



**CEVAP YÜZEYİ YÖNTEMİ
KULLANILARAK STEVİA
ÖZÜ İÇEREN DÜŞÜK KALORİLİ
BÖĞÜRTLEN REÇELİ
FORMÜLASYONUNUN BELİRLENMESİ**

Duygu BENZER GÜREL

Yüksek Lisans Tezi

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Serap DURAKLI
VELİOĞLU**

2016

**T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CEVAP YÜZEYİ YÖNTEMİ KULLANILARAK STEVIA ÖZÜ İÇEREN
DÜŞÜK KALORİLİ BÖĞÜRTLEN REÇELİ FORMÜLASYONUNUN
BELİRLENMESİ**

Duygu BENZER GÜREL

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. Serap DURAKLI VELİOĞLU

**TEKİRDAĞ-2016
Her hakkı saklıdır**

Yrd. Doç. Dr. Serap DURAKLI VELİOĞLU danışmanlığında, Duygu Benzer GÜREL tarafından hazırlanan “CEVAP YÜZEYİ YÖNTEMİ KULLANILARAK STEVIA ÖZÜ İÇEREN DÜŞÜK KALORİLİ BÖĞÜRTLEN REÇELİ FORMÜLASYONUNUN BELİRLENMESİ” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı Yrd. Doç. Dr. Harun URAN

İmza :

Üye Yrd. Doç. Dr. Serap DURAKLI VELİOĞLU

İmza :

Üye Yrd. Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CEVAP YÜZEYİ YÖNTEMİ KULLANILARAK STEVIA ÖZÜ İÇEREN DÜŞÜK KALORİLİ BÖĞÜRTLEN REÇELİ FORMÜLASYONUNUN BELİRLENMESİ

Duygu BENZER GÜREL

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Serap DURAKLI VELİOĞLU

Bu çalışmada stevia özü kullanılarak düşük kalorili böğürtlen reçeli üretimi amaçlanmıştır. Denemeler cevap yüzey yöntemine (RSM) göre dizayn edilmiş, pektin (% 0,5-1), şeker (% 15-50) ve stevia (% 0,02-0,06) miktarları bağımsız değişken olarak seçilerek üç faktörlü merkezi birleşik tasarım modeli oluşturulmuş, 6 tanesi merkez deney noktalarında olmak üzere 20 farklı deneme planlanmıştır. Duyusal analizle, örneklerin kıvam, görünüm, koku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik değerleri incelenmiş, renk özellikleri ve HMF miktarları belirlenmiş, ayrıca reolojileri incelenmiş, veriler modellenerek varyans analizleri yapılmıştır. Genel kabul edilebilirliğe göre gerçekleştirilen optimizasyon sonucunda elde edilen formülasyon (% 0,06 stevia, % 0,3316 pektin ve % 28,7969 şeker) kullanılarak yapılan doğrulama deneyleri sonucunda üretilen düşük kalorili böğürtlen reçelinin, ticari örneğe kıyasla şeker içeriği % 31,77 oranında düşürülmüştür. Çalışma sonucunda ticari reçelin duyusal özelliklerine en yakın duyusal özelliklere sahip düşük kalorili reçel formülasyonu oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Stevia, Cevap Yüzeyi Yöntemi, HMF, Reoloji

2016, 71 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

**DETERMINATION OF LOW CALORIE BLACKBERRY JAM FORMULATION
CONTAINING STEVIA EXTRACT USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY**

Duygu BENZER GÜREL

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Serap DURAKLI VELİOĞLU

In this study, it was aimed to use stevia extract to manufacture low calorie blackberry jam. Jam formulations were designed according to the response surface methodology (RSM) which included 20 experimental points with 6 replicates for three independent variables, namely pectin, sugar and stevia percentages in the ranges of 0.5-1 %, 15-50 % and 0.02-0.06 %, respectively. Sensorial reology, apperance, odor, taste and overall acceptance were evaluated with sensorial analysis, colour, HMF and reology were also determined and modelled. Optimization results according to the overall acceptance gave the formulation of low calorie blackberry jam including 0.06 % stevia, 0.3316 % pectin and 28.7969 % sugar. The sugar content of low calorie blackberry jam obtained by the verification experiments was determined to be reduced by 31.77 % compared to that of commercial jam. As a result of this study, low calorie blackberry jam formulation having the closest sensorial characteristics to the commercial jam was obtained.

Key words: Stevia, Response Surface Methodology, HMF, Reology

2016, 71 pages

TEŐEKKÜR

Bu çalışmanın her anında yardımlarıyla destekleyen ve büyük bir özveride bulunan değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Serap DURAKLI VELİOĞLU'na, laboratuvar analizlerinde yardımlarının esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK, Yrd. Doç. Dr. Murat VELİOĞLU ve Araştırma Görevlisi Deniz Damla ALTAN ve Araştırma Görevlisi DEMET APAYDIN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olup desteklerini hiç esirgemeyen annem Sema BENZER, babam Rüstem BENZER ve kardeőim Görkem BENZER'e, çalıőmalarım esnasında hoőgörü, sabır ve desteğiyle yanımda olan eőim Kadir GÜREL'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ağustos, 2016

Duygu BENZER GÜREL

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 Reçel.....	3
2.1.1. Pektin.....	5
2.1.2. Asit	10
2.2. Tatlandırıcılar	11
2.3. Stevia	13
2.4. Cevap Yüzey Yöntemi	20
2.5. Reoloji ve Viskozite	21
3.MATERTAL VE METOD	24
3.1. Materyal.....	24
3.2. Reçel Üretimi.....	24
3.3. Analiz Yöntemleri	25
3.3.1. Cevap yüzey yöntemi	25
3.3.2. Suda çözünür kuru madde	27
3.3.3. pH tayini	27
3.3.4. Toplam asitlik tayini.....	27
3.3.5. Renk tayini.....	28
3.3.6. Duyusal analiz	28
3.3.7. Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini	28
3.3.8 Reoloji	29
3.3.9 Toplam şeker tayini	30
3.3.10 İstatistiksel analiz	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1. Renk Tayini Sonuçları.....	31
4.1.1. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin ‘L’ değeri üzerine etkisi.....	32
4.1.2. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin ‘a’ değeri üzerine etkisi.....	33

4.1.3. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin ‘b’ değeri üzerine etkisi	34
4.2. Duyusal Analiz Sonuçları	35
4.2.1. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin kıvamı üzerine etkisi	37
4.2.2. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin görünümü üzerine etkisi.....	39
4.2.3. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin kokusu üzerine etkisi.....	41
4.2.4. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin lezzeti üzerine etkisi.....	43
4.2.5. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin genel kabul edilebilirlik üzerine etkisi	44
4.3 HMF Sonuçları	46
4.4. Reoloji Sonuçları	50
4.4.1. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin viskozite üzerine etkisi.....	53
4.4.2. Stevia, pektin ve şekerin Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimine etkisi.....	54
4.5. Suda çözünür kuru madde, pH ve toplam asitlik tayini sonuçları	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
6. KAYNAKLAR	66
EKLER	71
ÖZGEÇMİŞ	72

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Pektin çeşitlerinin jel oluşturma koşulları	7
Çizelge 2.2. Asit türlerine göre pH düşürme ve ekşiliklerine ait değerler	10
Çizelge 2.3. Kuru madde pH arasındaki ilişki.....	10
Çizelge 2.4. Doğal ve yapay tatlandırıcılar ve tatlılık düzeyleri	12
Çizelge 2.5. Stevia bitkisinin besin içeriği (kuru madde esasına göre; 100 g'da).....	14
Çizelge 3.1. Örneklere eklenen asit miktarı	25
Çizelge 3.2. Cevap Yüzey Yöntemi ile oluşturulan deney dizaynı	26
Çizelge 4.1. Reçel denemelerinin renk sonuçları	31
Çizelge 4.2. Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçelin renk sonuçları	31
Çizelge 4.3. L değeri için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.4. a değeri için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.5. b değeri için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları	35
Çizelge 4.6. Reçel örneklerine ait duyu analizi sonuçları ^a	36
Çizelge 4.7. Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçellere ait duyu analizi sonuçları.....	36
Çizelge 4.8. Kıvam için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları	38
Çizelge 4.9. Görünüm için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.10. Koku için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları	42
Çizelge 4.11. Lezzet için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları	43
Çizelge 4.12. Genel kabul edilebilirlik için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları	45
Çizelge 4.13 HMF Tayini Sonuçları.....	47
Çizelge 4.14 Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçelin HMF tayini sonuçları.....	47
Çizelge 4.15. HMF için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları	48
Çizelge 4.16 Reçel örneklerinin viskozitesi ve Herschel-Bulkey modeline göre akma gerilimleri	51
Çizelge 4.17 Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçel örneklerinin viskozitesi ve Herschel-Bulkey modeline göre akma gerilimleri.....	51
Çizelge 4.18. Viskozite için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	53

Çizelge 4.19. Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimi için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları	55
Çizelge 4.20. Suda çözünür kuru madde, pH ve asitlik tayini sonuçları	56
Çizelge 4.21. Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçelin suda çözünür kuru madde, pH ve toplam asitlik sonuçları özelliklerinin sonuçları	56
Çizelge 4.22. Modellere ait R^2 değerleri ve model uyum eksikliği değerleri	59
Çizelge 4.23. Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçeli ve ticari reçele ait analiz sonuçları.....	61
Çizelge 4.24. Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçeli ve ticari reçel duyusal analiz sonuçları.....	61



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Stevia rebaudiana bitkisi	13
Şekil 2.2. Stevia içerisindeki tatlı bileşenler.....	15
Şekil 2.3. Stevioside, rebaudioside A ve steviolün yapısı.....	16
Şekil 4.1. Bağımsız değişkenlerin kıvam üzerine etkisi.....	39
Şekil 4.2. Bağımsız değişkenlerin reçelin görünümü üzerine etkisi.....	41
Şekil 4.3. Bağımsız değişkenlerin reçelin kokusu üzerine etkisi	42
Şekil 4.4. Bağımsız değişkenlerin reçelin lezzeti üzerine etkisi.....	44
Şekil 4.5. Bağımsız değişkenlerin reçelin genel kabul edilebilirliği üzerine etkisi.....	46
Şekil 4.6. Bağımsız değişkenlerin HMF oluşumuna etkisi	49
Şekil 4.7. 11 numaralı reçel denemesi için vizkositesinin kayma hızı ile değişimi	52
Şekil 4.8. 11 numaralı reçel denemesi için kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi	52
Şekil 4.9. Bağımsız değişkenlerin viskoziteye etkisi	54
Şekil 4.10. Bağımsız değişkenlerin Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimine etkisi.....	55
Şekil 4.11. Cevap yüzey yöntemi ile bileşenlerin optimizasyonu.....	59

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a*	Kırmızılık
b*	Sarılık
g	gram
K	kıvam indeksi
Kg	kilogram
Kpa	kilopaskal
L	litre
L*	Beyazlık
Min	dakika
ml	mililitre
n	akış davranış indeksi
N	Normalite
Nm	nanometre
τ_0	yıkılma gerilimi

Kısaltmalar

AD	Amide edilmiş pektin
DE	Deesterifikasyon derecesi
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
FDA	Gıda ve İlaç Organizasyonu
HM	Yüksek esterli pektin
HMF	Hidroksimetilfurfural
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
LM	Düşük esterleşmiş pektin

1.GİRİŞ

Artan diyabet ve şişmanlık hastalıklarıyla, gıda biliminde düşük kalorili ürünlerin üretilmesi ve bu ürünler üretilirken lezzet ve aromanın geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar hızla devam etmektedir. Bu yeni ürünler geliştirilirken tüketicinin beklentisi olan lezzetin orijinal ürüne duyuşal açıdan en yakın seviyede olması ve kullanılan bileşenlerin güvenli olması yapılan denemelerde sürekli iyileştirmeleri ve geliştirme çalışmalarını hızlandırmıştır. Düşük kalorili gıdalara artan ilginin yanı sıra son yıllarda doğal içerikli ürünler de tüketicinin tercihleri arasında yer almakta doğal içerikli ürünlere talep gittikçe artmaktadır.

Yüksek şeker içerikleri nedeni ile oldukça yüksek enerji veren gıdalar olarak bilinen reçeller, ülkemizde ve dünyada çok uzun yıllardan beri değişik formülasyonlarda hazırlanmakta ve yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Günümüzde değişen yaşam koşullarına bağılı olarak ortaya çıkan kalori fazlalığının sebep olduğı problemler nedeniyle ise, tüketiciler bu tip gıdalardan kaçınmaktadır. Bu nedenle üreticiler, ürettikleri ürünlerin formülasyonlarında yer alan şeker oranını azaltarak daha düşük enerji içerikli, bazı sağıık problemlerine uygun özel amaçlı ürünler (diyetetik) üretme yoluna gitmektedirler. Ayrıca formülasyonunda sakkaroz ve glikoz gibi şekerlerin yer almadığı durumlarda diyetetik gıdalar, diyabetli hastaların tüketimine de uygun olmaktadır.

Doğada birçok tatlı ve düşük kalorili bileşik bulunmaktadır. Stevia bitkisinin bileşenleri arasında yer alan stevioside de doğal tatlı bileşikler arasında yer almaktadır. Japonya, Paraguay gibi bazı ülkelerde stevianın tatlı bileşenlerini içeren ürünler uzun yıllardır gıda ve ilaç olarak kullanılmaktadır. Stevia günümüzde de ticari olarak dikkat çeken bir bitki olmuştur (İnanç ve Çınar 2009). Stevia bitkisinde esas ana tatlandırıcı bileşik stevioside ve rebaudioside A'dır. Diğer tatlandırıcı bileşikler de mevcut olmakla birlikte düşük konsantrasyonlarda bulunmakta, bitkinin yetiştirilme şartları ve cinsine bağılı olarak kuru yapraklardaki ağırlıkları % 4-20 arasında değişmektedir. Stevioside'in tatlılık oranı, sakarozdan 110–270 kez, Rebaudioside A'nın ise, 150–320 kez daha fazladır (Geuns 2003).

Stevianın en büyük özelliğı olarak doğal kaynaklı tatlı bileşenler içermesinin yanı sıra, ısı ve pH stabilitesinin yüksek olması, ısıı işlem sonucunda yapısının bozulmaması, su ve alkol içerisinde çözünmesi, ağızda metalimsi tat bırakmaması, kalori değeriinin olmaması gibi özellikleri de gıdalarda kullanılmasında büyük avantaj sağlamaktadır (Parakash ve ark. 2008). Reçel, muhallebi, komposto gibi ısıı işlem gerektiren gıdalarda, sıcak, soğuk tüm içeceklerde, kek, kurabiye gibi fırında yüksek ısıya maruz kalan unlu mamullerde (Parakash ve ark. 2008),

deniz ürünlerinde, şekerlemelerde, sofrta şekerini yerine, suşu, yoğurt, soya sosu gibi çok geniş yelpazede gıdalarda kullanıma uygundur (İnanç ve Çınar 2009).

Artan diyabet ve obezite hastalıklarıyla birlikte, insanların kalorisi düşük olan ancak aynı zamanda damak tadına da hitap eden gıdalara eğilimleri artış göstermektedir. Bunun yanında doğal olarak yetişen ham maddelerden hazırlanmış gıdalara olan eğilim de son zamanlarda artış göstermektedir. Yapılan çalışmalar incelediğinde, formülasyonlarında tatlandırıcılar bulunan, aroma ve tat gelişimi incelenen ürün denemeleri göze çarpmaktadır.

Bu çalışmada, dünyada kullanımı yaygınlaşan ve doğal bir tatlandırıcı olan stevia bitkisinden elde edilen steviosidin, düşük kalorili böğürtlen reçeli üretiminde kullanımı amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için, Cevap Yüzeyi Yöntemi kullanılarak, düşük kalorili böğürtlen reçeli formülasyonu oluşturulmaya çalışılmıştır.



2.KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Reçel

Meyvelerin bileşiminde bulunan karbonhidratlar, çeşitli vitaminler, mineral ve fenolik maddeler, lifler gibi bileşenler insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Fakat meyvelerin yüksek orandaki su içeriği mikroorganizmaların gelişimine uygun ortam sağlamakta dolayısıyla taze meyvelerin raf ömrünü kısaltmaktadır. Reçel, temel olarak şekerle dayanıklı hale getirilmiş bir meyve ürünüdür. Dünyada ve ülkemizde tatlı ürünlerin önemli bir parçası olan reçeller, özellikle kahvaltılarda sıklıkla tüketilen yüksek enerjili gıda ürünleridir.

Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliğinde; reçel, ekstra reçel, geleneksel reçel ve ekstra geleneksel reçel olarak farklı tanımlamalar verilerek reçeller bir sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Buna göre;

Reçel: Bir veya birkaç çeşit meyvenin püresinin veya pulpunun veya bunların karışımının, su ve şekerlerle uygun bir jel kıvamına getirilmiş karışımını,

Ekstra reçel: Bir veya birkaç çeşit meyvenin konsantre edilmemiş pulpunun, su ve şekerlerle uygun bir jel kıvamına getirilmiş, reçele oranla daha fazla meyve pulpu içeren karışımı,

Ekstra geleneksel reçel: Su ile bütün veya parçalı meyvelerin veya bitkilerin kök, yaprak, çiçek gibi yenilebilen kısımlarının şeker ilave edilerek veya edilmeden belirli kıvama getirilmiş, geleneksel reçele oranla daha fazla meyve veya bitki parçası içeren karışımı,

Geleneksel reçel: Su ile bütün veya parçalı meyvelerin veya bitkilerin kök, yaprak, çiçek gibi yenilebilen kısımlarının şeker ilave edilerek veya edilmeden belirli kıvama getirilmiş karışımını tanımlamaktadır.

Ayrıca tebliğde geçen meyve, meyve pulpu, meyve püresi ve şeker aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

Meyve: Taze, sağlam, kusurlarından arındırılmış, kullanım için yeterli olgunlukta ve gerekli tüm bileşenleri içeren, sapları ve yaprakları ayrılmış, lekelerinden temizlenmiş, domates, ravent saplarının yenilebilen kısımları, havuç, tatlı patates, salatalık, patlıcan, bal kabağı, kavun, karpuz dahil tüm meyveleri,

Meyve pulpu: Tüm meyvelerin kabuk, zar, tohum, küçük çekirdek ve benzerlerinden mümkün olduğunca uzaklaştırılmış, püre haline getirilmeden dilimlenmiş veya parçalanmış yenilebilen kısımlarını,

Meyve püresi: Tüm meyvenin yenilebilen kısımlarının, gerekli hallerde, meyvenin kabuk, zar, tohum, küçük çekirdek ve benzerlerinin mümkün olduğunca uzaklaştırılmış ve elekten geçirilerek veya benzer işlemlerle püre haline getirilmiş karışımı,

Şeker: "Türk Gıda Kodeksi Şeker Tebliği"ne uygun şekerlerle, fruktoz şurubu, meyvelerden ekstrakte edilen şekerler ve kahverengi şekeri ifade etmektedir.

Ayrıca aynı tebliğde geleneksel reçellerde meyve oranının en az % 35, ekstra geleneksel reçellerde meyve oranının en az % 45 olacağı belirtilmiştir. Geleneksel ve ekstra geleneksel reçellerde refraktometre ile tayin edilen çözünebilir kuru madde miktarının %68'den az olamayacağı, fakat şeker yerine tamamen veya kısmen tatlandırıcı kullanılanların dışında, reçel ve ekstra reçelde, refraktometre ile hesaplanan çözünebilir kuru madde miktarının % 60'dan aşağı olamayacağı belirtilmiştir. Bununla birlikte geleneksel reçel ve ekstra geleneksel reçelde pH değerinin 2,8 – 3,5 arasında olması gerektiği bildirilmiştir. Bu Tebliğ kapsamındaki ürünlerin çözünebilir kuru madde miktarının en az % 25 oranında azaltılması durumunda, ürünün "düşük şekerli" olarak adlandırılacağı bildirilmiştir (Anonim 2006).

Meyve ve şeker, reçel ve benzeri ürünlerin ana maddelerini oluşturur. Yüksek oranda şekerle, meyvelerin ısıtılma tabii tutulmasıyla, ilk üründen farklı, tatlılığı yüksek son ürün oluşturulmaktadır. Reçel üretiminde kullanılan ham maddeler sadece meyve olmayıp, sebze, gül yaprağı, turunç ve portakal kabuklarından da reçel yapılabilir. Zengin ham madde olanakları, farklı gıda işlemleriyle üretilen reçeller geniş bir yelpazede tüketiciye sunulmaktadır.

Reçellerin ana maddesi olan meyve, tercihen taze olarak reçel üretiminde kullanılmaktadır. Fakat meyvelerin sezonu dışında da reçel üretimde kullanılmak üzere meyveler bazı ön işlemlerden geçirilip, dondurarak kurutma, kurutma, ısı uygulaması gibi işlemlerle dayanıklı hale getirilerek sezon dışında da reçel üretimi için kullanılabilir (Kaplan 2006). Meyvelerin taze ya da muhafaza edildikten sonra kullanılacağına bakılmaksızın, meyvelere bazı ön işlemler uygulanır. Başlıca işlemler ayıklama, yıkama, sap ayırma, çekirdek çıkarma, küçük parçalara ayırma ya da pulp oluşturma ön işlemleridir. Fakat bu işlemler meyvenin veya son ürünün çeşidine göre farklılık gösterebilir (Cemeroğlu 2004).

Ülkemizde reçel üretiminde sıklıkla kullanılan meyveler arasında bulunan böğürtlen, sağlık açısından önemli bileşenleri bünyesinde bulunduran, yüksek oranda mineral, vitamin, flavon, flavonoid ve lifler içeren (Pehlivan ve Gülerüz 2004) bir meyvedir. Böğürtlenin bileşimi, tür, iklim ve toprak özellikleri, hasat dönemi, toplama saatine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Böğürtlenin suda çözünür kuru madde miktarı % 4-12 arasında değişmektedir (Pehlivan ve Gülerüz 2004). Böğürtlenlerdeki asit çeşidi ve miktarı tür, varyete ile olgunluk derecesine göre değişmektedir. Schobinger (1988), böğürtlenlerde ortalama sitrik asit miktarının 0,18 g/kg, malik asit miktarının 9,0 g/kg olduğunu bildirmiştir. Rommel ve ark.

(1992) titrasyon asitliğinin sitrik asit cinsinden 1,05 g/100 ml olarak bildirmişlerdir. Böğürtlen içerisindeki şeker miktarı da Schobinger (1988) tarafından incelenmiş, glikozun % 2,46- 4,50, fruktozun % 2,15- 4,54, sakkarozun % 0,0- 0,59, toplam şekerin ise % 5,51- 8,50 arasında değiştiğini bildirmiştir. Tosun ve Artık (1998) böğürtlenlerin pektin içeriğinin Ca-pektat cinsinden % 0,45- 0,54 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Reçel ve marmelatların ısı etkisiyle hızlanan bir renk esmerleşmesine uğradıkları bilinmektedir. Esmerleşme olayı, üretim sırasında uygulanan ısıl işlem sonucu olduğu gibi, depolama sırasında da yavaş bir hızla devam eder. Bu tip renk esmerleşme reaksiyonları sıcaklığın yükselmesi ile artan, fakat düşük sıcaklıklarda zamana bağlı olarak gelişen bir olaydır. Bu tip esmerleşme, indirgen şekerlerle aminler arasında gelişen bir reaksiyonlar zinciridir. Düşük pH'lı ve L-askorbik asitçe zengin ürünlerde L-askorbik asit parçalanma ürünleri ile amino asitler arasında da benzer reaksiyonlar oluşmaktadır. Reaksiyonlar sonucu esmer renkli "Melanoidin" denilen bileşikler oluşmaktadır. "Maillard reaksiyonu" da denilen enzimatik olmayan renk esmerleşmesi olaylarında birçok ara ürün oluşmaktadır. Bunlar içinde en önemlilerinden birisi hidroksimetilfurfural (HMF) dir. (Cemeroğlu, 2004). Isıl işlem sonucu oluşan HMF'nin depolama esnasında artış göstermesi gıdalarda kalite ve besin kayıplarına sebep olmaktadır. Ayrıca HMF'nin insan sağlığı açısından zararlı olduğunu ifade eden çalışmaların varlığı, HMF'nin önemini artırmaktadır (Buera ve ark. 1987; Alais ve Linden 1999).

