon.	21
2.4 Amadori yeniden düzenlemesi	22
2.5 Hidroksimetilfurfuralın kimyasal yapısı.....	22
2.6 a) Furaneol ve b) Mesifuran'ın kimyasal formülü.....	25
2.7 Yanıt Yüzey Yönteminin Akış Şeması.....	30
2.8 Örnek bir CCRD modeli.....	32
3.1 Vakum pişirme düzeneği.....	36
3.2 Karıştırıcı	37
3.3 Düzeneğin Kontrol Ekranı Görüntüsü	39
3.4 HMF miktarının tayininde kullanılan kalibrasyon eğrisi.....	47
4.1 Atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin görünümü a)5 dak, b)10 dak, c)15 dak, d)20 dak.....	54
4.2 Munsell renk sistemine göre Value, Chroma(C*) ve Hue(h°)	55
4.3 Atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen reçellerin tane görünümü, sırasıyla a)5 dak, b) 10 dak, c) 15 dak, d)20 dak	63
4.4 Briks değerleri için modelden (Eş. 4.3) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler.....	72
4.5 Çilek reçeli Briks değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri.....	72
4.6 HMF içeriği için modelden (Eş. 4.2) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler.....	75
4.7 Çilek reçeli HMF değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri.....	75
4.8 Hue değeri için modelden (Eş.4.3) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler.....	77
4.9 Çilek reçeli Hue değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri.....	78

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.10 Kaşıkta kıvam değerleri için modelden (Eş. 4.4) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler	80
4.11 Çilek reçeli kaşıkta kıvam değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohipsleri	80
4.12 Çilek reçellerinin farklı sıcaklık ve sürelerde pişirildikten sonra renklerinde meydana gelen değişim, sırasıyla a) 85.6 °C-12.2 dak, b)85.6 °C-22.8 dak, c)90 °C-17.5 dak, d)75 °C-17.5 dak.....	85
4.13 Vakum altında pişirilen çilek reçellerinin görünümü, a)85.6 °C 12.2 dak b) 85.6 °C 22.8 dak c)75 °C 17.5 dak d)90°C 17.5 dak.....	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Reçel ve marmelatlarda kristalizasyonun önlendiği kuru madde ve buna bağlı invert şeker oranları	10
2.2 Asitlerin pH düşürme ve ekşiliklerine ait değerler	12
2.3 Reçel ve marmelatlarda kuru madde ve pH arasındaki ilişki	12
3.1 Merkezi Tümlleşik Tasarım için değişkenler ve seviyeleri.....	41
3.2 Merkezi Tümlleşik Tasarım deneme planı	42
4.1 Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin renk (L*,a*, b*), Chroma(C*) ve Hue (h°) değerleri.....	51
4.2 Atmosferik basınçta farklı sürelerde üretilen çilek reçellerinin ortalama analiz sonuçları.....	52
4.3 Çilek reçelinin renk, Chroma ve Hue değerleri üzerine pişirme süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu	56
4.4 Çilek reçelinin kalite parametreleri üzerine pişirme süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu.....	57
4.5 Atmosferik basınçta farklı sürelerde üretilen çilek reçellerine ait duyuşal değerlendirme sonuçları.....	62
4.6 Çilek reçelinin atmosferik basınçta duyuşal beğenisi üzerine pişirme süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu	64
4.7 CCRD deneme planı izlenerek elde edilen deneysel sonuçlar	66
4.8 Her bir yanıt üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisinin önemini gösteren ANOVA tablosu	67
4.9 Her bir yanıt üzerine lineer, quadratik ve interaksiyon terimlerinin bireysel olarak etkisini gösteren ANOVA tablosu	68
4.10 Modelin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler.....	69
4.11 Çilek reçellerinin CIE L*, a*, b* ve renk yoğunluğu (C*) değerleri	82

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.12 Çilek reçellerinin C* değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	84
4.13 Çilek reçellerinin ortalama pH değerleri.....	87
4.14 Çilek reçellerinin pH değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini ANOVA tablosu	88
4.15 Çilek reçellerinin ortalama titrasyon asitliği değerleri.....	90
4.16 Çilek reçellerinin % titrasyon asitliği (% sitrik asit) değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	92
4.17 Çilek reçellerinin ortalama % invert şeker, % sakkaroz ve % toplam şeker değerleri	94
4.18 Çilek reçellerinin % invert şeker, sakkaroz ve toplam şeker değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	96
4.19 Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin duyuşal değerlendirme sonuçları.....	99
4.20 Çilek reçelinin duyuşal beğenisi üzerine farklı sıcaklık ve sürelerin etkilerini gösteren ANOVA tablosu	101
4.21 Desirability fonksiyonu yaklaşımı kullanılarak elde edilen optimum nokta çözümü.....	102
4.22 Optimum nokta doğrulama denemeleri sonuçları.....	103
4.23 Optimum noktada ortalama deneşel değerlerin modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması	104

SİMGELER ve KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$+\alpha$	Maksimum aksenal nokta
a^*	CIE yeşil ve kırmızılık değeri
$adj-R^2$	Düzeltilmiş regresyon katsayısı
b^*	CIE mavi ve sarı değeri
BX	Briks
C^*	Renk yoğunluğu
$CaCl_2$	Kalsiyum klorür
C.V.	Varyasyon katsayısı
E miktarı	Titrasyon asitliği analizinde 1 ml 0,1 N NaOH'' in eşdeğer asit miktarı
F faktörü	Titrasyon asitliği analizinde titrasyonda kullanılan bazın faktörü
F_{cal}	DeneySEL verilerden hesaplanan F-değeri
F_{tab}	Tablodan okunan F-değeri
h°	Renk tonu
H_2O_2	Hidrojen peroksit
k	Kodlanmış faktör sayısı
KK	Kaşıқта kıvam

SİMGELER ve KISALTMALAR(devam)

L*	CIE aydınlık değeri
M	Titration asitliği analizinde titre edilen örneğin gerçek miktarı, ml veya g
N	Deneysel veri sayısı
n_{ax}	Eksenel nokta sayısı
n_c	Merkez nokta sayısı
p	Önemlilik derecesi
Pre- R^2	Tahminlenmiş regresyon katsayısı
PRESS	Tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı
r	Korelasyon katsayısı
R^2	Regresyon katsayısı
SD	Serbestlik derecesi
SH	Standart hata
V	Titration asitliği analizinde harcanan 0,1 N NaOH miktarı, ml
x	Kodlanmış değişken
X_1	Sıcaklık için kodlanmış değişken
X_2	Süre için kodlanmış değişken
x_i	Bağımsız değişkenin boyutsuz sayısı

SİMGELER ve KISALTMALAR(devam)

y	Bağımlı değişken
Y_1	Reçelin briksi (°Briks)
Y_2	Renk tonu (h°)
Y_3	HMF içeriği (mg/kg)
Y_4	Kaşıkta kıvam
α	İstatistiksel önemlilik seviyesi
α_i	Regresyon katsayıları
$-\alpha$	Minimum eksenel nokta
β_i	Regresyon katsayıları

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ANOVA	Varyans analizi
CCRD	Merkezi tümleşik tasarım
GC-MS	Gaz kromatografisi kütle spektrometresi
HMF	Hidroksimetilfurfural
HPLC	Yüksek basınç sıvı kromatografisi
HTK	Hata kareler toplamı
KM	Kuru madde
PID	Oransal-integral-türevsel denetleyici
PLC	Programlanabilir lojik kontrolör
POD	Peroksidaz
PPO	Polifenol Oksidaz
RSM	Response Surface Method (Yanıt Yüzey Metodu)
SPSS	Sosyal Bilimler için İstatistiksel Paket
TGK	Türk Gıda Kodeksi

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada şehirleşme ve yaşlı nüfus artışı, insanları daha sağlıklı beslenmeye yöneltmektedir. Sağlıklı beslenme, genel olarak zararlı bileşen içeriği düşük ve besin değeri yüksek gıdalara erişim ile mümkündür. Zararlı bileşenler birçok gıdanın, genellikle yüksek sıcaklıkta, pişirilmesi sırasında ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan, kullanıcıların hazır olarak satın aldığı gıdalarda ürün raf ömrünü artırmak amacıyla katkı maddeleri bulunabilmektedir. Bu gibi yaklaşımlar nedeniyle, tüketiciler daha sağlıklı pişirme yöntemlerine yönelmekte ve hazır temin ettikleri gıdaları ev ortamında kendi kontrollerinde hazırlama eğilimi göstermektedir. Kullanıcıların bu gıdaları ev ortamında hazırlaması durumunda da kullanılan ev tipi ekipmanlar istenilen kalite ve duyu özelliklerinde ürün elde edilmesine olanak veremeyebilmektedir.

Beslenmemizde önemli yer tutan sebze ve meyveler, mineral ve vitaminler bakımından zengin olmaları nedeniyle günlük diyetin ana taşlarını oluşturmaktadır (Özel, 2006). Fakat sebze ve meyvelerin içerdikleri yüksek orandaki su miktarı, mikroorganizmalar için uygun koşullar yaratarak bu gıdaların dayanıklılığını sınırlandırmaktadır. İlaveten, meyve ve sebzelerin yapısında bulundurduğu karbonhidratlar, azotlu maddeler ve mineraller günlük beslenmenin önemli parçaları olmalarının yanında, mikroorganizmaların gelişimi için elverişli bir ortam yaratmaktadır (Şahin vd., 1994).

Meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak ve hoş gidecek farklı ürünler elde etmek amacıyla kullanılan muhafaza yöntemlerinden birisi şeker ile muhafaza olup, bu yöntem ile elde edilen başlıca ürünlerden biri de reçeldir (Cemeroğlu vd., 2003).

Günümüzde büyük işletmelerde modern teknolojiler kullanılarak endüstriyel düzeyde reçel üretilmesinin yanında evlerde de geleneksel yöntemle reçel üretimi yapılmaktadır. Evlerde reçel üretiminde uygulanan yüksek sıcaklık, gıdanın renginde istenmeyen koyulaşmalara neden olmakta ve besin öğelerinin ve biyolojik yararlılığın azalmasının yanı sıra hidroksimetil furfural (HMF), furfural, melanoidler gibi gıdalarda istenmeyen zararlı bileşenlerin oluşumuna da yol

açmaktadır. Ayrıca ev tipi reçel üretiminde pişirme işlemi, arzu edilen kıvama ulaşılmasında yetersiz kalmakta bu sebeple pişirme sonrasında elde edilen ürün güneş altında tutularak kıvamı arttırılmak istenmektedir. Tüm bu işlemlerin çok uzun süre alması evde reçel yapımını zorlaştırmaktadır. Bunun yanı sıra güneş altında bekletme işlemi gıda güvenliği açısından hijyenik bir uygulama olmayıp üründe mikrobiyal yüke sebep olmaktadır.

Son yıllarda dikkat çekmeye başlayan alternatif pişirme yöntemlerinden biri de vakum altında pişirmedir. Vakum altında pişirme gıdaların atmosferik basınçtan daha düşük basınçlarda, dolayısıyla düşük sıcaklıklarda yiyeceklerin besin değerini kaybetmeden, kızarma sonucu oluşan zararlı içerikler oluşmadan daha kısa sürede pişirilmelerini sağlayan sağlıklı bir pişirme yöntemidir (Garcia-Segoiva et al., 2007). Toplumun sağlıklı yaşam standartlarına giderek daha fazla önem vermesi bu yönetime olan ilginin artmasına sebep olacaktır.

Düşük sıcaklık ve oksijen içeriği nedeniyle vakum pişirme doğal rengin ve lezzetin korunmasını sağlamaktadır (Andres-Bello et al., 2009). Vakum altında düşük sıcaklık uygulaması ile yüksek sıcaklığın neden olduğu gıdanın besleyici değerinde meydana gelen azalma ve kanserojen maddelerin oluşması gibi istenmeyen durumlar en aza indirilirken, pişirme ortamında uygulanan vakum ile birlikte oksijen içeriğinin azalmasıyla da gıdanın oksidasyonu sınırlandırılabilir. Vakum pişirme işleminde kullanılan düşük oksijen içeriğine sahip ortam, geleneksel pişirme işlemi sırasında oluşan ve pişmiş ürünün kalitesini etkileyen enzimatik ve enzimatik olmayan aerobik bozulma reaksiyonlarının meydana gelmesini de azaltabilmektedir (Martinez-Hendez et al., 2013).

Vakum altında pişirme işlemi endüstride reçel, salça gibi ürünlerin üretilmesinde kullanılmakta olup, bu işlem endüstriyel boyuttaki kapalı kazanlarda gerçekleştirilmektedir. Ancak bu fonksiyona sahip yani vakum altında pişirme işlemi gerçekleştirebilen ev tipi bir ekipman ve/veya fırın bulunmamaktadır.

Literatürde vakum pişirme ve kızartma fonksiyonuna sahip Gastrovac isimli bir cihazın bulunduğu bilinmektedir (Andrés – Bello et al., 2009). Fakat bu cihaz daha çok gastronomi mutfakları için tasarlanmış bir cihaz olup, maddi bakımdan her kesimin ulaşabileceği ev tipi bir ekipman özelliği taşımamaktadır. Ayrıca mevcut olan bu cihaz sadece pişirme ve kızartma amaçlı üretilmiş olup, evaporasyon işlemine olanak verecek bir düzenek içermemektedir. Dolayısıyla literatürde vakum altında reçel üretimi gerçekleştirebilen ev tipi bir ekipman ve reçel üretimi ile ilgili çalışma bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı ev tipi kullanım için vakum altında ve atmosferik basınçta çalışabilen, evaporasyon işlemini gerçekleştirebilecek bir cihazın prototipinin geliştirilmesi ve bu prototipin çilek reçeli üretiminde test edilmesidir. Yapılan araştırma kapsamında geliştirilen prototip ile evde reçel üretiminde, istenen kuru madde içeriğine ulaşılması hedeflendiğinde karşılaşılan yüksek HMF içeriği, rengin koyulaşması, ve pişirme işleminin uzun sürmesi gibi sorunların elimine edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca geliştirilen prototip kullanılarak üretilen reçeller için optimum üretim koşullarının da belirlenmesi gerekmektedir.

Bu amaçla CCRD (merkezi tümleşik tasarım) deneme deseni kullanılarak vakum altında pişirme işlem koşulları (sıcaklık ve süre), üretilen çilek reçellerinin Briks değeri, Hue (h°) değeri, HMF içeriği (mg/kg) ve duyuşal değerlendirme kriterlerinden kaşıқта kıvam değerleri dikkate alınarak optimize edilmiştir. Çilek reçeli için optimum pişirme koşulları Design-Expert paket programı kullanılarak tespit edilmiştir. Maksimum Briks değeri, minimum Hue (h°) değeri, minimum HMF içeriği (mg/kg) ve maksimum kaşıқта kıvam değerlerini sağlayacak şekilde gerçekleştirilen optimizasyon çalışması sonucunda optimum çilek reçeli pişirme koşulları 74.38 °C sıcaklık ve 19.82 dak süre olarak bulunmuştur. Farklı işlem koşullarında üretilen çilek reçellerinin Briks değeri, CIE renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), Hue (h°) ve renk doygunluğu (C^*) değerleri, pH, % titrasyon asitliği, HMF içeriği (mg/kg), % invert şeker, % sakkaroz ve % toplam şeker içeriği ile duyuşal kalitesi analiz edilerek belirlenmiştir. Ayrıca üretilen çilek reçellerinin kalitesinin geleneksel yöntemle atmosferik basınçta üretilen çilek reçelleri ile

karşılaştırılabilmesi amacıyla, atmosferik basınçta 4 farklı sürede (5, 10, 15 ve 20 dak) çilek reçeli üretimi gerçekleştirilmiş olup, bahsedilen tüm analizler atmosferik basınçta üretilen çilek reçelleri için de tekrarlanmıştır.

Bu proje kapsamında geliştirilen prototip, tüketicinin arzuladığı ev koşullarında kalite özellikleri daha iyi korunmuş ve zararlı bileşen oluşumu azaltılmış yiyeceklerin hazırlanmasına olanak sağlayacaktır. Geliştirilen ekipmanın özgünlüğü evaporasyon fonksiyonuna da sahip olmasıdır. Bu araştırma sonucunda ortaya çıkan veriler Arçelik firması tarafından, yeni bir teknolojik ürün olan, vakum altında pişirme fonksiyonuna sahip ev tipi fırın geliştirilmesinde kullanılacaktır. Böylece geliştirilen vakum pişirme fonksiyonuna sahip ev tipi fırın ile pazarda müşteri beğenisi artacak, yeni talepler oluşturacak ve yeni bir özellik sunulacaktır.

2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Evaporasyon İşlemi

Buharlaştırma veya evaporasyon işlemi, gıdanın yapısındaki belirli miktarda suyun buharlaştırılarak ayrılması olarak tanımlanmaktadır. Sıvı formdaki gıdaların yapısında yer alan fazla suyu uzaklaştırmak için tercih edilen en kolay yöntem ısı uygulaması ile bu suyun buharlaştırılmasıdır (Gürses, 1986). Bu sebeple buharlaştırma, gıda sanayiinde yaygın olarak kullanılan bir işlem olup özellikle sıvı formdaki süt ürünlerinin, meyve sularının, çözülmüş, emülsiyeye ve süspansiyeye edilmiş ekstraktların konsantre edilmesi veya koyulaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.

Evaporasyon hızını etkileyen temel faktörler (Gürses, 1986);

1. Sıvıya ısı iletim hızı
2. Her bir kg suyun buharlaşması için gerekli ısı miktarı
3. Sıvının yükseltilebileceği maksimum sıcaklık derecesi
4. Buharlaşmanın gerçekleştiği basınç - sıvının kaynama noktası
5. Buharlaşma işleminin devamı süresince gıda maddesinde meydana gelebilecek değişimlerdir.

Isısal ayırma yöntemlerinden biri olarak kabul edilen evaporasyon işlemiyle, bir karışımdaki uçucu bileşenlerin bir kısmı buhar olarak ayrılmakta ve böylece çözeltideki konsantrasyonu yükselerek son üründe katı unsurlar yoğunlaşmaktadır (Yetişmeyen, 2000).

Evaporasyon işlemi ile gıdaların katı madde içeriği arttırılmakta böylece su aktivitesinin azalmasına bağlı olarak ürünün raf ömrü uzatılmaktadır. Evaporasyon işlemi gıdalarda kütle ve hacim azalmasını sağlamasından dolayı gıdaların kurutulması, dondurulması veya sterilizasyonu gibi işlemlerden önce, ön işlem olarak da kullanılmaktadır. Bu avantajların yanı sıra, endüstriyel açıdan ise gıda maddesinin işlenmesi için gerekli olan enerjiden kazanç sağlanmakta ve taşıma, depolama ve ambalajlama maliyetleri azaltılmaktadır (Fellows, 2000).

Evaporasyon işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlardan biri meydana gelebilecek ürün kayıplarıdır. Ürün kayıpları genellikle, gıdanın içerdiği protein ve karbonhidratların sebep olduğu “köpürme” sorunundan kaynaklanmaktadır. Şiddetli bir kaynama işlemi esnasında konsantrede yoğun bir köpük tabakası oluşmakta ve bu da konsantrat ve buharın ayrılmasında birtakım zorluklara neden olmaktadır (Fellows, 2000).

2.1.1 Vakum altında evaporasyon

Kaynama sıcaklık derecesi yüksek olan sıvıların evapore edilmesi işleminde, kaynama sıcaklık derecesinin düşük basınç kullanılarak alt değerlere çekilmesi gerekmektedir. Gıdalar açısından kaynama sıcaklık derecesinin düşürülmesinin sebebi, ürünün uygulanan yüksek sıcaklıktan etkilenecek ısısal bozulmalara uğramasını engellemek ve kalitesini mümkün mertebede koruyabilmektir (Hartel and Heldman, 1998). Kaynama işlemi, sıvının buhar basıncı ortam buhar basıncına erişince gerçekleşmektedir. Bir sıvıyı düşük sıcaklık derecelerinde kaynatmak için basıncın düşürülmesi gerekmektedir. Basınç düşürme işlemi, mekanik olarak jet buhar püskürtücüleri, vakum pompaları ve kondansörlerin genellikle birlikte kullanılması ile sağlanmaktadır.

Yoğuşan buhardan meydana gelen sıvı su, pompa yardımıyla sistemden atılabileceği gibi, barometrik bir kolon yardımı ile de uzaklaştırılabilmektedir. Yoğunlaşmayan kısımlar ise vakum pompaları tarafından emilmektedir (Gürses, 1986).

Vakum altında evaporasyon işlemi gıda sanayiinde genellikle salça, reçel ve marmelat yapımında kullanılmaktadır. Modern işletmelerde reçel ve marmelat pişirme işlemi vakum altında yapılmakta olup, ortalama 550 mmHg düşük basınçta ve düşük sıcaklıkta (67-70 °C) gerçekleştirilmektedir (Batu vd., 2007).

Gıda sanayiinde vakum altında evaporasyon/pişirme işleminin sağladığı pek çok fayda bulunmaktadır (Anonim, 2007):

- Aynı partide daha fazla miktarda üretim yapılabilir.
- Üstün niteliklerde ürün elde edilmekte ve ürünün rengi ve aroması geliştirilmektedir.
- Meyve parçaları dağılmadan pişirme gerçekleştirilmektedir.
- Daha az enerji kullanılmaktadır.
- Pişirme süresi ve üretim kontrol altında tutulabilmektedir.
- Düşük basınç sebebiyle özellikle reçel üretiminde şeker, meyveye daha kolay nüfuz etmektedir.
- İşlem oksijensiz ortamda gerçekleştirildiğinden oksidasyon en aza indirilmektedir.
- Kolay ve kontrollü bir sistemdir.

Vakum sisteminin faydalarının yanı sıra bazı olumsuz yönleri de görülebilmektedir. Kükürt dioksit ile işlem görmüş meyve ve pulpların direkt olarak vakum altında pişirilmesinde problemler yaşanmakta, bu sebeple kükürt dioksidin pişirme öncesinde uzaklaştırılması gerekmektedir. Sakkarozun düşük inversiyon derecesinden kaynaklanan kristalizasyonun önlenmesi için kullanılacak şekere önceden kısmi bir inversiyon uygulanması ya da nişasta şurubu veya invert şeker kullanılması gerekmektedir (Anonim, 2007).

2.2 Reçel

Günlük diyetinde büyük oranda yer kaplayan ve sevilerek tüketilen birçok meyvenin, yetiştirilme sezonu dışında tüketimi mümkün olmamaktadır. Bu sebeple gerek evlerde tüketim açısından gerek ise yıl boyu pazarlanabilecek bir ürün elde edilmesi amacıyla birçok meyveye ısıl işlem, kurutma, şeker ve katkı maddeleri ile bazı ön işlemler uygulanmaktadır (Kaplan, 2006).

Uygulanan muhafaza işlemleri ile, meyvelerin taze özelliklerinin mümkün mertebe korunması ve yıl boyu sevilerek tüketilen ürünler elde edilmesi amaçlanmaktadır. Şeker ile muhafaza yöntemiyle elde edilen en önemli ürünlerden birisi reçeldir.

Reçel en genel tanımıyla olgun, sağlam, taze ve ayıklanmış meyvelerin belirli bir miktar şeker ve katkı maddeleri ile hazırlanmış ve ısı ile istenilen kıvamına getirilmiş halidir (Yılmaz, 2007). Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'ne göre ise reçel: “*Bir veya birkaç çeşit meyvenin püresinin veya pulpunun veya bunların karışımının, su ve şekerler ile uygun bir jel kıvamına getirilmiş karışımı*” olarak ifade edilmektedir (TGK, 2006).

Reçelin en önemli özelliklerinden biri kıvamıdır. Reçel yarı akışkan bir yapıda olmasına rağmen, kıvamı oldukça yüksek olan bir üründür. Reçele bu kıvamı sağlayan en önemli işlem ise, pişirme prosesidir. Pişirme işlemi sırasında bir miktar suyun evaporasyonu sağlanarak istenilen kuru maddeye sahip kıvamlı bir ürün elde edilmektedir. Bunun yanı sıra pişirme işlemi ile, şekerin meyve içerisine penetre olması, sakkarozun inversiyonunun gerçekleştirilmesi, birtakım mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktive edilmesi sağlanmaktadır (Cemeroğlu, 2011).

2.2.1 Reçel üretiminde kullanılan hammadde ve katkı maddeleri

2.2.1.1 Meyve

Reçel üretiminde elde edilecek ürünün kalitesini büyük oranda etkileyen en önemli hammadde kullanılan meyvedir. Reçele işlenecek hammaddelerin zedelenmemiş, hastaliksız, taze ve tüketici beğenisine uygun büyüklükte olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra reçel gibi ürünlerin üretiminde hem istenilen tatta ürün elde edebilmek hem de ürüne uygulanacak teknolojik işlemleri belirlemek amacıyla kütle dengesinin kurulması ve meyvenin pH, briks ve pektin değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu değerlerin bilinmesi, kurulacak olan kütle dengesine göre, dışarıdan eklenmesi gereken şeker, asit ve pektin miktarının bilinmesinde önem arz etmektedir (Tosun, 1991).

Reçel üretiminde kullanılan hammaddeler genellikle meyveler olup, kendi içlerinde aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- **Yumuşak çekirdekli meyveler:** elma, ayva, armut vb.
- **Sert çekirdekli meyveler:** şeftali, kayısı, erik vb.
- **Vişne ve kiraz çeşitleri.**
- **Üzümsü meyveler:** taze yemiş, çilek, böğürtlen, ahududu vb.
- **Kuru meyveler:** kuru kayısı, mürdüm eriği vb.

Reçel üretiminde yukarıda bahsedilen meyveler dışında patlıcan, limon, havuç, domates gibi sebzeler de isteğe göre kullanılabilir. Meyve ve sebze reçellerinin yanı sıra gül reçeli, yeşil limon, portakal kabuğu ve karpuz reçellerinde olduğu gibi çiçek ve kabukların hammadde olarak kullanılması ile üretilen reçeller de mevcuttur (Anonim, 2007).

Reçel üretiminde seçilecek hammaddenin kalitesinin yanı sıra, beraberinde kullanılacak olan katkı maddelerinin de reçel kalitesi üzerinde büyük bir önemi olup, uygun nitelik ve miktarda katkı maddesi kullanımı gerekmektedir.

2.2.1.2 Karbonhidratlar ve tatlandırıcılar

Reçel üretiminde, bir diğer önemli hammadde karbonhidrat yani şeker ilavesidir. Meyvenin içerdiği kuru maddeye ilave olarak, hem pektin jelini oluşturmak hem de su aktivitesini düşürerek ürünü bozulmalara karşı dayanıklı hale getirmek için ortamda yaklaşık % 68 oranında kuru madde bulunması gerekmektedir.

Reçel üretiminde katılan şeker, pektin jeli oluşturmasının ve ürüne dayanıklılık sağlamasının yanı sıra, ürüne arzu edilen tatlı tadını ve aromayı da sağlamaktadır. Ayrıca üründe kıvam ve renk oluşumunda da tatlandırıcıların önemli bir etkisi bulunmaktadır (Bilişli, 1998; Broomfield, 1996; Cemeroğlu vd., 2005; Tokbaş, 2009).

Meyveler doğal olarak glikoz, fruktoz, sakkaroz, invert şeker gibi tatlandırıcılar içermektedir. Bu tatlandırıcıların meyvedeki miktarı, meyve türü ve olgunluk seviyesine göre değişmektedir. Meyvenin doğal olarak içerdiği toplam

şeker miktarı %0,1'den %20'ye kadar değişebilmektedir. Reçel üretiminde kullanılan hammaddenin içerdiği şeker oranına göre, son üründe en az %68 kuru maddeyi sağlayacak şekilde tatlandırıcı kullanılmalıdır (Tokbaş, 2009).

İnvert şeker, sakkarozun kısmi hidrolizasyona uğraması sonucu kendisini oluşturan glikoz ve fruktoz monosakkaritleriyle meydana getirdiği bir karışımdır. Reçel üretimi sırasında, ortamda meyveden gelen veya dışarıdan katılan organik asitlerin bulunması ve sıcaklık yükselmesi sonucunda doğal inversiyon meydana gelmektedir. Meydana gelen doğal inversiyon ile hem ürünün kuru madde miktarı istenen seviyelere çıkarılmakta, hem de invert şekerin sakkarozla kıyasla yüksek tatlılık derecesine sahip olması sebebiyle daha tatlı bir ürün elde edilmektedir (Broomfield, 1996; Cemeroğlu vd., 2005; Tokbaş, 2009).

Çizelge 2.1'de görüldüğü üzere üründe %68 kuru madde bulunduğunda invert şeker oranı %11-38, kuru madde %70'e ulaştığında ise invert şeker oranı %20-36 arasında değişmektedir.

Çizelge 2.1 Reçel ve marmelatlarda kristalizasyonun önlenmesi için kuru madde ve buna bağlı invert şeker oranları (Tokbaş, 2009)

Ürünün kuru madde oranı, %	Üründeki invert şeker oranı, %
65	3-43
68	11-38
70	20-36
72	28-34

Reçel üretiminde, şeker konsantrasyonunun belirli bir sınırdan tutulma zorunluluğu, şeker içeriğinin yükselmesiyle birlikte üründe kristalizasyon tehlikesinin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Fakat ortamda bulunan şeker, sakkaroz ve invert şekerden oluşursa, ürün % 65 şeker oranının çok üzerinde şeker içermesine rağmen kristalizasyon tehlikesi olmayan bir ürün elde edilebilmektedir. Bu durum, sakkaroz ve invert şeker karışımının çözünme oranının, bu şekerlerin ayrı ayrı çözünme oranlarından daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Cemeroğlu vd., 2003).

Reçel ve marmelat gibi ürünlerde kristalizasyonun önlenmesinde tercih edilebilecek bir diğer uygulama ise, şekerin bir kısmının glikoz şurubu olarak kullanılmasıdır. Glikoz şurubu, bir diğer adıyla nişasta şurubu, rafine edilmiş patates veya mısır nişastasının asit ile hidrolizasyonundan elde edilmiş, tatlı ve kıvamlı bir sıvıdır. Kristalizasyonu önlemek amacıyla, glikoz şurubunun üründeki toplam kuru maddenin % 5-15'ini oluşturacak oranda kullanılması gerekmektedir (Cemeroğlu vd., 2003).

2.2.1.3 Asitler ve tuzlar

Meyvelerin doğal olarak içerdiği asit miktarı, reçel ve marmelat üretiminde ortam pH'sını jelleşme oluşumu için gerekli olan sınırlara düşürmekte çoğunlukla yeterli olmamaktadır. Bu sebeple bu tür ürünlerin üretiminde dışarıdan asit ilavesi gerekmektedir. Ancak vişne gibi meyvelerin kullanıldığı durumlarda, meyvede bulunan yüksek miktardaki doğal asit sebebiyle ortam pH'sı gereğinden düşük olabilmektedir. Bu durumda, sodyum sitrat, sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat gibi tampon tuzları ilave edilerek ortamın pH derecesi ayarlanabilmektedir (Cemeroğlu vd., 2003).

İlave edilen asitler ortam pH'sını ayarlayarak jelleşme işlemini gerçekleştirmenin yanı sıra, reçeldeki "asit lezzetini" sağlamada da büyük önem taşımaktadır (Kaplan, 2006).

Ülkemizde reçel üretim standartlarında ilave asit olarak sitrik asitin kullanılacağı belirtilmiştir. Sitrik asitin sıklıkla kullanılmasının sebebi hem ucuz olması hem de temininin kolay olmasıdır. Reçel, marmelat ve jölede kullanılacak olan asitlerin pH düşürme ve ekşiliklerine ait değerler Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Asitlerin pH düşürme ve ekşiliklerine ait değerler (Cemeroğlu vd., 2003)

Asit çeşitleri	pH derecesini aynı oranda düşürmek için gerekli asit (kısım olarak)	Aynı asit lezzeti elde etmek için gerekli asit (kısım olarak)
Sitrik asit	1.00	1.00
Malik asit	1.00	0.80
Laktik asit	1.00	0.25
Tartarik asit	0.56	1.00
Fosforik asit	0.23	0.90

Çizelge 2.2'deki değerlerden görülebileceği gibi pH düşmesi için kullanılacak olan asitlerden, en fazla ekşilik lezzetini veren malik asit olmakla birlikte, bunu sırasıyla sitrik, laktik, tartarik ve fosforik asit izlemektedir. Örneğin pH değeri 3 olan üründe, pH değerinin bu seviyeye düşmesi için malik asit kullanılmış ise, ürün çok ekşi lezzette olacak, fosforik asit kullanılmış ise ürün daha az ekşi lezzette olacaktır. Bu sebeple seçilen asidin, ürünün lezzetinde etkili olduğu görülmektedir (Cemeroğlu vd., 2003).

Reçel, marmelat ve jöle gibi ürünlerde düzgün bir jel oluşumu için pH derecesinin 2.8-3.2 arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Fakat bu değerler, ürünün kuru madde içeriğine bağlı olup, Çizelge 2.3'te reçel ve marmelatlarda kuru madde içeriğine bağlı olarak, jel oluşumu için gerekli pH değerinin değişim aralığı görülmektedir (Cemeroğlu vd., 2003).

Çizelge 2.3 Reçel ve marmelatlarda kuru madde ve pH arasındaki ilişki (Cemeroğlu vd., 2003)

Kuru madde oranı (%)	pH değeri
75 – 85	3.2 – 3.5
72 – 75	3.1 – 3.4
68 – 72	3.0 – 3.3
64 – 68	2.9 – 3.1
60 – 64	2.8 - 3.0
55 - 60	2.6- 2.8

2.2.1.4 Pektin

Pektik maddeler bitkilerde doğal olarak hücre zarlarında, hücre aralarında veya orta lamel kısmında koloidal olarak bulunan kompleks asidik heteropolisakkaritlerdir. Pektin en genel ifade ile, farklı miktarda metil ester içeren ve su içerisinde farklı nötralizasyon derecesinde eriyen, uygun koşullarda şeker ve asit ile jelleşme sağlayan maddedir (Arslan, 1994; Yılmaz, 2007).

