

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKSTRÜDE YUMUŞAK ŞEKER ÜRÜNÜNDE ŞEKER
AZALTMAYA YÖNELİK FORMÜLASYON GELİŞTİRME

Funda KESKİN KUZEY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Ömer Said TOKER

Haziran, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKSTRÜDE YUMUŞAK ŞEKER ÜRÜNÜNDE ŞEKER
AZALTMAYA YÖNELİK FORMÜLASYON GELİŞTİRME**

Funda KESKİN KUZHEY tarafından hazırlanan tez çalışması 07.06.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ömer Said TOKER
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Ömer Said TOKER, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Muhammet ARICI, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Nevzat KONAR, Üye
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Ömer Said TOKER sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Ekstrüde Yumuşak Şeker Ürününde Şeker Azaltmaya Yönelik Formülasyon Geliştirme başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Funda KESKİN KUZEY

İmza

Aileme

ve

biricik eşime



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli görüşlerini paylaşan, her zaman teşvik eden ve elinden gelen her türlü yardımı gösteren saygıdeğer tez danışmanı hocam Sayın Doç. Dr. Ömer Said TOKER’e saygılarımı ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimim sırasında ve çalışmalarımnda her zaman değerli görüşlerini paylaşan, destek veren hocam Sayın Prof. Dr. Muhammet ARICI’ya saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmamda ihtiyaç duyduğum her türlü yardımda desteklerini esirgemeyen KERVAN GIDA’ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm çalışmalarım boyunca bana olan sonsuz inancını hissettirerek, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, aldığım her kararımnda bana yanımda olduğunu hissettiren sevgili eşim Aykut Semih KUZZEY’e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim ve öğrenim hayatım boyunca beni bu yolda teşvik eden ve cesaretlendiren, maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen, yanımda olduklarını her zaman hissettiren canım annem Ayla KESKİN’e ve canım babam Mehmet KESKİN’e, en zor zamanlarımda her zaman yardıma yetişen, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen canım kardeşim Fatih KESKİN’e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Funda KESKİN KUZZEY

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	4
2 LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1 Şekerleme Teknolojisi.....	5
2.1.1 Sert Şeker	6
2.1.2 Draje Şekerleme.....	7
2.1.3 Jelly Yumuşak şekerleme	7
2.1.4 Marshmallow şekerleme	7
2.1.5 Ekstrüde Yumuşak Şeker (Licorice) ve Üretimi.....	8
2.2 Ekstrüde Yumuşak Şeker (Licorice) Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	12
2.2.1 Buğday Unu	12
2.2.2 Sakkroz ve Glikoz Şurubu	12
2.2.3 Bitkisel Yağ	15
2.2.4 Asit.....	16
2.2.5 Dirençli Dekstrin.....	17
3 MATERYAL VE METOT	21
3.1 Materyal.....	21
3.2 Metot	21
3.2.1 Ekstrüde Yumuşak Şeker Numunelerin Hazırlanışı	21
3.2.2 Ekstrüde Yumuşak Şeker Örneklerine Uygulanan Analizler	25
4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	28
4.1 Şekerli Azaltılmış Ekstrüde Yumuşak Şeker Örneklerin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	28
4.1.1 Brix Tayini Analiz Sonuçları	29
4.1.2 Su Aktivitesi Analiz Sonuçları	33

4.1.3 pH Analiz Sonuçları.....	36
4.2 Renk Analiz Sonuçları	39
4.3 Tekstür Analiz Sonuçları	46
4.4 Duyusal Analiz Sonuçları	51
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKÇA	65
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	71



SİMGE LİSTESİ

°Bx	Brix
a*	Kırmızılık- yeşillik
b*	Mavilik-sarılık
L*	Parlaklık
°C	Santigrat derece
aw	Su aktivitesi
%	Yüzde



KISALTMA LİSTESİ

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CAC	Codex Alimentarius Komisyonu
DE	Dekstroz Eşdeğeri
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FOS	Frukto Oligosakkarit
GRAS	Gıda Katkıları Uzman Komitesi
RD	Resistant Dextrin(Dirençli Dekstrin)
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TPA	Tekstür Profil Analizi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Şekerleme ürün örnekleri	5
Şekil 2.2 Farklı tip şekerleme ürünleri	7
Şekil 2.3 Licorice şekerleme ürün örnekleri.....	8
Şekil 2.4 Licorice Tipi Ekstrüde Yumuşak Şekerleme Üretim Akış Şeması	9
Şekil 2.5 Licorice ekstrüderi.....	9
Şekil 2.6 Sakkarozun moleküler yapısı ve sakkaroz molekülünün oluşumu	13
Şekil 2.7 Buğday nişastasından elde edilen dirençli dekstrinin kimyasal formülü	17
Şekil 2.8 Taramalı elektron mikroskopunda(SEM) nişasta ve dekstrin	19
Şekil 3.1 Licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker hamuru.....	23
Şekil 3.2 Pilot licorice ekstrüder hattı	24
Şekil 3.3 Licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker son ürün örnekleri.....	25
Şekil 3.4 Ekstrüde şeker tekstür analiz cihazı (TPA)	27
Şekil 4.1 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin Brix üzerine etkisi.....	32
Şekil 4.2 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin su aktivitesi üzerine etkisi	35
Şekil 4.3 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin pH üzerine etkisi.....	38
Şekil 4.4 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin renk analizi L* üzerine etkisi	43
Şekil 4.5 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin renk analizi a* üzerine etkisi	44
Şekil 4.6 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin renk analizi b* üzerine etkisi.....	45
Şekil 4.7 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin sertlik üzerine etkisi.....	49
Şekil 4.8 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin çiğnenebilirlik üzerine etkisi	50
Şekil 4.9 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin duyu analizi tat beğenisi üzerine etkisi	56
Şekil 4.10 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin duyu analizi yapı beğenisi üzerine etkisi.....	57

Şekil 4.11 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin duyusal analiz genel beğeni üzerine etkisi.....	58
Şekil 4.12 Kontrol ve optimum reçete son ürün örnekleri	59



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.8 Dirençli dekstrin besin değeri tablosu(100g için).....	20
Tablo 3.1 Kullanılan hammaddeler ve tedarikçi firma bilgileri.....	21
Tablo 3.2 Karışım dizaynı yöntemiyle oluşturulan deneme planı	22
Tablo 4.1 Örneklerin fizikokimyasal analiz sonuçları	29
Tablo 4.2 Örneklerin brix analiz sonuçları	29
Tablo 4.3 Brix parametresi ANOVA sonucu	30
Tablo 4.4 Örneklerin su aktivite analiz sonuçları	33
Tablo 4.5 Su aktivitesi parametresi ANOVA sonucu	294
Tablo 4.6 Örneklerin pH analiz sonuçları	36
Tablo 4.7 pH parametresi ANOVA sonucu	37
Tablo 4.8 Örneklerin renk analiz sonuçları.....	39
Tablo 4.9 L* değeri için ANOVA sonuçları.....	40
Tablo 4.10 a* değeri için ANOVA sonuçları.....	40
Tablo 4.11 b* değeri için ANOVA sonuçları	41
Tablo 4.12 Örneklerin tekstür analiz sonuçları	46
Tablo 4.13 Örneklerin sertlik parametresi ANOVA sonucu.....	47
Tablo 4.14 Örneklerin çiğnenebilirlik parametresi ANOVA sonucu	48
Tablo 4.15 Örneklerin duyu analizi değerlendirme sonuçları	51
Tablo 4.16 Tat beğeni ANOVA sonucu.....	52
Tablo 4.17 Yapı beğenisi ANOVA sonucu.....	53
Tablo 4.18 Genel beğeni ANOVA sonucu	54
Tablo 4.19 Optimum formülasyon örneğinin toplam şeker ve toplam diyet lif analiz sonuçları	59
Tablo 4.20 Optimum formülasyon örneğine ait besin değerleri (100 g için).....	60

Ekstrüde Yumuşak Şeker Ürününde Şeker Azaltmaya Yönelik Formülasyon Geliştirme

Funda KESKİN KUZEY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ömer Said TOKER

İnsanların daha kaliteli ve daha sağlıklı bir yaşama yönelim göstermesi ile birlikte tüketici talepleri de daha sağlıklı gıdalara doğru yönelmiştir ve her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu sebeple, gıda sektöründe birçok ürün formülasyonunda şeker azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada licorice tipi ekstrüde yumuşak şekerleme ürününe şeker miktarını azaltmaya yönelik formülasyon geliştirme çalışması yapılması hedeflenmiştir.