2.1.1. Pektin

Bitkilerin hücre zarlarında, hücre aralarında ya da orta lamel bölgelerinde kolloidal olarak kompleks yapıda pektin adı verilen asidik heteropolisakkaritler bulunmaktadır. Bitkinin iskelet yapısını oluşturan pektin, selülozla birlikte bulunur ve bitkinin su dengesini ayarlar. Yapısı gereği şişme kabiliyetinde olduğu için hücreler arası difüzyon olayını ayarlar. Gıda sanayinde pektin, kıvam verici, emülgatör, satabilizatör, jelleştirici özelliklerinden dolayı sıklıkla kullanılmaktadır. Limon, portakal gibi turunçgil kabukları, elma posası, ayçiçeği tablası, pancar küspesi gibi tarımsal endüstri atıkları, yüksek orandan pektin içerikleri sebebiyle pektin üretimi için kullanılmaktadır. Pektinin üretildiği bitkisel yapı, üretim şekli ve işlemler, son ürün pektinin bileşimi ve özelliklerini belirler (Demirci 2010). Ayrıca pektin, meyve ve sebzelerin ya da içerisinde bulunduğu ürünlerin tüketilmesiyle vücuda alınıp, insan sağlığı açısından yarar göstermektedir. Sağlık açısından yararlı olmasının içerisinde bulunan diyet lifinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. İnce bağırsakta çok az

sindirilen pektin, kalın bağırsakta bakteriler tarafında fermente edildiği için bu özelliğinden dolayı prebiyotik etki göstermektedir (Yılmaz ve ark. 2016). Pektin ve diğer diyet lifi içeren gıdaların, gastrointestinal sistem açısından yararlı olduğu, bazı kanser risklerini azalttığı, yağ sindirimine yardımcı olup, kilo kontrolü açısından yardımcı olduğu bildirilmektedir (Wicker ve ark. 2014).

Pektin jelinin oluşturulması, kaliteli reçel ve benzeri ürün için çok önemlidir. Çünkü ürünün kıvamı sadece şeker ile oluşturulmak istense bile, ürün arzu edilen kıvama ulaşamaz ve şekerlenme (kristalizasyon) gibi bazı kalite kusurları ortaya çıkar. Bu nedenle, pektinin jel oluşum koşullarının ve pektinin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir (Arslan 1994). Jel yapma gücü pektin kalitesini belirleyen en önemli özelliktir. Yüksek molekül ağırlığı sebebiyle elma pektini, turunçgil pektinine göre daha iyi jel performansı ve yüksek viskozite sağlanmasına yardımcı olur. Pektinin oluşum mekanizmasında sulu fazda ya da alkol fazındayken pektinin esterleşme derecesi ayarlanır. Bu şekilde oluşturulmak istenilen pektin çeşidine göre asit veya alkali deesterifikasyon yöntemi uygulanmaktadır.

Esterleşme derecesi ve ester grubu açısından başlıca 3 türlü pektin vardır;
Yüksek esterli pektin (High Methoxylpectin-HM) : Deesterifikasyon (DE) > % 50
Düşük esterleşmiş pektin (Low Methoxylpectin-LM) : Deesterifikasyon (DE) < % 50
Amide edilmiş pektin (Amidated low Methoxylpectin-LM) : Esterleşme derecesi < % 50,
Amide derecesi (AD) en çok % 25 (Cemeroğlu 2004).

Pektinin metoksil içeriği, reçelerde kullanılan şeker oranıyla doğrudan ilişkilidir. Yüksek metoksilli pektinler (HM) % 50'den fazla şeker kullanılan reçelerde jel oluşumu için kullanılırken, düşük metoksilli pektinler (LM) % 50'nin altında şeker içeriğine sahip reçelerde ve diyabete uygun reçel üretiminde tuzlarla (Ca^{+2} ve Mg^{+2}) birlikte kullanılırlar. Çizelge 2.1'de pektin çeşitlerinin jel oluşturma koşulları görülmektedir (Cemeroğlu 2004).

Çizelge 2.1. Pektin çeşitlerinin jel oluşturma koşulları (Cemeroğlu 2004)

Pektin Tipi	Şeker	pH	Pektin Miktarı	Ca miktarı
Yüksek esterli pektin	En az % 60	2.5-3.5	4 g/kg ürün	-
Düşük esterli pektin	-	2.5-4.0	4 g/kg ürün	60 mg Ca ⁺² /g pektin
Amide pektin	-	3.0- 4.0	6g/kg ürün	15mg Ca ⁺² /g pektin (çoğunlukla meyve veya suyunda bulunabilecek düzeyde)

Yapılan bir çalışmada, düşük kalorili çilek reçeli üretiminde aspartam ve fruktoz şurubu kullanılmıştır. Reçelin yapısını sağlamak için farklı pektin çeşitlerinin jel mekanizması ve fenolik madde içeriğine etkisi incelemiştir. En sert jel ve viskoz yapıda olan çilek reçeli örneklerinin yüksek metoksilli pektinle yapılmış reçeller olduğu, antosiyanin ve toplam fenolik madde içeriğinin en yüksek olduğu reçellerin ise düşük metoksilli pektinle hazırlanmış reçeller olduğu saptanmıştır (Kopjar ve ark. 2009).

Holzwarth ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada farklı türde pektinlerle hazırlanan reçelerde, jel gücü ve sürülebilirlik incelenmiştir. En yüksek jel gücü açık sarı renkli turuncğilden elde edilen DE % 56 olan pektinle hazırlanmış reçel örneğinde bulunmuştur. En iyi sürülebilirlik ise turuncğilerden elde edilen DE % 32 amide derecesi % 17 olan amide pektin türüyle hazırlanmış örnekte bulunmuştur. En düşük jel gücü ise şeker pancarından elde edilen DE derecesi % 55 olan pektinle hazırlanmış örnekte saptanmıştır. Düşük jel gücünün sebebi, şeker pancarından elde edilen pektinlerde asetil grubunun yüksek oranda bulunması sebebiyle zayıf jel özellikleri oluşmaktadır (Endress ve ark. 2005).

Gajar ve Badrie (2001) tarafından yapılan bir çalışmada ise, yerel bir meyve türü olan diken kabağıyla düşük kalorili reçel üretimi denenmiştir. Reçel denemelerinde % 2 HM pektin, % 1, % 2 LM pektin ve % 0,03, % 0,06, % 0,09 karragenan içeren reçeteler hazırlanmıştır. Tatlandırıcı olarak, aspartam, sakarin ve aspartam karışımı ve sukraloz kullanarak reçel denemeleri yapılmıştır. Farklı pektinlerle üretilen reçellerin yapısında duyusal olarak farklılık gözlenmediği, fakat HM pektinle üretilen reçelin jel sertliğinin daha iyi olduğu sonucuna ulaşıldığı bildirilmiştir. En iyi seçilen ürünlerin % 2 HM pektin ve %

0,03 karragenan içeren ve % 1,9 sukraloz ile tatlandırılmış ürünler olduğu saptanmıştır. Tatlandırıcı olarak sukraloz içeren reçellerin en çok tercih edilen reçel örnekleri olduğu rapor edilmiştir.

Levaj ve ark. (2009) tarafından, üç farklı pektin oranıyla hazırlanan, fruktoz ve sükröz ile tatlandırılan bir tür mandalina olan klementin ile reçel denemesi yapılmıştır. Meyveler ilk olarak püre haline getirilmiş ve bir gruba kaynayana kadar ön ısıtma işlemi uygulanmış, diğer gruba ön ısıtma işlemi uygulanmamıştır. Her iki gruba da % 0,5, % 0,7, % 0,9 oranında düşük metoksilli amide pektin eklenmiştir. Her gruptan örneklere ayrı ayrı fruktoz ve glikoz eklenerek 12 farklı örnek hazırlanmıştır. Ön ısıtma işlemi uygulanmış ya da uygulanmamış, fruktoz ya da sükrözla tatlandırılmış tüm örneklerde eklenen pektin miktarı arttıkça jel gücünün artmış olduğu görülmüştür. Eşit miktarda pektin eklenen, ön ısıtma uygulanmış grubun jel gücü, ön ısıtma yapılmamış örneklerden daha düşük çıkmıştır. Meyvenin içerisinde bulunan pektik bileşenlerin, reçelin yapısı oluşurken jel gücüne dikkate değer bir katkı sağladığı rapor edilmiştir. Tüm reçel örnekleri içerisinde % 7 pektin içeren, fruktoz ile tatlandırılmış ve ön ısıtma işlemi uygulanmamış reçel örneğinin duyu analizi sonuçlarında en çok tercih edilen reçel olduğu bildirilmiştir.

Jel oluşumu için pektinin kullanım yöntemlerine dikkat edilmesi gerekir. Reçel üretiminde kullanılacak pektinin sıvı preparat halinde olması, ürüne eklenirken hiçbir ön işlem uygulanmaksızın direkt olarak kullanılabilme kolaylığı sağlar. Buradaki önemli nokta sıvı pektinin ne kadar kullanılacağına hesaplanmasıdır. Fakat toz haldeki pektin, bir ön işleme tabi tutulmadan direkt toz halde kullanılırsa pektin hemen topaklaşır ve dolayısıyla jel yapma gücünden yararlanılamaz. Toz pektinin çözündürülüp üründe kullanılması için üç farklı yöntemden yararlanılabilir. Bunlar; toz pektin önce şekerle karıştırılması sonra çözülmesi, doğrudan çözme ve dispersiyon metodudur (Cemeroğlu 2004).

Önceden ısıtılmış suya, şeker ve pektin karışımı azar azar ilave edilir ve ilave edilirken karıştırılır. Pektin ve şeker karışımının tamamı çözündürüldükten sonra, çözelti ısıtılarak 1 dakika boyunca kaynatılır ve ürüne eklenir. Eğer çözelti hemen kullanılmayacaksa pektinin degradasyonunu engellemek için 50-60°C'ye kadar soğutulması gerekmektedir.

Doğrudan çözme yönteminde ise, 60-100°C'deki suya doğrudan toz pektin eklenerek karıştırıcı çalıştırılır. En az 4000 devir/dakika düzeyinde hızlı mikserler kullanılır. Bu şekilde pektin çözeltisi kısa bir sürede elde edilir.

En kolay sayılabilecek metod dispersiyon metodudur. Toz pektin oda sıcaklığında % 65 oranında şeker içeren bir şeker çözeltisine doğrudan eklenir. Şurubun içerisinde pektin çözünmeden, fakat topaklaşma olmadan dispersiyon halinde çözelti içine dağılır. Birkaç

dakika karıştırıldıktan sonra çözeltiye 85-100° C'de sıcak su eklenerek karıştırmaya devam edilir ve pektin oranı % 4'e düşürülünce pektinin tamamı çözülmüş olur (Cemeroğlu 2004).

Pektin, asit ve şekerin suda belli oranlarda oluşturduğu çözeltinin ısıtılıp soğutulmasıyla çözelti kıvamlı viskoz bir yapıya dönüşür. Bu jel oluşumun mekanizmasında en önemli bileşen pektindir.

Yüksek esterleşme dereceli pektinlerin çalışması ve jel oluşturabilmesi için ortamda en az % 60 oranında şeker bulunması ve ortam pH 'sının 3.0 civarında olması gerekmektedir. Bu tip jel oluşturmada pektin moleküllerinin esterleşmiş homogalaktronik asitten oluşan düz zonları yan yana gelerek aralarında hidrojen köprüsü oluşturup, birbirlerine bağlanarak yığılma sağlanır. Bu yapının sağlanması için zincirdeki galaktronik asit birimlerinin karboksil gruplarının ayrışmasına engel olabilecek ortam pH sınırının içinde olması gerekir. Bu şekilde zincirlerin düz kısımlarının elektostatik itme kuvvetiyle birbirlerini itmesi engellenip hidrojen bağlarıyla birleşmesi sağlanır (Arslan 1994). Bu yapının oluşmasına şeker konsantrasyonunun yükselip, su aktivitesinin de yükselmesi yardımcı olur. Fakat bu oluşumda pektin moleküllerinin birleştiği zonlar sınırlı olup, kalan tüylü bölgeler ve diğer engellerle, pektin zincirleri tam olarak örtüşemez. Bu zincirde birleşmeyen bölgelerle, diğer pektin moleküllerinin birleşmeyen bölgeleri aynı şekilde birleşme yapar ve üç boyutlu yapı oluşur. Bu şekilde şeker şurubunun tutulduğu boşluklar meydana gelir ve gerçek pektin, şeker ve asit jeli oluşur (Cemeroğlu 2004).

Düşük esterleşme derecesindeki pektinlerde mekanizma farklı şekilde işler. Burada Ca^{+2} veya Mg^{+2} gibi divalent iyonlara ihtiyaç vardır. Yüksek esterleşme derecesine sahip pektinlerde olduğu gibi jel oluşumu için yine molekülün düz bölgeleri fakat esterleşmemiş homogalaktronik asit birimleri yan yana gelir. Fakat burada esterleşme derecesi düşük olduğu için hidrojen köprüsü kurulamaz ve divalent iyonlarla güçlü bir şekilde bağ oluştururlar. Bu sebeple mutlaka ortamda Ca^{+2} veya Mg^{+2} gibi divalent iyon bulunması gerekir. Bu şekilde yine üç boyutlu yapı oluşturabilir. Burada ortamın su aktivitesinin düşük olması yani şeker konsantrasyonunun düşüklüğü jel oluşumunu etkilemez. Bu sebeple düşük şeker içerikli ürünlerde (%15'e kadar düşük kuru madde içeren), diyabetik ürünlerde düşük metoksilli pektin ve kalsiyum tuzları kullanılmalıdır. Pektinin metoksil oranı ne kadar düşükse ve ortamda yeterince kalsiyum tuzları varsa pektin jeli o kadar sert bir yapı oluşturur. Ayrıca amide pektinde düşük metoksilli bir pektin olup, diğer düşük metoksilli pektinlere oranla çok daha az kalsiyum varlığında jel oluşumunu sağlamaktadır (Cemeroğlu 2004).

2.1.2. Asit

Reçel üretiminde belli bir pH aralığını sağlamak için asit kullanılmaktadır. Ülkemizde genel olarak meyvelerin asit içeriğinin düşük olması nedeniyle, pH aralığını sağlamak için asit eklemesi yapılmaktadır. Çok nadir durumda meyvenin aşırı asit içeriğinden dolayı pH çok düşük olmakta bu tip meyveler içinse sodyum sitrat gibi bazı tampon tuzları ilave edilerek pH ayarlaması yapılmaktadır. Çizelge 2.2’de asit türlerine göre pH düşürme ve ekşiliklerine ait değerler verilmiştir (Cemeroğlu 2004).

Çizelge 2.2. Asit türlerine göre pH düşürme ve ekşiliklerine ait değerler (Cemeroğlu 2004)

Asit çeşidi	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	0.8
Laktik asit	1.00	1.25
Tartarik asit	0.56	1.00
Fosforik asit	0.53	0.90

İyi bir jel oluşumu için pH derecesi 2.8-3.2 aralığında olmalıdır. Reçel marmelat ve jöle gibi ürünlerde olması gereken bu oran pH-metre ile kontrollü bir şekilde ölçülerek asit eklenmesiyle sağlanabilir. Birkaç ön denemeye bu miktar saptanabilir fakat asit miktarının aynı düzeyde tutulması çok zordur. Bu değerler ayrıca ürünün kuru madde içeriğine bağlıdır. Genellikle kuru madde oranı yükseldikçe istenen pH derecesi de yükselmektedir. Çizelge 2.3’te kuru madde pH arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Kuru madde pH arasındaki ilişki (Cemeroğlu 2004)

Kuru madde oranı	pH değeri
75 – 85	3,1 – 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. Tatlandırıcılar

Reçel, şeker içeriği yüksek olan bir gıda olduğu için fazla tüketiminin yüksek kalori sağlaması dolayısıyla, bazı diyetlerde tüketilmesi kısıtlanabilir. Artan obezite ve diyabet hastalıkları da düşünülerek düşük şeker içerikli enerjisi azaltılmış ürünler üretilmekte ve market raflarında yerini almaktadır.

Reçel gibi şekerli ürünlerde enerji değerini azaltmak için, kullanılan şeker içeriğinin azaltılması gerekir. Şeker içeriği azaltılırken de genellikle tatlandırıcılar kullanılarak reçeteler oluşturulur. Şeker yerine kullanılan birçok tatlandırıcı bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarla farklı ürün gruplarına, tek ya da karışım halde bulunan tatlandırıcılarla değişik formülasyonlarda oluşturularak orijinal ürüne en yakın duyuşsal ve kalite özelliklerine sahip düşük enerjili ürünlerin üretimi sağlanmaktadır. Tatlandırıcıların birlikte kullanılmasıyla da sinerjik etki oluşmaktadır. Karışım halinde kullanılan tatlandırıcıların tatlılık düzeyleri, tatlandırıcıların tek tek tatlılık düzeylerinin toplamından daha yüksek olabilmektedir (Nabors 2001).

Tatlandırıcılara artan ilginin ve kullanımının başlıca nedenleri düşünülüğünde kilo kontrolünün sağlanması ve kalori azaltılmasıyla kilo vermeye yardımcı olmasıdır. Gıda ürünlerinin kalori değerleri düşürülerek, tüketiciye farklı ürünlerin tüketiminde seçim şansı tanınması, şeker hastaları için tüketilmesi tehlikeli olan yüksek şeker içerikli ürünlerde tüketimine olanak sağlanması, diş çürümelerine engel olması, gibi sebepler sayılabilir. İyi bir tatlandırıcı en az şekerin sağladığı tatlılık kadar tatlılık sağlamalı, renksiz ve kokusuz olmalıdır. Suda çözünebilmeli, ürünün asidik, bazik koşullarına ve ısı işleme karşı dayanıklı olmalı, raf ömrü boyunca stabilitesini koruması gereklidir. Bunun yanında tatlandırıcılar toksik olmamalı ürün içerisindeki bileşenlerle reaksiyona girmemeli ve vücutta birikime uğramadan metabolize olmalı ve atılmalıdır. Gıda ürünlerinde kullanılabilmesi için insan sağlığı açısından tehlikeli olmadığı bilimsel olarak kanıtlanmış olması gereklidir. Ayrıca maliyetinin düşük olması ve ürüne ekstra maliyet oluşturmaması, depolama ve nakliyede sorunlar oluşturmaması gerekir (Nabors 2001). Sakkaroz, tatlandırıcılar için standart olarak düşünölmekte ve Çizelge 2.4'te tatlandırıcıların şekerle oranla tatlılık dereceleri görölmektedir.

Çizelge 2.4. Doğal ve yapay tatlandırıcılar ve tatlılık düzeyleri (Demirci 2011)

Kalori Verenler			Kalori Vermeyenler		
Şekerler	Nisbi tatlılık derecesi	Şeker ikame maddeleri, şeker alkolleri	Nisbi tatlılık derecesi	Şeker yerine kullanılan suni tatlandırıcılar	Nisbi tatlılık derecesi
Sakkaroz	1	Sorbitol	0,5	Sakkarin	320
Glukoz	0,7	Mannit	0,7	Siklamat	35
Fruktoz	1,2	Xylit	1,0	Aspartam	200
Maltoz	0,4	İzomalt	0,5	Acesulfam-K	200
Laktoz	0,3	Hid. Glukoz Şurubu	0,7	Neohesperidin-dihidrochalcon	1100-667
Glukoz Şurubu	0,7	Maltit	0,7	Dulcin	70-350
		Laktit	0,4	Naringin-dehidrochalcon	300

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde enerjisi azaltılmış gıda orijinal gıdaya ve benzeri ürüne göre enerji değeri en az %30 azaltılmış gıda olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2013). Kalori değeri azaltılmış reçel üretilirken reçete de bulunan sakkaroz miktarı düşürülüp yerine bazı tatlandırıcılar veya tatlandırıcı kombinasyonları eklenerek ya da sakkaroz yerine sadece tatlandırıcılar eklenerek yeni reçeteler hazırlanmaktadır. Bu tip üretimlerde sakkarozun sağladığı reçelin yapısını ve kıvamını oluşturmak için düşük metoksilli pektinler ve polioller eklenerek reçeteler oluşturulmaktadır. Yine şekerin verdiği tatlılık da tatlandırıcılar ile sağlanmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde sadece enerjisi azaltılmış veya şeker ilavesiz reçel, jöle ve marmelatlarında kullanılması izin verilen tatlandırıcılar ve miktarları belirtilmiştir. Polioller, asesülfam K, aspartam, sükraloz, Neohesperidin DC, steviol glikozitler, neotam, Aspartam-Asesülfam tuzu, Poliglisitol şurup ve advantam gibi tatlandırıcıların kullanımına izin verilmiştir (Anonim 2013).

Tüketicinin son yıllarda düşük kalorili ürünlere artan ilgisi ve fazla kilo problemiyle ortaya çıkan hastalıklardan kaçınmak için enerjisi azaltılmış gıdalar ön plana çıkmaktadır. Bu artan ilgiyle şeker ihtiva eden ürünlerde şeker yerine tatlandırıcıların kullanılmasında da artış olmuştur. Fakat düşük kalorili ve diyetetik ürünlerin tercihi orijinal ürüne en yakın tat ve kalite özelliklerine sahip ürünlerden yana olmaktadır. Bu sebeple yeni ürün reçeteleri hazırlanırken kalori değerinin yanı sıra tüketicinin beklentisi olan orijinal ürüne en yakın özellikleri taşıyacak şekilde olması tüketici tercihlerini etkilemektedir (Shankar ve ark. 2013).

2.3. Stevia

Dünyada doğal beslenmeye olan ilgi gün geçtikçe artış göstermektedir. Tüketicilerin seçimleri doğal bileşen içeren ürünler yönünde artmaktadır. Doğada birçok tatlı ve düşük kalorili bileşikler bulunmaktadır. Stevia bitkisini yaprakları da doğal olarak tatlı bileşenler içermektedir. Japonya ve Paraguay gibi ülkelerde senelerdir ilaç ve gıda olarak kullanılmakta son yıllarda da tüm dünyada ticari olarak ilgi çekmektedir (İnanç ve Çınar 2009).

Stevia rebaudiana, *Chrysanthemum* ailesine ait küçük, yabani bir çalı türü olup, ortalama 25° C sıcaklıklarda yetişebilen, nemli ortamları seven, 60-90 cm boyunda, bazı türleri 2300-2900 m yüksekliklerde yetişebilen bir bitkidir (İnanç ve Çınar 2009). Şekil 2.1’de stevia bitkisi görülmektedir. *Stevia rebaudiana*’nın anavatanı Güney Amerika olup, Paraguay, Brezilya, Kolombiya, Meksika, Uruguay, Guatemala, Peru, Japonya, Kaliforniya, İngiltere ve Güney Kore’de yetiştirilmektedir. Güney Amerika’da 200’den fazla yerli türü, Kuzey Amerika’da 80’den fazla çeşidi, türü olduğu tahmin edilmektedir (Nunes ve ark. 2007).



Şekil 2.1. *Stevia rebaudiana* bitkisi

Mondaca ve ark. (2012)’nin bildirdiğine göre stevia ekilmiş bir hektar alandan 1000 ila 1200 kg kurutulmuş stevia yaprağı elde edilebilir. Bu kuru yapraklar ise ortalama 60-70 kg stevioside içermektedir. Şeker kamışı veya şeker pancarına göre verim düşük görünse de steviosidin sakkarozaya göre 300 kat tatlı olduğu düşünüldüğünde 21.000 kg şeker elde edilebileceği düşünülebilir. Stevianın içerisinde bulunan tatlı bileşenlerin satış fiyatları incelendiğinde, % 98 saflıkta stevioside 50,50 dolar/kg iken % 98 saflıktaki rebaudioside A ise 135-225 dolar/kg arasında değişmektedir (Kola 2013).

Stevia yaprağının besin içeriği incelendiğinde stevia, iyi bir protein, mineral ve lif kaynağı kaynağıdır. Çizelge 2.5'te besin içeriği görülmektedir. Steviada bulunan minerallere bakıldığında kalsiyum 464,4 mg/100g, fosfor 11,4 mg/100g, demir 55,3mg/100g, sodyum 190 mg/100g ve potasyum 1800 mg/100g'dır. Besin değerleri incelendiğinde stevianın sağlık açısından yararlı olduğu ve metabolik faaliyetler için gerekli olan birçok minerali önemli miktarda içerdiği görülmektedir (Nunes ve ark. 2007). Sakkaroz gıda ürünlerine eklenmesiyle, ürünün enerji değerini yükseltir ve vücutta fazla kalori alımına sebep olur. Ürünlerde stevianın kullanılmasıyla alınan enerji miktarının azaltılmasına yardımcı olur.

