

**YÜKSEK LİF İÇERİKLİ JELLY ÜRETİMİ İÇİN
FORMÜLASYON OPTİMİZASYONU**

Ahmet DEMİRCAN

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman: Doç. Dr. Ahmet Şükrü DEMİRCİ
İkinci Danışman: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK**

Tekirdağ-2019

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YÜKSEK LİF İÇERİKLİ JELLY ÜRETİMİ İÇİN
FORMÜLASYON OPTİMİZASYONU**

Ahmet DEMİRCAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Ahmet Şükrü DEMİRCİ
İKİNCİ DANIŞMAN: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK**

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Ahmet Şükrü DEMİRCİ ve Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK danışmanlığında, Ahmet DEMİRCAN tarafından hazırlanan “Yüksek Lif İçerikli Jelly Üretimi İçin Formülasyon Optimizasyonu” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı: Prof. Dr. Ümit GEÇGEL

İmza:

Üye: Doç. Dr. A. Şükrü DEMİRCİ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Said TOKER

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜKSEK LİF İÇERİKLİ JELLY ÜRETİMİ İÇİN FORMÜLASYON OPTİMİZASYONU

Ahmet DEMİRCAN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet Şükrü DEMİRCİ
İkinci Danışman: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK

Günümüzde artan sağlık sorunları ve toplumun bilinçlenmesi ile daha sağlıklı atıştırmalıkların geliştirilmesi yönündeki çalışmalar ivme kazanmıştır. Bu bağlamda, yüksek lif içerikli prebiyotik ürünlerin sağlığa faydaları toplum tarafından daha bilinir hale gelmiştir. Bu çalışmada mevcut jelatinli jelly şekerleme formülasyonuna inülin ilavesi yapılarak yüksek lif içerikli prebiyotik jelly şekerleme elde edilmiştir. Çalışma kapsamında karışım dizaynı yöntemi kullanılarak 13 adet formülasyon oluşturulmuştur. Oluşturulan formülasyonlar ile elde edilen ürünlerin tekstür ve duyuşal değerlendirmeleri neticesinde jelly şekerleme formülasyonuna giren hammaddelerden jelatin, inülin ve sakkaroz oranları optimize edilerek yüksek lif içerikli optimum formülasyon elde edilmiştir. Örneklere uygulanan tekstür analizi sonuçları değerlendirildiğinde jelatin miktarının artmasının sertliği arttıran, adezif yapışkanlığı ise azaltan en önemli parametre olduğu anlaşılmıştır, ayrıca inülin miktarındaki artışın adezif yapışkanlığı arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. İnülin analizleri sonuçlarının teorik beklenen inülin miktarıyla uyumlu bulunması üretim şartlarında inülin kaybının yaşanmadığını göstermiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda duyuşal sertlik beğenisinin genel beğeniye doğrudan etkilediği anlaşılmıştır. Elde edilen optimum yüksek lif içerikli formülasyon ile üretilen jelly şekerlemeler 20 kişilik uzman panelistler tarafından değerlendirilmiş ve mevcut jelatinli jelly şekerleme ile kıyas edildiğinde genel beğeni anlamında kabul edilebilir seviyede bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Jelly şekerleme, inülin, lif, karışım dizaynı, tekstür, duyuşal özellikler

2019, 83 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

FORMULATION OPTIMIZATION FOR HIGH FIBER CONTENT JELLY PRODUCTION

Ahmet DEMİRCAN

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Sciences Division of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Şükrü DEMİRCİ
Second Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim PALABIYIK

Today, with the increasing of health problems and the awareness of the society, the studies about the development of healthier snacks have gained momentum. In this context, the health benefits of high fiber content prebiotic products have become more known by the public. In this study, prebiotic jelly with high fiber content were obtained by adding inulin to the existing gelatin based jelly formulation. Within the scope of this study, 13 formulations were formed by using the mixture design method. As a result of the texture and sensory evaluations of the products that were obtained with these formulations, gelatin, inulin and sucrose ratios from the raw materials entered into the jelly formulation were optimized and optimum formulation with high fiber content was obtained. When the results of the texture analysis applied to the samples were evaluated it was understood that increasing the amount of gelatin is the most important parameter which increases the hardness and decreases the adhesive adhesion, moreover, it was concluded that the increase in the amount of inulin increased the adhesiveness. Inulin analyses have shown that the results are compatible with the theoretical expected amount of inulin and there is no loss of inulin in production conditions. As a result of assesment made, it was understood that the appreciation of sensory hardness directly affects the general appreciation. The jelly candy produced with optimum high fiber content formulation were evaluated by expert panelists of 20 people and were found to be acceptable in terms of overall appreciation when was compared with the existing gelatin based jelly candy.

Key words: Jelly candy, inulin, fiber, mixture design, texture, sensory evaluations

2019, 83 pages

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
ÖNSÖZ	viii
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETİ	3
2.1. Jelly Şekerlemeler ile İlgili Genel Bilgiler	3
2.2. Jelly Şekerleme Üretim Prosesi.....	5
2.2.1. Jelly Şekerleme Üretimi Kritik Noktalar.....	6
2.3. Jelly Şekerleme Üretiminde Kullanılan Hammaddeler ve Fonksiyonları	6
2.3.1. Hidrokolloidler	6
2.3.1.1. Jelatin.....	7
2.3.1.2. Pektin.....	10
2.3.1.3. Nişasta	11
2.3.1.3.1. Nişasta Jelatinizasyonu.....	13
2.3.2. Glikoz Şurubu.....	15
2.3.3. Kristal Şeker (Sakkaroz).....	16
2.3.4.Aroma-Renklandırıcı-Asitlik düzenleyiciler	16
2.4. Fonksiyonel Gıda ve İnülin Hakkında Bilgiler.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Yöntem	21
3.2.1. İnülinli Jelly Tipi Şekerleme Üretimi.....	21
3.2.2. Duyusal Analiz	23
3.2.3. Tekstür Analizi	23
3.2.4. İnülin Tayini	24
3.2.5. Reolojik Analizler	24
3.2.6. Renk Analizi	25
3.2.7. Nem Tayini.....	25

3.2.8. Su Aktivitesi Analizi	25
3.2.9. Raf Ömrü Analizi	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	26
4.1. İnülin Tayini Sonuçları.....	26
4.2. Nem Tayini ve ANOVA Analizi Sonuçları.....	26
4.3. Renk Tayini ve ANOVA Analizi Değerlendirmesi.....	31
4.4. Su Aktivitesi Sonuçları.....	38
4.5. Tekstür Analiz Sonuçları.....	41
4.5.1. Sertlik	41
4.5.2. Yapışkanlık.....	49
4.6. Reoloji Analiz Sonuçları	57
4.7. Duyusal Analiz Sonuçları.....	63
4.7.1. Duyusal Sertlik	63
4.7.2. Duyusal Yapışkanlık	66
4.7.3. Duyusal Genel Beğeni	69
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	72
6. KAYNAKLAR.....	75
EKLER	82
EK-1. Hedonik Beğeni Testi Formu.....	82
ÖZGEÇMİŞ	83

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Jelatinin diğer kıvam vericilerle karşılaştırılması.....	9
Çizelge 3.1 : Karışım dizaynı yöntemiyle oluşturulan deneme noktaları.....	23
Çizelge 4.1 : İnülin tayini sonuçları.....	26
Çizelge 4.2 : Nem analizi sonuçları.....	27
Çizelge 4.3: Nem parametresi ANOVA analiz sonucu.....	28
Çizelge 4.4 : Renk analizi sonuçları.....	31
Çizelge 4.5 : Renk analizine ait karışım dizaynı model parametreleri.....	32
Çizelge 4.6 : Su aktivitesi analiz sonuçları.....	38
Çizelge 4.7 : Su aktivitesi ANOVA analiz sonucu.....	39
Çizelge 4.8 : Tekstür analizi sertlik sonuçları.....	41
Çizelge 4.9 : Sertlik değerine ait karışım dizaynı model parametreleri.....	42
Çizelge 4.10 : Tekstür analizi adezif yapışkanlık sonuçları.....	49
Çizelge 4.11 : Adezif yapışkanlık değerine ait karışım dizaynı model parametreleri.....	50
Çizelge 4.12 : Reoloji analizi a ve b değerleri sonuçları.....	58
Çizelge 4.13 : Reoloji analizi sonucu karışım dizaynı model parametreleri.....	59
Çizelge 4.14 : Duyusal analiz sertlik beğenisi sonuçları.....	63
Çizelge 4.15 : Duyusal sertlik beğenisi karışım dizaynı model parametreleri.....	64
Çizelge 4.16 : Duyusal yapışkanlık beğenisi sonuçları.....	66
Çizelge 4.17 : Duyusal analiz genel beğeni sonuçları.....	69
Çizelge 4.18 : Duyusal analiz genel beğenisi karışım dizaynı model parametreleri.....	70
Çizelge 4.19 : Kontrol jelly ve yüksek lif içerikli jelly örneklerine ait duyusal analiz testi sonuçları.....	73

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Jelly şekerleme üretimi akış şeması.....	5
Şekil 2.2 : HM pektin jelleşme grafiği.....	11
Şekil 2.3 : Farklı kaynaklardan elde edilen nişasta moleküllerinin mikroskop altındaki görünüşleri.....	12
Şekil 2.4 : Farklı kaynaklardan elde edilen nişastaların jelleşme sıcaklıkları.....	13
Şekil 2.5 : Nişasta molekülünün jelleşmesi.....	14
Şekil 2.6 : Nişasta jelatinizasyonu grafiği.....	14
Şekil 2.7 : % DE indeksinin glikoz şurubunun özellikleri üzerine etkisi.....	16
Şekil 3.1 : İnülinli jelly tipi yumuşak şekerleme üretim akış şeması.....	22
Şekil 4.1 : Şekerleme bileşenlerinin nem değeri üzerine etkisi.....	30
Şekil 4.2 : Şekerleme bileşenlerinin renk analizi L* parametresi üzerine etkisi.....	35
Şekil 4.3 : Şekerleme bileşenlerinin renk analizi a* parametresi üzerine etkisi.....	36
Şekil 4.4 : Şekerleme bileşenlerinin renk analizi b* parametresi üzerine etkisi.....	37
Şekil 4.5 : Şekerleme bileşenlerinin su aktivitesi üzerine etkisi.....	40
Şekil 4.6 : Şekerleme bileşenlerinin ilk üretim anında sertlik üzerine etkisi.....	45
Şekil 4.7 : Şekerleme bileşenlerinin 1 ay sonunda sertlik üzerine etkisi.....	46
Şekil 4.8 : Şekerleme bileşenlerinin 2 ay sonunda sertlik üzerine etkisi.....	47
Şekil 4.9 : Şekerleme bileşenlerinin 3 ay sonunda sertlik üzerine etkisi.....	48
Şekil 4.10 : Şekerleme bileşenlerinin ilk üretim anında adezif yapışkanlık üzerine etkisi.....	53
Şekil 4.11 : Şekerleme bileşenlerinin 1 ay sonunda adezif yapışkanlık üzerine etkisi.....	54
Şekil 4.12 : Şekerleme bileşenlerinin 2 ay sonunda adezif yapışkanlık üzerine etkisi.....	55
Şekil 4.13 : Şekerleme bileşenlerinin 3 ay sonunda adezif yapışkanlık üzerine etkisi.....	56
Şekil 4.14 : DN-13 örneğine ait frekans tarama testi.....	57
Şekil 4.15 : Şekerleme bileşenlerinin reoloji analizi a parametresi üzerine etkisi.....	61
Şekil 4.16 : Şekerleme bileşenlerinin reoloji analizi b parametresi üzerine etkisi.....	62
Şekil 4.17 : Şekerleme bileşenlerinin duyu sertlik beğenisi üzerine etkisi.....	65
Şekil 4.18 : Şekerleme bileşenlerinin duyu yapışkanlık beğenisi üzerine etkisi.....	68
Şekil 4.19 : Şekerleme bileşenlerinin duyu genel beğenisi üzerine etkisi.....	71
Şekil 4.20 : Kontrol jelly ve yüksek lif içerikli jelly örneklerine ait ürün görselleri.....	73

SİMGELER ve KISALTMALAR

DE	: Dekstoz Eşdeğeri
DN	: Deneme
DP	: Polimerleşme Derecesi
FOS	: Fruktooligosakkaritler
g	: Gram
g.sec	: Gram.Saniye
G'	: Depolama Modülü
G''	: Kayıp Modülü
HM	: Yüksek Metoksilli
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
HSI	: Yüksek Çözünürlüklü İnülin
kcal	: Kilokalori
LM	: Düşük Metoksilli
LVR	: Doğrusal Viskoelastik Bölge
ml	: Mililitre
RH	: Nisbi Nem
TPA	: Tekstür Profil Analizi
μm	: Mikrometre
$^{\circ}\text{C}$: Santigrat Derece
%	: Yüzde
X ₁	: İnülin
X ₂	: Şeker
X ₃	: Jelatin Solüsyonu

ÖNSÖZ

Lif içerikli prebiyotik ürünlerin sağlığa faydaları günümüzde toplumun çoğu tarafından bilinmekte ve tercih edilmektedir. Bu çalışmada mevcut jelatinli jelly şekerleme formülasyonuna inülin ilavesi yapılarak yüksek lif içerikli prebiyotik jelly şekerleme elde edilmiştir. Elde edilen formülasyon çalışmasında tüketici genel beğenisi de dikkate alınmıştır.

Bu çalışmanın konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli bilgilerini ve zamanını benden esirgemeyerek her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen, fikirleriyle yol gösteren danışman hocalarım Doç. Dr. Ahmet Şükrü DEMİRCİ' ye ve Doç. Dr. İbrahim PALABAYIK' a teşekkür ve minnetimi özellikle belirtmek istiyorum.

Yüksek lisans eğitimim boyunca elinden gelen her türlü desteği veren Mümin ALAÇAM' a , örnek numunelerin hazırlandığı Continental Confectionery Company – Ar-Ge Merkezi ve değerli çalışma arkadaşlarıma ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

Mart, 2019

Ahmet DEMİRCAN
Gıda Mühendisi

1.GİRİŞ

Jelly şekerleme, tüm dünyada özellikle çocukların ve gençlerin severek tükettiği yumuşak şekerleme sınıfına ait hidrokolloid (çoğunlukla jelatin) bazlı bir şekerleme türüdür. (Burey ve ark. 2009). Jelly şekerlemeler tüketim oranı bakımından tüm şekerleme grupları içinde en büyük paya sahiptir ve gittikçe büyüyen bir pazarı bulunmaktadır (Jackson 1999).

Sakkaroz ve glikoz şurupları hacim ve kıvam verici olarak şekerleme ürünlerinde kullanılmaktadır (Jackson 1999). Toplam kullanım oranına bakıldığında ortalama %70 gibi çok yüksek bir oran ile jelly şekerlemelerin en temel hammaddeleri glikoz şurubu ve sakkarozdur. Yüksek miktarda şeker içeriği, beraberinde birçok sağlık boyutunda olumsuzluk meydana getirmektedir. Basit karbonhidratlar birçok hastalıkla ilişkilendirilmektedir. Şekerin diyabet, kanser hücrelerini besleme, çocuk büyümesi ve gelişimine olumsuz etkileri, obezite, depresyon, damar tıkanıklığı, diş çürümesi, migren ve bağışıklık sistemini zayıflatmak gibi sağlık üzerinde birçok olumsuz etkileri vardır (Anonim 2017a). Şeker tüketiminin artması diş çürüklerine neden olur ve koroner kalp hastalıkları, şişmanlık ve Tip 2 diyabet riskini artırır. Özellikle koroner kalp hastalığına yatkınlığı olan bireylerde diyetdeki miktarı minimum düzeylerde tutulmalıdır (Yücecan 2008). Bu bağlamda şeker tüketimi toplumda birçok kurum ve devlet tarafından kısıtlanmak istenmektedir. Şeker tüketiminin azaltılması için şeker içeren ürünlerin vergisi arttırılmakta, sağlık kuruluşları tarafından kullanımını azaltmak için kampanyalar düzenlenmektedir.

Teknoloji, kentleşme ve değişen yaşam tarzı, kendine has beslenme biçimini de beraberinde getirmekte ve tüketiciler hızla bilinçlenmektedir. Tüketiciler satın aldıkları gıdalarda 10 sene öncesine kadar sadece yağ, tuz ve şeker oranlarına dikkat ederken günümüzde bu öncelikler sağlık konsepti yönünde hızla değişmektedir. Sağlıklı beslenme kapsamında tüketiciler, besin değeri yüksek fonksiyonel ve organik gıdalara yönelirken; özellikle gelişmiş ülkelerde giderek artan obezite ve buna bağlı yaşanan hastalıklar nedeniyle düşük kalorili ürünler her geçen gün daha çok ilgi odağı haline gelmişlerdir (Anonim 2017b).

Besleyici etkilerinin yanında vücuda alındığında sağlık üzerine olumlu etki gösteren gıdalara 'fonksiyonel gıda' denir (Milner 1999). Fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonları etkileyerek birçok hastalık riskini azalttığı gerekçesiyle inülin ve fruktooligosakkaritler (FOS) fonksiyonel gıda katkı maddesi olarak kabul edilirler. Bu maddelerin günlük ortalama tüketim miktarları Amerika Birleşik Devletleri'nde 1-4 g, Avrupa ülkelerinde de 3-10 g olarak belirlenmiştir. İnülinin kalori değeri 1,5 kcal/g (6,3 kJ/g) olarak belirtilmektedir (Roberfroid

1999). İnülinin glisemik indeksi neredeyse sıfırdır, bu nedenle kan şekerindeki artışa önemli bir etkileri yoktur (Damodaran ve ark. 2007). Fakat yapılan başka bir çalışma, inülinin glisemik indeksinin 1 olduğunu ortaya koymuştur (Goldman 2004). İnülinin sağlık üzerine olumlu etkisi ortalama zincir uzunluğuyla ilişkilendirilir. Sağlık açısından pozitif etkileri nedeniyle inülin gıdalarda geniş kullanım alanına sahiptir (Franck 2002, Meyer ve ark. 2007).

Bu çalışmada, mevcut jelatinli jelly şekerleme formülasyonuna inülin ilave edilerek standart jelly ürünlerine göre kalorisini daha düşük ve yüksek lif içerikli jelly şekerleme elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda formülasyona giren hammaddelerden sakkaroz, jelatin ve inülin özelinde karışım dizaynı oluşturulmuş, duyuşsal ve tekstürel analiz sonuçlarına göre yüksek lif içerikli optimum reçete elde edilmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETİ

2.1. Jelly Şekerlemeler ile İlgili Genel Bilgiler

Jelly, yüksek molekül ağırlıklı maddelerden ve düşük molekül ağırlıklı sıvılardan oluşan yapılandırılmış (yarı katı) sistemlerden biridir. Jeller, akışkanlığın olmaması ve şekillerini, kuvvetlerini ve elastikiyetlerini koruyabilme özelliği ile karakterize edilirler. Bu özellikler, jelle nüfuz eden moleküller arası kuvvetler ve çeşitli türdeki kimyasal bağlar tarafından bir arada tutulan makromoleküllerin üç boyutlu ağından kaynaklanmaktadır (Papkov 1974).

Jelly şekerlemeler yumuşak ve çiğnenebilir yapılar olarak karakterize edilirler, bu yapının elde edilmesinde içeriğinde kullanılan jelatin, pektin gibi hidrokolloidler etkili olmaktadır (Fisher 2011). Utomo ve ark., 2014'te yaptığı bir çalışmada farklı jelleştirme ajanları ile yapılan jelly şekerlemelerin spesifik tekstürel özellikler gösterdiğini ve kendine has farklı yeme hazzı verdiklerini belirtmişlerdir.

Jelly şekerleme ürünleri ilk olarak 1900'lü yılların başında Hans Riegel tarafından Almanya'da üretilmiştir. İlk jelly şekerleme firması olan Haribo adı altında 1920'lerde üretimine başlanan jelly şekerlemeler, günümüzde birçok farklı firmalar tarafından üretilmektedir (Traxler 1993).

Günümüzde çeşitli jelly ürünleri bulunmaktadır. Kalıp şekli, aromalar, jelleşme ajanları, havalandırılmış/köpürtülmüş, şekerle kaplanmış/yağlanmış gibi özelliklerle jelly şekerlemeler farklılaşmaktadır. Çocuk, genç, yetişkin gibi farklı yaş guruplarına; helal, koşer, vegan gibi çeşitli hassasiyetteki tüketicilere özel ürünler, yüzlerce üretici tarafından arz edilmektedir.

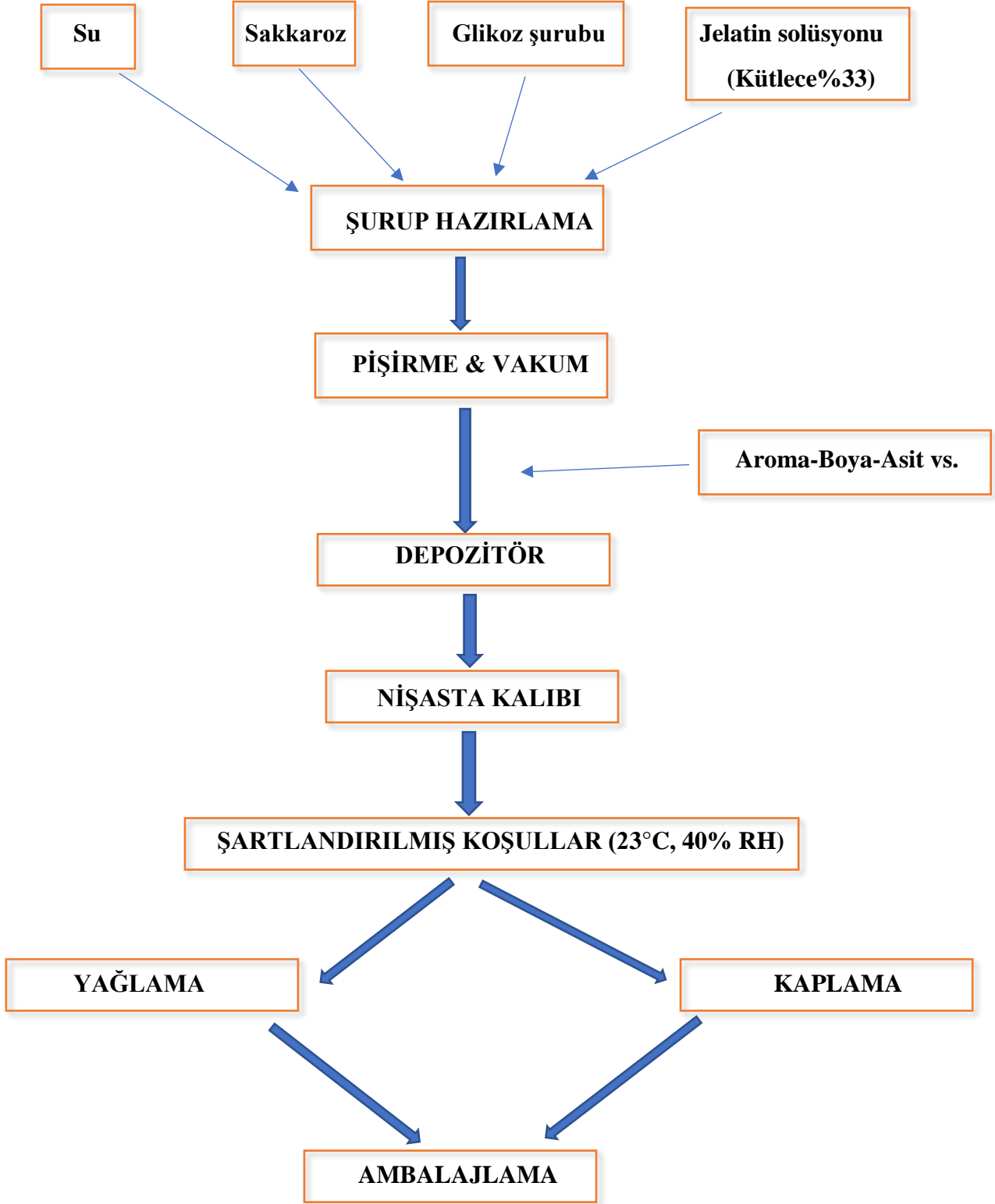
Jelly şekerlemeler en basit hali ile; glikoz şurubu, jelleştirici ajan (jelatin, pektin, nişasta, karragenan vb.), sakkaroz, su, renklendirici, aroma ve asitlik düzenleyicilerden oluşmaktadır. Ana bileşenler pişirme kazanına konular, doğru briks (%78) değerine ulaşıncaya kadar pişirilir. Pişirilmiş şeker şurubuna, renklendirici, aroma, asitlik düzenleyiciler isteğe göre meyve suları, vitamin vs. eklenir. Karışım istenilen nem seviyesine (%18-%21) ulaşmak ve jelleşme sürecinin tamamlanması amacıyla nişasta kalıplarına dökülerek nem ve sıcaklık bakımından özel şartlandırılmış odalara alınır (23°C, %40 nisbi nem). İstenilen nem seviyesine ulaşıldığında ürünler nişastadan arındırılır, yapışmayı önlemek için isteğe bağlı olarak yağlama veya sakkaroz/sakkaroz-enkapsüle asit kaplama prosesine tabii tutularak ambalajlanır (Jackson ve Lees 1973, Anonim 2016a).

Diğer şekerleme türlerine göre pişirilme sıcaklıkları daha düşük olan jelly şekerlemeler, ortalama %20 civarı nem içerir. Jelly şekerlemelerin elastikiyet, sertlik, iç-dış yapışkanlık gibi birçok özelliği kullanılan nişasta, jelatin, pektin vb. ürüne ilave edilen su tutucu jelleştirici ajanlar ile belirlenir (Jackson ve Lees 1973, Hartel ve ark. 2018).

Jelatin bazlı jelly şekerleme ürünleri elastiki-uzayan bir yapıya sahip iken pektin, agar, karregen an vb. bazlı jelly ürünler kısa ısırım (short bite) olarak nitelendirilen yapıya sahiptir. Bu ve benzeri şekilde kullanılan jelleştirici ajanların türüne (kombinasyon halinde de kullanılabilirler) ve konsantrasyonuna bağlı olarak istenilen yapıda ürünler elde edilir (Jackson ve Lees 1973, Hartel ve ark. 2018).

Endüstride jelatin ve modifiye nişastanın birlikte kullanıldığı jelly şekerlemeler yaygın bulunmaktadır (Burey ve ark. 2009). Her iki hidrokolloid sinerjik olarak çalışır: jelatin elastikiyet ve transparan/şeffaf jel oluşumuna katkı sağlarken, modifiye nişasta elastikiyet ve kırılabilirliği çok etkilemeden sertlik ve opaklık verir (Marfil ve ark. 2012). Nişasta, iyi jelleşme özelliklerine sahip ucuz bir bileşendir ancak aynı zamanda sindirilebilir şekerlerin bir kaynağı olmasından dolayı endüstri sindirilemez lif içerikli, daha düşük kalori değerine sahip ürünler geliştirmeye yönelmiştir (Goncalves ve ark. 2009).