Çalışmada şeker ikamesi olarak lif içermesi, şeker içeriğinin düşük olmasından ve tatlı tadı olmaması gibi olumlu özelliklerinden dolayı ikame bileşen olarak dirençli dekstrin ile çalışmalar yürütülmüştür. Çalışmada karışım dizayn metodu kullanılarak sakkaroz ($10,00 \leq \text{sakkaroz} \leq 30,00$), dirençli dekstrin ($0,00 \leq \text{dirençli dekstrin} \leq 20,00$) ve buğday unu ($25,00 \leq \text{buğday unu} \leq 35,00$) formülasyonda kullanılacak minimum ve maksimum miktarlar belirlenerek 12 farklı formülasyonda üretimler gerçekleştirilerek optimum formülasyon elde edilmiştir. Elde edilen örnekler fizikokimyasal analizler, duyu analizi ve tekstür profil analizi (TPA) ile incelenmiştir. Elde edilen TPA analiz sonuçlarına göre sertlik ve çiğnenebilirlik açısından yüksek bulunan örnekler un ve

dirençli nişasta içeriği fazla olan örnekler olmuştur. Duyusal analiz neticesinde tat beğenisi değerlendirme sonuçlarına göre sakkaroz içeriği düşük olup dirençli dekstrin içeriği yüksek olan örneklerin almış olduğu puanların düşük olduğu görülmüştür. Tekstür analiz sonuçları ile duyusal analiz yapı beğenisi sonuçları karşılaştırmalı değerlendirildiğinde yapı beğeni puanı düşük olan örneklerin un ve dirençli dekstrin içeriği yüksek olan örnekler olduğu görülmüş olup, duyusal ile tekstür analiz sonuçlarının tutarlı olduğu görülmüştür. Duyusal analizde genel beğeniye bakıldığında şekeri azaltılmış dirençli dekstrin içeren örneklerin tüketici tarafından beğenilen ve kabul gören ürünler olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışma neticesinde licorice tipi yumuşak şekerleme ürününde, şeker yerine dirençli dekstrin kullanımı ile şeker içeriğinin azaltılması mümkün olup, tat ve yapı beğenisi açısından olumsuz bir durum oluşturmadığı, başarılı ve tüketici tarafından kabul görünen bir ürün olduğu görülmüş olup alternatif yeni şekerleme ürünlerinin üretim potansiyeline katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Şekerleme, licorice, şeker azaltma, dirençli dekstrin.

Development of Formulation for Reducing Sugar in Extruded Soft Candy Product

Funda KESKİN KUZİY

Department of Food Engineering

Msc. Thesis

Supervisor: Doç. Dr. Ömer Said TOKER

The fact that people are oriented towards a better quality and healthier life has also driven consumer demands towards healthier foods and continues to increase every day. Therefore, studies are being conducted in the food sector to reduce sugar in many product formulations. In this thesis, it is aimed to develop a formulation for reducing sugar in an extruded soft sugar product of the licorice type.

In the study, studies were carried out with resistant dextrin as a substitute component due to its positive properties such as containing fiber as a sugar substitute, low sugar content and no sweet taste. In the study, the minimum and maximum amounts to be used in the formulation of sucrose($10,00 \leq \text{sakkaroz} \leq 30,00$), resistant dextrin($0,00 \leq \text{dirençli dekstrin} \leq 20,00$) and wheat flour($25,00 \leq \text{buğday unu} \leq 35,00$) were determined using the mixture design method and the optimum formulation was obtained by producing 12 different formulations. The obtained samples were examined by physicochemical analysis, sensory analysis and texture profile analysis (TPA). According to the results of the TPA analysis obtained, the samples that were found to be high in terms of hardness and chewability were samples with a high content of flour and resistant starch. As a result of sensory analyzes, according to the results of taste appreciation, the sucrose content was low and the scores obtained from samples with a high content of resistant dextrin were

found to be low. When the texture analysis results and the sensory analysis texture appreciation results were evaluated comparatively, it was seen that the samples with low texture appreciation scores were the ones with high flour and resistant dextrin content, and it was seen that the sensory and texture analysis results were consistent. When the general appreciation was evaluated in sensory analysis, it was seen that the samples containing resistant dextrin which was reduced sugar were the products that were liked and accepted by the consumer.

As a result of the study, it is possible to reduce the sugar content of licorice type soft candy product by using resistant dextrin instead of sugar, it does not create a negative situation in terms of taste and texture appreciation, it is a successful product and accepted by the consumer, it contributes to the potential for alternative new confectionery products to be produced.

Keywords: Confectionery, licorice, reduced sugar, resistant dextrin.

1.1 Literatür Özeti

Tüketicilerin sağlıklı beslenmeye yönelik ilgileri, yaşam şekillerinin değişmesiyle birlikte artmıştır. Beslenme yönündeki bilinçlerinin artmasıyla birlikte, fazla şeker tüketiminin çeşitli sağlık sorunlarının nedeni olduğu saptanmıştır. Küresel bir sağlık sorunu olan obezite, dünyayı tehdit eden bir problem haline gelmiştir. Yapılan araştırmalarda obezitenin kardiyovasküler, kalp hastalığı gibi birçok hastalığın temelini oluşturduğu tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), diyet ve fiziksel aktivitenin sağlıklı bir vücut için önemini vurgulayarak belirtmektedir ve önerilerde bulunmaktadır. Bu öneriler, yağ alımını sınırlandırmayı ve serbest şeker (monosakkaritler ve disakkaritler) alımını günlük kaloringin %10'undan fazla olmayacak şekilde sınırlandırmayı kapsamaktadır. Serbest şekerler, atıştırmalıklar, soslar, gevrekler vb. uzun raf ömrüne sahip birçok gıdada bulunmaktadır, bu nedenle bu konu gıda endüstrisini yakından ilgilendiren bir konudur. Özellikle şekerleme, sakkaroz kullanımına dayanan bir sektör olduğu için şekerleme endüstrisini daha çok ilgilendirmektedir [43].

Şekerin ürüne su aktivitesini dengeleme, kristalizasyonu sağlama, tatlılık sağlama, çözünürlük, yapı sağlama, hacim verme, viskozite, lezzet güçlendirme, renk sağlama gibi birçok olumlu etkisi bulunmaktadır. Genellikle şeker bazlı şekerleme üretimlerinde monosakkaritler ve disakkaritler kullanılmaktadır, hedeflenen ürünün özelliğine göre farklı oranlarda sakkaroz ve glikoz şurubun kombinasyonları kullanılmaktadır [44].

Şekerleme ürünlerinde şeker azaltma, sakkaroz ve/veya glikoz şurubunun kısmen azaltılmasıyla sağlanabilmektedir. Sakkaroz ve glikoz şurubunu ikame edecek malzemenin, hedeflenen tatlılığı ve yapıyı sağlaması, rengi sağlaması ve koruması, raf ömrü boyunca ürün dayanıklılığını koruması gibi önemli kriterlere sahip olması gerekmektedir. Yüksek yoğunlukta tatlandırıcıların bu ikameyi sağlayamayacağı unutulmamalıdır, çünkü bu tatlandırıcılar genellikle limite sahip olup, %0,5 den fazla kullanılamamakta ve ürüne hacim verme gibi özellikleri bulunmamaktadır. Bu nedenlerle şeker ikamesi olacak malzemenin ürüne hacim verme özelliğini sağlaması

gerekmektedir. Tüm bu özellikler düşünüldüğünde, Şekerleme ürünleri için en iyi şeker ikamesi ürünler diyet lifleridir [43].