Çizelge 2.5. Stevia bitkisinin besin içeriği (kuru madde esasına göre; 100 g'da) (Nunes ve ark. 2007)

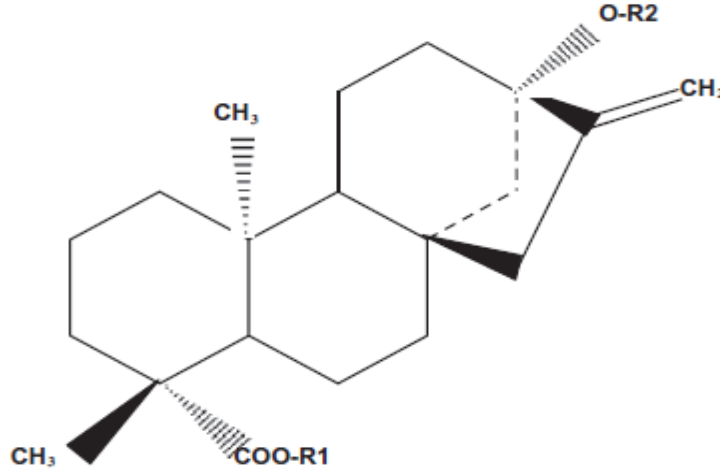
Bileşen Adı	Miktarı
Nem (g)	7
Enerji (kcal)	270
Protein (g)	9,8
Yağ (g)	2,5
Karbonhidrat (g)	52,0
Kül (g)	10,5
Ham lif	18,5
Mineraller	
- Kalsiyum (mg)	464,4
- Fosfor (mg)	11,4
- Demir (mg)	55,3
- Sodyum (mg)	190
- Potasyum (mg)	1.800
Anti Besinsel Faktörler	
- Okzalik Asit (mg)	2.295
- Taminler (mg)	0,01

Stevia yapraklarından kurutularak elde edilen ekstraktlar flavonoid, alkaloid, suda çözünen klorofil ve ksantofil, hidroksisinnamik asit (kafeik, klorojenik, vs), nötral suda çözünen oligosakkarit, serbest şeker, aminoasit, lipid, esansiyel yağlar ve iz elementleri (alüminyum, demir, çinko vs.) içermektedir (İnanç ve Çınar 2009).

Steviaya tatlılığını veren içerisinde bulunan diterpen glikozitler yani steviol glikozitlerdir. Steviol glikozitler, bitki hormonu olan gibberelik asidin oluşum mekanizmasıyla benzerlik gösterir. Gibberelik asit ve steviol glikozitler ara bileşik olan lauren

sentezinden sonra ayrılarak steviadaki lauren steviole dönüştürülür ve ana tatlandırıcıları oluşturulmak için glikoliz veya rheminoz edilirler (İnanç ve Çınar 2009).

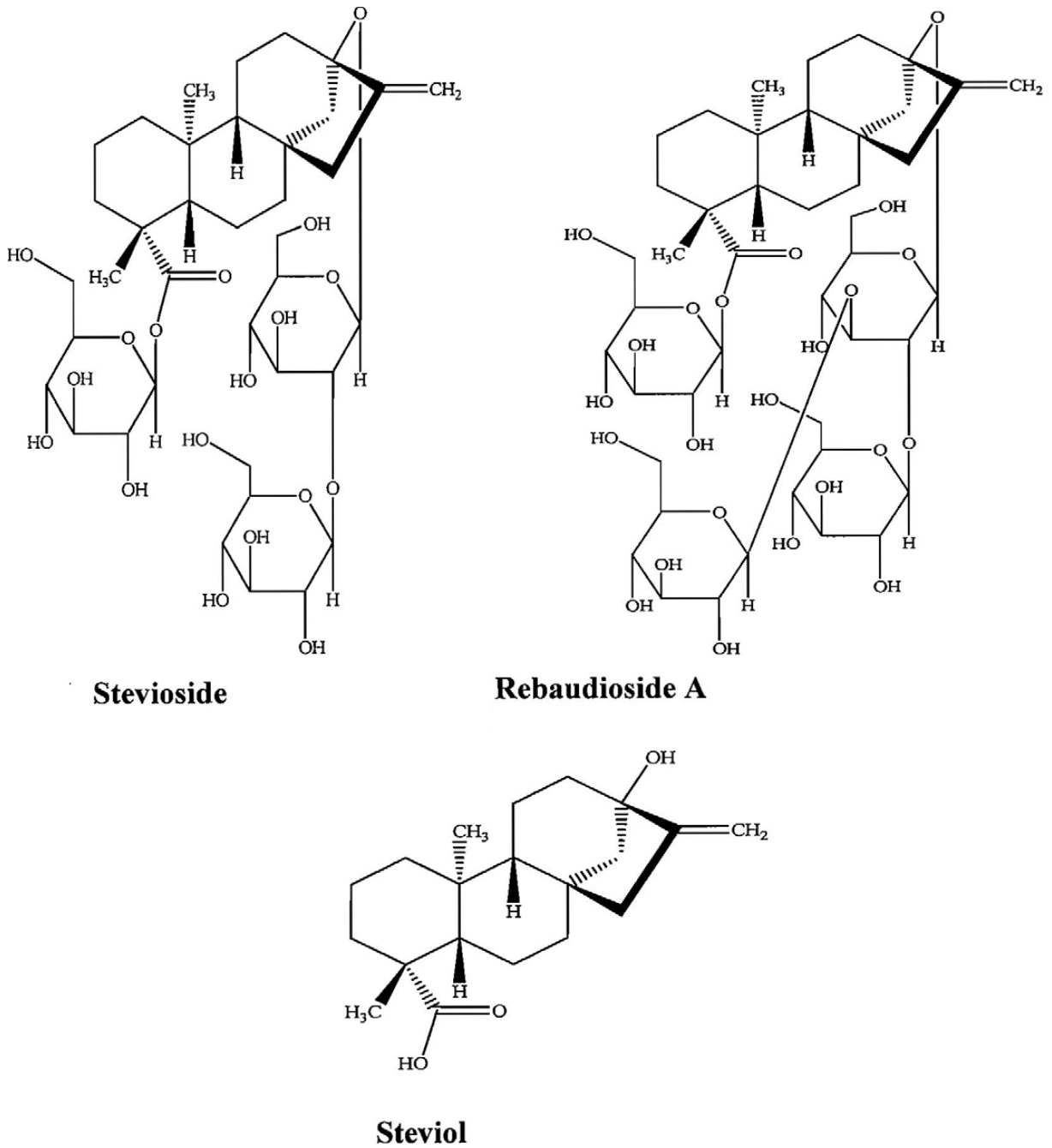
Diterpen steviol glikozit bileşenleri; Steviol, Steviolbioside, Stevioside, Rebaudioside A, B, C, D, E, F, Dulcoside A olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.2).



Compound	R1	R2
Steviol	H	H
Steviolbioside	H	β -Glc- β -Glc(2→1)
Stevioside	β -Glc	β -Glc- β -Glc(2→1)
Rebaudioside A	β -Glc	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
Rebaudioside B	H	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
Rebaudioside C (Dulcoside B)	β -Glc	β -Glc- α -Rha(2→1) β -Glc(3→1)
Rebaudioside D	β -Glc- β -Glc(2→1)	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
Rebaudioside E	β -Glc- β -Glc(2→1)	β -Glc- β -Glc(2→1)
Rebaudioside F	β -Glc	β -Glc- β -Xyl(2→1) β -Glc(3→1)
Dulcoside A	β -Glc	β -Glc- α -Rha(2→1)

Şekil 2.2. Stevia içerisindeki tatlı bileşenler (Mondaca ve ark. 2012)

Yüksek oranda buldukları ve tatlılık oranları yüksek olduğu için başlıca tatlılık özelliğine sahip bileşenler Stevioside ve Rebaudioside A'dır. Stevioside'in tatlılık oranı, sakarozdan 110–270 kez, Rebaudioside A'nın ise, 150–320 kez daha fazladır (Abelyan ve ark. 2006). Şekil 2.3'te stevioside, rebaudioside A ve steviolün yapısı görülmektedir. Bitkinin yetiştirme koşulları ve cinsine göre tatlı bileşiklerin oranı % 4 ila % 20 arasında değişmekte enerjisi ise kuru madde bazında 2,7 kcal/g olarak bilinmektedir (Geuns 2003).



Şekil 2.3. Stevioside, rebaudioside A ve steviolün yapısı (Carakostas ve ark. 2008)

Bunun yanında Rebaudioside C, sakarozdan 40–60 kez, Dulcoside A ise 30 kez daha tatlıdır. Diğer steviol glikozitler de düşük oranda tatlılık özelliğine sahiptir. Stevia yapraklarında bulunan (kuru madde esasına göre) Stevioside, Rebaudioside A, Rebaudioside C ve Dulcoside A miktarları sırasıyla % 9,1, % 3,8, % 0,6 ve % 0,3'tür. Ekstraktlar toz yapıda beyaz veya açık sarı renkte, çözünebilir özelliktedir. Kokusuzdur veya kendine has kokusu olabilir (Abelyan ve ark. 2006).

Stevianın işlenmesi üç farklı şekilde gerçekleşmektedir. İlk metot stevia yapraklarının kurutulması ve öğütülmesiyle elde edilen kurutulmuş stevia yaprakları, diğer ikisi ise stevia yapraklarının ekstraksiyonu sonucu elde edilen konsantre stevia ve toz stevia ekstraktıdır. Stevianın ekstraksiyonu için birçok yöntem bulunmakla beraber genel olarak birbiriyle benzerlik göstermektedir. Farklılıklar filtrasyon ve saflaştırma işlemlerinde görülmektedir. Stevianın işlenmesi sırasında ilk olarak yapraklara 50°-80°C arasında ön kurutma işlemi uygulanır. Sonrasında 2 mm çapına getirmek için öğütme işlemi yapılır. Ekstraksiyon işlemi için kolon veya kazan tipi aletler ve çözücü olarak da alkol veya su kullanılabilir. . Kolon ekstraksiyonunda ortam sıcaklığı 0-25 °C arasında, yaprak/çözgen madde oranı 0,02-0,1 (g/g) olmalı, sistemin akış hızı 20-35 mL/min aralığında olmalı ve eğer su çözgen madde olarak kullanılıyorsa pH'sının fosforik asit ile 2-4 arasına ayarlanması gerekmektedir. Kazanda yapılan ekstraksiyon işleminde ise stevia ile çözgen sürekli karıştırılarak 24 saat boyunca bekletilmelidir. Ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon yöntemleri filtrasyon işlemi için kullanılabilir. Filtrasyon sıcaklığı 30-85 °C'de uygulanan basınç değerleri 200-1300 kpa olmalıdır (İnanç ve Çınar 2009). Bu şekilde protein gibi yüksek moleküllü bileşikler ekstraktan uzaklaştırılır. Saflaştırma işlemi ise elektrolitik teknikler ya da iyon değiştirme reçineleriyle yapılabilmektedir. Filtrasyon ve saflaştırma işleminde renk maddeleri büyük oranda uzaklaştırılır. Ağartma işlemine gerek kalmayabilir. En son olarak da arzu edilen son ürüne göre stevia konsantresi elde etmek için konsantrasyon işlemi toz ekstrakt elde etmek için ise püskürtmeli kurutuculardan yararlanılarak son ürünler elde edilir (İnanç ve Çınar 2009).

Stevia tatlandırıcısı; sakarozla göre 250-300 kat daha fazla tatlı olması, ısı ve pH stabilitesinin yüksek olması, pişirme ve fırın stabilitesinin olması, alkol içerisinde çözünmesi, ağızda metalimsi tadın olmaması gibi özelliklerinin yanında en büyük özelliği doğal elde edilmiştir (Parakash ve ark. 2008). Bugün tüm sıcak soğuk içeceklerde, reçel, komposto, muhallebi ve benzeri kaynatılarak pişirilen yiyeceklerde, pasta, kek, kurabiye gibi fırında yüksek ısıda pişirilen tüm unlu gıdaların içerisinde (Parakash ve ark. 2008), deniz ürünlerinde,

şekerleme sanayinde, bazı sebzelerde, çay şekeri yerine ve suşi, soya sosu, yoğurt gibi birçok gıda üretiminde kullanılmaktadır (İnanç ve Çınar 2009).

Stevianın bütün yaprağı veya kurutulmuş ham ekstraktının gıda katkı maddesi olarak kullanımına Gıda ve İlaç Organizasyonu (FDA) tarafından izin verilmemiştir. Üzerinde çok fazla literatür çalışması yapılan stevia için, henüz kardiyovasküler sistem, kan şekeri, üreme sistemi ve böbrek fonksiyonları üzerine etkileri tam ve yeterli olarak bilinmediği ve bu sebeple 'GRAS' (güvenli) statüsünde bir gıda katkı maddesi olarak görülmediği bildirilmiştir. Fakat bir gıda maddesinin bileşenlerinden biri olmasının herhangi bir sakınca yaratmayacağı da bildirilmiştir (Anonim 2008).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA)'nın tatlandırıcılar konusunda çalışan bilimsel paneli, Nisan 2010'da steviol glikozitlerin güvenilirliğini değerlendirmiş ve kabul edilebilir günlük alım değerini hem yetişkinler hem çocuklar için 4 mg/kg olarak belirlemiştir. Avrupa Birliği, 11 Kasım 2011'de şeker otunun gıdalarda ve içeceklerde kullanımına izin veren yönetmeliği onaylamıştır. Avrupa Birliği, konserveler, şekerlemeler, alkolsüz içecekler, ev tipi kullanım gibi toplamda 31 kategoride steviol glikozitlerin kullanımını onaylamıştır. Tahıl ve fırın ürünleri buna dahil değildir. Tüm ürün gruplarının maksimum kullanım miktarı steviol eşdeğeri olarak ifade edilmiştir (Anonim 2011).

Ülkemizde 30/06/2013 tarihinde resmi gazetede yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde E 960 koduyla steviol glikozitler (steviol eşdeğerleri) olarak gıdalarda kullanımına izin verilmiştir. Enerjisi azaltılmış reçeli jöle ve marmelat için steviol glikozitlerin maksimum kullanım oranı 200 mg/l veya 200mg/kg steviol eşdeğerleri olarak belirlenmiştir (Anonim 2013). Steviol eşdeğerlikleri stevianın içerisindeki tatlandırıcı kısımlara göre farklılık göstermektedir. Steviol eşdeğerliklerinin 1 mg'ı, stevianın en yoğun tatlandırıcı kısımlarından stevioside ve rebaudioside A için sırasıyla 2,53 mg ve 3,04 mg'a eşittir (Kola 2013).

Stevia ekstraktlarının insan sağlığı üzerine olumlu etki yaptığı tahmin edilmektedir. Bazı araştırmacılara göre rotavirus'ün sebep olduğu hastalıkları iyileştirici özelliği bulunduğu bildirilmiştir (Takahashi ve ark. 2001). Stevia yapraklarının ve steviadan elde edilen bir ürünün kuvvetli bir antioksidan özelliği olduğu belirlenmiştir (Shivanna ve ark. 2013). Steviosidin toksikolojisi üzerine yapılan önceki çalışmalarda steviosidin mutajenik olmadığı bildirilmiş ve kanserojenik olabileceği ile ilgili bir bulguya rastlanmamıştır (Brusick 2008). Geuns'un (2003) bildirdiğine göre günde 250 mg/kg vücut ağırlığı kadarki dozlarda steviol ile beslenen hamsterlarda kandaki maksimum steviol konsantrasyonunun toksik olma ihtimalinin olmadığı belirtilmiştir. Stevia bitkisinde bulunan stevioside glikozitleri invitro olarak insülinotropik

yapıya sahiptir. Ayrıca antihiperglisemik ve kan basıncı düşürücü etkisi, tip2 diyabete sahip sıçanlardaki uzun dönem çalışmalarda test edilmiştir. Steviosidler insülin salınımını artırmıştır (Shivanna ve ark. 2013). Stabil ve kalorisiz olması sebebiyle fenilketanüri hastaları ve obez insanların kullanımına uygun olacağı da belirtilmiştir. Şeker alımının azaltılması ile birlikte kullanılırsa, diş sağlığı için de yararlıdır (Geuns 2003).

Yapılan başka bir çalışmada ise farklı dozlarda rebaudioside A verilen dişi ve erkek farelerde, belirli süre sonunda vücut ağırlığında azalma, serum safra asitlerinin ve kolesterolün tutarsız azalması sebebiyle, karaciğer yoluyla rebaudioside A atılımı ve safra asidi metabolizmasında değişimler gözlenmiştir. Diğer tüm incelemelerde karaciğerin, testislerin ve böbreklerin değerlerinde değişim gözlenmemiştir (Curry ve Robert 2008). Mondaca ve ark. 2012' in bildirdiğine göre stevioside üzerine yapılan geniş çaplı toksikolojik çalışmalarda çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde toksik, mutajenik ya da karsinojenik olmadığı bulunmuştur. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda rebaudioside A 90 gün boyunca sıçanların diyetine eklenmiş, hiçbir toksik etki ya da alerjik reaksiyon gözlenmemiştir. Ayrıca doğurganlık üzerine hiçbir etkisi olmadığı bulunmuştur (Akashi ve Yokohama, 1975)

Rebaudioside A'nın gıdalarda kullanılabilirliği ve stabilitesinin incelendiği Prakash ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, üç önemli faktör belirlenerek besin matriks modeli oluşturulmuştur. Bu model için ürünün nem içeriği, ürün pH'sı ve proses sıcaklığı faktörleri belirlenmiştir. Paketlenen ürünler, % 60 bağıl nem ve 25°C sıcaklıktaki depolarda bekletilmiş, belli periyodlarla duyuşal ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Denemeleri gerçekleştirilen ürünler için genel sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Gıdalar için kullanılan tatlandırıcılar: Değişik tatlandırıcı formülasyonlarıyla, rebaudioside A içeren tatlandırıcılar 52 hafta süreyle stabil kalmıştır.

İçecekler: Kola ve limon, yeşil limon ürünlerinde tatlandırıcı olarak kullanılan rebaudioside A'nın tatlılık düzeyinin 26 hafta boyunca kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çoğu gazlı içeceğin 16 hafta içerisinde tüketildiği belirtilmiştir.

Beyaz Kek: Uygulanan ısıl işlem (176.7 °C'de 20-25 min) ve 25°C'de % 60 bağıl nem içeren ortamda 5 gün depolama sonunda üründe herhangi bir kayıp oluşmadığı belirtilmiştir.

Sakız: Tatlandırıcı etkisinin 26 hafta boyunca sakızlarda stabilitesini koruduğu belirtilmiştir.

Sade Yoğurt: Uygulanan pastörizasyon (87.8°C'de 5min) ve fermantasyon işlemleri sonunda herhangi bir kaybın oluşmadığı belirlenmiş, 6 haftalık depolama sonunda (4°C'de) rebaudioside A'nın stabilitesini koruduğu belirtilmiştir.

Diğer Ürünler: Rebaudioside A, fonksiyonel gıdalarda, yenilebilir jellerde ve şekerleme formülasyonlarında, ilaç formülasyonlarında, tahıl ve tahıl bazlı ürünlerde, başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

Yapılan bir çalışmada ananas, papaya ve carambola tropik meyvelerinin karışımından oluşan düşük kalorili reçel üretimi denenmiştir. Cevap yüzey metoduyla (RSM) meyvelerinin oranları değiştirilerek 10 farklı formülasyon oluşturulmuş, reçel denemeleri yapılmıştır. Reçelin yapısının sağlanması için düşük metoksilli pektin kullanılmış, tatlandırıcı olarak asesülfam K ve sorbitol kullanılmış, kalsiyum klorür eklenmiş ve koruyucu olarak sodyum benzoat eklenmiştir. Hazırlanan reçel örneklerini renk, aroma, vizkosite, sürülebilirlik, tatlılık, ekşilik ve genel kabul edilebilirlik düzeyleri için 36 panelist tarafından duyu analizi yapılmıştır. Çıkan sonuçlara göre istatistiksel analiz yapılmış ve ticari örnek baz alınarak, bu örneğe en yakın üç reçel seçilmiştir. Bu üç örnek için tekrar formülasyonlar oluşturulup yeni ürünler için tekrar duyu analizi yapılmıştır. Duyusal ve istatistiksel olarak ticari reçele en yakın olan örnek ticari reçele oranla 2/3 oranında daha düşük kalorili olarak bulunmuştur (Abdullah ve Cheng 2001).

Yapılan başka bir çalışmada sorbitol ve şeker oranlarının değişik formülasyonlarıyla hazırlanan mango reçelinin yapısı incelenmiştir. Tat, koku, sürülebilirlik, renk ve genel kabul edilebilirlik düzeyleri için duyu analizi yapılmıştır. Sorbitol eklenerek şeker oranı düşürülen tüm reçel örnekleri sadece şeker içeren mango reçeli örneğine göre genel kabul edilebilirlik açısından hepsi daha yüksek puan almıştır (Basu ve ark. 2011).

Bazı katkı maddeleri eklenerek hazırlanan düşük kalorili greyluft kabuğu reçelinin kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada şeker oranını düşürüp doku ve lezzeti oluşturmak için sorbitol, ksilitol, polidekstroz, izomalt aspartam ve asesülfam K gibi katkı maddeleri değişik oranlarda eklenmiştir. Doku ve lezzet açısından sıralama testine sokulan örneklerden 6 farklı formülasyon seçilmiştir. Bu seçilen örneklere lezzet geliştirmek için aspartam ve asesülfam K tatlandırıcıları eklenerek oluşturulan 12 farklı örnek için tekrar duyu analizi yapılmış ve 12 farklı örneğin içinden 10 örnek için lezzet ve tüm izlenebilirlik açısından bir fark bulunamamıştır. Çalışmada polioller kullanılarak formülasyonları oluşturulmuş örneklerin hemen hepsinde % 25'lik bir kalori düşüşü sağlanmıştır (Şahin 2006).

2.4. Cevap Yüzey Yöntemi

Deneysel verileri yorumlamak, analiz etmek, yapılması hedeflenen ürünler için planlama yapmak ve formülasyon oluşturmak için istatistiksel yöntemler son yıllarda önem

kazanmış ve sıklıkla uygulanır hale gelmiştir. Optimizasyon çalışmaları geleneksel olarak, farklı değişkenlerden bir tanesini değiştirerek diğerlerini sabit tutmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Bu geleneksel yöntem, özellikle çok sayıda değişken olması durumunda zaman alıcı olmaktadır. Ayrıca, klasik yöntem çeşitli parametreler arasındaki etkileşimleri dikkate almamakta, bu nedenle de parametrelerin optimum koşulları gerçekleşeceğini garanti edememektedir (Kalil ve ark. 2000).

Birçok araştırmacı tarafından da ifade edildiğine göre; klasik optimizasyon yöntemlerinin bu dezavantajları, cevap yüzey yöntemi gibi istatistik tabanlı yöntemlerin kullanımı ile aşılabilmektedir. Cevap yüzey yöntemi sayesinde basit empirik modeller kullanarak sistem modellenebilmekte, sistemin cevabını etkileyen çok sayıda değişken bir arada ve eş zamanlı olarak incelenebilmekte ve prosesin işlem parametrelerindeki değişime verdiği cevap en az sayıda deneme yapılarak en iyi şekilde tanımlanabilmektedir (Koç ve Kaymak-Ertekin 2009). Bu yöntem gıda bilimi alanında, verilerin incelenmesi, değerlendirilmesi, planlama yapılabilmesiyle oldukça başarılı sonuçlara ulaşmayı sağlamaktadır. Cevap yüzey yöntemiyle oluşturulan modeller kullanılarak çok sayıda bağımlı veya bağımsız faktörlerin etkisi araştırılabilmektedir (Kalil ve ark. 2000).

Parsayee ve ark. (2013) düşük kalorili vişne reçeli için kullanılan ham maddelerin optimizasyonu için cevap yüzey yöntemini kullanmıştır. Düşük metoksilli pektin, kalsiyum ve aspartamın minimum ve maksimum miktarları belirlenmiş, üç faktörlü merkezi birleşik tasarım modeli oluşturulmuş, 6 tanesi merkez deney noktalarında olmak üzere 20 farklı deneme tamamen rastgele sıralama ile planlanmıştır. Hazırlanan örneklerin genel kabul edilebilirlik açısından duyusal analizi yapılmış, pektin miktarının genel kabul edilebilirlik açısından etkisi önemli bulunurken ($P < 0,05$), kalsiyum ve aspartamın etkisinin önemsiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2.5. Reoloji ve Viskozite

Genel anlamda reoloji ürünün gerilim altındayken akışı ve deformasyonu ile ilgilenen bilim dalıdır. İnşaat, boya, yağ, kimya gibi çok çeşitli alanlarda faydalanılan reolojik çalışmalar gıda teknolojisi açısından değerlendirildiğinde, pompa, ısı değiştiriciler, karıştırıcılar gibi ekipmanların proses tasarımlarında, ürün geliştirmede bileşenlerin fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, ham madde, ara ürün, son ürün kontrollerinde ve raf

ömrünün değerlendirilmesinde, duyuşal açıdan gıdaların değerlendirilmesinde reolojik analizlerin yapılması önem teşkil etmektedir (Yang ve ark. 2004).

Gıdaların reolojisi duyuşal görünüş özellikleri ve gıdanın lezzetiyle ilgilidir. Ayrıca gıdanın dokusuyla ilişkili olup ağız ve elde algılanan deformasyon ve akış özellikleriyle ilgili duyuşal açıdan bilgiler vermektedir. Yani gıdaların temel özelliklerini tanımlamada ve ölçmede kullanılır. Fakat duyuşal ölçümlerdeki sonuçlarla elde edilen veriler, temel reoloji değerlendirmeleriyle genel olarak uyumluluk göstermeyerek tüm değişkenleri açıklamada eksik kalabilir (Bourne 2002).