2.2. Jelly Şekerleme Üretim Prosesi



Şekil 2.1. Jelly şekerleme üretimi akış şeması

Jelly şekerleme üretim aşamaları Şekil 2.1.'de verilmiştir. Temel bileşenler ile hazırlanan ana şurup istenilen briks değerine (%78 civarı) kadar pişirilir ve vakum uygulanır. Vakum sonrası aroma, boya, asit, isteğe göre vitamin, meyve suyu gibi ilaveler yapıldıktan sonra depozitörler vasıtasıyla çeşitli kalıplar (ayı, solucan vs.) basılmış nişasta tepsilerine depozite edilir. Sıcaklığı ve nemi şartlandırılmış olan odalara jelleşmenin devamı ve nem kaybederek istenilen nem değerine ulaşması için alınır. Jelleşme tamamlandıktan sonra istenilen nem değerine (%18-%21) ulaşılınca nişastadan arındırılır ve isteğe göre parlatma ajanları ile yağlama işlemine ya da sakkaroz/sakkaroz-enkapsüle asit karışımı ile kaplama işlemine girer. Kaplama işleminde jelly ürünü kuru buhara maruz bırakılarak ardından sakkaroz/sakkaroz-enkapsüle asit karışımı tozlama şeklinde eklenerek tamburda dönme suretiyle yapılır. Son olarak yağlama veya kaplaması yapılan ürünler çeşitli ambalaj makinalarıyla ambalajlanır ve sevkiyata hazır hale gelir (Jackson ve Lees 1973, Jackson 1999).

2.2.1. Jelly Şekerleme Üretimi Kritik Noktalar

- Kullanılan jelleştirici ajan/hidrokolloid çalışma prensibine göre sıcaklık, pH ve briks değerleri (Jackson 1999, Braun 2016)
- Jelleştirici ajan/hidrokolloid çeşidi ve miktarı (Jackson 1999, Braun 2016)
- Glikoz/sakkaroz oranı (Braun 2016)
- Son ürün nemi (Braun 2016)
- Depozite edilen nişastanın nemi (<6%) (Jackson 1999)
- Dinlendirme odası nem ve sıcaklık koşulları (Jackson 1999, Braun 2016)

2.3. Jelly Şekerleme Üretiminde Kullanılan Hammaddeler ve Fonksiyonları

2.3.1. Hidrokolloidler

Fonksiyonel olarak hidrokolloid terimi, sulu çözeltilerin jelleşmesi ve koyulaşması, köpüklerin, emülsiyonların ve dispersiyonların stabilize olması, buz ve şeker kristallerinin oluşmasının önlenmesi ve tat kokunun kontrollü olarak salınması gibi birçok fonksiyonu olan ve endüstride yaygın kullanım alanı bulan polisakkarit ve proteinleri kapsamaktadır (Dickensen 2003). Hidrokolloidler ortamdaki suyu emerek şişerler, gıda içinde suyu tutarak ağimsı bir yapı oluşturarak jelleşirler. Son ürünün tekstürel ve duyuşal özellikleri, kullanılan hidrokolloid çeşidine, konsantrasyonuna, pH ve sıcaklık gibi özelliklere göre değişiklik gösterir (Anonim

2018d). Hidrokolloidler, jelleşme ve kalınlaştırma ajanı olarak kullanılmalarının yanında şeker kristalizasyonunu önleme, transparanlık verme, parlaklık verme, yapışkanlık, aroma tutuculuğu ve köpüklü ürünlerde köpük oluşumuna katkılarından dolayı da kullanılırlar. Jelly şekerleme ürününe tipik yapısal özelliğini veren en temel hammadde olan hidrokolloidler istenilen yapıya göre farklı konsantrasyonlarda tek başına veya kombinasyonlar halinde kullanılırlar. Sektördeki jelly şekerlemelerin çok büyük çoğunluğunda hidrokolloid olarak jelatin ve pektin kullanılmakla birlikte son yıllarda nişasta kullanımı da hızla artmaktadır. Bunların dışında agar agar, karreganan vb. çeşitli jelleştirici ajanlar ile üretilen ürünler mevcuttur. Nihai üründe istenilen tekstürel özelliklere göre hidrokolloid seçimleri yapılmalıdır (Jackson 1999).

2.3.1.1. Jelatin

Jelatin, hayvan derisinde, tendonunda ve kemiklerinde bulunan kolajenin kısmi hidrolizasyonu ile elde edilen kıvam verme, jelleştirme, film oluşturma, elastikiyet verme, çignenebilirlik ve köpüklü ürünlerde stabilite sağlama gibi özellikleri bulunan hayvansal kaynaklı bir proteindir (Ramachandran 1967, Poppe 1992, Brinckman 2005, Hulmes 2008). Jelatin, ön işlem aşamasındaki hidroliz durumuna göre (asit veya alkali) A ve B tipi olmak üzere ikiye ayrılır. A tipi jelatin, çapraz bağ miktarı az olan genç hayvanların kolajenine seyreltik asit ile kısa süreli ılımlı hidroliz işlemi sonucunda elde edilmektedir. B tip jelatin ise çapraz bağ miktarı yüksek olan daha yaşlı hayvanların kolajenine derişik alkali uygulama sonucunda ele edilmektedir (Schrieber 2007, Eysturskarð 2010). Genellikle hammadde deri ise A tipi jelatin, kemik ise B tipi jelatin üretimi gerçekleştirilir (Hinterwaldner 1977). Jelatin tip A'nın Jelatin tip B'ye göre katılma süresi daha kısadır. Tip A ve Tip B'nin karışımından oluşan bir çözeltinin jelleşme süresi her ikisinin jelleşme süresinden daha kısadır (Anonim 2016a).

Jelatin birçok ülkede gıda katkı maddesi olarak sınıflandırılmamasına rağmen çeşitli gıdalarda kıvam arttırıcı olarak, reolojik ve tekstürel özelliklerin ayarlanması gibi etkilerinden dolayı kullanılmaktadır (Baziwane ve He 2003, Anonim 2008). Jelatin %85 protein ve kolajen yapıdadır, geriye kalan kısım ise yaklaşık %13 su ve %2 minerallerden oluşmaktadır (Hinterwaldner 1977). Hammaddesi olan kolajen, hayvanlarda çok yaygın bulunan yapısal bir proteindir. Deri, kemik ve tendon gibi dokularda oldukça yüksek miktarlarda bulunur. Kolajen hayvanlar aleminde en çok bulunan proteindir (Balian ve Bowes 1977, DeMan 1999). Ticari olarak üretilen jelatinin büyük bir kısmı domuz ve sığır derisinden üretilmektedir. Bununla birlikte pek çok hayvanın kemik ve derisi jelatin üretiminde kullanılabilir (Boran 2011).

Jelleşme prensibi şu şekilde açıklanabilir; Tüm jelleşme bileşikleri polar yapıya sahiptir. Bu yapılar suyun yapışmaları ile hidrojen iyon bağları kurarlar. Jel kendi ağırlığının 5-10 kat daha fazla ağırlıkta su absorblayabilir (Jackson ve Lees 1973).

Jelatin bazı özellikleri sebebiyle tercih edilmektedir. Bunlardan jelatinin düşük sıcaklıklarda (insan vücut sıcaklığı) kolayca eriyebilmesi ve erime ile jelleşme sıcaklığı arasında görece daha küçük fark olması en önemlileridir. Aromalarda hızlı bir dağılım sağlar, çok fazla su çektiği için erime noktası vücut sıcaklığına kadar düşer böylece ürünü ağızımıza attığımızda aroma ağızda hızla yayılır (Boran 2011). Bunlarla beraber jelatinin suda çözünür olması, tatsız ve kokusuz olması da bir avantajdır (Jones 1977, Baziwane ve He 2003). Jelatin, üretim koşullarına ve üretildiği hammaddeye bağlı olarak, farklı molekül ağırlığına ve aminoasit kompozisyonuna sahip olarak elde edilebilmektedir. Bunlara bağlı olarak, farklı özelliklere (jel gücü ve viskozite gibi) sahip jelatinler elde edilmekte ve bu jelatinler farklı uygulamalarda kullanılabilir (Boran 2011). Bunlarla beraber köpük oluşturma ve oluşan köpüğü uzun süre muhafaza etme özelliği vardır. Böylelikle hacimlerin artmasını da sağlar. Bu özellik sayesinde marshmallow türü havalandırılmış ürünlerde ekstra bir ajan kullanılmadan köpük stabilitesi sağlanmaktadır. Yine jelatin ısı ile geri dönüşümlü olması nedeniyle tercih edilme sebebi olabilmektedir. Jelatin, sıcaklığa bağlı geri dönüşümü olan jel oluşturma özelliğine sahiptir. İçinde jelatin olan bir solüsyon soğutulduğunda, jel oluşturur, bu jel ısıtıldığında ise, tekrar sıvıya dönüşür. Solüsyondan jele, jelden solüsyona dönüşme işlemi, çok kısa bir sıcaklık aralığında gerçekleşir ve bu işlem tekrarlanabilir bir dönüşüm işlemidir (Anonim 2016a).

Boran'a göre (2011), jelatinin özellikleri ve diğer kıvam artırıcılar ile karşılaştırılması çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge2.1. Jelatinin diğer kıvam vericilerle karşılaştırılması

Jelatin	Diğer kıvam artırıcılar
Çok fonksiyonludur. Jelleştirici, kıvam artırıcı, emülsifiye edici, köpük önleyici ve film oluşturucu olarak kullanılabilir.	Diğer kıvam artırıcılar jelatinin yerine getirdiği fonksiyonları tek başına yapamaz, her fonksiyon için ayrı ayrı kıvam artırıcı kullanmak gerekir.
Jelatin Türkiye dahil olmak üzere birçok ülkede gıda katkı maddesi olarak değerlendirilmez	Diğer kıvam artırıcılar genellikle gıda katkısı olarak değerlendirilir ve bir E numarasına sahiptir.
Jelatin, ısı olarak geri dönüşlü jel oluşturması ve vücut sıcaklığında erimesi gibi özelliklerinden dolayı gıda endüstrisinde tercih edilmektedir.	Diğer kıvam artırıcıların erime sıcaklıkları daha yüksektir ve geri dönüşümlü jel oluşturabilseler dahi erime ve jelleşme sıcaklıkları arasında büyük fark vardır.
Kolajenin hidroliz derecesine göre farklı jel gücünde jelatinler elde edilebilir.	Diğer kıvam artırıcılarla farklı jel gücü elde edebilmek için şeker ve tuz gibi bileşenler kullanılır.
Jelatin tam ve kolay sindirilebilir.	Diğer kıvam artırıcılar bazı minerallerin emilimini düşürebilmektedir.
Jelatin gıdaların normal pH değerlerinde fonksiyonunu yerine getirebilir.	Diğer kıvam artırıcıların jelleşmesi için tuz, şeker, bazı mineraller ve belirli pH aralığına gelmesi için gıda asitlerinin eklenmesi gerekli olabilir.

Jelatinin sahip olduğu özelliklerden en önemlisi jel gücü ve viskozitedir. Çünkü bu parametreler, son ürün kalitesini direkt etkiler. Jel gücü bloom ile ifade edilir ve 50 ile 300 arasında değişir. Meyveli jelly şekerlemelerde genellikle 180 ile 260 arası bloom değerine sahip jelatinler kullanılmaktadır (Wainwright 1977, Boran 2010).

Bloom derecesinin ölçümü %6.67'lik su-jelatin çözeltisi 10°C'de 17 saat bekletilerek, Texture Analyzer cihazı kullanılarak jelin merkezine uygulanan 4 mm'lik kuvvetin nüfuz edilmesi sonucu elde edilen sertlik değeri üzerinden yapılır. Jelatinin bloom değeri kullanıldığı üründe yapı üzerinde sertlik açısından etkilidir (Wainwright 1977, Boran 2010).

Daha sert yapıya sahip olan ve ısırma açısından kolay kopan bir yapıda ürün elde edilmek istendiğinde genellikle 260 Bloom jelatin kullanılmaktadır. Daha yumuşak ya da köpüksü yapılardaki ürünlerde 180 Bloom jelatin tercih edilmektedir. Yine bloom derecesi arttıkça son ürün daha şeffaf-transparan olarak elde edilmektedir (Anonim 2016a).

Bloom değeri yükseldikçe;

- Erime ve katılaşma noktaları yükselir.
- Jelleşme süresi kısalmır.

- Daha az kullanım ile aynı sertlikte yapı elde edilir.
- Daha parlak yapı oluşur. Renkli ürünler daha canlı görünür.
- Daha nötr bir tat elde edilir.

Granül büyüklüğü de önemli kriterlerden biridir. Granül büyüklüğü arttıkça çözünme zorlaşır, çok küçük granül büyüklüğünde ise jelatinlerin topaklaşma riski artar. Ayrıca jelatin yapısı bakımından bakteriler için mükemmel bir yapıdır. Bu yüzden de jelatin mikrobiyal analizler ile kontrol edilmelidir (Anonim 2016a).

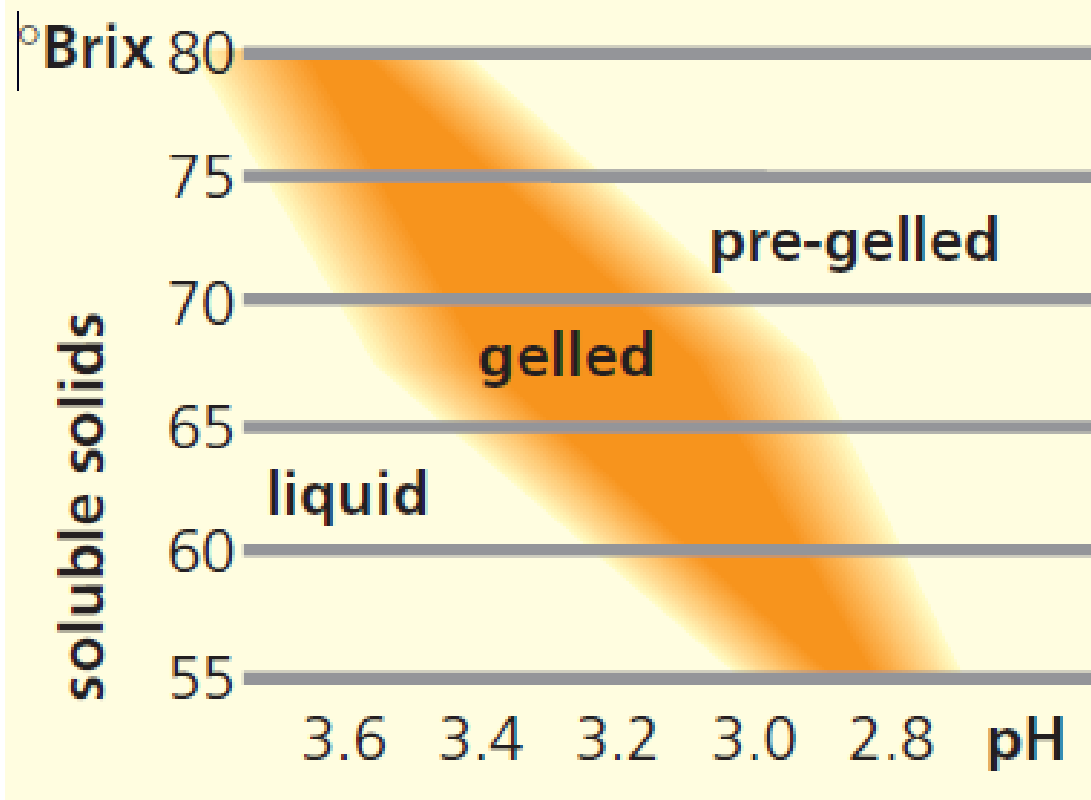
2.3.1.2. Pektin

Pektin bitkilerin hücre çeperlerinde bulunan, düz galakturonik asit zincirlerinden oluşan bir polisakarittir. Molekül yapısında hem asit hem de ester grupları içerdiği için kısmen metoksillenmiş poligalakturonik asit esteri olarak adlandırılırlar. Endüstriyel olarak genellikle elma ve turunçgillerden elde edilirler (Jackson 1999, Anonim 2016a, Anonim 2018a).

Jelly şekerlemeler için önemli bir gıda katkı maddesi olan pektinin jelleştirme özelliğinden faydalanılmaktadır. Aynı zamanda reçel, marmelat, jöle gibi ürünlerin üretiminde de kullanılmaktadır. Yüksek bitkilerin hücreleri arasında ya da hücre duvarlarında yer alan pektin, bitki dokularının çoğunda ve tam olgunlaşmamış meyvelerde suda çözünmeyen “protopektin” şeklinde bulunur (Çopur 1988). Meyve olgunlaşmaya başladığında protopektin de suda çözülmeye başlar.

Pektinin ekstraksiyonunda galakturonik asitler belli oranda esterleşir. Bu esterleşme oranına göre pektinler yüksek metoksilli pektin (HM) ve düşük metoksilli pektin (LM) olarak iki çeşit olarak karşımıza çıkar. Yüksek metoksilli ve düşük metoksilli pektinlerin jelleşme şartları birbirinden farklıdır (Jackson 1999, Endress ve Christensen 2009, Anonim 2018a).

Yüksek Metoksilli Pektin (HM): Pektin içeriğinde %50’den fazla galakturonik asitin esterleşmesi ile elde edilir. Pektin bir jelleştirme maddesi olarak düşünüldüğünde iyi bir jelleşme için yüksek şeker konsantrasyonuna ve asit varlığına ihtiyaç vardır. Nitekim yüksek metoksilli pektinlerin jelleşmesi için gereken pH aralığı dardır. Asit varlığında jelleşme gösterdikleri için genellikle meyveli jelly ürünlerinde kullanılırlar (Endress ve Christensen 2009, Anonim 2018a). Şekil 2.2’de HM pektinin farklı briks ve pH aralıklarında jelleşme grafiği verilmiştir (Anonim 2018a).



Şekil 2.2. HM Pektin Jelleşme Grafiği

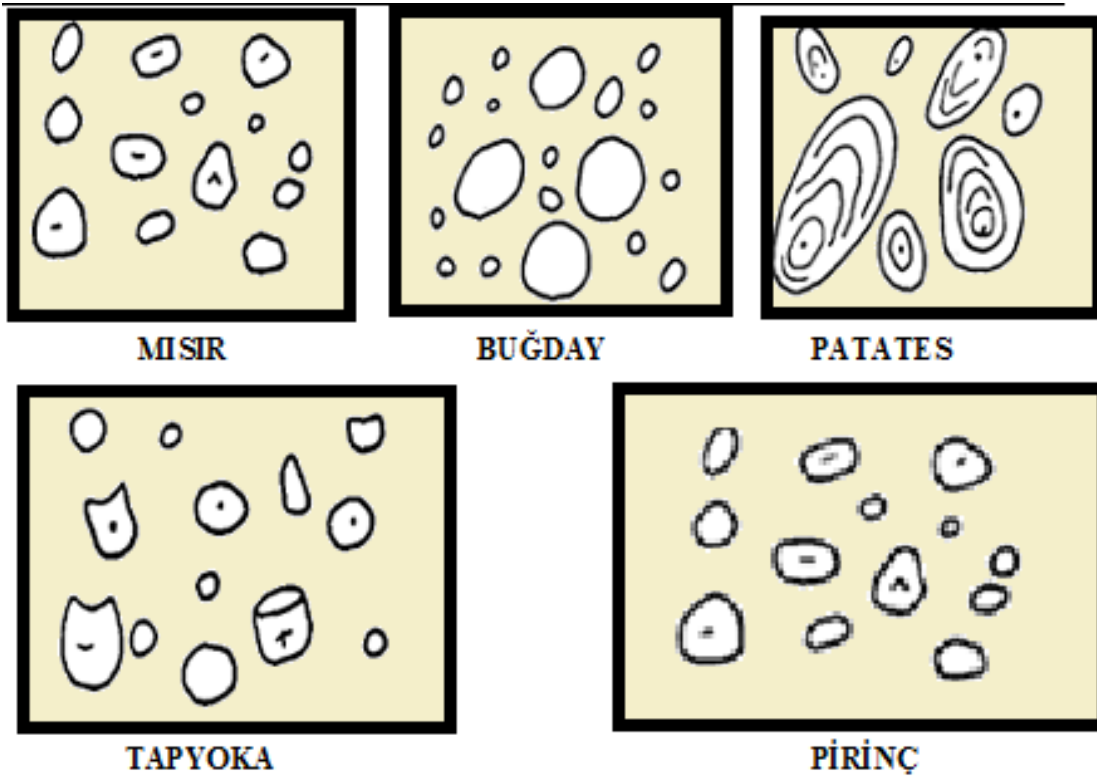
Düşük Metoksilli Pektin (LM) : Pektin içeriğinde %50'den az galakturonik asitin esterleşmesi ile elde edilir. İyi bir jelleşme için yüksek metoksilli pektinden farklı olarak yüksek şeker konsantrasyonuna ihtiyaç duyulmaz. Fakat +2 değerlikli iyon varlığına ihtiyaç vardır ve bunun için genellikle kalsiyum kullanılır. Ayrıca jelleşme HM pektine göre daha geniş pH aralığında gerçekleşebilir. Bu özelliğinden dolayı genellikle asitsiz jelly şekerlemelerde tercih edilmektedir (Jackson 1999, Endress ve Christensen 2009, Anonim 2018a).

2.3.1.3. Nişasta

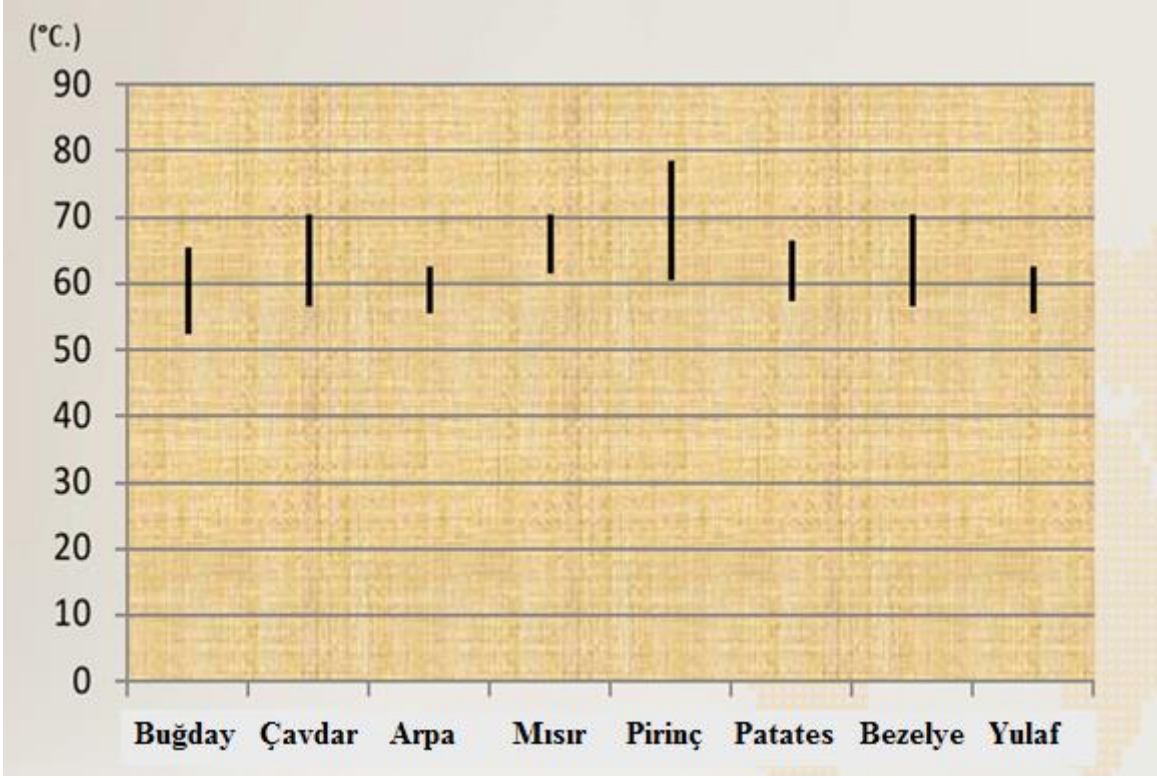
Nişasta, tüm bitkilerde enerji kaynağı olarak bulunan düz zincir yapılı amiloz ve dallanma zincir yapısındaki amilopektin polimerlerinden oluşan kompleks bir karbonhidrattır. Endüstriyel olarak mısır başta olmak üzere patates, pirinç ve tapiyoka gibi bitkilerin kök ve yumrularından elde edilmektedir (Carvalho 2013). Nişastalar elde edilmiş türlerine ve işlevlerine göre doğal nişasta, modifiye nişasta ve prejel nişasta olarak 3 sınıfta değerlendirilmektedirler. Doğal nişastanın yapısında ortalama %20-25 civarı amiloz ve %75-80 civarı amilopektin bulunmakla birlikte çeşitli kimyasal, fiziksel, enzimatik işlemler neticesinde

amiloz/amilopektin oranı değişerek bazı istenen özellikler öne çıkarılarak ve bazı istenmeyen özellikler elimine edilerek modifiye edilmektedirler. Jöle şekerleme ürünlerinde de genellikle modifiye nişasta kullanılmaktadır. Nişasta jelleşme, tekstür kazandırma gibi özelliklerinden dolayı şekerleme sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Jackson 1999, BeMiller, Whistler 2009, Anonim 2018b).

Nişastanın modifiye olma durumunun yanında en önemli kriterlerinden biri de nişastanın kaynağıdır. Nişasta granülleri ve jelleşme özellikleri, nişastanın kaynağına göre değişmektedir. Örneğin patates nişastası granül büyüklüğü daha fazla olduğundan daha şeffaf ve berrak bir renk vermektedir. Ayrıca tekstürel anlamda ürüne verdiği yapı jelatinin verdiği yapıya en yakın olan nişastadır (Anonim 2018b). Şekil 2.3' te farklı kaynaklardan elde edilen nişastaların mikroskop altındaki görünümü gösterilmiştir. Şekil 2.4'te kaynağı farklı nişastaların jelleşme sıcaklıkları gösterilmiştir.