Yüksek kalitede reçel üretebilmek için pektin jeli oluşturulması gerekmektedir. Aksi takdirde ürünün kıvamı istenilen seviyede koyulaşmamakta ve üründe şekerlenme sorunu meydana gelmektedir (Cemeroğlu vd., 2003). Bazı meyveler yapısında doğal olarak pektin ve asit içermektedir. Bu meyvelerin reçel üretiminde kullanılması durumunda, ilave edilen şeker ile birlikte jel oluşumu sağlanmaktadır. Fakat yapısında yeterli miktarda pektin içermeyen meyvelerden üretilmek istenen reçellerde, jel oluşumunu sağlamak amacıyla dışarıdan pektin ilavesi gerekmektedir.

Pektin jeli oluşturmada dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda verilmektedir:

- **Kullanılan pektinin miktarı ve niteliği:** İyi bir jel oluşturmak için ortamda % 1 oranında pektin bulunmalı, bulunan pektinin esterleşme derecesi yüksek olmalıdır. Ayrıca kullanılan pektin suda çözünebilmelidir.
- **Ortamın pH derecesi:** Pektin jeli oluşturabilmek için ortamın pH derecesi 2.8-3.2 arasında olmalıdır. Bu sebeple üretim esnasında ortamın pH derecesi kontrol edilerek, gerekli durumlarda asit ilave edilmelidir.
- **Şeker konsantrasyonu (ortamın kuru madde konsantrasyonu):** Pektin jeli oluşturulmasında, ortamdaki kuru madde miktarının %65 civarında tutulması gereklidir (Anonim, 2007).

Pektinler genel olarak “hızlı ve yavaş jelleşme” durumuna göre iki gruba ayrılmaktadır. Yüksek sıcaklıkta yapılan dolumlarda, hızlı jelleşen pektinlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Böylece, reçel içerisinde meyve taneleri tüm ürüne

dağılarak jel oluşturulmaktadır. Düşük sıcaklıkta yapılan dolum işlemlerinde ise, yavaş jelleşen pektinler kullanılmaktadır. Bu sebeple kullanılacak olan pektinin jelleşme derecesinin bilinmesi de reçel üretiminde büyük önem taşımaktadır.

2.2.1.5 Diğer katkıları

Yukarıda bahsedilen hammaddeler ve katkı maddeleri dışında, reçel ve marmelat üretiminde diğer tüm katkıları ülkelerin mevzuatlarıncı belirlenmiş olup, kullanımları belirli ölçülerde sınırlandırılmıştır. Reçel ve marmelatları ilave edilebilecek en önemli katkı maddelerinden birisi askorbik asittir. Askorbik asit (C vitamini), özellikle şeftali ve kayısı reçeli gibi açık renkli reçelerde esmerleşme reaksiyonlarını önlemek ve ürünün rengini korumak amacı ile 1 kg ürüne 250-300 mg oranında eklenebilmektedir. Vişne ve karadut reçeli gibi ürünlerde ise askorbik asit kullanımından kaçınılmalıdır. Bunun sebebi, askorbik asit kullanımı sonucu ortaya çıkan H_2O_2 'in antosiyaninlerin hızla parçalanmasına sebep olarak ürünün rengini açmasıdır (Özdoğan, 2006).

Askorbik asitten başka, reçellere kimyasal koruyucu olarak benzoik asit ve tuzları ile kükürt dioksit eklenmesi de yapılabilmektedir. Yine, yumuşak yapılı meyvelerin dokularına sertlik kazandırmak amacıyla $CaCl_2$, kalsiyum karbonat veya kalsiyum glukonat da kullanılabilir. Fakat tüm bu katkıların reçel standartlarının izin verdiği miktarlarda yapılması gerekmektedir. Bunların dışında izinsiz veya belirlenen limitlerin dışında katkı maddesi kullanımı engellenmiş olup, Türkiye'de reçellere renk ve aroma katkısı yapılması yasaktır (Özdoğan, 2006).

Yukarıda bahsedilen katkı maddeleri endüstriyel reçel üretimlerinde yaygın olarak kullanılmakta olup, ev tipi reçel üretiminde genellikle reçel ana hammaddesi (meyve, sebze, yaprak vb.), şeker ve asitliği sağlamak amacı ile sitrik asit kullanılmaktadır.

2.3 Reçel Üretimi

2.3.1 Endüstriyel boyutta reçel üretimi

Endüstriyel boyutta reçel üretimi açık kazanda ya da vakum altında gerçekleştirilmektedir. Reçel üretiminde uygulanan pişirme işleminin asıl amacı, üründen gereği kadar suyu buharlaştırarak istenen düzeyde kuru madde içeriğine sahip kıvamlı bir ürün elde etmektir (Cemeroğlu vd., 2003).

Pişirme işlemi ile ayrıca, şeker inversiyonunun sağlanması, şeker kristalizasyonunun önlenmesi, meyve içerisine şekerin nüfuz etmesi, ortamdaki mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi ve enzimlerin inaktive edilmesi, ürüne özgü renk, tat ve aromanın geliştirilmesi sağlanmaktadır (Anonim, 2007)

2.3.1.1 Açık kazanda pişirme işlemi

Açık kazanda reçel üretimi, buhar gömleklili, yarı küre şeklinde, paslanmaz çelikten yapılmış genellikle 50-70 cm çapında ve 30-60 litre hacmindeki kazanlarda (Şekil 2.1) yapılmaktadır (Anonim, 2007).



Şekil 2.1 Reçel pişirmede kullanılan açık kazan (Anonim, 2007)

Açık kazan özellikleri:

- ✓ Buharlı ya da ceketli olabilirler.
- ✓ Boşaltma sistemi ile donatılırlar.
- ✓ Paslanmaz çelikten imal edilirler.
- ✓ Ufak kazanlarda karıştırma işi işçiler tarafından yapılabilirken, büyük kazanlarda karıştırma ise mekanik döner sistemler ile gerçekleştirilir (Anonim, 2007)

Açık kazanda pişirme işleminde kullanılacak olan hammadde ve katkıların belirli bir sıra ile eklenmesi büyük önem taşımaktadır. Buna göre, eğer toz şeker kullanılacak ise, pişirme işlemi başlangıcında meyve ya da pulpun tamamı ile daha önceden belirlenen su miktarı ve şekerin yarısı eklenmektedir. Kaynama işlemi başladıktan 3-4 dakika sonra ise, kalan şeker eklenerek istenilen kuru madde miktarına ulaşıncaya kadar pişirme işlemi devam etmektedir. Şeker şurubu kullanılacak ise, şekerin tamamı başlangıç aşamasında ürüne ilave edilebilmektedir.

Üretim işlemi esnasında ürünün kuru madde miktarı belirli aralıklarla ölçülmekte ve ürün % 67-68 kuru madde oranını geçmeyecek şekilde pişirilmektedir. İstenilen kuru madde değerine ulaşıldıktan sonra sırasıyla ürüne pektin ve asit ilavesi yapılmaktadır (Cemeroğlu vd., 2005).

2.3.1.2 Vakum altında pişirme işlemi

Vakum altında pişirme işlemi 650-675 mm Hg vakumda (gösterge basıncında) yaklaşık 60°C dolaylarında kapalı kazanlarda gerçekleştirilirken açık kazanlarda ise sıcaklık yaklaşık 103-106°C arasında gerçekleştirilmektedir (Aslanova, 2005)



Şekil 2.2 Vakum altında reçel pişirme kazanları (Anonim, 2007)

Vakum altında reçel pişirme kazanları bir buhar ceketli ön karıştırma ve ısıtma tankından meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra sistem, karıştırıcı buhar ceketli bir evaporatör ve son pişirme kazanı da içermektedir (Şekil 2.2).

Endüstride vişne, çilek gibi koyu renkli meyvelerden yapılan reçeller daha düşük sıcaklıklarda (68-72°C) pişirilirken, ayva, kayısı gibi açık renkli meyvelerden yapılan reçeller ise daha yüksek sıcaklıklarda (~76°C) pişirilmektedir. Bunun nedeni, açık renkli meyvelere düşük sıcaklık uygulandığında, istenilenden daha açık renkli reçel elde edilmekte ve tüketici tarafından pişmemiş olarak algılanmakta ve tercih edilmemektedir.

Vakum altında pişirme işlemi, meyve, şeker ve suyun karıştırılarak 60–65°C' ye kadar ısıtılması, ısıtılan karışımın vakum kazanlarına alınarak burada 650-675 mmHg vakum altında 60°C civarında son kuru madde içeriği %67–68'i geçmeyecek şekilde pişirilmesi, vakumun kaldırılarak karışımın son pişirme kazanında 85–88°C' ye kadar ısıtılırken jel oluşumu için pektin ve asit çözeltileri ilave edilmesi sırası ile yapılmaktadır (Cemeroğlu vd., 2005).

Vakum altında pişirme işleminin pek çok avantajı bulunmaktadır:

- ❖ Tek partide daha çok miktarda üretim yapılabilir.
- ❖ Kalite özelliklerini daha iyi koruyan bir ürün elde edilmektedir.
- ❖ Ürünün rengi ve aroması daha iyi korunmaktadır.
- ❖ Meyve parçaları dağılmadan pişirme işlemi gerçekleştirilmektedir.

- ❖ Pişirme işlemi esnasında daha az enerji kullanılmaktadır.
- ❖ Pişirme süresi ve üretim kontrol altında tutulabilmektedir.
- ❖ Vakumun kaldırılması aşamasında şeker meyveye daha kolay nüfuz etmektedir.
- ❖ Vakum içinde oksijen bulunmadığından oksidasyon en aza indirilmektedir.
- ❖ HMF (Hidroksimetilfurfural) gibi zararlı bileşenlerin oluşumu azaltılabilmektedir (Cemeroğlu, 2011; Anonim, 2007).

2.3.2 Geleneksel yöntemle ev tipi reçel üretimi

Endüstriyel boyutta reçel yapımının yanı sıra evlerde geleneksel yöntemle de reçel üretilmektedir. Evde reçel yapımında meyvenin üzerine şeker eklenerek, bir gece bekletilmekte ve daha sonra bu karışım yüksek sıcaklıkta ve atmosferik basınçta pişirilerek, konsantre edilmektedir.

Uygulanan pişirme işlemi boyunca kuru madde içeriğinin artması nedeniyle kaynama noktası yükselmekte ve böylece sıcaklık 100°C'nin üzerine çıkmaktadır. Reçelin yüksek sıcaklığa uzun süre maruz kalması ile renk koyulaşmakta (enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları) ve HMF (hidroksimetilfurfural) miktarında artış olmaktadır.

Atmosferik basınçta istenilen reçel kuru maddesine ulaşıncaya kadar pişirme işlemi yapılırsa çok koyu renkli reçel elde edilmektedir. Genellikle ev tipi reçel üretiminde pişirme işlemine, arzulanan reçel rengine ulaşıldığında son verilir. Fakat üretilen reçelin kuru maddesi istenilen düzeyde değildir. Bu sebeple pişirme sonrasında elde edilen ürün güneş altında tutularak kuru madde içeriği artırılır. Bu işlemlerin çok uzun süre alması evde reçel yapımını zorlaştırmaktadır. Ayrıca gıda güvenliği açısından güneş altında açıkta bekletme istenmeyen mikrobiyal yüke sebep olmaktadır.

Evde reçel yapımının çok uzun süre alması, optimum renk ve kuru madde içeriğine ulaşamaması ve HMF miktarındaki artış dikkate alındığında uygun boyutlarda ev tipi bir vakum pişirme cihazının geliştirilmesi gerekmektedir.

Literatürde vakum pişirme ve kızartma fonksiyonuna sahip Gastrovac isimli bir cihazın bulunduğu bilinmektedir. Bu cihaz daha çok gastronomi mutfakları için tasarlanmış bir cihaz olup, maddi açıdan da ev tipi kullanım için geliştirilmemiştir. Ayrıca cihaz yalnızca pişirme ve kızartma prosesine uygun olup evaporasyona olanak verecek şekilde tasarlanmamıştır.

Tez çalışması kapsamında ev tipi kullanım için geliştirilen bu cihazla endüstride vakum altında pişirilen reçelin, ev koşullarında da vakum altında pişirilebilmesi, daha kısa süre içinde optimum renk ve kuru madde içeriğine ulaşılması, HMF miktarındaki artışın önlenmesi ve aroma ve lezzetin korunması amaçlanmıştır. Ayrıca geliştirilen cihazın evaporasyon fonksiyonu sağlamak için gerekli olan su tutucu düzeneği içermesi cihazın ayırt edici özelliğini oluşturmaktadır.

2.4 Reçelin Pişirilmesi Sırasında Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişimler

Gıdalara uygulanan ısıl işlem, depolama koşulları ve birçok proses gıdaların kalite parametreleri üzerine etkilidir. Gıdaların içerdiği bazı besleyici bileşenler, uygulanan birçok prosesten etkilenmekte ve niteliklerini kaybetmektedir. Bu sebeple, gıdalara uygulanacak herhangi bir proses seçilirken gıdanın besin içeriğinin en az düzeyde etkilenmesi veya optimum düzeyde korunması dikkat edilmesi gereken en önemli husustur (Sağlam, 2007; Tokbaş, 2009).

Reçel üretimi esnasında, pişirme işlemi ile şeker inversiyonunun oluşması, meyvelere şekerin nüfuz etmesi, istenen renk, tat ve aromanın oluşmasının yanı sıra kontrolsüz ve aşırı ısıtma sonucu aşağıdaki istenmeyen değişiklikler de oluşabilmektedir:

- Esmerleşme,
- Orijinal meyve renk kayıpları,

- Vitamin yıkımları ve
- Hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu (Kıvrak, 2010).

Reçel ve marmelatlar, maruz kaldıkları ısı etkisiyle hızlı bir şekilde renk esmerleşmesine uğramaktadırlar. Esmerleşme olayı, üretim sırasında uygulanan ısı ile başlamakta ve depolama sırasında da yavaş yavaş devam etmektedir. Bu şekilde gerçekleşen renk değişimleri sıcaklığın yükselmesi ile şiddetlenmekte, fakat düşük sıcaklıklarda zamana bağlı olarak gelişmektedir. Bu tür esmerleşme olayı, indirgen şekerler ile aminler arasında gerçekleşen bir reaksiyonlar zinciri olup, pH'sı düşük ve L-askorbik asit içeren ürünlerde görülmektedir (Eşkin vd., 1971; Kıvrak, 2010). Bu reaksiyonlara enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu ya da "Maillard reaksiyonu" denilmekte ve bu reaksiyonlar sonucunda esmer renkli "Melanoidin" denilen bileşikler meydana gelmektedir. Enzimatik olmayan renk esmerleşmesi reaksiyonlarında melanoidin bileşiğinin yanı sıra hidroksimetilfurfural (HMF) gibi birçok ara ürün de oluşmaktadır (Cemeroğlu, 1992, Cemeroğlu ve Acar, 1986, Ekşi ve Artık, 1986; Kıvrak, 2010).

2.4.1 Reçelde HMF oluşumu ve önemi

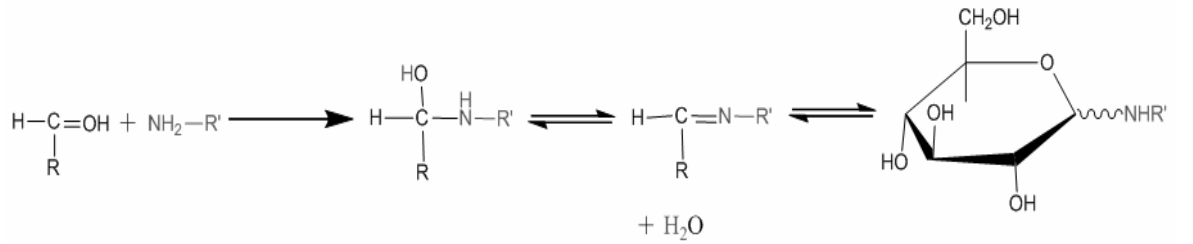
Hidroksimetilfurfural (HMF) reçel gibi şekerli ürünlerde, üretim sırasında uygulanan yüksek sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen Maillard tepkimesi sonucunda, heksozların asidik ortamda ısıtılmaları ile oluşan renk, tat ve aroma açısından önemli bir kalite indikatörü olarak değerlendirilmektedir (Gülpek ve Başoğlu, 1989). Özellikle ısıl işlem uygulanan meyve suyu, salça, marmelat ve reçel gibi ürünlerde, kalite değişimini değerlendirmede pirrolidin karbonik asit ile birlikte indikatör olarak kullanılan bir bileşiktir (Eichner, 1973; Güzel ve Mercan, 2004).

Hidroksimetilfurfural (HMF), meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunmayan bir bileşiktir. Meyve suları, konsantreleri, salça ve reçeller gibi ürünlerde uygulanan ısıl işlemin derecesine (sıcaklık ve süre) göre oluşmaktadır. Bu sebeple üründe bulunan HMF miktarı, ürüne uygulanan ısıl işlem düzeyinin

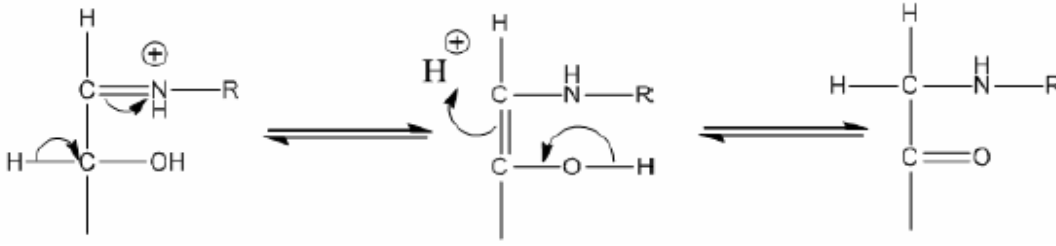
bir kıstası olarak değerlendirilmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Ekşi ve Artık, 1986).

Reçel gibi ürünlerde HMF'nin oluşumunda "Maillard" reaksiyonu etkilidir. Zincirleme Maillard reaksiyonları indirgen şekerlerin karbonil grubu ile amino asitlerin amino grubunun kondensasyonu ile meydana gelmekte ve ardından erken uçucu ürünler, orta ve yüksek molekül ağırlıklı polimerler oluşmaktadır (Hodge 1953; Jing and Kitts, 2004; Yo et al., 2004). Gıda maddelerinin uzun süre ısıtılmasına maruz kalması veya depolanması sırasında meydana gelen renk esmerleşmelerinden ve aroma değişiminden Maillard reaksiyonları sorumludur (Edwards, 2000; Yo et al., 2004).

Maillard reaksiyonları genel olarak üç basamakta oluşmaktadır (Jing and Kitts, 2004; Hodge 1953; Martins et al., 2005; Edwards, 2000; Çelebi 2006). Birinci basamakta şeker ve aminoasitlerin tepkimeye girmesi (Şekil 2.3) sonucu yapıdan su uzaklaşmakta ve Schiff bazı oluşmaktadır. Bu reaksiyonun ardından Schiff bazı aldoziline dönüşmektedir. Aldozilamin aldozlar için Amadori reaksiyonları ile ketozamine (1-amino-1-dezoksiketoz) izomerize olmaktadır (Şekil 2.4). Ketozlar için ise Heyns reaksiyonları sonucunda 2-amino-2-deoksialdoz oluşmaktadır.



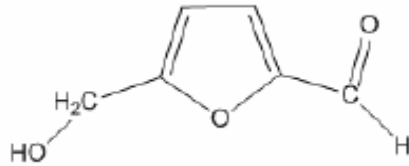
Şekil 2.3 Serbest amino grubu ve karbonil grubu arasındaki kondenzasyon reaksiyonu (Çelebi, 2006; Yıldız vd., 2010)



Şekil 2.4 Amadori yeniden düzenlemesi (Çelebi, 2006; Yıldız vd., 2010)

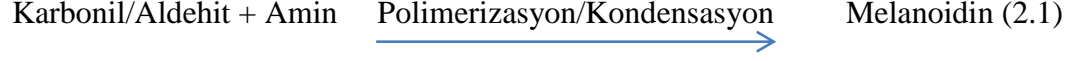
İkinci basamak renk değişiminin başladığı basamak olup, bu basamakta 3 farklı yol bulunmaktadır. Birinci yolda, 1 -amino-1-dezoksiketoz başka bir aldoz molekülü ile reaksiyona girerek daha az stabil olan diketozamine dönüşerek en önemli Maillard ara ürünleri oluşmaktadır (Anet 1964; Wedzicha and McWeeny, 1974; Çelebi 2006).

İkinci basamağın ikinci yolunda Amadori ürünlerinin enolizasyonu (bir karbon atomundan komşu karbonil grubunun oksijenine bir protonun göç etmesi ile doymamış alkol yani enol oluşması olayı) gerçekleşmektedir. Bu yolda pH'nın 7'den düşük olduğu zaman pentoz şekerler furfurala dönüşmekte; heksoz şekerler de hidroksimetilfurfurala (Şekil 2.5) dönüşmektedir (Çelebi, 2006) İkinci basamağın üçüncü yolu Strecker bozulması olarak bilinmekte olup, üründe aromanın kaynağı aldehit ve aldehit türevi bileşiklerin olduğu aşamadır (Çelebi, 2006; Coca et al., 2004).



Şekil 2.5 Hidroksimetilfurfuralın kimyasal yapısı

Maillard reaksiyonlarının üçüncü basamağı önceki basamakta oluşan bileşiklerin aminlerle birleşmesi, aldollerin kondanse olması, aldehit ve aminlerin polimerize olması ve böylece melanoidin denilen heterosiklik yapıdaki koyu renkli bileşiklerin oluşmasıdır (Eşitlik 2.1).



Reçelde HMF oluşumu, Maillard reaksiyonu ve asidik ortamda hekzozların ısı etkisiyle dönüşümü ile oluşmaktadır. HMF oluşumunu etkileyen faktörler sıcaklık, pH, ısıtma süresi ve şeker konsantrasyonudur (Cemeroğlu, 2010). HMF miktarının belirli düzeyin üzerinde bulunması ürünün renginde esmerleşmeye, tat ve kokuda önemli bozulmalara ve besin değerinde azalmaya sebep olmaktadır. Ayrıca HMF'nin insan vücudunda potansiyel kanserojen etkisi olabileceği veya metabolizasyonu sonucunda kanserojen bileşiklerin oluşabileceği düşünülmektedir (Capuano and Fogliano, 2011).

2.5 Reçel Kalitesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Tüketicilerin gıda tercihinde etkili olan en önemli kalite kriterlerinden biri renktir. Renk, genellikle uygulanan ısıtma işlemiyle ilgili olarak, birtakım enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucunda değişime uğramaktadır.

Çilek reçellerinin renk stabilitesi farklı çilek türleri arasında değişim göstermekte olup, bu üründeki renk değişimleri ana olarak fenolik bileşenlerden antosiyaninlerin reaksiyonu ile ilgilidir (Villota and Hawkes, 2007). Antosiyaninler oldukça dayanıksız bileşenlerdir ve bu bileşenlerin bozulması sonucu ürün renginde değişiklikler meydana gelmektedir. Antosiyaninlerin bozulması ve stabilitesi genellikle pH, oksijen varlığı, askorbik asit içeriği, metal iyonu katalizi, sıcaklık ve enzim aktivitesinden etkilenmektedir. Uygulanan ısıtma işlemi süresince antosiyaninlerin bozulması sıcaklığa karşı gösterdikleri hassasiyet ile ilgili olmaktadır (Gössinger et al., 2009; Avasoo and Johansson, 2011). Bunun yanı sıra ısıtma işlemi uygulaması, depolama sırasında PPO(Polifenol oksidaz) ve

POD(Peroksidaz) gibi renk bozucu enzimlerin yeterli inaktivasyonu için renk stabilitesini sağlamada gerekli görülmektedir.

Patras et al. (2009) çilek reçellerinin farklı depolama süresi ve sıcaklıktaki askorbik asit, antosiyanin, toplam fenolik madde, renk ve toplam antioksidan kapasite değişimlerini incelemişlerdir. 4 °C ve 15 °C'ta 28 günlük depolama süresi sonrasında aydınlık (L) değerlerinde anlamlı bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0,05$).

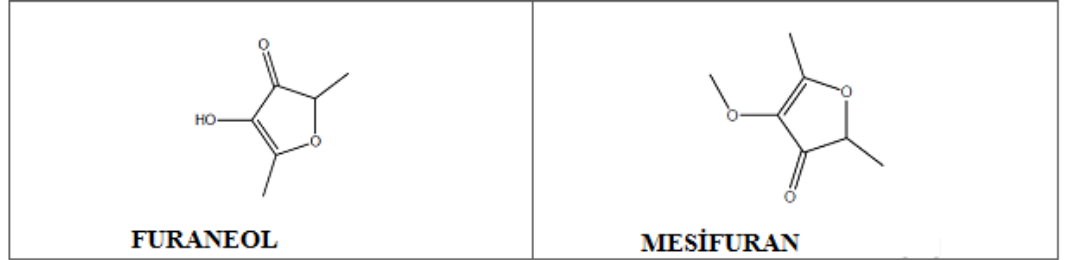
Rababah et al. (2012) vişne reçeli üretim prosesinin, üretimden hemen sonra ve 25, 35, 45 ve 55 °C'ta 15 gün depolama süresince vişnenin fitokimyasal ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Taze vişnenin en yüksek toplam fenol, antioksidan madde ve antosiyanin içeriğine sahip olduğunu reçel üretim prosesinin ve depolama işleminin ise bu bileşenlerde azalmaya yol açtığını belirtmişlerdir.

Reçel üretim işleminden sonra, depolama süresince ölçülen renk değerlerinden aydınlık (L) ve sarılık değerlerinde bir artış gözlenirken, kırmızılık (+a) değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Reçel üretim işleminden sonra, 15 günlük depolama süresince toplam renk farkı ve chroma değerlerinin sırasıyla 21,36'dan 31,01'e ve 10,67'den 14,32'ye yükseldiği belirtilmiştir.

García-Viguera et al. (1999) uygulanan işlem ve depolama koşullarının çilek reçelinin rengi üzerine etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, renk bozulmalarını önlemek için işlem süresi ve sıcaklığın kontrol altında tutulması, depolamanın düşük sıcaklıklarda (5°C) ve karanlık ortamda yapılması ve meyvenin işlemde önce 3-6 aydan fazla dondurulmuş olmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Reçel pişirme işlemi sırasında üründe meydana gelen kalite kayıplarından biri de uçucu bileşenlerde meydana gelen değişimdir. Hasat ve meyve cinsine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, çileğe kendine özgü tat ve kokuyu veren 360'tan fazla uçucu bileşen olduğu belirtilmektedir (Sjöholm et al., 2004; Avasoo and Johansson, 2011). Çileğin belirgin aromasına en büyük katkıyı

sağlayan bileşenler ise **furaneol** ve **mesifuran** olup, sırasıyla Şekil 2.6 a) da ve b) de görülebilmektedir (Deuel and Plotto, 2005; Coultate, 2009; Avasoo and Johansson, 2011).



Şekil 2.6 a) Furaneol ve b)Mesifuran'ın kimyasal formülü

Çileğe meyvemsi ve çiçeksi aromasını veren diğer bileşenler ise esterlerdir. Bunun yanı sıra aldehytlar, ketonlar, laktonlar ve terpenler de aromaya katkı sağlayan bileşenlerdir. Şeker ve asit gibi uçucu olmayan bileşenler ise, direkt olarak tatlı, ekşi ve asidik tat oluşumunda etkilidirler (Cadwallader, 2005; Avasoo and Johansson, 2011).

Reçel üretiminde, reçel kalitesini olumsuz etkileyebilecek aşırı ısı uygulamalarından kaçınmak için, ısı uygulamasının mümkün olduğunca kısa süreli tutulması gerekmektedir. Reçel üretiminde esas olarak; açık kazan sistemleri ve düşük basınçta gerçekleşen kapalı kazan sistemleri olmak üzere 2 adet üretim tekniği kullanılmaktadır (Worobo and Splittstoesser, 2005). Kapalı sistemde vakum uygulaması, buharlaşma işleminin daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesini sağlayarak, üründe bulunan aroma, vitamin ve pigment gibi hassas bileşenlerin ısı uygulamasından daha az düzeyde etkilenmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra düşük sıcaklık uygulaması, ürün kalitesini önemli düzeyde etkileyen istenmeyen bileşiklerin (HMF) oluşumunu da en az düzeye indirmektedir (Figuerola, 2007).

Aslanova (2005) yaptığı çalışmada, farklı sıcaklıklarda (10°, 20° ve 37°C) 6 ay depolanan çilek, kayısı, vişne ve gül reçellerindeki HMF oluşumunu araştırmıştır. Düşük sıcaklıkta (10°C) depolanan reçellerin HMF miktarında

önemli bir değişim tespit edilmezken, sıcaklığın artmasıyla özellikle 37°C sıcaklıkta depolanan tüm reçel çeşitlerinin HMF miktarında depolama süresinin artması ile beraber oldukça büyük artış tespit edilmiştir. Bu artışın yüksek sıcaklıklarda, Maillard reaksiyonu hızının artmasından ve şekerlerin daha fazla degradasyona uğramasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Kopjar et al. (2010) acı ve tatlı portakal reçellerinin hazırlanışı esnasında askorbik asit eklenip eklenmemesinin, üründe HMF oluşumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, acı portakaldan hazırlanan reçellerin (231 mg/kg), tatlı portakaldan hazırlanan reçellere (58,3 mg/kg) göre daha yüksek miktarda HMF içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca ürünlere hazırlanma aşamasında askorbik asit eklenmesinin, HMF oluşumunu arttırdığı belirtilmiş olup, acı portakal reçeli için bu miktarın 261 mg/kg ve tatlı portakal reçeli için 95 mg/kg olduğu saptanmıştır. Bu durumun, askorbik asitin yüksek sıcaklıklarda kolayca degrade olabilen ve enzimatik esmerleşme reaksiyonu önleyici özelliğini kaybedebilen bir yapıya sahip olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Bunun yanı sıra, ürüne askorbik asit eklenmesinin pH'yı düşürerek HMF oluşumu için elverişli bir ortam yaratabilmesi de bir diğer neden olarak öne sürülmüştür.

Korus et al. (2015) nane ve limon otu eklenmiş yaban mersini reçelinin fizikokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Açık kazanda ve vakumda pişirme işlemlerinden sonra tüm reçellerin HMF içeriği 0.006–0.445 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Açık kazanda pişirilen reçellerin HMF içeriğinin, vakumda pişirilen reçellerden yaklaşık 5 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. Fakat depolama aşamasında, açık kazanda pişirilen reçellerin HMF içeriği değişmez iken, vakumda pişirilen reçellerin HMF içeriğinin % 15-16 oranında arttığı görülmüştür. Nane ve limon otu gibi bitkilerin eklenmesinin ise, HMF oluşumunda olumlu ya da olumsuz herhangi bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Kimura et al. (1994) yüksek hidrostatik basınç ve geleneksel pişirme yöntemi ile pişirilmiş çilek reçellerinin 5°C ve 25°C'ta 3 ay depolama süresi boyunca uçucu bileşen ve antosiyanin miktarı, kahverengileşme indeksi, furfural, sakkaroz ve C vitamini içeriği gibi kalite özelliklerini araştırmışlardır. Yüksek

hidrostatik basınç yöntemi ile pişirilmiş reçellerin doğal aroma ve rengin korunması açısından, geleneksel yöntemle kıyasla daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Igual et al. (2014) greyluft reçeli üretiminde geleneksel yöntemle alternatif olarak osmotik dehidrasyon ve mikrodalga yöntemini araştırmışlardır. Buna ek olarak, reçelin kıvamını arttırmak amacıyla pektin ile birlikte bambu lifi eklemişlerdir. Taze meyvenin özellikleri ile kıyaslandığında mikrodalga ve geleneksel pişirme yönteminde renk değişiminin en yüksek olduğunu bulmuşlardır. Kıvam açısından ise, osmotik dehidrasyon ve mikrodalganın birlikte kullanıldığı kombin yöntemde daha viskoelastik davranış gösteren kıvamlı bir reçel elde edilmiştir.

2.6 Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology)

Geleneksel optimizasyon yöntemlerinin temelini, sadece bir parametreyi zamanla değiştirirken diğerlerini sabit tutmak oluşturur. Bu yaklaşım, araştırmacıya hem maliyet hem de 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 (Cochran and Cox, 1957). Yanıt yüzey yöntemi ise, sistemin yanıtını etkileyen çok sayıda değişkeni bir arada ve eşzamanlı olarak incelemektedir. Bu sayede, prosesin işlem parametrelerindeki değişime verdiği yanıt en az sayıda deneme yapılarak en iyi şekilde tanımlanabilmektedir.

Yanıt yüzey yöntemi, “Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” ismi ile 1951 yılında Box ve Wilson tarafından geliştirilmiş ve tanımlanmıştır. İlk olarak kimya endüstrisine uygulanmıştır. Son 50 yılda fiziksel bilimler ve mühendislik, sosyal bilimler, biyoteknoloji ve gıda endüstrisini de içeren çeşitli dallarda da uygulama alanı bulmuştur. Ürün ve proses tasarımında, tanımlanmasında, geliştirilmesinde ve optimizasyonunda, belirsizlik (uncertainty) analizlerinde, kalitenin iyileştirilmesinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Yanıt

yüzey yöntemi, gıda bilimi ve teknolojisi alanında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Fırında pişirme, osmotik dehidrasyon, kurutma, fırında kavurma, ekstraksiyon, ekstrüzyon, pastörizasyon ve biyoteknolojik işlemler, enzim üretimi, fermantasyon, püskürtmeli kurutma, mikroenkapsülasyon gibi çeşitli alanlarda pek çok araştırmacı tarafından başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Cui et al., 1994; Ambati and Ayyanna 2001; Sacchetti et al., 2001; Eren and Kaymak Ertekin 2007; Gao et al., 2007; Mundra et al., 2007, Koç et al., 2010, Koç et al., 2011, Koç et al., 2015).

Khuri and Cornell (1996), yanıt yüzey yöntemini, bir işletim sisteminde problemlerin analiz edilmesi ve modellenmesi için, deneysel faktörlerle bunların ölçülen yanıtları arasında bağlantılar kuran matematiksel ve istatistiksel teknikler olarak tanımlamaktadır. Myers and Montgomery, (1995) ve Montgomery (2001) ise yanıt yüzey yöntemini, proseslerin geliştirilmesi ve optimizasyonu için gerekli istatistiksel ve matematiksel tekniklerin bir arada kullanıldığı bir yöntem olarak tanımlamıştır. Box and Draper (2007) yanıt yüzey yöntemini tanımlarken; empirik model geliştirmek ve bu modeli değerlendirmek için kullanılan bir grup istatistiksel teknikleri kapsadığını belirtmişlerdir. Dikkatlice dizayn ve analiz edilmiş denemelerle, bağımlı bir değişken veya yanıt ile bu yanıtı etkileyen bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır, ifadelerine yer vermiştir.