Bir akışkan farklı tabakalardan oluşmuş madde olarak düşüldüğünde, akışkan üzerine kuvvet etki eder etmez harekete başlar. Bir sıvı tabakasının diğeri üzerindeki hareketi yüzeye paralel uygulanan ve genellikle kayma kuvveti olarak adlandırılan kuvvet nedeniyledir. Newton'un ikinci hareket yasasından, direnç kuvveti akışkan tarafından kayma kuvvetinin zıt yönünde olup, yüzeye paralel yönde hareket etmelidir. Bu direnç kuvveti viskozite olarak adlandırılan akışkanların önemli bir özelliğidir. Yani viskozite maddenin kayma kuvvetinin neden olduğu akışa direncidir. Maddenin fizikokimyasal yapısı ve sıcaklığa bağlıdır. Akışkanların hangi türden bir akışkan olduğunu kayma hızı ve kayma gerilimi belirler. Kayma hızı ile kayma gerilimi arasında doğru orantı gösteren sıvılara Newton tipi sıvılar denir ve su, sıvı bal, zeytinyağı gibi akışkanlar örnek olarak gösterilebilir (Singh ve Heldman 2015).

Akış özellikleri kayma hızından etkilenen sıvılar Newton tipi olmayan sıvılar olarak adlandırılır. Newton tipi akışkanlardan farklı olarak, kayma gerilimi ile kayma hızı arasındaki ilişki doğrusal değildir. Elma sosu, domates püresi, çorba gibi ürünler örnek olarak verilebilir. Newton tipi olmayan sıvılar, zamandan bağımsız ve zamana bağımlı olarak iki gruba ayrılır. Zamandan bağımsız Newton tipi olmayan sıvılar küçük bir kayma gerilimiyle akmaya başlar. Zamandan bağımsız Newton tipi olmayan sıvılarda, kayma ile incelen sıvılar ve kayma ile kalınlaşan sıvılar olarak farklı tipleri vardır. Kayma ile incelen ya da diğeri ismiyle yalancı plastik sıvılarda kayma hızı arttıkça viskozite azalır. Kayma ile kalınlaşan veya dilatant sıvı olarak da bilinen sıvılarda ise, kayma hızındaki artışla viskozite de artar (Singh ve Heldman 2015).

Newton tipi olmayan sıvıların bir diğeri önemli sınıfı herhangi bir tepkiden önce eşik gerilimi uygulaması gerektiren sıvılardır. Bu tip sıvılarda kayma gerilimi-kayma hızı grafiğı orijinden geçmez ve eşik gerilimi uygulamasından sonra Newton tipi sıvılara benzer ise Bingham plastik denir. Eğer ki eşik gerilimi sonrasında sıvının davranışı kayma ile incelen sıvı davranışı gösterirse bu sıvılara Herschel-Bulkley akışkanları denir. Akış için eşik

gerilimine ihtiyaç duyan bu sıvılar, durgun haldeyken düşük seviyede kayma kuvvetine direnen moleküller arası ağa sahip yapı olarak görülebilir ve eşik gerilimi altında katı gibi görünebilir.

Zamana bağımlı Newton tipi olmayan sıvılar kayma gerilimi uygulandıktan belirli bir zaman sonra sabit bir görünür viskoziteye ulaşırlar. Bu tip sıvılara tiksotropik materyal denir ve bazı nişasta macunları örnek olarak verilebilir.

Newton tipi olmayan sıvıları ifade etmek için Herschel-Bulkley olarak adlandırılan bir model kullanılabilir. Bu denklemde τ_0 yıkılma gerilimi, K kıvam indeksi ve n akış davranış indeksidir (Singh ve Heldman 2015).

$$\tau = \tau_0 + K \dot{\gamma}^n$$

(2.1)

3.MATERTAL VE METOD

3.1. Materyal

Araştırmada semt pazarından böğürtlen, tatlandırıcı madde ithalatı yapan bir firmadan stevia özü olan %98 saflıkta rebaudioside A, katkı maddeleri ithalatı yapan başka bir firmadan ise düşük metoksilli amide pektin ve sitrik asit çalışmalarda kullanılmak üzere temin edilmiştir. Ticari tatlandırıcı ile reçel denemesi yapılması için de stevalı ticari tatlandırıcı örneği marketten temin edilmiştir. Hazırlanan reçel örnekleriyle karşılaştırma yapabilmek için ayrıca ticari böğürtlen reçeli örneği marketten temin edilmiştir.

3.2. Reçel Üretimi

Cevap yüzey yöntemiyle belirlenen 20 farklı reçel formülasyonu için, kullanılacak pektin, şeker, stevia miktarı tartılarak reçel denemeleri için hazırlanmıştır. Belirlenen şeker, pektin ve stevia miktarlarının toplamını 100'e tamamlayacak şekilde kullanılacak meyve miktarları belirlenmiş ve tartılarak hazırlanmıştır. Toz halde bulunan amide pektin, direkt reçele eklenemeyeceği için ön işlem uygulanmış, her reçel formülasyonu için, düşük esterli pektinlerde uygulanan metot olan % 7- 8 oranında sulu pektin çözeltisi hazırlanmıştır. Çözeltiyi hazırlamak için su öncelikle 70-75°C'ye kadar ısıtılıp, pektin ısıtılmış suya azar azar ilave edilirken hızlı bir şekilde karıştırılmıştır. Pektinin tamamı çözündükten sonra, çözelti ısıtılıp yaklaşık 1 dakika süreyle kaynatılmıştır. Sitrik asit de kristal halde temin edildiği için ön işlem uygulanıp, suyla çözündürülerek % 50 sitrik asit çözeltisi haline getirilmifitir. Her formülasyonda belirlenen miktarda şeker ve meyve bir kaba alınarak 3 saat bekletilip, daha sonra şeker ve meyve ısıya dayanıklı bir kaba alınıp pişirilmeye başlanmıştır. Açık kazanda pişirme tekniğiyle pişirme işlemi gerekleştirilmifitir. Kaynama başlayıp şekerin tamamı eridikten sonra stevia eklenmiş, kısa bir süre sonra pektin çözeltisi eklenip 5 dakika daha kaynatılmıştır. Toplam kaynatma süresi yaklaşık 20 dakika olup, işlemi bittikten sonra pH- metre ile ölçüm yapılarak sitrik asit çözeltisi eklenmiş, fakat her formülasyonun pH'sı farklı olduğu için sitrik asit çözeltisi farklı oranlarda eklenmiştir. Çizelge 3.1'de örneklere eklenen asit miktarı gösterilmifitir.

Çizelge 3.1. Örneklere eklenen asit miktarı

Örnek no:	%50 sitrik asit çözeltisi (ml)
1	2,00
2	2,00
3	2,00
4	2,00
5	1,40
6	1,40
7	1,40
8	2,00
9	1,40
10	2,00
11	1,40
12	1,40
13	1,40
14	1,40
15	1,40
16	0,70
17	0,70
18	0,70
19	0,35
20	0,35

Ayrıca marketten temin edilen ticari tatlandırıcı örneğiyle reçel denemesi yapılmıştır. Toz halde bulunan tatlandırıcının içeriğinde maltodekstrin ve steviol glikozitler bulunmaktadır. Ticari tatlandırıcı ile hazırlanan örnek içeriğinde 30 g ticari tatlandırıcı, 1,5 g pektin 219,5 g meyve ve 0,75 ml % 50'lik sitrik asit çözeltisi bulunmaktadır. Toplam kaynatma süresi 45 dakika sürmüştür.

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Cevap yüzey yöntemi

Reçel formülasyonlarının optimizasyonu için cevap yüzey yöntemi kullanılmış, duyu analitik kriterlerinden kıvam, görünüm, koku, lezzet, genel kabul edilebilirlik; HMF içeriği, renk, vizkosite ve akma gerilimi cevap olarak seçilmiştir. Pektin, şeker ve stevia miktarıyla üç faktörlü merkezi birleşik tasarım modeli oluşturulmuş, 6 tanesi merkez deney noktalarında olmak üzere 20 farklı deneme tamamen rastgele sıralama ile planlanmıştır.

Bu denemede, 5 adet deney seviyesi mevcuttur. Bunlar; - a, -1, 0, +1, +a ($a=2^{n/4}$; n, değişken sayısıdır. 0 da merkez noktayı göstermektedir). Her faktör için kodlanmış değerler, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Kodlanmış değer} = \frac{\left(\text{gerçek değer} - \frac{\text{üst sınır} + \text{alt sınır}}{2}\right)}{\left(\frac{\text{üst sınır} - \text{alt sınır}}{2}\right)} \quad (3.1)$$

Bu yöntem için girdilerin en alt ve en üst limitlerinin araştırılıp belirlenmesi gerekmektedir. Böylece son ürüne, girdilerin etkilerinin doğru bir şekilde incelenmesine yardımcı olacaktır. Girdilerin en alt ve en üst limitleri geniş çaplı literatür araştırması ve Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen en üst değerlerin baz alınmasıyla belirlenmiştir. Şeker miktarı % 15-50 aralığında, stevia miktarı % 0,02-0,06 ve pektin miktarı ise % 0,5-1 aralığında seçilmiştir. Çizelge 3.2'de merkezi birleşik tasarım modeli ile oluşturulmuş 20 deney noktası gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Cevap Yüzey Yöntemi ile oluşturulan deney dizaynı

Örnek No	Stevia (%)	Pektin (%)	Şeker (%)
1	0,0400	0,3296	32,5000
2	0,0400	0,7500	32,5000
3	0,0400	0,7500	61,9314
4	0,0400	0,7500	32,5000
5	0,0400	0,7500	32,5000
6	0,0400	0,7500	32,5000
7	0,0600	1,0000	15,0000
8	0,0400	0,7500	32,5000
9	0,0400	1,1704	32,5000
10	0,0400	0,7500	32,5000
11	0,0200	0,5000	50,0000
12	0,0400	0,7500	3,0686
13	0,0600	0,5000	15,0000
14	0,0200	1,0000	15,0000
15	0,0200	1,0000	50,0000
16	0,0736	0,7500	32,5000
17	0,0600	0,5000	50,0000
18	0,0064	0,7500	32,5000
19	0,0600	1,0000	50,0000
20	0,0200	0,5000	15,0000

Elde edilen örnekler için, suda çözünür kuru madde, pH, toplam asitlik, HMF tayinleri ve duyu analizi yapılmış, ayrıca örneklerin reolojileri incelenmiştir. Bu değerler modellenmiş, modellere ait R² ve uyumsuzluk değerlerine göre en uygun model seçilerek düşük kalorili reçel formülasyonunun belirlenebilmesi için optimizasyonda kullanılmıştır.

Optimizasyon çalışmasıyla elde edilen reçel formülasyonu kullanılarak, 2 tekrarlı böğürtlen reçeli denemesi yapılmıştır. Üretilen düşük kalorili reçel örneklerinin ve ticari reçelin, suda çözünür kuru madde, pH, toplam şeker ve HMF miktarları belirlenmiş, duyu analizleri yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.3.2. Suda çözünür kuru madde

Abbe refraktometresi ile okuma yapılmıştır. Refraktometrede, sadece olabildiğince berrak, yani süspansiyon halinde katı parçacıklar içermeyen sıvılar incelenmektedir. Bulanık çözeltiler, çözünmüş kuru madde miktarının daima olduğundan daha yüksek okunmasına neden olmakta ve okumada birçok refraktometrede bulunan parlak ve karanlık bölgeyi ayıran hattın tam belirgin ve keskin olarak oluşmasını engellemektedir. Örnekte bulunan suda çözünmeyen katı parçacıkların bu olumsuz etkisi, bunların ışığın kırılması üzerine bir rolü olmamasına rağmen yanıtıcı ve engelleyici özelliğine dayanmaktadır. Bu sebeple örneğin olabildiğince berrak olması gerekmektedir. Meyve kitlesinde suda çözünür kuru madde tayini için, meyve kitlesinden örneği temsil edecek kadar örnek alınıp, bir blendıra konulmuştur. Filtre kağıdına konularak, ilk damlalar refraktometrenin prizması üzerine damlatılarak ölçme yapılmıştır (Cemeroğlu 2007).

3.3.3. pH tayini

pH derecesini ölçmek için pH-metre kullanılmıştır. Elektrotlar örneğe daldırılmış, duyarlı bir sonuç almak için, elektrotlar örneğe bir dakika kadar daldırılmış halde bırakılmıştır. Elektrotları daldırır daldırmaz okunan değer sürekli değişmiş ve denge durumu için geçen süre ortalama bir dakika kadardır. Her ölçüm arasında elektrotlar damıtık su ile yıkanmıştır. Ölçümlerde duyarlı bir sonuç almak için, ölçme 15°-25°C'ler arasında yapılmıştır (Cemeroğlu 2007).

3.3.4. Toplam asitlik tayini

Katı parçacıklar halinde olan örnekler blendırda homojenize hale getirilecek örnekten 5 g tartılmıştır. Bir miktar damıtık su ile karıştırılarak sulu çözelti haline getirilmiş, hazırlanan örnek pH 8,1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Titrasyonun bitiş noktası olan pH 8,1 pH-metre yardımıyla izlendi. Harcanan baz miktarı büretten okunmuştur. Toplam asit miktarı; g/100g olarak sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2007).

$$\text{Titrasyon asitliği \%} = \frac{V.F.E.100}{M}$$

M

(3.2)

Burada;

V= Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, ml

F= Titrasyonda kullanılan bazın normalitesi eğer tam 0.1 değilse bu çözeltilinin faktörü.

Çözeltilinin normalitesi tam 0.1 ise F=1'dir. Yani eşitlikte yer vermeye gerek yoktur.

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

3.3.5. Renk tayini

Minolta renk ölçme cihazı (CR-300) ile Hunter renk ölçme sisteminde renk (L*, a*, b*) değerleri ölçülerek yapılmıştır. Farklı 3 ölçüm kaydedilmiştir.

L; 0=siyah, 100=beyaz (koyuluk /açıklık), (Y) ekseninde

a; +a kırmızı, -a yeşil, (X) ekseninde

b; +b sarı, -b mavi (Z) ekseninde renk yoğunluklarını göstermektedir (Cemeroğlu 2007).

3.3.6. Duyusal analiz

Çalışmada elde edilen reçellere puanlama testi uygulanmış, belirlenen kıvam, görünüm, koku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik kriterleriyle 9 puan üzerinden değerlendirilmesi istenmiştir. Elde edilen puanlama testi sonuçları istatistiksel olarak (P<0,05) önem düzeyinde rank analizi ile değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirmeler Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde yaşları 25-45 arasında değişen 7 kişilik eğitilmiş panelist tarafından tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz formu Ek 1'de verilmiştir (Altuğ ve Elmacı 2011).

3.3.7. Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini

Bir behere yaklaşık 20 g örnek duyarlı bir şekilde tartılıp, 100 ml'lik cam kapaklı bir balon jojeye alınmıştır. Balon damıtık su ile çizgisine kadar tamamlanıp iyice çalkalanarak karıştırılıp filtre edilmiştir. Bu şekilde seyreltilerek hazırlanmış örnekten, cam kapaklı 2 test tüpüne 2'şer ml aktarılmıştır. Çeker ocakta her iki tüpe 5'er ml p-toluidin çözeltilisi eklenip

tüpler iyice çalkalanmıştır. Tüplerden şahit olarak kullanılacak olan birinci tüpe 1 ml damıtık su, deney tüpü olan ikinci tüpe ise, 1 ml barbitürik asi çözeltisi eklenmiştir. Tüplerin cam kapakları kapatılıp defalarca ters çevrilerek karıştırılmıştır. Barbitürik asit ve p-toluidin çözeltilerinin tüplere eklenmesi 1-2 dakika içinde gerçekleştirilmiştir. İkinci tüpü absorbansı 1 cm'lik küvette ve 550 nm'de şahite (birinci tüpe) karşı okunarak hesaplanmıştır. Absorbans barbitürik asidin eklenmesinden 3-4 dakika sonra maksimum değerine ulaşır. Sonra genellikle hızla azalır. Hesaplama absorbansın saptanmış olan maksimum değeri kullanılmıştır (Cemeroğlu 2007).

$$\text{Hesaplama: HMF, mg/L} = 162 (A)$$

(3.3)

3.3.8 Reoloji

Böğürtlen reçeli örnekleri peltier sistemli bir reometre (TA Instruments Discovery Hybrid Rheometer HR-2) kullanılarak belirlenmiştir. Bu kapsamda farklı reçel örnekleri 20°C'de 0.1-100 s⁻¹ kesme aralığında analize tabi tutulmuştur. Geometri olarak 40mm standart peltier paralel-plaka konfigürasyonu kullanılmıştır. Elde edilen verilerin akış davranış özellikleri ve akma gerilimlerini belirlemek için Herschel-Bulkley modeli kullanılmıştır.

3.3.9 Toplam şeker tayini

Toplam şeker tayini, optimizasyon sonucu elde edilen düşük kalorili böğürtlen reçeli ve ticari reçel örnekleri için yapılmıştır. Sıvı kısımlarından 1 ml alınarak üzerine 10 ml %80 etil alkol eklenmiştir. Daha sonra santrifüje konulup 500 rpm, 20°C sıcaklıkta 10 dakika boyunca santrifüj çalıştırılmış, üstte kalan berrak kısım ayrılmıştır. Tüplerin dibine çökmüş olan katı kısmın üzerine tekrar 10 ml %80 etil alkol eklenerek yine aynı koşullarda santrifüje edilmiştir. Tüplerdeki berrak kısım ilk ayrılan berrak kısma eklenmiş, refraktif indeks dedektörlü HPLC'ye bu sıvıdan enjekte edilerek toplam şeker miktarı belirlenmiştir (Johansen ve ark. 1996).

3.3.10 İstatistiksel analiz

MINITAB 17 programında (Minitab Inc. State College PA, ABD) yer alan cevap yüzey yöntemi kullanılmış ve istatistiksel analizler yapılmıştır. Bütün bağımlı değişkenler için ikinci dereceden denklem kullanılarak elde edilen verilerin çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Varyans analizi bağımsız değişkenlerin istatistiki olarak önemli ölçüde birbirlerinden farklılıklarını belirler ($P < 0.05$). Optimum noktada üretilen düşük kalorili böğürtlen reçelinin duyusal analiz sonuçlarını, ticari reçelle karşılaştırmak için varyans analizi yapılarak, istatistiki olarak farklılıkları belirlenmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Renk Tayini Sonuçları

Çizelge 4.1’de reçel örneklerinin renk tayininin sonuçları verilmiştir. Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçellerin renk sonuçları da Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Reçel denemelerinin renk sonuçları

Örnek no	L değeri	a değeri	b değeri
1	13,81	1,87	-0,40
2	16,29	1,79	-0,20
3	16,81	4,86	-0,27
4	14,26	2,34	-0,19
5	15,51	2,12	-0,19
6	15,76	1,58	-0,24
7	12,80	4,40	0,61
8	15,83	1,85	-0,15
9	12,94	2,00	-0,05
10	15,74	1,54	-0,21
11	13,44	1,20	0,43
12	13,34	5,36	0,85
13	14,41	4,40	0,43
14	12,91	4,51	0,58
15	16,24	2,38	0,24
16	15,16	2,11	-0,47
17	12,83	3,05	-0,33
18	14,03	2,77	-0,07
19	15,63	2,08	-0,07
20	13,59	4,39	0,48

Çizelge 4.2. Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçelin renk sonuçları

Örnek	L değeri	a değeri	b değeri
Ticari reçel	13,77	1,50	0,31
Ticari tatlandırıcılı reçel	15,51	5,94	0,73

4.1.1. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin 'L' değeri üzerine etkisi

L değeri koyuluk ve açıklığın bir ölçütüdür. Dolayısıyla L değeri arttıkça beyazlaşmanın ve parlaklığın daha fazla olması söz konusudur. Böğürtlen reçeli denemelerinin L değerleri çizelge 4.1'de incelendiğinde 2, 3 ve 15 numaralı örneklerin L değerleri en yüksek olarak görülmektedir. Çizelge 4.2 incelendiğinde ise ticari reçel örneğinin L değeri ise 13,77 ile tüm denemelerin sonuçlarına yakındır.

Çizelge 4.3'de oluşturulmuş olan kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları görülmektedir. Çizelge incelendiğinde pektin ve stevianın lineer etkisi bulunmazken, şekerin etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Ayrıca pektinin karesel etkisi ve pektin-şeker interaksyonu da önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Renkte L değerini en çok etkileyen parametreler için F değerleri incelendiğinde pektinin karesel etkisi ve pektin şeker interaksyonu en yüksek oranda etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca modelin R^2 değeri 0,8367 olarak bulunmuş olup verilerle uyumlu olacağı söylenebilir. Model eşitlik uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.3. L değeri için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	28,2676	3,1408	5,69	0,006
Stevia	1	0,0115	0,0115	0,02	0,888
Pektin	1	2,0927	2,0927	3,79	0,080
Şeker	1	3,9695	3,9695	7,19	0,023
Stevia*stevia	1	2,3633	2,3633	4,28	0,065
pektin*pektin	1	10,0648	10,0648	18,24	0,002
şeker*şeker	1	0,8016	0,8016	1,45	0,256
Stevia*pektin	1	0,1081	0,1081	0,20	0,667
Stevia*şeker	1	0,4721	0,4721	0,86	0,377
pektin*şeker	1	7,7815	7,7815	14,10	0,004
Uyumsuzluk	5	3,1569	0,6314	1,34	0,379

L değeri için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denklemi aşağıdaki gibidir.

$$L = 7,51 + 126,0 \text{ Stevia} + 14,20 \text{ pektin} - 0,0483 \text{ şeker} - 1012 \text{ Stevia*Stevia} \\ - 13,37 \text{ pektin*pektin} - 0,000770 \text{ şeker*şeker} - 23,3 \text{ Stevia*pektin} - 0,694 \text{ Stevia*şeker} \\ + 0,2254 \text{ pektin*şeker}$$

4.1.2. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin 'a' değeri üzerine etkisi

Çizelge 4.4'te a değeri için oluşturulan modelin varyans analiz sonuçları görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde sadece şekerin karesel etkisinin önemli olduğu görülmektedir ($P < 0,05$). Modelin R^2 değeri 0,8564 olarak saptanarak veriler ile uyumlu olabileceği söylenebilir. Model eşitlik uyum eksikliği önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunduğunu göstermektedir.

Renk sonuçlarındaki a değeri meyve ve sebzelerdeki kırmızı rengin yoğunluğun gösteren bir değerken, reçel ve marmelat gibi ürünlerde şekerin karamelizasyonu ile oluşan ve artan arzu edilmeyen bir renktir. Yani kırmızılığın değerindeki azalma ve L değerindeki artış reçel ve marmelat tipi ürünlerde istenen bir özelliktir (Zor 2007). Ticari reçel örneğinde a değeri 1,50 ölçülmüştür ve yapılan denemelerde 1, 2, 6, 8, 10, 11 numaralı örnekler bu değere yakın sonuçlar vermiştir.

Basu ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada farklı oranlarda kullanılan stevioside ile yapılan mango reçeli denemelerinde, stevioside miktarının renkte a değeri üzerine etkisi olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Çizelge 4.4. a değeri için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	27,6896	3,0766	6,63	0,003
Stevia	1	0,0826	0,0826	0,18	0,682
Pektin	1	0,0226	0,0226	0,05	0,830
Şeker	1	0,0358	0,0358	0,08	0,787
Stevia*stevia	1	0,6609	0,6609	1,42	0,260
pektin*pektin	1	0,0195	0,0195	0,04	0,842
şeker*şeker	1	19,3294	19,3294	41,64	0,000
Stevia*pektin	1	0,6479	0,6479	1,40	0,265
Stevia*şeker	1	0,3403	0,3403	0,73	0,412
pektin*şeker	1	0,0010	0,0010	0,00	0,964
Uyumsuzluk	5	4,1555	0,8311	8,54	0,017

a değeri için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denklemi aşağıdaki gibidir.

$$a = 7,34 - 18,1 \text{ Stevia} + 1,47 \text{ pektin} - 0,3125 \text{ şeker} + 535 \text{ Stevia*Stevia} + 0,59 \text{ pektin*pektin} + 0,003782 \text{ şeker*şeker} - 56,9 \text{ Stevia*pektin} + 0,589 \text{ Stevia*şeker} + 0,0026 \text{ pektin*şeker}$$

4.1.3. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin 'b' değeri üzerine etkisi

Renk ölçümlerinde +b değeri sarılığ gösterirken -b değeri ise maviliği göstermektedir. Örneklerin b değerleri çizelge 4.1'de incelendiğinde hem +b hem - b değerlerine sahip örnekler gözlenmektedir. Renk sonuçlarında b değeri için yapılan varyans analizinin sonuçları çizelge 4.5'te görülmektedir. Sonuçlara bakıldığında b değeri için, stevianın lineer etkisi ve şekerin karesel etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Ayrıca F değerleri incelendiğinde renkte b değeri üzerine olan etki en çok şekerin karesel etkisi olurken, stevianın lineer etkisi de 2. sırada yer almaktadır. Modelin R^2 değeri de 0,8352 olarak belirmiştir. Model eşitlik uyum eksikliği önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunduğunu göstermektedir.