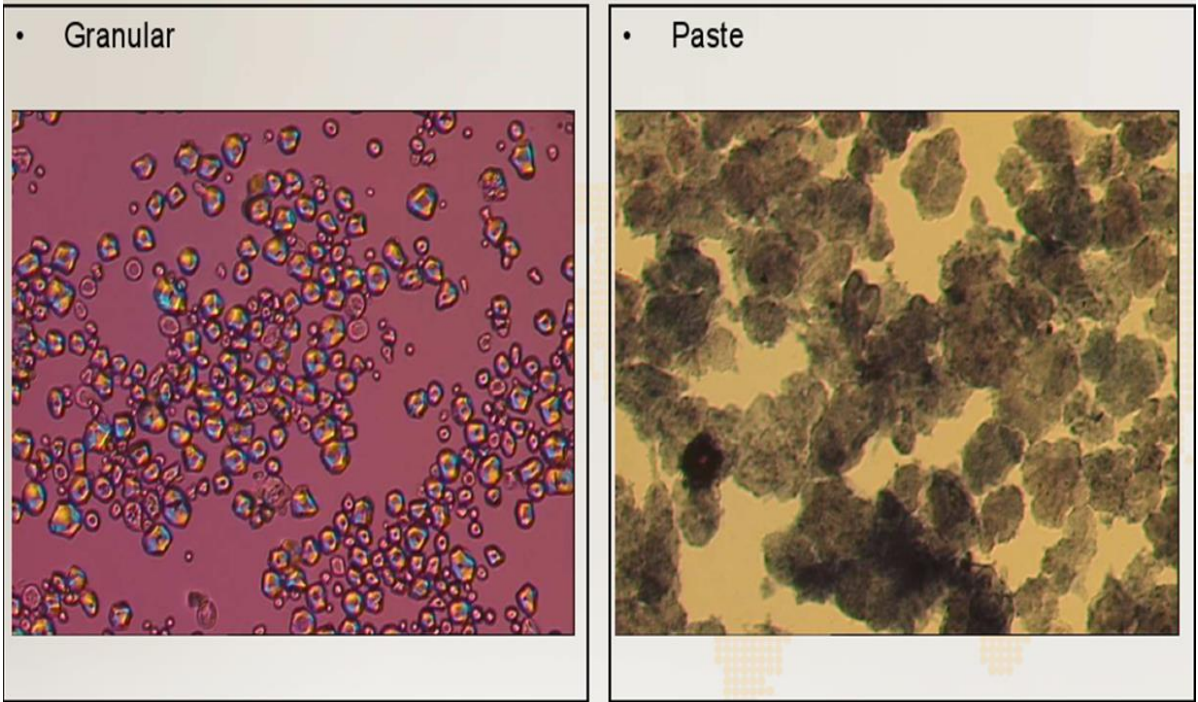
Şekil 2.3. Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Nişasta Moleküllerinin Mikroskop Altındaki Görünümleri



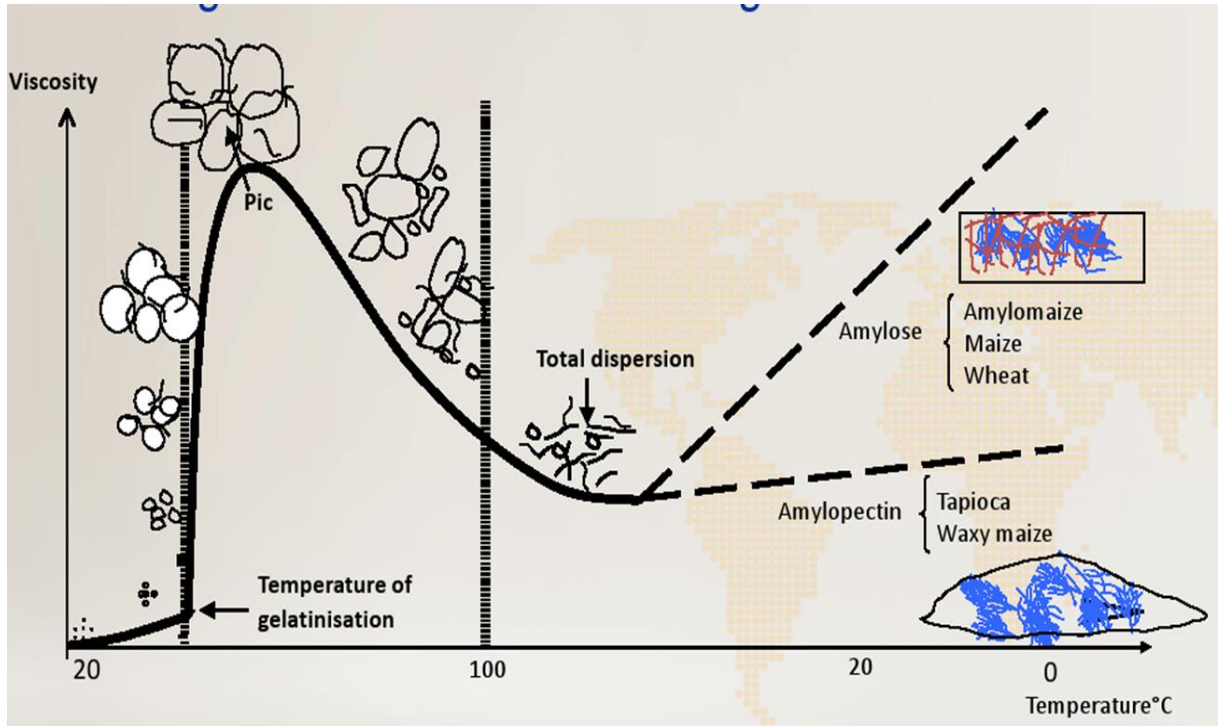
Şekil 2.4. Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Nişastaların Jelleşme Sıcaklıkları

2.3.1.3.1. Nişasta Jelatinizasyonu

Nişasta molekülleri sıcak su içerisindeyken, hidrojen bağları zayıflar ve su tutar böylece molekül şişer. Böylece molekül genişler ve daha çok su tutar, mukavemet artar, viskozitesi artar. Isıtma işlemi devam ederse, granüller deforme olur (Jackson 1999, Anonim 2018c). Şekil 2.5'te nişasta molekülünün jelleşmesinin mikroskop altında görünümü verilmiştir. Şekil 2.6'da ise nişastanın sıcaklığa bağlı jelatinizasyon grafiği verilmiştir.



Şekil 2.5. Nişasta Molekülünün Jelleşmesi



Şekil 2.6. Nişasta Jelatinizasyonu Grafiği

2.3.2. Glikoz Şurubu

Glikoz şurupları; glikoz (dekstroz), maltoz ve daha büyük molekülle şekerler ile dekstrinleri içeren viskoz, renksiz ve kristalize olmayan sıvılardır. Glikoz şurupları, nişastanın ya doğrudan asitle, enzimle ya da asit/enzim kombinasyonu ile hidroliz edilmesiyle elde edilirler (Anonim 2017c). Hidrolizasyonu etkileyen faktörler;

- Sıcaklık
- Zaman
- pH
- İşlem için seçilen enzimler/asitlerdir.

Glikoz şurupları sakkarozdan daha az tatlıdır (Anonim 2018c). Glikoz şurubunda bulunan düşük molekül ağırlıklı sakkaritler ürüne kırılabilirlik verebilirken, yüksek molekülleler de çiğnenabilirlik verebilmektedir. Ayrıca, glikoz şurupları; sakkarozun kristalizasyonunu önleme/geciktirme, nemi muhafaza etme, parlaklık verme, ürüne kütle/hacim kazandırma ve tatlandırıcı katı madde sağlama gibi özelliklerinden dolayı jelly şekerlemelerde kullanılmaktadır (Karınca 2011, Anonim 2017c).

Hemen hemen bütün şekerlemelerde olduğu gibi jelly için de şeker-glikoz şurubu dengesi önemlidir. Şeker oranı artarsa kristalizasyon artar, glikoz şurubu oranı artarsa parlaklık ve yapışkanlık artar. Jelly reçetelerinde yaklaşık 1 şeker:3 glikoz şurubu oranı kullanılmaktadır (Jackson 1999, Anonim 2016a).

Glikoz şuruplarının en önemli kontrol parametrelerinden olan % DE indeksi ürünün kuru maddesinde dekstroz bazlı indirgenmiş şeker miktarının % olarak hesaplanmasıdır. Şekerleme sektöründe kullanılan glikoz şurubu genellikle %80 civarı kuru madde içermektedir ve DE % değeri 38 ila 60 arasındadır. Jelly şekerlemelerde genellikle 42 DE glikoz şurupları kullanılmaktadır (Jackson ve Lees 1973). Şekil 2.7'de %DE indeksinin glikoz şurubu özellikleri üzerine etkisi verilmiştir.



Şekil 2.7. % DE indeksinin glikoz şurubunun özellikleri üzerine etkisi

2.3.3. Kristal Şeker (Sakkaroz)

Endüstriyel olarak şeker kamışı ve şeker pancarından elde edilmektedir. Ürünün yapısı ve tadı üzerinde etkilidir. Sakkaroz, 1 mol glikoz ile 1 mol fruktozun birleşmesiyle oluşan bir disakkarittir. Sakkaroz suda kolay çözünür, çözünme sırasında ortamdan ısı alır dolayısıyla çözeltinin sıcaklığının düşmesine neden olmaktadır. Çözünme sırasında toplam hacim azalır. Bunun nedeni su moleküllerinin bir kısmının sakkaroz molekülleri arasına girmesidir. Higroskopik özelliği zayıftır (Altan 1991).

Tadının yanı sıra bulk oluşturma etkisinden de faydalanılmaktadır. Az ya da çok kullanıldığında jelleşme için kritik parametrelerden biri olan briks etkilenmektedir. Glikoz şurubu/sakkaroz oranı jelly şekerlemelerde kristalizasyonu geciktirme/önleme ve bulk oluşturma bakımından kritik öneme sahiptir (Jackson 1999).

2.3.4. Aroma-Renkendirici-Asitlik düzenleyiciler

Hedeflenen briks değerine ulaşmış ana şuruba (temel bileşenleri içerir) istenilen özelliklerde doğal/yapay aroma ve renklendirici ilaveleri ile uygun tat ve renk eldesi sağlanır (Jackson 1999).

Gıda sektöründe kullanılan asitler doğaldır ve kullanıldığı ürüne ekşi bir tat verir. Asitlik düzenleyiciler tadın daha etkin hissedilmesi, raf ömrünü arttırması ve ekşilik vermesinin yanında jelleşme için gerekli pH aralığının yakalanması için kullanılmaktadır. Şekerleme

sektöründe en çok kullanılan asitlerin başından sitrik asit, malik asit ve laktik asit gelir. Trisodyum sitrat (TSS) gibi asitlik düzenleyiciler de özellikle HM pektinli ürünlerde tampon işlevi görerek jelleşmeyi geciktirici veya yavaşlatıcı olarak kontrollü jelleşmeye yardımcı olmaktadır (Anonim 2016a).

İsteğe göre meyve suyu konsantreleri, vitamin vb. ilavelerle ürünler daha cazip ve sağlıklı hale getirilebilmektedir.

2.4. Fonksiyonel Gıda ve İnülin Hakkında Bilgiler

Fonksiyonel gıda belli faydalı fizyolojik etkilere sahip bileşen içeren gıdalar olarak isimlendirilebilmektedir (Siro ve ark. 2008). Fonksiyonel gıdalar, diş çürüklerini engellemek gibi bazı hastalıkların oluşma ihtimalini azaltabilirken, bağırsak fonksiyonlarını desteklemek gibi bazı fizyolojik fonksiyonları da destekleyebilmektedir (Kotialinen ve ark. 2006).

İnülin, fruktoz zincirlerinden oluşan fruktan grubuna ait sindirilemez bir polisakkarittir (Ritsema ve Smeekens 2003). İnülin kokusuz ve renksiz olup lifler sınıfına ait bir karbonhidrattır. Polimerasyon derecesine bağlı olarak (DP) farklı çözünürlüklerde lifler elde edilmektedir. İnülin endüstriyel olarak genellikle hindiba kökü (*Cichorium intybus*) ve yer elmasından (*Helianthus tuberosus*) elde edilirken soğan, sarımsak, kuşkonmaz, pırasa ve muz da inülini karbonhidrat deposu olarak içermektedir (Rocha ve ark. 2006, Abbasi ve Farznmehr 2009).

İnülin polidispers bir $\beta(2\rightarrow1)$ fruktandır (Phelps 1965). Lineer Fruktoz polimerleri ve oligomerlerin karışımındaki fruktoz birimleri $\beta(2\rightarrow1)$ bağlarıyla bağlanır. Her bir fruktoz zincirinin sonunda glikoz molekülü bulunur ve sakarozdaki gibi $\beta(2\rightarrow1)$ bağları ile bağlanır. Bu fruktanların zincir uzunlukları ortalama 2 ile 60 ünite arasındadır ve ortalama polimerizasyon derecesi (DP) 10'dur (DeLeenheer ve Hoebregs 1994, IUB-IUPAC 1982, VanHaastrecht 1995 Biyokimyasal Adlandırma Ortak Komisyonu). İnülinin benzersiz yönü $\beta(2\rightarrow1)$ bağlarındandır. Bu bağlar inülinin düşük kalori değeri ve diyet lifi etkilerinden sorumludur. $\beta(2\rightarrow1)$ bağlarının konfigürasyonu nedeniyle, üst gastrointestinal kanalda sindirime direnç gösteren ancak kolonda fermente olan bitki karbonhidratlarıdır. Bu bağlantılar tipik bir karbonhidrat gibi sindirilmesini önler. Dışkı biyokütlesi ve dışkıdaki su içeriğini artırarak bağırsak alışkanlıklarını iyileştirir (Roberfroid 1993).

Tüm bu nedenlerden dolayı, şüphesiz ki diyet lifi kompleksinin bir parçasıdır (Roberfroid 1993). Aslında, bir diyet lifinin beş temel özelliği şunlardır:

- Yenilebilir bitki hücresi bileşenleri olması
- Karbonhidrat olması (hem oligosakkaritler hem de polisakkaritler)
- İnsan (memeli) sindirim enzimlerinin hidrolizine direnç göstermesi
- İnce bağırsakta absorpsiyona direnç göstermesi
- Kalın bağırsak bakterileri tarafından hidroliz ve fermentasyon (kısmi veya toplam) edilmesi

İnülin tipi fruktanlar;

- Yenilebilir bitkilerin bir parçasıdır,
- Oligosakkaritler veya oligosakaritler ve polisakaritlerin karışımında oluşan karbonhidratlardır,
- İnsan sindirim enzimleriyle hidrolize direnme gösterirler,
- Muhtemelen çok kısa zincirli oligosakaritler hariç, ince bağırsakta belirgin bir şekilde emildiği görülmez (di- ve trisakkaritler; Menzies 1974),
- Kolonik mikroflora tarafından hidrolize ve tamamen fermente edilir ve oksitlendiğinde gazlar ve kısa zincirli yağ asitleri oluşur.

Tüketici gıda ürünlerinde diyet lifi olarak etiketlenebilirler. Belirli fermentatif özellikleri nedeniyle, diğer liflerden farklı karakteristik özelliklere sahiptirler. Lif içeriğini artırarak ve lif kaynaklarının çeşitliliğini geliştirerek, çeşitli gastrointestinal işlevler üzerinde (intestinal mikrofloranın bileşimi, mukozal işlevler, endokrin aktiviteler, mineral emilimi gibi) ve hatta sistemik işlevler (özellikle lipid homeostazı ve immün işlevler) üzerindeki spesifik etkileriyle, dengeli bir beslenmeye önemli ölçüde katkıda bulunabilirler (Roberfroid 2000).

Endüstriyel olarak genellikle hindiba kökünden elde edilen inülin bağırsaklarda bulunan lactobacilli ve bifidobakteri gibi yararlı bakterilerin gelişimine katkıda bulunur, bu sayede B grubu vitaminlerin sentezine, bazı minarellerin emilimine ve bağışıklık sisteminin güçlenmesine yardımcı olmaktadır. Sağlık boyutunun yanında sindirim enzimlerine dayanıklı olması nedeniyle inülinin kalori değeri bilinen karbonhidatlardan daha düşüktür. (Niness 1999).

Alves ve ark. 2013'te yaptığı çalışmada inülinin *lactobacilli* ve *bifidobacteri* gelişiminde etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sinbiyotik gıda olarak krem peynire inülin ilavesi yapmışlar ve uygulamada krem peynirin *streptococcus thermophilus*, *bifidobacterium animalis Bb-12* ve *lactobacillus acidophilus La-5* ile uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır.

İnülin bifidobakteri sentezini destekleyerek kalın bağırsak kanseri riskini düşürmektedir. Bununla birlikte lenfosit aktivitesini artırarak bağışıklık sistemini pozitif etkilemektedir (Nurcan 2010).

İnülin renksiz, kokusuz ve düşük tatlılıkta olmasından dolayı duyusal yönden iyi bir yağ ve şeker ikamesidir. Şekerin inülin ile ikame edilebilmesi için yüksek yoğunluklu tatlandırıcılar ile beraber eklenmesi gerekmektedir. Liflere kıyasla inülinin çözünürlüğü daha yüksektir dolayısıyla sürekli matrislerde kullanılabilir (Niness 1999). İnülinin %40-50'lik çözeltisi krema hissi vermek için yeterlidir ve jel oluşturmaya başlar. İnülin suyu az miktarda da olsa bağlar, donma, erime, sineresis, düşük pH ve yüksek sıcaklık karşısında dayanıklıdır (Silva 1996).

2000 yılında yapılan bir çalışmada, asit ile parçalanmış nişastanın, inülin ve jelatin ile ikame edilmesi araştırılmıştır. %24'lük su çözeltisinde inülin 70°C'de 10 dakika karıştırılmış ve pişirmeye hazırlanmıştır. Nihai üründe inülin miktarı %9 seviyesinde tutulmuştur. Yapılan numunelerin nişastalı jöle ürünleri ile sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, esneklik ve jelleşme özellikleri karşılaştırılmış ve birbirine yakın bulunmuştur. Jelleşme gücünün, pH izoelektrik noktasının altında azalınca arttığı tespit edilmiştir (Edwards 2000).

Ürünlerin kalori miktarları da tüketicilerin yaşam tarzları ile önem kazanmaktadır, "light" ve "şeker içermez" benzeri beyanlar, tüketici davranışlarına etki etmektedir. Tüketici davranışları şekerleme, atıştırmalık, içecek vb. sektörlerini şeker ve yağ alternatifleri arayışına yöneltmektedir. Düşük sindirim özelliklerine sahip karbonhidratlar, lifler, lif benzeri bileşenler ve tatlandırıcılar önem kazanmaktadır. Bir ürüne şekerless denebilmesi için ürünün 0,5%'ten fazla şeker içermemesi, "light" denebilmesi için ise birim üründe 40 kaloriden fazla enerji içermemesi gerekmektedir (Anonim, 2017d).

İnülin, teknolojik ve fonksiyonel özellikleri, düşük kalori değeri, besinsel lif ve prebiyotik etkilerinden dolayı gıda endüstrisinde geniş çapta kullanılmaktadır (Saeed ve ark. 2015). İnülin kullanımı; süt ürünleri, dondurulmuş tatlılar, soslar, çorbalar, çeşitli aperatifler, içecekler, unlu mamüller ve şekerleme ürünlerinde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Miremadi ve Shah 2012). Delgado ve Banon (2018), diyet lifi ile zenginleştirilmiş daha az kalori içeren jelatin bazlı yumuşak şeker üretiminde jel oluşumuna yardımcı madde olarak mısır nişastası yerine inülini kullanıp, ürün kalitesi üzerine etkisini incelemiştirlerdir. Nihai üründe inülin miktarı %9 seviyesinde tutulmuştur. Üretilen numunelerin kontrol grubu ile sertlik, yapışkanlık, çiğneme, esneklik ve jelleşme özellikleri karşılaştırılmış ve değerler birbirine

yakın bulunmuştur. İnülinin proses sonrası (80°C'de, pH 3.2'de 5 dakika karıştırma ve %30 nispi nemde, 25°C'de 24 saat kurutma) serbest şekerlere indirgenmeden kaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, inulinin potansiyel prebiyotik aktiviteye sahip diyet lifi bakımından zengin olan çiğnenebilir şekerleme üretiminde jelleştirici ajan olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Prakash ve Priya (2016) yaptıkları araştırmada, pektin bazlı jelly tipi şekerlemelerin duysal ve tekstürel özelliklerini etkilemeden şeker seviyesini azaltmak için fruktooligosakkarit (FOS) (%6, 12, 18) ve antioksidan özelliğini arttırmak için de yaban mersini pulpunu (%5-10) kullanmıştır. Yapılan duysal analiz sonucunda, %18 FOS ve %10 yabanmersini pulpu içeren şekerlemeler en yüksek beğeniyi almıştır. Üretim prosesi antioksidan aktivite kaybına neden olsa da, araştırma sonuçları üretilen şekerlemelerin antioksidan potansiyele sahip olduğunu göstermiş ve FOS konsantrasyonunun duysal kaliteyi etkilemeden arttırılabileceği belirtilmiştir.

Guggsberg ve ark. 2009 yılında yaptıkları bir çalışmada %2 yağ, %4 inülin ve %3,8 protein içeren yoğurt örneklerinin viskozitesinin %2 yağ ve %3,5 inülin içeren örneklere göre daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Farklı formülasyonlar neticesinde inülin ve yağın spesifik fiziksel özelliklerinin protein ağlarıyla bir araya gelmesiyle sütün jel yapısı da farklılaşmaktadır (Salvatore ve ark. 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

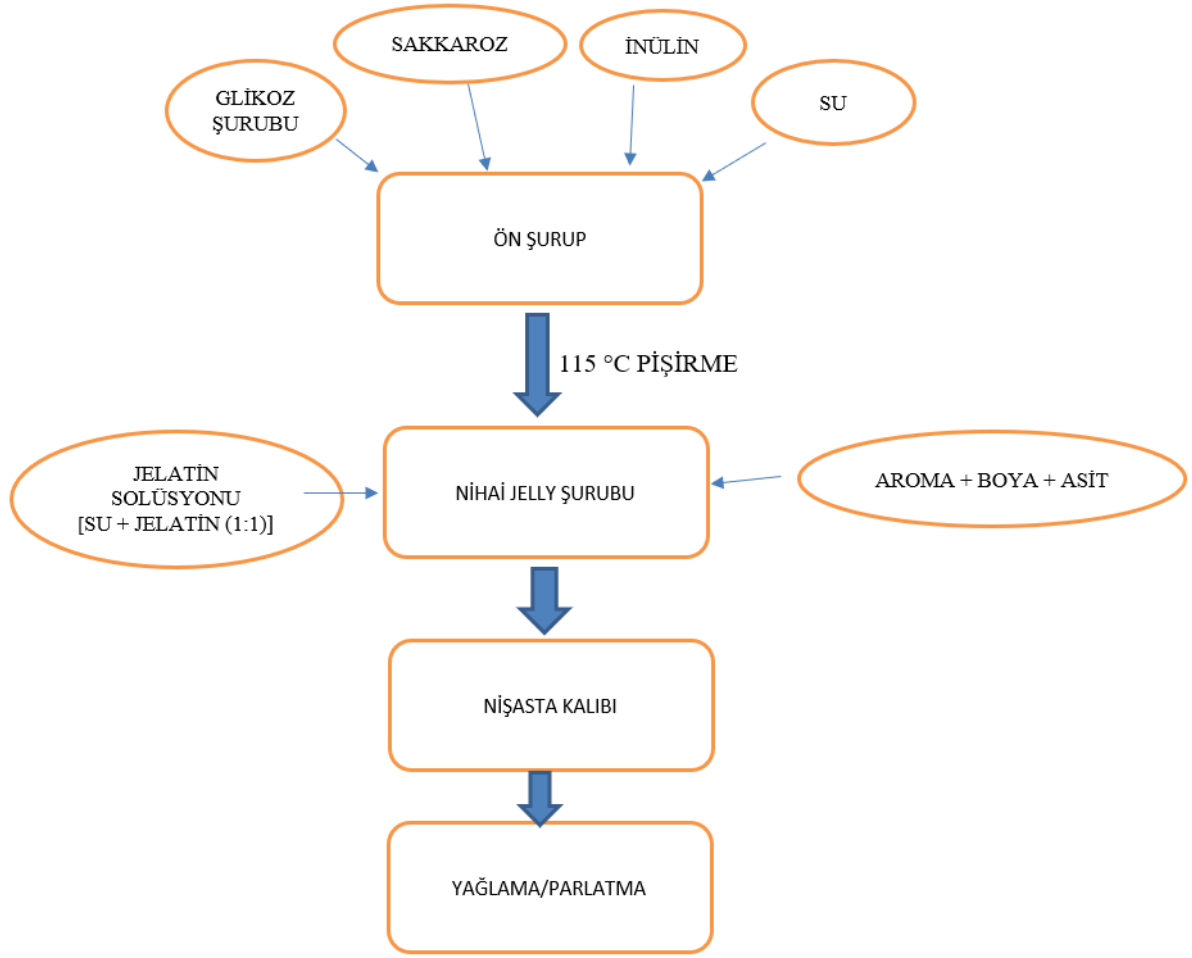
Glikoz şurubu (PNS Pendik Nişasta Sanayi A.Ş. / Türkiye), sakkaroz (Migros Ticaret A.Ş. / Türkiye), 240 bloom jelatin (Halavet Gıda San. ve Tic. A.Ş. / Türkiye), sitrik asit monohidrat (Jungbunzlauer / İsviçre), aroma (Aromsa Besin Aroma ve Katkı Maddeleri San. Tic. A.Ş. / Türkiye), kalıp nişastası (Roquette Freres/ Fransa), parlatma/yağlama ajanı (Capol GmbH / Almanya) jelly tipi yumuşak şekerleme üretimi için temin edilmiştir. Çalışmada inülin olarak polimerleşme derecesi 10'dan küçük olan yüksek çözünürlüklü İnülin Orafti HSI kullanılmıştır (Beneo, Palatinit GmbH / Almanya).

3.2. Yöntem

3.2.1. İnülinli Jelly Tipi Şekerleme Üretimi

Kütlece %33'lük jelatin solüsyonu, ayrı bir kapta jelatinin 70°C'deki suda çözündürülmesi suretiyle hazırlanmıştır. Karışım dizaynı deney noktalarına göre belirlenen miktarlarda glikoz şurubu, sakkaroz, inülin ve su tartılarak oluşturulan ön şurup 115°C'ye pişirilmiştir. Pişirme işlemi sonunda ocağın altı kapatılmış ve ayrı kapta hazırlanan jelatin solüsyonu şurubun sıcaklığı düşmeden, köpürmeyi önlemek amacıyla yavaş yavaş karıştırılarak ilave edilmiştir. Elde edilen şurup karışımına son olarak aroma, renklendirici ve asit dozajı yapılmış sonrasında nihai jelly şurubu fazla nemin atılması ve jelleşme sürecinin tamamlanması amacıyla nişasta kalıplarına dökülmüştür. İstenen nem değerine ulaşılması için nişasta kalıbında 1,5 gün kadar bekletilmiştir. İstenen nem değerine ulaşan (%17-21) ve jelleşmesi tamamlanan numuneler nişastadan arındırılıp, bitkisel yağ (palm çekirdeği) ve parlaticı ajanlardan (karnauba mumu ve bal mumu) oluşan karışım ile yağlanmıştır. İnülinli jelly tipi yumuşak şekerleme üretimi akış şeması Şekil 3.1'de verilmiştir.