Yanıt yüzey yöntemi, deneysel tasarımı, empirik model geliştirmeyi ve bu modeli değerlendirmeyi içeren iteratif bir prosestir. Yanıt yüzey yönteminin ilkesini, bir dizi istatistiksel ve matematiksel tekniklerin birbiri ardına uygulanması ve her bir aşamada elde edilen verilerin bir sonraki aşamada kullanılması oluşturmaktadır. Genel olarak yanıt yüzey yöntemi 3 aşamadan (eleme denemeleri, bölge araştırması ve işlemin veya ürünün optimizasyonu) oluşmaktadır. Sistemi karakterize eden performans ölçülerinin (yanıtların) ve bu yanıtlar üzerinde etkili olabilecek faktörlerin veya kontrol edilebilir değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Genellikle bu faktörler oldukça uzun bir liste oluşturmaktadır. Bu durumda, eleme (screening) denemeleri yapılarak bu faktörler arasından istatistiksel olarak en önemli olanlar seçilebilir. Eleme denemeleri, daha

az sayıda ve daha verimli esas deneme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca maliyet ve zaman açısından da önemli avantajlar sağlamaktadır.

İkinci aşama olan bölge araştırmasında amaç, eleme denemeleri ile belirlenen bağımsız değişkenlerin sistemin yanıtında oluşturdukları değerlerin, optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediğini belirlemektir. Optimum noktaya yaklaştıkça yanıt yüzeydeki eğrilik daha belirgin hale gelmektedir. Yanıt yüzey yönteminin bu aşamasında birinci dereceden modeller kullanılır. Birinci dereceden modeller sistemin yanıtını belirlemede yeterli ise seçilen deneme bölgesinin optimum noktadan uzakta olduğu anlaşılır ve yeni bir deneme bölgesi seçilir. Bu işlem, oluşturulan yanıt yüzeydeki eğriliğin önemli olduğu bölgeler bulununcaya kadar devam eder.

Yanıt yüzey yönteminin üçüncü aşaması, işlem optimum noktaya yaklaşıldığında başlar. Gerçek yanıt fonksiyonu optimum nokta etrafında önemli bir eğrilik göstermektedir. Bu eğriliğin tahminlenmesinde lineer olmayan modeller, genellikle ikinci dereceden polinomial modeller kullanılır. Uygun bir model elde edildikten sonra, bu model optimum noktanın araştırılmasında kullanılır.

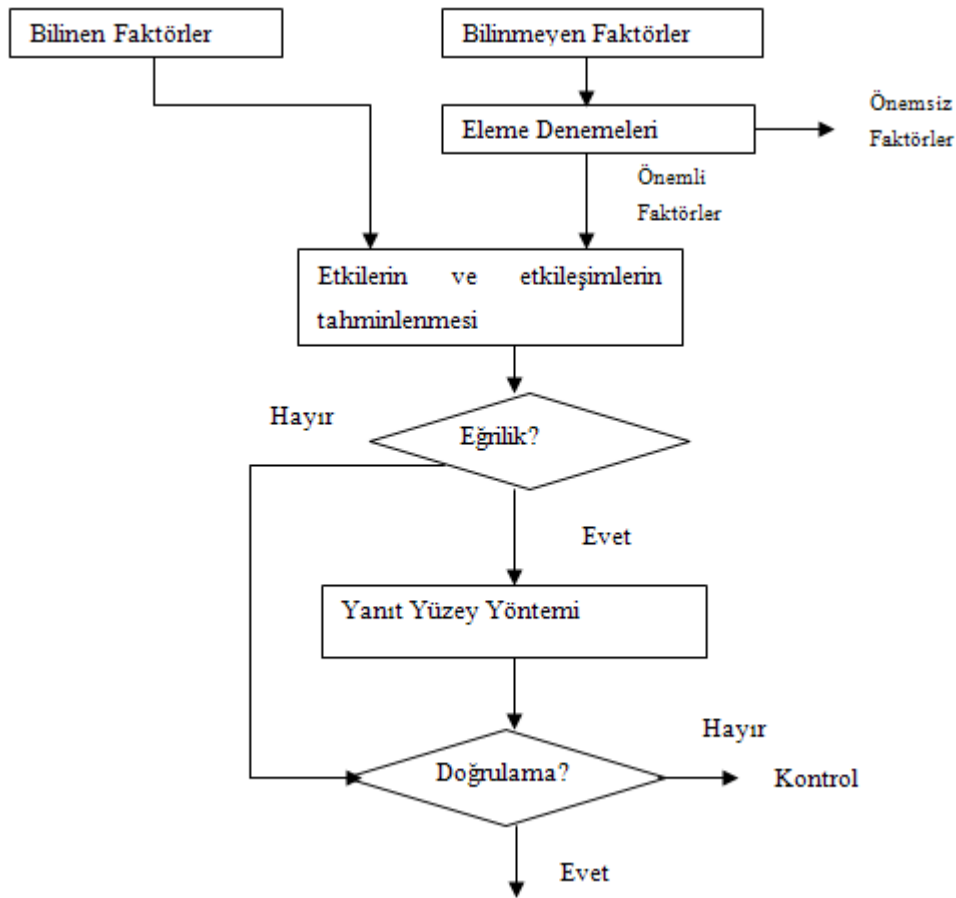
Görüldüğü gibi, yanıt yüzey yöntemi, proses değişkenlerinin deneysel uzayını araştırmak için deneysel stratejileri, sistemin yanıtı ve üzerinde etkili olan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan empirik modelleme tekniklerini ve proses değişkenlerinin sistemin yanıtında arzu edilen etkiyi gösterdiği seviyelerinin bulunması için kullanılan optimizasyon tekniklerini içermektedir (Eren, 2004).

Denemelerin dizayn edilmesi, modelin seçimi ve geliştirilmesi, modelin istatistiksel olarak doğrulanması ve optimizasyon, yanıt yüzey yönteminin başlıca kısımlarını oluşturmaktadır. Yanıt yüzey yönteminin akış şeması Şekil 2.7'de gösterilmiştir.

Yanıt yüzey yönteminin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntemin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Daha az deney yaparak, daha fazla bilgi sahibi olma imkânı vermektedir.
- Bağımsız değişkenlerin etkilerinin birlikte incelenmesini mümkün kılmaktadır.
- Sistemin matematiksel bir model ile tanımlanması, dolayısıyla bağımlı değişken ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin bu model ile ifade edilmesini sağlamaktadır.

Yanıt yüzey yönteminin dezavantajı ise, elde edilen modelin doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesinde başarılı olamamasıdır. Hiperbolik ya da çan eğrisi şeklinde simetrik olmayan fonksiyonlar, polinomial modeller ile modellenememektedir (Myers and Montgomery 1995).



Şekil 2. 7 Yanıt Yüzey Yönteminin Akış Şeması

2.6.1 Merkezi tümleşik tasarım (Central composite rotatable design)

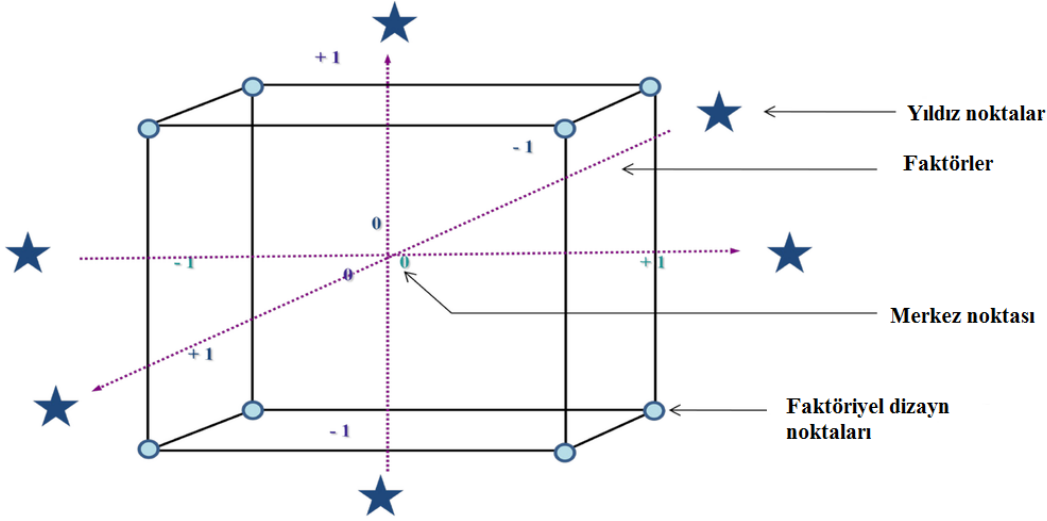
Merkezi tümleşik dizayn çoğunlukla ikinci dereceden yanıt yüzey problemlerinin tahminlenmesinde kullanılmaktadır. Merkezi tümleşik dizayn iki seviyeli tam ya da kısmi faktöriyel dizaynlar ile aksenel veya yıldız noktalarının en az bir merkez noktayı da bünyesinde barındıracak şekilde birleştirmektedir (Box et al., 2005; Montgomery, 2001; Bruns et al., 2006; Box and Wilson, 1951). Bunun yanı sıra merkezi tümleşik dizayn lineer ve kuadratik modellerin bir arada değerlendirilmesine de olanak tanımaktadır.

Çoğunlukla, merkezi tümleşik bir dizayn k sayıda ve x_1, \dots, x_k olacak şekilde kodlanan faktörler için 3 kısımdan meydana gelmektedir:

1. Bir faktöriyel veya kübik dizayn, $x_i = -1$ veya $x_i = +1$ ($i=1, \dots, k$) koordinatlarında toplamda n sayıda nokta içerir;
2. Bir aksenel veya yıldız kısmı, merkez nokta hariç bütün koordinatlarda $n_{ax}=2*k$ nokta sayısı kadar sabit bir değere sahip $+\alpha$ veya $-\alpha$;
3. $x_i = \dots x_k = 0$ ($i=1, \dots, k$) koordinatlarında n_c deneme sayısı kadar merkez nokta denemesidir.

Merkez noktası tüm bağımsız değişkenlerin orta (0) değerini aldığı deneme noktasıdır. Bu noktada yapılan tekrar denemeleri, uygun serbestlik derecesi sağlayarak, kalıntı hatanın, saf deneysel hata ve “lack of fit” olarak ayrılmasını sağlar. Böylece bağımlı değişkenlerin üzerine bağımsız değişkenlerin etkisinin ortaya konduğu matematiksel model test edilebilir. “Lack of fit” model uygunsuzluğu olarak bilinmekte olup, modelin matematiksel formundan kaynaklanan hatayı ifade etmektedir. Aksenel veya yıldız noktaları ise bağımsız değişkenlerin en yüksek ($+\alpha$) ve en düşük ($-\alpha$) değerleri aldıkları noktalardır ve modeldeki eğrilerin geniş bir aralıkta tahminlenmesine olanak sağlamaktadırlar.

Merkezi tümleşik dizayn 2^2 faktöriyel bir tasarıma 4 (n_c) adet merkez ve 4 ($\alpha = (2^k)^{1/4}$, $\alpha=1.414$) adet aksel noktanın eklenmesi ile oluşmakta ve toplam 12 denemeyi içermektedir. Merkezi tümleşik dizayn 2^3 faktöriyel bir tasarım için ise 6 (n_c) adet merkez ve 6 ($\alpha = (2^k)^{1/4}$, $\alpha=1.683$) adet aksel noktanın eklenmesi sonucunda toplam 20 denemeyi kapsamaktadır. Örnek bir 3 değişkenli CCRD modelinin deneysel tasarım noktaları ile birlikte görünümü Şekil 2.8’de verilmektedir (Turan ve Altundoğan, 2011).



Şekil 2.8 Örnek bir CCRD modeli (Fabiano-Tixier et al., 2011)

Şekil 2.8’den de görülebileceği üzere merkezi tümleşik tasarımın en büyük avantajı, ana tasarım noktaları dışında (faktöriyel dizayn noktaları) da deneysel tasarıma olanak vermesidir. Bu model genellikle bir araştırmada matematiksel açıdan doğrusal modellerin yeterli olmadığı durumlarda, ikinci dereceden model denklemlerinin oluşturulması ve açıklanmasında kullanılmaktadır. Bu durumda, matematiksel model ikinci dereceden bir polinom formuna dönüşmektedir. Yanıt değerleri ise, doğrusal ve ikinci dereceden modeller tarafından seçilmiş olan faktörlere bağlı olarak belirlenmektedir (Turan ve Altundoğan, 2011). Yanıt değerleri aşağıda Eşitlik 2.2’de verilen şekilde hesaplanmaktadır:

$$\eta = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j^2 + \sum_{i < j=2}^k \sum_{i=1}^k \beta_{ij} x_i x_j + e \quad (2.2)$$

Burada; η tahmini yanıt, x_i ve x_j yanıt değerleri, β_0 sabit katsayı, β_j , β_{jj} ve β_{ij} sırayla lineer, ikinci dereceden ve iki terimli etkileşim katsayıları olup, e ise hata değerleridir.

2.6.2 Optimizasyon

Optimizasyon, prosesin belirlenen hedefler (yanıtlar) doğrultusunda, bağımsız değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşimleri ve bu bağımsız değişkenlerin hedefe (yanıta) olan etkileri de göz önünde bulundurularak bir araya getirilip uygulanması işlemidir. Optimizasyonun birçok avantajı bulunmaktadır:

- Prosesin daha kısa sürede gerçekleşmesini sağlamaktadır.
- Enerji tasarrufu sağlayarak prosesin ekonomik yükünü azaltmaktadır.
- İstenilen kalitede ürün elde edilmesini sağlamaktadır.
- Bir ekipman veya bir proses için gerekli ve doğru bilgileri elde etme imkanı sağlamaktadır.
- Yeni bir ekipman tasarımı için, girdi bilgilerinin elde edilmesini sağlayıp, proseslerde bu ekipman ile daha kısa sürede ve daha etkin çalışmayı sağlamaktadır.

Proseslerin optimizasyonunda genellikle sistemin performansını veya ürünün kalite kriterlerini belirleyen çok sayıda yanıtla eş zamanlı olarak çalıştırılır. Bu yanıtların bazılarının maksimum seviyede tutulması, bazılarının minimum seviyede tutulması, bazılarının da kabul edilebilir değerler veya hedef değer alması arzu edilebilir. Birçok durumda, yanıtlar birbirleri ile rekabet halindedir, diğer bir ifadeyle bir yanıtın geliştirilmesi diğer bir yanıt üzerinde olumsuz bir

etki oluşturabilir. Bu yüzden, optimizasyon çalışmalarında sistemi karakterize eden tüm yanıtların hep birlikte ele alınması gerekmektedir. Ancak bu durumda, optimizasyon oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Bu problemi çözmek için farklı yaklaşımlar öne sürülmüştür. Çok yanıtlı optimizasyon problemlerinin çözümünde:

- Lineer olmayan programlama,
- Yanıtların izohips eğrileri çizilerek üst üste yerleştirilmesi (superimposing),
- Desirability fonksiyonu gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır.

3 MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Tez çalışmasında kullanılan çilek meyvesi Aydın'da yerel bir üreticiden taze olarak temin edilmiştir. Tez çalışmasının gerçekleştirildiği dönem içerisinde çileğin her üretimde taze olarak temin edilemeyeceği gerekçesiyle, 100 kg çilek toplu olarak üretim ve deneylerin gerçekleştirileceği Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'ne getirilmiştir. Reçel üretiminde kullanılacak olan şeker, yerel bir firmadan 50 kg'lık 2 adet çuval şeklinde temin edilmiştir. Kullanılacağı döneme kadar nemden uzak, serin bir depoda muhafaza edilmiştir.

Temin edilen çilekler yıkanıp, saplarından ve hasar görmüş tanelerden ayıklanmış, kesilmeden bütün halinde bırakılmıştır. Ayıklanmış çileklerden yaklaşık 600 g meyve tartılarak %40'luk şeker içeriğini sağlamak amacıyla üzerine yaklaşık 400 g şeker eklenmiş ve buzdolabı poşetlerine yerleştirilerek Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'nde bulunan -24 °C'teki soğuk depoda kullanılacağı döneme kadar donmuş halde muhafaza edilmişlerdir. Böylelikle evlerde reçel üretimi esnasında çileğin bir gece önceden şeker ile bekletilerek osmotik dehidrasyonun sağlanması ve pişirme işleminden önce bir miktar şekerin meyve içerisine nüfuz etmesi prensibi göz önünde bulundurulmuştur.

Reçel üretiminde pH düşüşünü sağlayarak jel yapının oluşmasına yardımcı olması ve bunun yanı sıra hoş bir lezzet vermesi amacıyla eklenecek olan sitrik asit yerel bir marketten temin edilmiştir. Kullanılacağı döneme kadar nemden uzak, serin bir yerde muhafaza edilmiştir.

3.2 Ekipman

3.2.1 Vakum altında pişirme düzeneği tasarımı

Tez çalışması kapsamında çilek reçelinin farklı vakum düzeyi (basıncı) ve sıcaklıklarda pişirilmesine olanak sağlayacak bir vakum altında pişirme düzeneği ARÇELİK A.Ş. tarafından hazırlanmıştır. Düzeneğin sistem tasarımı, çalışma şartları ve buna bağlı komponent teknik özellikleri ARÇELİK A.Ş., tez danışmanı Prof.Dr.Figen ERTEKİN ve yüksek lisans tez öğrencisi Dilara TOMRUK'un ortak çalışması ile belirlenmiştir. Vakum altında pişirme düzeneğinin montajı ise ARÇELİK AR-GE laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen düzenek Şekil 3.1'de görülmektedir. Geliştirilen düzeneğin ayrıntılı teknik çizimi ise Ek 1'de verilmiştir. Düzeneğin geniş bir vakum aralığında ve hassas sıcaklık kontrolü ile çalışması hedeflenmiştir.



Şekil 3.1 Vakum pişirme düzeneği

Geliştirilen düzenek genel olarak üç kısımdan oluşmaktadır;

- Vakumlu pişirme kazanı: Kullanılan tüm malzemeler paslanmaz özellikle olup gövde 1.4301 kalite krom malzemeden üretilmiş ve montaj eleman ve ekipmanları için DİN 4301 kalite malzeme kullanılmıştır. Kazan 6 litre iç kapasitede ve 200 mm çap ve 260 mm yüksekliğinde dikey silindirik şekildedir. Kazan 0-50 Hz aralığında, tasarlanan programa göre sürekli ya da kesikli olarak çalışabilen redüktör karıştırıcı içermektedir. Karıştırıcı Şekil 3.2’de görülmektedir. Kazanın ısıtılması için kazanın tabanı ile boyutları aynı olan 1.5 kW gücünde elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır. Kazanın kapağına yerleştirilebilen sıcaklık probu (PT 100) kazanın iç sıcaklığını ölçmektedir.



Şekil 3.2 Karıştırıcı

- Yoğuşturucu: Kazandan uzaklaşan su buharını yoğuşturmak için kullanılan yoğuşturucunun içerdiği kompresör 1 kW gücündedir. R404 gaz ile çalışan yoğuşturucunun çıkışında yoğunlaştırılan suyun sıcaklığını ölçmek için sıcaklık probu (PT 100) bulunmaktadır. Yoğuşan suyun

sıcaklığının aşırı yükselerek oluşan su buharının vakum pompasına kaçışını engellemek için yoğuşturucu kısmında yer alan probun sıcaklığı maksimum 43°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu sıcaklığın daha üst seviyelerine ulaşıldığı durumda ise sistem güvenliği için ısıtıcı kapanmaktadır. Yoğuşturucu ve vakum pompası arasında yoğuşan su buharının depolanması için bir adet hazne bulunmaktadır. Haznenin hacmi yaklaşık 1500 ml'dir.

- Vakum pompası: Yağlı tip pompa tercih edilmiş olup geniş bir vakum aralığında çalışmak için 0.55 Hp güce sahiptir. En az 0.1 bar vakum oluşturabilmektedir.

Düzeneğin basınç, karıştırıcı hızı ve çalışma süresi PLC kontrol sistemi ile programlanmıştır. Vakum kazanı içerisindeki probun (PT 100) ölçtüğü sıcaklığa bağlı olarak ısıtıcı ise PID kontrol sistemi ile kontrol edilmektedir. PID sistemde kazanın iç sıcaklığı istenilen değere ulaşıncaya kadar ısıtıcı sürekli çalışmakta, istenilen değere ulaşıldıktan sonra ise ısıtıcı belirlenen süre kadar açılıp kapanmaktadır. Isıtıcı %60 güç ile çalışacak şekilde programlanmıştır.

Düzenekte ölçülen kazanın iç sıcaklığı, yoğuşturucu çıkışındaki buharın sıcaklığı ve kazan iç basıncı değerleri 3 sn aralıklarla kaydedilmektedir. Ayrıca Şekil 3.3'te düzeneğin kontrol ekranının görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.3 Düzeneğin Kontrol Ekranı Görüntüsü

3.3 Yöntem

3.3.1 Atmosferik basınçta çilek reçeli üretimi

Geliştirilen vakum pişirme düzeneğinde gerçekleştirilmiş olan atmosferik basınçtaki üretimlerde, vakum pompası çalıştırılmamış yalnızca ısıtıcı ve karıştırma üniteleri çalışır duruma getirilmiştir. Su buharının kolay bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla cihazın orjinal kapağı kullanılmamış, yerel bir marketten temin edilen delikli bir kapak yerleştirilerek üretimler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan ön denemeler sonucunda atmosferik basınçta reçel üretimi için çalışma aralığı 5 - 20 dak. olarak belirlenmiş ve üretimler 100 °C'ta 5-10-15-20 dak. olmak üzere 4 farklı noktada yapılmıştır. Her üretimde ~ 1000 g dondurulmuş şekerli çilek, üretimden bir gün önce buzdolabı koşullarında (~ +4 °C) çözündürülerek kullanılmıştır. Sistemin kapalı olması, üretim anında dışarıdan herhangi bir ürün ilavesi yapılamaması nedeniyle sitrik asit ilavesi evlerde ve sanayide yapılanın aksine üretime başlamadan hemen önce ürüne eklenmiştir. Üretimler 2 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.3.2 Vakum altında ilek reçeli retimi

Geliştirilen cihazda, temin edilen ilekler ile gerçekleştirilen n denemelerde alt ve st sınır sıcaklık ve süre değerlerinde çalışılmıştır. 60°C ve 90°C sıcaklık değerlerinde, öngörülen 30 - 60 dakika sürelerinin ilek reçeli üretimi için yüksek olduğuna karar verilmiştir. İstenilen kuru madde değerlerine (~ 65 Briks) en yakın ürünü sağlayan çalışma koşullarının 60-90 °C sıcaklık ve 10-25 dak. süre aralığı olduğu görülmüştür. Sürenin 25 dakikadan daha uzun olması, üründe birtakım yanmalara ve istenmeyen duyuşal özelliklere sebep olmuştur.

Her retimde ~ 1000 g dondurulmuş şekerli ilek üretimden bir gün önce buzdolabı koşullarında (~ +4 °C) zndrlerek kullanılmıştır. Sistemin kapalı olması, üretim anında dışarıdan herhangi bir ürün ilavesi yapılamaması nedeniyle sitrik asit ilavesi evlerde ve sanayide yapılanın aksine üretime başlamadan hemen önce ürüne eklenmiştir. retimler 2 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Vakum altında gerçekleştirilen üretimlerde, özellikle çok düşük başınlarda ürünün hızla buharlaşma noktasına ulaşması ve köpürerek vakum borusundan filtrelere kaçışını engellemek amacıyla, dışarıdan vakum pompasına ekstra hava girişi sağlayacak olan vana yavaş yavaş açılmıştır.

Üretim anında düzenekte ölçülen kazanın iç sıcaklığı, yoğuşturucu çıkışındaki buharın sıcaklığı ve kazan i başıncı değerleri DOP E-Server programı ile 3 sn aralıklarla kaydedilerek, anlık olarak cihazdan ethernet bağlantısı aracılığıyla bir bilgisayara aktarılmış olup, Microsoft Excel paket programı ile görüntülenmiştir. Üretim anında kaydedilmiş kazan iç sıcaklığı, yoğuşturucu çıkışındaki buharın sıcaklığı ve i başıncı değerlerine ait örnek bir izelge, Ek 2'de verilmiştir.

3.3.2.1 Vakum altında pişirme işlem değişkenlerinin optimizasyonu

Vakum altında pişirme yöntemi ile farklı işlem koşullarında ilek reçeli üretimi gerçekleştirilmiş ve ilek reçeli üretimi için optimum vakum altında

pişirme işlem koşulları CCRD (Merkezi Tümlleşik Dizayn, Central Composite Rotatable Design) deneme dizaynına göre saptanmıştır. Vakum altında pişirme işlem koşulları ürün sıcaklığı 60-90 °C ve işlem süresi 10-25 dak aralığında olacak şekilde CCRD deneme planına göre ayarlanmıştır. Bu sıcaklıkların alt ve üst sınırları literatüre ve ürünün duyuşal özelliklerine göre seçilmiştir. CCRD deneme desenine göre vakum altında pişirme işlem değişkenlerinin aralıkları Çizelge 3.1' de ve deneme deseni ise Çizelge 3.2' de görölmektedir.

Çizelge 3.1 Merkezi Tümlleşik Tasarım için değişkenler ve seviyeleri

Bağımsız değişkenler	Kodlanmış Seviyeler				
	- α	-1	0	+1	+ α
X ₁ ; Sıcaklık (°C)	60	64.4	75	85.6	90
X ₂ ; Süre (dak)	10	12.2	17.5	22.8	25

Yapılan literatür taramasında sıcaklık (X₁) ve süre (X₂) nin çilek reçelinin briksi, rengi, HMF miktarı ve duyuşal kalitesi üzerine önemli etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bu sebeple, bu iki faktör bağımsız değişkenler olarak; briks, BX(Y₁), renk tonu, Hue(Y₂), HMF miktarı (mg/kg), HMF(Y₃) ve kaşıқта kıvam, KK(Y₄) sistemin yanıtı (bağımlı değişkenler) olarak seçilmiştir.

Farklı işlem koşullarında üretilen çilek reçellerinin Briks değeri (°Brix), pH değeri, % titrasyon asitliği, CIE L*, a* ve b* renk değerleri, renk yoğunluğu (C*) ve Hue (h°) değerleri, % invert şeker, % sakkaroz, % toplam şeker içeriği, HMF içeriği (mg/kg) ve duyuşal özellikleri analiz edilmiştir.

Çizelge 3.2 Merkezi Tümlleşik Tasarım, CCRD deneme planı

Deneme No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)
1	64.4	12.2
2	85.6	12.2
3	64.4	22.8
4	85.6	22.8
5	60.0	17.5
6	90.0	17.5
7	75.0	10.0
8	75.0	25.0
9	75.0	17.5
10	75.0	17.5
11	75.0	17.5
12	75.0	17.5
13	75.0	17.5

Yanıtlar (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) ile bağımsız değişkenler (X_1 ve X_2) arasındaki ilişki bilinmediğinden ikinci dereceden polinomiyal bir modelle (Eşitlik 3.1, 3.2, 3.3, 3.4) gerçek yanıt fonksiyonuna yaklaşılabacağı varsayılır. Böyle bir modelin fit edilebilmesi için gerekli deneysel veriler CCRD deneme planı izlenerek belirlenmiştir.

$$Y_1 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ji} \quad k = (1, 2) \quad (3.1)$$

$$Y_2 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ji} \quad k = (1, 2) \quad (3.2)$$

$$Y_3 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ji} \quad k = (1, 2) \quad (3.3)$$

$$Y_4 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ji} \quad k = (1, 2) \quad (3.4)$$

Oluşturulan bu modellerin deneysel verilerle ne derece örtüştüğü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. % 95 güvenlik düzeyindeki Fischer (F-testi) testi uygulanarak her bir faktörün lineer, kuadratik ve interaksiyon etkilerinin yanıtlar üzerindeki istatistiksel önemlilikleri 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. Bunun yanı sıra, 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.

Ayrıca, regresyon ve varyans analizinde yapılmış olan varsayımların geçerliliğini belirlemek için her bir modele ait diagnostik durum istatistikleri olan kalıntıya karşı normal % olasılık grafiği ve tahminlenen değerlere karşı kalıntı hata grafiği değerlendirilmiştir.

Yapılan bu değerlendirmeler sonunda elde edilen modeller kullanılarak çalışılan deneysel bölge içerisinde maksimum Briks, minimum Hue (h°) değerlerini, minimum HMF içeriğini ve maksimum duyuşal beğeniyi (kaşıkta kıvam) sağlayan optimum işlem koşulları “desirability fonksiyonu” metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bunun dışında, regresyon analizi sonucu elde edilen modeller ile, optimum noktanın belirlenmesine yardımcı olan izohips ve yanıt yüzey eğrileri çizilmiştir.

Optimizasyon için sayısal yöntemler (desirability function) (Derringer and Suich, 1980) kullanılmıştır. Modele göre belirlenmiş olan optimum noktada (optimum işlem koşullarında) da en az beş deneme yapılmış ve optimum nokta deneysel olarak da doğrulanmıştır.

Elde edilen her yanıt için, modelden tahminlenen ve optimum noktanın doğrulanması denemelerinden elde edilen ortalama sonuçlar arasında istatistiksel

açından önemli bir fark olup olmadığı tek örnek t–testi uygulanarak belirlenmiştir. Tek örnek t–testi SPSS, 2006 (15.0 for Windows) paket programı yardımıyla uygulanmış olup, regresyon analizi, istatistiksel analizler, izohips ve yanıt yüzey grafikleri ve optimizasyon Design Expert Version 7.0 (Statease Inc.) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.3 Analiz Yöntemleri

3.3.3.1 Briks

Çilek reçelinin çözünür madde içeriği Abbe refraktometresi ile oda sıcaklığında belirlenmiştir. (Cemeroğlu, 2010).

3.3.3.2 Renk

Çilek reçeli için, hammadde ve pişmiş örneklerde renk, CIE Yxy, L*a*b* değerleri ölçülerek belirlenmiştir. Ayrıca renk yoğunluğu Chroma (C*) (Eşitlik 3.5) ve renk tonu (Hue, h°) (Eşitlik 3.6)'dan hesaplanmıştır (Hunter, 1975; CIE, 1978). Bu analiz, renk tayin cihazı (CM-2600d/2500d, Konica Minolta) ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 5 paralel olacak şekilde yapılmıştır.

Renk yoğunluğu, Chroma (C*) hesabı;

$$C * = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3.5)$$

Renk tonu, hue (h°) hesabı;

$$h^{\circ} = \arctan (b^{*}/a^{*}) \quad (3.6)$$

3.3.3.3 pH

Üretilen çilek reçelinin pH değerleri elektrometrik olarak dijital pH metre (inoLab pH/Cond 720, WTW, Germany) ile oda sıcaklığında tespit edilmiştir.

3.3.3.4 Titrasyon asitliği

Bir miktar reçel örneği meyve ve su iğeriği ile birlikte blender yardımı ile parçalanmış ve 100 ml'lik bir balon joje içerisine bu karışımın 10 g örnek tartılmıştır. Daha sonra balon joje saf su ile çizgisine kadar tamamlanmış ve örnek kaba filtre kağıdından süzölmüştür. Süzöntüden 20 ml alınarak üretilen çilek reçelinin titrasyon asitliği, fenolftalein indikatörü ve 0.1 N NaOH ile titrasyon işleminin sonucunda, pH dönüşümü pH metre ile takip edilerek % sitrik asit (w/v) cinsinden aşğıdaki formöl kullanılarak belirlenmiştir. (Cemeroğlu, 2010).

$$\text{Titrasyon asitliği, \%} = \frac{V * F * E}{M} * 100 \quad (3.7)$$

Burada;

V= Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, ml

F= Titrasyonda kullanılan bazın faktörü, eğer çözeltilinin normalitesi tam 0,1 ise F=1'dir.

E=1 ml 0,1 N NaOH' in eşdeğer asit miktarı (sitrik asit, susuz: 0,006404)

M= Titre edilen örneğin gerçek miktarı, ml veya g

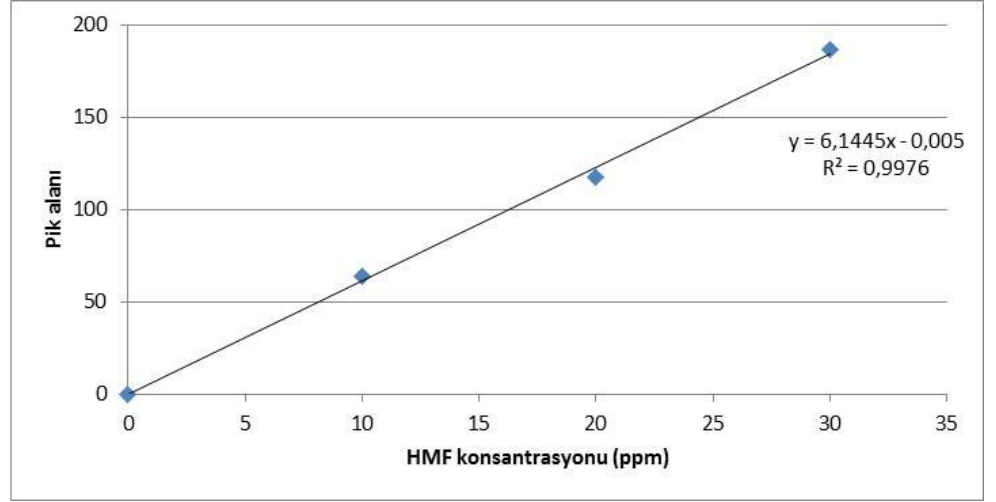
3.3.3.5 Hidroksimetilfurfural (HMF) iğerideği

Vakumlu pişirme cihazı kullanılarak üretilen çilek reçelinin hidroksimetilfurfural (HMF) iğerideği HPLC cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. HMF analizi için 5 gram çilek reçeli örneği alınarak, 50 ml'ye saf su ile seyreltilmiştir. Çilek reçeli örneğinden tartılmadan önce, örnek blendırda homojenize edilmiştir. Mavi bant süzgeç kağıdından süzölen örnek 0.45 mikrometre'lik şırınga ucu membran filtreden süzölüp otomatik enjeksiyon yardımı ile HPLC cihazına verilmiştir. Kalibrasyon eğrisinin hazırlanması için HMF standardı saf su ile seyreltilerek 10-20-30 mg/L konsantrasyonlarında HMF içerecek şekilde hazırlanmış olup belirtilen HPLC çalışma koşullarında pik

alanları belirlenmiştir. Kalibrasyon eğrisi Şekil 3.4'te verilmiştir. Ayrıca örneklere standart katma yapılarak, geri kazanım hesaplamaları yapılmıştır. Hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak örnek içerisindeki HMF miktarı kantitatif olarak belirlenmiştir. 1 ml/dak akış hızında, mobil fazı % 80 saf su + %20 metanol olan ve DAD dedektörde 285 nm dalga boyunda, C₁₈ (15 cm*4.6 mm) kolon kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Agilent 1200 DAD (Diode array dedektörlü) HPLC cihazı kullanılmıştır (Vorlová et al., 2006). Analiz süresi 10 dak'dır.