Ticari reçel örneğinin b değeri 0,31 olarak bulunurken yapılan denemelerde 11, 12, 13, 14 ve 20 numaralı örneklerde bu değere yakın sonuçlar gözlenmiştir. Stevioside kullanılarak

yapılan mango reçeli denemesinde de stevia'nın b değeri üzerine etkisi olduğu bulunmuştur (Basu ve ark. 2013).

Çizelge 4.5. b değeri için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	2,39441	0,266046	5,63	0,006
Stevia	1	0,33277	0,332768	7,04	0,024
Pektin	1	0,04741	0,047408	1,00	0,340
Şeker	1	0,17713	0,177128	3,75	0,082
Stevia*stevia	1	0,03535	0,035345	0,75	0,407
pektin*pektin	1	0,06060	0,060597	1,28	0,284
şeker*şeker	1	0,88288	0,882880	18,69	0,002
Stevia*pektin	1	0,03645	0,036450	0,77	0,400
Stevia*şeker	1	0,13694	0,136939	2,90	0,120
pektin*şeker	1	0,00467	0,00467	0,10	0,760
Uyumsuzluk	5	0,46835	0,093671	112,94	0,000

b değeri için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denklemi aşağıdaki gibidir.

$$b = 1,766 - 14,3 \text{ Stevia} - 1,64 \text{ pektin} - 0,0490 \text{ şeker} + 124 \text{ Stevia*Stevia} \\ + 1,038 \text{ pektin*pektin} + 0,000808 \text{ şeker*şeker} + 13,5 \text{ Stevia*pektin} - 0,374 \text{ Stevia*şeker} \\ - 0,0055 \text{ pektin*şeker}$$

4.2. Duyusal Analiz Sonuçları

Merkezi Karmaşık Dizayna göre oluşturulan deney noktalarındaki değerler kullanılarak üretilen 20 adet reçel örneğinin duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Reçel örneklerine ait duyuşal analiz sonuçları^a

Örnek No	Kıvam	Görünüm	Koku	Lezzet	Genel Kabul Edilebilirlik
1	5,1	6,9	6,6	7,4	6,7
2	6,6	4,0	5,3	5,7	5,1
3	5,1	2,7	3,4	3,6	3,7
4	6,3	5,0	5,0	4,9	4,7
5	5,9	4,4	5,0	4,7	5,3
6	5,4	4,7	4,7	4,7	4,6
7	4,0	2,3	3,9	3,9	2,7
8	5,4	4,6	4,6	5,3	4,8
9	2,1	2,1	3,9	4,1	2,8
10	6,0	4,9	5,0	4,9	5,1
11	8,0	8,1	7,0	7,0	7,6
12	3,0	1,7	3,0	1,7	1,4
13	4,1	4,1	4,3	3,7	3,9
14	3,0	3,3	4,1	3,1	3,4
15	4,0	3,1	4,3	4,4	3,4
16	6,0	4,9	4,9	5,9	5,0
17	8,1	8,1	8,0	8,3	8,1
18	7,4	7,7	6,9	6,3	7,1
19	5,0	3,3	3,7	4,0	3,1
20	3,6	4,3	4,0	4,0	3,7

^a Sonuçlar 7 değerin ortalaması olarak verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçellere ait duyuşal analiz sonuçları

Örnek No	Kıvam	Görünüm	Koku	Tat	Genel Kabul Edilebilirlik
Ticari reçel	7,7	8,0	5,1	6,1	6,8
Ticari tatlandırıcılı reçel	2,9	3,3	3,9	2,1	2,7

Çizelge 4.6'da verilen sonuçlara göre, duyuşal analizde 11, 17 ve 18 nolu örnekler en yüksek puanları almıştır. Çizelge 4.7 piyasadan elde edilen ticari böğürtlen reçeli ve ticari tatlandırıcıyla hazırlanmış reçel örneğinin duyuşal analiz sonuçlarını göstermektedir. Denemelerle ticari reçel örneği karşılaştırıldığında 11 numara (% 0,02 stevia, % 0,5 pektin, %

50 şeker), 17 numara (% 0,06 stevia, % 0,5 pektin, % 50 şeker) ve 18 numaralı (% 0,0064 stevia, % 0,75 pektin, % 32,50 şeker) örnekler genel kabul edilebilirlik açısından ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçelden daha yüksek puan almıştır. En düşük puanı alan örnek ise 12 (% 0,04 stevia, % 0,75 pektin, % 3,0686 şeker) numaralı örnek olmuştur.

Yapılan bir çalışmada mango nektarı üretimi için yoğun tatlandırıcılar kullanılmış ve sükrozla karşılaştırılması yapılmıştır. Yoğun tatlandırıcı olarak asesülfam K-neotam-sukraloz karışımı, %97 saflıkta rebaudioside A, neotam, sukraloz, taumatin-sukraloz karışımı ve sükroz kullanılmıştır. Tüm denemelerin kıvam, parlaklık, tatlılık ve asit tat, ağızda kalan tatlılık ve ağızda kalan acılık olarak duyu analizi yapılmış, 60 gün ve 120 gün depolama süresi sonunda duyu analizler tekrarlanmıştır. Örneklerin duyu analizinin yapıldığı ilk günde rebaudioside A ile hazırlanan örnek sükrozla hazırlanmış örneğin puanlarına yakın puanlar alarak paralellik göstermiştir. Fakat 120 günlük depolamanın ardından stevia ürünü, sükrozla hazırlanmış kontrol ürüne kıyasla düşük puan alarak, her parametrede farklılık göstermiştir. Ayrıca son ürünün kalite kriterleri açısından önemli bir parametre olan ağızda bıraktığı tatlılık ve acılık açısından da stevia ürünü, kontrol örneğe kıyasla ağızda yoğun bir tat bırakmıştır (Cadena ve ark. 2013).

Yapılan başka bir çalışmada sorbitol ve şeker oranlarının değişik formülasyonlarıyla hazırlanan mango reçelinin tat, koku, sürülebilirlik, renk ve genel kabul edilebilirlik düzeyleri için duyu analizi yapılmıştır. Sorbitol eklenerek şeker oranı düşürülen tüm reçel örnekleri sadece şeker içeren mango reçeli örneğine göre genel kabul edilebilirlik açısından hepsi daha yüksek puan almıştır (Basu ve ark. 2011).

Gajar ve Badrie (2001) tarafından yapılan bir çalışmada ise, yerel bir meyve türü olan diken kabağıyla düşük kalorili reçel üretimi denenmiştir. En iyi seçilen ürünlerin % 2 HM pektin ve % 0,03 karragenan içeren ve % 1,9 sukraloz ile tatlandırılmış ürünler olduğu saptanmıştır. Tatlandırıcı olarak sukraloz içeren reçellerin en çok tercih edilen reçel örnekleri olduğu rapor edilmiştir.

Levaj ve ark. (2009) tarafından, üç farklı pektin oranıyla hazırlanan, fruktoz ve sükroz ile tatlandırılan bir tür mandalina olan klementin ile reçel denemesi yapılmıştır. Tüm reçel örnekleri içerisinde % 7 pektin içeren, fruktoz ile tatlandırılmış ve ön ısıtma işlemi uygulanmamış reçel örneğinin duyu analiz sonuçlarında en çok tercih edilen reçel olduğu bildirilmiştir.

4.2.1. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin kıvamı üzerine etkisi

Duyusal analiz sonucunda panelistler tarafından kıvam açısından en az beğenilen örnek, 9 numaralı örnek olmuştur. Kıvam açısından en çok beğenilen örnek ise, 17 nolu örnek olmuştur. Varyans analizine göre, oluşturulmuş olan model 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Modelin R^2 değeri 0,9065 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, kuadratik modelin veriler ile uyumlu olduğu söylenebilir.

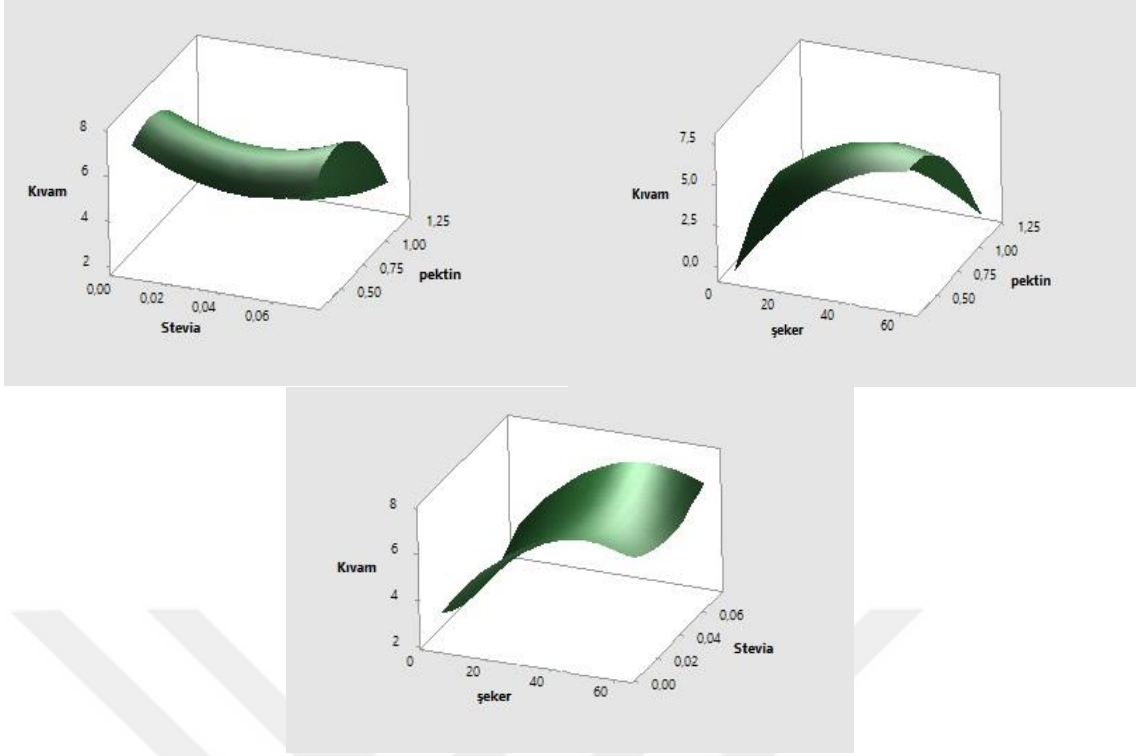
Çizelge 4.8’de, oluşturulmuş olan kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları verilmiştir. Pektin ve şekerin lineer ve karesel etkilerinin reçelin kıvamına etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Ayrıca şeker ve pektin etkileşiminin kıvama etkisi de 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur ($P<0,05$). F değerleri incelendiğinde duyusal bir özellik olarak kıvamı en çok etkileyen parametrenin, pektin olduğu görülmektedir. Bunu şeker ve pektin-şeker etkileşimi takip etmektedir. Model eşitlik uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunmadığını göstermektedir. Şekil 4.1.’de bağımsız değişkenler stevia, pektin ve şekerin kıvam üzerine etkisini gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Kıvam için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	47,3366	5,2596	10,77	0,000
Stevia	1	0,0007	0,0007	0,00	0,971
Pektin	1	16,3825	16,3825	33,55	0,000
Şeker	1	4,7182	4,7182	9,66	0,011
Stevia*stevia	1	1,5705	1,5705	3,22	0,103
pektin*pektin	1	8,3980	8,3980	17,20	0,002
şeker*şeker	1	5,3950	5,3950	11,05	0,008
Stevia*pektin	1	0,2066	0,2066	0,42	0,530
Stevia*şeker	1	0,0230	0,0230	0,05	0,833
pektin*şeker	1	5,1658	5,1658	10,58	0,009
Uyumsuzluk	5	3,7303	0,7461	3,23	0,112

Kıvam için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Kıvam} &= -4,57 - 84,0 \text{ Stevia} + 19,25 \text{ pektin} + 0,3322 \text{ şeker} + 825 \text{ Stevia*Stevia} \\ &- 12,21 \text{ pektin*pektin} - 0,001998 \text{ şeker*şeker} + 32,1 \text{ Stevia*pektin} \\ &- 0,153 \text{ Stevia*şeker} - 0,1837 \text{ pektin*şeker} \end{aligned}$$



Şekil 4.1. Bağımsız değişkenlerin kıvam üzerine etkisi

Bir mandalina türüyle düşük kalorili reçeli denemesi yapılan çalışmada, tatlandırıcı olarak aspartam, sakkarin ve aspartam karışımı ve sukraloz kullanılmıştır. Pektinin, kıvam ve jel yapısına etkisinin duyusal analizi yapılmış ve sonrasında varyans analizi yapılmıştır. Örneklerde kıvam açısından bir farklılık bulunmamıştır ($P < 0,05$). Fakat denemelerde farklı pektin tiplerinin jel yapısına etkisi 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Denemelerde %2 HM pektin ve %1,9 sukraloz içeren örnek jel yapısı açısından en yüksek puanı alan örnek olmuştur (Gajar ve Badrie 2001).

4.2.2. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin görünümü üzerine etkisi

Duyusal analiz sonucunda panelistlerin verdiği puanlara göre, görünüm açısından en az beğenilen örnek, 12 numaralı örnek olurken, en çok beğenilen örnekler ise eşit puan alarak 11 ve 17 nolu örnekler olmuştur ve ticari reçele kıyasla görünüm açısından daha yüksek puan almışlardır. Modelin R^2 değeri 0,9303 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, kuadratik modelin veriler ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.9’da, oluşturulmuş olan kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları verilmiştir. Pektinin lineer etkisi, stevianın ve şekerin karesel etkisi ve şeker-pektin etkileşiminin reçelin görünümüne etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

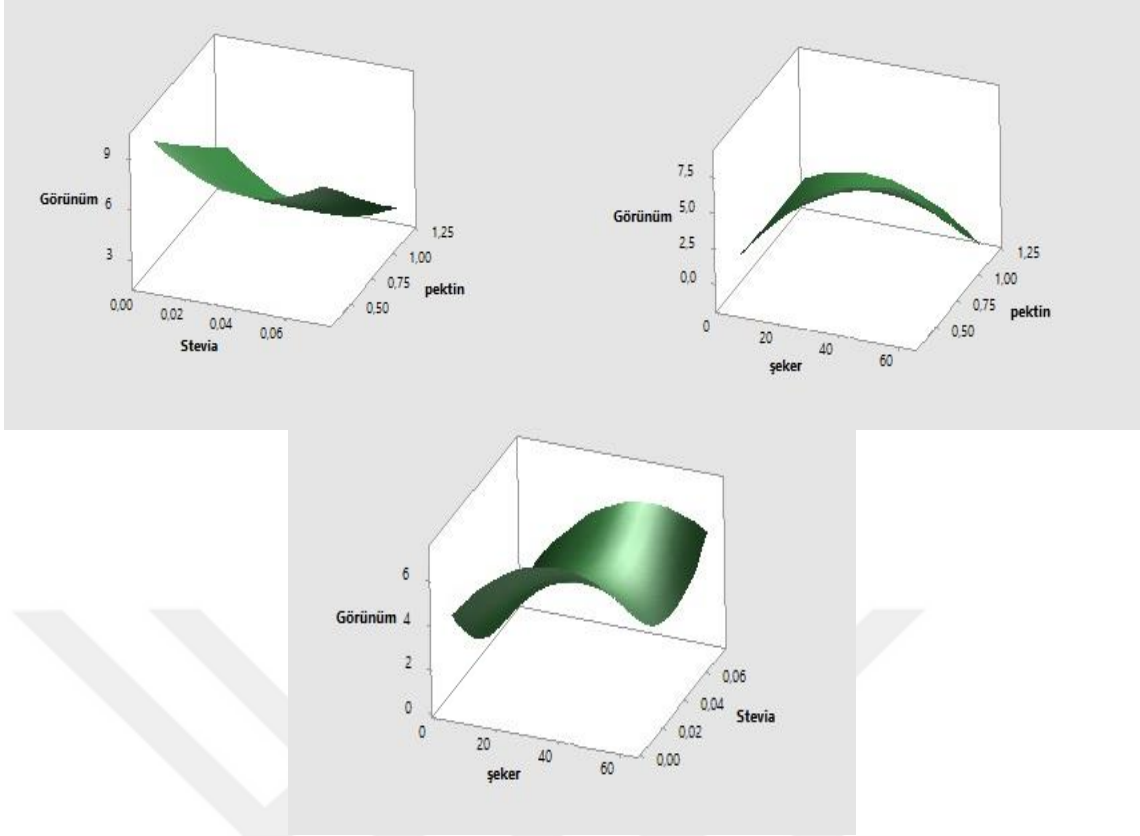
Ayrıca F değerleri incelendiğinde duyuşal bir özellik olarak görünümü en çok etkileyen parametrenin, pektin olduğu görölmektedir. Şekerin ve stevianın karesel etkisiyle devam etmektedir. Model eşitlik uyum eksikliği önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunduğunu göstermektedir. Şekil 4.2’de bağımsız değişkenler stevia, pektin ve şekerin reçelin görünümü üzerine etkisini gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Görünüm için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	64,9865	7,2207	14,82	14,82
Stevia	1	1,6616	1,6616	3,41	0,095
Pektin	1	37,3512	37,3512	76,67	0,000
Şeker	1	0,9992	0,9992	2,05	0,183
Stevia*stevia	1	6,2838	6,2838	12,90	0,005
pektin*pektin	1	0,0121	0,0121	0,02	0,878
şeker*şeker	1	8,9768	8,9768	18,43	0,002
Stevia*pektin	1	0,0613	0,0613	0,13	0,730
Stevia*şeker	1	0,2112	0,2112	0,43	0,525
pektin*şeker	1	6,1000	6,1000	12,52	0,005
Uyumsuzluk	5	4,2427	0,8485	6,74	0,028

Görünüm için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denkleminin aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Görünüm} = & 3,95 - 155,0 \text{ Stevia} + 0,43 \text{ pektin} + 0,3421 \text{ şeker} + 1651 \text{ Stevia*Stevia} \\ & + 0,46 \text{ pektin*pektin} - 0,002577 \text{ şeker*şeker} - 17,5 \text{ Stevia*pektin} \\ & + 0,464 \text{ Stevia*şeker} - 0,1996 \text{ pektin*şeker} \end{aligned}$$



Şekil 4.2. Bağımsız değişkenlerin reçelin görünümü üzerine etkisi

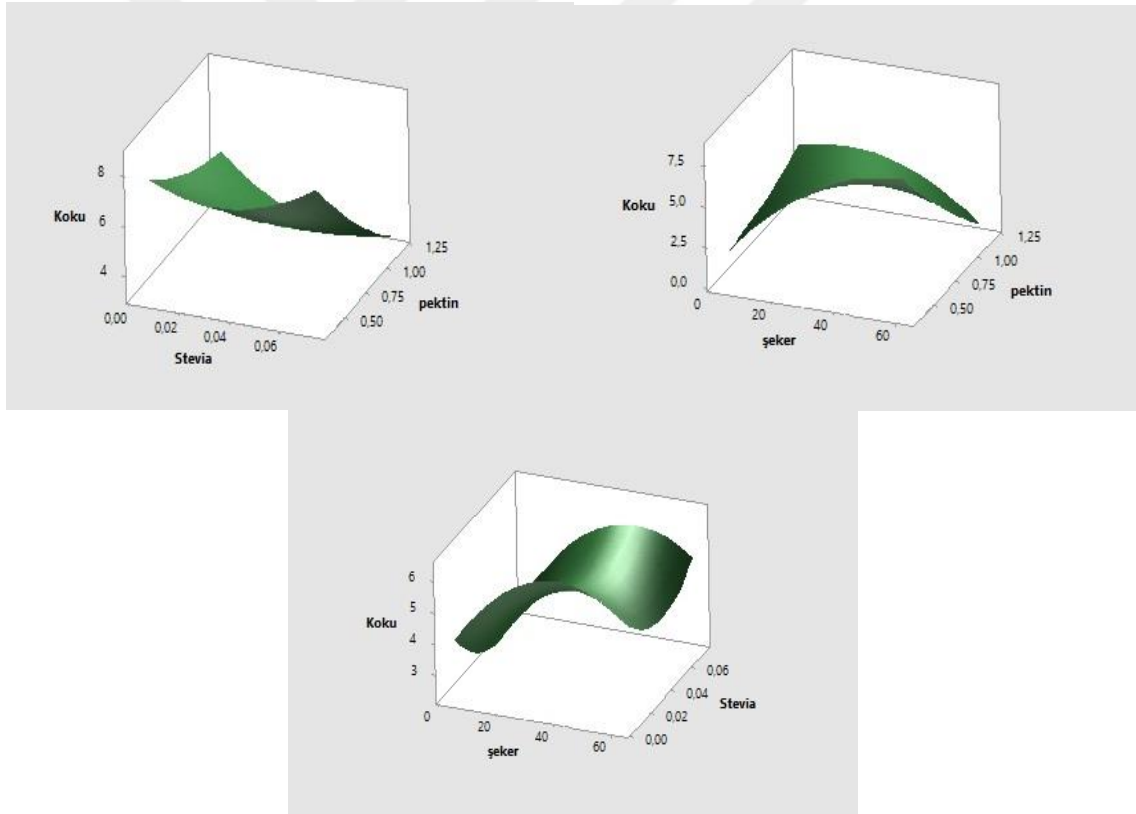
4.2.3. Stevia, pectin ve şekerin böğürtlen reçelinin kokusu üzerine etkisi

Duyusal analiz sonucunda panelistlerin verdiği puanlara göre, koku açısından en az beğenilen örnek, 12 numaralı örnek olurken, en çok beğenilen örnek ise 17 nolu örnekler olmuştur ve ticari reçele kıyasla daha koku açısından daha yüksek puan almıştır. Modelin R^2 değeri 0,8881 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, kuadratik modelin veriler ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.10’da, oluşturulmuş olan kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları verilmiştir. Pektinin lineer etkisi, stevianın ve şekerin karesel etkisi ve şeker-pektin etkileşiminin reçelin kokusuna etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$). F değerleri incelendiğinde kokuyu en çok etkileyen parametrenin, pectin olduğu görülmektedir. Bunu pectin-şeker etkileşimi ve şekerin karesel etkisi takip etmektedir. Model eşitlik uyum eksikliği önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca şekil 4.3’de bağımsız değişkenlerin reçelin kokusu üzerine etkisi görülmektedir.

Çizelge 4.10. Koku için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	28,8158	3,2018	8,82	0,001
Stevia	1	0,4776	0,4776	1,32	0,278
Pektin	1	14,7030	14,7030	40,51	0,000
Şeker	1	0,4922	0,4922	1,36	0,271
Stevia*stevia	1	1,8868	1,8868	5,20	0,046
pektin*pektin	1	0,2609	0,2609	0,72	0,416
şeker*şeker	1	4,7243	4,7243	13,02	0,005
Stevia*pektin	1	0,5740	0,5740	1,58	0,237
Stevia*şeker	1	0,0230	0,0230	0,06	0,807
pektin*şeker	1	5,6352	5,6352	15,53	0,003
Uyumsuzluk	5	3,3128	0,6626	10,47	0,011



Şekil 4.3. Bağımsız değişkenlerin reçelin kokusu üzerine etkisi

Koku için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denklemini aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Koku} &= 1,54 - 47,9 \text{ Stevia} + 1,68 \text{ pektin} + 0,2904 \text{ şeker} + 905 \text{ Stevia*Stevia} \\ &+ 2,15 \text{ pektin*pektin} - 0,001870 \text{ şeker*şeker} - 53,6 \text{ Stevia*pektin} \\ &+ 0,153 \text{ Stevia*şeker} - 0,1918 \text{ pektin*şeker} \end{aligned}$$

4.2.4. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin lezzeti üzerine etkisi

Duyusal analiz sonucunda panelistlerin verdiği puanlara göre, lezzet açısından en az beğenilen örnek, 12 numaralı örnek olurken, en çok beğenilen örnek ise 17 nolu örnekler olmuştur ve hem ticari hem de ticari tatlandırıcılı reçele kıyasla daha yüksek puan almıştır. Modelin R^2 değeri 0,9336 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, kuadratik modelin veriler ile uyumlu olduğu söylenebilir.