Pişme öncesi bileşen oranları olarak glikoz şurubu (%55) ve su (%5) sabit tutulmuştur. Belirtilen yöntemle hazırlanan jelly ürünlerine aroma (%0,12), renklendirici (%0,15) ve asit (%1,6) oranında katılmıştır.



Şekil 3.1. İnülinli Jelly Tipi Yumuşak Şekerleme Üretim Akış Şeması

İNÜLİN İÇERİKLİ jelly tipi yumuşak şekerleme üretiminde inülin, jelatin ve sakkarozun, ürünün tekstürel ve duyuşal özelliklerine etkisini incelemek ve formülasyon optimizasyonu yapabilmek amacıyla Design Expert programı kullanılarak (Stat-Ease, ABD) Karışım Dizaynı oluşturulmuştur. Buna göre inülin oranı (%0-%65), jelatin solüsyonu oranı (%35-%70) ve şeker (sakkaroz) oranı (%0-%65) farklı oranlarda ilave edilmiş ve deney noktaları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Sakkaroz ve jelatin düzeylerinin alt ve üst sınırı, Hartel vd. (2018)’nin rapor ettiği jelly ürünlerinde kullanılan genel oranlardan alınmıştır. İnülin miktarı ise ön denemeler sonucu tespit edilmiştir.

Çalışmalar sonunda elde edilecek optimum reçetenin kıyas edileceği kontrol jelly örneğinin bileşimi; sakkaroz %25,4, glikoz şurubu %71,3 ve su %3,3 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Karışım dizaynı yöntemiyle oluşturulan deneme noktaları

Deney No	İnülin (%)	Jelatin Solüsyonu (%)	Şeker (%)
DN-1	0,00	52,50	47,50
DN-2	14,60	70,00	15,40
DN-3	0,00	70,00	30,00
DN-4	21,38	56,45	22,17
DN-5	65,00	35,00	0,00
DN-6	0,00	35,00	65,00
DN-7	43,85	56,15	0,00
DN-8	42,87	45,31	11,82
DN-9	31,17	35,00	33,83
DN-10	32,50	67,50	0,00
DN-11	15,15	35,92	48,93
DN-12	65,00	35,00	0,00
DN-13	0,00	35,00	65,00

3.2.2. Duyusal Analiz

Numunelerin duysal parametreleri (aroma yoğunluğu, tatlılık, sertlik, yapışkanlık, görünüş/renk ve genel beğeni/kabul edilebilirlik) şekerleme sanayinde tecrübeli 20 eğitimli panelist tarafından değerlendirilmiştir. Panelistler farklı konsantrasyonlarda inülin eklenmesiyle oluşan örnekleri tadım arasında su ve galeta tüketerek değerlendirmiş ve faktörlerin duysal özellikler üzerindeki etkilerini yorumlamıştır. Değerlendirmede hedonik skala (1-9) kullanılmıştır.

3.2.3. Tekstür Analizi

Numunelerin tekstürel özellikleri, 5 kg yük hücresi ile donatılmış tekstür analiz cihazı (TA. HD Plus, Stable Micro sistemleri, Surrey, İngiltere) kullanılarak tespit edilmiştir. Analiz için P/12 probu (5 cm çap) kullanılmıştır. Ön test, test ve son test hızları sırasıyla 1mm/s, 5mm/s ve 5mm/s olarak ayarlanmış, algılama kuvveti 0.1 g olarak seçilmiş ve numunelere tekstür profil analizi (TPA) uygulanmıştır. Analiz sonucunda jelly ürünleri için en önemli parametrelerden olan; sertlik ve yapışkanlık verileri alınıp Design Expert programı karışım dizaynında yanıt kısmına girilmiştir.

3.2.4. İnülin Tayini

Analizden önce dondurulup toz haline getirilmiş numuneler, 200 ml'lik Pyrex beher içinde 1 g olarak tartılıp üzerine 100 ml pH 6,8-7,2'de kaynamış su ilave edilmiştir. Sonrasında sıcaklık manyetik karıştırıcıda 85 °C'de sabit tutulup 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra çözelti oda sıcaklığına soğutulup hacim 100 ml'ye getirildikten sonra 0.20 µm membran filtresinden süzölmüştür. Eğer filtrat analizden önce buzdolabında tutulursa, fruktanlar çözeltide çökme eğilimindedir. Bu yüzden analizden önce tekrar 80 °C'ye ısıtılmalıdır ve analizden önce oda sıcaklığına soğutulmaya bırakılmalıdır. HPLC kolonu olarak Aminex Deiyonize HPX-87C (Bio-Rad) ve mobil faz olarak 85°C'de 0.6 mL/min. akış hızında su kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrileri 0.005-1 g/100 mL inülin miktarı aralıklarında çizilmiştir. Denemeler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

Teorik inülin miktarı kuru madde hesabı üzerinden yapılmıştır. Bu yöntemde şekerlemeye giren tüm hammaddelerin toplam kuru madde miktarları hesaplanmış ve son ürün nemi 18% alınmıştır.

3.2.5. Reolojik Analizler

Jelly ürünlerinin dinamik reolojik özellikleri stres kontrollü reometre (Discovery Hybrid Rheometer-2, TA Instruments, New Castle, DE, ABD) kullanılarak ölçölmüştür. Jelly ürünleri 50 °C'de eritildikten sonra Peltier plate üstüne konmuştur. Prob olarak çapı 40 mm olan paslanmaz çelik paralel plaka, analiz boşluğu olarak 0.8 mm seçilmiştir. Numunelerin doğrusal viskoelastik bölgesinin (LVR) belirlenmesinden sonra sabit 25 °C sıcaklıkta LVR bölgesinde frekans taraması testi yapılmış ve frekans aralığı 0.1 ila 100 rad/s olarak uygulanmıştır. Böylece G' değerinin (depolama modölü, elastik rijitlik ölçüsü) ve G'' değerinin (kayıp modölü, viskoz sertliğin bir ölçümü) ölçümü yapılmıştır. Örneklerin G' değerlerinin kıyaslanması için üstel model (Power model) kullanılmıştır;

$$G' = a \times \omega^b \quad (\text{Eşitlik 1})$$

3.2.6. Renk Analizi

Renk analizleri Minolta Chroma Meter CR-400 (Minolta, Camera, Osaka, Japonya) kullanılarak her jelly şekerleme örneğinden yeni kesilmiş kesitlerde ölçümler yaparak belirlenmiştir. Okuma 3 paralel olarak yapıldı. Ölçümler CIE Lab Renk ölçüm skalasına göre belirtilmiştir; L[aydınlık: siyah=0, beyaz=100], a[yeşillik (-), kırmızılık (+)], b[mavilik (-), sarılık (+)].

3.2.7. Nem Tayini

Jelly şekerleme örneklerine ait nem içerikleri çift elektrotlu Titrino 702 SM kullanılarak Karl Fischer Titrasyon metodu ile ölçülmüştür (Methrom Schweiz, Zofingen, İsviçre). 0.1 gram numune tartılarak 20 ml Hidranal kuru metanol ve 20 ml Formamitten oluşan karışım içerisinde çözülmüştür (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, ABD). Elde edilen çözelti 50 °C'ye ısıtılmış sonrasında kuruyana kadar Hidranal Kompozit (Sigma-Aldrich) ile titre edilmiştir.

3.2.8. Su Aktivitesi Analizi

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

3.2.9. Raf Ömrü Analizi

Raf ömrü analizleri 30 °C ve %60 bağıl nemde iklimlendirme kabininde hızlandırılmış olarak gerçekleştirilmiştir. Kabinde 1 aylık periyotlarla toplamda 3 ay bekletilen örnekler tekstür analizi uygulanmıştır. Bu sayede üretilen ürünlerde en önemli kalite parametresi olan tekstürün raf ömrü boyunca değişimi hakkında bilgi edinilip inülin eklenmesinin farklı değişikliklere yol açıp açmadığı tespit edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. İnülin Tayini Sonuçları

Çizelge 4.1’de inülin analizi sonuçları verilmiştir. Analiz sonuçları teorik beklenen sonuçlarla örtüşmüş olup ürüne giren inülinin proses şartlarına (115°C, 3.5 pH) dayanıklı olduğu ve parçalanmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.1. İnülin tayini sonuçları

Örnekler	İNÜLIN (%)	Jelatin Solüsyonu (%)	Şeker (%)	Son Ürün İnülin İçeriği (teorik) (%)	Son Ürün İnülin İçeriği (Analiz sonucu) (%)
DN-1	0,00	52,50	47,50	0,00	0,00
DN-2	14,60	70,00	15,40	7,13	7,02±0,49
DN-3	0,00	70,00	30,00	0,00	0,00
DN-4	21,38	56,45	22,17	9,86	9,27±0,69
DN-5	65,00	35,00	0,00	27,67	27,93±1,90
DN-6	0,00	35,00	65,00	0,00	0,00
DN-7	43,85	56,15	0,00	20,27	19,67±1,19
DN-8	42,87	45,31	11,82	18,96	19,23±1,12
DN-9	31,17	35,00	33,83	13,22	12,98±0,98
DN-10	32,50	67,50	0,00	15,75	16,21±1,13
DN-11	15,15	35,92	48,93	6,44	6,12±0,39
DN-12	65,00	35,00	0,00	27,67	27,05±2,10
DN-13	0,00	35,00	65,00	0,00	0,00

İNÜLIN ısıya ve sıcaklığa dayanıklıdır, bununla birlikte çok yüksek sıcaklıkta ve düşük pH şartlarına (<3.5) uzun süre maruz kalırsa kayıplar oluşabilir. İnülinin asit hidrolizine duyarlı olma eğilimi vardır ve raf ömrü boyunca fruktoza parçalanma durumu meydana gelebilir (Viscione 2013). İnülinin sıcaklık ve ısıya karşı dayanıklılığı inülin kaynağına ve polimerleşme derecesine göre değişkenlik gösterebilir, polimerleşme derecesi düşükçe asidik ve sıcak şartlara dayanımı azalırken çözünürlüğü artmaktadır (Anonim 2018b).

4.2. Nem Tayini ve ANOVA Analizi Sonuçları

Yapılan nem analizlerinde 13 örneğe ait nem sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Tekerrür eden denemelerden DN-5 – DN-12 ve DN-6 – DN-13 nem sonuçlarının çok yakın

çıkması yaptığımız analizlerin doğruluğunu ve uyguladığımız prosesin tekrarlanabilirliğini göstermesi açısından önemlidir.

Çizelge 4.2. Nem analizi sonuçları

Örnekler	İnülin (%)	Jelatin Solüsyonu (%)	Şeker (%)	Son Ürün Nem İçeriği (%)
DN-1	0,00	52,50	47,50	19,65±0,98
DN-2	14,60	70,00	15,40	21,68±1,18
DN-3	0,00	70,00	30,00	17,07±1,16
DN-4	21,38	56,45	22,17	17,07±1,10
DN-5	65,00	35,00	0,00	16,5±1,22
DN-6	0,00	35,00	65,00	16,87±1,17
DN-7	43,85	56,15	0,00	18,15±1,08
DN-8	42,87	45,31	11,82	18,14±1,12
DN-9	31,17	35,00	33,83	18,14±1,21
DN-10	32,50	67,50	0,00	20,41±1,32
DN-11	15,15	35,92	48,93	16,85±1,13
DN-12	65,00	35,00	0,00	16,45±1,05
DN-13	0,00	35,00	65,00	17,05±1,03

Nem analizleri sonucunda jelly şekerleme bileşenlerinin son ürün nemi üzerine etkisinin ANOVA analiz sonucu Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Analiz sonucuna göre model 0.0574 p değeri ile etkili bulunmamıştır ($p < 0.05$). Yine analiz sonucunda R^2 değeri 0.4354 olarak bulunmuştur (bu değer 1'e yaklaşması ile doğru orantılı olarak çıkan sonuçların modele ne kadar uyduğu anlaşılır).

Şekerleme örneklerinin nem değerlerini karışım dizaynıyla elde edilen model ile tahmin etmek için kurulan denklem aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$\text{Nem} = (+0.14299 * \text{İnülin}) + (+0.14474 * \text{Şeker}) + (+0.2186 * \text{Jelatin Solüsyonu})$$

Çizelge 4.3. Nem parametresi ANOVA analiz sonucu

Kaynak	Kareler Toplamı	Ortalamanın df	Karesi	F-değeri	R²	P-değeri
Model	13,940	2	6,970	3,855	0,4354	0,0574
Doğrusal Karışım	13,940	2	6,970	3,855		0,0574
Kalan	18,079	10	1,808			
Uyumsuzluk	18,061	8	2,258	258,760		0,0039
Saf Hata	0,017	2	0,009			
Toplam	32,019	12				

Şekil 4.1’de şekerleme içeriklerinin son ürün nem parametresine etkisinin karışım dizaynı model grafiği gösterilmiştir. Grafikte glikoz şurubu oranı %55 ve su oranı %5 olarak sabit tutulduğunda jelly şekerleme bileşenlerinden inülin, jelatin solüsyonu ve şekerin son ürün nem değerine etkileri görülmektedir. Grafik yorumlanmasında kırmızı renk yüksek nem içeriğini, mavi renk ise düşük nem içeriğini ifade etmektedir.

Şekil 4.1’de glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde inülin yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün neminin düştüğü gözlemlenmektedir. Örnek olarak inülin miktarı %32,5’den %43,8 seviyesine çıktığında son ürün nem değeri %20,4’ten %18,1’e düşmektedir. Bu nem düşüşündeki en büyük etkenin inülin oranının artmasıyla karışımdaki jelatin solüsyonu oranının orantılı olarak düşmesi olduğu söylenilebilir, nitekim jelatin solüsyonunun nem içeriği %70 gibi yüksek bir değere sahiptir.

Abbasi ve Farzenmehr (2009), inülin içeren çikolata örneklerinin inülin içermeyen kontrol çikolata örneklerine göre daha yüksek nem içerdiklerini bildirmişlerdir. Aidoo ve ark. (2014), yüksek oranlarda inülin kullanılmasının çikolatanın nem içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Shah ve ark. 2010 yılında yaptıkları bir çalışmada yüksek molekül ağırlıklı inülin içeren çikolataların inülin içermeyen kontrol çikolatalara göre daha yüksek nem içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. İnülinin hidrofilik yapıda olması ve su tutma kapasitesine sahip olmasından dolayı inülinli örneklerin kontrol örneklere göre daha yüksek nem içeriğine

sahip olması beklenmektedir. Ancak yaptığımız çalışmada inülin oranının jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artması ile jelatin solüsyonu miktarı orantısal olarak azalmıştır. %70 gibi yüksek nem içeriğine sahip olmasından dolayı jelatin solüsyonunun azalması ile nem içeriğinde de azalma görülmüştür.

Şekil 4.1’de de glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde şekerin yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde tıpkı inülinde olduğu gibi son ürün neminin düştüğü gözlemlenmektedir. Örnek olarak şeker miktarı %47,5’ten %65 seviyesine çıktığında son ürün nem değeri %19,65’ten %17,05’e düşmektedir. Bu durum inülin artışında olduğu gibi jelatin solüsyonunun artmasıyla su içeriğinin artmasından kaynaklanmaktadır. Grafik yorumlanmasında renk geçişlerinin keskinliği parametrenin etki derecesini göstermektedir. Buna göre şeker ve inülin arasında son ürün nemine etkisi bakımından ciddi bir farklılık gözlenmemiştir.

Şekil 4.1’de glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde jelatin solüsyonu yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün neminin arttığı gözlemlenmektedir. Örnek olarak jelatin solüsyonu miktarı %35’ten %70 seviyesine çıktığında son ürün nem değeri %18,14’ten %21,68’e yükselmektedir.

Genel olarak ele aldığımızda inülin ve şeker oranlarının son ürün nemine etkisinin yakın olduğunu gözlemekle beraber asıl nem değerine etki eden parametrenin jelatin solüsyonu olduğu anlaşılmıştır. Bu duruma da jelatinin su tutma kapasitesinin yanında asıl etken olarak jelatin solüsyonunun yüksek nem içeriğine sahip olması olduğu sonucuna varılmıştır.

Design-Expert® Software

nem

◆ Design Points

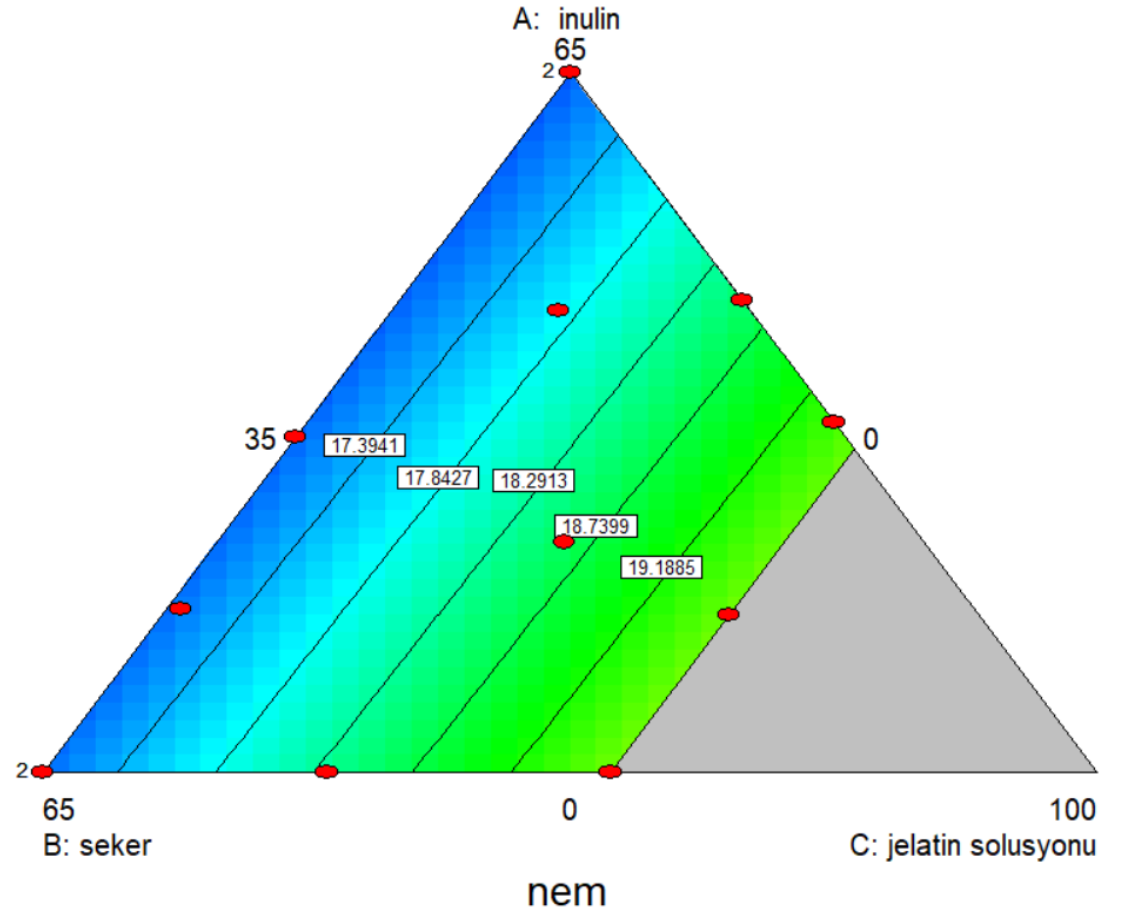
21.68

16.45

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.1. Şekerleme Bileşenlerinin Nem Değeri Üzerine Etkisi

4.3. Renk Tayini ve ANOVA Analizi Değerlendirmesi

Çizelge 4.4'te renk analizi sonuçları verilmiştir. Renk analizine ait karışım dizaynı model parametreleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Anova analizi sonucuna göre model renk analizi parametrelerinden;

L* değeri için $p=0.1767$ ile etkili bulunmamıştır.

a* değeri için $p=0.0650$ ile etkili bulunmamıştır.

b* değeri için $p=0.1391$ ile etkili bulunmamıştır.

Şekil 4.2. Şekil 4.3. ve Şekil 4.4'te şekerleme içeriklerinin son ürün renk parametresi üzerine etkisinin karışım dizaynı model grafiği gösterilmiştir. Grafikte glikoz şurubu oranı %55 ve su oranı %5 olarak sabit tutulduğunda jelly şekerleme bileşenlerinden inülin, jelatin solüsyonu ve sakkarozun son ürün rengi üzerine etkileri görülmektedir.

Çizelge 4.4. Renk analizi sonuçları

	L*	a*	b*
DN-1	22,24±1,72	3,55±0,24	1,29±0,09
DN-2	23,47±1,81	4,18±0,27	1,84±0,12
DN-3	23,15±1,69	2,89±0,20	0,86±0,06
DN-4	21,72±1,55	3,52±0,22	1,43±0,10
DN-5	21,84±1,62	5,01±0,32	2,02±0,14
DN-6	22,44±1,77	6,07±0,41	1,86±0,11
DN-7	23,24±1,74	2,71±0,17	1,10±0,07
DN-8	21,99±1,65	3,92±0,28	1,62±0,10
DN-9	22,66±1,59	3,31±0,21	1,49±0,08
DN-10	22,75±1,74	3,50±0,24	1,47±0,09
DN-11	23,00±1,82	3,02±0,19	0,75±0,06
DN-12	21,77±1,73	4,48±0,30	2,20±0,16
DN-13	23,90±1,85	4,68±0,33	1,03±0,07

Çizelge 4.5. Renk analizine ait karışım dizaynı model parametreleri

Değişken	Katsayı							R ²	p değeri
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₃	X ₁₂₃		
L*	0,21215	0,22662	0,23356					0,2930	0,1767
a*	0,12850	0,15276	0,074395	-0,00762111	-0,00271675	-0,00318046	0,00016106	0,7911	0,0650
b*	0,02356484	0,01326941	0,01056065					0,3260	0,1391

X₁: İnülin, X₂: Şeker, X₃: Jelatin Solüsyonu

Şekil 4.2’de jelatin solüsyonu, sakkaroz ve inülinin renk parametrelerinden L* değerine etkisi gösterilmiştir. Renk analizinde L* değeri açıklık-koyuluk eksenini tanımlar. Grafik yorumlanmasında kırmızı renk açıklığı, mavi renk ise koyuluğu ifade etmektedir. Buna göre Şekil 4.2’de glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde inülin yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün renginin koyulaştığı gözlemlenmektedir. Örneğin jelatin solüsyonunu %35 olarak sabit tuttuğumuzda inülin miktarı %0’dan %21 seviyesine çıktığında L* değeri 23,9’dan 22,6’ya düşerek rengin koyulaştığı fakat bu koyulaşmanın etkisiz kabul edilebilecek kadar düşük düzeyde olduğu gözlemlenmiştir.

Shah ve ark. (2010), sütlü çikolatada sakkarozun yerine ikame olarak farklı polimerasyon derecelerine sahip inülin kullanmışlar ve renk sonuçlarının kontrol örneğine göre farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. Sakkarozun yerine inülin kullanılmasıyla daha koyu bir çikolata elde edileceğini ifade etmişlerdir. Göktaş 2016 yılında yaptığı çalışmada inülin içerikli çikolataya ait L* değerini 40,48 olarak, kontrol örneğe ait L* değerini ise 39,40 olarak bulmuştur. Buna göre inülinin koyuluk değerini arttırdığı fakat bu artışın elimine edilebilecek kadar az olduğu anlaşılmaktadır. Yaptığımız çalışmada da benzer şekilde koyuluk değerinin artma yönünde etkilendiği görülmüş, bu etkilenmenin elimine edilebilecek kadar düşük oranda olduğu gözlemlenmiştir.

Jelatin solüsyonu, sakkaroz ve inülinin renk parametrelerinden a* değerine etkisi Şekil 4.3’te gösterilmiştir. Renk analizinde a* değeri kırmızı-yeşil eksenini tanımlar. a* değeri pozitif değerlerde kırmızılığı ifade ederken negatif değerlerde yeşilliği tanımlar. Grafik yorumlanmasında kırmızı renge doğru kırmızılık veya yeşillik tonu artarken, mavi renk yönünde ise kırmızılık veya yeşillik tonu azalır. Buna göre Şekil 4.3’te glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde sakkaroz yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün renginin kırmızılık yönüne gittiği gözlemlenmektedir. Benzer durum inülin için de tespit edilmiştir. İnülin ve şeker oranla daha az etkisi olan jelatin solüsyonunun artması da yine son ürün rengini kırmızılık yönüne çektiği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.4’te jelatin solüsyonu, sakkaroz ve inülinin renk parametrelerinden b* değerine etkisi gösterilmiştir. Renk analizinde b* değeri sarı-mavi eksenini tanımlar. b* değeri pozitif değerlerde sarılığı, negatif değerlerde ise maviliği ifade eder. Grafik yorumlanmasında kırmızı renge doğru sarılık veya mavilik tonu artarken, mavi renk yönünde ise sarılık veya

mavilik tonu azalır. Model $p=0.1391$ ve $R^2=0.3260$ değerleri ile uyumsuz bulunduğundan hiçbir bileşenin etkisi gözlenmemiştir. Model uyumsuz olmasına rağmen yine de değerlendirildiğinde genel olarak b^* değeri 1.26 ile 1.75 arasında olduğundan hiçbir parametrenin mavilik veya sarılık üzerine pek etkisinin olmadığı görülmektedir. Şekil 4.4'te glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde inülin yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün renginin sarılık yönüne gittiği gözlemlenmektedir. Jelatin solüsyonunu %35 olarak sabit tuttuğumuzda inülin miktarı %0'dan %65 seviyesine çıktığında b^* değeri 1.03'ten 2.02'ye yükselerek rengin sarılık yönüne kaydığı gözlenmektedir. Buna dayanarak şeker ve inülin kıyaslandığında inülinin sarılılık yönünde şekerden daha etkili olduğu gözlenmiştir.