Kromatografik Koşullar:

Dedektör	: DAD Dedektör
Mobil Faz	: %80 su ve % 20 metanol
Kolon	: C ₁₈ kolon (150 mm x 4,6 mm, 5 µm)
Kolon sıcaklığı	: 30°C
Akış hızı	: 1 ml/dk
Enjeksiyon hacmi	: 20 µl' dir.



Şekil 3.4 HMF miktarının tayininde kullanılan kalibrasyon eğrisi

3.3.3.6 İncersiyon derecesi

Vakumlu pişirme cihazı kullanılarak üretilen çilek reçelinin incersiyon derecesi volumetrik Lane-Eynon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010).

Faktör tayini: Erlene Fehling I ve Fehling II çözeltilerinden 5 mL alınarak üzerine bir miktar saf su eklenmiştir. Bürettteki hazırlanan standart invert şeker çözeltisinden 15 mL erlene eklenmiş ve erlen bir ısıtıcı üzerine koyulmuştur. Çözelti kaynamaya başladıktan sonra titrasyona başlanarak kaynama taşı ile 3 dakika içinde kaynaması sağlanmıştır. Kaynamaya başladıktan 2 dakika sonra %1'lik metilen mavisi damlatılmıştır. Standart şeker çözeltisi ile yapılan titrasyon sonunda renk maviden kırmızıya döndüğü anda titrasyona son verilerek harcanan hacim kaydedilmiştir.

$$F = V \times \text{Harcanan standart şeker çözeltisinin ml'sinde bulunan mg şeker}$$

Burada; F = 5ml Fehling A ve 5 ml Fehling B çözeltisini indirgeyen mg cinsinden invert şeker miktarı,

V = Titrasyonda harcanan standart şeker çözelti miktarı + 15 ml (titrasyon öncesi eklenen şeker çözeltisi miktarı)

Yapılan ön denemeler sonucunda 1.92 g örnek alınarak 250 mL'lik bolonjojeye aktarılmıştır. Üzerine 50 mL damıtık su eklenmiştir. Üzerine durultma amacıyla 1 mL Carez I ve 1 mL Carez II çözeltilerinden eklenerek iyice karıştırılmış ve hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. 30 dak beklenerek, 30 dak sonra 0.1 N NaOH ortamın pH 'sı 8 olana kadar eklenmiştir. Çözelti filtre edilerek berrak çözelti elde edilmiştir.

İnversiyon Öncesi: Berrak filtrant bürete doldurulmuştur. Erlene 5 mL Fehling I ve 5 mL Fehling II çözeltilerinden koyularak 3 dakika içerisinde kaynaması sağlanmıştır. Kaynamada 2 dakika dolmadan 2-3 damla metilen mavisi damlatılmış ve büretteki çözelti ile titre edilmiştir. Renk kırmızı olunca titrasyon kesilerek yaklaşık harcanan miktar tespit edilerek bir ön deneme yapılmıştır. İkinci kez daha duyarlı deney yapılmış ve bu kez ilk titrasyonda harcanan hacimden 1 mL eksiği kaynamadan önce fehling çözeltilerinin üzerine eklenmiştir. Ve aynı şekilde titrasyon yapılarak harcanan hacim not edilmiştir.

$$\% \text{ İvert şeker} = \frac{V_2 \times F}{V \times V_1} \quad (3.8)$$

V_2 = Seyreltilmiş hacim(ml)

V_1 = Alınan örnek miktarı(ml)

F= Faktör

V= Titrasyonda büretten harcanan miktar(sarfiyat)

İnversiyon Sonrası: Berrak çözeltiye Hidroklorik asit (HCl) çözeltisinden 6 mL eklenmiştir. Çözeltinin içerisine termometre koyularak 70°C'a ayarlanmış su banyosuna yerleştirilmiştir. Sık sık çalkalanarak sıcaklığın en fazla 2-3 dakikada 67°C'a gelmesi sağlanmıştır. Bu andan itibaren tam 5 dakika aynı sıcaklıkta tutulmuş ve soğuk su altında hızlı bir şekilde soğutulmuştur. Çözeltiye 1-2 damla fenolftalein indikatör çözeltisi koyularak 4 N NaOH ile çok açık pembe renk olana kadar nötralize edilmiştir. Daha sonra hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan bu çözelti bürete doldurulmuştur. İversiyon öncesinde yapıldığı gibi aynı şekilde titrasyon gerçekleştirilmiştir ve harcanan hacim not edilmiştir.

$$\% \text{ Toplam şeker} = \frac{V_2 \times F}{V \times V_1} \times 2 \quad (3.9)$$

Bu formülde de değerler invert şeker formülünde olduğu gibi olup, burada 2'yi kullanmamızın sebebi, invert şeker için hazırlanan örnekten alınıp tekrar seyreltme yapılmasıdır.

Sakkaroz miktarının tayininde ise aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Sakkaroz} = (\text{Toplam şeker} - \text{İnvert şeker}) \times 0.95 \quad (3.10)$$

3.3.3.7 Duyusal analiz

Vakumlu pişirme cihazı kullanılarak üretilmiş çilek reçeli; görünüş (tanelerin dağılmadan kalması), renk, kaşıkta kıvam, ağızda kıvam, tat ve genel tercih özellikleri açısından duyusal analize tabi tutulmuştur.

Duyusal analiz 10 kişilik yarı-eğitilmiş panel grubu tarafından, panel grubu ve ilgili literatür (Holtz et al., 1984; Altuğ ve Elmacı, 2005) yardımıyla hazırlanmış olan duyusal değerlendirme formlarında yer alan 5 puanlık skala kullanılarak puanlama testi ile gerçekleştirilmiştir. Örnek duyusal değerlendirme formu Ek 3'te ve örnek duyusal değerlendirme tabağı Ek 4'te verilmiştir.

3.3.3.8 İstatistiksel analiz

Vakum altında pişirme işlem koşullarının optimizasyonunda kullanılacak olan kalite özellikleri (Briks, Hue, HMF içeriği ve duyusal beğeni kriterlerinden kaşıkta kıvam) ve incelenen diğer kalite parametreleri üzerine bağımsız değişkenler olan sıcaklık ve sürenin etkisini istatistiksel olarak değerlendirmek için varyans analizi (ANOVA) yöntemi kullanılmıştır. Yalnızca vakum altında pişirilen reçellerin duyusal beğeni değerlendirmeleri üzerine sıcaklık ve sürenin etkisinin değerlendirilmesi amacıyla tek değişkenli (Univariate) bir test yöntemi olan Tek Değişkenli Varyans Analizi (Univariate Analysis of Variance) kullanılmıştır.

Ayrıca atmosferik koşulda farklı pişirme sürelerinin çilek reçelinin kalite parametreleri (Briks, pH, % titrasyon asitliği, CIE L*, a* ve b* değerleri, renk yoğunluğu (C*) ve Hue (h°) değerleri, % invert şeker, % sakkaroz, % toplam şeker içeriği, HMF içeriği ve duyuşal beğeni) üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) yapılarak değerlendirilmiştir.

Ayrıca atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin analiz edilen Briks, pH, % titrasyon asitliği, CIE L*, a* ve b* değerleri, renk yoğunluğu(C*) ve Hue (h°) değerleri, % invert şeker, % sakkaroz, % toplam şeker içeriği, HMF içeriği ve duyuşal beğeni sonuçlarının birbirleri ile ilişkisi korelasyon analizi yapılarak ortaya konulmuştur.

İstatistiksel analizler SPSS, 2006 (15.0 for Windows) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1 Atmosferik Basınçta Çilek Reçeli Üretim Koşullarının Çilek Reçeli Kalitesi Üzerine Etkisi

Vakum altında gerçekleştirilen denemeler sonucu elde edilen çilek reçellerinin kalitesinin, geleneksel yöntem ile atmosferik basınçta üretilen çilek reçelleri ile karşılaştırmak amacıyla, aynı sistemde vakum çalıştırılmadan atmosferik basınçta 4 farklı sürede (5, 10, 15, 20 dak) çilek reçeli üretimi gerçekleştirilmiştir.

Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), Hue (h°) ve renk yoğunluğu (C^*) değerleri Çizelge 4.1’de ve Briks, pH, titrasyon asitliği,%, HMF içeriği, mg/kg, % invert şeker miktarı, % sakkaroz miktarı ve % toplam şeker miktarına ait sonuçlar, ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin renk (L^* , a^* , b^*), Chroma(C^*) ve Hue (h°) değerleri

Süre (dak)	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
5	28.55±0.04	2.60±0.63	1.52±0.35	3.01±0.72	30.37±0.26
10	28.69±0.09	3.88±1.16	1.76±0.41	4.27±1.23	24.64±1.46
15	28.68±0.15	3.80±1.47	1.74±0.48	4.19±1.54	25.09±2.52
20	28.57±0.00	3.56±0.17	1.68±0.07	3.94±0.19	25.30±0.15

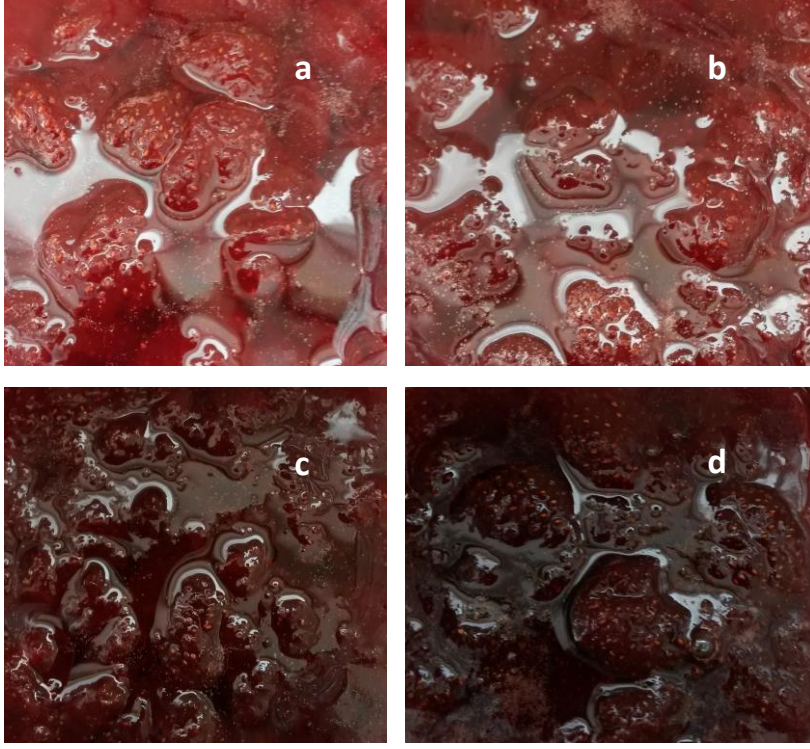
Çizelge 4.2 Atmosferik basınçta farklı sürelerde üretilen çilek reçellerinin ortalama analiz sonuçları

Süre (dak)	Briks	pH	Titrasyon asitliği (%sitrik asit)	HMF (mg/kg)	% İvert şeker	% Sakkaroz	% Toplam şeker
5	49.00±1.41	3.68±0.13	0.484±0.085	49.35±2.10	13.65±0.52	30.97±2.27	44.62±1.75
10	51.75±2.47	3.67±0.07	0.545±0.117	67.83±0.83	17.90±1.99	28.06±4.50	45.96±2.51
15	56.50±2.12	3.68±0.09	0.550±0.057	73.01±1.99	21.41±1.27	33.82±0.23	55.23±1.03
20	65.75±1.06	3.63±0.00	0.621±0.000	129.01±6.38	27.73±1.01	32.77±2.05	60.50±1.04

Atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin CIE L*, a* ve b* renk değerleri incelendiğinde, 5 ve 10 dak süre ile pişirilen çilek reçellerinin kırmızılık/sarıklık değerinin göstergesi olan a* değerlerinde sürenin artmasıyla birlikte bir miktar artış olduğu tespit edilmiştir. Fakat pişirme süresinin artmasına bağlı olarak ürünün yüksek sıcaklığa uzun süre maruz kalmasıyla birlikte a* değerlerinde azalma görülmüştür.

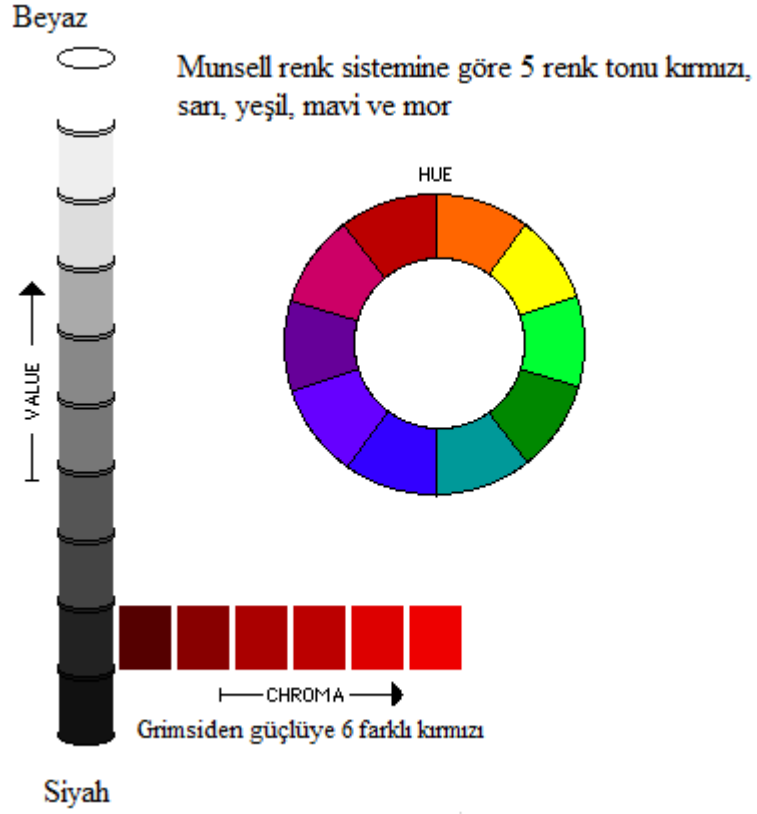
Benzer bir şekilde renk doygunluğunun ve rengin canlılığının bir göstergesi olan Chroma(C*) değerleri incelendiğinde de, 5 ve 10 dak süre ile pişirilen reçelin renk doygunluğunda bir miktar artış olduğu ve daha canlı bir kırmızı renge doğru değişimin olduğu tespit edilmiştir. Pişirme süresinin artması ile birlikte ürünün renginde meydana gelen koyulaşmadan dolayı renk doygunluğu değeri azalmış ve ürünün koyu, parlak olmayan kırmızı renk değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerine ait görünüm Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin görünümü
a)5 dak, b)10 dak, c)15 dak, d)20 dak

Renk tonunun göstergesi olan Hue (h°) değerleri ise atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinde 25.09 ile 30.37 arasında değişmektedir. CIE renk sistemine göre 0° ile 90° arası kırmızı-sarı renk tonunu göstermektedir. Şekil 4.2’de Munsell renk sistemine göre Chroma(C^*) ve Hue (h°) değerleri görülmektedir.



Şekil 4.2 Munsell renk sistemine göre Value, Chroma(C*) ve Hue(h°) (Anonim, 1999)

Atmosferik basınçta uygulanan farklı pişirme sürelerinin çilek reçeli Briks, pH, titrasyon asitliği,%, renk değerleri (L^* , a^* , b^*), Chroma (C*), Hue (h°), % invert şeker miktarı, % sakkaroz miktarı, % toplam şeker miktarı, HMF miktarı, mg.kg^{-1} değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. Çilek reçelinin renk değerleri (L^* , a^* , b^*), Chroma (C*), Hue (h°) değerleri üzerine pişirme sürelerinin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.3'te ve çilek reçelinin kalite parametreleri üzerine pişirme sürelerinin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Çilek reçelinin renk, Chroma ve Hue değerleri üzerine pişirme süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu

Parametre	Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	<i>p</i> -değeri
L*	Gruplar arası	3	.007	.635
	Gruplar içinde	4	.011	
	Toplam	7		
a*	Gruplar arası	3	1.110	.313
	Gruplar içinde	4	.673	
	Toplam	7		
b*	Gruplar arası	3	.152	.105
	Gruplar içinde	4	.038	
	Toplam	7		
C*	Gruplar arası	3	1.244	.277
	Gruplar içinde	4	.669	
	Toplam	7		
Hue(h°)	Gruplar arası	3	5.235	.662
	Gruplar içinde	4	9.116	
	Toplam	7		

Atmosferik basınçta pişirme süresinin çilek reçellerinin L*, a* ve b*, Chroma (C*) ve hue (h°) değerleri üzerine etkisinin çalışılan süre aralığında (5-20 dak) istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin kırmızılık/sarıklık göstergesi olan a* değerleri ile renk doygunluğu (C*) ve Hue (h°) değerleri arasında korelasyon tespit edilmiş olup, korelasyon katsayısı değerleri (r) sırasıyla, 0.999 ve zıt yönde -0.848'dir. Bunun yanı sıra, çilek reçellerinin Chroma (C*) ve hue (h°) değerleri arasında da zıt yönde korelasyon olduğu ($r = -0.824$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 Çilek reçelinin kalite parametreleri üzerine pişirme süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu

Parametre	Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	<i>p</i> -değeri
Briks	Gruplar arası	3	81.25	.131
	Gruplar içinde	4	23.56	
	Toplam	7		
pH	Gruplar arası	3	.008	.118
	Gruplar içinde	4	.002	
	Toplam	7		
% Titrasyon asitliği	Gruplar arası	3	.011	.111
	Gruplar içinde	4	.003	
	Toplam	7		
% İvert şeker	Gruplar arası	3	52.59	.133
	Gruplar içinde	4	15.42	
	Toplam	7		
% Sakkaroz	Gruplar arası	3	17.72	.081
	Gruplar içinde	4	3.66	
	Toplam	7		
% Toplam şeker	Gruplar arası	3	109	.013
	Gruplar içinde	4	7.469	
	Toplam	7		
HMF	Gruplar arası	3	1247	.362
	Gruplar içinde	4	883	
	Toplam	7		

Atmosferik basınçta farklı sürelerde üretilen çilek reçellerinin Briks değerlerinin % 49 ve 65.75 arasında değiştiği belirlenmiş olup, pişirme süresinin artması ile birlikte Briks değerlerinde artış olduğu Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Atmosferik basınçta, işlem süresinin artması ile birlikte çilek reçellerinin Briks değerlerinde artış görülmekle birlikte, istatistiksel olarak pişirme süresinin Briks değeri üzerine etkisinin önemli olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin TKG’da “*geleneksel reçel*”ler için belirtilen Briks değerine (en az 68 Briks) ulaşamadığı

bulgulanmıştır. Bunun nedeninin, cihazın tasarımına bağlı olarak üründe meydana gelen deformasyonlar sebebiyle uygulanan ısı işlem süresinin belirli bir süreden (20 dak) daha uzun tutulamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin pH değerlerinin 3.63 – 3.68 arasında değiştiği belirlenmiştir. TKG’da reçel için belirtilen uygun pH aralığı 2.8 – 3.5 olmalıdır. Atmosferik basınçta üretilen reçellerin hiçbiri belirtilen pH aralığında değişim göstermemiş olup, bunun sebebi kullanılan sitrik asidin ortamın pH’sını düşürerek yeterli jelleşmeyi sağlamamış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, sisteme üretim anında müdahale edilememesi sebebiyle reçel üretimi esnasında kullanılan sitrik asidin üretimin başlangıcında karışıma eklenmesinin de bu noktada önemli etkisi olacağı düşünülmektedir.

Atmosferik basınçta uygulanan farklı pişirme sürelerinin çilek reçeli pH değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. Atmosferik basınçta pişirme süresinin çilek reçellerinin pH değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin % titrasyon asitliği değerlerinin % 0.484 – 0.621 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi titrasyon asitliği değerlerinde, pişirme süresinin artmasıyla birlikte bir miktar artış görülmektedir.

Kaplan (2006), Çukurova bölgesinde satışa sunulan bazı reçellerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelediği çalışmada titrasyon asitliği değerinin çilek reçellerinde % 0.22-0.69 arasında değiştiğini bulgulamıştır. Aynı şekilde Tosun (1991), çalışmasında titrasyon asitliği değerlerini çilek reçelinde % 0.18-0.66 arasında olduğunu belirtmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalarda belirtilen titrasyon asitliği değerleri, bu çalışmada çilek reçeli için elde edilen titrasyon asitliği değerleri ile yakınlık göstermektedir.

Her ne kadar pişirme süresinin artmasıyla birlikte titrasyon asitliği değerlerinde bir miktar artış meydana geldiği tespit edilse de atmosferik basınçta pişirme süresinin çilek reçellerinin titrasyon asitliği değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Bunun yanı sıra yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, titrasyon asitliği ve pH değerleri arasında zıt yönde korelasyon ($r = -0.865$) olduğu bulgulanmıştır.

Reçelerde Briks değeri ve şeker dağılımı kristalizasyonun önlenmesi açısından dikkat edilmesi gereken parametrelerdir. Kristalizasyonu önlemek için Briks yani çözünür kuru madde oranı yükseldikçe, optimal invert şeker miktarı sınırı kısıtlanmaktadır. Çözünür kuru madde miktarı % 65 olan reçelerde invert şeker miktarı % 3-43, % 68 olanda % 11-28, % 70 olanda % 20-26 ve % 72 olanda ise % 28-34 arasında sınırlandırılmıştır (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin invert şeker içerikleri incelendiğinde ise, invert şeker miktarının % 13.65 ile % 27.30 arasında değiştiği gözlenmiştir. Çizelge 4.2'de pişirme süresinin artmasıyla birlikte invert şeker miktarının arttığı görülmektedir.

Briks değerleri incelendiğinde, invert şeker miktarının Briks değerinin artması ile birlikte arttığı ve Cemeroğlu ve Acar (1986) tarafından belirlenen sınırlara yaklaştığı görülmektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucunda Briks ve % invert şeker miktarı arasında yüksek korelasyon ($r = 0.925$) tespit edilmiştir.

Atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin % sakkaroz içerikleri değerlendirildiğinde, pişirme sürelerinin artmasıyla birlikte % sakkaroz miktarının arttığı tespit edilmiştir. Pişirme süresinde ve sakkaroz miktarında meydana gelen artışa bağlı olarak, % invert şeker miktarlarında da artış olduğu bulgulanmıştır.

Bu çalışmada atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin toplam şeker miktarı incelendiğinde, sırasıyla farklı pişirme süreleri

için (5-10-15-20 dak) toplam şeker miktarının; % 44.62 ile % 60.50 arasında olduğu saptanmıştır.

Atmosferik basınçta pişirme süresi arttıkça çilek reçellerinin % toplam şeker miktarlarının arttığı ve Briks değerinin de yükseldiği görülmektedir.

Korelasyon analizine göre, % invert şeker miktarı ile titrasyon asitliği ve % toplam şeker arasında da korelasyon olduğu saptanmış olup, korelasyon katsayısı değerleri (r) sırasıyla, 0.750 ve 0.909'dur.

Tosun (1998), reçelerde kristalizasyonun önlenmesi için üründe bulunan toplam şekerin % 30-35 kadarının invert şeker olması gerektiğini belirtmiştir. Bu çalışmada elde edilen invert şeker ve toplam şeker oranları kıyaslandığında, atmosferik basınçta farklı sürelerde elde edilen çilek reçellerinin hepsinin literatür ile uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler, uygulanan ısı işlemin çilek reçellerinde inversiyonu sağlamak için yeterli olduğunu göstermektedir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, % toplam şeker miktarı ile Briks ve % invert şeker miktarı arasında yüksek korelasyon olduğu belirlenmiş olup, korelasyon katsayıları (r) sırasıyla 0.944 ve 0.909'dur.

Atmosferik basınçta farklı pişirme sürelerinin çilek reçellerinin % invert şeker değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmesine rağmen, pişirme süresinin % toplam şeker değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Yüksek sıcaklık uygulamasının ve uzun süre depolamanın göstergesi olarak kabul edilen HMF değerleri incelendiğinde ise, farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin HMF içeriğinin 49.35 mg/kg ile 129.01 mg/kg arasında değiştiği gözlenmiştir. Atmosferik basınçta pişirme süresi arttıkça çilek reçellerinin HMF içeriğinde yüksek oranda artış meydana geldiği saptanmıştır.

Literatürde HMF miktarının 1. sınıf reçellerde 50 mg/kg, 2. sınıf reçellerde ise 100 mg/kg seviyelerini aşmaması tavsiye edilmektedir (Gülpek ve Başoğlu, 1989; Bilişli, 1998). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde atmosferik basınçta 20 dak. süre ile pişirilen çilek reçelinin HMF içeriğinin oldukça yüksek olduğu (129.01 ± 6.37 mg/kg) ve belirtilen sınırlar içerisinde yer almadığı görülmektedir. 5- 10 ve 15 dak. süre ile pişirilen çilek reçellerinin ise, 2. sınıf reçel sınırlamasını geçmemelerine rağmen, yüksek miktarda HMF içerdikleri saptanmıştır.

Aslanova (2005), reçel üretimi ve depolanması sürecinde HMF oluşum kinetiğini incelediği çalışmada depolama başlangıcında çilek reçellerinde HPLC ile belirlenen HMF miktarının 20.39 mg/kg olduğunu bulgulamıştır.

Ekşi ve Velioğlu (1990) ise ticari reçel örneklerinin kalite değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada çilek reçeli için HMF miktarının 43.2-211.8 mg/kg arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, literatürde belirtildiğinin aksine atmosferik basınçta pişirme süresinin çilek reçellerinin HMF değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Eichner (1973)' a göre gıdalarda HMF oluşumu, gıdanın indirgen şeker ve aminoasit konsantrasyonuna, pH değerine, uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak artış göstermektedir. Aynı şekilde Ekşi ve Velioğlu (1990) da reçelde invert şeker miktarının artışı ile HMF miktarı arasında bir paralellik bulunabileceğini belirtmişlerdir.

Yapılan korelasyon analizi sonucunda atmosferik basınçta farklı sürelerde üretilen çilek reçellerinin HMF içeriği ile Briks, % invert şeker ve % toplam şeker miktarı arasında oldukça yüksek korelasyon olduğu tespit edilmiş olup korelasyon katsayıları (r) sırasıyla, 0.959, 0.940 ve 0.951 olarak belirlenmiştir.

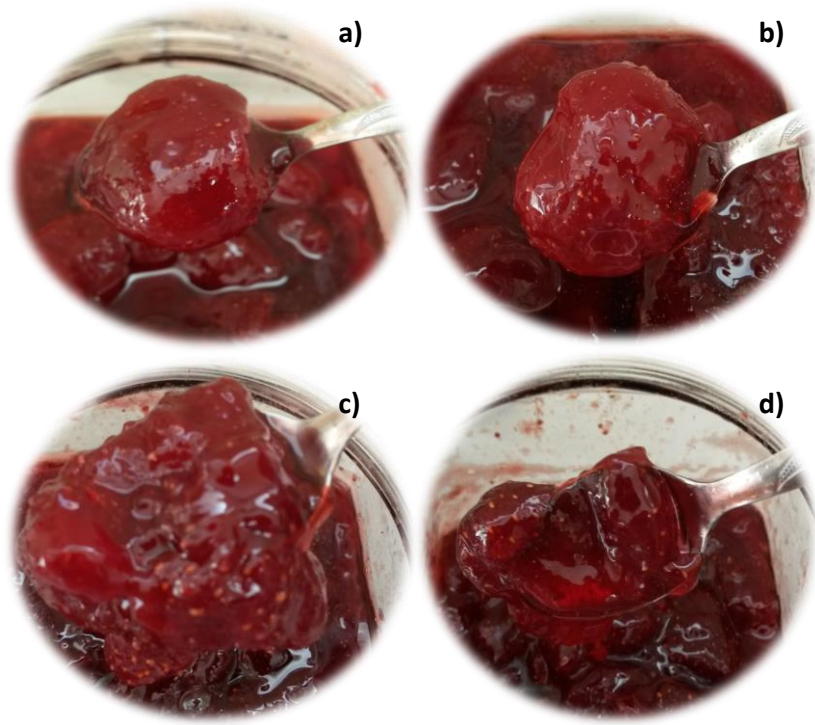
Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin duyuusal beğenisini gösteren görünüş, renk, kaşıқта kıvam, ağızda kıvam, tat ve genel tercih değerlendirmelerine ait sonuçlar ise Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4.5 Atmosferik basınçta farklı sürelerde üretilen çilek reçellerine ait duyuşal değerlendirme sonuçları

Süre(dak)	Görünüş	Renk	Kaşıktta kıvam	Ağızda kıvam	Tat	Genel tercih
5	3.55±0.50	3.85±0.35	3.63±0.38	3.72±0.25	3.82±0.39	3.77±0.19
10	3.77±0.32	4.27±0.00	4.05±0.19	4.05±0.06	4.00±0.26	4.09±0.13
15	3.82±0.26	3.95±0.07	3.80±0.28	3.86±0.06	3.77±0.32	3.81±0.12
20	3.23±0.06	3.77±0.32	3.77±0.45	3.68±0.45	3.32±0.84	3.50±0.45

Çizelge 4.5'e göre, renk, kaşıktta kıvam, ağızda kıvam, tat ve genel tercih açıısından en yüksek beğeni puanlarını alan çilek reçeli, atmosferik basınçta 10 dakika süre ile pişirilen örnektir.

Kaşıktta kıvam, örneğin akıcılığını belirtirken, ağızda kıvam ise çilek tanelerinin yumuşak veya sert olması ile ilişkilendirilmiştir. Şekil 4.3'te görülebileceği üzere pişirme süresi arttıkça ürünlerin renklerinde koyulaşmalar meydana gelmiş, çilek taneleri ise dağılıp parçalanarak istenmeyen bir görünüşe sahip olmuşlardır. Bu olumsuz özellikler, çilek reçellerinin beğeni özelliklerini etkilemiş ve panelistler tarafından düşük puanlar verilmesine sebep olmuştur.



Şekil 4.3 Atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen reçellerin tane görünümü, sırasıyla a)5 dak, b) 10 dak, c) 15 dak, d)20 dak

Atmosferik basınçta uygulanan farklı pişirme sürelerinin çilek reçelinin duyuşal beğenisi üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. Çilek reçelinin duyuşal beğenisi üzerine pişirme sürelerinin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Çilek reçelinin atmosferik basınçta duyuşal beğenisi üzerine pişirme süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu

Parametre	Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	<i>p</i>-değeri
Görünüş	Gruplar arası	3	.132	.440
	Gruplar içinde	4	.117	
	Toplam	7		
Renk	Gruplar arası	3	.071	.502
	Gruplar içinde	4	.075	
	Toplam	7		
Kaşıkta Kıvam	Gruplar arası	3	.147	.169
	Gruplar içinde	4	.051	
	Toplam	7		
Ağızda Kıvam	Gruplar arası	3	.041	.692
	Gruplar içinde	4	.078	
	Toplam	7		
Tat	Gruplar arası	3	.202	.520
	Gruplar içinde	4	.228	
	Toplam	7		
Genel Tercih	Gruplar arası	3	.084	.509
	Gruplar içinde	4	.092	
	Toplam	7		

Duyuşal beğeninın subjektif bir değerlendirme olduğu göz önünde bulundurularak, atmosferik basınçta pişirme süresinin çilek reçellerinin duyuşal beğeni değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir.

4.2 Vakum Pişirme Optimum İşlem Koşullarının Çilek Reçeli İçin Belirlenmesi

CCRD deneme desenine göre (Çizelge 3.2) göre vakum altında pişirme yöntemi ile çilek reçeli üretiminde etkili bağımsız değişkenler olan sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve sürenin (dak) etkisi incelenmiştir. Vakum altında pişirme işlemi bağımsız değişkenleri olan sıcaklık 60 – 90 $^{\circ}\text{C}$ aralığında ve süre 10 – 25 dak arasında değişmektedir. Ön denemeler ve literatür ışığında bağımsız değişkenlerin aralıkları belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler olan sıcaklık ve sürenin vakum altında pişirme yöntemi ile çilek reçeli üretimi sırasında Briks, Hue (h°), HMF içeriği ve duyuşal olarak kaşıkta kıvam değerleri üzerine etkileri optimizasyon çalışması ile incelenmiştir.

Farklı sıcaklık ve sürelerde üretilen çilek reçellerinin Briks, Hue (h°) değeri, HMF içeriği ve duyuşal olarak kaşıkta kıvam değerlerinin yanı sıra renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), Chroma (C^*) değeri, pH ve % titrasyon asitliği değerleri, % invert şeker, % sakkaroz ve % toplam şeker içerikleri ve duyuşal özellikleri de analiz edilerek belirlenmiştir.

Model eşitliğindeki katsayıların belirlenmesi ve modelin oluşturulması için dizayn edilen deneme planına göre belirlenen deneşel yanıtlar Çizelge 4.7’de görölmektedir.