Diyet lifi, ince bağırsakta sindirilemeyen fakat kalın bağırsakta fermente olabilen insan sağlığı için gerekli bir gıda bileşenidir. Diyet lifi olduğu bilinen bileşenler: İnülin ve oligofruktoz, selüloz, hemiselüloz, pektin, gum arabik ve guar gum, karragenan, agar, aljinat'tır. Diyet lifi, nişasta olmayan polisakkarit olarak ifade ediliyor olsada sindirime dirençli nişasta kısmen hidrolize edildiği için bu tanımın dışında kalmaktadır [45, 46].

Nişasta, D-glikozun iki farklı homopolimeri olan amiloz ve amilopektinden meydana gelen, bitki kaynaklı gıdalarda bulunan en önemli polisakkarittir. Amiloz, düz zincir olarak α -(1,4) glikozidik bağlarıyla yaklaşık 500–2000 glikoz ünitesinden meydana gelmekte olup amilopektin ise üzüm salkımına benzer dallı bir yapıya sahiptir. 20–30 glikoz ünitesinden oluşan her bir dal, düz zincirde α -(1,4), dallanma noktalarında ise α -(1,6) glikozidik bağları ile glikoz üniteleri birbirlerine bağlanmıştır. Nişastanın soğuk suda erimediği ancak ısıtıldığında su alarak şiştiği ve belli bir sıcaklık ve süreden sonra jelleşmeye başladığı bilinmektedir. Soğuma ve depolama süresine bağlı olarak jelatinize olmuş nişastada meydana gelen değişim nişasta retrogradasyonu (yeniden kristalizasyon) olarak adlandırılmaktadır [47].

Diyet lifi tanımlarında ayrıca 3-9 arasında monomer bulunduran karbonhidrat polimerlerini de Ulusal veya uluslararası birlikler diyet lifi olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir. 2009 yılında Codex Alimentarius Komisyonu (CAC) bu tanıma uygun olarak 3 ile 9 arasında monomer içeren karbonhidrat polimerlerinin kabul edilip edilmeyeceğini tercihe bırakırken, tek şart olarak sağlığa yararlı fizyolojik etki gösteriyor olmalarını belirtmişlerdir. 3-9 monomer üniteli karbonhidrat polimerleri bu tanıma dahil edildiğinde, dirençli dektrin, polidekstroz, β -frukto-oligosakkarit, α -galakto-oligosakkarit, β -galakto-oligosakkarit, ksilo-oligosakkarit, arabino-ksilo-oligosakkarit, de diyet lifi tanımına uymuş olmaktadır [7,8].

Dektrin, glikoz içeren oligosakkarit karışımı olarak bilinen ve nişastanın bir dizi kimyasal modifikasyonu ile elde edilen çözünabilir bir diyet lifidir. Prebiyotik etkiye sahip olan dirençli dektrin, pişmiş gıdalar, içecekler ve süt ürünlerinde bulunmaktadır [1].

Dekstrinler bir karbonhidrat grubu olup glikojenin veya nişastanın hidrolize edilmesi ile üretilmektedir. Hidrolizasyon işlemi asidik ortamda veya kuru ortamda olabilmektedir. Mısır veya patates nişastası dekstrinler için en yaygın kullanıma sahiptir [1].

Dekstrinler, bitkilerin ve canlıların kas yapılarının temel yapı taşları arasında yer alarak canlıların metabolik faaliyetlerinde önemli bir yere sahiptir. Dekstrinler nişastanın ya ısı ile etkileşime girmesi sonucunda parçalanarak üretilmekte ya da asit varlığında hidroliz edilerek üretilmektedir. Nişastanın kuru kuruya ısıtılması prosesine nişastanın pirolizi adı verilir, ısıyla üretilen dekstrinler pirotekstrinler olarak da adlandırılmaktadır. Nişastanın kuru kuruya ısıtılması prosesinde ısıtma işleminde kontrol sağlanması zor bir işlem olduğundan yerine asidik ortamda hidroliz edilerek elde edilmektedir. Hidroliz işlemi esnasında oluşan kısa zincirli nişasta parçaları, aynı ortamda oluşmuş olan α -(1,6) bağlarla bozunmuş nişasta moleküllerine bağlanarak dallanmış dekstrinleri oluşturmaktadır [5].

Dekstrinlerin pek çok kullanım alanı mevcuttur. Bunların başında önerilen diyetler için diyet lif kaynağını sağlama, tam tersi aşırı kilo kaybı hastalıklarında ise kilo destekleyicisi ve toksin temizleme gibi amaçlar ile kullanıldığı gibi kan şekeri düzenleyicisi, kalp ve genel sağlık destekleyicileri olarak da yaygın kullanım alanına sahiptir [6].

Dekstrinler aynı zamanda iyi bir prebiyotik ve iyi huylu bakteri besleyicisidir. Sağlıklı bağırsak florası oluşturarak sindirime destek sağlar ve iyi huylu bakterilerden olan lactobacilli için iyi bir destek konumundadır [6].

Nişastanın yüksek sıcaklıkta ısıtılması sırasında, katalizör ilavesi olsun veya olmasın (genellikle asidik) nişastanın dekstrinizasyonu gözlenir ve dekstrinizasyon, kimyasal karmaşık bir işlem olup depolimerizasyon, transglikosilasyon ve polimerizasyonu kapsamaktadır [3].

Islak nişastanın ısıtılması sırasında rastgele bağlar α (1-4) ve nadiren α (1-6) hidrolitik olarak kırılır, Bu reaksiyondaki ara form ya oksikarbonik iyonlar veya serbest radikallerdir [4].

Dirençli dekstrinler, tatlı tadı olmayan ve insan sindirim enzimlerinin hidrolitik etkisine karşı güçlü direnç gösteren kısa zincirli glikoz polimerleri olarak tanımlanır [2].

1.2 Tezin Amacı

Son yıllarda obezitenin, sağlık sorunlarının artması ile birlikte tüketicilerin daha sağlıklı bir yaşam için şekeri azaltılmış ürünlere yönelimlerinin artmış olması, gıda sektöründe birçok üründe olduğu gibi şekerleme ürünleri formülasyonlarında da şeker oranını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmasına yönlendirmektedir. Bu tez çalışması, sakkaroz, glikoz şurubu, buğday unu vb. kullanımına dayanan, ekstrüzyon teknolojisi ile üretilen bir şekerleme ürünü olan licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker ürünüde, şeker azaltmaya yönelik formülasyon geliştirme çalışmalarını kapsamaktadır.

1.3 Hipotez

Tüketicilerin beğenerek tüketebileceği daha düşük şeker içeriğine sahip alternatif şekerleme ürünlerinin geliştirilmesi amacıyla ekstrüde yumuşak şeker ürünüde diyet lif kaynağı olan dirençli dekstrin kullanımı ile licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker ürünüde şeker azaltmanın yapılmasıdır.

2 LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Şekerleme Teknolojisi

Tatlı ürünler endüstrisi üç ana sınıfa ayrılmakta olup bunlar; unlu tatlılar, çikolatalı tatlılar ve şekerlemelerdir. Unlu tatlılar, un ile yapılan ve pişirilerek üretilen ürünlerdir, çikolatalı tatlılar, çikolata içeriğine sahip ürünlerdir ve geriye kalan tatlı ürünleri ise şekerlemeler oluşturmaktadır. Şekerleme üretimi, 19. yüzyılda gelişime başlayıp günümüzde uluslararası geniş bir yelpazeye sahip bir sektör haline gelmiştir[19].