Design-Expert® Software

Renk L*

● Design Points

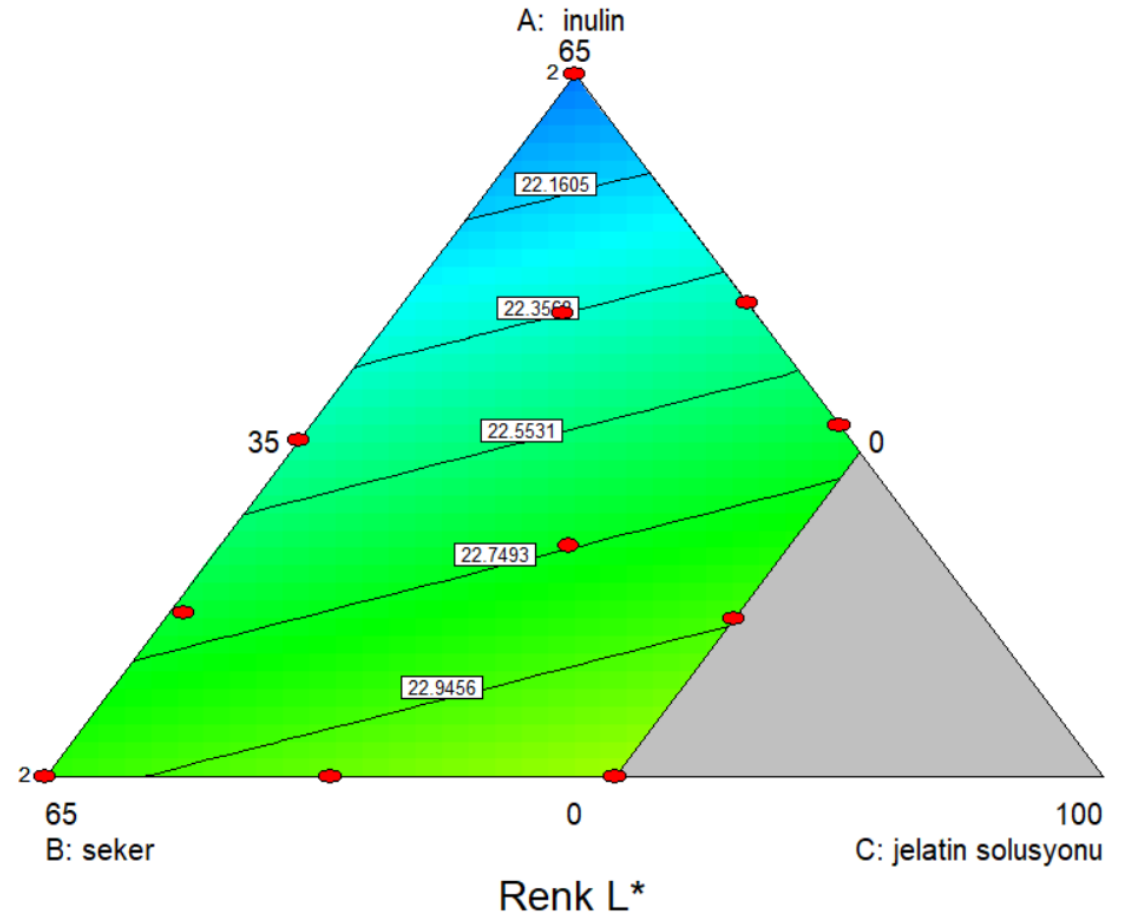
23.8967

21.72

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.2. Şekerleme Bileşenlerinin Renk analizi L* parametresi Üzerine Etkisi

Design-Expert® Software

Renk a*

● Design Points

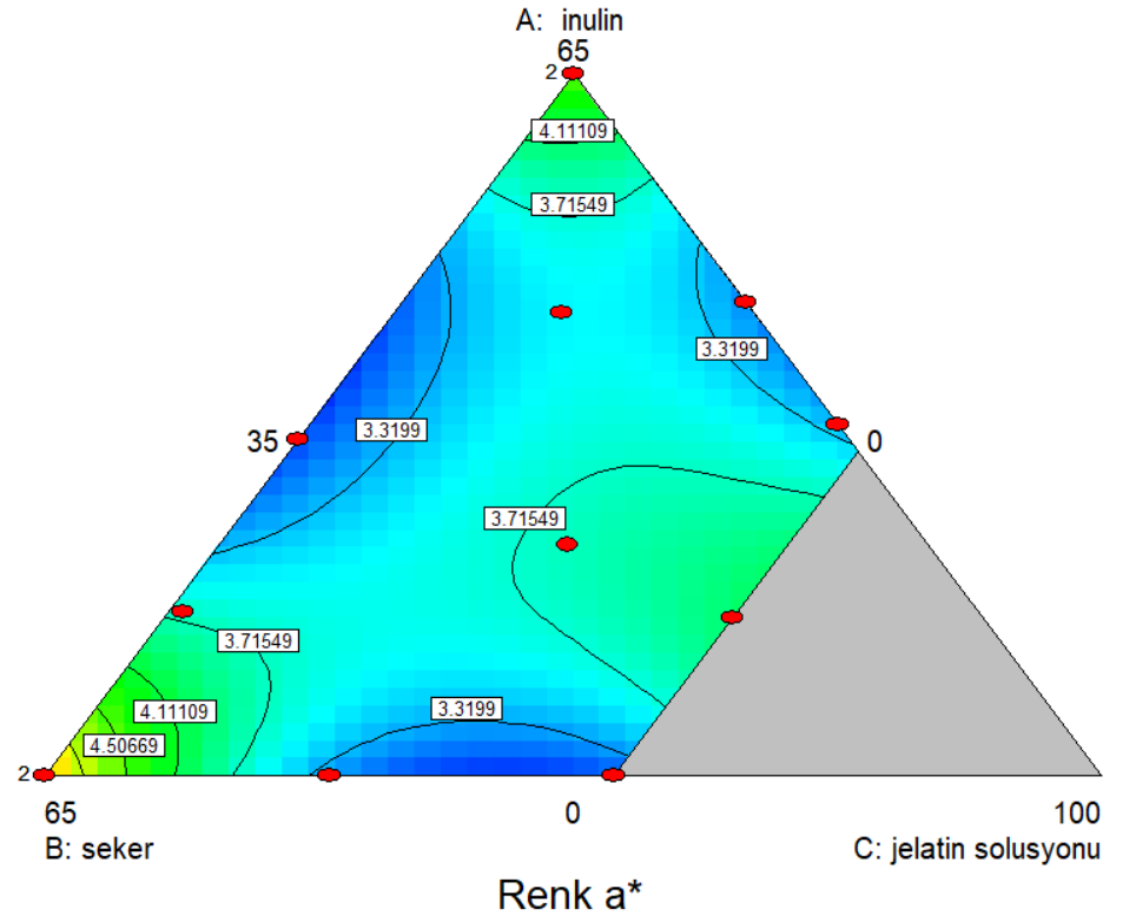
6.07333

2.70667

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.3. Şekerleme Bileşenlerinin Renk analizi a* parametresi Üzerine Etkisi

Design-Expert® Software

Renk b*

● Design Points

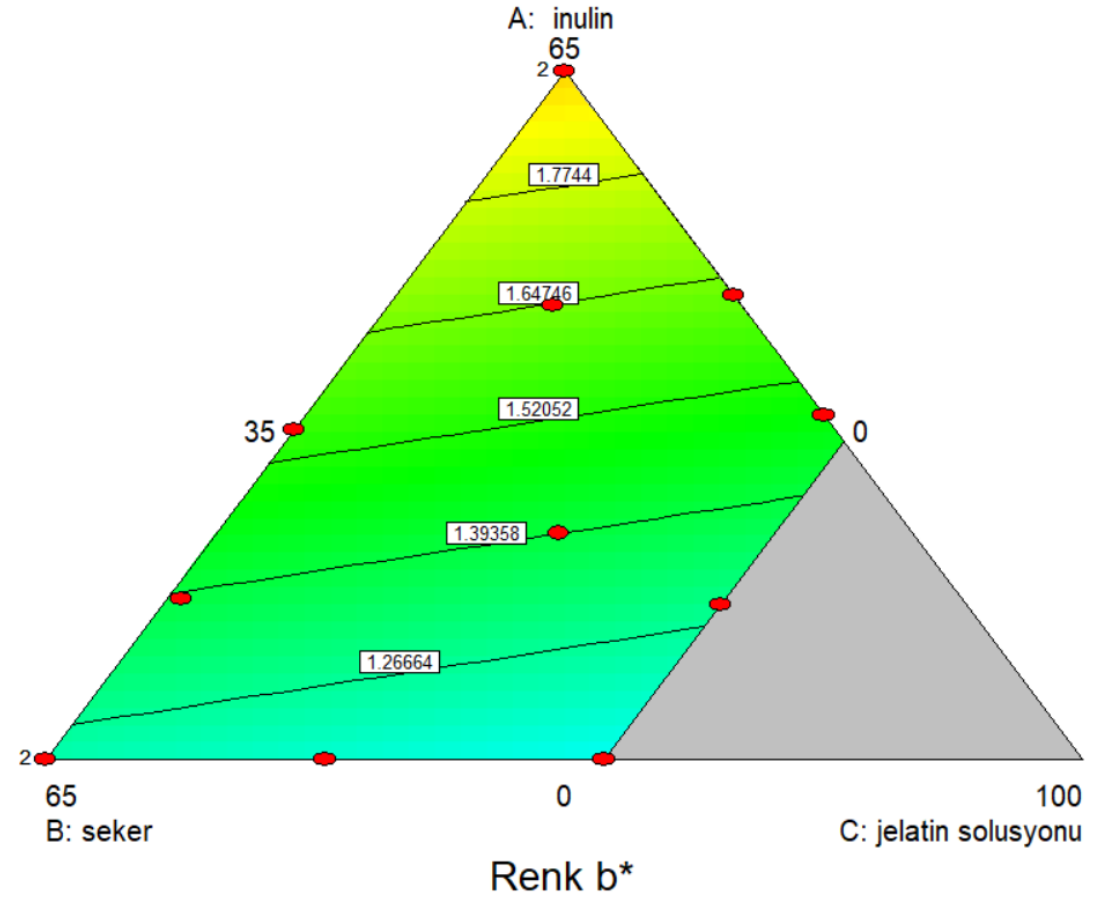
2.2

0.746667

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.4. Şekerleme Bileşenlerinin Renk analizi b* parametresi Üzerine Etkisi

4.4. Su Aktivitesi Sonuçları

Yapılan su aktivitesi analizi sonuçları Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Jelly şekerlemelerin su aktivitesi 0.6 ila 0.7 arasındadır (Wills 1998). Sonuçlar beklendiği gibi kontrol jelly şekerlemelerin üzerinde su aktivitesine sahip değildir.

Çizelge 4.6. Su aktivitesi analiz sonuçları

Örnekler	İnülin (%)	Jelatin Solüsyonu (%)	Şeker (%)	Son Ürün Su Aktivitesi
DN-1	0,00	52,50	47,50	0,68±0,04
DN-2	14,60	70,00	15,40	0,66±0,04
DN-3	0,00	70,00	30,00	0,60±0,03
DN-4	21,38	56,45	22,17	0,58±0,03
DN-5	65,00	35,00	0,00	0,58±0,03
DN-6	0,00	35,00	65,00	0,57±0,03
DN-7	43,85	56,15	0,00	0,63±0,04
DN-8	42,87	45,31	11,82	0,60±0,04
DN-9	31,17	35,00	33,83	0,62±0,04
DN-10	32,50	67,50	0,00	0,67±0,04
DN-11	15,15	35,92	48,93	0,60±0,03
DN-12	65,00	35,00	0,00	0,56±0,03
DN-13	0,00	35,00	65,00	0,58±0,03

Jelly şekerleme bileşenlerinin son ürün su aktivitesi üzerine etkisinin ANOVA analiz sonucu Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Analiz sonucuna göre Model 0.0829 p değeri ile etkili bulunmamıştır ($p < 0.05$, $R = 0.98$). Yine analiz sonucunda R^2 değeri 0.3923 olarak bulunmuştur (Bu değer 1'e yaklaşması ile doğru orantılı olarak çıkan sonuçların modele ne kadar uyduğu anlaşılır).

Şekerleme örneklerinin nem değerlerini karışım dizaynıyla elde edilen model ile tahmin etmek için kurulan denklem aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$\text{Su aktivitesi} = (5.2 \times 10^{-3} \times \text{İnülin}) + (5.34 \times 10^{-3} \times \text{Şeker}) + (6.98 \times 10^{-3} \times \text{Jelatin Solüsyonu})$$

Çizelge 4.7. Su aktivitesi ANOVA analiz sonucu

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F değeri	R ²	P-değeri
Model	0,007296822	2	0,003648	3,227774	0,3923	0,0829
Doğrusal Karışım	0,007296822	2	0,003648	3,227774		0,0829
Kalan	0,011303178	10	0,00113			
Uyumsuzluk	0,011053178	8	0,001382	11,05318		0,0856
Saf Hata	0,00025	2	0,000125			
Toplam	0,0186	12				

Şekil 4.5'te şekerleme içeriklerinin son ürün su aktivitesine etkisi karışım dizayn model grafiği ile gösterilmiştir. Grafikte glikoz şurubu oranı %55 ve su oranı %5 olarak sabit tutulduğunda jelly şekerleme bileşenlerinden inülin, jelatin solüsyonu ve şekerin son ürün su aktivitesi üzerine etkileri görülmektedir. Grafik yorumlanmasında kırmızı renk yüksek su aktivitesini mavi renk ise düşük su aktivitesini ifade etmektedir.

Şekil 4.5'te glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde jelatin solüsyonu yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün su aktivitesinin arttığı gözlemlenmektedir. İnülin ve şeker oranının arttığı durumda ise orantılı olarak jelatin solüsyonunun düşmesinden dolayı su aktivitesinin de düştüğü görülmektedir. Bu durumun nedeni ise jelatin solüsyonunun %70 gibi yüksek bir nem içeriğine sahip olmasıdır.

Şekil 4.1. Nem parametresi karışım dizaynı model grafiği ile Şekil 4.5. Su aktivitesi parametresi karışım dizaynı model grafiğinin birbirini destekler nitelikte örtüştüğü görülmektedir. Şekil 4.1'de jelatin solüsyonu arttıkça nem değeri artmış, Şekil 4.5'te ise jelatin solüsyonu arttıkça su aktivitesi artmıştır. Her iki grafik incelendiğinde jelatin solüsyonunun artmasıyla nem değerinin arttığı dolayısıyla su aktivitesinin de arttığı anlaşılmıştır.

Design-Expert® Software

su aktivitesi

● Design Points

0.68

0.56

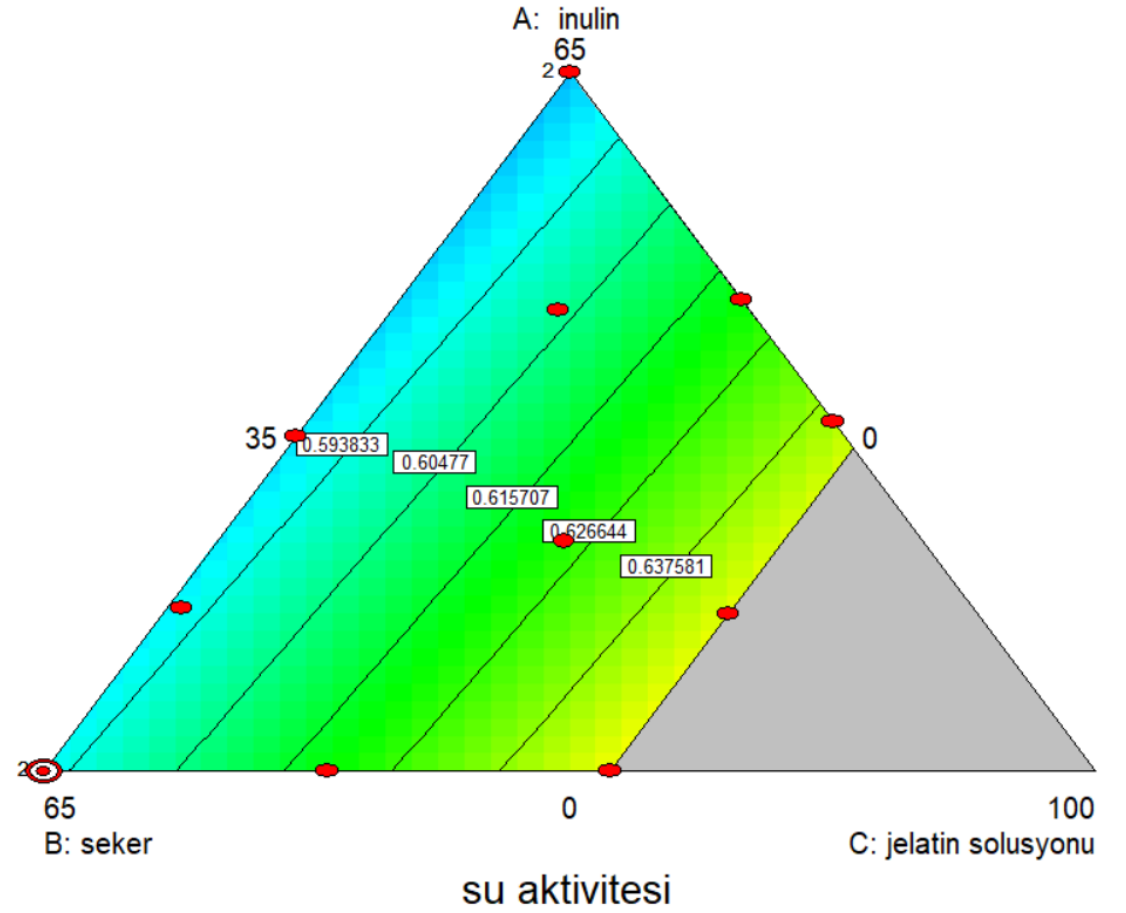
su aktivitesi = 0.58

Std # 4 Run # 13

X1 = A: inulin = 0

X2 = B: seker = 65

X3 = C: jelatin solusyonu = 35



Şekil 4.5. Şekerleme Bileşenlerinin Su Aktivitesi Üzerine Etkisi

4.5. Tekstür Analiz Sonuçları

4.5.1. Sertlik

Tekstür analizi sertlik parametresi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Sertlik değerine ait karışım dizaynı model parametreleri Çizelge 4.9’da aylara göre verilmiştir. Anova analizi sonucunda aylara göre;

İlk üretim analiz sonucu $p=0.0040$ ile etkili bulunmuştur.

1.ay analiz sonucu $p=0.0005$ ile etkili bulunmuştur.

2.ay analiz sonucu $p=0.0001$ ile etkili bulunmuştur.

3.ay analiz sonucu $p=0.0005$ ile etkili bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Tekstür analizi sertlik sonuçları (g)

Örnekler	İlk Üretim	1. Ay	2.Ay	3.Ay
DN-1	28658±1576	31527±1710	32764±1795	33105±1820
DN-2	55788±3347	59677±3570	61826±3695	62673±3755
DN-3	68655±4806	85731±5700	94197±6500	95722±6625
DN-4	50346±2760	52360±2745	55485±3002	58666±3216
DN-5	20768±1235	24834±1380	31315±1875	32689±1962
DN-6	13957±965	15379±1055	16699±1150	17982±1251
DN-7	38121±2010	42621±2312	44455±2440	46578±2544
DN-8	23590±1396	24647±1385	32182±1928	35633±2140
DN-9	18915±1312	24143±1690	28710±2005	31233±2173
DN-10	25066±1365	30319±1662	35057±1934	38484±2078
DN-11	8578±495	9385±560	11081±642	13614±804
DN-12	20154±1410	24145±1650	30786±2122	31899±2145
DN-13	13540±720	16504±910	17963±923	18134±934

Çizelge 4.9. Sertlik değerine ait karışım dizaynı model parametreleri

Değişken	Katsayı										R ²	p değeri
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₃	X ₁₂₃	X ₁₂ X ₁₂	X ₁₃ X ₁₃	X ₂₃ X ₂₃		
Sertlik-ilk üretim	6411,10	11669,97	-5796,31	-36,86	-1,56	-110,46	-5,95	0,15	-2,78	-4,26	0,9935	0,0040
Sertlik-1.ay	8100,80	14756,12	-7087,81	-11,39	-8,21	-146,03	-8,33	0,26	-3,45	-5,32	0,9983	0,0005
Sertlik-2.ay	7583,50	14513,47	-6540,68	-2,60	-6,83	-151,36	-8,11	0,37	-3,19	-5,17	0,9996	0,0001
Sertlik-3.ay	7422,16	14524,37	-6520,19	0,08	-2,88	-151,70	-8,11	0,37	-3,16	-5,17	0,9983	0,0005

X₁: İnülin, X₂: Şeker, X₃: Jelatin Solüsyonu

Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da şekerleme içeriklerinin son ürün sertliğine etkisinin karışım dizaynı model grafiği aylara göre gösterilmiştir. Grafiklerde glikoz şurubu oranı %55 ve su oranı %5 olarak sabit tutulduğunda jelly şekerleme bileşenlerinden inülin, jelatin solüsyonu ve şekerin son ürün sertliğine üzerine etkileri zamana göre görülmektedir. Grafik yorumlanmasında kırmızı renk yüksek sertliği, mavi renk ise düşük sertliği ifade etmektedir.

Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da aylara göre sertlik parametresi karışım dizaynı model grafiklerinde jelatin solüsyonu yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün sertliğinin arttığı gözlemlenmektedir. Şeker ve inülinin artışı ise sertliğin azalmasına neden olmaktadır, bu durumun temel nedeninin şeker-inülin miktarının artmasıyla orantısız olarak jelatin solüsyonunun karışımdaki oranının düşmesinin olduğu anlaşılmıştır.

Literatürde, çeşitli ürün gruplarında inülin kullanımıyla sertlik değerlerinde azalmanın tespit edildiği araştırmalar mevcuttur (Méndez-Zamora ve ark. 2015, Delgado ve Banon, 2018). Shourideh ve ark. (2012), D-tagatoz ve inülinin farklı oranlarda karışımını içeren bitter çikolata formülasyonlarında inülin konsantrasyonundaki artışın örneklerin sertliğini azalttığını ve şeker yerine tamamen inülin kullanıldığında çikolataların en düşük sertliğe sahip olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumun, inülinde bulunan hidrofilik gruplara bağlı olarak nemi absorbe etmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Mutlu ve ark. (2018) yaptıkları araştırmada jelatin dozundaki artışın (%15-20-25) ürettikleri şekerlemelerin sertliğini arttırdığını belirlemişlerdir. Jiamjariyatam (2017), jelly tipi çiğnenebilir şekerlemelerde jelatin ve izomaltulozun kalite üzerine etkisini incelediği çalışmada, jelatin seviyesindeki artışın, jelatin molekülleri arasında oluşan hidrojen bağlarını artırarak şekerlemelerde sertliği arttırdığını tespit etmiştir.

Jelatin solüsyonu %35 oranında sabit tutularak şeker ve inülin kıyas edildiğinde inülin miktarı arttıkça sertliğin de arttığı Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da görülmüştür. Buna göre inülinin sertliğe etkisinin şekerle göre daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da inülin oranı %0 olarak tutulduğunda şeker ve jelatin solüsyonu kıyas edilmiş ve jelatin solüsyonunun sertliğe etkisinin şekerle göre çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Şeker oranı %0 olarak tutulduğunda inülin ve jelatin solüsyonu kıyas edilmiş ve jelatin solüsyonunun sertliğe etkisinin inüline daha fazla olduğu Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da görülmüştür.

Genel olarak jelatin solüsyonunun sertliği artıran en temel parametre olduğu anlaşılmıştır ve tüm aylara ait grafikler incelendiğinde raf ömrü boyunca sertliğin arttığı görülmüştür.

Design-Expert® Software

sertlik-ilk üretim

● Design Points

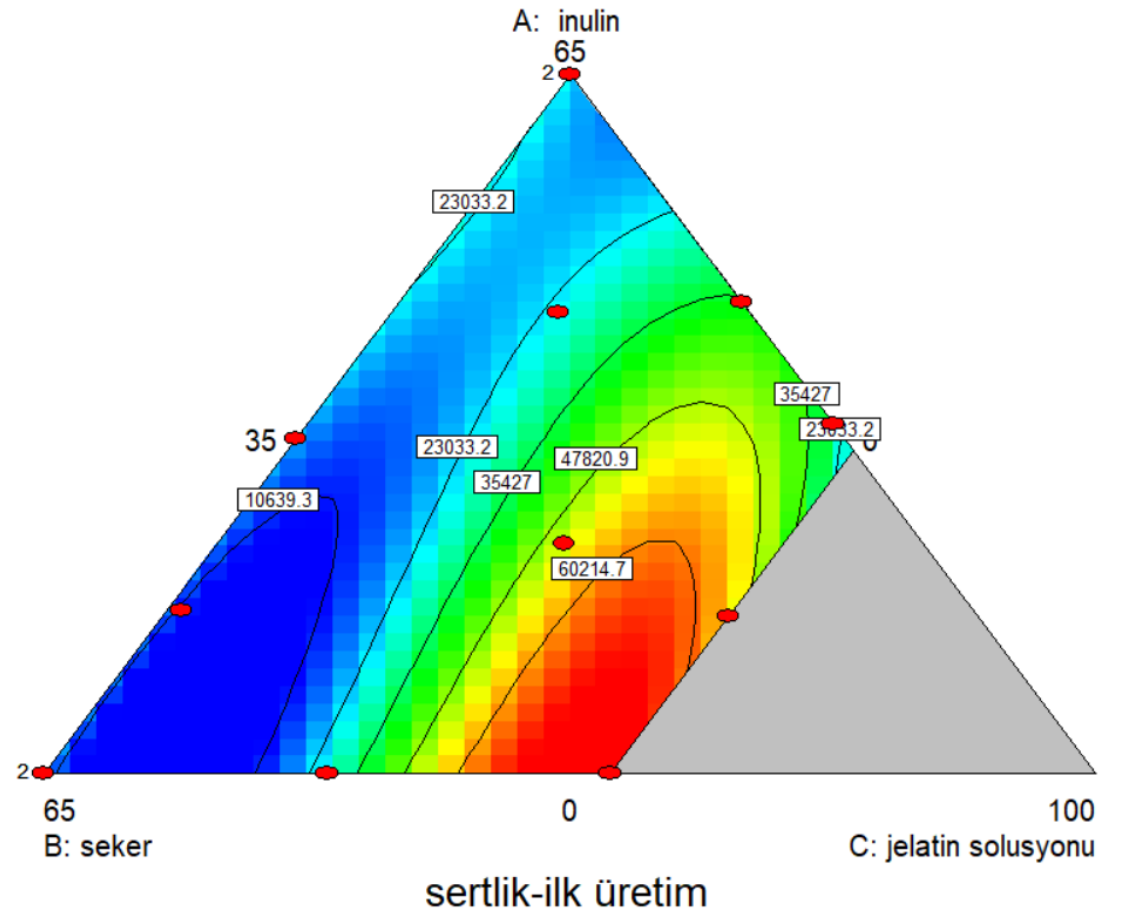
68655

8578

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.6. Şekerleme Bileşenlerinin İlk Üretim Anında Sertlik Üzerine Etkisi