Çizelge 4.7 CCRD deneme planı izlenerek elde edilen deneysel sonuçlar

Deneme no	BX	Hue (h°)	HMF içeriği (mg/kg)	KK
1	54.00±2.83	35.25±0.09	11.98±0.14	3.60±0.14
2	51.00±0.00	35.83±3.72	25.89±0.80	3.50±0.42
3	56.00±0.00	33.52±0.31	16.27±0.26	3.79±0.86
4	58.50±2.12	30.24±2.09	30.75±0.70	4.06±0.48
5	58.00±2.83	26.88±0.41	13.46±2.21	3.88±0.01
6	54.50±3.54	25.02±0.33	74.96±3.33	4.24±0.02
7	47.50±2.12	44.62±0.53	14.85±0.07	3.36±0.26
8	59.00±1.41	36.03±1.19	21.35±1.83	4.32±0.14
9	60.00±0.00	33.24±0.08	14.41±1.49	4.31±0.27
10	59.00±1.41	34.82±0.33	15.43±0.33	3.97±0.24
11	57.50±0.71	31.03±3.50	14.39±0.23	4.10±0.14
12	56.00±1.41	29.28±3.76	14.42±2.07	4.30±0.11
13	59.00±0.00	29.76±3.73	14.72±0.99	4.30±0.11

Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak, işlem değişkenlerinin her bir yanıt üzerindeki etkisi varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Çizelge 4.8'de Briks, Hue, HMF içeriği ve kaşıқта kıvam üzerine % 95 güven seviyesinde etkili olan bağımsız değişkenler görülmektedir.

Çizelge 4.8 Her bir yanıt üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisinin önemini gösteren ANOVA tablosu

İşlem Değişkenleri	Hata Kareler Toplamı			
	BX	Hue(h°)	HMF içeriği (mg/kg)	KK
Sıcaklık (°C)	3.71	3.53	1663*	0.057
Süre (dak)	82.97*	46.85*	42.00	0.56*

* % 95 düzeyinde önemli

ANOVA analizine göre sıcaklık çilek reçelinin yalnızca HMF içeriği üzerine önemli etkiye sahipken, süre ise Briks, Hue (h°) ve kaşıқта kıvam değerleri üzerine önemli etkiye sahiptir.

Çilek reçellerinin Briks, Hue (h°) değeri HMF içeriği ve duyuşsal olarak kaşıқта kıvam değerlerinin yanı sıra renk değerleri (L*,a* ve b*), Chroma değeri, pH ve % titrasyon asitliği değerleri, % invert şeker, % sakkaroz ve % toplam şeker içerikleri ve duyuşsal özellikleri de Design-Expert paket programı kullanılarak bağımsız değişkenlerin (sıcaklık ve süre) etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur.

4.2.1 Modelin oluşturulması

Optimizasyon çalışmasında yer alan işlem değişkenleri ile her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel model quadratik regresyon analizi yapılarak oluşturulmuştur. Bunun için modellere her bir değişkenin öncelikle lineer etki terimleri, daha sonra quadratik ve interaksiyon etki terimleri sırası ile toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve model uygunsuzluğu testi (lack of fit) değerleri analiz edilmiştir. Her bir yanıt için varyans analizi tablosu Ek 5'te verilmiştir.

Ek 5'te verilen sonuçlar incelendiğinde, Briks, Hue değeri, HMF içeriği ve kaşıқта kıvam değerlendirmesi için quadratik terimlerin eklenmesinin modelleri önemli ölçüde geliştirdiği tespit edilmiştir. Bu yanıtlar için en uygun model tipinin

ikinci dereceden polinomial modeller olduğu varsayımı böylelikle ispat edilmiştir. Deneysel verilerin ikinci dereceden polinomial modele fit ettirilmesine ait varyans analizi Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Her bir yanıt üzerine lineer, quadratik ve interaksiyon terimlerinin bireysel olarak etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	BX		Hue (h°)		HMF içeriği (mg/kg)		KK	
		Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri
Model	5	140.67	0.0033*	270.32	0.0014*	2794.99	0.0162*	1.07	0.0166*
X ₁	1	3.71	0.2689	3.53	0.3598	1663.47	0.0035*	0.057	0.2420
X ₂	1	82.97	0.0008*	46.85	0.0091*	42.00	0.5156	0.56	0.0052*
X ₁ X ₂	1	7.56	0.1303	3.76	0.3456	0.083	0.9766	0.035	0.3506
X ₁ ²	1	6.87	0.1464	50.66	0.0075*	1049.61	0.0111*	0.10	0.1287
X ₂ ²	1	43.26	0.0046*	139.88	0.0005*	4.13	0.8362	0.37	0.0140*
Kalıntı	7	18.02		25.75		627.19		0.24	
Lack of Fit	3	8.22	0.4404	3.62	0.8791	626.40	< 0.0001*	0.15	0.2424
Saf Hata	4	9.80		22.13		0.79		0.094	
Toplam	12	158.69		296.07		3422.18		1.32	

**p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

Çizelge 4.9’den görülebileceği gibi, elde edilen tüm regresyon modelleri % 95 güven seviyesinde önemli bulunmuştur. Bunun yanı sıra Çizelge 4.9’da her bir bağımsız değişkenin yanıtlar üzerindeki lineer, interaksiyon ve quadratik

etkilerinin istatistiksel olarak önemliliği de görülmektedir. Bu etkilerin model açısından önemliliği istatistiksel olarak F ve *p*-değerlerinden belirlenmiş olup, *p*-değerinin 0.05'ten büyük olduğu etkiler önemsiz kabul edilerek bu terimler model düzenine zarar vermeden modelden çıkarılmıştır. Bunlara ilaveten, bu çizelgede kalıntı hata, deneysel dizaynın merkez noktasında yapılan gözlemlerin tekrarlanmasıyla saf deneysel hata ve model uygunsuzluğu (lack of fit) olarak ayrılmıştır. İdeal bir modelin, matematiksel formunun uygunsuzluğu (lack of fit) için önemsiz ve regresyon modeli için önemli olması gerekmektedir. İncelenen tüm yanıtlar için ikinci dereceden polinomiyal model, % 95 güven seviyesinde önemli bulunurken, yalnızca HMF içeriği için model uygunsuzluğu (lack of fit) % 95 güven seviyesinde önemli çıkmış olup diğer yanıtlar için lack of fit değeri önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.9) HMF içeriği için model uygunsuzluğunun önemli çıkması, merkez noktalarındaki HMF içeriği değerlerinin birbirleri ile oldukça yakın sonuçlar içermesinden kaynaklanmaktadır.

Oluşturulan modellerin deneysel verileri ne derecede karşıladığı regresyon katsayısı R^2 , düzeltilmiş regresyon katsayısı R^2_{adj} ve varyasyon katsayısı (C.V.) hesaplanarak belirlenmiştir. Bir regresyon modelinin daha sonra yapılacak gözlemler için bir tahminleme modeli olarak kullanılabilmesi için ise Adequate Precision, PRESS ve Pred- R^2 değerleri kullanılmıştır. Modellerin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler ve değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Modelin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler

	BX	Hue(h°)	HMF (mg/kg)	KK
R^2	0.8864	0.9130	0.8167	0.8155
R^2_{adj}	0.8053	0.8509	0.6858	0.6838
C.V. %	2.86	5.86	43.51	4.68
PRESS	73.80	60.35	4455.61	1.21
Adeq Precision	9.144	14.371	7.777	7.285

Regresyon katsayısı R^2 , deneysel verideki model tarafından açıklanabilen varyasyonun toplam varyasyona oranı olarak tanımlanmıştır (Myers and Montgomery, 1995; Khuri and Cornell, 1996). Elde edilen modellerin tümünde varyasyonun büyük bir kısmı ($R^2 > 0.81$) modeller tarafından açıklanabilmektedir (Çizelge 4.10).

Ancak modele yeni terimlerin eklenmesi, bu terimler istatistiksel olarak önemsiz olsa da R^2 'yi her zaman arttırmaktadır. Bu nedenle düzeltilmiş regresyon katsayısı R^2_{adj} değerlerinin modelin uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılması önerilmektedir (Myers ve Montgomery, 1995). Briks ve Hue değerleri için R^2 ve R^2_{adj} değerlerinin birbirlerine yakın olması modellerin istatistiksel olarak önemsiz terimleri içermediğini göstermektedir.

Varyasyon katsayısı deneysel verilerdeki kalıntı varyasyonun ortalamaya bağlı bir ölçüsüdür. Büyük varyasyon katsayısı değerleri, verilerin ortalamadan çok fazla saptıklarını, küçük varyasyon katsayısı değerleri ise verilerin hemen hemen ortalamayla aynı değere sahip olduğunu göstermektedir (Lazić, 2004). Yanıtlar için varyasyon katsayısı değerleri Briks, Hue, HMF içeriği ve kaşıқта kıvam değerleri için sırasıyla 2.86, 5.86, 43.51 ve 4.68 olarak bulunmuştur.

Myers and Montgomery (1995) Adequate Precision değerinin 4'ten büyük olması gerektiğini belirtmiştir. Tüm modeller için Adequate Precision değeri 4'ten büyük bulunmuştur.

Model parametreleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak, bu parametrelerin ve modelin önemliliğinin test edilmesi ise varyans analizi kullanılarak yapılmıştır. Kalıntılar, rastgele hata teriminin davranışını yansıttığı için bu varsayımların test edilmesinde ve modelin uygunluğunun belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Kalıntı analizi; kalıntıların normal olasılık grafiği, kalıntıların model tahminlerine karşı çizildiği grafik, kalıntıların deneme sırasına karşı çizildiği grafik gibi grafiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir yanıt için, normal olasılık grafiği (Ek Şekil 6.1(a) Briks için, 6.1(b) Hue için, 6.1 (c) HMF içeriği için ve 6.1 (d)Kaşıқта kıvam için), kalıntıya karşı model

tahminleri grafiği (Ek Şekil 6.2(a) Briks için, 6.2(b) Hue için, 6.2(c) HMF içeriği için ve 6.2(d)Kaşıkta kıvam için) ve deneme sırasına karşı kalıntı grafikleri Ek 6'da (Ek Şekil 6.3(a) Briks için, 6.3(b) Hue için, 6.3(c) HMF içeriği için ve 6.3(d)Kaşıkta kıvam için) gösterilmiştir.

4.2.1.1 ilek reçeli Briksinin modelin yanıtı olarak incelenmesi

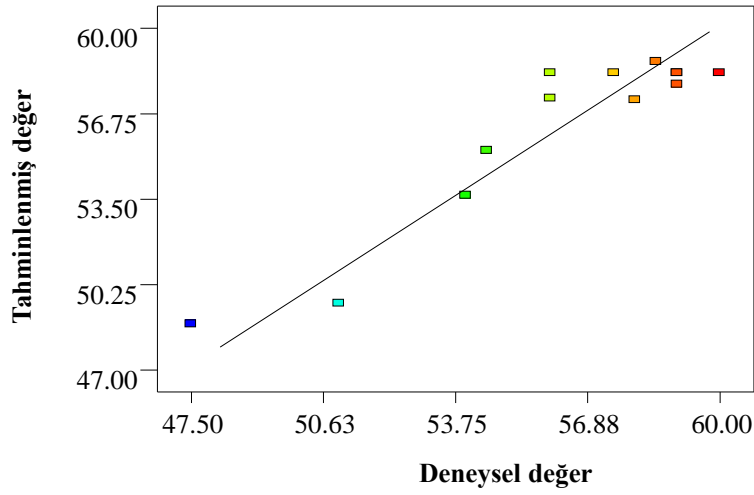
Reçel gibi meyve ürünlerinin mikrobiyolojik açıdan dayanıklı olmasının koŐulunun üretim hiyjenik koşullarda yapılmasının yanı sıra, çözünür kuru madde miktarının son üründe belirli bir değerden yüksek olması gerektiği de belirtilmektedir (stn ve Tosun, 1998).

Cemeroğlu (1992) meyve ve sebzelerdeki çözünür kuru madde miktarının büyük bir kısmının glikoz, sakkaroz ve fruktoz gibi Őekerlerden ve bunların yanı sıra sitrik asit, malik asit gibi asitlerden meydana geldiğini ifade etmiŐtir.

Briks değerleri için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış deđerŐkenler cinsinden EŞitlik 4.1'de verilmiştir.

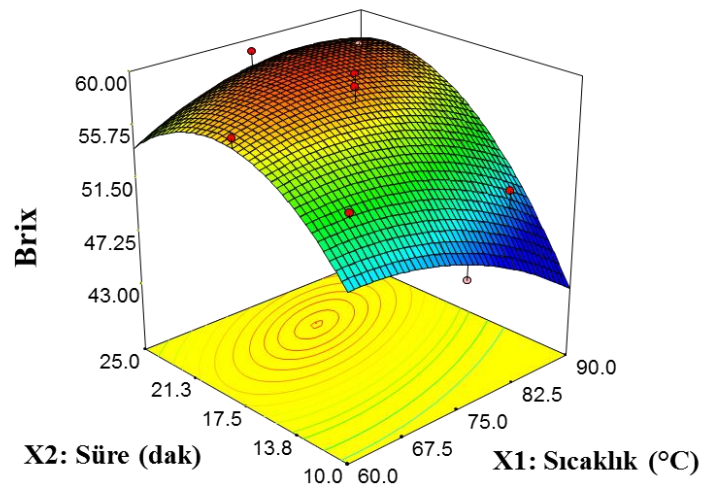
$$\text{Brix} = 58.30 + 3.22 * X_2 - 2.49 * X_2^2 \quad (4.1)$$

Briks değerleri için EŞitlik 4.1'den tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekil 4.4'ten Briks değerleri için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu saptanmıştır.



Şekil 4. 4 Briks değerleri için modelden (Eş. 4.1) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

İşlem değişkenlerinin çilek reçelinin Briks değerleri üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, elde edilen model (Eş. 4.1) kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuş olup, Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4. 5 Çilek reçeli Briks değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

Şekil 4.5'ten görülebileceği üzere çilek reçelinin Briks değeri pişirme/evaporasyon süresinin artmasıyla birlikte artmaktadır. Çilek reçelinin Briks değerlerinde sıcaklığın artmasıyla birlikte de bir miktar artış görülmesine rağmen, Briks değerleri üzerine etkili olan esas faktörün süre olduğu görülmektedir. Sürenin quadratik seviyede Briks değerini etkilediğini Çizelge 4.9 açıkça göstermektedir.

Ayrıca vakum altında üretilen çilek reçellerinin Briks değeri aynı sürelerde atmosferik basınçta üretilen çilek reçelleri ile kıyaslandığında ise, atmosferik basınçta sıcaklığın yüksek olmasına bağlı olarak daha kıvamlı ve Briks değeri yüksek ürünler elde edildiği belirlenmiştir.

4.2.1.2 Çilek reçelinin Hidroksimetilfurfural (HMF) içeriğinin modelin yanıtı olarak incelenmesi

Hidroksimetilfurfural (HMF), enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonu olan Maillard reaksiyonunun son aşamasında şekerlerin dehidrasyonu sonucunda meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra, asit ortamda şekerlerin parçalanması yoluyla da HMF oluşumu gözlenmektedir. (Buldurlu ve Karadeniz, 2002).

Meyve suyu ve konsantreleri, reçel ve marmelat, pekmez ve bal gibi işlenmiş şekerce zengin ürünlerde HMF miktarı, bu ürünlere uygulanan ısı yoğunluğunu ve depolama koşullarını ortaya koyan bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Ayrıca gıdalarda HMF miktarının belirli bir düzeyin üzerinde bulunması; rengin esmerleşme eğiliminde olduğunu, ürünün tat ve kokusunda önemli bozulmaların olduğunu ve balda olduğu gibi ürünün taşıdığı edildiyinin (invert şeker eklenmek suretiyle) bir ölçüsü olarak da alınmaktadır (Telatar, 1985).

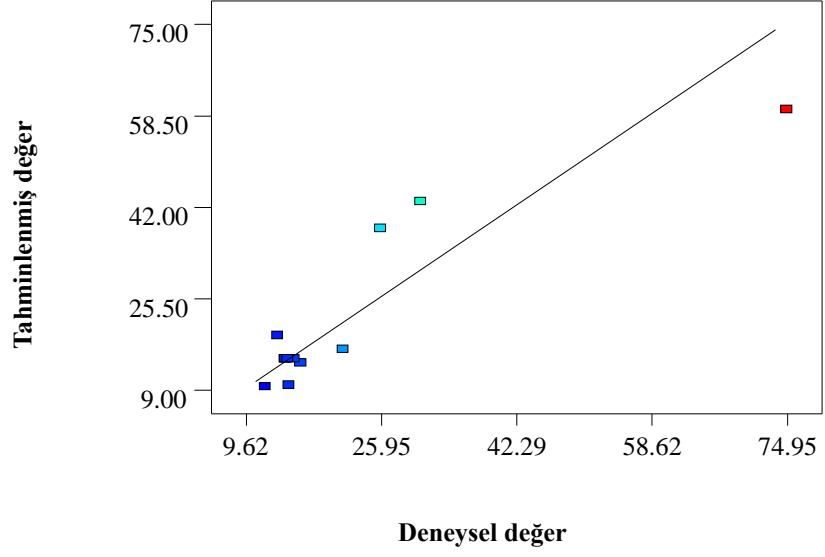
Literatürde HMF miktarının 1. sınıf reçellerde 50 mg/kg, 2. sınıf reçellerde ise 100 mg/kg seviyelerini aşmaması tavsiye edilmektedir (Gülpek ve Başoğlu, 1989; Bilişli, 1998). HMF miktarı ile ilgili reçel standartlarında bazı sınırlamalar

belirtilmiş olsa da, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'nde böyle bir sınırlama görülmemektedir.

Vakum altında pişirme işlemi esnasında uygulanan sıcaklık ve sürenin etkisini belirlemek amacıyla yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemi ile HMF analizi gerçekleştirilmiştir. Farklı işlem koşullarında üretilen çilek reçellerinin HMF içeriği yaklaşık olarak 11.98 ile 74.96 mg/kg arasında değişmektedir (Çizelge 4.7). Çilek reçellerinin HMF içeriği pişirme işlemi sonucunda yükselmektedir. Literatürde belirtilen sınırlamalardan 1.sınıf reçel sınırlamasına uymayan tek bir sonuç 90 °C'ta 17.5 dak süre ile pişirilen çilek reçelinde elde edilmiş olup (74.96 mg/kg), diğer tüm çilek reçellerinin HMF içeriği 1. sınıf reçel sınırlamasının altındadır (< 50 mg/kg).

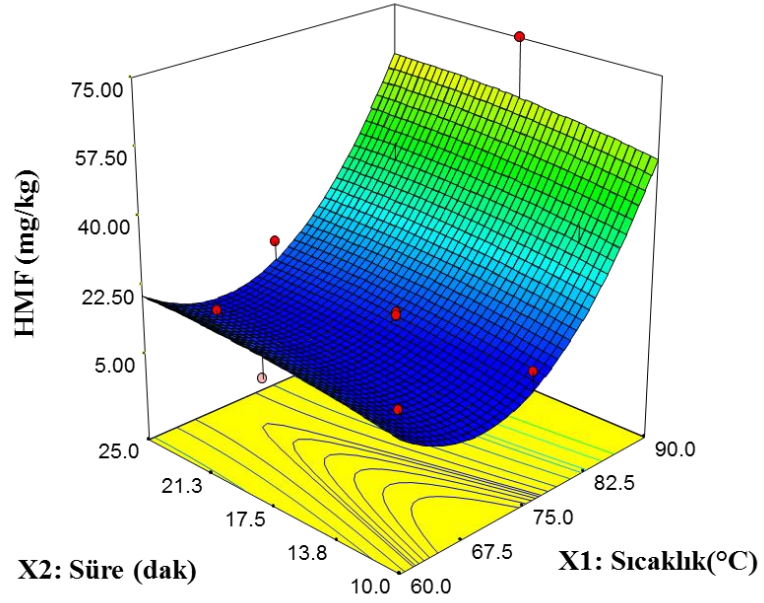
HMF içeriği için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.2'de verilmiştir. HMF içeriği için Eşitlik 4.2'den tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki ise Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Elde edilen deneysel değerler içerisinde özellikle merkez noktalarda bulgularanan HMF miktarları birbirleri ile oldukça yakın değerler göstermekte olup, Lack of fit değerinin önemli bulunmasına neden olmaktadır.

$$\text{HMF} = 14.67 + 14.42 * X_1 + 12.28 X_1^2 \quad (4.2)$$



Şekil 4.6 HMF içeriği için modelden (Eş. 4.2) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

Vakum altında pişirme işlem değişkenlerinin çilek reçellerinin HMF içeriği üzerine etkisini daha iyi anlayabilmek amacıyla elde edilen model (Eş. 4.2) kullanılarak Şekil 4.7’de yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur.



Şekil 4.7 Çilek reçeli HMF değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

Çilek reçellerinin HMF değerleri üzerine en etkili bağımsız değişkenin sıcaklık olduğu, sıcaklığın yükselmesiyle birlikte çilek reçellerine ait HMF içeriğinin artma eğilimi gösterdiği bulgulanmıştır. Çilek reçellerine ait HMF değerleri sıcaklığın maksimum olduğu noktada (90°C) en yüksek değerine (74,96 mg/kg) ulaşmıştır.

Kıvrak (2010) ticari olarak üretilen vişne, çilek ve kayısı reçellerinin HMF içeriğini araştırmış olup, 5 farklı markaya ait çilek reçellerinin HMF içeriğinin 6.34 ve 40.64 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Vorlová et al. (2006) farklı sebze ve meyve ürünlerindeki HMF içeriğini araştırdıkları çalışmada, gıdaların raf ömrünü uzatmak için uygulanan ısı uygulamasının ketçap, reçel ve domates püresi gibi ürünlerde daha fazla HMF oluşumuna neden olduğunu bulgulanmıştır. Uygulanan yüksek sıcaklığın fazla miktardaki karbonhidrat içeriği ve düşük pH değerlerine bağlı olarak Maillard reaksiyonlarına ve karamelizasyona yol açtığını belirtmiştir.

Ayrıca vakum altında üretilen çilek reçellerinin HMF içeriği, atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin HMF içeriği ile kıyaslanmış ve vakum altında üretilen çilek reçellerinin daha düşük HMF içeriğine sahip olduğu bulgulanmıştır. Vakum altında pişirme işlemi, çalışmanın başında ön görüldüğü gibi düşük sıcaklık uygulaması ile çilek reçeli üretiminde HMF içeriğinin azaltılmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Örnek HMF kromotogramları vakum altında 90°C ve 17.5 dak süre ile pişirilen çilek reçeli ve atmosferik basınçta 20 dak süre ile pişirilen çilek reçeli için Ek 7'de verilmiştir.

4.2.1.3 Çilek reçeline ait renk tonunun (Hue, h°) modelin yanıtı olarak incelenmesi

Renk, bir gıdanın tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesinde yararlanılan en önemli özelliklerden birisidir.

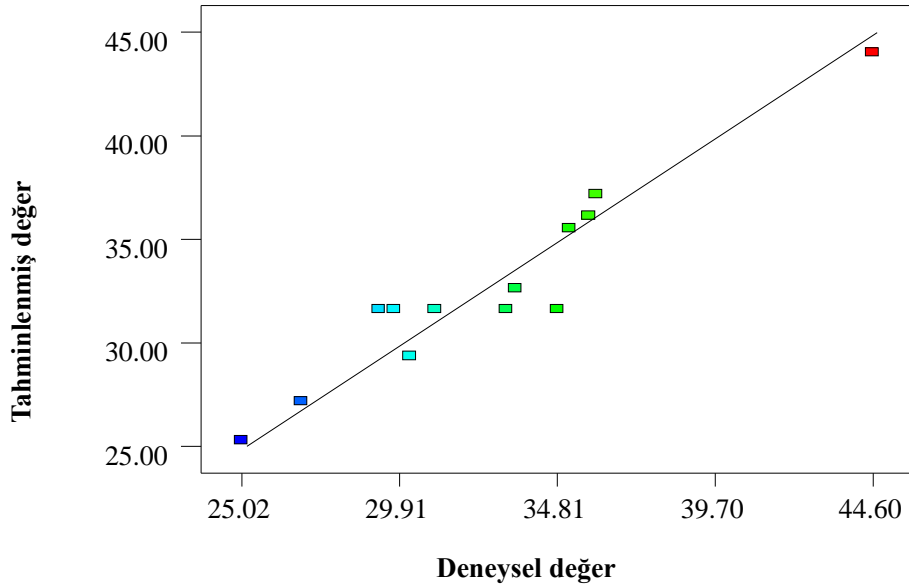
Renk tonu olarak adlandırılan Hue açısı ise, bir renk dairesi olup kırmızı-mor renkler 0° - 360° arasında açı değerini almakta iken, sarı renk 90° açı değeri,

mavimsi yeşil renkler ise $180^\circ - 270^\circ$ arasında açı değerini almaktadır (McGuire, 1992).

CCRD deneme dizaynı izlenerek elde edilen çilek reçellerinin renk tonunu ifade eden Hue değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çilek reçellerinin Hue değerleri üzerine en etkili bağımsız değişkenin süre olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8)

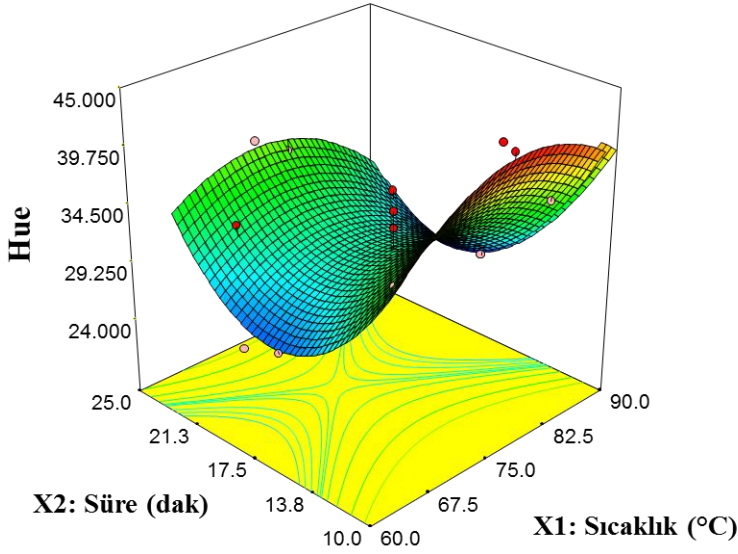
Hue değerleri için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.3’te verilmiştir. Hue değerleri için Eşitlik 4.3’ten tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki ise Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Şekil 4.8’den de görülebileceği üzere, hue değerleri için deneysel değerler ve modelden tahminlenen değerler uyum içerisinde.

$$\text{Hue} = 31.63 - 2.42 * X_2 - 2.70 * X_1^2 + 4.48 * X_1^2 \quad (4.3)$$



Şekil 4.8 Hue değeri için modelden (Eş.4.3) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

Bağımsız işlem değişkenlerinin çilek reçellerinin hue değerleri üzerine etkilerinin görsel olarak kolay bir şekilde belirlenebilmesi için, elde edilen modeller kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuş olup, Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9 Çilek reçeli Hue değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

Şekil 4.9’dan açıkça görülebileceği gibi vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin hue değerleri yanıt yüzey grafiklerinde eyer noktası vermektedir. Sürenin minimum olduğu noktada, çilek reçelleri taze çileğe özgü canlı kırmızı renge sahip olduklarından hue değerinin en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. Sürenin maksimum olduğu noktada ise, çilek reçelinin kuru madde içeriğinde meydana gelen artış ile birlikte üründe koyu kırmızı renk oluşumu gözlenmiş ve hue değerlerinde tekrar bir artış tespit edilmiştir.

Ayrıca, vakum altında üretilen çilek reçellerinin Hue (h°) değerleri ile atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin renk tonu Hue (h°) değerleri arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir.

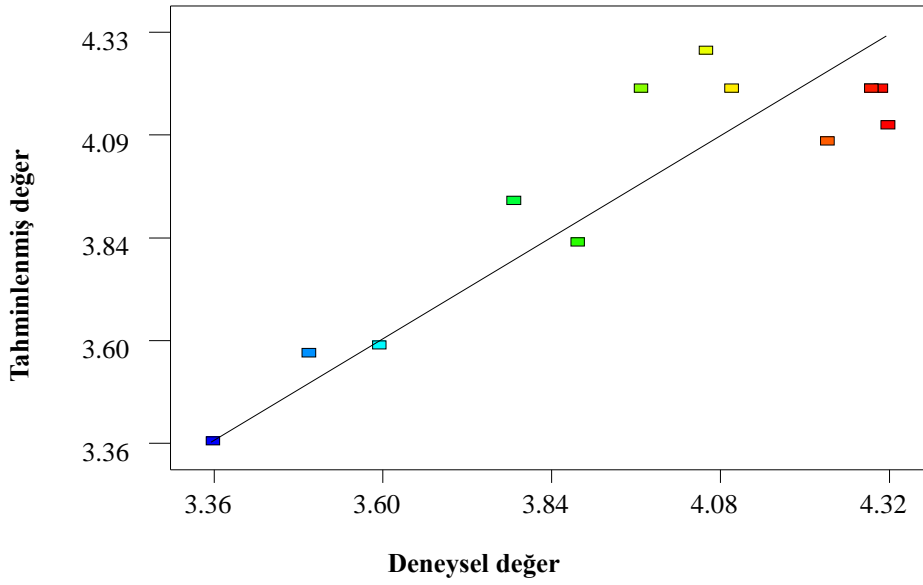
4.2.1.4 Duyusal değerlendirme kriterlerinden kaşıқта kıvam değerinin modelin yanıtı olarak incelenmesi

Duyusal kalite, insan duyu organları tarafından tespit edilebilen tüketicinin bir gıdayı kabul etmesi ya da reddetmesine neden olan özelliklerdir. Son tüketici için genellikle gıda kalitesi duyusal kalite olarak algılanmaktadır. Gıda endüstrisinde ise ham maddenin ve son ürünün duyusal açıdan değerlendirilmesi gıda kalite kontrolünün önemli bir parçasıdır (Anonim, 2010).

Çalışmada farklı sıcaklık ve sürelerde üretilen çilek reçellerinin duyusal değerlendirmesinde, ürünlerin akışkan davranışını tüketici beğenisi ile test etmek amacıyla kaşıқта kıvam kriteri kullanılmıştır. Her ne kadar duyusal değerlendirmenin sübjektif bir yaklaşım olduğu göz önünde bulundurulsa da, Türk kültüründe reçellerin kıvamlı bir yapıda olması gerektiği yerleşmiş bir lezzet algısıdır.

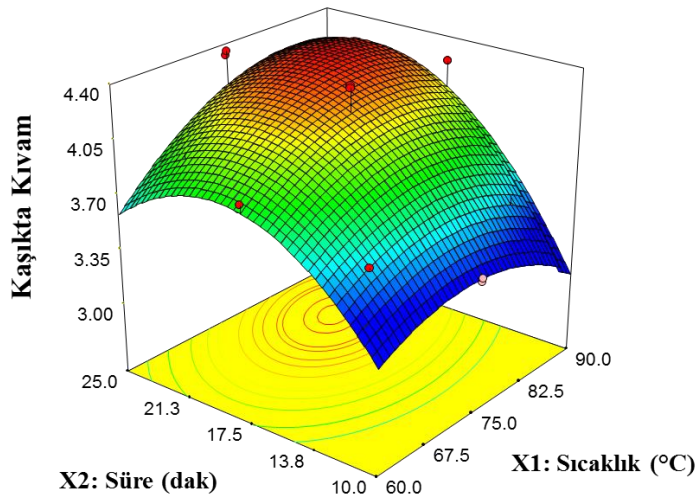
Kaşıқта kıvam değerleri için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.4'te verilmiştir. Kaşıқта kıvam değerleri için Eşitlik 4.4'ten tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 4.10'da gösterilmiş olup, modelden tahminlenen değerler ile deneysel değerlerin birbirleri ile uyum içerisinde olduğu saptanmıştır.

$$\text{Kaşıқта kıvam} = 4.20 + 0.26 * X_2 - 0.23 * X_2^2 \quad (4.4)$$



Şekil 4.10 Kaşıkta kıvam değerleri için modelden (Eş. 4.4) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

Vakum altında pişirme işlem değişkenlerinin çilek reçelinin kaşıkta kıvam değerleri üzerine etkisini daha iyi açıklayabilmek amacıyla elde edilen model (Eş. 4.4) kullanılarak Şekil 4.11’de yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur.



Şekil 4.11 Çilek reçeli kaşıkta kıvam değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohipsleri

Çilek reçellerinin kaşıқта kıvam değerleri üzerine en etkili bağımsız değişkenin süre olduğu, sürenin yükselmesiyle birlikte çilek reçellerinin Briks değerlerindeki artışa bağlı olarak panelistlerin kaşıқта kıvam değerlendirmelerinde yüksek puanlar elde edildiği tespit edilmiştir. İzohips eğrileri göz önünde bulundurulduğunda sıcaklığın, çilek reçellerinin duyuşsal olarak kaşıқта kıvam değerlendirmesinde süreye kıyasla belirgin bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Fakat sürenin orta noktadan maksimuma doğru uzamasıyla birlikte ürünün kıvamındaki ağdamsı yapı nedeniyle kaşıқта kıvam değerlendirmesinin olumsuz etkilenerek beğeni puanlarının azaldığı düşünölmektedir.

İzohips eğrilerinin dairesel şekil aldığı bölge dikkate alındığında, kaşıқта kıvam değerlendirmesinin en yüksek puan aldığı koşul 75 °C – 25 dak olarak belirlenmiş olup, bu değer 4.32 olarak Çizelge 4.7’de görölmektedir.

Vakum altında pişirilen çilek reçellerinin kaşıқта kıvam değerleri ile atmosferik basınçta pişirilen çilek reçellerinin kaşıқта kıvam değerleri kıyaslandığında, vakum altında pişirilen çilek reçellerinin daha yüksek beğeni değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Atmosferik basınçta yüksek sıcaklık uygulamasından dolayı meydana gelen ürün parçalanması ve viskoz yapının panelistler tarafından düşük puanlar verilmesine yol açtığı düşünölmektedir.