Şekerlemeler; şeker ve/veya glikozun pişirilmesi sonrasında sitrik asit, tartarik asit gibi asitlerin ilave edilmesi sonucu oluşan hamura, üretilecek ürünün çeşidine göre süt, süt tozu, kıvam verici, yağ ve aroma(lar) gibi maddelerin eklenmesi, şekillendirilmesi ile elde edilen gıda maddeleridir[19]. Örnek ürün görselleri Şekil 2.1 de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Şekerleme ürün örnekleri

“Türk Gıda Kodeksi’nde yer alan şekerleme çeşitleri şu şekildedir”:

- Sert şekerleme
- Draje şekerleme
- Yumuşak şekerleme
- Jöle şekerleme
- Tablet şekerler
- Meyve şekerlemeleri
- Badem ezmesi ve benzerleri
- Koz helva, nuga ve benzerleri
- Dolgulu şekerleme ürünleri
- Fondan
- Krokan

Tüm bu şekerleme çeşitlerinde temel bileşen olarak monosakkarit, oligosakkarit ve polisakkarit olarak sınıflandırılan karbonhidratlar bulunmaktadır[20].

Şeker kamışı veya pancarından elde edilen sakkaroz, geleneksel şekerleme ürünlerinin en temel bileşeni olup şekerleme endüstrisi, sakkarozun fiziksel ve kimyasal özellikleri göz önünde bulundurularak gelişmiştir. Şekerlemenin diğer önemli bileşenleri ise diğer şeker şurupları, süt ürünleri (süt tozu, şekerli yoğunlaştırılmış süt), katı ve sıvı yağlar, kakao, tahıl ürünleri, kuru meyveler, çeşniler, aroma vericiler, çeşitli zamlar, kıvam arttırıcılar ve jelleştirici maddelerdir [21].

En çok tüketilen şekerleme ürünlerinden bazıları hakkında bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.1.1 Sert şeker

Sert şekerlerin formülasyonunda çeşidine göre sakkaroz, glikoz şurubu, fruktoz, sorbitol ve maltoz gibi hammaddeler yer alabilmektedir. Açık veya vakum kazanlarda pişirme tekniği ile pişirilmekte, sonrasında inversiyon sağlanması amacıyla sitrik, malik, laktik asit gibi organik asit ilave edilmekte ve tercihe göre aroma verici ilave edilerek yoğurma, katlama(boksörleme), şekil verme ve soğutma aşamaları uygulanarak ürün elde edilmektedir [22].

2.1.2 Draje şekerleme

Çekirdek kısmı çikolata, kuru meyve veya yumuşak şeker dışı şeker veya çikolata olmak üzere üretilen ürünlerdir.

2.1.3 Jelly Yumuşak şekerleme

Yumuşak şekerler, şekerleme ürünleri içinde önemli ve geniş bir yere sahip olup, bu ürünlerin tipik yapı özelliklerinin sağlanması için kıvam verici ve jelleştirme hammaddeleri kullanılmaktadır. Bu hammaddelerin başında jelatin, pektin, nişasta, arap zamkı, agar gibi hammaddeler gelmektedir. Şeker ve glikoz şurubu ise diğer ana hammaddeleridir. Kullanılan kıvam verici ve jelleştirici hammaddeye göre ürünlerde farklı yapılar elde edilemesi mümkündür. Hedefe göre sert, yumuşak, elastik, kesilebilir, daha çiğnenebilir gibi farklı yapıda yumuşak şeker ürünleri elde edilebilmektedir [19].

2.1.4 Marshmallow şekerleme

Marshmallow, havalı ve köpüklü bir yapıya sahip bir şekerlemedir. İçeriğinde kıvam vermesi ve köpüklü yapıyı oluşturmaya amacıyla genellikle jelatin kullanılmaktadır. Jelatin varlığı nedeniyle iyi çiğneme özelliğine sahip bir üründür. Jelatin dışında şeker, mısır şurubu ile belirli sıcaklıkta pişirilir, aeratör yardımı ile çırpılarak köpüksü yapısı elde edilir, aroma verici ve renklendirici ilavesi ile çeşitlendirilir [33].

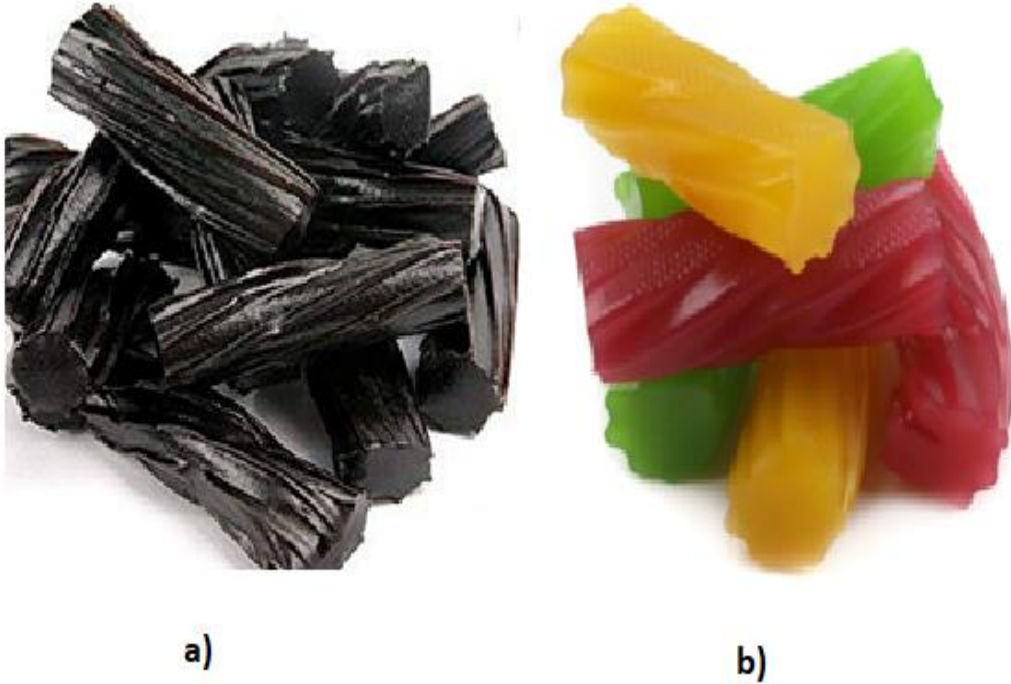


Şekil 2.2 Farklı tip şekerleme ürünleri - (a) Jelly yumuşak şekerleme, (b) licorice yumuşak şekerleme, (c) marshmallow yumuşak şekerleme, (d) lolipop sert şeker

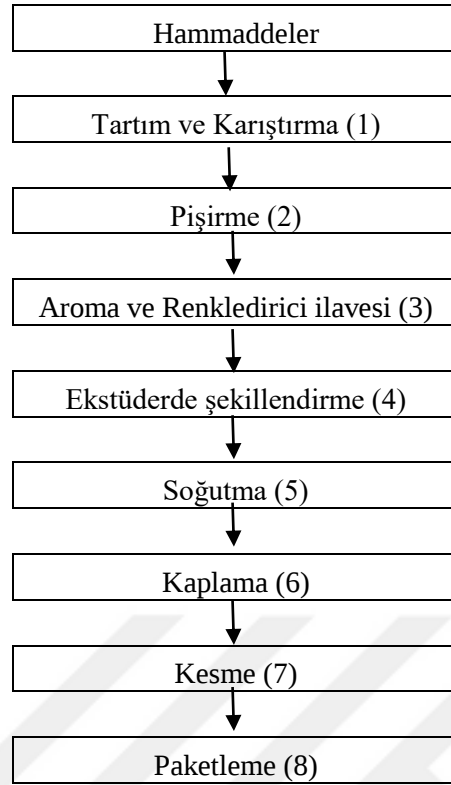
2.1.5 Ekstrüde Yumuşak Şeker (Licorice) ve Üretimi

Şekerleme ürünleri ülkemizde ve birçok dünya ülkesinde yaygın olarak üretilmekte ve tüketilmektedir. Licorice (meyan kökü) ismi ile de bilinmekte olan ekstüde yumuşak şeker dünyada çok popüler olup ülkemizde de üretilmekte ve tüketilmekte olan şekerleme ürünlerinden biridir. Bu şekerlemenin en önemli bileşenleri tatlandırıcılar, buğday unu ve meyan köküdür [62].