Design-Expert® Software

sertlik 1.ay

◆ Design Points

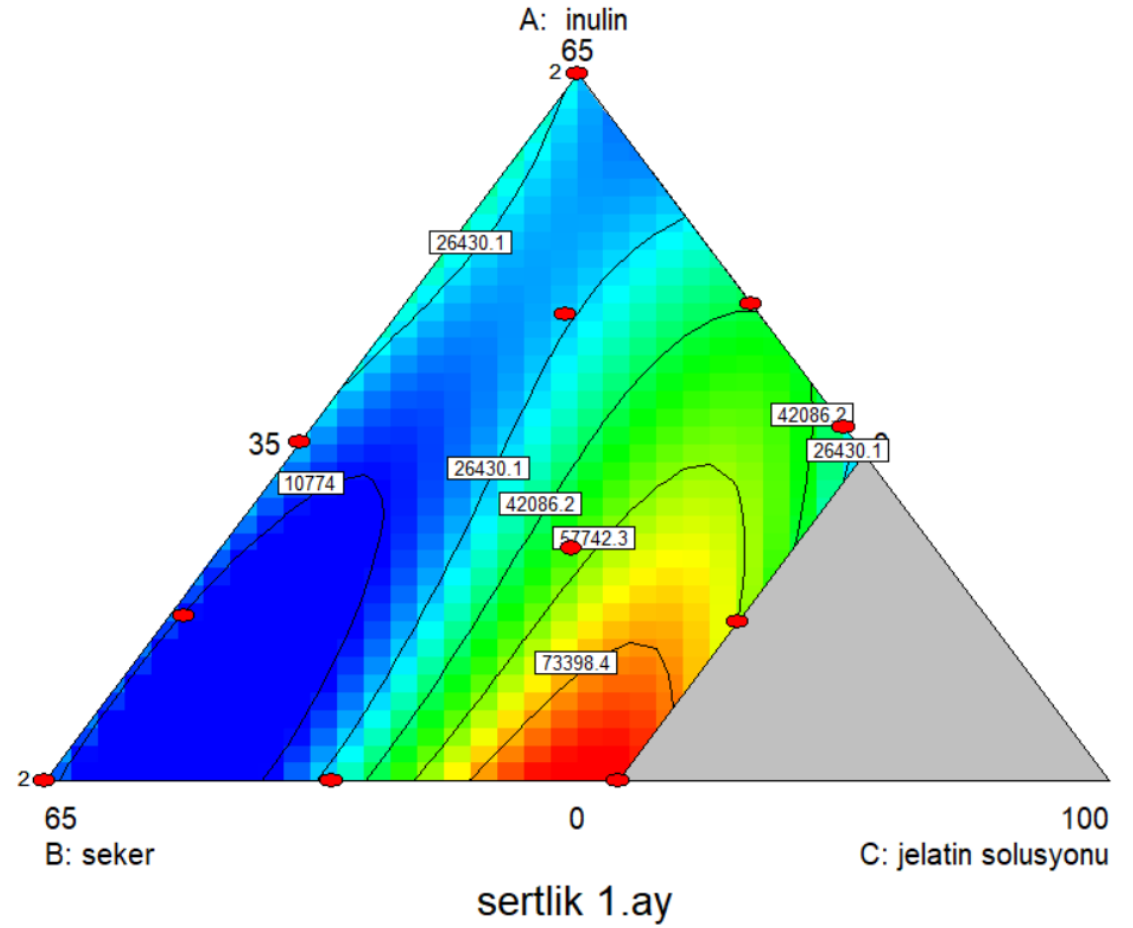
85731

9385

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.7. Şekerleme Bileşenlerinin 1 Ay Sonunda Sertlik Üzerine Etkisi

Design-Expert® Software

sertlik 2.ay

● Design Points

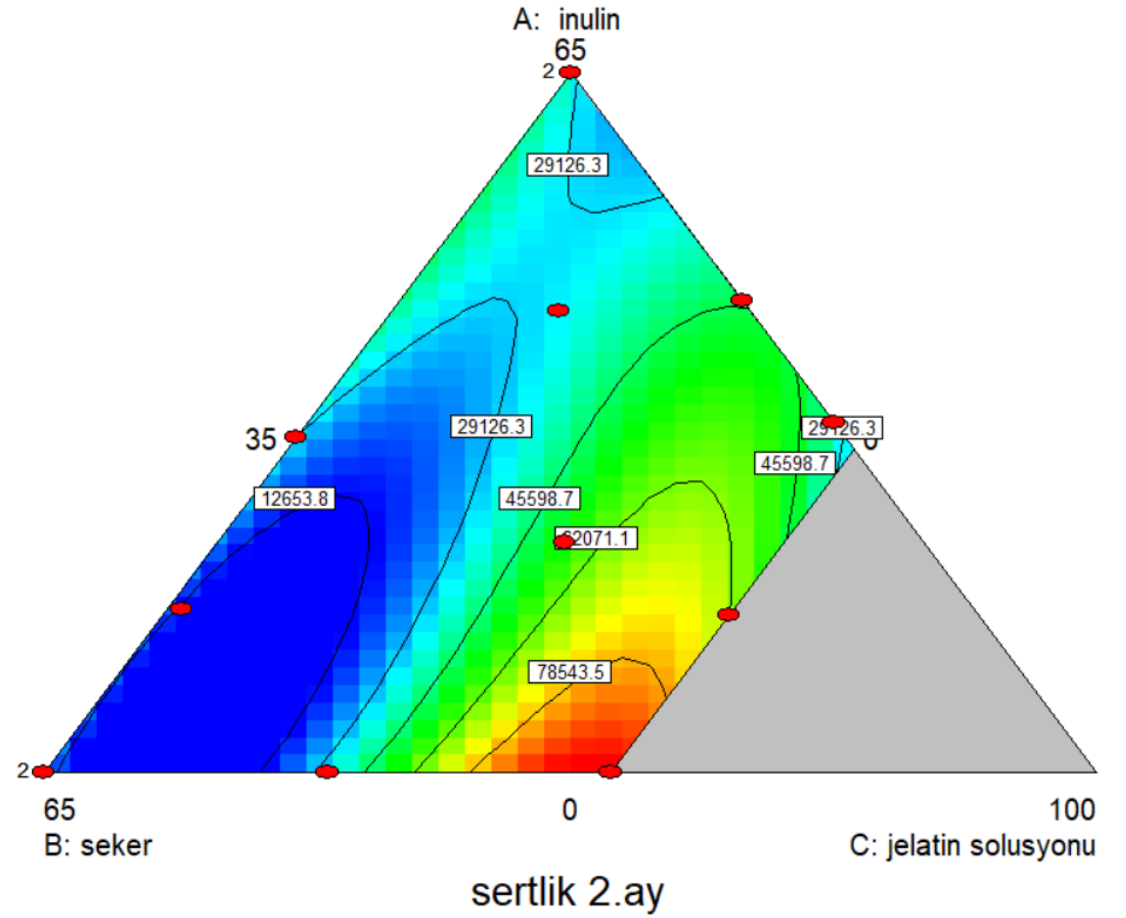
94197

11081

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.8. Şekerleme Bileşenlerinin 2 Ay Sonunda Sertlik Üzerine Etkisi

Design-Expert® Software

sertlik 3.ay

● Design Points

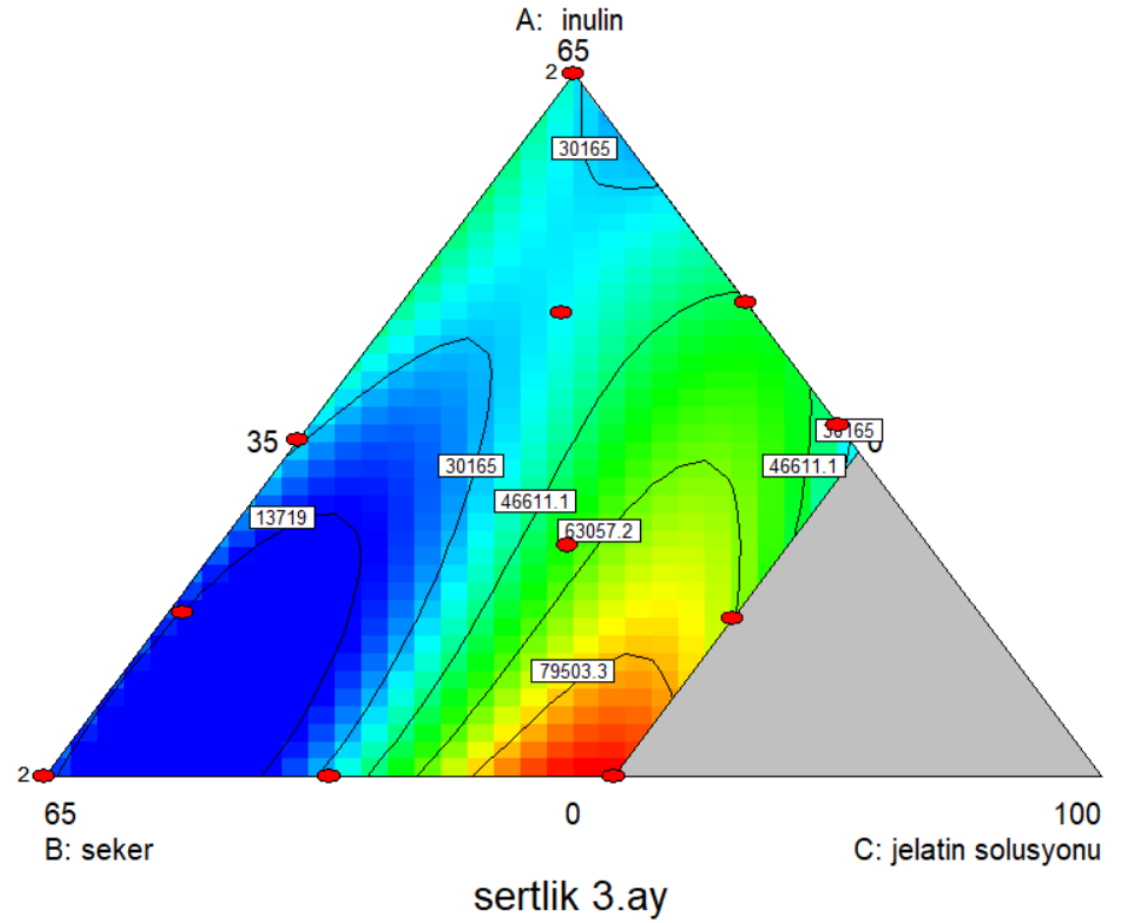
95722

13614

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.9. Şekerleme Bileşenlerinin 3 Ay Sonunda Sertlik Üzerine Etkisi

4.5.2. Yapışkanlık

Tekstür analizi adezif yapışkanlık sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Adezif yapışkanlık değerine ait karışım dizaynı modek parametreleri Çizelge 4.11'de aylara göre verilmiştir. Anova analizi sonucunda aylara göre;

İlk üretim analiz sonucu $p=0.0028$ ile etkili bulunmuştur.

1.ay analiz sonucu $p=0.0001$ ile etkili bulunmuştur.

2.ay analiz sonucu $p=0.0005$ ile etkili bulunmuştur.

3.ay analiz sonucu $p=0.0841$ ile etkili bulunmamıştır.

Çizelge 4.10. Tekstür analizi adezif yapışkanlık sonuçları (g.sn)

Örnekler	İlk Üretim	1. Ay	2.Ay	3.Ay
DN-1	13,26±0,74	25,43±1,42	47,37±2,71	49,62±2,78
DN-2	6,32±0,37	33,34±2,00	26,76±1,65	45,94±2,74
DN-3	24,80±1,72	20,56±1,44	19,36±1,34	49,62±3,45
DN-4	39,51±2,19	48,50±2,69	48,37±2,76	39,83±2,22
DN-5	81,30±4,77	83,99±5,12	103,94±6,38	78,03±4,66
DN-6	74,78±5,28	86,84±5,85	169,07±11,75	110,26±7,70
DN-7	18,87±1,06	25,83±1,44	50,30±2,74	49,03±2,55
DN-8	36,50±2,18	58,58±3,37	132,67±7,98	55,79±3,32
DN-9	32,54±2,32	64,35±4,50	108,50±7,60	40,34±2,68
DN-10	10,67±0,59	17,52±0,96	16,26±0,89	35,41±1,96
DN-11	65,20±3,91	77,76±4,62	161,54±9,62	86,55±5,38
DN-12	64,59±4,45	87,71±6,25	148,62±10,52	78,56±5,55
DN-13	85,16±4,62	80,67±4,68	92,49±5,11	50,23±2,82

Çizelge 4.11. Adezif yapışkanlık değerine ait karışım dizaynı model parametreleri

Değişken	Katsayı							R ²	p değeri
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₃	X ₁₂₃		
Adezif yapışkanlık-ilk üretim	1,1553	1,2527	-0,4055					0,6916	0,0028
Adezif yapışkanlık-1.ay	3,1740	3,1749	0,9044	-0,1180	-0,0668	-0,0677	0,0029	0,9840	0,0001
Adezif yapışkanlık-2.ay	2,4947	2,5046	-0,8786					0,7815	0,0005
Adezif yapışkanlık-3.ay	0,9962	1,0961	0,1060					0,3905	0,0841

X₁: İnülin, X₂: Şeker, X₃: Jelatin Solüsyonu

Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te şekerleme içeriklerinin son ürün adezif yapışkanlığına etkisinin karışım dizaynı model grafiği aylara göre gösterilmiştir. Grafiklerde glikoz şurubu oranı %55 olarak sabit tutulduğunda jelly şekerleme bileşenlerinden inülin, jelatin solüsyonu ve şekerin son ürün adezif yapışkanlığı üzerine etkileri zamana göre görülmektedir. Grafik yorumlanmasında kırmızı renk yüksek yapışkanlığı, mavi renk ise düşük yapışkanlığı ifade etmektedir. Renk geçişlerinin keskinliği ilgili parametrenin etki derecesini göstermektedir.

Jelatin solüsyonu yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün adezif yapışkanlığının azaldığı Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te çok net bir şekilde gözlemlenmektedir. Rahman ve Al-Mahrouqi (2009), artan sığır jelatini konsantrasyonu ile jellerin yapışkanlığında azalma olduğunu belirlemiştir. Bryant ve ark. (1995) en çok yapışkanlık değerine sahip çeddar peynirinin yüksek yağ içeriğine sahip, protein arası bağların zayıf ve açık olduğu peynirlerde meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Protein dışındaki su ve yağ gibi girdilerin bunu arttırdığı düşünülmektedir. Dolayısıyla jelly tipi şekerlemelerde jelatin miktarı arttıkça daha sıkı ve kompakt yapı oluşmakta, çignenebilirlik azalmakta ve yapışkanlık değeri düşmektedir.

Şeker yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün adezif yapışkanlığının arttığı Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te görülmektedir.

Şeker yüzdesi jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış gösterdiğinde son ürün adezif yapışkanlığının inülin artışında olduğu gibi arttığı Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te görülmektedir.

Genel olarak jelatin solüsyonunun artmasının adezif yapışkanlığı azalttığı, inülinin artmasının ise adezif yapışkanlığı arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, inülinin su tutma kapasitesine bağlı olarak yapışkanlığı arttırması ile ilişkilendirilmiştir. Serin ve Sayar (2017), fırıncılık ürünlerinde hamurdaki yağ oranının çeşitli karbonhidrat bazlı yağ ikame maddeleri ile azaltılması amacıyla yaptıkları çalışmada, hamurlara ait yapışkanlık değerlerinin kullanılan yağ ikame maddesi miktarındaki artışa bağlı olarak artış gösterdiğini tespit etmişler ve bu duruma inülin, maltodekstrin veya polidekstrozun yüksek su tutma kapasitesinin neden olduğunu açıklamışlardır. Muzammil ve ark. (2017), probiyotik takviyeli dondurulmuş yoğurtlarda inülin ve gliserolün fizikokimyasal özelliklere etkisini inceledikleri araştırmada, dondurulmuş yoğurtların yapışkanlığının inülin konsantrasyonu ile önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir.

Ayrıca jelatin solüsyonu oranı sabit tutularak şeker ve inülinin etkisi kıyaslandığında adezif yapışkanlık üzerine etkilerinin çok yakın olduğu Şekil 4.10, şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te görülmüştür. Yine grafik yorumlanmasındaki renk geçiş keskinliği incelendiğinde adezif yapışkanlık üzerine en ciddi etkiye jelatinin sahip olduğu anlaşılmıştır.

Design-Expert® Software

Adezif yapiskanlik ilk üretim

● Design Points

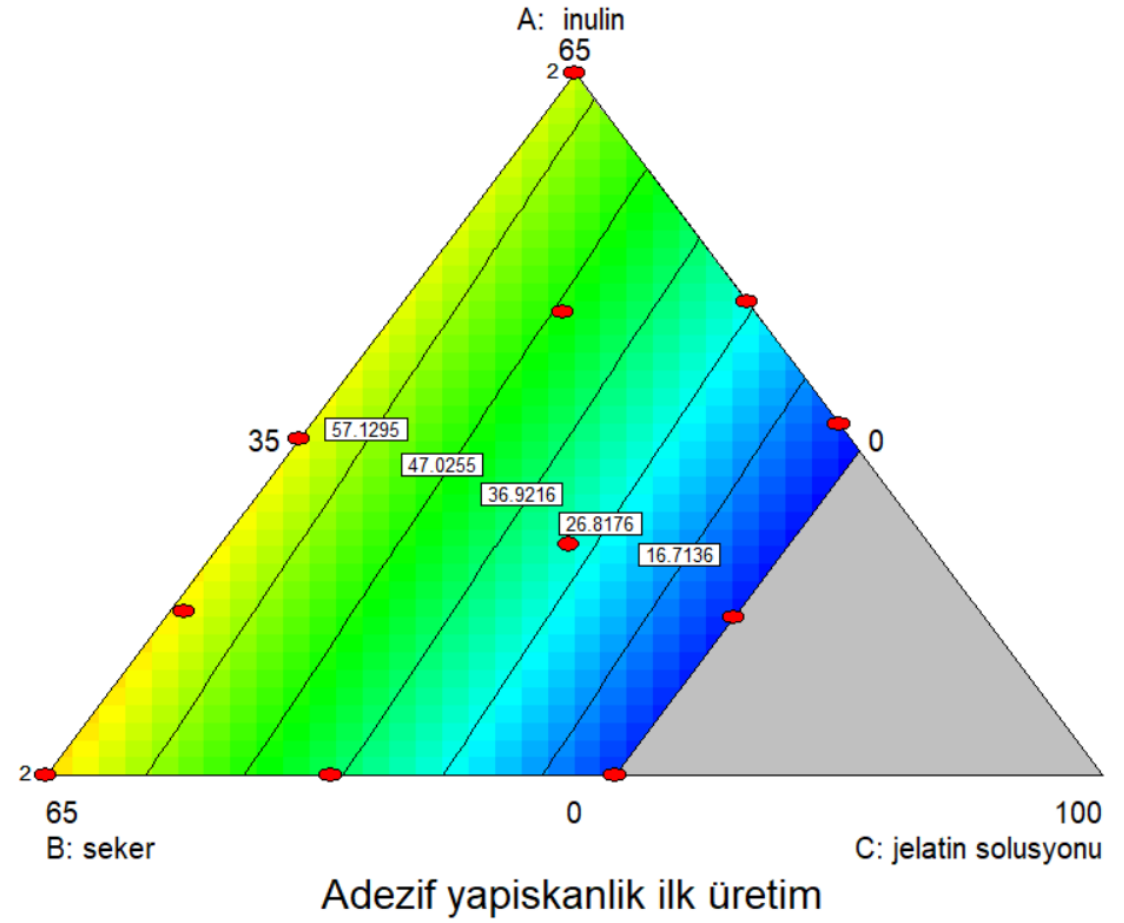
85.158

6.319

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4. 10. Şekerleme Bileşenlerinin İlk Üretim Anında Adezif Yapışkanlık Üzerine Etkisi

Design-Expert® Software

Adezif yapiskanlik 1.ay

● Design Points

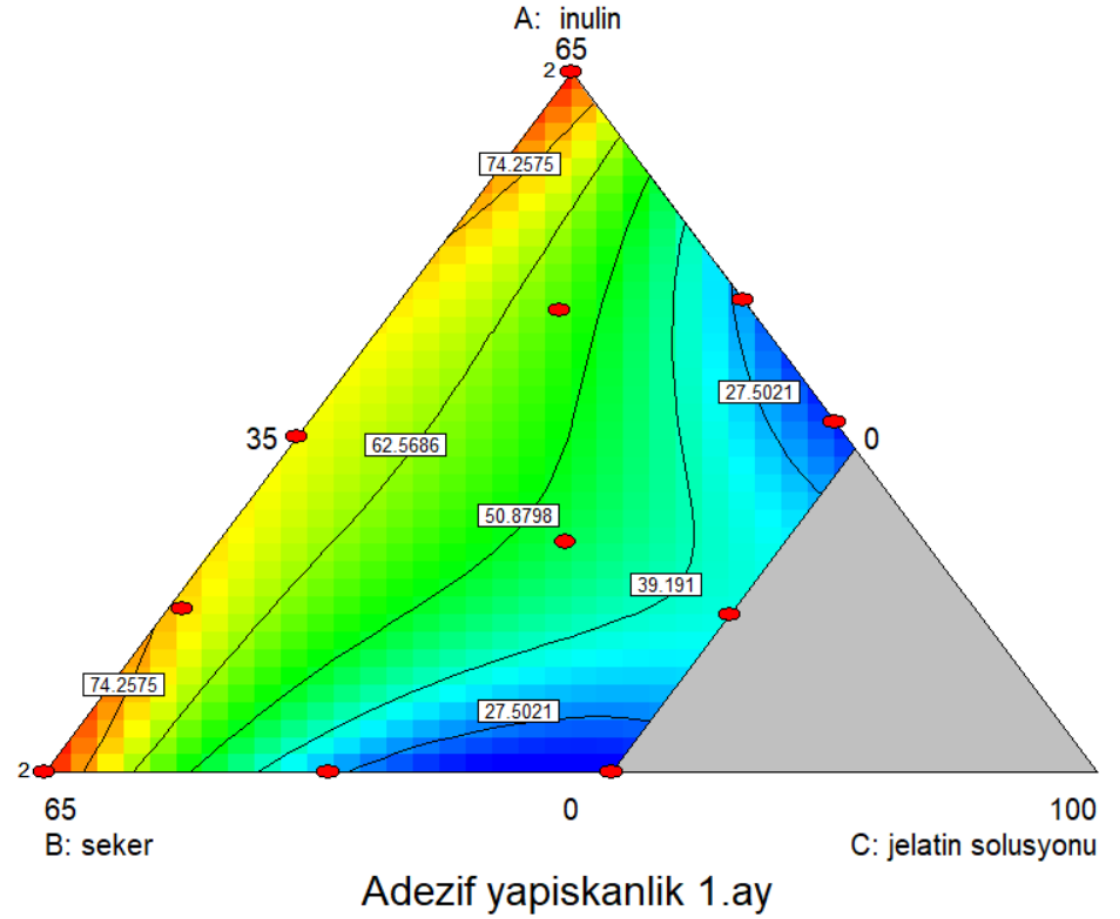
87.71

17.522

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4. 11. Şekerleme Bileşenlerinin 1 Ay Sonunda Adezif Yapışkanlık Üzerine Etkisi

Design-Expert® Software

Adezif yapiskanlik 2.ay

● Design Points

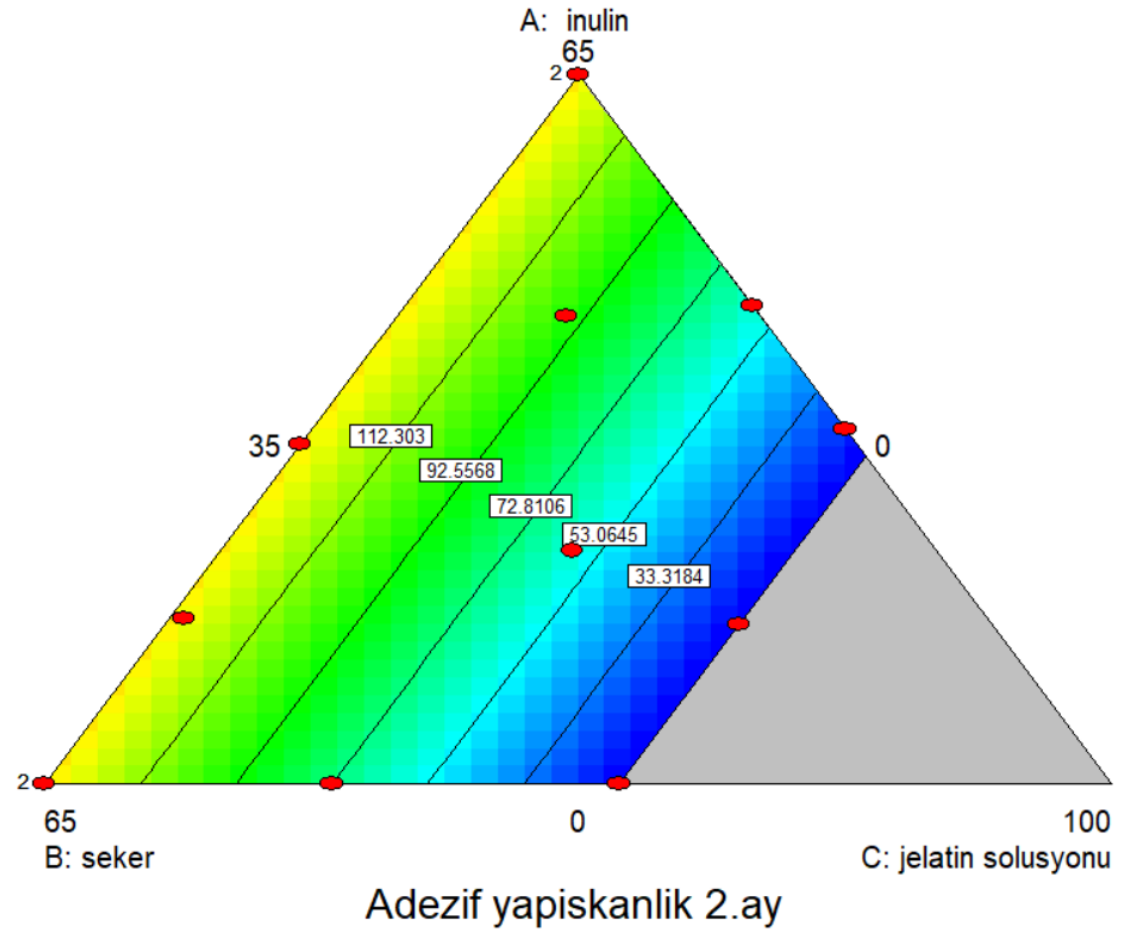
169.07

16.263

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4. 12. Şekerleme Bileşenlerinin 2 Ay Sonunda Adezif Yapışkanlık Üzerine Etkisi