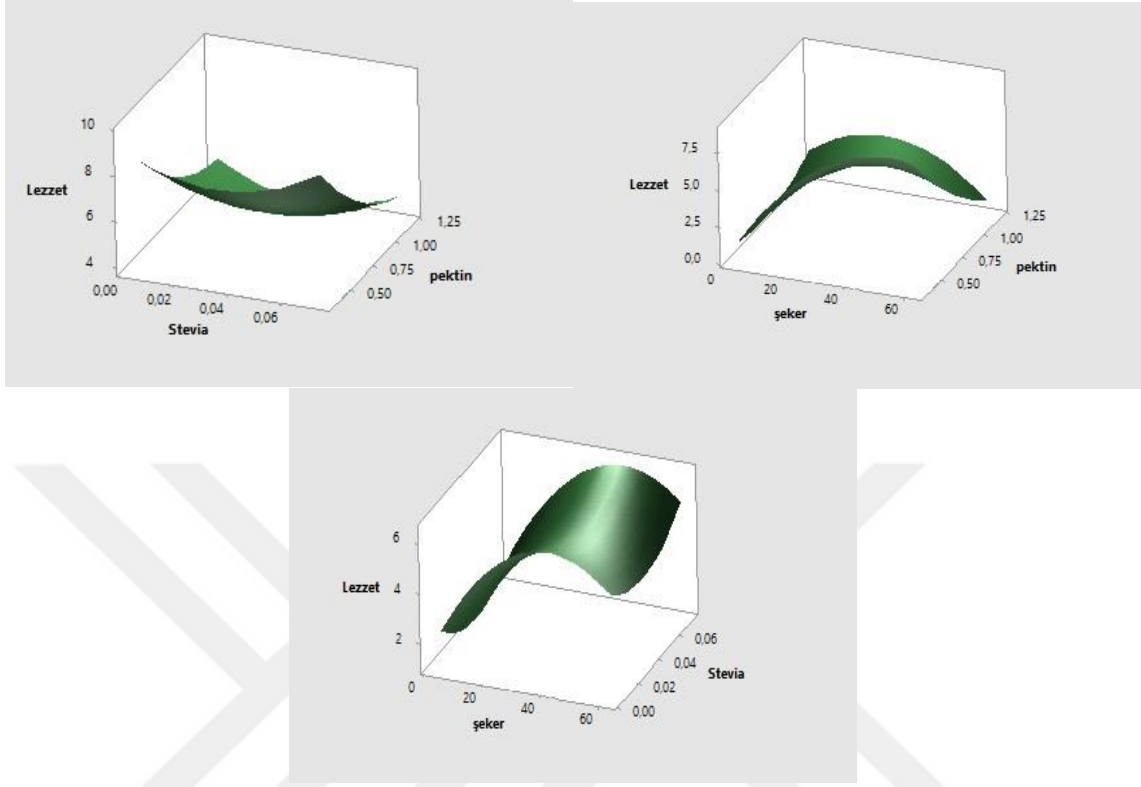
Çizelge 4.11’de kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları verilmiştir. Pektin ve şekerin lineer etkisinin reçelin lezzetine etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Stevianın ve şekerin karesel etkisinin de lezzete etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Ayrıca şeker ve pektin etkileşiminin lezzete etkisi de 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). F değerleri incelendiğinde duysal bir özellik olarak lezzeti en çok etkileyen parametrenin, pektin olduğu görülmektedir. Bunu şekerin karesel etkisi ve pektin-şeker etkileşimi takip etmektedir. Model eşitlik uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunmadığını göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin reçelin lezzeti üzerine etkisi şekil 4.4.’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Lezzet için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	43,1066	4,7896	15,61	0,000
Stevia	1	0,0483	0,0483	0,16	0,700
Pektin	1	16,6892	16,6892	54,40	0,000
Şeker	1	1,7107	1,7107	5,58	0,040
Stevia*stevia	1	2,0010	2,0010	6,52	0,029
pektin*pektin	1	1,0046	1,0046	3,27	0,100
şeker*şeker	1	10,4039	10,4039	33,91	0,000
Stevia*pektin	1	0,0664	0,0664	0,22	0,652
Stevia*şeker	1	0,0245	0,0245	0,08	0,783
pektin*şeker	1	4,7388	4,7388	15,45	0,003
Uyumsuzluk	5	2,2675	0,4535	2,83	0,139

Lezzet için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Lezzet} = & 2,47 - 63,6 \text{ Stevia} - 3,73 \text{ pektin} + 0,3568 \text{ şeker} + 932 \text{ Stevia*Stevia} \\ & + 4,22 \text{ pektin*pektin} - 0,002774 \text{ şeker*şeker} - 18,2 \text{ Stevia*pektin} \\ & + 0,158 \text{ Stevia*şeker} - 0,1759 \text{ pektin*şeker} \end{aligned}$$



Şekil 4.4. Bağımsız değişkenlerin reçelin lezzeti üzerine etkisi

4.2.5. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin genel kabul edilebilirlik üzerine etkisi

Duyusal analiz sonucunda panelistlerin verdiği puanlara göre, genel kabul edilebilirlik açısından en az beğenilen örnek, 7 numaralı örnek olurken, en çok beğenilen örnek ise 17 nolu örnek olmuştur ve hem ticari reçel hem de ticari tatlandırıcılı reçel örneğine göre daha yüksek puan almıştır. Varyans analizine göre, oluşturulmuş olan model 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Modelin R^2 değeri 0,9633 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, kuadratik modelin veriler ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.12’de, oluşturulmuş olan kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları verilmiştir. Pektin ve şekerin lineer etkisinin reçelin genel kabul edilebilirlik üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Stevia’nın ve şekerin karesel etkisinin de genel kabul edilebilirliğe etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Ayrıca şeker ve pektin etkileşiminin etkisi de 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). F değerleri incelendiğinde genel kabul edilebilirliği en çok etkileyen parametrenin, pektin olduğu görülmektedir. Bunu şekerin karesel etkisi ve pektin-şeker etkileşimi takip

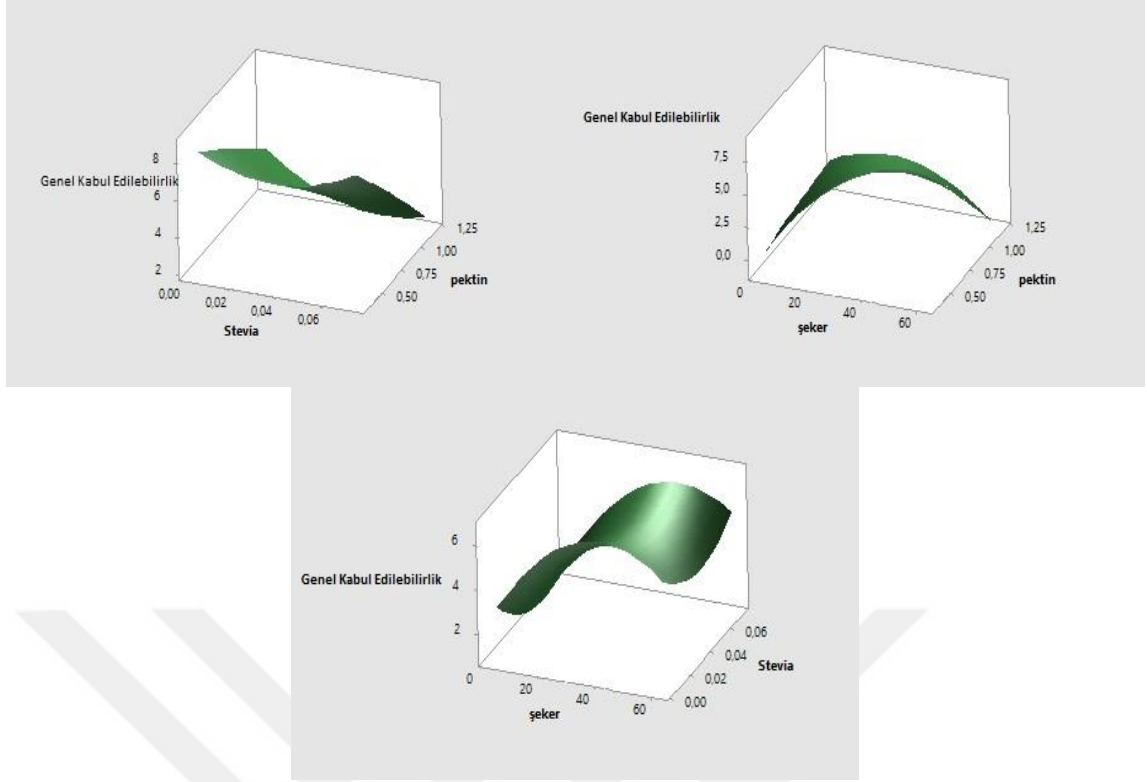
etmektedir. Model eşitlik uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunmadığını göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin genel kabul edilebilirlik üzerine etkisi şekil 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Genel kabul edilebilirlik için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	55,3277	6,1475	29,13	0,000
Stevia	1	0,7829	0,7829	3,71	0,083
Pektin	1	28,3814	28,3814	134,49	0,000
Şeker	1	1,9481	1,9481	9,23	0,012
Stevia*stevia	1	2,4096	2,4096	11,42	0,007
pektin*pektin	1	0,0371	0,0371	0,18	0,684
şeker*şeker	1	9,8929	9,8929	46,88	0,000
Stevia*pektin	1	0,3612	0,3612	1,71	0,220
Stevia*şeker	1	0,0612	0,0612	0,29	0,602
pektin*şeker	1	7,4112	7,4112	35,12	0,000
Uyumsuzluk	5	1,7369	0,3474	4,65	0,058

Genel kabul edilebilirlik için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denklemini aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Genel kabul edilebilirlik} = & -0,39 - 72,1 \text{ Stevia} + 5,01 \text{ pektin} + 0,3826 \text{ şeker} \\ & + 1022 \text{ Stevia*Stevia} - 0,81 \text{ pektin*pektin} - 0,002705 \text{ şeker*şeker} - 42,5 \text{ Stevia*pektin} \\ & + 0,250 \text{ Stevia*şeker} - 0,2200 \text{ pektin*şeker} \end{aligned}$$



Şekil 4.5. Bağımsız değişkenlerin reçelin genel kabul edilebilirliği üzerine etkisi

Parsayee ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada cevap yüzey yöntemi kullanılarak düşük kalorili vişne reçelinin optimizasyonu yapılmış, kalsiyum ve pektin bağımsız değişken olarak dizayn edilmiştir. Hazırlanan reçel örneklerinin duyu değerlendirmesinde genel kabul edilebilirlik açısından en iyi örneği belirlemek hedeflenmiştir. Yapılmış olan kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçlarında pektinin lineer ve karesel etkisi 0,05 anlamlılık düzeyinde örneklerin genel kabul edilebilirliği üzerine önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Ayrıca kalsiyumun karesel etkisi de genel kabul edilebilirlik açısından önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Çıkan sonuçlara göre %1,185 oranında düşük metoksilli pektin ve %0,015 oranında kalsiyum eklenen vişne reçeli örneği genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı almıştır.

4.3 HMF Sonuçları

Reçel örneklerine yapılan HMF tayininin sonuçları Çizelge 4.13'te görülmektedir. Bu sonuçlara göre reçellerin kuru madde bazında sonuçları 0,792- 37,245 mg/kg kuru madde aralığında değişmektedir. Çizelge 4.14'te ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçellerin sonuçları görülmektedir. Elde edilen sonuçlarla oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin

varyans analiz sonuçları çizelge 4.15’de görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, HMF oluşumuna şekerin lineer etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bağımsız değişkenlerin HMF oluşumuna etkisi şekil 4.6.da gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 HMF Tayini Sonuçları

Örnek no	HMF (mg/kg kuru madde)
1	0,792
2	3,923
3	2,887
4	17,261
5	20,792
6	16,476
7	21,077
8	18,046
9	6,221
10	17,653
11	8,608
12	34,724
13	25,221
14	37,245
15	1,708
16	1,960
17	3,728
18	21,592
19	3,130
20	28,413

Çizelge 4.14 Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçelin HMF tayini sonuçları

Örnek	HMF (mg/kg kuru madde)
Ticari reçel	28,459
Ticari tatlandırıcılı Reçel	71,888

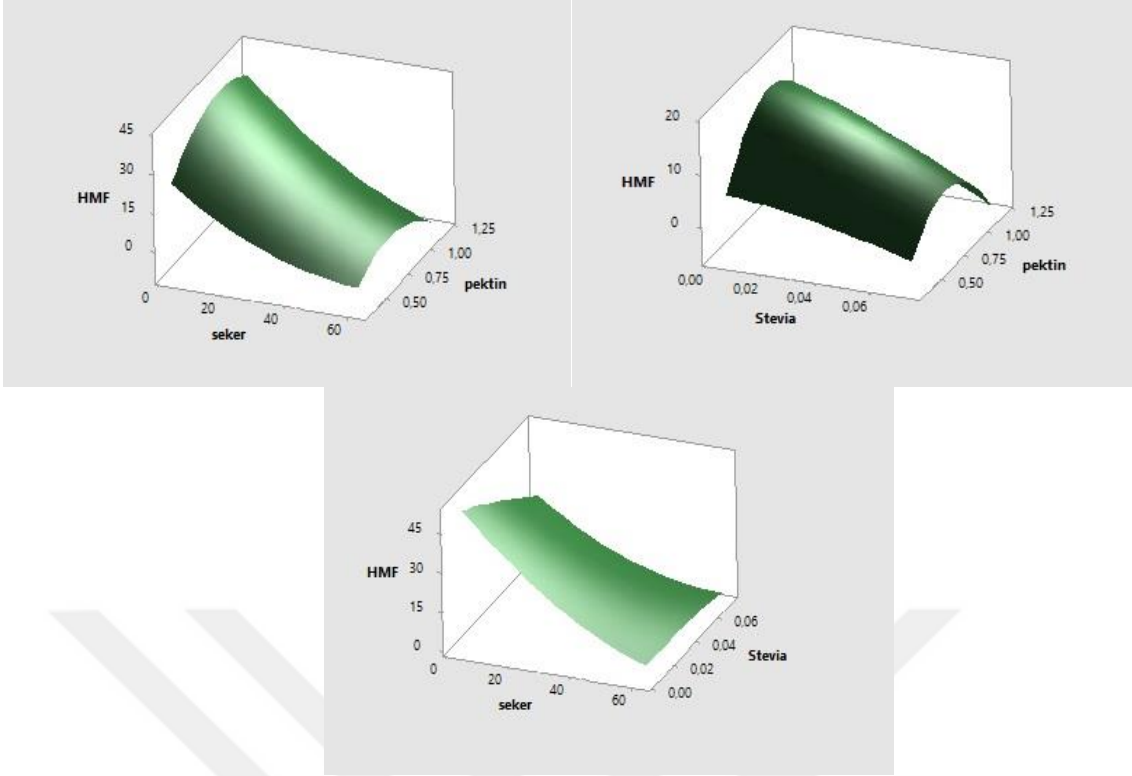
Çizelge 4.15. HMF için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	2140,30	237,811	6,50	0,004
Stevia	1	148,56	148,56	4,06	0,072
Pektin	1	0,01	0,009	0,00	0,988
Şeker	1	965,97	965,97	26,41	0,000
Stevia*stevia	1	1,48	1,482	0,04	0,844
pektin*pektin	1	151,70	151,698	4,15	0,069
şeker*şeker	1	67,53	67,53	1,85	0,204
Stevia*pektin	1	5,57	5,568	0,15	0,705
Stevia*şeker	1	31,60	31,604	0,86	0,374
pektin*şeker	1	18,56	18,56	0,51	0,492
Uyumsuzluk	5	188,74	37,748	1,07	0,473

HMF sonuçları için kodlanmamış parametreler üzerinden verilen model denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\text{HMF} = 13,4 - 200 \text{ Stevia} + 97,7 \text{ pektin} - 1,046 \text{ şeker} - 802 \text{ Stevia*Stevia} - 51,9 \text{ pektin*pektin} + 0,00707 \text{ şeker*şeker} - 167 \text{ Stevia*pektin} + 5,68 \text{ Stevia*şeker} - 0,348 \text{ pektin*şeker}$$

Model eşitlik uyum eksikliği önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunmadığını göstermektedir. Ayrıca R^2 değeri 0,8541 bulunmuş olup, modelin verileriyle uyumlu olduğu söylenebilir.



Şekil 4.6. Bağımsız değişkenlerin HMF oluşumuna etkisi

Maillard reaksiyonunun mekanizmasında oksijen, sıcaklık, süre, pH, su aktivitesi, reaksiyon kaynakları gibi birçok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Maillard reaksiyonunda, ortamda bulunan şekerin türünün de önemi vardır. Şekerin türü, amino asit türünden daha önemlidir (Buera ve ark. 1987; Alais ve Linden 1991). Bu nedenle, HMF için oluşturulan modelde, sakkarozun HMF oluşumuna etkisinin önemli bulunmasının, literatürde belirtilen sonuçlar ile uyumlu olduğu ifade edilebilir. Sakkaroz miktarının düşük olduğu örneklerde, meyve miktarının artması ile ortamda daha fazla fruktoz bulunacağı, bunun da daha yüksek HMF oluşumuna neden olacağı sonucu çıkmaktadır. Çünkü pH 3,5'ta fruktozun, glikozdan 31,2, sakkarozdan 577,2 kez daha hızlı tepkimeye girebildiği (Buera ve ark. 1987; Alais ve Linden 1991) bilinmektedir. Sakkaroz indirgen şeker olmadığı için direkt Maillard reaksiyonuna uğramaz fakat özellikle düşük pH'larda asit ortamın oluşması ve sakkarozun hidrolize uğramasıyla glikoz ve fruktoz açığa çıkar ve Maillard reaksiyonuna katılır. Sakkarozun hidrolizi ortamın pH'sıyla yakından ilişkilidir. Reçellerde sakkaroz miktarı azaltılarak, meyve miktarının artırılması ile ortamdaki fruktoz ve aminoasit miktarının da artışının HMF oluşumuna katkı sağladığı düşünülebilir.

Güzel ve Mercan (2004) tarafından yapılan çalışmada meyve oranı ile glikoz ve fruktoz şurubu farklı oranda eklenerek hazırlandığı 18 farklı çilek reçeli örneğinin HMF sonuçları incelenmiştir. Örneklerin ortalama HMF miktarı 38,44 mg/kg olarak belirlenmiştir. Genel olarak fruktoz şurubu içeren reçeller, glikoz şurubu içeren reçellere oranları daha yüksek HMF içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca reçel örneklerinde meyve oranı arttıkça, HMF değerleri de artmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada farklı oranlarda stevia eklenerek değişik formülasyonlarla hazırlanan bisküvi örneklerinin HMF içerikleri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde % 30'un üzerinde sakkaroz oranı düşürülüp, yerine stevia eklenen bisküvi örneklerinin HMF içeriklerinde önemli bir düşüş gözlenmiştir (Garcia-Serna ve ark. 2014).

Reçel örneklerine farklı miktarda sitrik asit eklenmesinin HMF oluşum mekanizmasını etkileyeceği düşünülebilir. Görtay ve ark. (1997) yaptığı çalışmada farklı düzeylerde pektin ve sitrik asit eklemesiyle ahududu marmelatı denenmiştir. Marmelat denemelerinde kullanılan sitrik asit miktarı % 0,1-0,3, pektin miktarı ise % 0,8-1,2 aralığındadır. Oluşturulan 9 farklı reçeteyle üretilen marmelatların HMF değerleri ölçülmüş, sonuçlar 54,1-193,0 mg/kg arasında belirlenmiştir. Farklı düzeylerde eklenen sitrik asit ve pektin miktarı HMF oluşumunu etkilemiştir. En yüksek HMF içeren reçel örneğinin % 1,2 pektin ve % 0,3 sitrik asitle hazırlanan örnek olduğu görülmüştür.

Reçel denemelerinde pektin miktarındaki artışla HMF içeriğinin artışı genel olarak gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada endüstri ve çeri tipi yeşil domateslerle, farklı oranda pektin eklenerek hazırlanmış reçel örneklerinin HMF içerikleri incelenmiştir. Çeri tipi domateslerle hazırlanmış reçellerin HMF oranı daha yüksek bulunmuştur. Çeri tipi domateslerin indirgen şeker ve serbest amino asit miktarlarının yüksek oluşu sonuç olarak açıklanmıştır. Çeri tipi domateslerle farklı oranda pektin içeren reçel denemelerinde ise pektin miktarı arttıkça HMF içeriğinin arttığı gözlenmiştir (Özdoğan ve Yılmaz 2011).

4.4. Reoloji Sonuçları

Hazırlanan reçel örnekleri ve ticari reçel örneği akma gerilimi ve vizkosite değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.16) Newton tipi olmayan akış özelliği göstermiştir. Sadece ticari tatlandırıcı ile hazırlanan örnekte akış Newton tipi akıştır. Çizelge 4.17'de ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçelin sonuçları görülmektedir.

Basu ve ark (2013) yaptığı çalışmada şeker yerine farklı oranlarda stevioside ve sukraloz eklenen ürünlerde, şeker azaltılıp, stevioside ve sukraloz oranının yüksek kullanıldığı ürünlerde sonuç olarak suda çözünür kuru madde oranı düşmüş, Herschel-Bulkey modeline göre akma gerilimi de düşmüştür. Suda çözünür kuru madde oranı düştükçe reçellerdeki akış, Newton tipi akışa doğru yönelmiştir. Stevioside içeriği % 25'in üzerindeki örnekler reçelin karakteristik özelliklerini gösterememişlerdir. Ticari tatlandırıcılı reçel örneğinde sadece tatlandırıcı kullanılmasından dolayı örneğin suda çözünür kuru madde içeriği en düşük olan örnek olmuştur ve akış Newton tipi akış özelliği göstermiştir.