4.2.2 Çilek reçelinin özellikleri

4.2.2.1 CIE L*, a*, b* değerleri ve renk yoğunluğu (C*)

Kırmızı renkli meyvelerin renk stabilitesi; sıcaklık, pH, oksijen, şeker içeriği, askorbik asit içeriği ve metal iyonu varlığından etkilenmektedir ve renk pigmentlerinin degradasyonu sonucu üründe istenmeyen renk bozulmaları görölmektedir (Withy et al., 1993). Uygulanan işlemler sonucunda, renk pigmentleri kolaylıkla hidrolize olmakta, antosiyanidin ve şeker parçalanmaktadır. Antosiyanidinler, antosiyaninlere kıyasla ısı, ışık vb. etkenlere karşı oldukça dayanıksız olup oksidasyona uğramakta ve bu da istenmeyen kahverengileşme reaksiyonlarına yol açmaktadır (Herrmann, 1972).

Farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilmiş çilek reçellerinin CIE L*, a* ve b* değerleri ölçülmüş ve renk yoğunluğu (C*) değerleri ile birlikte Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Çilek reçellerinin CIE L*, a*, b* ve renk yoğunluğu (C*) değerleri

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	L*	a*	b*	C*
1	64.4	12.2	28.25±0.08	1.38±0.25	0.98±0.18	1.69±0.31
2	85.6	12.2	28.52±0.03	1.22±0.21	0.87±0.03	1.50±0.18
3	64.4	22.8	28.39±0.23	1.66±0.31	1.10±0.19	1.99±0.37
4	85.6	22.8	28.38±0.00	2.28±0.11	1.33±0.05	2.63±0.07
5	60.0	17.5	28.99±0.57	2.06±0.24	1.04±0.10	2.30±0.26
6	90.0	17.5	29.11±0.37	2.70±0.74	1.26±0.33	2.97±0.81
7	75.0	10.0	28.32±0.04	0.77±0.00	0.76±0.01	1.08±0.01
8	75.0	25.0	28.24±0.00	1.19±0.04	0.87±0.01	1.47±0.03
9	75.0	17.5	28.22±0.13	1.32±0.03	0.87±0.02	1.58±0.04
10	75.0	17.5	28.76±0.07	1.50±0.23	1.05±0.17	1.83±0.28
11	75.0	17.5	28.46±0.13	1.57±0.19	0.94±0.02	1.83±0.15
12	75.0	17.5	28.60±0.35	1.82±0.16	1.02±0.07	2.09±0.11
13	75.0	17.5	28.92±0.37	1.52±0.40	0.86±0.09	1.75±0.39

Reçel ürünlerinde şekerlerin esmerleşmesi sonucu daha koyu kırmızı bir renk meydana gelmekte olup, bu genellikle arzu edilmeyen bir renk değişimidir. Bu sebeple, kırmızı rengin azalması ve L değerlerinin artması reçel ürünlerinin daha kalitatif ve cazip olduğunu göstermektedir (Zor, 2007).

Farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin a^* değerleri incelendiğinde, sıcaklık ve sürenin artmasıyla birlikte ürünlerin renginde meydana gelen koyulaşmalara bağlı olarak a^* değerlerinde bir miktar artış tespit edilmiştir. En yüksek a^* değeri $90\text{ }^\circ\text{C}$ ve 17.5 dak süre ile pişirilen çilek reçelinde gözlenmiş olup, bu değer 2.70 ± 0.74 olarak belirlenmiştir.

Renk doygunluğunun göstergesi olan Chroma (C^*) değerleri incelendiğinde, sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı olarak a^* değerinde meydana gelen artış ile birlikte C^* değerleri de artış göstermiştir.

Piştirme işlem değişkenlerinin çilek reçelinin CIE L^* , a^* , b^* ve C^* değerleri üzerinde % 95 güven seviyesinde etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Çilek reçellerinin C* değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

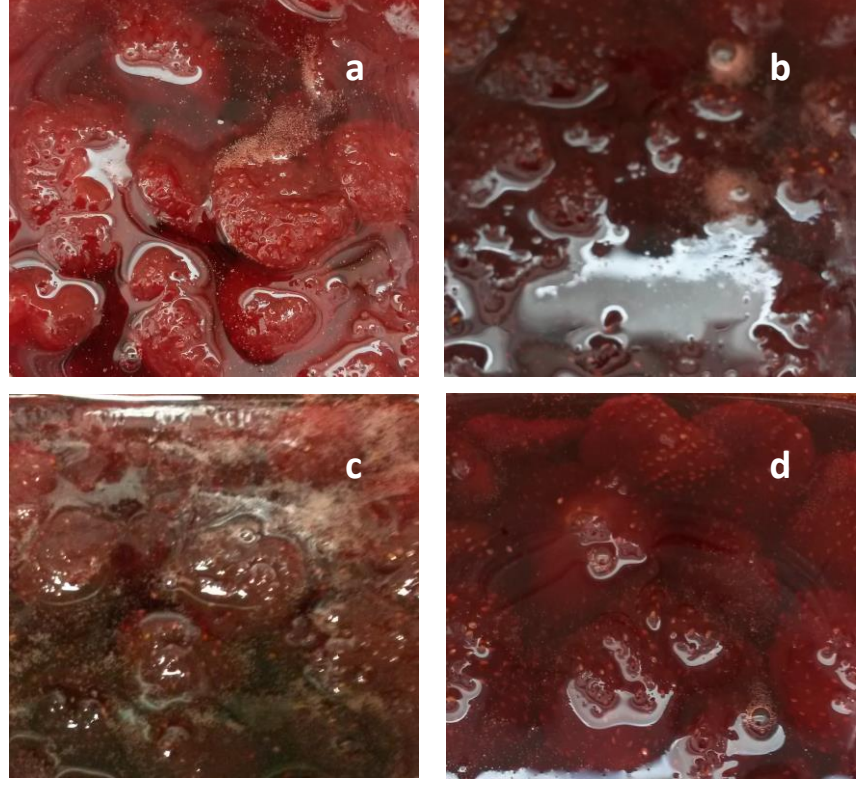
Varyasyon kaynağı	SD	C*		L*		a*		b*	
		HKT	p-Değeri	HKT	p-Değeri	HKT	p-Değeri	HKT	p-Değeri
Model	5	2.83	0.001*	0.65	0.195	2.83	0.001*	0.25	0.031*
X ₁	1	0.24	0.039*	0.024	0.565	0.23	0.033*	0.02	0.182
X ₂	1	0.49	0.008*	1.66*10 ⁻³	0.878	0.47	0.007*	0.07	0.039*
X ₁ * X ₂	1	0.18	0.068	0.020	0.597	0.15	0.068	0.03	0.145
X ₁ ²	1	1.17	0.001*	0.18	0.142	1.13	0.001*	0.11	0.015*
X ₂ ²	1	0.51	0.008*	0.35	0.053	0.60	0.004*	0.01	0.287
Kalıntı	7	0.26		0.45		0.23		0.07	
Lack of Fit	3	0.13	0.396	0.16	0.589	0.099	0.471	0.04	0.268
Saf Hata	4	0.14		0.29	0.195	0.13	0.001	0.03	0.031
Toplam	12	3.09		1.11	0.565	3.06	0.033	0.32	0.182

*p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

Çilek reçellerinin C* değerleri üzerine vakum pişirme işlem değişkenlerinin (X₁ ve X₂) etkisi seçilen quadratik model ile anlamlı (p<0.05) bir şekilde açıklanabilmektedir. Çilek reçellerinin C* değerleri işlem değişkenleri olarak seçilen sıcaklık ve süreden ve bunların karelerinden önemli seviyede (p<0.05) etkilenmektedir.

Çilek reçellerinin L* değerleri model ile uygunluk göstermemektedir. Kırmızılık göstergesi olan a* değerleri ise model ile uygunluk göstermekte olup, seçilen sıcaklık ve süreden ve bunların karelerinden istatistiksel olarak önemli seviyede (p<0.05) etkilenmektedir. Çilek reçelinin b* değerleri üzerine ise, istatistiksel olarak sürenin ve sıcaklığın karesinin etkili olduğu tespit edilmiştir (p<0.05)

Çilek reçellerinin farklı sıcaklık ve sürelerde pişirildikten sonra renklerinde meydana gelen değişim Şekil 4.12’de görülebilmektedir.



Şekil 4.12 Çilek reçellerinin farklı sıcaklık ve sürelerde pişirildikten sonra renklerinde meydana gelen değişim, sırasıyla a) 85.6 °C-12.2 dak, b)85.6 °C-22.8 dak, c)90 °C-17.5 dak, d)75 °C-17.5 dak

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi, hem sıcaklığın hem de sürenin artmasıyla birlikte çilek reçellerinin rengi üründe meydana gelen Maillard reaksiyonları sonucunda canlı kırmızıdan koyu-kahverengimsi kırmızıya doğru değişmektedir.

Farklı sıcaklık ve sürelerde üretilen çilek reçellerinin a* ve C* değerleri, atmosferik basınçta farklı sürelerde üretilen çilek reçellerinin a* ve C* değerleri (Çizelge 4.1) ile kıyaslandığında, atmosferik basınçta ürünün maruz kaldığı yüksek sıcaklığa bağlı olarak renk değerlerinde bir miktar artış olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2.2 pH

TGK'ya (2006) göre geleneksel reçel ve ekstra geleneksel reçelde pH aralığı 2.8 – 3.5 arasında olmalıdır (Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği, Tebliğ no: 2006/55) Cemeroglu vd. (2005) ise reçel, marmelat ve jöle gibi ürünlerde iyi bir jel oluşumu için pH derecesinin 2.8–3.2 arasında olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Pişirme işlem değişkenlerinin ilek reçellerinin pH değeri üzerine etkileri incelenmiş ve CCRD deneme planı izlenerek elde edilen ilek reçeli ortalama pH değerleri izelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 Çilek reçellerinin ortalama pH değerleri

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	pH
1	64.4	12.2	3.72±0.06
2	85.6	12.2	3.75±0.06
3	64.4	22.8	3.68±0.00
4	85.6	22.8	3.65±0.02
5	60.0	17.5	3.70±0.02
6	90.0	17.5	3.81±0.22
7	75.0	10.0	3.69±0.09
8	75.0	25.0	3.69±0.05
9	75.0	17.5	3.76±0.10
10	75.0	17.5	3.69±0.06
11	75.0	17.5	3.71±0.01
12	75.0	17.5	3.79±0.13
13	75.0	17.5	3.63±0.04

Çizelge 4.13'e göre, üretilen çilek reçellerinin pH değerleri 3.63 ile 3.81 arasında değişmektedir.

Aslanova (2005) reçel üretimi ve depolanması sürecinde HMF oluşum kinetiğini incelediği çalışmada, üretilen çilek reçellerinin pH değerinin 3.53 – 3.64 arasında olduğunu belirtmiştir. Kıvrak (2010), ticari olarak üretilen çilek reçellerinin pH değerlerinin 3.29 – 3.47 arasında olduğunu bulgulamıştır.

Çalışmamızda gerçekleştirilen üretimlerde, pH değerinin TGK'da belirtilen değer aralıklarında olmamasının, kullanılan sitrik asit miktarının yeterli gelmemesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca bağımsız değişkenler olarak seçilen sıcaklık ve sürenin, çilek reçellerinin ortalama pH değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş olup, farklı sıcaklık ve sürelerin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14 Çilek reçellerinin pH değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	SD	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri
Model	5	0.011	0.659
X ₁	1	3.124*10 ⁻³	0.352
X ₂	1	2.031*10 ⁻³	0.448
X ₁ * X ₂	1	1.035*10 ⁻³	0.584
X ₁ ²	1	1.485*10 ⁻³	0.514
X ₂ ²	1	2.290*10 ⁻³	0.421
Kalıntı	7	0.022	
Lack of Fit	3	6.663*10 ⁻³	0.659
Saf Hata	4	0.015	
Toplam	12	0.032	

**p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

ANOVA analizine göre çilek reçellerinin pH değerleri üzerine vakum pişirme işlem koşullarının etkisi seçilen quadratik model ile açıklanamamaktadır (*p*>0.05). Bunun nedeninin, pişirilen çilek reçellerinin pH değerlerinin birbiri ile oldukça yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bunun yanı sıra vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin pH değerlerinin atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin pH değerleri (Çizelge 4.2) ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

4.2.2.3 Titrasyon asitliği

Reçel ve marmelatlarda asitlik düzenleyicilerin kullanım amaçlarından biri ürüne özgü meyve lezzetini arttırmak diğeri ise arzu edilen jelleşme oluşumunu sağlamaktır. Kullanılacak olan asit düzenleyicinin tür ve miktarının belirlenmesinde ise, üründe elde edilmek istenen mayhoşluk derecesi ve kullanılan meyvenin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmektedir (Altuğ vd., 2001).

Piştirme işlem değişkenlerinin elde edilen çilek reçellerinin titrasyon asitliği değerleri üzerine etkileri incelenmiş ve CCRD deneme planı izlenerek elde edilen çilek reçeli ortalama titrasyon asitliği değerleri % sitrik asit cinsinden Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15 Çilek reçellerinin ortalama % titrasyon asitliği değerleri

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Titrasyon asitliği, %sitrik asit
1	64.4	12.2	0.527±0.014
2	85.6	12.2	0.533±0.001
3	64.4	22.8	0.537±0.100
4	85.6	22.8	0.570±0.004
5	60.0	17.5	0.527±0.006
6	90.0	17.5	0.539±0.003
7	75.0	10.0	0.512±0.001
8	75.0	25.0	0.588±0.009
9	75.0	17.5	0.473±0.003
10	75.0	17.5	0.570±0.005
11	75.0	17.5	0.492±0.003
12	75.0	17.5	0.548±0.023
13	75.0	17.5	0.583±0.000

Örneklerin titrasyon asitliği değerleri, % 0.473 ile 0.588 arasında değişmekte olup, sonuçlar % sitrik asit cinsinden ifade edilmiştir.

Kıvrak (2010), ticari olarak üretilen çilek reçellerinin % titrasyon asitliği değerlerinin % 0.34-0.57 arasında değiştiğini bulgulamışlardır.

Kaplan (2006) farklı reçellerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelediği çalışmada, çilek reçeli için titrasyon asitliği değerinin % 0.48 olduğunu belirtmiştir.

Literatürde çilek reçeli için yer alan % titrasyon asitliği değerlerine baktığımızda elde ettiğimiz verilerin literatür ile uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçelleri ile, atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin % titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde ise bu değerlerin birbirine yakın olduğu, sadece atmosferik basınçta 20 dak süre ile pişirilen çilek reçelinde sürenin uzunluğuna bağlı olarak ilerlemeye başlayan reaksiyonlardan dolayı asitliğin bir miktar artmış olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca bağımsız değişkenler olarak seçilen sıcaklık ve sürenin, çilek reçellerinin ortalama % titrasyon asitliği (% sitrik asit) değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş olup, % 95 güven aralığı içerisinde çilek reçellerinin titrasyon asitliği(%) değerleri üzerine sıcaklık ve sürenin etkisini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.16'da görülmektedir.

Çizelge 4.16 Çilek reçellerinin % titrasyon asitliği (% sitrik asit) değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	SD	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri
Model	5	4.075*10 ⁻³	0.716
X ₁	1	3.881*10 ⁻³	0.616
X ₂	1	3.002*10 ⁻³	0.188
X ₁ * X ₂	1	1.927*10 ⁻³	0.722
X ₁ ²	1	6.372*10 ⁻³	0.998
X ₂ ²	1	4.833*10 ⁻³	0.576
Kalıntı	7	9.843*10 ⁻³	
Lack of Fit	3	5.069*10 ⁻³	0.972
Saf Hata	4	9.336*10 ⁻³	
Toplam	12	0.014	

**p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

ANOVA analizine göre çilek reçellerinin % titrasyon asitliği değerleri üzerine vakum pişirme işlem koşullarının etkisi seçilen quadratik model ile açıklanamamaktadır (*p*>0.05). Bağımsız değişkenler olarak seçilen sıcaklık ve sürenin çilek reçellerinin % titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı (*p*>0.05) tespit edilmiştir.

Bu durum, pişirilen çilek reçellerinin % titrasyon asitliği değerlerinin birbiri ile oldukça yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.2.4 Şeker içeriği

Reçel kalitesinin en önemli bileşenlerinden olan toplam şeker, üründeki çözünebilir katı içeriğinin en büyük kısmını oluşturmakta ve ortamda bulunan serbest su moleküllerini bağlayarak su aktivitesini düşürmektedir (Özdoğan, 2006).

Reçelde şeker içeriğinin belirli bir konsantrasyonda olması üründe zamanla oluşabilecek kristallenme problemini önleme açısından önem taşımaktadır. Bu sebeple üründeki toplam şeker konsantrasyonunun % 68'in üzerinde olması, ayrıca invert şeker miktarının da ürünün içerdiği toplam şekerin % 30-35'i kadar olması gerektiği belirtilmektedir (Kılıç vd., 1987).

Farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin % invert şeker, % sakkaroz ve % toplam şeker içerikleri Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Çilek reçellerinin ortalama % invert şeker, % sakkaroz ve % toplam şeker değerleri

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	% İvert Şeker	% Sakkaroz	% Toplam Şeker
1	64.4	12.2	7.53±1.30	39.64±5.25	47.17±3.96
2	85.6	12.2	10.52±0.66	32.17±0.50	42.69±1.16
3	64.4	22.8	9.97±1.44	42.39±0.79	52.35±2.22
4	85.6	22.8	16.55±1.88	31.11±2.72	47.66±0.84
5	60.0	17.5	10.21±1.60	41.26±2.32	51.47±3.92
6	90.0	17.5	14.57±1.01	31.36±3.41	45.93±4.42
7	75.0	10.0	8.44±1.47	32.37±1.50	40.81±0.03
8	75.0	25.0	11.07±0.17	38.99±0.05	50.05±0.22
9	75.0	17.5	9.14±0.06	42.20±3.15	51.34±3.21
10	75.0	17.5	9.93±0.01	39.64±3.18	49.57±3.19
11	75.0	17.5	8.92±0.09	39.43±2.31	48.35±2.41
12	75.0	17.5	9.90±0.07	37.62±3.47	47.53±3.40
13	75.0	17.5	9.13±0.01	38.52±3.17	47.65±3.16

Çizelge 4.17 incelendiğinde, farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin % invert şeker içeriklerinin pişirme süresinin artmasıyla birlikte arttığı tespit edilmiş olup, ürünlerde % invert şeker miktarının % 7.53 ve 16.55 arasında değiştiği, % toplam şeker içeriklerinin ise % 40.81 ve 52.35 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çilek reçellerinin % invert şeker içeriği, kristalizasyonun önlenmesi açısından değerlendirildiğinde ise, 85.6 °C – 22.8 dak süre ve 90 °C – 17.5 dak

süre ile pişirilen çilek reçelleri dışında diğer sıcaklık ve sürelerde pişirilen reçelerde inversiyonun yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeninin düşük sıcaklıkta ve kısa süreli uygulanan pişirme işleminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kaplan (2006) Çukurova bölgesinde satışa sunulan reçellerin % invert şeker içeriğinin sırasıyla çilek, gül, kayısı ve vişne reçelleri için sırasıyla % 29.01-52.06, 28.05-58.0, 30.0-51.94, 32.05-55.0 olduğunu, % sakkaroz içeriğinin ise çilek, gül, kayısı ve vişne reçellerinde sırasıyla % 26.93, 26.96, 28.19 ve 27.83 olduğunu belirtmiştir.

Ekşi ve Velioglu (1990) ise, çalışmalarında çilek reçellerinde toplam şeker miktarının % 66.40 olduğunu, Üstün ve Tosun (1998) ise, % 66.25-73.19 arasında değiştiğini bulgulamışlardır. Bu tez çalışmasında ise üretilen çilek reçellerinin % sakkaroz içeriği yüksek, % invert şeker içeriği düşük olarak saptanmıştır.

Literatürde çilek reçelinin şeker konsantrasyonu üzerine belirtilen değerler atmosferik basınç altında gerçekleştirilen çalışmalara ilişkindir ve çalışmamızda vakum altında pişirilen çilek reçellerinin şeker içerikleri ile arasındaki farklılığın, kullanılan materyalin kuru madde içeriğinden, reçelde kullanılan meyve/şeker oranından ve esas olarak uygulanan prosesin sıcaklık ve süre açısından gerekli kuru madde konsantrasyonunu sağlamada yetersiz kalmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bunun yanı sıra, vakum altında pişirilmiş reçellere ait herhangi bir kaynağa ulaşılamaması çalışmada elde edilen sonuçların kıyaslanması açısından birtakım eksikliklere sebebiyet vermektedir.

Yapılan çalışmada, atmosferik basınçta farklı sürelerde pişirilen çilek reçellerinin % invert şeker içeriği (Çizelge 4.2) ile vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin % invert şeker içerikleri kıyaslandığında, vakum uygulaması ile yapılan pişirme işleminin inversiyonu sağlamada

atmosferik basınçta gerçekleştirilen pişirme işlemine göre yetersiz kaldığı tespit edilmiştir.

Bağımsız değişkenler olarak seçilen sıcaklık ve sürenin, çilek reçellerinin ortalama % invert şeker, sakkaroz ve toplam şeker değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş olup, % 95 güven aralığı içerisinde sıcaklık ve sürenin çilek reçellerinin % şeker içerikleri üzerine etkisini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.18’de görülmektedir.

Çizelge 4.18 Çilek reçellerinin % invert şeker, sakkaroz ve toplam şeker değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	SD	% İvert Şeker		% Sakkaroz		% Toplam Şeker	
		Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri
Model	5	68.58	0.001*	187.31	0.003*	122.35	0.001*
X ₁	1	30.96	0.000*	134.07	0.000*	36.18	0.002*
X ₂	1	18.53	0.002*	15.25	0.065	67.40	0.000*
X ₁ * X ₂	1	3.21	0.076	3.62	0.321	0.012	0.935
X ₁ ²	1	15.88	0.002*	15.71	0.062	4.291*10 ⁻⁴	0.988
X ₂ ²	1	0.26	0.573	23.04	0.031*	18.41	0.013*
Kalıntı	7	5.22		22.22		11.76	
Lack of Fit	3	4.30	0.054	10.40	0.424	1.60	0.884
Saf Hata	4	0.91		11.82		10.15	
Toplam	12	73.80		209.53		134.11	

**p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

Varyans analizi sonuçlarına göre, sıcaklık ve sürenin ve sıcaklığın karesinin çilek reçellerinin % invert şeker içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Çilek reçellerinin % invert şeker değerleri üzerine vakum pişirme işlem değişkenlerinin (X_1 ve X_2) etkisi seçilen quadratik model ile anlamlı ($p<0.05$) bir şekilde açıklanabilmektedir

Çilek reçellerinin % sakkaroz içerikleri üzerine ise sadece sıcaklığın ve bunun yanı sıra sürenin karesinin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.05$) belirlenmiş olup, % sakkaroz değerleri üzerine vakum pişirme işlem değişkenlerinin (X_1 ve X_2) etkisi seçilen quadratik model ile anlamlı ($p<0.05$) bir şekilde açıklanabilmektedir.

Farklı süre ve sıcaklıklarda pişirilen reçellerin % toplam şeker içeriği üzerine hem sıcaklık hem de sürenin etkisinin yanı sıra sürenin karesinin etkisi de istatistiksel olarak önem ($p<0.05$) taşımaktadır. % İvert şeker ve sakkaroz değerlerinde olduğu gibi, % toplam şeker değerleri üzerine de vakum pişirme işlem değişkenlerinin (X_1 ve X_2) etkisinin seçilen quadratik model ile anlamlı ($p<0.05$) bir şekilde açıklanabildiği tespit edilmiştir.

4.2.2.5 Duyusal değerlendirme

Farklı sıcaklık ve sürelerde üretilen çilek reçellerinin tüketici beğenisini test etmek amacıyla yapılan duyusal değerlendirmede, çilek reçelleri görünüş (tanelerin dağılmadan bütün halinde kalması), renk, kaşıқта kıvam (akışkanlık), ağızda kıvam (tanelerin sert veya yumuşak olması), tat ve genel tercih açısından analiz edilmiştir. Kaşıқта kıvam, modelin oluşturulması ve optimizasyon çalışmasında değerlendirilmiştir. Bu nedenle bu grupta tekrar gösterilmemektedir.

Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde üretilen çilek reçellerinin duyusal beğenisini gösteren görünüş, renk, ağızda kıvam, tat ve genel tercih değerlendirmelerine ait sonuçlar ise Çizelge 4.19'da görülmektedir.

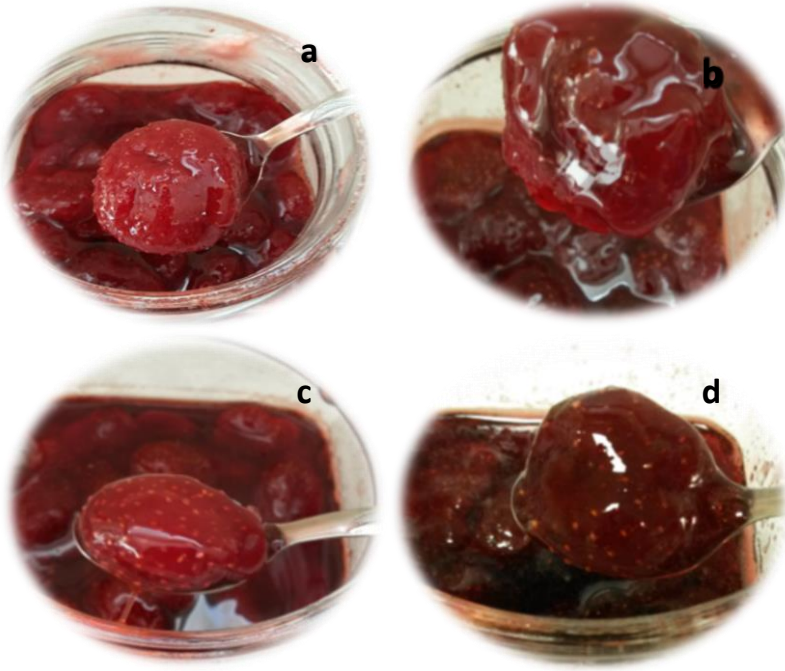
Vakum altında uygulanan farklı pişirme sıcaklığı ve sürelerinin üretilen çilek reçellerinin duyu kalitesi üzerine etkisi varyans analizi ile belirlenmiş olup, pişirme koşullarının % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu ise Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin duyuşal değerlendirme sonuçları

Deneme no	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Görünüş	Renk	Ağızda kıvam	Tat	Genel tercih
1	64.4	12.2	4.00±0.42	4.05±0.21	3.55±0.07	4.05±0.07	3.88±0.01
2	85.6	12.2	3.70±0.57	4.05±0.07	3.55±0.35	3.90±0.28	3.75±0.49
3	64.4	22.8	3.92±0.53	3.91±0.26	3.83±0.53	3.73±0.39	4.09±0.44
4	85.6	22.8	3.70±0.14	4.07±0.61	4.10±0.57	3.60±0.28	3.80±0.28
5	60.0	17.5	4.00±0.00	4.36±0.20	3.66±0.30	3.83±0.24	3.87±0.59
6	90.0	17.5	4.13±0.18	4.42±0.28	4.37±0.36	4.47±0.13	4.46±0.05
7	75.0	10.0	3.85±0.05	4.09±0.13	3.50±0.19	4.09±0.39	3.56±0.16
8	75.0	25.0	4.19±0.06	4.39±0.07	4.15±0.39	3.95±0.09	4.21±0.30
9	75.0	17.5	4.16±0.06	4.36±0.20	4.21±0.12	4.34±0.05	4.31±0.27
10	75.0	17.5	4.00±0.00	4.05±0.07	4.07±0.10	4.05±0.07	4.19±0.27
11	75.0	17.5	4.40±0.28	4.65±0.35	4.31±0.13	4.60±0.28	4.42±0.12
12	75.0	17.5	4.48±0.21	4.42±0.12	4.34±0.30	4.40±0.22	4.44±0.09
13	75.0	17.5	4.44±0.27	4.49±0.37	4.31±0.44	4.30±0.11	4.29±0.20

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçelleri arasında görünüş, renk, ağızda kıvam ve tat açısından en yüksek puanları merkez noktalarında (75 °C – 17.5 dak) yapılan üretimler alırken, genel tercih açısından ise 90 °C – 17.5 dak. süre ile pişirilen çilek reçeli en çok beğenilen (4.46 ± 0.05) reçel olmuştur. Bu koşulda üretilen çilek reçelinin renk ve tat açısından da yüksek puanlar alması, panele katılan panelistlerin geleneksel koşullarda üretilen çilek reçellerine benzer özellikteki reçelleri daha fazla beğenme eğilimi olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.13’te görülebileceği gibi pişirme süresinin ve sıcaklığın artması çilek reçellerinin renginde koyulaşmalara ve çilek tanelerinin parçalanarak arzu edilmeyen bir görünüme sahip olmalarına neden olmuştur. Bu olumsuz değişimler, çilek reçellerinin duyu özelliklerini etkileyerek panelistler tarafından düşük puanlar verilmesine yol açmıştır.



Şekil 4.13 Vakum altında pişirilen çilek reçellerinin görünümü, a)85.6 °C 12.2 dak, b) 85.6 °C 22.8 dak c)75 °C 17.5 dak d)90°C 17.5 dak

Çizelge 4. 20 Çilek reçelinin duyuusal beğenisi üzerine farklı sıcaklık ve sürelerin etkilerini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Görünüş		Renk		Ağızda kıvam		Tat		Genel Tercih	
		Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> -değeri
Model	5	0.43	0.256	0.20	0.646	1.16	0.005*	0.61	0.247	0.72	0.096
X ₁	1	0.02	0.606	7.38*10 ³	0.733	0.20	0.023*	0.05	0.438	0.02	0.517
X ₂	1	0.02	0.557	0.01	0.663	0.38	0.005*	0.08	0.309	0.18	0.099
X ₁ * X ₂	1	1.49*10 ³	0.870	5.97*10 ³	0.758	0.019	0.410	1.29*10 ³	0.967	6.16*10 ³	0.733
X ₁ ²	1	0.20	0.090	0.04	0.443	0.17	0.031*	0.18	0.154	0.097	0.202
X ₂ ²	1	0.25	0.063	0.16	0.147	0.45	0.004*	0.35	0.060	0.46	0.018*
Kalıntı	7	0.36		0.41		0.17		0.49		0.34	
Lack of Fit	3	0.19	0.352	0.21	0.348	0.12	0.142	0.33	0.170	0.30	0.027
Saf Hata	4	0.17	0.256	0.19	0.646	0.049		0.16		0.04	
Toplam	12	0.79	0.606	0.61	0.733	1.33	0.005	1.10	0.247	1.06	0.096

**p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

Varyans analizi sonuçlarına göre duyuusal beğeninin sübjektif bir değerlendirme olduğu göz önünde bulundurularak, vakum altında pişirme koşullarının (sıcaklık ve süre) çilek reçellerinin ağızda kıvam duyuusal beğeni değerleri haricinde görünüş, renk, tat ve genel tercih beğeni değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. Ayrıca ağızda kıvam değerlerinin model uygunluğu hariç diğer tüm duyuusal değerlendirme kriterlerinin model uygunluğu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

4.2.3 Optimizasyon ve sonuçların deneysel doğrulaması

Vakum altında pişirme yöntemi ile çilek reçeli üretimi için işlem koşulları olarak seçilen pişirme sıcaklığı (°C) ve süresi (dak) maksimum Briks, minimum renk tonu (Hue) değeri, minimum HMF içeriği (mg/kg) ve maksimum kaşıқта kıvam değerlerini sağlayacak şekilde Desirability fonksiyonu yaklaşımı yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. CCRD deneme desenine göre üretilen çilek reçellerinin diğer parametreleri ise optimizasyon çalışmasına dahil edilmemiştir.

Optimizasyon çalışmasında, vakum altında pişirme işlem koşulları olan pişirme sıcaklığı 60-90 °C ve pişirme süresi 10-25 dak aralığında seçilmiştir. Optimum noktanın belirlenmesi aşamasında her bir yanıt için elde edilen ikinci dereceden polinomiyal modeller kullanılmıştır. Desirability fonksiyonu yaklaşımı kullanıldığında optimum nokta için Çizelge 4.21’de verilen çözüm elde edilmiştir. Optimum nokta için pişirme sıcaklığı 74.4 °C ve pişirme süresi 19.8 dak olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.21 Desirability fonksiyonu yaklaşımı kullanılarak elde edilen optimum nokta çözümü

Sıcaklık(°C)	Süre(dak)	BX	Hue(h°)	HMF (mg/kg)	KK	Desirability
74.4	19.8	59.23	31.48	14.73	4.26	0.866

Optimum nokta sonuçlarının doğrulanması, pişirme sıcaklığı 74.4 °C ve pişirme süresi 19.8 dak olarak belirlenen matematiksel optimum noktada;

geliştirilen vakum pişirme cihazında çilek reçeli üretimi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Optimum noktada yapılan 5 doğrulama denemesinin sonuçları, sonuçların ortalaması ve modelden tahmin edilen değerler Çizelge 4.22’de görülmektedir.

Her bir yanıt için, optimum nokta doğrulama denemelerinden elde edilen ortalama sonuçlar ile modelden tahminlenen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığı tek örnek *t* - testi uygulanarak belirlenmiştir. Tek örnek *t* – testi SPSS, 2006 (15.0 for Windows) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir yanıt için tek örnek *t* – testi sonuçları Çizelge 4.23’te görülmektedir.

Çizelge 4.22 Optimum nokta doğrulama denemeleri sonuçları

Deneme No	BX	Hue(°)	HMF (mg/kg)	KK
1	60.00	28.94	17.3	4.56
2	58.00	27.78	17.8	4.61
3	59.00	27.63	18.02	4.67
4	62.00	28.12	17.2	4.72
5	56.00	28.46	17.25	4.50
Ortalama	59.00	28.18	17.514	4.61
Modelden Tahminlenen	59.23	31.48	14.73	4.26

Çizelge 4.23 Optimum noktada ortalama deneysel değerlerin modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması

Yanıtlar	Tahminlenen değer	Deneysel değer ^a	SH ^b	Fark	% Hata	p-değeri
BX	59.23	59.00±2.24	1.000	-0.230	0.39	0.829
Hue(°)	31.48	28.18±0.53	0.237	-3.294	11.689	0.000
HMF (mg/kg)	14.73	17.51±0.37	0.166	2.784	15.899	0.000
KK	4.26	4.61±0.88	0.039	0.352	7.636	0.001

a Deneysel sonuçlar standart sapma ile birlikte verilmiştir

b Ortalama standart hata

c % Hata = (| yden - ytah | / yden) * 100

Doğrulama denemeleri sonucunda elde edilen çilek reçelinin analiz sonuçlarına göre Briks değeri hariç diğer tüm yanıtlar ile modelden tahminlenen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Kaşıқта kıvam değerinde optimum noktada üretilen örneklerde daha yüksek duyuşsal beğeni puanları elde edilmiş olup, pozitif yönde bir değer artışı görülmektedir.