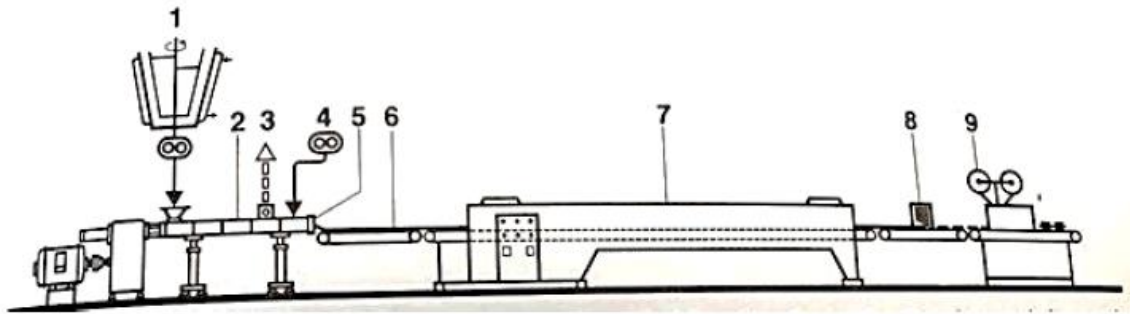
Meyan kökü (*Glycyrrhiza glabra*), ekstrakt olarak yaygın kullanılan bir bitki olup esas olarak licorice (meyan kökü) üretmek için şekerleme endüstrisinde kullanılmaktadır. Geleneksel licorice (meyan kökü), meyan kökü ekstraktı ile birlikte şeker, melas, su ve buğday unu içermektedir ve en yaygın ek bileşenleri anason aroması ve siyah gıda boyasıdır. Günümüzde licorice ise şeker, glikoz şurubu, buğday unu, bitkisel yağ içermekte olup en yaygın ek bileşenleri farklı meyve aromaları (çilek, elma, limon vb.) ve gıda boyalarıdır [62]. Şekil 2.3’de licorice şekerleme ürün örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Licorice şekerleme ürün örnekleri - a)Geleneksel licorice (meyan kökü)
b)Günümüzde licorice



Şekil 2.4 Licorice tipi ekstrüde yumuşak şekerleme üretim akış şeması



Şekil 2.5 Licorice ekstrüderi [24]

Licorice tipi ekstüde yumuşak şeker üretiminde kullanılan ekstrüderin ve hattın kısımları Şekil 2.5’de gösterilmiştir.

- 1.Hammadde tartım ve karışım tankı
- 2.Pişırmenin gerçekleştiği ekstrüder

3.Ekstrüder içerisindeki vidalı system (ekstrüder içerisinde hamurun ilerlemesini sağlamaktadır.)

4.Renkendirici ve aroma ilavesi

5.Ekstrüder nozulu (şekillendirme)

6.Soğutucu konveyör bant

7.Soğutma tüneli

8.Kesme

9.Paketleme

Şekil 2.4 de gösterildiği gibi licorice tipi ekstüde yumuşak şekerleme üretiminde birinci adım, hedeflenen formülasyon doğrultusunda buğday unu, glikoz şurubu, şeker, bitkisel yağ, asit, nişasta gibi hamaadelerin tartılması ve mikserde karıştırılmasıdır.

İkinci adım, kek kıvamında olan hamurun ekstrüdere borular vasıtasıyla gönderilerek, vakum altında (0,70-1,0bar) optimum sıcaklık (125-145°C) değerlerinde pişirilmesidir.

Üçüncü adımda pişirilen hamura arzu edilen aroma ve renklendiricilerin dozajlanarak ilave edilmesinin ardından dördüncü adımda ekstüzyon tekniği ile ürünlere arzu edilen şekillerin verilmesidir, sürekli bir sistemi olan yumuşak şeker, ekstrüde edilmesinin ardından soğutma tünellerinde soğutulur ve tercihe göre bitkisel yağ veya ekşi(şeker&asit) ile kaplanarak, arzu edilen paketleme ebatlarına göre giyotinde kesilir ve son adım olarak da paketlenerek tüketime hazır hale gelmiş olmaktadır.

Literatürden bazı şeker azaltma çalışmalarından örnekler,

Meyveli şekerlemeler üzerinde yapılan bir çalışmada sakkaroz ve glikoz şurubunu uygun şekilde ikame ederek şekeri azaltılmış ve şekersiz agar baza sahip ürün geliştirmesi hedeflenmiştir. İkame hammadde olarak elma lifi, polidekstroz, sukraloz, oligofruktoz ve eritritol kullanılarak elma aromalı çalışmaları yapılmıştır. Elma aromalı olan kontrol örneğinin 14°C'de 2-4 hafta depolanması sonrasında nem oranının önemli ölçüde azalma olması ve örneklerin yapılarının sertleşmesi gözlenmiştir. Şeker içermeyen örneklerin asitliğinin formülasyonlarının yüksek oranda agar içermesinden dolayı daha düşük olduğu, şekeri azaltılmış olan örneklerde ise tekstür analizinde yapışkanlık değerinin daha düşük sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda geliştirilen

formülasyonlarla üretilen ürünlerin tüketicilerin duysal beklentilerine uygun olduğu ve ek faydalar sağladığı da gösterilmiştir. [29].

Yapılan başka bir araştırmada, pektin bazlı yumuşak şeker ürününde %6 ,%12,-%18 gibi farklı oranlarda Fruktoz oligosakkarit (FOS) kullanımı ile şeker oranının azaltılması hedeflenmiştir. Bu hedef için antioksidan faydasını da değerlendirebilmek amacıyla %5 ve %10 gibi oranlarda yaban mersini pulpu kullanılması hedeflenmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen örneklerde duysal analizler yapılmış olup değerlendirmeler neticesinde %10 yaban mersini pulpu ve %18 frukto oligosakkarit içeren örneklerin yüksek puanlar alarak en çok çok beğenilen çeşitler olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yumuşak şeker ürünlerinin antioksidan içermesinin mümkün olabileceğini ve fruktoz oligosakkaritin yüksek oranda kullanımının duysal özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği için kullanımının mümkün olduğu görülmüştür [30].

Jelatin bazlı bir yumuşak şeker ürününde jel yapı oluşumunda kullanılan mısır nişastası yerine inülin kullanımı ile diyet lif ile zenginleştirilmiş bir ürün hedefi ile son ürün kalite özellikleri incelenmiştir. Son üründe inülin miktarı %9 olarak belirlenerek, çalışmaları yürütülmüştür. İnülin içeren şekerlemelerin sertlik, yapışkanlık, çiğneme, esneklik ve jelleşme özelliklerinin referans olan inülin içermeyen örnekler ile benzer özellikler taşıdığı tespit edilmiştir. İnülinin proses koşullarına dayanım göstererek (80°C, 3,2 pH) serbest şekerlere indirgenmediği tespit edilmiş olup bu sonuçlara dayanılarak inülinin diyet lif içeren şekerlemelerin üretiminde kolaylıkla kullanılabileceği belirtilmiştir [31].

Yapılan bir çalışmada, stevia ekstraktı kullanılarak şeker azaltılmış yumuşak kurabiyelerin üretimi araştırılmıştır. Kurabiye formülasyonu şeker miktarını %30 ve 60 oranında azaltacak şekilde iki farklı oranda stevia ekstraktı ve %5 oranında yayıkaltı suyu tozu eklenecek şekilde modifiye edilmiştir.. Çalışma neticesinde formülasyonda stevia ekstaktının yayıkaltı suyu tozu ile beraber kullanımı sonucunda kontrol kurabiye örneğinin özelliklerine benzer özelliklerde kurabiye elde edilmiş olup stevia ekstraktı ve yayıkaltı suyu tozunun şeker azaltılmış kurabiyelerin üretiminde kullanılabilir olduğu sonucu belirtilmiştir [32].