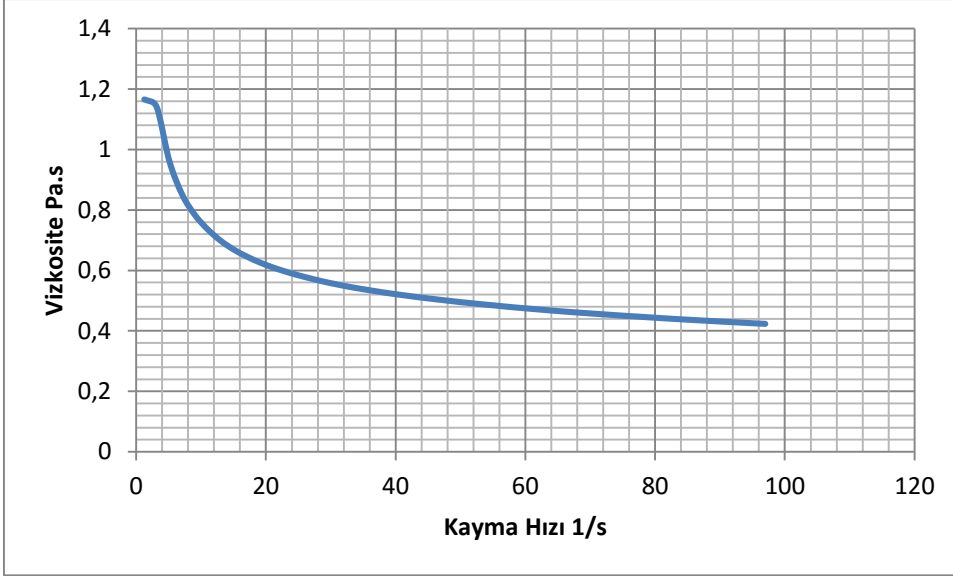
Çizelge 4.16 Reçel örneklerinin viskozitesi ve Herschel Bulkley modeline göre akma gerilimleri

Örnek No	R ² değerleri	Viskozite (Pa.s)	Akma Gerilimi Herschel-Bulkley τ_0 (Pa)
1	0,98	0,253	0,024
2	0,95	0,498	3,421
3	0,95	6,53	18,3
4	0,96	0,535	7,37
5	0,97	0,578	7,345
6	0,96	0,572	9,178
7	0,96	0,656	21,42
8	0,98	0,59	6,396
9	0,97	0,349	16,52
10	0,95	0,598	8,321
11	0,99	0,488	0,569
12	0,99	0,22	5,004
13	0,98	0,136	1,274
14	0,97	0,633	14,264
15	0,98	2,78	50,02
16	0,97	0,371	6,818
17	0,98	0,822	0,324
18	0,99	0,362	8,27
19	0,96	3,992	27,366
20	0,97	0,085	0,148

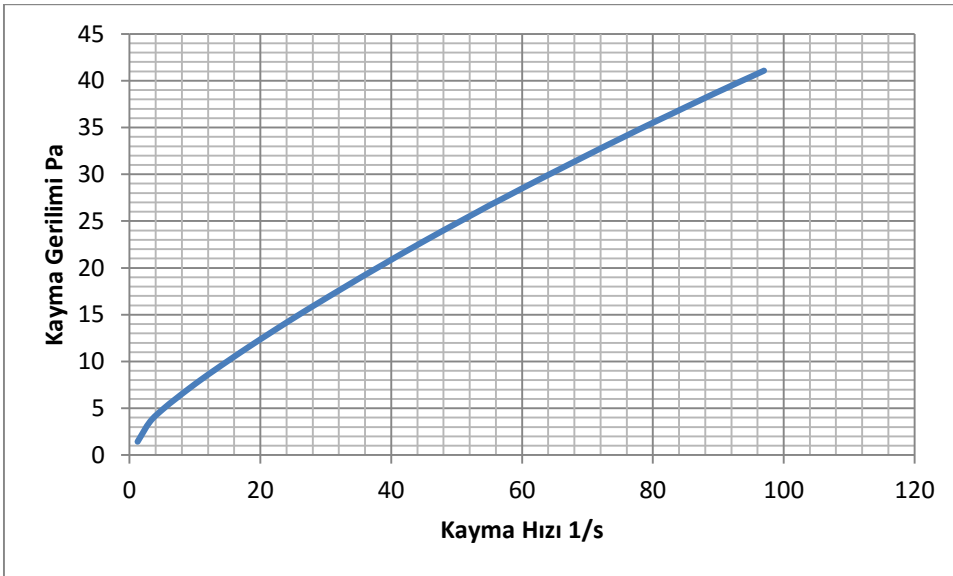
Çizelge 4.17 Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçel örneklerinin viskozitesi ve Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimleri

Örnek No	R ² değerleri	Viskozite (Pa.s)	Akma Gerilimi Herschel-Bulkley τ_0 (Pa)
Ticari reçel	0,98	1,84	0,78
Ticari tatlandırıcılı	0,97	0,01	-

Reoloji ölçümleri sırasında elde edilen grafiklere örnek olarak 11 numaralı reçel denemesi için, vizkositenin kayma hızı ile değişim grafiği (Şekil 4.7) ve kayma geriliminin kayma hızı ile değişim grafikleri verilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. 11 numaralı reçel denemesi için vizkositesinin kayma hızı ile değişimi



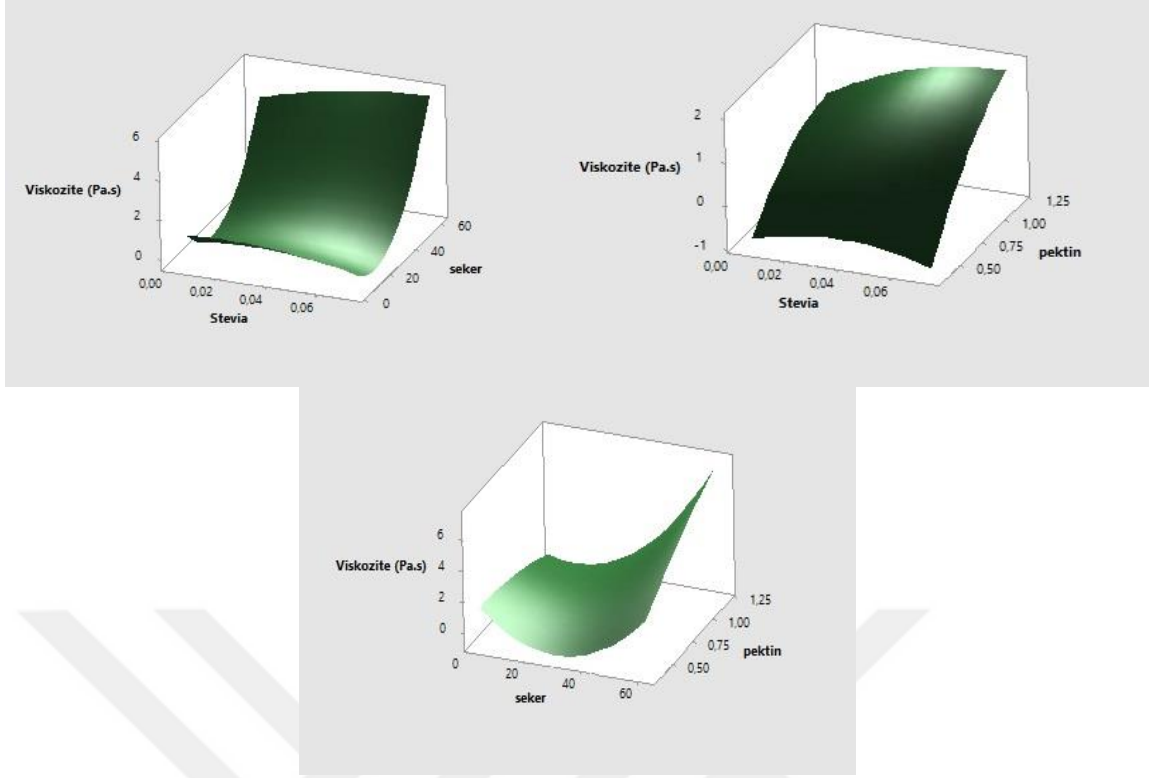
Şekil 4.8. 11 numaralı reçel denemesi için kayma geriliminin kayma hızı ile değişimi

4.4.1. Stevia, pektin ve şekerin böğürtlen reçelinin viskozite üzerine etkisi

Viskozite için oluşturulan modelin varyans analizi (Çizelge 4.18) 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuş ve R^2 değeri 0,8737 olarak tespit edilmiştir. Bu değere göre modelin elde edilen verilerle uyumlu olduğu söylenebilir. Elde edilen regresyon parametrelerine göre pektin ve şekerin lineer etkisi, şekerin karesel etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$). F değerleri incelendiğinde şeker ilk sırada etki ederken, şekerin karesel etkisi ve pektin bunları takip etmektedir. Bununla birlikte, model eşitlik uyum eksikliği önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunduğunu göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin viskoziteye etkisi Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Viskozite için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	42,2234	4,6915	7,68	0,002
Stevia	1	0,3559	0,3559	0,58	0,463
Pektin	1	5,0161	5,0161	8,22	0,017
Şeker	1	33,9034	33,9034	55,53	0,000
Stevia*stevia	1	0,1758	0,1758	0,29	0,603
pektin*pektin	1	0,2573	0,2573	0,42	0,531
şeker*şeker	1	13,0942	13,0942	21,45	0,001
Stevia*pektin	1	0,0903	0,0903	0,15	0,709
Stevia*şeker	1	0,2708	0,2708	0,44	0,520
pektin*şeker	1	2,4134	2,4134	3,95	0,075
Uyumsuzluk	5	6,0985	1,2197	839,91	0,000



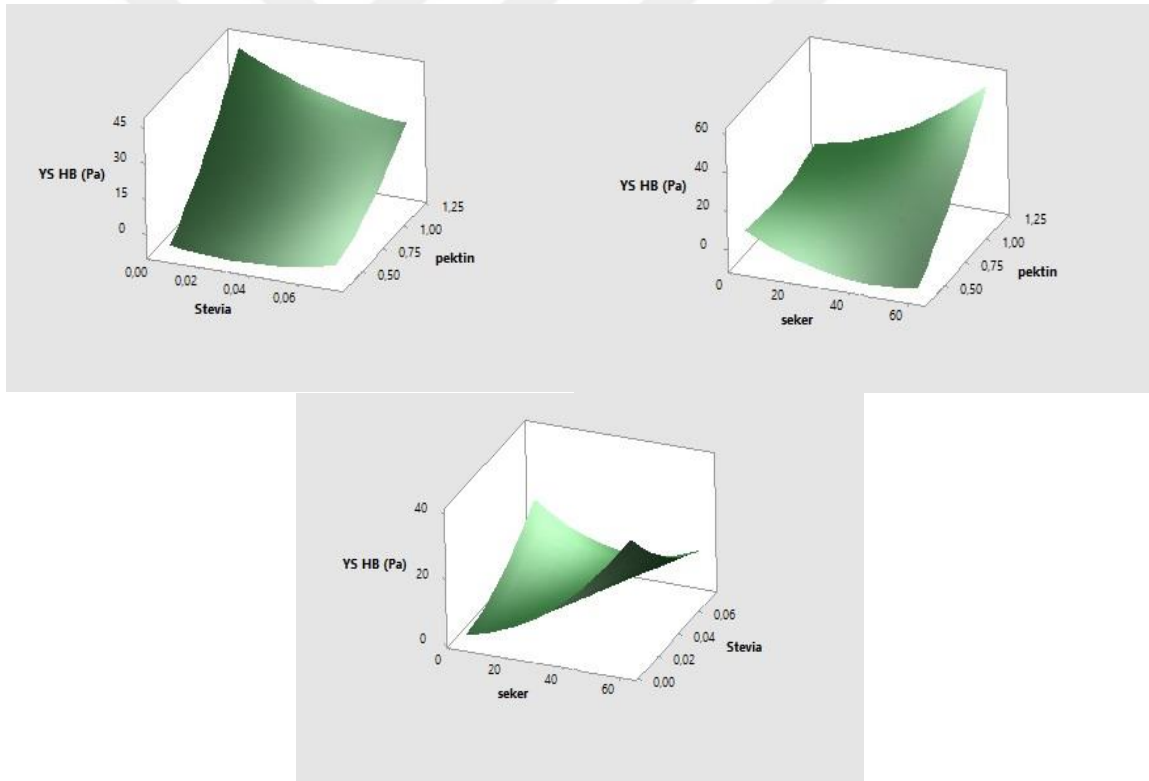
Şekil 4.9. Bağımsız değişkenlerin viskoziteye etkisi

4.4.2. Stevia, pektin ve şekerin Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimine etkisi

Çizelge 4.19’da Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimi için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analizi sonuçları görülmektedir. Varyans analizi 0,05 düzeyinde önemli bulunmuş ve R^2 değeri 0,8232 olarak tespit edilmiştir. Bu değere göre modelin elde edilen verilerle uyumlu olacağı söylenebilir. Elde edilen sonuçlara göre pektin ve şekerin lineer etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). F değerlerine bakıldığında pektinin etkisi ilk sırada yer almaktadır. Model eşitlik uyum eksikliği önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Bu sonuç deneysel sonuçlarla model eşitliğinin verdiği sonuçlar arasında uyumsuzluk bulunduğunu göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimine etkisi Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimi için oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Model	9	2241,35	249,04	5,17	0,008
Stevia	1	66,91	66,91	1,39	0,266
Pektin	1	1626,70	1626,70	33,80	0,000
Şeker	1	402,26	402,26	8,36	0,016
Stevia*stevia	1	23,41	23,41	0,49	0,501
pektin*pektin	1	33,82	33,82	0,70	0,421
şeker*şeker	1	107,16	107,16	2,23	0,167
Stevia*pektin	1	33,53	33,53	0,70	0,423
Stevia*şeker	1	121,53	121,53	2,53	0,143
pektin*şeker	1	222,93	222,93	4,63	0,057
Uyumsuzluk	5	461,39	92,28	23,16	0,002



Şekil 4.10. Bağımsız değişkenlerin Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimine etkisi

4.5. Suda çözümlü kuru madde, pH ve toplam asitlik tayini sonuçları

Hazırlanan reçel örneklerinin kuru madde, pH ve toplam asitlik tayini sonuçları çizelge 4.20’de verilmiştir. Ayrıca ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçel örneklerinin sonuçları da çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Suda çözümlü kuru madde, pH ve asitlik tayini sonuçları

Örnek no	Suda çözümlü kuru madde (%)	pH değeri	Toplam asitlik (g/100 g)
1	61	3,08	1,17
2	46	3,15	1,17
3	74	3,06	0,64
4	46	3,07	1,19
5	46	3,55	0,75
6	46	3,4	0,88
7	30	3,57	0,99
8	46	3,06	1,17
9	33	3,82	0,76
10	46	3,07	0,75
11	64	3,7	0,68
12	15	3,7	1,28
13	29	3,85	0,97
14	25	3,7	1,00
15	61	3,76	0,51
16	46	3,7	0,71
17	68	3,8	0,36
18	46	3,85	0,55
19	61	3,93	0,29
20	28	3,89	0,70

Çizelge 4.21. Ticari reçel ve ticari tatlandırıcılı reçelin suda çözümlü kuru madde, pH ve toplam asitlik sonuçları özelliklerinin sonuçları

Örnek	Suda çözümlü kuru madde (%)	pH değeri	Toplam asitlik (g/100 g)
Ticari reçel	71	3,37	0,57
Ticari tatlandırıcılı reçel	13	3,62	0,95

Suda çözümlü kuru madde hem meyveden hem de reçele eklenen sakkaroz, asit düzenleyici, pektinin suda çözümlü bileşenlerinden oluşmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde reçel örneklerine eklenen şeker miktarı arttıkça suda çözümlü kuru madde oranı yükselmiştir.

En yüksek miktarda şeker eklenmiş olan 3 numaralı örnek % 74 oranında en yüksek suda çözünür kuru maddeye sahiptir. Yine aynı şekilde en düşük şeker miktarına sahip 12 numaralı örnek ise %15 ile en düşük orana sahiptir. Eklenen meyve miktarındaki farklılıklar da düşük bir miktarda kuru maddeye etki etmiştir. Türk Gıda Kodeksi'nde geleneksel ve ekstra geleneksel reçellerde refraktometre ile tayin edilen çözünebilir kuru madde miktarı %68'den az olamayacağı belirtilmiş, fakat şeker yerine tamamen veya kısmen tatlandırıcı kullanılan ürünler muaf tutulmuştur. Bu sebeple şeker miktarı yüksek iki örnek hariç diğer tüm örnekler, %68'in altında kalmıştır (Anonim 2006).

Yapılan bir çalışmada düşük kalorili greyfurt kabuğu reçeli üretimi için ksilitol, polidekstroz, ve izomalt poliollerini farklı oranda karıştırılarak denemeler yapılmıştır. Oluşturulan formülasyonlarla 9 farklı düşük kalorili reçelin briks değerleri %46 ve %60 oranında değişim göstermiş, eklenen şeker miktarı arttıkça briks değeri yükselmiştir (Şahin 2006).

Reçel örneklerinin pH ölçümleri sonucu pH değerleri 3,07 – 3,93 aralığında değişim göstermiştir. Türk Gıda Kodeksi'nde reçellerde olması gereken pH aralığı 2,8- 3,5 olarak belirlenmiştir (Anonim 2006). Piyasadan temin edilen böğürtlen reçelinin pH değeri bu aralık içerisinde. Fakat hazırlanan reçel örneklerinin bir kısmı bu değer üzerinde çıkmıştır. Her reçel denemesi için, pişirme işlemi bittikten sonra pH-metre ile ölçüm yapılarak çıkan pH sonucuna göre sitrik asit eklenmiş, pH 3,0 dolaylarında sabitlenmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla reçellere eklenen sitrik asit miktarı farklılık göstermiştir. Poliollerin üç farklı seviyede kombinasyonları kullanılarak üretilen kalorisi düşürülmüş greyfurt kabuğu reçelleri için ölçülen pH değerlerinin hepsinin 4,00'ün üzerinde olduğu belirtilmiştir (Şahin 2006).

Basu ve ark. (2011) tarafından sorbitol kullanılarak üretilen düşük kalorili mango reçelinde şeker miktarı düşürülerek yerine tatlandırıcı olarak sorbitol kullanılmıştır. Pektin oranı %1 olarak ayarlanmış ve pH ayarlaması için % 10'luk sitrik asit çözeltisi kullanılıp, pH-metre ile ölçüm yapılarak pH 3,4'e ayarlanmış ve sabit tutulabilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada böğürtlen marmelatından 8 adet örnek hazırlanmış, marmelat hazırlanırken 4500 g meyve pulpu, 4500 g şeker ve 800 g pektin pektin çözeltisi ve 10 g sitrik asit eklenmiştir. Oluşan ürünlerin pH değerleri incelenmiş ve pH 3,3 olarak bulunmuştur (Çevik ve Erhan 2003).

Reçel örneklerinin toplam asitlik sonuçları 0,29 ile 1,28 g/100g değer aralığında bulunmuştur. Örneklere eklenen sitrik asit miktarı düştükçe toplam asitlik değerlerinde de

düşüş gözlenmiştir. Ayrıca meyve oranı arttıkça toplam asitlikte de artış dikkat çekmektedir. Reçellere asit eklenmesinin birincil nedeni doğal meyve lezzetini arttırmak, ikincisi ise jel oluşum mekanizmasına destek sağlamaktır. Reçelerde arzu edilen ekşi tadın oluşabilmesi için genellikle 0,3 ile 1,5 g/100g asitlik değerleri duyuşal açıdan algılanan ekşiliğın hissedilebilmesi için yeterli olduğu bildirilmiştir. Ayrıca reçelerde kullanılan meyve türüne göre toplam asitlik değeri daha yüksek veya daha düşük olmaktadır (Altuğ ve ark. 2001). Reçel örneklerinin hepsinde toplam asitlik değeri bahsedilen sınırlar için uygundur. Çevik ve Erhan (2003)'ün yaptığı çalışmada böğürtlen marmelatlarının toplam asitlik değerleri 0,572 g/100g olarak ölçülmüştür. Farklı frenk üzümü çeşitleriyle yapılan reçel denemelerinde toplam asitlik değerleri 1,26- 1,82 g/100g arasında bulunmuştur. Bu farklılığının reçel üretiminde kullanılan farklı tip frenk üzümünün asitlik değerlerinin farklılık göstermesi, bazı çeşitlerinin ham olarak asitliğinin yüksek olmasından kaynaklı olduğu düşünölmüştür (Esin 2011).

4.6. Düşük kalorili reçel formölasyonunun belirlenmesi

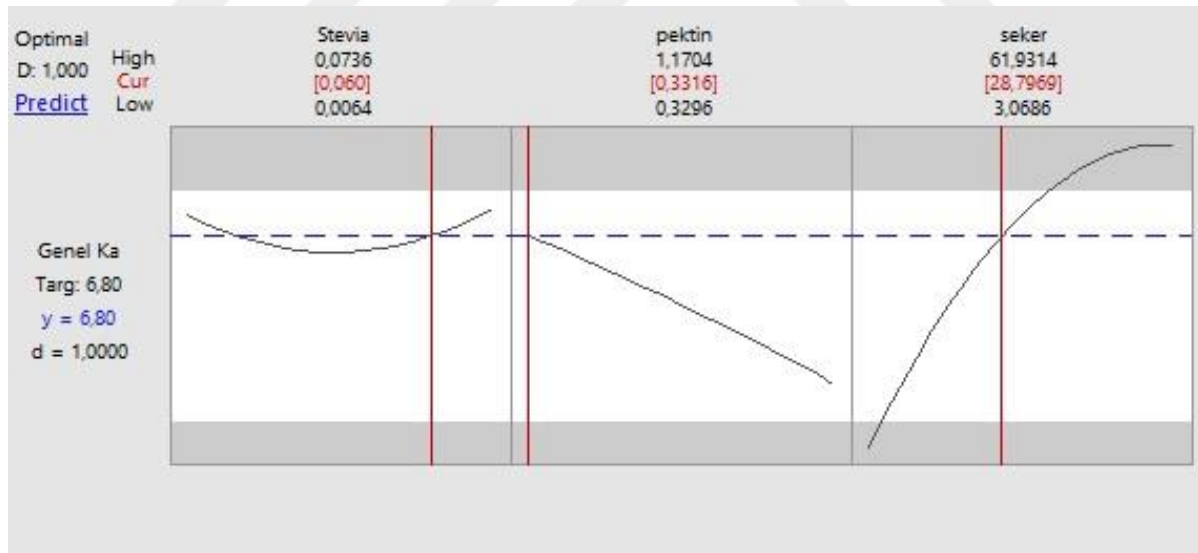
Cevap yüzey yöntemi kullanılarak oluşturulan reçel formölasyonunun optimizasyonu, R^2 değerleri 0,85 ve üzeri olan, model eşitlik uyum eksikliği önemsiz bulunan ($P>0,05$) analiz sonuçları kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 4.22'de farklı analizler için oluşturulmuş modellere ait R^2 değerleri ve model uyum eksikliği değerleri görölmektedir. Bu değerlere göre, genel kabul edilebilirlik, kıvam, tat ve HMF'ye ait modellerin optimizasyon çalışmasında kullanımı denenmiştir. Bu denemeler içinde sadece genel kabul edilebilirliğe ilişkin model kullanılarak yapılan çalışmada, şeker miktarı düşürölmüş olup, bu çalışmanın ayrıntıları verilmiştir. Ticari reçelin genel kabul edilebilirlik puanı hedef olarak seçilerek reçel formölasyonunun optimizasyon çalışması yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada stevianın alabileceğı maksimum değer olarak % 0,06 değeri göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 4.22. Modellere ait R² değerleri ve model uyum eksikliği değerleri

Analiz	R ²	Model Uyum Eksikliği
Genel Kabul Edilebilirlik	0,9633	0,058
Kıvam	0,9065	0,112
Görünüm	0,9303	0,028
Koku	0,8881	0,011
Tat	0,9336	0,139
HMF	0,8541	0,473
Viskozite	0,8737	0,000
Akma Gerilimi Herschel-Bulkley	0,8232	0,002
L	0,8367	0,379
A	0,8564	0,017
B	0,8352	0,000

Reçel formülasyonu optimizasyonu sonucunda ticari reçele ait genel kabul edilebilirlik açısından en yakın reçel örneği için tahmin edilen formülasyon, % 0,06 stevia, % 0,3316 pektin ve % 28,7969 şeker içeren reçel formülasyonu olmuştur (Şekil 4.10).



Şekil 4.11. Cevap yüzey yöntemi ile bileşenlerin optimizasyonu

Optimizasyon çalışması sonucunda elde edilen % 0,06 stevia, % 0,3316 pektin ve % 28,7969 şeker içeren reçel formülasyonu kullanılarak üretilecek örneğin, ticari örneğe kıyasla şeker içeriği düşürülmüş olacaktır. Bu örneğin ticari örneğe en yakın kabul edilebilirlik değerine sahip olacağı tahmin edilmiştir.

Cevap yüzey yöntemi gibi istatistik tabanlı yöntemler sayesinde basit empirik modeller kullanarak sistem modellenenilmekte, sistemin cevabını etkileyen çok sayıda değişken bir arada ve eş zamanlı olarak incelenebilmekte ve prosesin işlem parametrelerindeki değişime verdiği cevap en iyi şekilde tanımlanabilmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, yeni ürün geliştirmede (Abdullah ve Cheng 2001), (Yıldız 2002), ürünlerin bileşenlerinin planlamasında (Velioğlu 2010), (Alifakı 2013), (Parsayee ve ark. 2014), (Hendek-Ertop 2014), (Karasu 2015) sıcaklık, süre, pişirme gibi faktörlerin ürüne etkisinin incelenmesinde (Sivrioğlu-Karakaya 2013), (Alifakı 2013) biyoteknolojik çalışmalarda (Baş 2005) cevap yüzey yöntemi kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Beklenen en iyi cevaba karşılık, bağımsız değişkenlerin optimizasyonunun sağlanması, sistemin tahmin ettiği cevapla, deneysel yolla elde edilen verilerin birbirine yakın değerler oluşturmasıyla başarılı sonuçlara ulaşılmıştır.

Optimizasyon çalışmasıyla elde edilen reçel formülasyonu kullanılarak, 2 tekrarlı böğürtlen reçeli denemesi yapılarak, düşük kalorili böğürtlen reçeli üretimi gerçekleştirilmiştir. Düşük kalorili böğürtlen reçelinin suda çözünür kuru madde, pH, toplam şeker, duyu analizi ve HMF tayinleri yapılmış, ticari reçelin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlar çizelge 4.23'te verilmiştir. Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçellerinin suda çözünür kuru madde içeriği % 51, ticari reçelin suda çözünür kuru madde içeriği ise % 71 olarak saptanmıştır. Tebliğ'de suda çözünür kuru madde oranı en az % 25 oranında azaltıldığında, ürün "düşük şekerli" olarak adlandırılacağı bildirilmiştir (Anonim 2006). Bu çalışmada üretilen kalorisi azaltılmış böğürtlen reçelinin, suda çözünür kuru madde içeriğinin % 28,2 oranında azaltılmış olması ile düşük şekerli reçel sınıfına girdiği ifade edilebilir.

Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçelinin toplam şeker içeriği % 51,16 ticari reçelin ise % 74,99 olarak bulunmuştur. Elde edilen verilerle reçel örneklerinin şeker içeriğinin, ticari reçele oranla % 31,77 azaltıldığı sonucuna varılabilir. Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçelinin başlangıç bileşim oranı dikkate alınıp, burada protein içeriğinin ihmal edilerek, reçelin enerjisi sadece toplam şeker üzerinden hesaplanacak olursa, kalorisi azaltılmış böğürtlen reçelinin enerjisi, ticari reçele oranla % 31,77 oranında azaltıldığı sonucuna varılabilir. Tebliğ'de enerjisi azaltılmış gıda orijinal gıdaya ve benzeri ürüne göre enerji değeri en az %30 azaltılmış gıda olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2013). Elde edilen enerji değerindeki azalma ile reçel örneği enerjisi azaltılmış gıda sınıfına girdiği söylenebilir.

Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçelinin pH değeri 3,02 olarak belirlenmiştir. Ticari reçelin pH değeri ise 3.37 olarak ölçülmüştür. Cemeroğlu (2004)'ün belirttiği gibi genellikle

kuru madde oranı yükseldikçe istenen pH derecesi de yükselmektedir. Reçel denemelerinin HMF içeriği 20,093 mg/kg kuru madde, ticari reçelin ise 28,459 mg/kg kuru madde olarak saptanmıştır. Denemelerin HMF içeriği, ticari reçele oranla daha düşük olarak belirlenmiş, arzu edilen HMF içeriği düşük reçel elde edilmiştir.

Çizelge 4.23. Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçeli ve ticari reçele ait analiz sonuçları

Örnek	Suda çözünür kuru madde (%)	Toplam Şeker (%)	pH	HMF (mg/kg kuru madde)
Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçeli	51	51,16	3,02	20,093
Ticari reçel	71	74,99	3,37	28,459

Örneklerin kıvam, görünüm, koku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik kriterleri açısından değerlendirildiği duysal analize ait sonuçlar Çizelge 4.24'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kıvam dışındaki tüm kriterlerde kalorisi azaltılmış böğürtlen reçeli, ticari reçele göre daha yüksek puan almıştır. İstatistiksel analiz sonucunda düşük kalorili böğürtlen reçeli ile ticari reçel arasında bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$).

Çizelge 4.24. Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçeli ve ticari reçel duysal analiz sonuçları^a

Örnek No	Kıvam	Görünüm	Koku	Lezzet	Genel Kabul Edilebilirlik
Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçeli	7,42±0,288	7,92±0,193	7,08±0,379	7,58±0,229	7,58±0,193
Ticari reçel	8,17±0,307	7,83±0,477	6,83±0,654	7,00±0,365	7,33±0,211

^a Sonuçlar 7 değerın ortalaması olarak verilmiştir.

Çin turbu reçeli üretimi için optimum içerik miktarlarını belirlemek üzere cevap yüzey yöntemi kullanılarak 4 tekrarlı, 18 farklı reçel formülasyonu oluşturulmuştur. Bağımsız değişken olarak şeker (% 45-70), pektin (% 0,5-2) ve sitrik asit (% 0,2-05) kullanılmıştır. Renk, koku, tat, kıvam ve genel kabul edilebilirlik kriterleriyle duysal analiz, briks, renk ve sertlik tayinleri yapılmış, elde edilen deneysel verilerin varyans analizi yapılmıştır. Bu verilerle, briks değerini maksimum, renkte L değeri maksimum, b değeri minimum, sertlik

minimum, duysal analizde renk, koku, tat, kıvam ve genel kabul edilebilirlik değerleri maksimum olacak şekilde reçel formülasyonun optimizasyonu yapılmıştır. Reçel formülasyonu optimizasyonu sonucunda istenilen kalite kriterlerine en yakın reçel örneği için tahmin edilen formülasyon % 53,7 şeker, % 1 pektin ve % 0,3 sitrik asit içeren reçel formülasyonu olmuştur. Yapılan optimizasyon sonucunda elde edilen reçel formülasyonu için modelin tahmin ettiği briks değeri % 56,3 renkte L değeri 42,5, b değeri 6,4, sertlik 113,5 g'dır. Reçele uygulanan analizler sonucu ise, briks değeri % 59, L değeri 44,7, b değeri 7,0, sertlik 101,7 g olarak belirlenmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında modelin tahmin ettiği sonuçlarla deneysel sonuçlar birbirlerine yakın değerler olarak belirlenmiş, tahmin edilen formülasyonla oluşturulan reçel, fonksiyonel gıda olarak ticari açıdan marketlerde yer alabilmesinin mümkün olacağı bildirilmiştir (Park ve ark. 2009).

Artan diyabet ve şişmanlık hastalıklarıyla, gıda biliminde dūřük kalorili ürünlerin üretilmesi ve bu ürünler üretilirken lezzet ve aromanın geliştirilmesi ęalıřmaları gün geętikęe artmaktadır. Bu yeni ürünler geliştirilirken tüketicinin beklentisi olan lezzetin orijinal ürüne duysal ağıdan en yakın seviyede olması ve kullanılan bileşenlerin güvenli olması yapılan denemelerde sürekli iyileştirmeleri ve geliştirme ęalıřmalarını hızlandırmıştır. Son yıllarda doğal iğerikli ürünler de tüketicinin tercihleri arasında yer almakta doğal iğerikli ürünlere talep gittikęe artmaktadır. Bu ęalıřmada, doğal tatlandırıcılar arasında yer alan ve popüleritesi gittikęe artan stevianın dūřük kalorili reğel üretiminde kullanılabileceği ve yapılan analizlerle ticari ürünün duysal özelliklerine yakın bir reğel elde edilebileceği tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Reçel formülasyonlarının optimizasyonu için cevap yüzey yöntemi kullanılmış, reçel reçetesi cevap olarak seçilmiştir. Pektin, şeker ve stevia miktarıyla üç faktörlü merkezi birleşik tasarım modeli oluşturulmuş, 6 tekrarlı 20 farklı reçel formülasyonu oluşturulmuştur. Farklı içeriklerle oluşturulan reçel örneklerinde, seçilen bağımsız değişkenlerin reçelin kalite kriterlerine etkisi başarılı bir şekilde tanımlanmıştır.

Örneklerin renk değerleri incelendiğinde, genel olarak tüm örneklerin L değerleri ticari reçele yakın, parlak görünümlü, a ve b değerlerinde ise ticari reçele yakın örneklerin bulunduğu saptanmıştır.

Tüm örneklerin kıvam, görünüm, koku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik kriterlerini içeren duyu analizi sonuçlarına bakıldığında, 3 örnek genel kabul edilebilirlik açısından ticari örneğe göre daha yüksek puan almıştır. Yapılan varyans analizi sonucu pektin ve şekerin lineer etkisi, stevia'nın ve şekerin karesel etkisinin reçelin genel kabul edilebilirlik üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Ayrıca şeker ve pektin etkileşiminin etkisi de $0,05$ anlamlılık düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tüm reçel örneklerinin HMF tayini yapılmış, reçellerin kuru madde bazında HMF içeriklerinin $0,792- 37,245$ mg/kg kuru madde aralığında değiştiği saptanmıştır. Ticari reçel ve ticari tatlandırıcı ile yapılan reçelin HMF içerikleri sırasıyla $28,459$ ve $71,888$ mg/kg kuru madde olarak bulunmuştur. Reçel denemelerinde bir örnek hariç diğer tüm örneklerin HMF içeriği ticari örneklere oranla oldukça düşüktür. Elde edilen sonuçlarla oluşturulan modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçlarında HMF oluşumuna şekerin lineer etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Örneklerin reolojisi incelenerek, vizkosite değerleri ve Herschel-Bulkley modeline göre akma gerilimleri ölçülmüştür. Hazırlanan tüm reçel örnekleri ve ticari reçel örneği akma gerilimi ve vizkosite değerleri incelendiğinde Newton tipi olmayan akış özelliği göstermiştir. Sadece ticari tatlandırıcı ile hazırlanan örnekte akış Newton tipi akıştır.

Örneklerin suda çözünür kuru madde içeriklerine bakıldığında, reçel örneklerine eklenen şeker miktarının artmasının suda çözünür kuru madde oranının yükselmesine neden olduğu görülmüştür. Eklenen meyve miktarındaki farklılıklar da düşük bir miktarda kuru maddeye etki etmiştir. Şeker miktarı yüksek iki örnek hariç diğer tüm örneklerin suda çözünür kuru madde miktarı %68'in altındadır. Türk Gıda Kodeksi'nde geleneksel ve ekstra

geleneksel reçellerde refraktometre ile tayin edilen çözünebilir kuru madde miktarının %68'den az olamayacağı belirtilmiş, bununla birlikte şeker yerine tamamen veya kısmen tatlandırıcı kullanılan ürünlerde bu değerin geçerli olmadığı ifade edilmiştir.

Reçel örneklerinin pH ölçümleri sonucu pH değerleri 3,07 – 3,93 aralığında değişim göstermiştir. Türk Gıda Kodeksi'nde reçellerde olması gereken pH aralığı 2,8- 3,5 olarak belirlenmiş, fakat bazı örnekler bu değerin üstünde pH'ya sahip olduğu görülmüştür. Reçel örneklerinin toplam asitlik sonuçları 0,29 ile 1,28 g/100g değer aralığında bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarında deneysel verilerle oluşturulan modeller kullanılarak arzu edilen son ürün ve özelliklerinin optimizasyonu sağlanmıştır. Duyusal analiz sonuçlarında kıvam, görünüm, lezzet, koku, genel kabul edilebilirlik, HMF içeriği, reoloji ve viskozite sonuçları incelenmiş modellerin R² değerleri 0,85'in üzerinde ve uyumsuzluğun önemsiz olarak bulunduğu modeller reçelin optimizasyonu için kullanılmıştır. Bu değerlere göre, genel kabul edilebilirlik, kıvam, tat ve HMF'ye ait modellerin optimizasyon çalışmasında kullanımı denenmiştir. Bu denemeler içinde sadece genel kabul edilebilirliğe ilişkin model kullanılarak yapılan çalışmada, şeker miktarı düşürülmüş olup, ticari reçelin genel kabul edilebilirlik puanı hedef olarak seçilerek reçel formülasyonunun optimizasyon çalışması yapılmıştır. Optimizasyon sonucu ticari reçele genel kabul edilebilirlik açısından en yakın örneğin % 0,06 stevia, % 0,3316 pektin ve % 28,7969 şeker içeriğiyle hazırlanmış reçel formülasyonu olduğu belirlenmiştir. Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçelinin toplam şeker içeriği % 51,16 ticari reçelin ise % 74,99 olarak bulunmuştur. Elde edilen verilerle reçel örneklerinin şeker içeriği, ticari reçele oranla % 31,77 azaltılmıştır. Kalorisi azaltılmış böğürtlen reçeli ve ticari reçel örneği arasında duyusal olarak tüm kriterler açısından bir fark bulunmadığı saptanmıştır (P>0,05). Ayrıca HMF içeriği ticari reçele oranla düşük bir reçel elde edilmiştir. Suda çözünür kuru madde içeriği % 25'in üzerinde düşürüldüğü için reçel 'düşük şekerli reçel' sınıfında yer almıştır.

Yapılan bu çalışmayla, gıda ürünlerinin formülasyonlarının geliştirilmesinde cevap yüzeyi yönteminin başarı ile kullanılabileceği, stevianın reçel gibi gıda ürünlerinde kullanıldığında iyi sonuçlar verdiği ve HMF oluşum mekanizmasında etkisinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında, düşük kalorili reçel üretimi için bağımsız değişkenlerin aralıklarının daraltılarak, son üründe istenen tüm kalite özelliklerinin daha da iyileştirilmesi maksadıyla konu ile ilgili ayrıntılı çalışmaların yapılması önerilebilir. Ayrıca reçel formülasyonları için karışım dizaynı gibi yöntemlerin de

kullanılması ile meyve miktarının sabit tutularak, HMF oluşumuna etki eden faktörlerin daha da ayrıntılı incelenmesi önerilebilir.



6. KAYNAKLAR

- Abdullah A, Cheng T (2001). Optimization of Reduced Calorie Tropical Mixed Fruit Jam. *Food Quality and Preference*, 12: 63-68.
- Abelyan VH, Ghochikyan, VT, Markosyan, AA Adamyanyan, MO ve Abelyan, LA (2006). Extraction, Separation and Modification of Sweet Glycosides From The Stevia Rebaudiana Plant, United States Patent Application publication, US / 0134292 A1, Stevian Biotechnology Corporation, 1-19, Malezya.
- Akashi H, Yokoyama Y (1975). Security of Dried-leaf Extracts of Stevia: Toxicological tests. *Food Industry*, 18, 34-43.
- Alais C, Linden, G (1991). Non-enzymatic browning-the Maillard reaction, In "Food Biochemistry", I. D. Morton (Ed.), Ellis Horwood Limited, England, 222 pp.
- Alifakı YÖ (2013). Nohut Unu İlavesinin Kekin Dielektrik Özellikleri ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Altuğ T, Elmacı Y (2011). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Sidas Medya Ltd. Şti. İzmir.
- Altuğ T, Ova G, Demirağ K, Elmacı Y, Zorba M, Bahar B, Gür E, Uysal V, (2001). Asitliği Düzenleyiciler (T. Altuğ Editör). Gıda Katkı Maddeleri, Meta Basım, İzmir, 41-43.
- Anonim (2006). Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği. <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=9.5.10942&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=re%C3%A7el> (erişim tarihi, 23.06.2016).
- Anonim (2008). FDA U.S. Food and Drug Administration. Is Stevia an 'FDA approved' sweetener. <http://www.fda.gov/AboutFDA/Transparency/Basics/ucm214864.htm> (erişim tarihi 20.01.2016).
- Anonim (2011). EFSA European Food Safety Authority, Sweeteners. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/sweeteners> (erişim tarihi, 02.01.2016).
- Anonim (2013). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.18532&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=katk%C4%B1> (erişim tarihi, 23.06.2016).
- Arslan N (1994). Pektinin Fizikokimyasal Özellikleri, Üretimi Ve Gıdalarda Kullanımı.
- Basu S, Shivhare US, Singh TV (2013). Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering*, (114): 465-476.
- Basu S, Shivhare US, Singh TV, Beniwal VS (2011). Rheological, Textural and Spectral Characteristics of Sorbitol Substituted Mango Jam. *Journal of Food Engineering*, 105: 503-512.

- Baş D (2005). Enzimatik Reaksiyonlara ait Kinetik Katsayıların Cevap Yüzeyi Metodu ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Saptanması. Y. Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bourne MC (2002). Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Elsevier Science and Technology Books, pp 423.
- Brusick DJ (2008). A Critical Review of the Genetic Toxicity of Steviol and Steviol Glycosides. Food and Chemical Toxicology 46: 83-91.
- Buera MDP, Chirife J, Resnik SL, Wetzler G (1987). Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: Kinetics of color changes due to Maillard's reaction between single sugars and glycine and comparison with caramelization browning. Journal of Food Science, (52): 1063-1067.
- Cadena RS, Cruz AG, Netto RR, Castro WF, Faria JAF, Bolini HMA (2013). Sensory profile and physicochemical characteristics of mango nectar sweetened with high intensity sweeteners throughout storage time. Food Research International, (54): 1670–1679.s
- Carakostas MC, Curry LL, Boileau AC, Brusick DJ (2008). Overview: The History, Technical Function and Safety of Rebaudioside A, a Naturally Occurring Steviol Glycoside, for Use in Food and Beverages. Food and Chemical Toxicology 46: 1-10.
- Cemeroğlu B (2007). Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yay. No:34 Ankara.
- Cemeroğlu B. (2004) Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara,
- Curry L, Robert A (2008). Subchronic Toxicity of Rebaudioside A. Food and Chemical Toxicology, 46: 11-20.
- Çevik İ, Erhan M (2003). Bazı üzüksü meyve çeşitlerinin teknolojik özellikleri üzerine araştırma. Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi, Sayı 3.
- Demirci M (2010). Gıda Kimyası, Yenilenmiş 5. baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 40, 292 s, İstanbul.
- Demirci, M (2011). Beslenme, Yenilenmiş 5. baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 44, 370 s, İstanbul.
- Endress HU, Mattes F, Norz K (2005). Pectins. Handbook of Food Science, Technology and Engineering.
- Esin Y (2011). Frenk üzümünden (Ribes Spp.) üretilen reçel ve marmelatların fitokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Gajar AM, Badrie N (2001). Processing and Quality Evaluation of a Low-Calorie Christophene Jam (Sechium edule (Jacq.) Swartz. Journal of Food Science, 67: 347.
- Garcia-Serna E, Martinez-Sanez N, Mesias M, Morales FJ, Castillo MD (2014). Use of Coffee Silverskin and Stevia to Improve the Formulation of Biscuits. Pol. J. Food Nutr. Sci., (64) 4: 243–251.

- Geuns JMC (2003). Molecules of Interest Stevioside. *Phytochemistry*, 64: 913-921.
- Görtay Ş, Kılıç O, Özler N (1997). Bursa yöresinde yetişen ahududu meyvesinin bileşimi ve bu meyveden üretilen marmelatların özellikleri üzerine bir araştırma. *Gıda*, 22 (2): 117-122.
- Güzel YM, Mercan T (2004). Farklı reçeteler kullanılarak üretilen çilek reçellerindeki hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu ve depolama süresindeki değişim. *Gıda Yem ve Bilim Teknolojisi*, Sayı 6.
- Hendek-Ertop M (2014). Ekşi Hamur Formül Optimizasyonunun Ekmeğin Aromatik Profili, Biyoaktif Nitelikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri. Y. Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Holzwarth M, Korhummel S, Siekmann T, Carle R, Kammerer DR (2013). Influence of Different Pectins, Process and Storage Conditions on Anthocyanin and Colour Retention in Strawberry Jams and Spreads. *LWT - Food Science and Technology*, 52: 131-138.
- İnanç AL ve Çınar İ (2009). Alternatif Doğal Tatlandırıcı: Stevya. *Gıda*, 34 (6): 411-415.
- Johansen HN, Glitso V, Knudsen KEB (1996). Influence of Extraction Solvent and Temperature on the Quantitative Determination of Oligosaccharides from Plant Materials by High-Performance Liquid Chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1470-1474.
- Kalil SJ, Mauger F, Rodrigues MI (2000). Response Surface Analysis and Simulation as a Tool for Bioprocess Design and Optimization. *Process Biochemistry*, 35: 539-550.
- Kaplan B (2006). Çukurova Bölgesinde Satışa Sunulan Bazı Reçellerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Türk Gıda Kodeksine Uygunluğu Üzerine Bir Araştırma. Y. Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Karasu S (2015). Soğuk Pres Yağlar Kullanılarak Üretilen Salata Soslarının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Koç B, Ertekin FK, (2009). Yanıt Yüzey Yöntemi ve Gıda İşlemlerinde Uygulamaları. *Gıda Dergisi*, 1-8.
- Kola O (2013). Stevia Ekstraktının Gıdalarda Kullanımı. T.C. Burhaniye Kaymakamlığı ve İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Stevia (Şeker Otu) Konferansı, Ayvalık/Balıkesir.
- Kopjar M, Pilizota V, Tiban NN, Subaric D, Babic J, Ackar D, And Sajdl M (2009). Strawberry Jams: Influence of Different Pectins on Colour and Textural Properties. *Czech Journal Of Food Sciences*, 27: 20-28.
- Levaj B, Dragovic-Uzelac V, DANCEVIC T, Liber S, Repajic M, Bursac-Kovacevic D (2009). Quality of Clementine Jam Influenced by Purée Pretreatment, Sugar Type and Pectin Addition. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74: 227-231

- Mondaca RL, Vega-Gálvez A, Zura-Bravo L, Ah-Hen K (2012). Stevia Rebaudiana Bertoni, Source of a High-Potency Natural Sweetener: A Comprehensive Review on the Biochemical, Nutritional and Functional Aspects. *Food Chemistry* 132: 1121-1132.
- Nabors OL (2001). *Alternative Sweeteners*. Vol: 3, Food Trade Pres, 1-5, USA.
- Nunes APM, Ferreira Machado SC, Nunes RM, Nantas FJS, de Mattas JCP, Caldeira-de-Araujo A (2007). Analysis of Genotoxic Potentiality of Stevioside by Comet assay. *Food and Chem Toxicol*, 45: 662-666.
- Özdoğan F, Yılmaz E (2011). Evaluation of Green Tomato Jams Prepared from Two Kinds of Tomatoes. *Akademik Gıda* 9(2): 19-25.
- Parakash I, Dubois GE, Clos JF, Wilkens KL, Fosdick LE (2008). Development of Rebiana, a Natural, Non-caloric Sweetener. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 75–82.
- Park JE, Kim MJ, Jang MS (2009). Optimization of Ingredient Mixing Ratio for Preparation of Chinese Radish (*Raphanus sativus* L.) Jam. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38(2): 235–243.
- Parsayee SA, Zonuz AA, Zadeh BG, Ayase A (2013). Low Calorie Sour Cherry Jam: Optimization of Ingredient Levels Using Response Surface Methodology. *Int. Journal of Applied Sciences and Engineering Research*, 2:1
- Parsayee SA, Zonuz AA, Zadeh BG, Ayase A (2014). Optimization of Low Methoxyl Pectin and Calcium Levels in the Low Calorie Sour Cherry Jam. *Journal of Agri-Food and Applied Sciences*, 2(6): 174-178.
- Pehlivan M ve Güleriyüz M (2004). Ahududu ve Böğürtlenin İnsan Sağlığı Açısından Önemi. *Bahçe* 33, (1-2): 51-57.
- Rommel A, Wrolstad RE, Heatherbell DA (1992). Blackberry Juice and Wine: Processing and Storage Effects on Anthocyanin Composition, Color and Appearance, *Journal of Food Sci.* 57 (2): 385-391.
- Schobinger U (1988). *Meyve ve Sebze Üretim Teknolojisi*. Çeviri J. Acar. Havettepe Üniversitesi Basımevi. 602 sayfa.
- Shankar P, Ahuja S, Sriram K (2013). Non-nutritive Sweeteners: Review and Update. *Nutrition*, 29: 1293–1299.
- Shivanna N, Naika M, Khanum F, Kaul FK (2013). Antioxidant, Anti-diabetic and Renal Protective Properties of Stevia Rebaudiana. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 27: 103-113.
- Singh RP, Heldman DR (2015). *Gıda Mühendisliğine Giriş*. 5. Basımdan Çeviri, 860 s. İstanbul.
- Sivrioğlu-Karakaya S (2013). Buğday Unlarından Hidrotermal Yolla Jel Yapı (Arabaşı) Oluşumuna Etki Eden Parametrelerin Optimizasyonu ve Jel Yapının Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri

- Şahin R (2006). Düşük Kalorili Greyfurt Kabuğu Reçeli Eldesinde Bazı Katkı Maddelerinin Kaliteye Etkisinin İncelenmesi. Y. Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Takahashi K, Matsuda M, Kazutaka O, Taniguchi K, Nakagomi O, Abe Y, Mori S, Sato N, Okutani K, Shigeta S (2001). Analysis of Anti-rotavirus Activity of Extract From Stevia Rebaudiana. Antiviral Research, 49: 15-24.
- Tosun İ, Artık N (1998). Böğürtlenin (Rubus L.) Kimyasal Bileşimi Üzerine Bir Araştırma. Gıda, 23 (6): 403-413.
- Velioğlu M (2010). Görüntü İşleme Teknolojisi ve Yapay Sinir Ağlarının Gıda Ürünlerinde Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılması. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Wicker L, Kim Y, Kim M, Thirkield B, Lin Z (2014). Pectin as a bioactive polysaccharide e Extracting tailored function from less. Food Hydrocolloids, 42: 251-259.
- Yang H, Irudayaraj J, Otgonchimeg S ve Walsh M (2004). Rheological Study of Starch and Dairy Ingredient-Based Food Systems. Food Chem, (86): 571-578.
- Yıldız Ö (2002). Düşük Kalorili Kek Üretimi Üzerine Bir Çalışma. Y. Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yılmaz MT, Muslu A, Dertli E, Toker ÖS (2016). Şeker Pancarı Posasından Elde Edilen Pektinin Modifiye Edilerek Karakterize Edilmesi, Moleküler ve Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016: 13 (02).
- Zor M (2007). Depolamanın Ayva Reçelinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

EKLER

Ek.1 Duyusal Analiz Formu

ÜRÜN: STEVİA KULLANILARAK TATLANDIRILMIŞ DÜŞÜK KALORİLİ
BÖĞÜRTLEN REÇELİ

Tarih: .../.../.....

Size verilen kodlanmış böğürtlen reçeli örneklerinin kalite kriterlerinden görünüş, kıvam, koku, lezzet ve genel kabul edilebilirlik değerlerine göre ayrı ayrı 9 puan üzerinden değerlendiriniz.

Örnek no:	Görünüm	Kıvam	Koku	Lezzet	Genel Kabul Edilebilirlik

Beğeni ile İlgili Puan Skalası			
Mükemmel	9 puan	Ortanın Altı Kötünün Üstü	4 puan
Çok iyi	8 puan	Kötü	3 puan
İyi	7 puan	Çok Kötü	2 puan
İyinin Altı Ortanın Üstü	6 puan	Aşırı Kötü	1 puan
Orta	5 puan		

ÖZGEÇMİŞ

15.07.1988 tarihinde Kırklareli’nde doğdu. Lise eğitimini Çorlu Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi’nde tamamladı. Lisans eğitimini Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı ve 2012 yılında mezun oldu. 2013 yılında Namık Kemal Üniversitesi İşletme Bölümü tezsiz yüksek lisans, 2014 yılında Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü tezli yüksek lisans eğitimine başladı. 2012-2016 yılları arasında farklı özel şirketlerde satış yöneticisi ve yurtdışı satış destek uzmanı olarak görevler aldı.