Ayrıca optimum noktada doğrulama denemeleri sonucunda elde edilen çilek reçelinin analiz sonuçları ile duyuşsal değerlendirme açısından en yüksek beğeni puanına sahip olan atmosferik basınçta 10 dak süre ile pişirilen çilek reçelinin analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Optimum noktada üretilen çilek reçellerinin Briks değerinin (59.00±2.24) atmosferik basınçta 10 dak süre ile pişirilen çilek reçelinin Briks değerinden (51.75±2.47) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Briksin yükselmesine bağlı olarak kaşıқта kıvam değerlendirmelerinin de yüksek puanlar elde ettiği ve optimum noktada üretilen çilek reçellerinin daha yüksek kaşıқта kıvam puanlarına sahip olduğu bulgulanmıştır. Atmosferik basınçta üretilen çilek reçelinin Hue değeri ise optimum noktada üretilen çilek reçelinin Hue değerinden bir miktar düşük bulunmuş olup, bunun sebebi atmosferik basınçta uygulanan yüksek sıcaklığın yol açtığı renk koyulaşmasıdır. Atmosferik basınçta üretilen çilek reçelinin HMF

içeriğinin (67.83 ± 0.83 mg/kg) ise optimum noktada üretilen çilek reçelinin HMF içeriğinden (17.51 ± 0.37 mg/kg) oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında, Arçelik A.Ş. ile ortak çalışmaların sonucunda hem atmosferik hem de vakum altında çalışabilen bir vakum pişirme cihazı geliştirilmiş olup, geliştirilen cihazın çilek reçeli üretimindeki performansı değerlendirilmiştir. CCRD deneme desenine göre vakum altında pişirme yöntemi ile çilek reçeli üretiminde etkili bağımsız değişkenler olan pişirme sıcaklığı (°C) ve süresinin (dak) etkisi incelenmiştir. Design Expert paket programı kullanılarak gerçekleştirilen optimizasyon çalışmasında bağımsız işlem değişkenleri olarak seçilen vakum altında pişirme işlem koşullarının çilek reçelinin Briksi, Hue (h°) değeri, HMF içeriği (mg/kg) ve duyuşal değerlendirme kriterlerinden kaşıkta kıvam değeri üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca CCRD deneme desenine göre farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen çilek reçellerinin CIE renk değerleri (L*,a*,b*) ve Chroma (C*) değeri, pH'sı, % titrasyon asitliği, % invert şeker, % sakkaroz ve % toplam şeker içeriği ile duyuşal özellikleri (görünüş, renk, ağızda kıvam, tat ve genel tercih) de analiz edilerek belirlenmiştir.

Reçel gibi ürünlerin mikrobiyolojik açıdan dayanıklılığını sağlayan ve duyuşal açıdan kıvamını gösteren çözünür kuru madde yani Briks değerinin, vakum altında pişirme işlem süresi uzadıkça arttığı tespit edilmiştir. Düşük sıcaklıklarda ise, Briks değerinin bir miktar yüksek olması uygulanan vakum basıncının yüksek olmasından ve vakumun etkisi ile şeker difüzyonunun daha kolay sağlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çilek reçellerinin renk tonunu ifade eden Hue değerleri üzerine en etkili bağımsız değişkenin süre olduğu belirlenmiş olup, Hue değerleri sürenin artmasıyla birlikte bir miktar azalmış, daha sonra kuru madde içeriğinin yükselmesine bağılı olarak tekrar artış eğilimi göstermiştir. Çilek reçelinde renk tonu (Hue) değerinin düşük olması arzu edilen bir özelliktir. Çilek reçellerinin HMF içeriği üzerine ise en etkili bağımsız değişkenin sıcaklık olduğu belirlenmiş olup, sıcaklığın yükselmesiyle birlikte çilek reçellerinin HMF içeriğinde artış olduğu tespit edilmiştir. En yüksek HMF içeriği, 90 °C – 17.5 dak süre ile pişirilen çilek reçelinde belirlenmiş olup, 74.95 mg/kg'dır. Vakum altında üretilen diğer tüm çilek reçellerinin HMF içeriğinin, literatürde 1. sınıf reçeller için belirtilen sınırın (<50 mg/kg) altında olduğu

bulgulanmıştır. Duyusal değerlendirme kriterlerinden olan kaşıқта kıvam değeri incelendiğinde ise, pişirme süresinin uzamasıyla birlikte çilek reçellerinin kuru madde içeriğinin yükselmesinden dolayı duyusal olarak kıvam beğeni puanları da artış göstermiştir.

Vakum altında pişirme yöntemi ile çilek reçeli üretimi için işlem koşulları olarak seçilen pişirme sıcaklığı ve süresi, maksimum Briks değeri, minimum Hue (h°) değeri, minimum HMF içeriği (mg/kg) ve maksimum kaşıқта kıvam değerlerini sağlayacak şekilde optimize edilmiş ve vakum altında pişirme yöntemi ile çilek reçeli üretimi için optimum işlem koşulları; pişirme sıcaklığı 74.4°C ve pişirme süresi 19.8 dak olarak bulunmuştur.

Çilek reçelleri, vakum altında pişirme yönteminin yanı sıra atmosferik basınçta geleneksel yöntemle de pişirilmiş ve elde edilen çilek reçellerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin Briks değeri yakın sürelerde vakum altında üretilen çilek reçelleri ile kıyaslandığında, sıcaklığın yüksek olmasına bağlı olarak daha kıvamlı ve Briks değeri yüksek ürünler elde edildiği belirlenmiştir. Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin HMF içeriğinin, vakum altında üretilen çilek reçellerine göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Atmosferik basınçta 5 dakika süre ile pişirilen çilek reçeli dışında atmosferik basınçta üretilen diğer çilek reçellerinin HMF içeriğinin literatürde belirtilen (<50 mg/kg) değeri aştığı görülmektedir. Vakum altında pişirme işlemi, çalışmanın başında ön görüldüğü gibi düşük sıcaklık uygulaması ile çilek reçeli üretiminde HMF içeriğinin azaltılmasında etkili olmuştur.

Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin Hue (h°) değerleri ile vakum altında pişirilen çilek reçellerinin renk tonu değerleri arasında belirgin bir fark gözlenmez iken, duyusal değerlendirme açısından vakum altında pişirilen çilek reçelleri daha yüksek genel tercih puanlarına sahiptir. Bu durum, vakum altında pişirme işleminin düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi sebebiyle, ürün renginin taze çileğe daha yakın kırmızılıkta olmasından ve çilek tanelerinin daha az zarar görerek görünüş olarak daha cazip özellikte ürün elde edilmesinden

kaynaklanmaktadır. Atmosferik basınçta üretilen çilek reçellerinin % invert şeker içeriği vakum altında pişirilen çilek reçellerinin % invert şeker içeriği ile karşılaştırıldığında ise, vakum altında düşük sıcaklık uygulamasının inversiyon işlemini gerçekleştirmede yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun, ürünlerin uzun süre depolanması aşamasında şekerlenme/kristalizasyon problemine yol açabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak; elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, çilek reçeli üretiminde atmosferik yönteme kıyasla vakum altında pişirme yöntemi ile ürünün renginin ve görünüşünün daha iyi korunduğu, HMF gibi zararlı bileşen oluşumunun daha az olduğu, çözüner kuru madde içeriğinin tüketicinin kıvam algısını olumlu yönde etkileyecek şekilde evlerde üretilen reçele yakın olduğu görülmüştür. Vakum altında pişirme yönteminin geleneksel yönteme alternatif bir yöntem olarak evlerde de çilek reçeli üretiminde kullanılmasının ürün özelliklerini geliştirebileceği düşünülmektedir. Bu amaçla geliştirilen vakum altında pişirme prototipinin, tüketicilerin evlerinde daha sağlıklı gıdalar pişirme talebini karşılayabileceği ön görülmektedir.

Yapılan bu tez çalışmasının, vakum altında çilek reçeli üretimi ile ilgili hem literatüre katkı sağlayacağı hem de tüketici ihtiyacına yönelik daha çok ev tipi pişirme cihazı geliştirilmesine imkan vereceği düşünülmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilemeyen fakat gerekliliği ön görülen, atmosferik basınçta ve vakum altında üretilen çilek reçellerinin depolama stabilitesi üzerine çalışmaların yapılması bu araştırma sonuçlarının geliştirilmesine olanak sağlayabilir.

Ayrıca geliştirilecek ev tipi prototipte, üründe yanmaya yol açmayacak şekilde daha başarılı bir karıştırma işlemi sağlanabilirse, daha uzun süre pişirme işlemi ile arzu edilen Briks değerine sahip ürün elde edilmesi mümkün olacaktır. Bu şekilde elde edilecek ürünlerin depolama stabilitesinin daha yüksek olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Altuğ, T. ve Elmacı, Y.**, 2005, Gıdalarda duyuusal değerlendirme. Meta basım, İzmir, 130p.
- Altuğ, T., Ova, G., Demirağ, K., Elmacı, Y., Zorba, M., Bahar, B., Gür, E. Ve Uysal, V.**, 2001, Asitliği Düzenleyiciler (T. Altug editör), Gıda Katkı Maddeleri, Meta Basım, İzmir, 41-53s.
- Ambati, P. and Ayyanna, C.**, 2001, Optimizing medium constituents and fermentation conditions for citric acid production from palmyra jaggery using response surface method. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 17 (4): 331 – 335 p.
- Andres-Bello, A., Garcia-Segovia, P. and Martinez-Monzo, J.**, 2009, Effects of Vacuum Cooking (Cook-Vide) on the Physical-Chemical Properties of Sea Bream Fillets (*Sparus aurata*), *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18, 79–89p.
- Anet, E.F.L.J.**, 1964, 3-Deoxyglycosuloses (3-deoxyglucosones) and the degradation of carbohydrates, *Advanced Carbohydrate Research* 19: 181-218p.
- Anonymous**, 1999, Color Mixing; Production & Printing of Color, http://www.uncc.edu/lagaro/cwg/color/color_mixing.html (Erişim Tarihi: 23.11.2015)
- Anonim**, 2007, Gıda Teknolojisi – Reçel Üretimi http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller/recel_uretimi.pdf, (Erişim Tarihi: 16 Ağustos 2015).
- Anonim**, 2010, Gıda Teknolojisi – Duyusal Test Teknikleri <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller/DuyusalTestTeknikleri.pdf> (Erişim Tarihi: 5 Aralık 2015).
- Aslanova, D.**, 2005, Reçel Üretimi ve Depolanması Sürecinde HMF Oluşum Kinetiği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 59s.
- Avasoo, M. and Johansson, L.**, 2011, Evaluation of Thermal Processing Technologies for Strawberry Jam, Master's Thesis in Food Technology, Faculty of Engineering, Lund University, Sweden, 66p.
- Batu, A., Kırmacı, B. ve Akbulut, E.**, 2007, Kayısı pekmezi üretim tekniği, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2) : 53-57s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bilişli, A.**, 1998, Reçel ve Benzeri Ürünler Teknolojisi, Tav Yayınları, Yalova.
- Box, G.E. and Wilson, K.B.**, 1951, On the experimental attainment of optimum conditions, *Journal of the Royal Statistical Society Series B* (Methodological), 13(1):1-45 pp.
- Box, G.E., Hunter, J.S. and Hunter, W.G.**, 2005, *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery*, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.
- Box, G.E.P. and Draper, N.R.**, 2007, *Empirical Model Building and Response Surfaces*, John Wiley and Sons, New York.
- Broomfield, R. W.**, 1996, *The Manufacture of Preserves, Flavourings and Dried Fruits*, Blackie Academic & Professional Pub., New York, ABD, 165-195s.
- Bruns, R.E., Scarminio, I.S. and de Barros Neto, B.**, 2006, *Statistical Design Chemometrics*, Elsevier B.V., Amsterdam.
- Buldurlu, H. S. ve Karadeniz, F.**, 2002, Gıdalarda Maillard Reaksiyonu, *Gıda*, 27(2):77-83s.
- Cadwallader K.R.**, 2005, Flavor and volatile metabolism in produce, in Ukuku D., Imim S., Lamikanra O. (editors), *Produce degradation*, CRC Press, 155-189p.
- Capuano, E. and Fogliano, V.**, 2011, Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies, *LWT - Food Science and Technology*, 44: 793-810p.
- Cemeroğlu, B. ve Acar, J.**, 1986, *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 6, Ankara.
- Cemeroğlu, B.**, 1992, *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metodları*, Biltav Yayınları, Ankara, 380s.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Özkan, M.**, 2003, *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:28, Ankara, 690s.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Özkan, M.**, 2005. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 3*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 28, Ankara, 690s.
- Cemeroğlu, B.**, 2010, *Gıda Analizleri*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, 2. Baskı, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cemeroğlu, B. S.**, 2011, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Nobel Yayınları, 2. Cilt, Ankara, 441-477s.
- CIE**, 1978, International Commission on Illumination, recommendations on uniform color spaces, color, difference equations, psychometric color terms, CIE publication No 15 (Suppl. 2), (E-1.31) 1971/(TC-1.3), Bureau Central de la CIE, Paris, France.
- Coca, M., Garcia, M.T., Gonzalez, G., Pena, M., and Garcia, J.A.**, 2004, Study of colored compounds formed in sugar beet processing, *Food Chemistry* 86(3): 421-433p.
- Cochran, W., G. and Cox, G., M.**, 1957, Experimental Designs, 2nd ed.; Wiley, New York, 335 p.
- Coulter T.P.**, 2009, Food – The chemistry of its components, 5th edition, Cambridge, RSC Publishing, 297-301p.
- Cui, W., Mazza, G., Oormah, B., D. and Biliaderis, C., G.**, 1994, Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by Response Surface Methodology. *Lebensmittel – Wissenschaft und Technologie*, 27: 363 – 369p.
- Çelebi, I.**, 2006, Color formation in wheat starch based glucose syrups and use of activated carbons for sugar decolorization, A thesis of Master, Natural And Applied Sciences of Middle East Technical University, 27-33p.
- Derringer, G. and Suich, R.**, 1980, Simultaneous Optimization of Several Response Variables, *Journal of Quality Technology*, 12(4):214-219 pp.
- Deuel C.L and Plotto A.**, 2005, Strawberries and Raspberries, in Barrett D.M., Somogyi L.P., Ramaswamy H.S. (editors), Processing fruits, CRC Press
- E. Sugawara, T. Ito, and S. Odagiri**, 1982, *Nippon Nogeikagaku Kaishi (in Japanese)*, 56, 101-108p.
- Edwards, W.P.**, 2000, The Maillard Reactions. In: The Science of Sugar Confectionery, Edited by W.P. Edwards, Royal Society of Chemistry Publication, Cambridge, pp. 9–13p.
- Eichner, K.**, 1973, Indikatorer für bepinende quative veraenderungen von lebensmittein, Dhr 69 j, 4-12p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ekşi, A. ve Veliöğlü, S.**, 1990, Hidroksimetilfurfural Miktarı Açısından Ticari Reçellerin Durumu, *Gıda Sanayi*, S: 30-44, Ankara.
- Ekşi, A. ve Artık, N.**, 1986. Meyve suyunda hidroksimetilfurfural miktarı üzerine pastörizasyon sonrası soğutma işlemlerinin etkisi, *Gıda Dergisi*, 11(3): 139-143s.
- Eren, İ. and Kaymak-Ertekin, F.**, 2007, Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology, *Journal of Food Engineering*, 79:344-352 p.
- Eren, İ.**, 2004, Patateslerin osmotik dehidrasyonunun “response surface” metodu kullanılarak optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eşkin, N.A.M., Henderson, H.M. and Townsend, R.J.**, 1971, Biochemistry of Foods, Academi Pres Inc.
- Fabiano-Tixier, A., S., Elomri, A., Blanckaert, A., Seguin, E., Petitcolas, E. and Chemat, F.**, 2011, Rapid and Green Analytical Method for the Determination of Quinoline Alkaloids from *Cinchona succirubra* Based on Microwave – Integrated Extraction and Leaching (MIEL) Prior to High Performance Liquid Chromatography, *Int. J. Mol. Sci*, 12(11), 7846-7860p.
- Fellows, P.**, 2000, Evaporation and Distillation, Food Processing Technology: Principles and Practice, 2nd edition, CRC Press, 563p.
- Figuerola F.E.**, 2007, Berry jams and jellies, in Y. Zhao (editor), Berry Fruit: Value-Added Products for Health Promotion, CRC Press, 367-386p.
- Gao, Y.L., Xing-Rong, J., Qiu, W and Jiang, H.**, 2007, Investigation of the effects of food constituents on *Bacillus subtilis* reduction during high pressure and moderate temperature, *Food Control*, 18:1250-1257 p.
- García -Viguera, C., Zafrilla, P. and Tomás-Barberán, F.A.**, 1999, Influence of processing and storage conditions in strawberry jam color, *Food Sci Tech Int.*, 5(6): 487-492p.
- Garcia-Segoiva, P., Andres-Bello, A. and Martinez-Monzo, J.**, 2007, Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*), *Journal of Food Engineering*, 80, 813–821p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gomes da Silva, M.D.R. and Chaves das Neves, H.J.**, 1999, Complementary use of hyphenated purge-and-trap gas chromatography techniques and sensory analysis in the aroma profiling of strawberries (*Fragaria x ananassa*), *J. Agric. Food Chem.*, 47, 4568-4573p.
- Gössinger M., Ullram T., Hermes M., Wendelin S., Berghold S., Halbwirth H., Stich K. and Berghofer E.**, 2009, Effects of pre-freezing, puree content and pasteurization regime on colour stability of strawberry nectar made from puree, *J Sci Food Agric*, 89:144-149p.
- Gülpek, N. ve F. Başoğlu.**, 1989, Taze ve dondurularak muhafaza edilmiş çilek kullanılarak yapılan reçellerin kalitesi üzerine bir araştırma, *Gıda*, 14(2): 121-128s.
- Gürses, L., Ö.**, 1986, Gıda İşleme Mühendisliği – II, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 132s.
- Güzel, M., Y. ve Mercan, T.**, 2004, Farklı reçeteler kullanılarak üretilen çilek reçellerindeki hidrokسيمetilfurfural (HMF) oluşumu ve depolama süresindeki değişimi, *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi*, 6: 1-7s.
- Hartel, R., W. and Heldman, D., R.**, 1998, Evaporation, Principles of Food Processing, An Aspen Publication, 288p.
- Herrmann, K.**, 1972, Anthocyanins in Food, *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 148, 290–302p.
- Hodge, J.E.**, 1953, Chemistry of browning reactions in model systems, *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 1: 928-943p.
- Holtz, E., Skjöldebrand, C., Bognar, A. and Piekarski, J.**, 1984, “Modeling the baking process of meat products using convection ovens” in Thermal Processing and Quality of Foods, ed. Zeuthen, P., Cheftel, J. C., Eriksson, C., Jul, M., Leniger, H., Linko, P., Varela, G., Vos, G., Elsevier Applied Science Publishers, England, 329-338p.,
- Hunter, R.S.**, 1975, Scales for the measurements of color difference. In The Measurement of Appearance, John Wiley & Sons, New York.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Igual, M., Contreras, C. and Martínez-Navarrete, N.**, 2014, Colour and rheological properties of non-conventional grapefruit jams: Instrumental and sensory measurement, *LWT - Food Science and Technology*, 56, 200-206p.
- Jing, H. and Kitts, D.D.**, 2004, Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 429: 154-163p.
- Kaplan, B.**, 2006, Çukurova Bölgesinde Satışa Sunulan Bazı Reçellerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Türk Gıda Kodeksine Uygunluğu Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 53s.
- Khuri, A.I. and Cornell, J.A.**, 1996, Response Surfaces: Designs and Analyses, Marcel Dekker Inc, New York.
- Kılıç, O., Başoğlu, F., Çopur, Ö.U. ve Etel, M.**, 1987, Meyve ve Sebze İşletme Teknolojisi, U.Ü. Zir. Fak. Ders Notları, No: 24, Bursa, 212s.
- Kıvrak, A.**, 2010. Ticari Olarak Üretilen Bazı Reçellerin Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 97s.
- Kimura, K., Ida, M., Yosida, Y., Ohki, K., Fukumoto, T. and Sakui, N.**, 1994, Comparison of keeping quality between pressure-processed jam and heat-processed jam - changes in flavor components, hue, and nutrients during storage, *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 58 (8): 1386-1391p.
- Koc, B., Yilmazer, M., S., Balkır, P. and Ertekin, F., K.**, 2010, Spray drying of yogurt: Optimization of process conditions for improving viability and other quality attributes, *Drying Technology*, 28(4):495-507 p.
- Koç, M., Koç, B., Sakin-Yilmazer, M., Kaymak-Ertekin, F., Susyal, G. and Bağdathoğlu, N.**, 2011, Physicochemical Characterization of Whole Egg Powder Microencapsulated by Spray Drying, *Drying Technology*, 29:780-788 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Koç, M., Zungur, A., Güngör Ö., Yalçın, B., Selek, İ., Kaymak-Ertekin, F. and Ötleş, S.**, 2015, Microencapsulation of Extra Virgin Olive Oil by Spray Drying: Effect of Wall Materials Composition, Process Conditions and Emulsification Method on Microencapsulation Efficiency, Particle Size and Oxidative Stability of Microcapsules. *Food and Bioprocess Technology*, 8(2),301-318p.
- Kopjar, M., Đurkan, I. and Piližota, V.**, 2010, HMF formation and colour change of bitter orange and sweet orange jams during storage, *Croat. J. Food Sci. Technol.*, 2 (2): 11-15p.
- Korus, A., Jaworska, G., Bernaś, E. and Juszcak, L.**, 2015, Characteristics of physico-chemical properties of bilberry (*Vaccinium myrtillus*L.) jams with added herbs, *J Food Sci Technol*, 52(5):2815–2823p.
- Martinez- Hernández, G., B., Artés-Hernández, F., Colares-Souza, F., Gómez, A., P., García-Gómez, P. and Artés, F.**, 2013, Innovative cooking techniques for improving the overall quality of a kailan-hybrid broccoli, *Food and Bioprocess Technology*, 6: 2135-2149 p.
- Martins Sara, I.F.S. and Van Boekel Martinus, A.J.S.**, 2005, A kinetic model for the glucose/glycine Maillard reaction pathways, *Food Chemistry* 90: 257-269p.
- McGuire RG**, 1992, Reporting of objective color measurements, *HortScience*, 27: 1254–1255p.
- Montgomery, D.C.**, 2001, Design and Analysis of Experiments, John Wiley and Sons, New York.
- Mundra, P., Desai, K. and Lele, S.S.**, 2007, Application of response surface methodology to cell immobilization for the production of palatinose, *Bioresource Technology*, 98:2892–2896 p.
- Myers, R.H. and Montgomery, D.C.**, 1995, Response Surface Methodology, Process and Product Optimization Using Designed Experiments, John Wiley and Sons, New York.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özdoğan F.**, 2006, Domates Reçel Ürünlerinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Özel, .F.**, 2006, Değişik Meyveler ve Bu Meyvelerden Yapılan Reçellerde NDF (nötral deterjan lif), ADF (asit deterjan lif) ve Hemiselüloz İçeriğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Adana, 51s.
- Patras, A., Brunton, P., N., Tiwari, B., K. and Butler, F., 2009**, Stability and Degradation Kinetics of Bioactive Compounds and Colour in Strawberry Jam during Storage, *Food and Bioprocess Technology*, 4(7): 1245-1252p.
- Perez, A.G., Olias, R., Sanz, C. and Olias, J.M.**, 1996, Furanones in strawberries: evolution during ripening and postharvest shelf life, *J. Agric. Food Chem*, 44, 3620-3624p.
- Radovic, B.S., Careri, M., Mangia, A., Musci, M., Gerboles, M. and Anklam, E.**, 2001, Contribution of dynamic headspace GC-MS analysis of aroma compounds to authenticity testing of honey, *Food Chemistry*, 72, 4, 511-520p.
- Sacchetti, G., Gianotti, A. and Dalla Rosa, M.**, 2001, Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability, Study on apple osmotic treatment, *Journal of Food Engineering*, 49:163-173 p.
- Sağlam, S.**, 2007, Antosiyanince Zengin Dut, Kiraz ve Gilaburu Meyvelerindeki Fenolikler ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Reçel Yapım İşleminin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Schieberle, P. and Hofmann, T.**, 1997, Evaluation of the character impact odorants in fresh strawberry juice by quantitative measurements and sensory studies on model mixtures, *J. Agric. Food Chem*, 45, 227-232p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sjöholm I., Rumpunen K. and Gomez F.**, 2004, Processning av jordgubbar avsedda för sylt och andra bärbaserade produkter, Ideon Agro Food, (report from Procordia Food AB)
- Şahin, İ., Korukluoğlu, M. ve Uylaşeker, V.**, 1994, Taze Çileklerde Bozulma Etkeni Küfler, *Gıda*, 19 (6): 359-365s.
- Telatar, Y.**, 1985, Elma suyu ve konsantrelerinde hidrosimetilfurfural (HMF), I. Farklı elma çeşitlerinin elma suyu ve konsantresine işlenmesi sürecinde HMF oluşumu, *Gıda*, 10(4), 195-201s.
- TGK**, 2006, Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği, Resmî Gazete: 26392.
- Tokbaş, H.**, 2009, Karadut Meyvesinin (*Morus Nigra L.*) Reçel ile Marmelata İşlenmesi ve Ürünlerin Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 141s.
- Tosun, İ.**, 1991, Standardı Olan Bazı Reçel Çeşitlerinin Bileşimi Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, 75s.
- Turan, D., M. ve Altundoğan, H., S.**, 2011, Hidrometalürjik Araştırmalarda Yanıt Yüzey Yöntemlerinin (YYY) Kullanımı, *Madencilik*, 50 (3): 11-23s.
- Üstün , N. Ş. ve Tosun, İ.**, 1998, Çeşitli Reçellerin Bileşimi Üzerine Bir Araştırma, *Gıda*, 23(2): 125-131s.
- Villota R. and Hawkes J.G.**, 2007, Reaction kinetics in food systems, in Heldman D.R., Lund D.B. (editors), Handbook of Food Engineering, Taylor and Francis Group, 198-243p.
- Vorlová, L., Borkovcová, I., Kalábová, K. and Večerek, V.**, 2006, Hydroxymethylfurfural contents in foodstuffs determined by HPLC method, *Journal of Food and Nutrition Research*, 45, 34-38p.
- Wedzicha, B.L. and McWeeny, D.J.**, 1974, Nonenzymic browning reactions of ascorbic acid and their inhibition. The production of 3-deoxy-4-sulphopentosulose in mixtures of ascorbic acid, glycine and bisulphite ion, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 25: 577-587p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Withy, L. M., Nguyen, T. T., Wrolstad, R. E. and Heatherbell, D. A.,** 1993, Storage changes in anthocyanin content of red raspberry juice concentrate, *Journal of Food Science*, 58, 190–192p.
- Worobo R.W. and Splittstoesser D.F.,** 2005, Microbiology of Fruit Products, in Barrett D.M., Somogyi L.P., Ramaswamy H.S. (editors), *Processing Fruits: Science and Technology*, 2nd edition, CRC Press.
- Yetişmeyen, A.,** 2000, Süt sanayiinde çok etkili evaporatörler ve maliyet hesapları, *Gıda*, 25(1) : 41-48s.
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö. ve Kolaylı, S.,** 2010, Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi, *Derleme Makale, Akademik Gıda*, 8 (6): 44-51 s.
- Yılmaz, M.,** 2007, Pozantı Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde Yetiştirilen Ayvaların Reçele İşlenmeye Uygunlukları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 51s.
- Yoo, M.A., Kim, H.W., Kim, K.H. and Kang, M.H.,** 2004, Antioxidant effect of brown substances separated from defatted roasted sesame dregs. *Food Science and Biotechnology* 13: 274-278p.
- Zor, M.,** 2007, Depolamanın Ayva Reçelinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Kırklareli’de doğmuştur. Lise eğitimini 2008 yılında Lüleburgaz Anadolu Lisesi’nde tamamlayıp, aynı yıl Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde okumaya hak kazanmıştır. 2012 yılında lisans eğitimini tamamlamış olup, 2013 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

EKLER

Ek 1 Vakum pişirme cihazı teknik çizimi

Ek 2 Üretim anında kaydedilmiş kazan iç sıcaklığı, yoğuşturucu çıkışındaki buharın sıcaklığı ve iç basınç değerlerine ait örnek bir çizelge

Ek 3 Çilek reçeli duyusal analiz formu

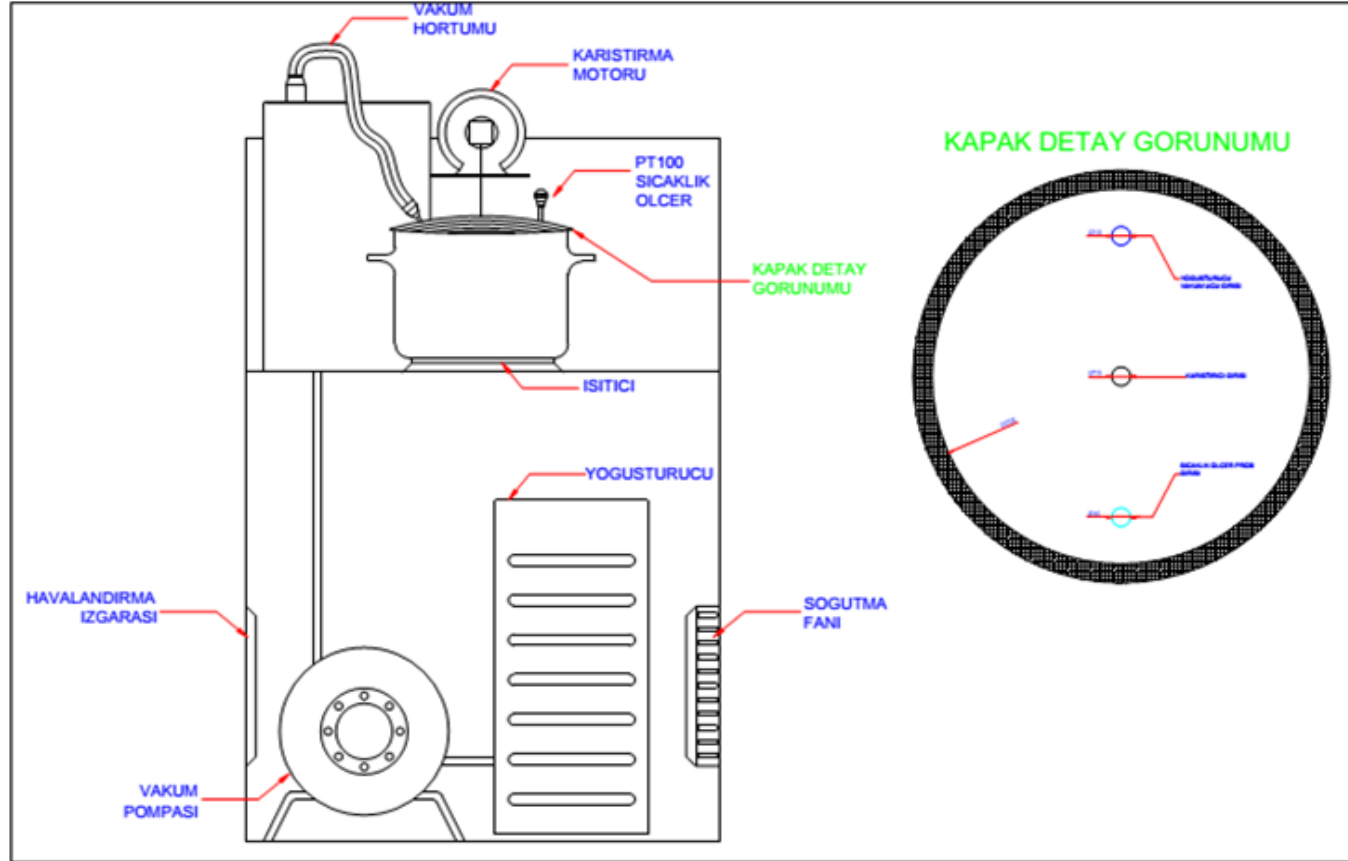
Ek 4 Çilek reçeli duyusal değerlendirme tabağı

Ek 5 Vakum altında pişirme işlem koşullarının optimizasyonunda yanıtlara ait varyans analizi tabloları

Ek 6 Vakum altında pişirme işlem koşullarının belirlenmesinde her bir yanıtta ait normal % olasılık, kalıntıya karşı model tahminleri ve deneme sırasına karşı kalıntı grafikleri

Ek 7 Vakum altında 90 °C – 17.5 dak süre ile pişirilen çilek reçeli ve atmosferik basınçta 20 dak süre ile pişirilen çilek reçeli için örnek HMF kromotogramları

Ek 1 Vakum pişirme cihazı teknik çizimi



Ek 2 Üretim anında kaydedilmiş kazan iç sıcaklığı, yoğuşturucu çıkışındaki buharın sıcaklığı ve iç basınç değerlerine ait örnek bir çizelge

ZAMAN	ÜRÜN SICAKLIĞI °C	VAKUM DEĞERİ mb	VAKUM SICAKLIĞI °C	ÇALIŞMA SÜRESİ dk
02.10.2015 10:41	29	-73	31	0
02.10.2015 10:41	24	-91	31	0
02.10.2015 10:41	20	-100	31	0
02.10.2015 10:42	17	-106	31	0
02.10.2015 10:42	15	-109	30	0
02.10.2015 10:42	15	-112	30	0
02.10.2015 10:42	14	-120	29	0
02.10.2015 10:42	13	-126	29	0
02.10.2015 10:42	13	-134	28	0
02.10.2015 10:42	12	-139	28	0
02.10.2015 10:42	12	-142	27	0
02.10.2015 10:42	12	-147	27	0
02.10.2015 10:42	11	-155	27	0
02.10.2015 10:42	11	-162	26	0
02.10.2015 10:42	11	-167	26	0
02.10.2015 10:42	11	-172	26	1
02.10.2015 10:42	11	-177	25	1
02.10.2015 10:42	11	-183	25	1
02.10.2015 10:43	11	-191	25	1
02.10.2015 10:43	11	-193	25	1
02.10.2015 10:43	11	-191	25	1