Literatürde sınırlı sayıda jelly şekerleme özelinde yapılmış olan fonksiyonel ve şeker azaltma çalışmalara rastlamak mümkündür ancak licorice tipi ekstrüde yumuşak şekerleme özelinde yapılmış bir şeker azaltma çalışmasına rastlanılmamıştır. Buradan yola çıkılarak licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker ürününde dirençli dekstrin kullanımı

ile üründe şeker azaltma yapılması hedeflenmiştir. Licorice tipi ekstrüde yumuşak şekerleme üretiminde sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu kullanımının ürünün fizikokimyasal, renk, tekstür ve duyuşal özelliklerine etkisini inceleyerek değerlendirmek ve optimum formülasyonu elde edebilmek amacıyla Design Expert programı kullanılarak karışım dizaynı oluşturularak çalışmaları yapılmıştır.

2.2 Ekstrüde Yumuşak Şeker (Licorice) Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

2.2.1 Buğday Unu

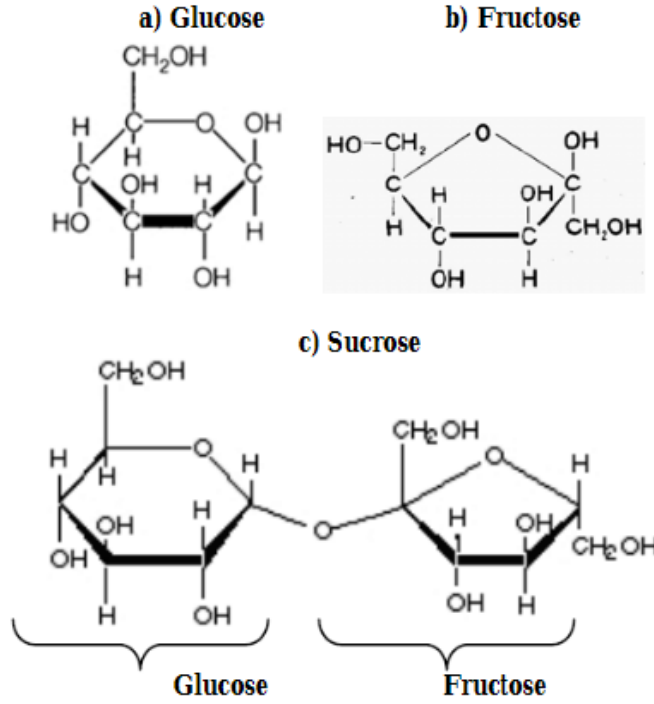
Ekstrüde yumuşak şekerde kıvam verici olarak buğday unu kullanılmaktadır, reçetede ki buğday unu içeriği %20-40 arasında değişmektedir [48]. Kullanılmakta olan çoğu un yaklaşık %60-70 oranında nişasta içermektedir, nişasta yeşil bitkilerde karbonhidrat deposu görevi gören binlerce glikoz biriminden oluşan bir [49]. Nişasta amiloz ve amilopektin içermektedir, yaklaşık % 20-30 amiloz ve % 70-80 amilopektinden oluşmaktadır [50]. Nişasta bitkilerde nişasta granülleri olarak bulunur ve granüllerin büyüklüğü ve şekli bitkiler arasında farklılık göstermektedir [49]. Bu granüller soğuk suda çözünmezler ancak %10-15 oranında su alarak şişmektedirler.

Ekstrüde yumuşak şeker üretiminde kullanılan unların nişasta içeriği ürünün jelatinizasyon derecesi üzerine büyük bir etkisi olduğundan ürünü nihai yapısını etkilemektedir [51]. Nişastanın jelleşmesi ne kadar yüksek olursa, nihai ürünün elastik yapısı ve parlaklığı da o kadar iyi olmaktadır [52]. Ayrıca, kullanılan unun kalitesi ve türü ürünün yapısı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Her ne kadar unun glüten içeriği ürün yapısına etki etse de asıl kontrol edilmesi gereken ve ürünün yapısını etkileyen en büyük etken nişastanın jelleşmesidir [53]. Unun protein içeriğinin yanı sıra unun düşme sayısı da nihai ürünün yapısına etki etmektedir [54]. Ekstrüde yumuşak şeker üretimi için yüksek düşme sayılı bir un olması gerekmektedir, bunun için de amiloz içeriğinin düşük olması gerekmektedir. Eğer amiloz içeriği yüksek ise düşme sayısı düşük olacaktır ancak ürün üretiminde amiloz miktarının düşük dolayısı ile düşme sayısı testinin daha uzun olmasına ihtiyaç vardır. Ekstrüde yumuşak şeker üretimi için minimum düşme sayısı 200'dür ve daha yüksek değerler de kabul görülmektedir [51].

2.2.2 Sakkaroz ve Glikoz Şurubu

Sakkaroz genel olarak $C_{12}H_{22}O_{11}$ kimyasal formülü ile ifade edilmektedir (α -D-glukopiranosil-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-fruktofuranosid). α -D-glukopiranoz ve β -D-fruktofuranoz

karbon atomları kovalent olarak bağlandığı için sakkarozun indirgen şeker özelliği vardır. Bu yüzden de Fehling çözeltisi ile reaksiyon oluşumu yoktur. Kristal ve renksiz bir yapıya sahip olan sakkaroz, şekerleme ürünlerinde yaygın olarak kullanılan önemli bir hammadde olup, pek çok bitkinin yapısında bulunmaktadır. Sakkaroz, Şekil 2.6'da gösterildiği gibi D-glikoz ve D-fruktozun indirgen gruplarından bir molekül su çıkarılması sonrasında glikozidik bağ ile bağlanmasıyla oluşan bir disakkarittir [26, 27].



Şekil 2.6 Sakkarozun moleküler yapısı ve sakkaroz molekülünün oluşumu [28]

Sakkarozun karbonil-karbonil bağ yapısı, asit hidrolizine karşı diğer oligosakkaritlere göre daha dayanıksız olup ve 210 °C'den yüksek sıcaklıklarda parçalanmaya başlayarak karamelize olduğu bilinmektedir. Asit ile hidrolizi neticesinde ise eşit miktarda D-glikoz ve D-fruktoz oluşmaktadır [26].

Şekerler, şekerleme ürün formülasyonlarının temel bileşenleri olup, şeker kamışı veya şeker pancarı, kahverengi şeker, mısır şurupları, kuru veya sıvı şeker karışımları, dekstroza, laktoza, sıvı veya toz sorbitol ve çeşitli tatlandırıcılar şeklinde karşımıza çıkabilmektedir. Şekerler şekerleme ürünlerinde pek çok amaçla kullanılmaktadır, özellikle lezzet verme, kristalleşme, hacim verme, kabarmayı sağlama, çözünürlük, akışkanlık sağlama, kıvam verme, nem tutma, berrak renk sağlama ve fermente etme gibi birçok faydalarını için şekerleme endüstrisinde geniş kullanım alanına sahiptir [55].

Şekerleme endüstrisinde çokça kullanılan sakkaroz, şeker pancarı ve şeker kamışının doğal yapısından rafine edilerek elde edilmektedir. Şeker kamışı ile şeker pancarı arasındaki en önemli fark ise lezzet ve kokularıdır. Şeker kamışının çiğ olduğunda tat ve kokusun hoş olduğu bilinirken, diğer yandan, şeker pancarının çiğ hali için tam tersi söz konusu olup, hoş bir kokuya ve lezzete sahip değildir [55].

Glikoz şurubu, mısırdan elde edilmektedir. Nişastayı asit ve/veya enzimler vasıtasıyla parçalayarak veya hidroliz ederek elde edilen ve yaygın olarak kullanılan bir şeker türüdür. Glikoz şurubu, birçok gıda ürününde klasik pancar şekerinin yerini tutmamakta ve kıyaslandığında tatlılığı daha az ve kalorisi daha düşük olduğu bilinmektedir [56].