Design-Expert® Software

Adezif yapiskanlik 3.ay

● Design Points

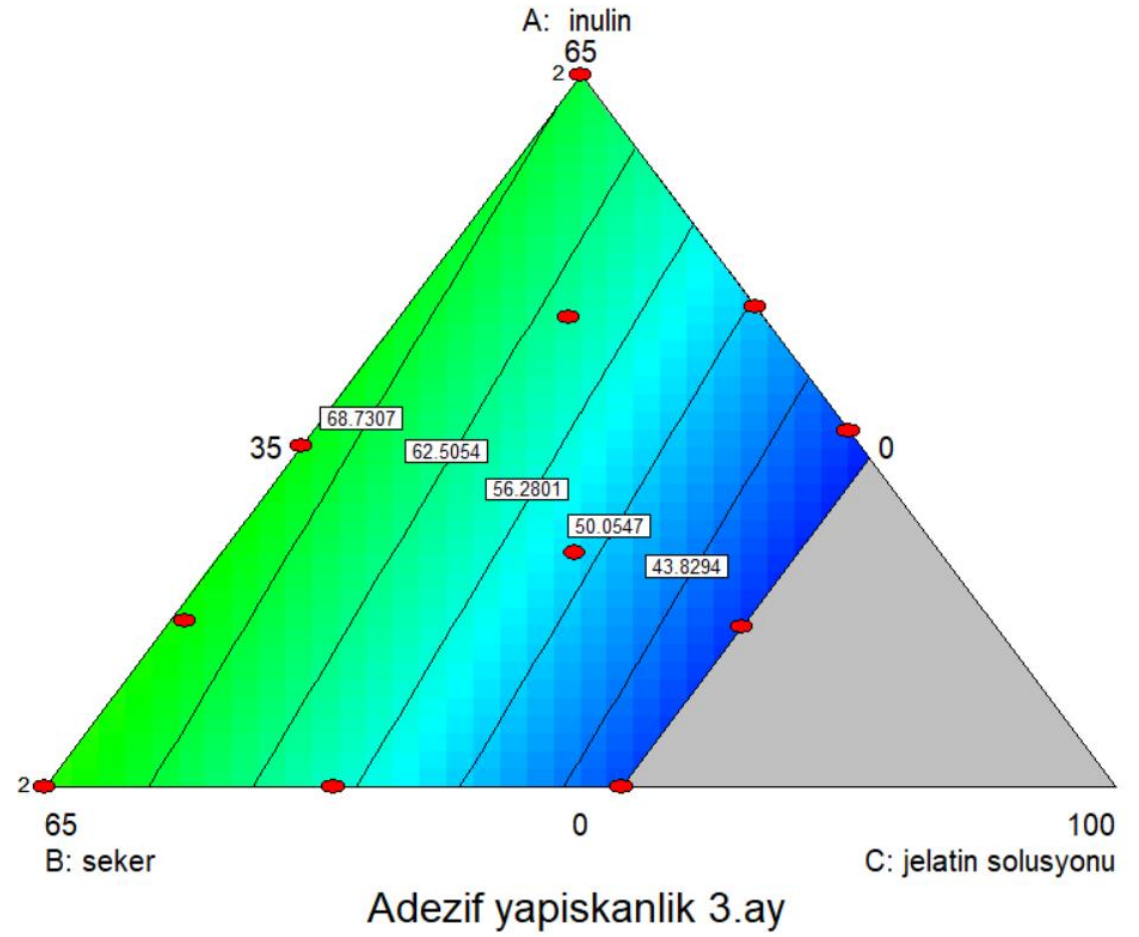
110.255

35.412

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

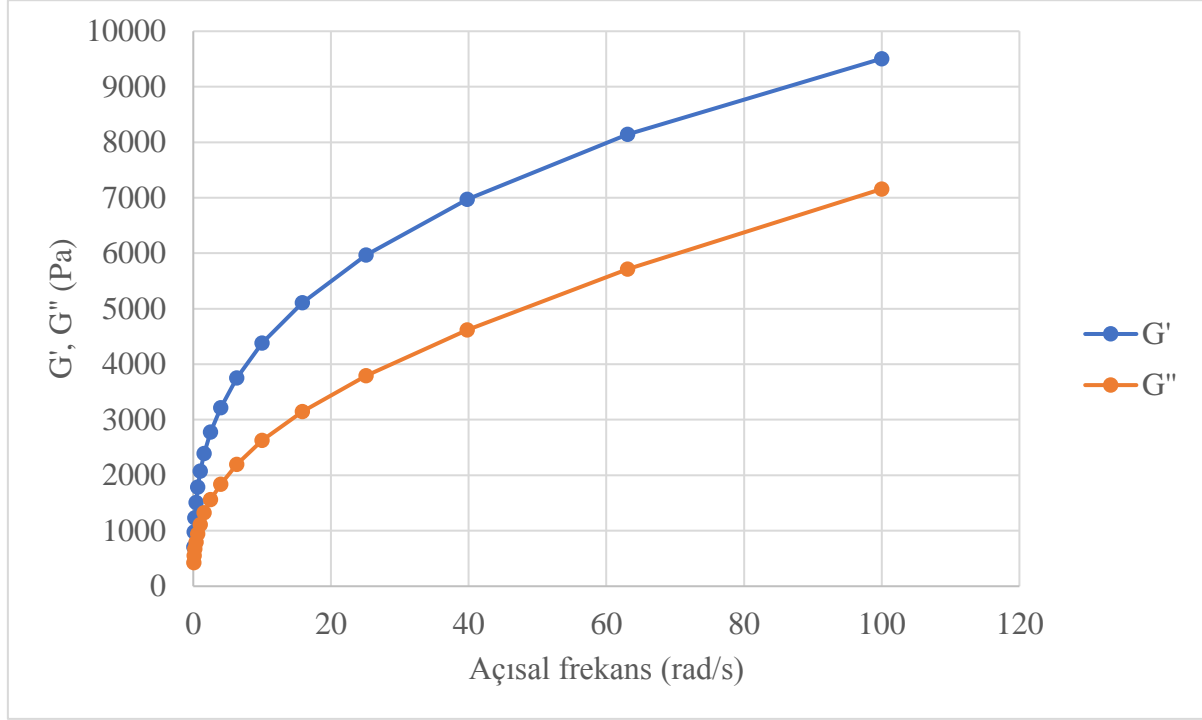
X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4. 13. Şekerleme Bileşenlerinin 3 Ay Sonunda Adezif Yapışkanlık Üzerine Etkisi

4.6. Reoloji Analiz Sonuçları

Reoloji analizlerinde DN-13 ürününe ait frekans tarama testi Şekil 4.14'te verilmiştir. Diğer tüm örneklerde de Şekil 4.14'te olduğu gibi G' değeri G'' değerinden yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlar tüm örneklerin katı özelliklerinin sıvı özelliklerinden daha baskın olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.14. DN-13 örneğine ait frekans tarama testi

Reoloji analizi a ve b değerleri sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. a ve b değerleri G' değerlerinin üstel fonksiyon ile modellenmesiyle ortaya çıkan denklemin birer parametreleridir. Bu parametrelerden a değeri G' değerlerinin kıyaslanmasında kullanılmıştır. Örnek verecek olursak iki örnek karşılaştırıldığında örneklerden birinin a değerinin diğerinden daha yüksek olması G' değerinin de daha yüksek olduğu anlamına gelir dolayısıyla daha katı bir özellik gösterdiği anlaşılır. b değeri ile ise jel yapısının gücü anlaşılacaktır, b değeri 1'e yaklaştıkça daha güçlü bir jel yapısı olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.12. Reoloji analizi a ve b değerleri sonuçları

Örnekler	İnülin (%)	Jelatin Solüsyonu (%)	Şeker (%)	a*	b*
DN-1	0,00	52,50	47,50	901±52	0,41±0,02
DN-2	14,60	70,00	15,40	3420±208	0,32±0,02
DN-3	0,00	70,00	30,00	3594±241	0,34±0,02
DN-4	21,38	56,45	22,17	3235±178	0,39±0,02
DN-5	65,00	35,00	0,00	2374±144	0,35±0,02
DN-6	0,00	35,00	65,00	2000±138	0,35±0,02
DN-7	43,85	56,15	0,00	2983±164	0,42±0,02
DN-8	42,87	45,31	11,82	2995±180	0,41±0,02
DN-9	31,17	35,00	33,83	2929±198	0,32±0,02
DN-10	32,50	67,50	0,00	3289±181	0,35±0,02
DN-11	15,15	35,92	48,93	2447±147	0,32±0,02
DN-12	65,00	35,00	0,00	2395±165	0,34±0,02
DN-13	0,00	35,00	65,00	1943±105	0,35±0,02

* $G' = a \times \omega^b$

Reoloji analizi sonucuna ait karışım dizaynı model parametreleri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Anova analizi sonucunda a değeri 0.0379 p değeri ile b değeri ise 0.0014 p değeri ile etkili bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Reoloji analizi sonucu karışım dizayını model parametreleri

Değişken	Katsayı										R ²	p değeri
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₃	X ₁₂₃	X ₁₂ X ₁₂	X ₁₃ X ₁₃	X ₂₃ X ₂₃		
a	101,1214	460,7293	-71,0884	-0,3865	0,5669	-7,4994	-0,1326	0,0050	-0,0439	-0,1235	0,9700	0,0379
b	-0,00675	-0,0019	-0,0006	1,1E-05	0,0003	0,00021	2,5E-07	7E-07	1,2E-06	1E-07	0,9968	0,0014

X₁: İnülin, X₂: Şeker, X₃: Jelatin Solüsyonu

Reoloji analizi a ve b değerline ait karışım dizaynı model grafikleri Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilmiştir. Grafiklerde proses şartları ve glikoz oranının sabit tutulduğu şartlarda jelly şekerleme bileşenlerinden inülin, jelatin solüsyonu ve şekerin reoloji üzerine etkileri gözlenmiştir.

Şekil 4.15. incelendiğinde jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda jelatin solüsyonunun oranı arttığında a değeri artmakta dolayısıyla katı özellik gösterme eğilimi artmaktadır. Şekil 4.6 sertlik parametresi karışım dizaynı model grafiğinde jelatin solüsyonu arttıkça sertliğin artmakta olduğu görülmüştü. Bu anlamda Şekil 4.6. Sertlik parametresi karışım dizaynı model grafiği ile Şekil 4.15. Reoloji a değerine ait karışım dizaynı model grafiklerinin birbiriyle örtüşür nitelikte olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.16'ya göre bütün örnekler incelendiğinde b değerinin 0.33 ila 0.40 gibi dar bir aralıkta değişmesi tüm örneklerin zayıf bir jel yapısında olduğunu göstermiştir.

Design-Expert® Software

Reoloji a

● Design Points

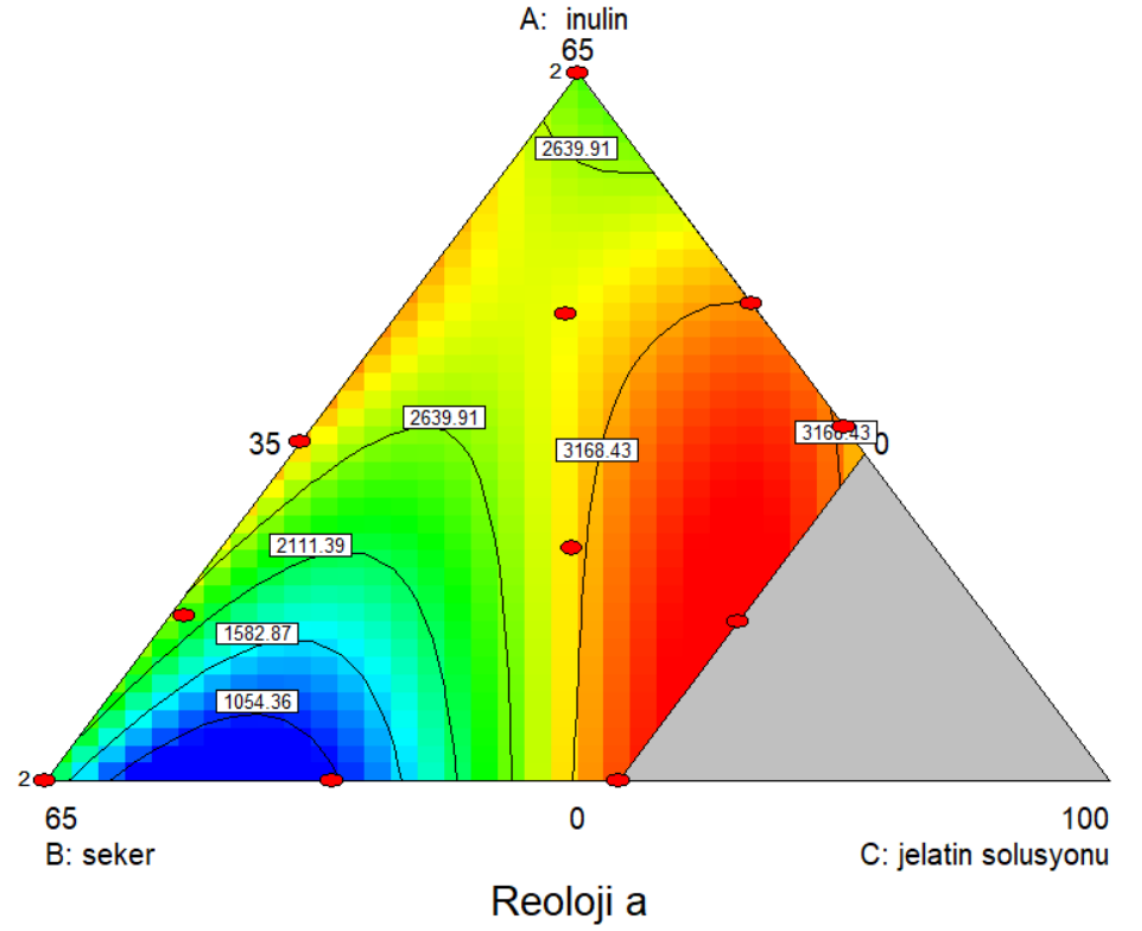
3594

901

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.15. Şekerleme Bileşenlerinin Reoloji analizi a Parametresi Üzerine Etkisi

4.7. Duyusal Analiz Sonuçları

4.7.1. Duyusal Sertlik

Duyusal analiz sertlik beğenisi sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. En yüksek puan sertlik bakımından en beğenilen örneği ifade etmektedir.

Çizelge 4.14. Duyusal Analiz Sertlik Beğenisi Sonuçları

Örnekler	İnülin (%)	Jelatin Solüsyonu (%)	Şeker (%)	Duyusal Sertlik
DN-1	0,00	52,50	47,50	6,00
DN-2	14,60	70,00	15,40	4,00
DN-3	0,00	70,00	30,00	2,60
DN-4	21,38	56,45	22,17	4,00
DN-5	65,00	35,00	0,00	5,50
DN-6	0,00	35,00	65,00	6,90
DN-7	43,85	56,15	0,00	3,70
DN-8	42,87	45,31	11,82	5,20
DN-9	31,17	35,00	33,83	5,10
DN-10	32,50	67,50	0,00	5,10
DN-11	15,15	35,92	48,93	5,00
DN-12	65,00	35,00	0,00	4,90
DN-13	0,00	35,00	65,00	6,50

Duyusal analizler sertlik beğenisi parametresine ait ANOVA analiz sonucuna göre Model $p=0.0147$ değeri ile etkili ve $R^2=0.9843$ değeri ile uyumlu bulunmuştur.

Duyusal sertlik beğenisi değerlerine ait karışım dizaynı model parametreleri Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Duyusal sertlik beğenisi karışım dizaynı model parametreleri

	Parametre	Katsayı	R²	p değeri
Duyusal Analiz Sertlik Beğenisi	X₁	-3,23x10 ⁻²	0,9843	0,0147
	X₂	-5,95x10 ⁻¹		
	X₃	3,33x10 ⁻¹		
	X₁₂	-7,96x10 ⁻⁴		
	X₁₃	-4,47x10 ⁻³		
	X₂₃	7,89x10 ⁻³		
	X₁₂₃	3,18x10 ⁻⁴		
	X₁₂ X₁₂	3,99x10 ⁻⁵		
	X₁₃ X₁₃	8,51x10 ⁻⁵		
	X₂₃ X₂₃	2,31x10 ⁻⁴		

X₁: İnülin, X₂: Şeker, X₃: Jelatin Solüsyonu

Şekil 4.17’de şekerleme içeriklerinin son ürün duyusal sertlik beğenisi üzerine etkileri karışım dizaynı model grafiği ile gösterilmiştir. Grafik yorumlanmasında kırmızı renk duyusal sertlik beğenisi anlamında yüksek beğeniyi, mavi renk ise düşük beğeniyi ifade etmektedir.

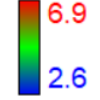
Şekil 4.17’de glikoz oranı (55%) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde sertlik beğenisi anlamında en çok beğeniyi şeker oranının fazla jelatin oranının düşük olduğu örneklerin aldığı görülmüştür.

Şekil 4.6. tekstür analizi sertlik sonuçları karışım dizaynı model grafiğinde jelatin solüsyonu arttıkça sertliğin arttığı görülmektedir. Şekil 4.17’de ise jelatin solüsyonu oranının en yüksek olduğu örneklerde duyusal sertlik beğenisi puanının en düşük olduğu görülmüştür. Bu bağlamda Şekil 4.6 ve Şekil 4.17 birlikte ele alındığında sertlik arttıkça duyusal beğenin düşüğü sonucuna varılmıştır.

Design-Expert® Software

Duyusal Sertlik Beğenisi

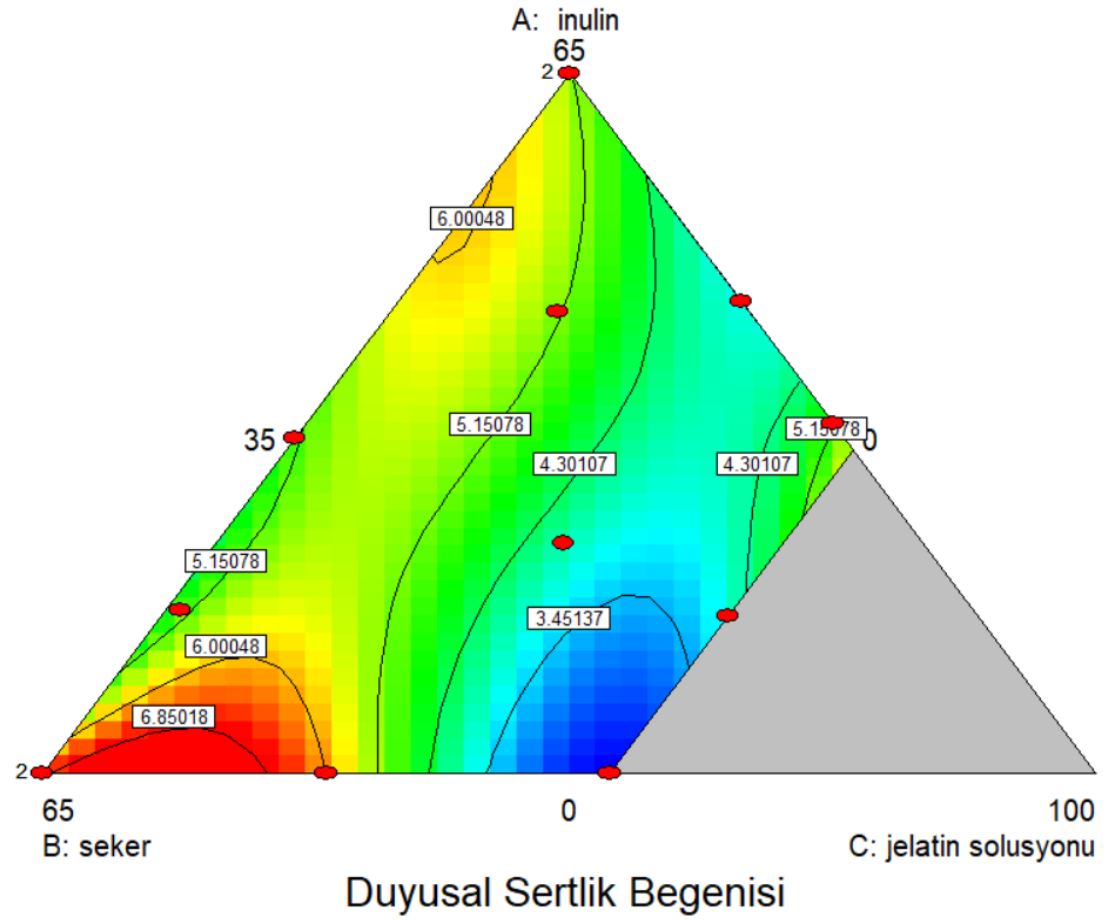
● Design Points



X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.17. Şekerleme Bileşenlerinin Duyusal Analiz Sertlik Beğenisi Üzerine Etkisi

4.7.2. Duyusal Yapışkanlık

Duyusal analiz yapışkanlık beğenisi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. En yüksek puan yapışkanlık bakımından en beğenilen örneği ifade etmektedir.

Çizelge 4.16. Duyusal yapışkanlık beğenisi sonuçları

Örnekler	İnülin (%)	Jelatin Solüsyonu (%)	Şeker (%)	Duyusal Yapışkanlık
DN-1	0,00	52,50	47,50	6,50
DN-2	14,60	70,00	15,40	5,20
DN-3	0,00	70,00	30,00	3,90
DN-4	21,38	56,45	22,17	4,60
DN-5	65,00	35,00	0,00	5,70
DN-6	0,00	35,00	65,00	6,70
DN-7	43,85	56,15	0,00	4,70
DN-8	42,87	45,31	11,82	5,40
DN-9	31,17	35,00	33,83	4,80
DN-10	32,50	67,50	0,00	5,40
DN-11	15,15	35,92	48,93	4,80
DN-12	65,00	35,00	0,00	4,00
DN-13	0,00	35,00	65,00	6,40

Duyusal analizler yapışkanlık beğenisi parametresine ait ANOVA analiz sonucuna göre Model p=0.1713 değeri ile etkili bulunmamıştır.

Şekerleme örneklerinin duyusal yapışkanlık beğenisini karışım dizaynıyla elde edilen model ile tahmin etmek için kurulan denklem aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$\text{Duyusal yapışkanlık beğenisi} = (0.051002 \cdot \text{İnülin}) + (0.069314 \cdot \text{Şeker}) + (0.043969 \cdot \text{Jelatin Solüsyonu})$$

Şekil 4.18'de şekerleme içeriklerinin son ürün duyusal yapışkanlık beğenisi üzerine etkileri karışım dizaynı model grafiği ile gösterilmiştir. Grafik yorumlanmasında kırmızı renk duyusal yapışkanlık beğenisi anlamında yüksek beğeniyi, mavi renk ise düşük beğeniyi ifade etmektedir.

Glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda şeker oranı arttıkça duyusal yapışkanlık beğenisinin arttığı Şekil 4.18'de görülmektedir.

Design-Expert® Software

Duyusal Yapiskanlik

● Design Points

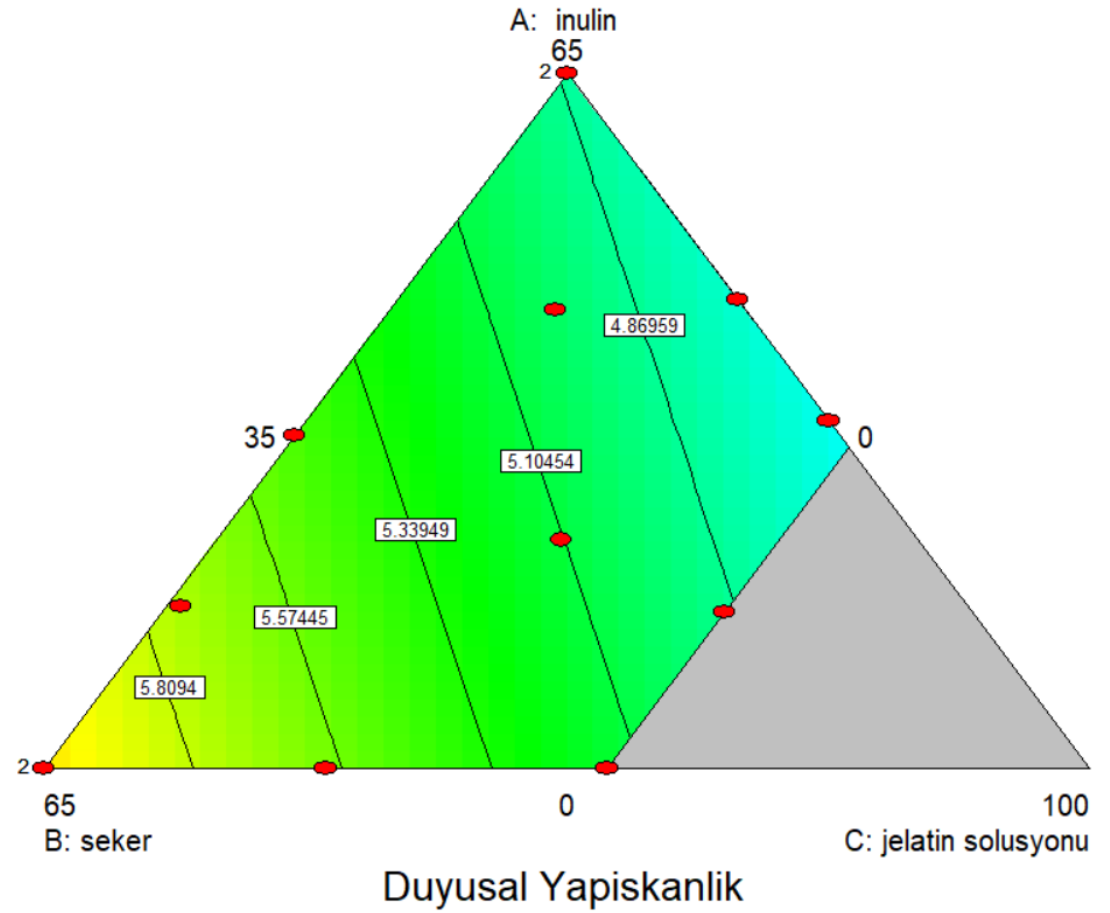
6.7

3.9

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.18. Şekerleme Bileşenlerinin Duyusal Analiz Yapışkanlık Beğenisi Üzerine Etkisi

4.7.3. Duyusal Genel Beğeni

Duyusal analiz genel beğeni sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. En yüksek puan sertlik bakımından en beğenilen örneği ifade etmektedir.

Çizelge 4.17. Duyusal analiz genel beğeni sonuçları

Örnekler	İnülin (%)	Jelatin Solüsyonu (%)	Şeker (%)	Duyusal Genel Beğeni
DN-1	0,00	52,50	47,50	6,09
DN-2	14,60	70,00	15,40	3,82
DN-3	0,00	70,00	30,00	2,91
DN-4	21,38	56,45	22,17	4,36
DN-5	65,00	35,00	0,00	5,73
DN-6	0,00	35,00	65,00	7,82
DN-7	43,85	56,15	0,00	4,36
DN-8	42,87	45,31	11,82	5,55
DN-9	31,17	35,00	33,83	5,36
DN-10	32,50	67,50	0,00	5,55
DN-11	15,15	35,92	48,93	5,91
DN-12	65,00	35,00	0,00	5,55
DN-13	0,00	35,00	65,00	7,45

Duyusal analiz genel beğeni parametresine ait ANOVA analiz sonucuna göre Model $p=0.0083$ değeri ile etkili ve $R^2=0.9894$ değeri ile uyumlu bulunmuştur.