02.10.2015 10:43	11	-193	24	1
02.10.2015 10:43	11	-195	24	1
02.10.2015 10:43	11	-200	24	1
02.10.2015 10:43	11	-208	24	1
02.10.2015 10:43	11	-213	24	1
02.10.2015 10:43	11	-215	24	1
02.10.2015 10:43	11	-219	23	1
02.10.2015 10:43	11	-224	23	1
02.10.2015 10:43	11	-227	23	1
02.10.2015 10:43	11	-237	23	2
02.10.2015 10:43	12	-251	23	2
02.10.2015 10:43	13	-264	23	2
02.10.2015 10:44	13	-270	23	2
02.10.2015 10:44	14	-272	23	2
02.10.2015 10:44	15	-275	23	2
02.10.2015 10:44	16	-287	23	2
02.10.2015 10:44	17	-300	23	2
02.10.2015 10:44	17	-313	23	2
02.10.2015 10:44	18	-321	23	2
02.10.2015 10:44	20	-329	23	2
02.10.2015 10:44	22	-349	23	2
02.10.2015 10:44	24	-365	22	2
02.10.2015 10:44	26	-380	22	2
02.10.2015 10:44	32	-391	22	2
02.10.2015 10:44	36	-395	22	3

02.10.2015 10:44	38	-403	22	3
02.10.2015 10:44	38	-425	22	3
02.10.2015 10:45	37	-445	22	3
02.10.2015 10:45	37	-459	22	3
02.10.2015 10:45	38	-491	22	3
02.10.2015 10:45	43	-524	22	3
02.10.2015 10:45	52	-565	22	3
02.10.2015 10:45	60	-596	22	3
02.10.2015 10:45	65	-624	22	3
02.10.2015 10:45	69	-647	22	3
02.10.2015 10:45	71	-654	22	3
02.10.2015 10:45	72	-648	22	3
02.10.2015 10:45	71	-642	22	3
02.10.2015 10:45	69	-637	22	3
02.10.2015 10:45	66	-631	22	4
02.10.2015 10:45	64	-627	22	4
02.10.2015 10:45	64	-624	22	4
02.10.2015 10:46	63	-621	22	4
02.10.2015 10:46	62	-613	22	4
02.10.2015 10:46	62	-605	22	4
02.10.2015 10:46	61	-597	22	4
02.10.2015 10:46	60	-593	22	4
02.10.2015 10:46	60	-594	22	4
02.10.2015 10:46	61	-598	22	4
02.10.2015 10:46	64	-604	22	4

02.10.2015 10:46	66	-610	22	4
02.10.2015 10:46	69	-614	22	4
02.10.2015 10:46	70	-615	23	4
02.10.2015 10:46	70	-615	23	4
02.10.2015 10:46	71	-612	23	5
02.10.2015 10:46	71	-603	23	5
02.10.2015 10:46	68	-592	23	5
02.10.2015 10:47	66	-584	23	5
02.10.2015 10:47	64	-580	23	5
02.10.2015 10:47	64	-578	23	5
02.10.2015 10:47	63	-579	23	5
02.10.2015 10:47	66	-591	23	5
02.10.2015 10:47	69	-600	23	5
02.10.2015 10:47	72	-610	23	5
02.10.2015 10:47	74	-618	23	5
02.10.2015 10:47	74	-622	23	5
02.10.2015 10:47	75	-623	23	5
02.10.2015 10:47	75	-621	23	5
02.10.2015 10:47	76	-617	23	5
02.10.2015 10:47	76	-608	23	6
02.10.2015 10:47	75	-602	23	6
02.10.2015 10:47	75	-595	23	6
02.10.2015 10:48	75	-590	23	6
02.10.2015 10:48	76	-592	23	6
02.10.2015 10:48	76	-597	23	6

02.10.2015 10:48	77	-606	23	6
02.10.2015 10:48	77	-611	23	6
02.10.2015 10:48	77	-612	23	6
02.10.2015 10:48	77	-608	23	6
02.10.2015 10:48	77	-602	23	6
02.10.2015 10:48	77	-595	23	6
02.10.2015 10:48	77	-590	23	6
02.10.2015 10:48	77	-589	23	6
02.10.2015 10:48	78	-592	23	6
02.10.2015 10:48	78	-598	23	7
02.10.2015 10:48	78	-607	23	7
02.10.2015 10:48	78	-612	23	7
02.10.2015 10:49	78	-611	23	7
02.10.2015 10:49	78	-605	23	7
02.10.2015 10:49	78	-598	24	7
02.10.2015 10:49	78	-592	24	7
02.10.2015 10:49	78	-589	24	7
02.10.2015 10:49	78	-592	24	7
02.10.2015 10:49	78	-597	24	7
02.10.2015 10:49	78	-604	23	7
02.10.2015 10:49	78	-608	23	7
02.10.2015 10:49	78	-605	24	7
02.10.2015 10:49	78	-599	24	7
02.10.2015 10:49	78	-592	23	7
02.10.2015 10:49	78	-590	23	8

02.10.2015 10:49	78	-594	23	8
02.10.2015 10:49	78	-601	23	8
02.10.2015 10:50	78	-607	23	8
02.10.2015 10:50	78	-609	23	8
02.10.2015 10:50	78	-608	23	8
02.10.2015 10:50	78	-602	23	8
02.10.2015 10:50	78	-591	23	8
02.10.2015 10:50	78	-589	22	8
02.10.2015 10:50	78	-594	22	8
02.10.2015 10:50	78	-601	22	8
02.10.2015 10:50	78	-607	22	8
02.10.2015 10:50	78	-610	22	8
02.10.2015 10:50	78	-608	22	8
02.10.2015 10:50	78	-604	22	8
02.10.2015 10:50	78	-593	22	9
02.10.2015 10:50	78	-579	22	9
02.10.2015 10:50	78	-576	22	9
02.10.2015 10:51	78	-582	21	9
02.10.2015 10:51	79	-590	21	9
02.10.2015 10:51	79	-599	21	9
02.10.2015 10:51	79	-612	22	9
02.10.2015 10:51	79	-615	22	9
02.10.2015 10:51	79	-613	23	9
02.10.2015 10:51	78	-608	24	9
02.10.2015 10:51	78	-599	24	9

02.10.2015 10:51	78	-590	24	9
02.10.2015 10:51	78	-582	23	9
02.10.2015 10:51	78	-584	23	9
02.10.2015 10:51	79	-590	22	9
02.10.2015 10:51	79	-599	22	10
02.10.2015 10:51	79	-606	22	10
02.10.2015 10:51	79	-612	23	10
02.10.2015 10:52	79	-613	24	10
02.10.2015 10:52	78	-609	24	10
02.10.2015 10:52	78	-602	25	10
02.10.2015 10:52	78	-593	25	10
02.10.2015 10:52	78	-584	25	10
02.10.2015 10:52	78	-586	25	10
02.10.2015 10:52	79	-590	25	10
02.10.2015 10:52	79	-597	24	10
02.10.2015 10:52	79	-605	24	10
02.10.2015 10:52	79	-611	25	10
02.10.2015 10:52	79	-614	25	10
02.10.2015 10:52	78	-610	26	10
02.10.2015 10:52	78	-602	26	11
02.10.2015 10:52	78	-590	26	11
02.10.2015 10:52	78	-582	26	11
02.10.2015 10:53	78	-579	26	11
02.10.2015 10:53	78	-581	25	11
02.10.2015 10:53	78	-586	25	11

02.10.2015 10:53	78	-592	25	11
02.10.2015 10:53	79	-599	25	11
02.10.2015 10:53	79	-609	25	11
02.10.2015 10:53	79	-614	26	11
02.10.2015 10:53	78	-614	26	11
02.10.2015 10:53	78	-613	26	11
02.10.2015 10:53	78	-609	26	11
02.10.2015 10:53	78	-599	27	11
02.10.2015 10:53	78	-593	26	11
02.10.2015 10:53	78	-588	26	12
02.10.2015 10:53	78	-586	26	12
02.10.2015 10:53	78	-592	25	12
02.10.2015 10:54	78	-601	25	12
02.10.2015 10:54	79	-610	25	12
02.10.2015 10:54	79	-616	26	12
02.10.2015 10:54	78	-616	26	12
02.10.2015 10:54	78	-613	27	12
02.10.2015 10:54	78	-606	27	12
02.10.2015 10:54	78	-596	27	12
02.10.2015 10:54	78	-589	26	12
02.10.2015 10:54	78	-590	26	12
02.10.2015 10:54	78	-594	26	12
02.10.2015 10:54	79	-600	26	12
02.10.2015 10:54	79	-607	26	12
02.10.2015 10:54	79	-610	26	13

02.10.2015 10:54	79	-609	26	13
02.10.2015 10:54	78	-602	26	13
02.10.2015 10:55	78	-594	26	13
02.10.2015 10:55	78	-587	26	13
02.10.2015 10:55	78	-589	26	13
02.10.2015 10:55	79	-593	26	13
02.10.2015 10:55	79	-600	26	13
02.10.2015 10:55	79	-607	26	13
02.10.2015 10:55	79	-614	26	13
02.10.2015 10:55	79	-615	26	13
02.10.2015 10:55	78	-612	26	13
02.10.2015 10:55	78	-604	27	13
02.10.2015 10:55	78	-594	27	13
02.10.2015 10:55	78	-588	26	13
02.10.2015 10:55	78	-586	26	14
02.10.2015 10:55	79	-592	26	14
02.10.2015 10:55	79	-598	26	14
02.10.2015 10:56	79	-606	25	14
02.10.2015 10:56	79	-612	25	14
02.10.2015 10:56	78	-612	25	14
02.10.2015 10:56	78	-608	26	14
02.10.2015 10:56	78	-597	26	14
02.10.2015 10:56	78	-591	26	14
02.10.2015 10:56	78	-588	26	14
02.10.2015 10:56	78	-590	25	14

02.10.2015	78	-594	25	14
10:56				
02.10.2015	78	-601	25	14
10:56				
02.10.2015	78	-608	25	14
10:56				
02.10.2015	78	-611	25	14
10:56				

Ek 3 Çilek reçeli duyusal analiz formu

İsim:

Tarih:

Size sunulan çilek reçeli örneklerini puanlama skalası kullanarak görünüş, renk, kıvam, tat özellikleri ve genel tercih açısından değerlendiriniz.

Ek Çizelge 1 Çilek reçeli duyusal analiz formu

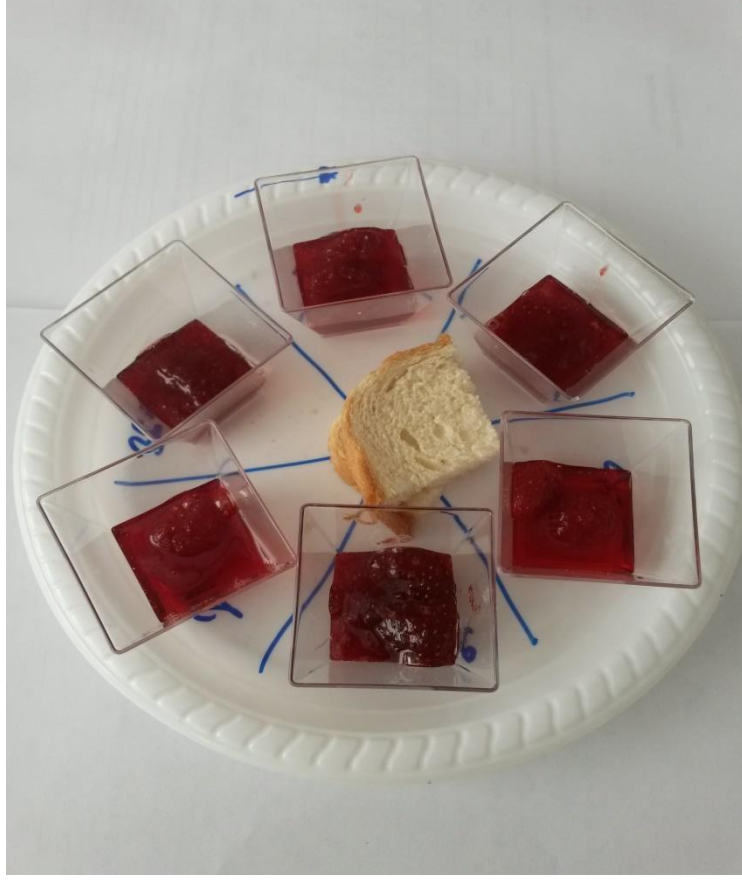
Örnek kodu	Görünüş	Renk	Kaşıқта Kıvam	Ağızda Kıvam	Tat	Genel Tercih

Puanlama Skalası	5: Çok İyi	4: İyi	3: Orta	2: Kötü	1: Çok Kötü
------------------	------------	--------	---------	---------	-------------

Ürünlerde fark ettiğiniz belirgin (şekerli/şekersiz/asidik) ve/veya farklı (istenmeyen, ürüne özgü olmayan) tat ve koku özelliklerini ve katkılarınızı aşağıda belirtebilirsiniz.

Katılımınız için teşekkürler...

Ek 4 ilek reçeli duyusal değerlendirme tabağı



Ek 5 Vakum altında pişirme işlem koşullarının optimizasyonunda yanıtlara ait varyans analizi tabloları

Ek Çizelge 5 (a) Briks için Varyans Analizi Tablosu

Ek Çizelge 5 (a) 1 Briks için Ardışık Model Kareler Toplamı

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p - Değeri
Ortalama	40992.31	1	40992.31		
Lineer	86.68	2	43.34	6.02	0.0192
2F1	7.56	1	7.56	1.06	0.3309
Quadratik	46.42	2	23.21	9.01	0.0116
Kübik	8.19	2	4.10	2.08	0.2197
Kalıntı	9.83	5	1.97		
Toplam	41151.00	13	3165.46		

Ek Çizelge 5 (a) 2 Briks için Model Uygunsuzluğu Testi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p - Değeri
Lineer	62.21	6	10.37	4.23	0.0920
2F1	54.65	5	10.93	4.46	0.0862
Quadratik	8.22	3	2.74	1.12	0.4404
Kübik	0.031	1	0.031	0.013	0.9155
Saf Hata	9.80	4	2.45		

Ek Çizelge 5 (a) 3 Briks için Model İstatistikleri

Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj – R ²	Pred – R ²	PRESS
Lineer	2.68	0.5462	0.4555	0.2122	125.01
2F1	2.68	0.5939	0.4585	0.0909	144.27
Quadratik	1.60	0.8864	0.8053	0.5350	73.80
Kübik	1.40	0.9380	0.8513	0.8909	17.31

Ek Çizelge 5 (b) Hue için Varyans Analizi Tablosu

Ek Çizelge 5 (b) 1 Hue için Ardışık Model Kareler Toplamı

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p - Değeri
Ortalama	13921.27	1	13921.27		
Lineer	50.38	2	25.19	1.03	0.3935
2F1	3.76	1	3.76	0.14	0.7170
Quadratik	216.17	2	108.09	29.38	0.0004
Kübik	2.99	2	1.50	0.33	0.7342
Kalıntı	22.76	5	4.55		
Toplam	14217.34	13	1093.64		

Ek Çizelge 5 (b) 2 Hue için Model Uygunsuzluğu Testi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p - Değeri
Lineer	223.56	6	37.26	6.73	0.0430
2F1	219.80	5	43.96	7.95	0.0333
Quadratik	3.62	3	1.21	0.22	0.8791
Kübik	0.63	1	0.63	0.11	0.7525
Saf Hata	22.13	4	5.53		

Ek Çizelge 5 (b) 3 Hue için Model İstatistikleri

Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj - R ²	Pred - R ²	PRESS
Lineer	4.96	0.1702	0.0042	-0.7334	513.21
2F1	5.18	0.1829	-0.0895	-0.7652	522.62
Quadratik	1.92	0.9130	0.8509	0.7962	60.35
Kübik	2.13	0.9231	0.8155	0.7468	74.97

Ek Çizelge 5 (c) HMF için Varyans Analizi Tablosu

Ek Çizelge 5 (c) 1 HMF için Ardışık Model Kareler Toplamı

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	<i>p</i> - Değeri
Ortalama	6153.73	1	6153.73		
Lineer	1705.47	2	852.73	4.97	0.0318
2F1	0.083	1	0.083	4.334E-004	0.9838
Quadratik	1089.45	2	544.72	6.08	0.0295
Kübik	429.09	2	214.54	5.41	0.0561
Kalıntı	198.10	5	39.62		
Toplam	9575.91	13	736.61		

Ek Çizelge 5 (c) 2 HMF için Model Uygunsuzluğu Testi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	<i>p</i> - Değeri
Lineer	1715.92	6	285.99	1441.23	< 0.0001
2F1	1715.84	5	343.17	1729.39	< 0.0001
Quadratik	626.40	3	208.80	1052.24	< 0.0001
Kübik	197.31	1	197.31	994.34	< 0.0001
Saf Hata	0.79	4	0.20		

Ek Çizelge 5 (c) 3 HMF için Model İstatistikleri

Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj – R ²	Pred – R ²	PRESS
Lineer	13.10	0.4984	0.3980	-0.0312	3529.12
2F1	13.81	0.4984	0.3312	-0.2442	4257.89
Quadratik	9.47	0.8167	0.6858	-0.3020	4455.61
Kübik	6.29	0.9421	0.8611	-2.6903	12629.02

Ek Çizelge 5 (d) Kaşıkta Kıvam Değerlendirmesi için Varyans Analizi Tablosu

Ek Çizelge 5 (d) 1 Kaşıkta Kıvam Değerlendirmesi için Ardışık Model Kareler Toplamı

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p - Değeri
Ortalama	205.92	1	205.92		
Lineer	0.61	2	0.31	4.35	0.0437
2F1	0.035	1	0.035	0.47	0.5117
Quadratik	0.43	2	0.21	6.14	0.0288
Kübik	0.059	2	0.029	0.79	0.5016
Kalıntı	0.18	5	0.037		
Toplam	207.24	13	15.94		

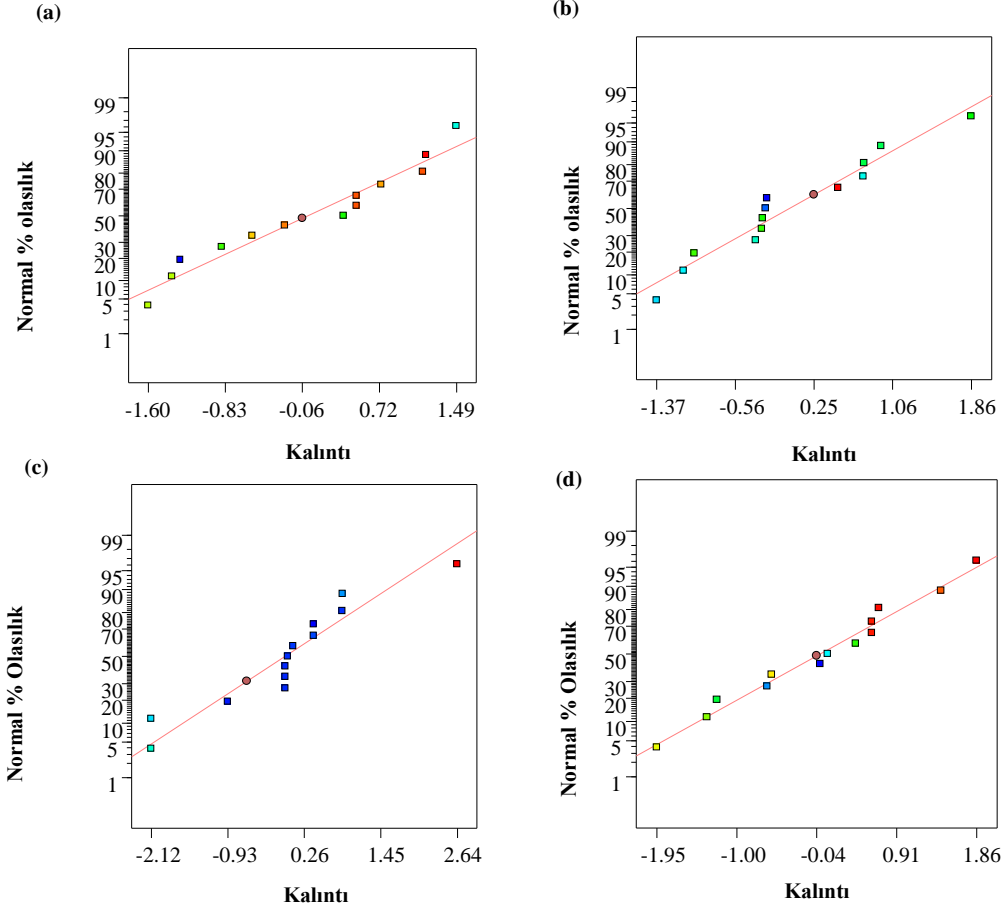
Ek Çizelge 5 (d) 2 Kaşıkta Kıvam Değerlendirmesi için Model Uygunsuzluğu Testi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	p - Değeri
Lineer	0.61	6	0.10	4.32	0.0892
2F1	0.58	5	0.12	4.88	0.0748
Quadratik	0.15	3	0.050	2.10	0.2424
Kübik	0.090	1	0.090	3.83	0.1221
Saf Hata	0.094	4	0.024		

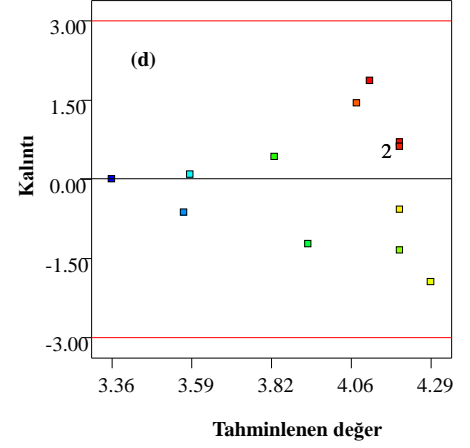
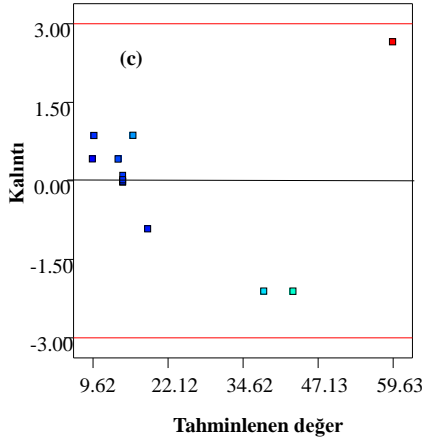
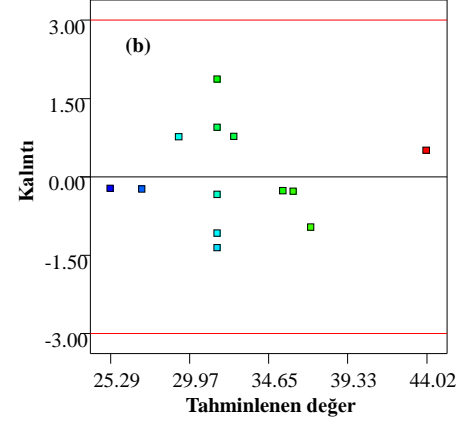
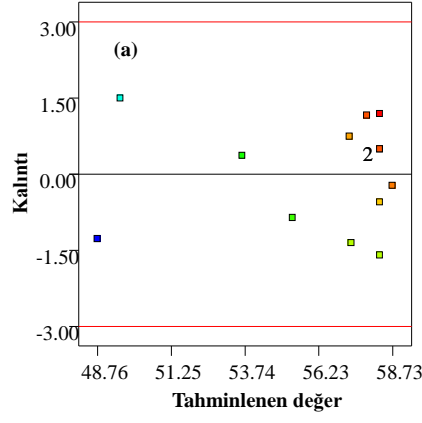
Ek Çizelge 5 (d) 3 Kaşıkta Kıvam Değerlendirmesi için Model İstatistikleri

Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj - R ²	Pred - R ²	PRESS
Lineer	0.27	0.4654	0.3585	0.0774	1.22
2F1	0.27	0.4918	0.3223	-0.5371	2.03
Quadratik	0.19	0.8155	0.6838	0.0853	1.21
Kübik	0.19	0.8600	0.6641	-3.4913	5.92

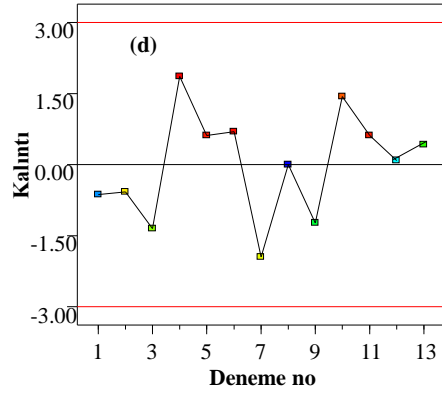
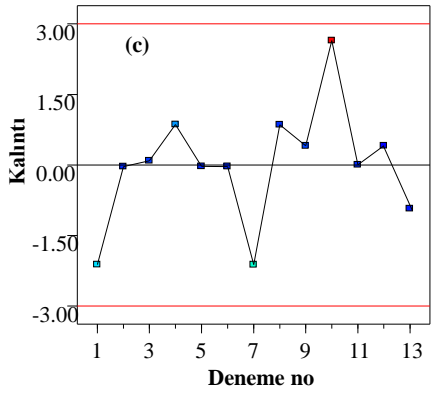
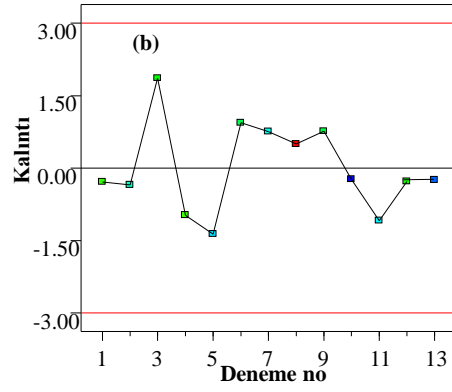
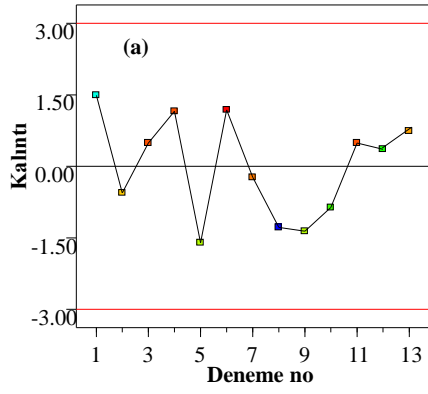
Ek 6 Vakum altında pişirme işlem koşullarının belirlenmesinde her bir yanıtı ait normal % olasılık, kalıntıya karşı model tahminleri ve deneme sırasına karşı kalıntı grafikleri



Ek Şekil 6.1 Her bir yanıt için normal % olasılık grafikleri (a) Briks (b)Hue (c)HMF içeriği (d)Kaşıkta kıvam

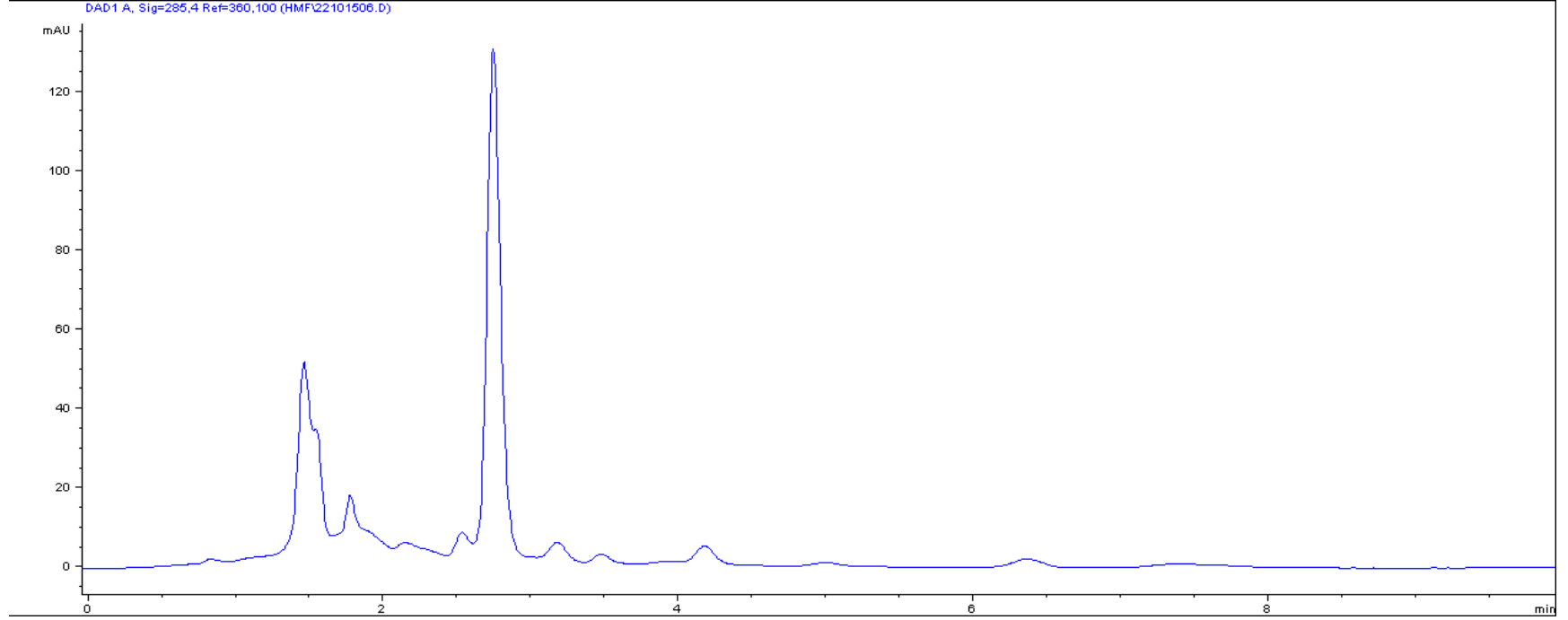


Ek Şekil 6.2 Her bir yanıt için kalıntıya karşı model tahminleri grafikleri (a) Briks (b)Hue (c)HMF içeriği (d)Kaşıkta kıvam

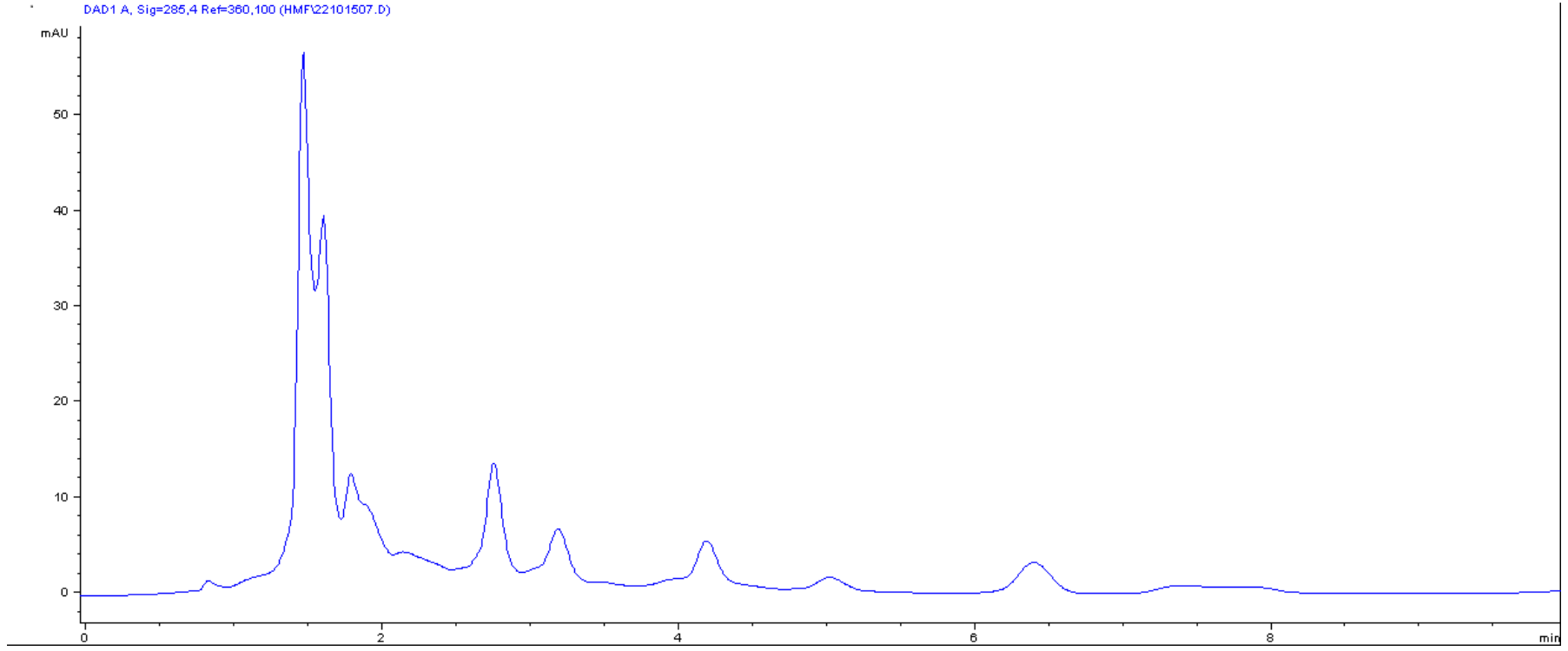


Ek Şekil 6.3 Her bir yanıt için deneme sırasına karşı kalıntı grafikleri (a) Briks (b)Hue (c)HMF içeriği (d)Kaşıқта kıvam

Ek 7 Vakum altında 90 °C – 17.5 dak süre ile pişirilen çilek reçeli ve atmosferik basınçta 20 dak süre ile pişirilen çilek reçeli için örnek HMF kromotogramları



Ek Şekil 7 (a) Atmosferik basınçta 20 dak süre ile pişirilen çilek reçeli için HMF kromotogramı



Ek Şekil 7 (b) Vakum altında 90°C – 17.5 dak süre ile pişirilen çilek reçeli için HMF kromotogramı