Glikoz şurupları, farklı oranlarda kuru madde içeriğine sahip olmakta olup, gıda endüstrisinde genellikle % 70 – 85 kuru madde içeren çeşitleri kullanılmakta olup ısıtma işlem uygulaması ile nişastanın asit ve/veya enzimler yardımı ile sıvılaştırılması ve sakkarit içeren bu sıvı şurubun filtrasyon, karbon ile muamele ve iyon değiş-tokuş kolonları gibi birtakım işlemlerden geçirilerek saflaştırılması sonucunda hedeflenen kuru madde içeriğine konsantre edilmesiyle glikoz şurupları elde edilmektedir. Süre, sıcaklık, pH ve kullanılan enzim gibi proses etkenleri glikoz şuruplarının hidrolizasyon derecesini etkilemektedir ve değiştirmektedir. Glikoz şurubunun gıda sanayisinde kullanımında DE değeri önemli bir etkidir ve glikoz şuruplarının sınıflandırılmasında dekstroz eşdeğeri (DE) ifadesi esas alınmaktadır. Dekstroz eşdeğeri, toplam kuru maddenin yüzdesini ifade etmekte olup DE değeri dekstroz cinsinden hesaplanmaktadır ve glikoz şuruplarının indirgen şeker içeriğinin bir ölçüsü olarak bilinmektedir. [59]. Glikoz şurup eldesinde nişastanın hidrolizi neticesinde dekstroz ortaya çıkmaktadır. Nişastanın DE değeri 0'dır fakat nişastanın tamamen hidrolize edilmesi durumunda DE değeri 100 olmaktadır [57].

Tablo 2.1 Glikoz şuruplarının DE değerlerine göre sınıflandırılması [58]

Glikoz şurubu	DE sınıfı
Maltodekstrin	<20 DE
Düşük dönüşümlü	20-38 DE
Standart ya da normal	42 DE
Orta Dönüşümlü	39-58 DE
Yüksek Dönüşümlü	59-65 DE
Yüksek fruktoz	75-96 DE

Gıda endüstrisinde invert şurup kullanımı da oldukça yaygındır fakat glikoz şuruplarının tatlılık, viskozite, nem tutma gibi sağladığı önemli avantajlar sebebi ile invert şekere göre daha yaygın kullanım alanı sağlamaktadır [58].

İnvert şeker, fruktoz ile glikozun bir karışımıdır ve bu karışım şekerin en büyük avantajı, fruktoz içermesinden dolayı kristalleşmeye engel olmasıdır. Böylelikle, sakkaroz ile yapılması mümkün olmayan, kristalleşme tehlikesi olan ürünler için %70-80'lik konsantrasyona sahip çözelti yapılarak kristalleşme tehlikesi ortadan kaldırılarak uzun raf ömrüne sahip ürün üretilmesi mümkün olmaktadır. Glikoz şurubu, hemen hemen tüm karbonhidrat kaynaklarında asit varlığında hidroliz ile elde edilmesi mümkündür, ayrıca invert şekerden daha ucuz olması ve invert şeker ile benzer yapısal özellikler taşıması sebebiyle glikoz şurubu invert şekerin yerini alarak daha yaygın bir kullanıma sahiptir [51].

Ürün formülasyonunda invert şeker oranının yüksek olması ürünün denge nem içeriğini azalmasına neden olmaktadır. Bu durum, ürünü daha higroskopik hale getirmekte ve bu da nihai ürünün depolama sırasında daha fazla nem çekeceği anlamına gelmektedir. Aynı durum, yüksek DE değerine sahip glikoz şurubu için de geçerli olmaktadır. Yüksek DE'ye sahip glikoz şurubu kullanımı ile polisakkaritler yerine düşük moleküllü şekerlerin kullanıldığı anlamına gelmektedir [60].

2.2.3 Bitkisel Yağ

Yağlar, enerji kaynağı olarak insan beslenmesinde büyük bir öneme sahip temel bileşenlerden biri olup, 1 gram proteinin sağladığı enerji miktarı 4.0 kalori ve 1 gram karbonhidratın sağladığı enerji miktarı ise 4.5 kalori iken 1 gram yağın vücutta yakılması sonucu 9.3 kalorilik bir enerji ortaya çıktığı bilinmektedir [9].

Yağların gıda endüstrisinde geniş bir kullanım alanı mevcuttur. Önemli bir enerji kaynağı olmaları, A, D, E ve K gibi yağda çözünen vitaminleri içermeleri, vücut yapısının gelişimi için gerekli esansiyel (temel) yağ asitlerinin kaynağını teşkil ediyor olmaları, gıdalara ve yemeklere lezzet kazandırmaları gibi katkılarından dolayı gıda endüstride önemli bir kullanım alanına sahiptirler [9].

Dünyada en çok üretilen yağ, soya yağından sonra ikinci sırada palm yağı yer almakta olup palm yağı üretiminde Malezya öncü konumda olduğu bilinmektedir. Batı ve Orta Afrika ile Endonezya'da yaygın olarak palm yağ üretimi mevcuttur. Palm yağı diğer ithal yağlara kıyasla nispeten daha ucuz olması ve vitamin E (antioksidan) içeriğinin daha

fazla olması onu ayrıcalıklı kılmakta ve daha yaygın bir kullanım alanı bulmasını sağlamaktadır [10].

Bitkisel yağ, ekstrüde yumuşak şeker üretiminde majör bileşenlerden biridir. Yağlar ürünün yapısını yumuşatır, hacim verir, aroma gelişimini destekler ve raf ömrü boyunca kalitesini korur. Ürünün raf ömrünü uzatmak ve pişirilme esnasında ısı transferine yardımcı olmak yağın ürüne sağladığı önemli avantajlardan biridir.

2.2.4 Asit

Asitlerin şekerleme ürünleri kullanımında birçok etkisi bulunmaktadır. Bunların başında tat modifikasyonuna katkı sağlamaları, aromayı güçlendirmeleri, jel oluşumunu sağlaması gibi önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Şekerleme ürünlerinde pH'daki değişimlere duyarlı formülasyonlarda asitlerin kullanımı ile tat profilini etkileyerek tatlılığı dengeler. İstenen jel yapısının oluşmasını sağlarlar, böylece nişasta, jelatin ve pektin bazlı ürünlerin pH'larına etki ederek hedeflenen yapının oluşumuna katkı sağlar. Asitler, inversiyon oluşumuna da etki etmektedir. İnversiyon prosesi olan sakkaroz asit varlığında su belli sıcaklık ve sürede etkileşime girerek inversiyona uğrar ve glikoz ile fruktoz oluşur. Bu proses soğuk akış olarak adlandırılır ve sakkaroz şeklini/ yapısını kaybederek higroskopik hale gelir. Şekerlemede çoğunlukla, sitrik asit, malik asit, tartarik asit gibi organik asitler kullanılmakla beraber en yaygın kullanılanı sitrik asittir [16].

Sitrik asit, "citrus" kelimesinden türetilmiş olup oksijenli solunum yapan canlılarda meydana gelen biyokimyasal döngüsünde bir ara madde olarak oluşan bir trikarboksilik asit olarak bilinmektedir. Birçok bitkide meyve, gövde, özsu ve tohumlarında doğal olarak bulunmaktadır. Kuru maddesinde %8'e kadar sitrik asit içeren limon ve narenciye türü meyveler, sitrik asit açısından önemli bir organik asittir [11,12,13].

Üretim miktarı ve yararlılığı bakımından en önemli biyo ürünlerden biri olan sitrik asit, limon ve portakal gibi narenciye meyvelerinde bol miktarda bulunmaktadır. Toksik olmayan yapısı nedeniyle Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) Gıda Katkıları Uzman Komitesi (GRAS) tarafından genellikle emniyetli olarak kabul edilmiş ve ilan edilmiştir [25].