Duyusal analiz genel beğenisi değerine ait karışım dizaynı model parametreleri Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Duyusal analiz genel beğenisi karışım dizaynı model parametreleri

	Parametre	Katsayı	R²	p değeri
Duyusal Analiz Genel Beğenisi	X₁	-8,68x10 ⁻²	0,9894	0,0083
	X₂	-4,75x10 ⁻¹		
	X₃	3,03x10 ⁻¹		
	X₁₂	-9,13x10 ⁻⁴		
	X₁₃	-2,42x10 ⁻³		
	X₂₃	6,15x10 ⁻³		
	X₁₂₃	2,89x10 ⁻⁴		
	X₁₂ X₁₂	2,49x10 ⁻⁵		
	X₁₃ X₁₃	9,04x10 ⁻⁵		
	X₂₃ X₂₃	2,03x10 ⁻⁴		

X₁: İnülin, X₂: Şeker, X₃: Jelatin Solüsyonu

Şekil 4.19’da şekerleme içeriklerinin son ürün duyusal genel beğenisi üzerine etkileri karışım dizaynı model grafiği ile gösterilmiştir. Grafik yorumlanmasında kırmızı renk duyusal beğeni anlamında yüksek beğeniye, mavi renk ise düşük beğeniye ifade etmektedir.

Şekil 4.19’da glikoz oranı (%55) ve proses parametreleri sabit tutularak hazırlanan reçetelerde genel beğeni anlamında en çok beğeniye şeker oranının fazla jelatin oranının düşük olduğu örneklerin aldığı görülmüştür. Aynı zamanda inülin miktarındaki artışında genel beğeni üzerinde olumlu etkileri gözlenmektedir.

Şekil 4.17. Duyusal analiz sertlik beğenisi karışım dizaynı model grafiği ile Şekil 4.19. Duyusal analiz genel beğenisi karışım dizaynı model grafiği karşılaştırıldığında birbirlerine çok yakın profilde oldukları net bir şekilde görülmektedir. Bu bağlamda Şekil 4.17 ve Şekil 4.19 birlikte ele alındığında duyusal sertlik beğenisinin genel beğeniye doğrudan etkilediği dikkat çekmiştir.

Design-Expert® Software

Duyusal Genel Beğeni

◆ Design Points

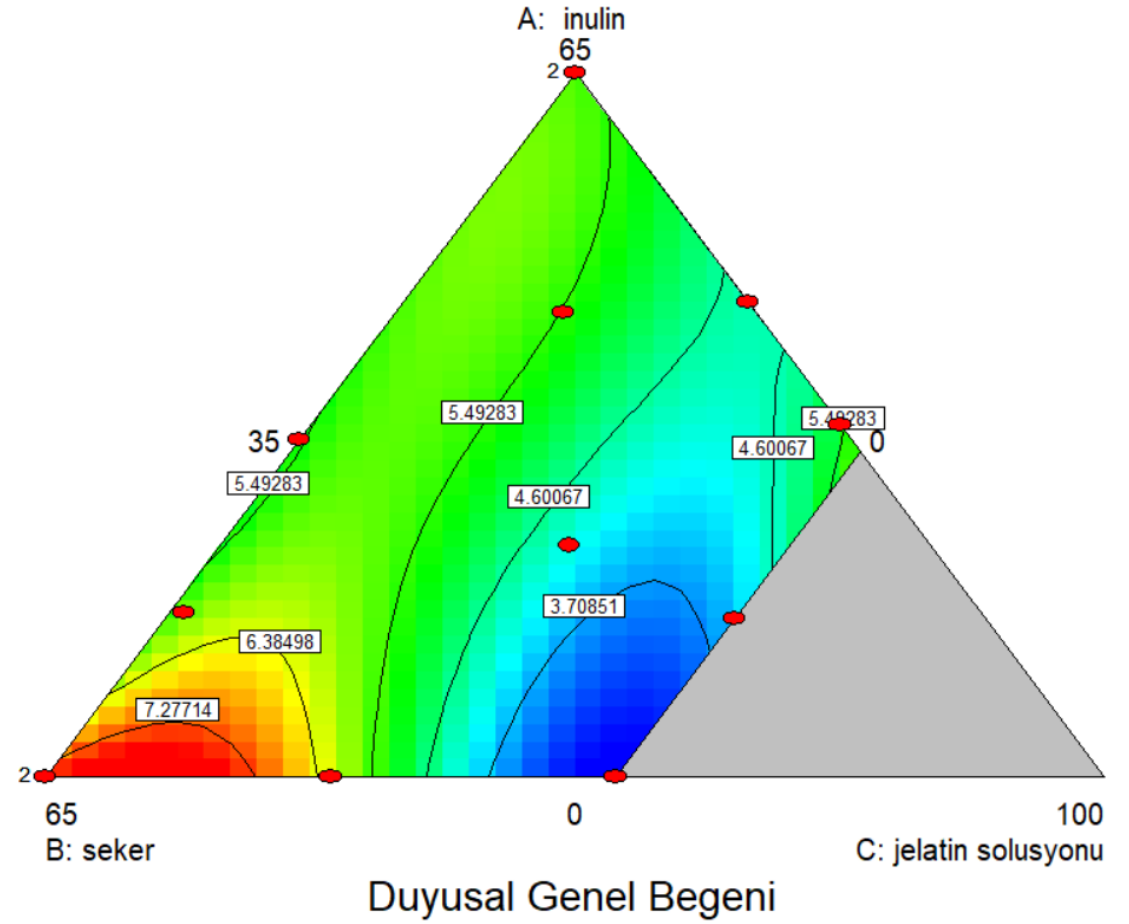
7.82

2.91

X1 = A: inulin

X2 = B: seker

X3 = C: jelatin solusyonu



Şekil 4.19. Şekerleme Bileşenlerinin Duyusal Analiz Genel Beğeni Üzerine Etkisi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada jelatinli jelly şekerleme formülasyonuna inülin ilavesi yapılarak yüksek lif içerikli prebiyotik jelly şekerleme üretilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda karışım dizaynı yöntemi kullanılarak 13 farklı reçete üzerinde çalışılmıştır. Çalışılan örnekler üzerinde başta inülin tayini ve tekstür analizi olmak üzere çeşitli analizler yapılmış olup, formülasyona giren bileşenlerden inülin, jelatin ve sakkarozun başta tekstür olmak üzere bazı kalite parametreleri üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir.

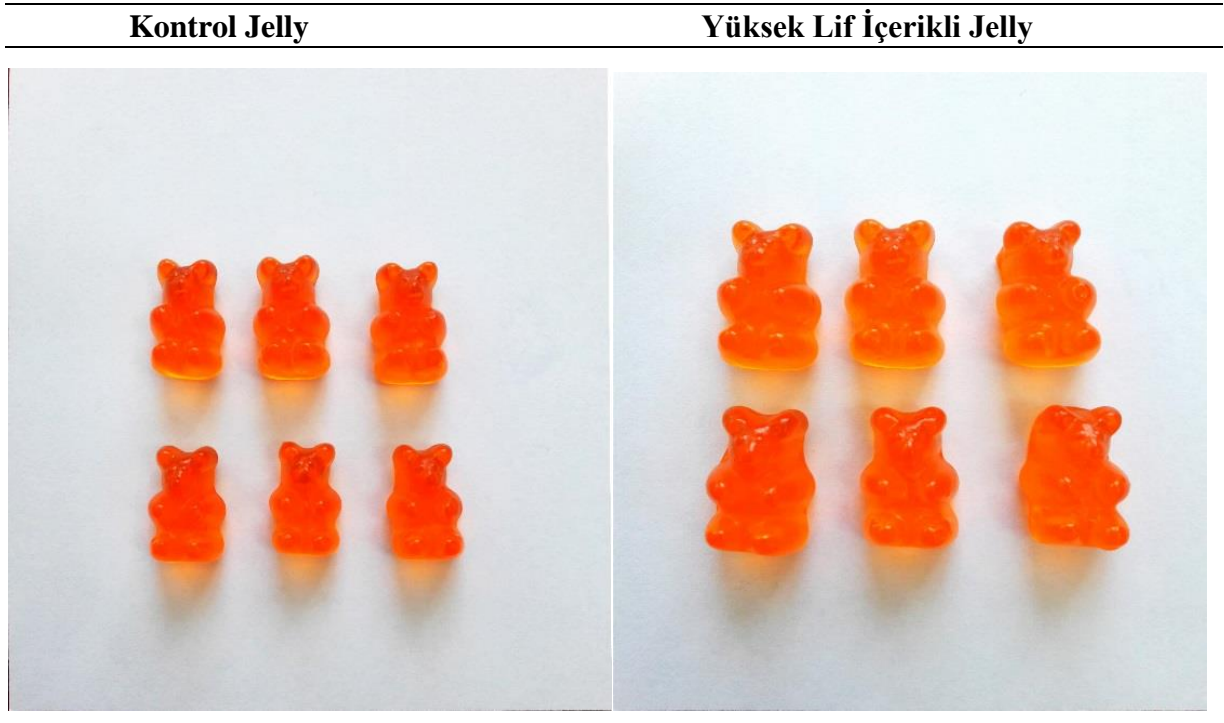
Çalışmada yapılan duyuusal ve tekstürel analizler sonucunda inülin miktarının jelly şekerlemeyi oluşturan karışımda artış göstermesinin adezif yapışkanlığı arttırdığı anlaşılmıştır. Jelatin miktarındaki artışın ise sertliği artıran en önemli parametre olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan inülin tayini sonuçları teorik beklenen miktarlar ile uyumlu bulunup üretimde inülin kaybının yaşanmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliğine göre üreteceğimiz 100 gr jelly şekerlemenin en az 6 gr lif içermesi gerekmektedir. Buna göre üretilen tüm örnekler 20 kişilik eğitimli panelistlerin duyuusal değerlendirmesine sunulmuştur. Duyusal genel beğeni sonuçları ile karışım dizaynı kullanılarak optimizasyon gerçekleştirilmiş ve yüksek lif içerir beyanına uygun optimum reçete elde edilmiştir. Elde edilen optimum reçetede glikoz şurubu (%55) ve su (%5) sabit tutulmuş olup, geriye kalan kısım için formülasyona giren inülin oranı %15, jelatin solüsyonu oranı %49 ve şeker oranı %36 olarak hesaplanmıştır. Yüksek lif içerikli optimum reçete ile üretim yapılmış ve karşılaştırma yapmak üzere kontrol jelly şekerleme örnekleri ile birlikte 20 kişilik eğitimli panelistlerin duyuusal değerlendirmesine sunulmuştur. Duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.19'da görüldüğü üzere elde edilen yüksek lif içerikli optimum reçete ile üretilen örnekler kontrol örnekler ile kıyas edildiğinde kabul edilir seviyede bulunmuştur. Kontrol jelly ve yüksek lif içerikli jelly örneklerine ait ürün görselleri Şekil 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Kontrol Jelly ve Yüksek Lif İçerikli Jelly Örneklerine Ait Duyusal Beğeni Testi Sonuçları

Parametre	Kontrol Jelly	Yüksek Lif İçerikli Jelly
SERTLİK	6,60	6,90
RENK/GÖRÜNÜŞ	7,25	7,40
YAPIŞKANLIK	6,50	6,55
TAT/AROMA YOĞUNLUĞU	6,30	6,10
GENEL BEĞENİ	6,75	6,60

*20 Uzman panelist ile yapılan testin ortalama sonuçlarıdır.



Şekil 4.20. Kontrol Jelly ve Yüksek Lif İçerikli Jelly Örneklerine Ait Ürün Görselleri

Jelly şekerleme formülasyonuna giren en temel bileşenlerden birisi de glikoz şurubudur. Glikoz şurubunun yapı, görünüm, tat gibi kritik parametreler üzerinde etkileri vardır. Örnek verecek olursak jelly şekerlemeyi oluşturan bileşenlerden glikoz şurubu oranının artması yapışkanlığın artmasına, şekerin kristalizasyonunun azalmasına, parlaklığın artmasına neden olması beklenmektedir. Yaptığımız çalışmada glikoz oranı sabit tutularak jelly şekerlemeyi oluşturan diğer temel bileşenlerden inülin, jelatin ve sakkarozun etkileri gözlemlenerek optimum reçete elde edilmiştir. Örneğin yaptığımız çalışmada inülin miktarı arttıkça yapışkanlık artmıştır, bu anlamda glikoz şurubu sabit tutulmayarak daha düşük oranda kullanılmış olsaydı daha fazla inülin kullanabileceğimiz beğenisi yüksek formülasyonlar elde edilebilirdi. Bahsettiğimiz gerekçelerden dolayı glikoz şurubunun da etkilerinin gözlemleneceği çalışmaların yapılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abbasi S. ve Farzanmehr H., (2009). “Optimization of The Formulation of Prebiotic Milk Chocolate Based on Rheological Properties”, *Food Technology Biotechnology*, 47 (4):396-403.
- Aidoo R.P., Afoakwa E.O. ve Dewettinck K., (2014). “Optimization of Inulin and Polydextrose Mixtures as Sucrose Replacers During Sugar-Free Chocolate Manufacture – Rheological, Microstructure and Physical Quality Characteristics”, *Journal of Food Engineering*, 126:35–42.
- Altan A. (1991). Özel gıdalar teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana, s:72–97
- Alves L. L., Richards N.S.P.S., Mattanna P. (2013). Cream cheese as a symbotic food carrier using Bifidobacterium animals Bb-12 and Lactobacillus acidophilus La-5 and inulin. *International Journal of Dairy Technology* , 66, 63-69.
- Anonim (2008). Türk Gıda Kodeksi. Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Katkı Maddeleri Tebliği (2008/22). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. 22 Mayıs 2008 tarih ve 26883 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Anonim (2016a). Drouven GmbH Eğitim Notları.
- Anonim (2017a). <http://gidabilgi.com/Makale/Detay/sekerin-19-zarari-ec31fe> (Erişim Tarihi 27.01.2019)
- Anonim(2017b).<https://www.gidahatti.com/tuketici-egilimleri-gida-sektorune-yon-veriyor-2-36994/> (Erişim Tarihi 20.01.2019)
- Anonim (2017c). PNS Pendik Nişasta Eğitim Notları
- Anonim (2017d). Food Label Claims and Guidelines. http://www.myfooddiary.com/Resources/label_claims.asp (erişim tarihi: 02.01.2018)
- Anonim (2018a).http://www.herbstreithfox.de/fileadmin/tmpl/pdf/broschueren/The_Specialists_for_Pectin_09.pdf (Erişim Tarihi 10.10.2018)
- Anonim (2018b). Beneo GmbH Eğitim Notları
- Anonim (2018c). <http://www.sugar-and-sweetener-guide.com/sweetener-values.html> (Erişim Tarihi 12.10.2018)

- Anonim (2018d). <https://www.foodelphi.com/hidrokolloidler/> (Erişim Tarihi 18.11.2018)
- Balian G., Bowes JH. (1977). The Structure and Properties of Collagen, In: The Science and Technology of Gelatin, Ward AG, Courts A (eds). Academic Press, UK, pp. 1-27.
- Baziwane D., He Q. (2003). Gelatin: The Paramount Food Additive. *Food Rev Int*, 19 (4), 423-435.
- Boran G. (2011). Bir Gıda Katkısı Olarak Jelatin: Yapısı, Özellikleri, Üretimi, Kullanımı ve Kalitesi. *Gıda Dergisi*, 36(2).
- Boran G., Regenstein JM. (2010). Fish Gelatin, In: *Advances in Food and Nutrition Research*, Taylor SL (ed), Volume 60, Academic Press, UK, pp. 119-144.
- Braun (2016). ZDS Eğitim Notları.
- Brinckmann J. (2005). Collagens at a Glance. In: *Collagen: Primer in Structure, Processing and Assembly*. Brinckmann J, Notbohm H, Müller PK (eds), Springer, USA, pp. 1-6.
- Burey P., Bhandari B., Rutgers R., Halley P., Torley P. (2009). Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 176–210.
- Bryant, A., Ustunol, Z., Steffe, J. (1995). Texture of Cheddar cheese as influenced by fat reduction. *J Food Sci*, 60: 1216–1219.
- Carvalho A.J.F. (2013). *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics*, 129-152.
- Çopur U. (1998). Bir Jelleşme Maddesi Olarak Pektin. *Gıda Dergisi*, 13(4)
- Damodaran S., Parkin K. L., Fennema O. R. (2007). *Fennema's Food Chemistry*. CRC, 149-151.
- DeLeenheer, L. & Hoebregs, H. (1994) Progress in the elucidation of the composition of chicory inulin. *Starch* 46: 193.
- Delgado P., Banon S. (2018). Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory characteristics of gummy jellies. *CYTA-J FOOD*, 16: 1–10.
- DeMan JM. (1999). Proteins: Animal Proteins. In: *The Principles of Food Chemistry*, Aspen Publishers, USA, pp. 147-149.

- Dickensen, E., Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems, *Food Hydrocolloids*, 17, 25-39, 2003.
- Edwards, W.P. (2000). Gums, gelled products and liquorice. In W.P.Edwards (Ed.), *The science of sugar confectionery* (pp. 121–144). Cambridge: The Royal Society of Chemistry Publishing.
- Endress H.U. ve Christensen H.S. (2009). "Pectins." *Handbook of hydrocolloids* (2009): 274-297.
- Eysturskarð, J. (2010). Mechanical properties of gelatin gels; Effect of molecular weight and molecular weight distribution (Doctoral dissertation, Doctoral thesis for the degree of Philosophiae Department of Biotechnology, Faculty of Natural Science and Technology at Norwegian University).
- Franck A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87,287-291.
- Fisher E.L. (2011). Physicochemical Characterization of a Novel Strawberry Confection for Delivery of Fruit Bioactives to Human Oral Mucosa ,Thesis, Graduate School of The Ohio State University
- Goldman F. (2004). Sugar Substitute and Bulking Agent and Chocolate. U.S. Patent No. 20060088637 A1 Oct. 2004.
- Gomez-Guillen M.C., Gimenez B., Lopez-Caballero M.E., Montero M.P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25: 1813-1827. DOI:10.1016/j.foodhyd.2011.02.007.
- Goncalves A.A., Rohr M. (2009). Development of soft candies with addition of inulin. *Alimentation Y Nutrition*, 20(3), 471–478.
- Göktaş (2016). Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Farklı Polimerizasyon Derecesine Sahip İnülinin Kaplamalık Çikolatada Kullanım Olanaklarının Araştırılması.

- Guggsberg D., Cuthberth-stein j., Piccinali P., Bütikofer U., Eberhard P. (2009). Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. *International Dairy Journal*, 19, 107-115.
- Hartel R.W., Joachim H., Hofberger R. (2018). *Confectionery Science and Technology*, 329-359.
- Hinterwaldner R. (1977). Technology of Gelatin Manufacture. In: *The Science and Technology of Gelatin*, Ward AG, Courts A (eds), Academic Press, USA, pp. 315-361.
- Hulmes DJS. (2008). Collagen Diversity, Synthesis, and Assembly. In: *Collagen, Structure and Mechanics*. Fratzl P (ed), Springer, New York, pp. 16-22.
- IUB-IUPAC Joint Commission of Biochemical Nomenclature (1982) Abbreviated terminology of oligosaccharide chains. *J. Biol. Chem.* 257: 3347–3351.
- Jackson E.B. (1999). *Sugar Confectionery Manufacture*, Second Edition, 189-217.
- Jackson E.B., Lees R. (1973). *Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture*, First Edition, 226-268
- Jiamjariyatam, R. (2017). Influence of gelatin and isomaltulose on gummy jelly properties. *Int Food Res J*, 25(2): 776–783.
- Jones NR. (1977). Uses of Gelatin in Edible Products. In: *The Science and Technology of Gelatin*, Ward AG, Courts A (eds), Academic Press, USA, pp. 366-392.
- Karınca M. (2011). Vitamin ve mineraller ile zenginleştirilmiş yumuşak şekerleme (jelly) üretiminin optimizasyonu. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Kotialinen L., Rajalahti R, Ragasa C., Pehu E. (2006). Health Enhancing Foods Opportunities for Strengthening the Sector in Developing Countries. *Agriculture and Rural Development Discussion Paper*. No:30.
- Marfil P.H.M., Anhê A.C.B.M., Telis V.R.N. (2012). Texture and microstructure of gelatin/corn starch-based gummy confections. *Food Biophysics*, 7, 236–243. doi:10.1007/s11483-012-9262-3
- Méndez-Zamora, G., García-Macías, J.A., Santellano-Estrada, E., Chávez-Martínez, A., Durán-Meléndez, L.A., Silva-Vázquez, R., Quintero-Ramos, A. (2015). Fat reduction in the

- formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Sci Technol (Campinas)*, 35: 25–31.
- Menzies IS (1974) Absorption of intact oligosaccharides in health and disease. *Biochem Soc Trans* 2, 1042–1047.
- Meyer P.D., De Wolf J., Oliver P. (2007). *Inulin und Fructooligosaccharide. Handbuch Süßungsmittel* (pp. 155-193). Hamburg, Germany: Behr's Verlag.
- Milner J.A. (1999). Functional foods and health promotion. *Journal of Nutrition* 129: 1395S-1397S.
- Miremadi F., Shah N.P. (2012). Applications of inulin and probiotics in health and nutrition. *Int Food Res J*, 19(4): 1337–1350.
- Mutlu C., Tontul S.A., Erbaş M. (2018). Production of a minimally processed jelly candy for children using honey instead of sugar. *LWT-Food Sci Technol*, 93: 499–505.
- Muzammil, H.S., Rasco, B., Sablani, S. (2017). Effect of inulin and glycerol supplementation on physicochemical properties of probiotic frozen yogurt. *Food Nutr Res*, 61(1): 1–7.
- Niness K.R. (1999). Inulin and Oligofructose: What are they? *Journal of Nutrition* 129, 1402-1406.
- Nurcan Y. (2010). Inulin ve oligofruktozların insan sağlığı ve beslenmesi üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 8, 49-54.
- Papkov, S. P. *Studneobraznoe sostoianie polimerov*. Moscow, 1974.
- Phelps, C. F. (1965) The physical properties of inulin solutions. *J. Biochemistry* 95: 41.
- Poppe J. (1992). Gelatin. In *Thickening and gelling agents for food* (pp. 98-123). Springer, Boston, MA.
- Prakash N., Priya S. (2016). Development of novel functional confectionery using low reduced sugar. *Indian J Drugs*, 4(4): 141–148.
- Rahman, M.S., Al-Mahrouqi, A.I. (2009). Instrumental texture profile analysis of gelatin gel extracted from grouper skin and commercial (bovine and porcine) gelatin gels. *Int J Food Sci Nutr*, 60: 229–242.
- Ramachandran G.N. (1967). *Treatise on Collagen*, Academic Press, New York.

- Ritsema, T., Smeekens S. (2003). Fructans: Beneficial for plants and humans. *Current Opinion in Plant Biology*, 6(3), 223–230.
- Roberfroid, M. B. (1993) Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 33: 103–148.
- Roberfroid M. B. (1999). Caloric value of inulin and oligofructose. *The Journal of nutrition*, 129(7), 1436S-1437S.
- Roberfroid MB & Slavin J (2000) Nondigestible oligosaccharides. *Crit Rev Food Sci Nutr* 40, 461–480.
- Rocha J.R., Catana R., Ferreira B. S., Cabral J.M.S., Fernandes P. (2006). Design and characterisation of an enzyme system for inulin hydrolysis. *Food Chemistry*, 95,77-82.
- Saeed M., Yasmin, I., Pasha, I., Randhawa, M.A., Khan, M.I., Shabbir, M.A., Khan, W.A. (2015). Potential application of inulin in food industry; a review. *Pakistan J Food Sci*, 25(3): 110–116.
- Salvatore, E., Pes, M., Mazzarello, V., & Pirisi, A. (2014). Replacement of fat with long-chain inulin in a fresh cheese made from caprine milk. *International Dairy Journal*, 34, 1-5.
- Schrieber, R. G. H. 2007. *Gelatin Handbook-Theory and industrial practice*.
- Serin S., Sayar S. (2017). The effect of the replacement of fat with carbohydrate-based fat replacers on the dough properties and quality of the baked pogaca: a traditional high-fat bakery product. *Food Sci Technol*, 37: 25–32.
- Shourideh, M., Taslimi, A., Azizi, M.H., Mohammadifar, M.A. (2012). Effects of D-Tagatose and inulin on some physicochemical, rheological and sensory properties of dark chocolate. *Int J Biosci Biochem Bioinforma*, 2(5): 314–319.
- Silva R.F. (1996). Use of inulin as a natural texture modifier. *Cereal Foods World* 41, 1±8
- Siro I., Kapolna E., Kapolna B., Lugasi A. (2008). Functional Food, Product Development, Marketing and Consumer Acceptance, a review. *Apetite*, 51:456-467.
- Traxler H. (1993). *The Life and Times of Gummy Bears*
- Utomo B.S.B., Darmawan M., Rahman A.H., Ardi D.T. (2014). Physicochemical properties and sensory evaluation of jelly candy made from different ratio of carrageenan and

konjac, Squalen Bulletin of Marine & Fisheries Postharvest & Biotechnology, 9(1):25-34.

Viscione L. (2013). "Fibre-enriched beverages, 369-388.

Wainwright FW. (1977). Physical Tests for Gelatin and Gelatin Products. In: The Science and Technology of Gelatin, Ward AG, Courts A (eds), Academic Press, USA, pp. 529.

Wills D. (1998). The Manufacturing Confectioner: The water activity and its importance in making candy, 71-74.

Yücecan, S. (2008). Optimal beslenme. Sağlık Bakanlığı Yayın, (726).

EKLER

EK-1. Hedonik Beğeni Testi Formu

HEDONİK BEĞENİ TESTİ	
Tarih:	
İsim:	
Ürün Kodu	<input type="text"/>
Sertlik	
Renk/Görünüş	
Yapışkanlık	
Aroma yoğunluğu/Tat	
Genel Beğeni	
Puanlamayı 9 üzerinden yapınız. En çok beğendiğinize en yüksek puanlamayı yapınız.	
Ürünü yorumlar mısınız ?	
Mükemmel denecek kadar beğendim	9
Çok beğendim	8
Beğendim	7
Biraz beğendim	6
Ne beğendim, ne beğenmedim	5
Biraz beğenmedim	4
Çok Beğenmedim	3
Beğenmedim	2
Kesinlikle hiç beğenmedim	1

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Hatay'ın İskenderun ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2009 yılında başladığı Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği (İngilizce) Bölümün' den 2014 yılında şeref öğrencisi olarak mezun oldu. 2016 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve 2019 yılında mezun oldu. 2015 yılında Continental Confectionery Company / pladis global şirketinde üretim mühendisi olarak çalışmaya başladı ve halen aynı fabrikada Ar-Ge Teknik Operasyonlar Uzmanı pozisyonunda çalışmaya devam etmektedir.