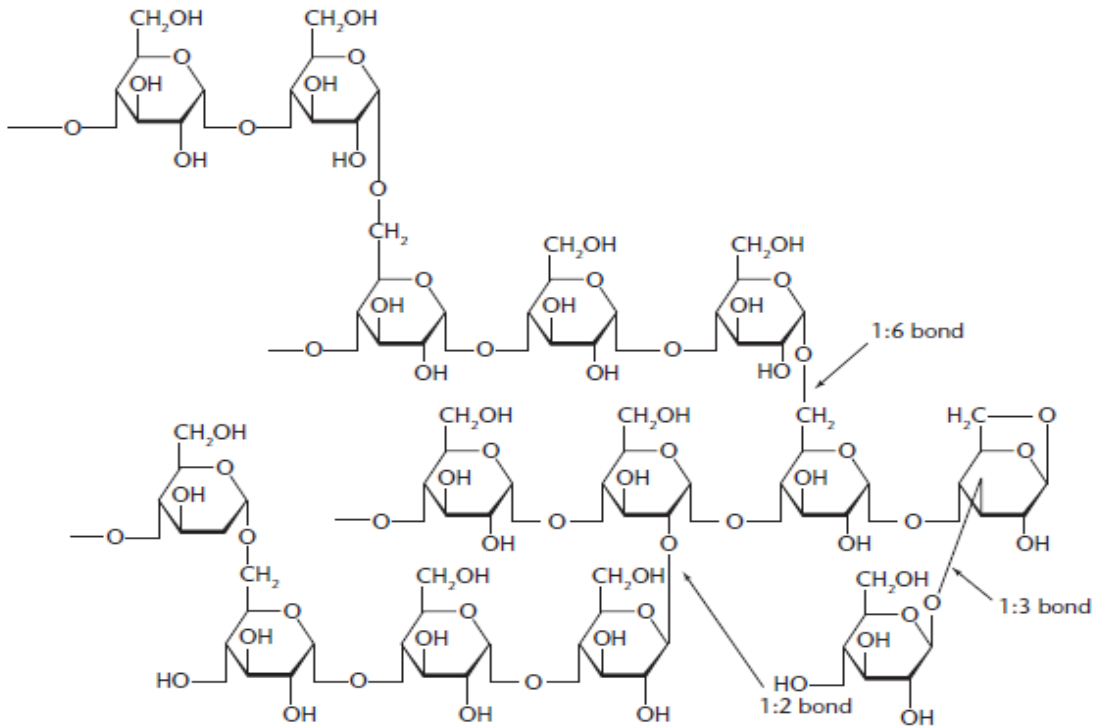
Sitrik asitin reçel, jöle, marmelat gibi ürünlerde istenen jel yapının oluşması ve istenen lezzetin sağlanması gibi olumlu yönleri çok fazladır. Üründe istenen ekşi tadın sağlanması, var olan aromayı zenginleştirilmesi, sakkarozun kristalizasyonunun

engellenmesi için inversiyonun sağlanması ve jel yapısının dayanımının artırılması gibi amaçlarla şekerleme ürünlerinde yaygın kullanımları mevcuttur [14].

Sitrik asitin gıda endüstrisinde kullanımında, gıdaların kalitesinin ve raf ömrü stabilitesinin sağlanmasında mikrobiyel ve kimyasal olarak da önemli etkisi bulunmaktadır. Özellikle ürünlerdeki kalite kayıplarının azaltılmasında antiosidant için önemli bir koruyucu olarak bitkisel ve hayvansal yağların oksidasyonun önlenmesinde yardımcı olduğu bilinmektedir [15].

2.2.5 Dirençli Dekstrin

Dirençli dekstrin, nişastadan elde edilmektedir. İnsan tüketimi, beslenme ve eczacılık amacıyla kullanılan çok çeşitli dekstrinler mevcut olmakla birlikte, son derece kontrollü bir dekstrinizasyon işleminden geçirilen dirençli dekstrin, buğday nişastasından veya mısır nişastasından elde edilebilmektedir. Dirençli dekstrin elde edilme işlemi bir dizi adımdan oluşmaktadır. Bu işlem sırasında nişasta bir dereceye kadar hidrolize edilir ve ardından polimerizasyona uğrar ve bu polimerizasyon, sindirim sistemindeki enzimler tarafından parçalanamayan ve sindirilemeyen glikozidik bağların oluşmasına neden olarak nişastayı lif haline getirir. Örnek olarak Şekil 2.7’de buğday nişastasından elde edilen dirençli dekstrinin formülü gösterilmiştir [34, 35, 36].



Şekil 2.7 Buğday nişastasından elde edilen dirençli dekstrinin kimyasal formülü [63]

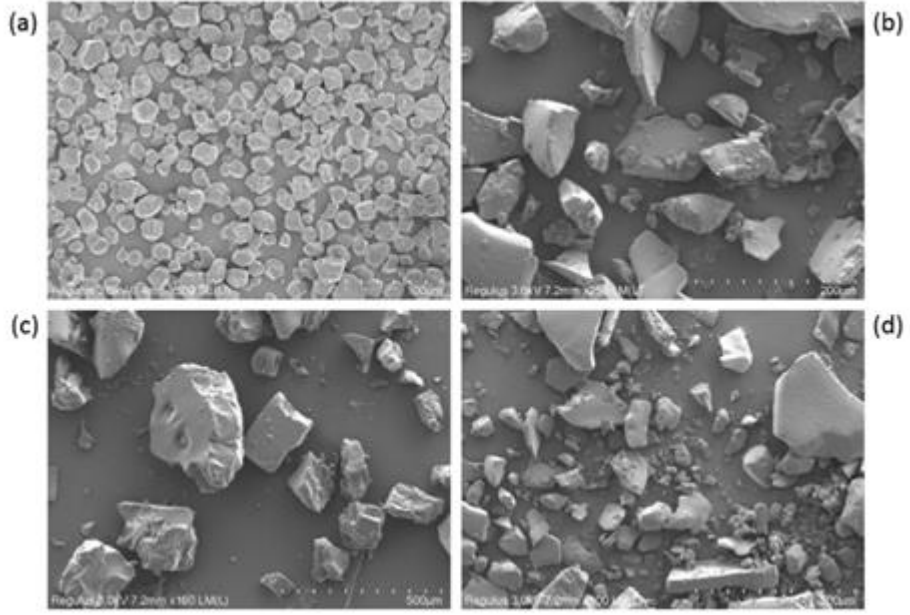
Dekstrinizasyon adımı ardından, tutarlı reolojik ve teknik performans sağlamak için optimum moleküler ağırlık dağılımını ve 2001–03 AOAC yöntemine göre dirençli dekstrin için doğru miktardaki lif içeriğini sağlamak amacıyla bir ayırma adımı izlenmektedir. Ürün daha sonra, kuru madde üzerinden %0,5'in altında bir mono- ve disakkarit içeriği elde etmek için basit şekerlerin uzaklaştırılması dahil olmak üzere daha ileri arıtma adımlarından geçirilmektedir ve son olarak da püskürtülerek kurutulmaktadır [34, 35, 36].

Dirençli dekstrin bir glikoz polimeri olmasına rağmen, bu nedenle şekersiz olarak kabul edilebilmektedir. Osidik bağlarının yaklaşık %25'i insan sindirim enzimleri tarafından hidrolize edilmektedir. Lif içeriği, analitik özellikleri ve diğer fizyolojik özellikleri sayesinde viskoziteye neden olmadan soğuk suda tamamen çözünmektedir.

Sonuç olarak, bu ürünü içeren gıdalar, Avrupa Komisyonu yönetmeliği tarafından tanımlanan içerik kriterlerine uygun olması durumunda, "lif kaynağı" veya "lif açısından zengin" olduğunu beyan edebilmektedir (European Commission 2007).

Beyan için, bir gıdanın lif kaynağı olduğu iddiası yalnızca ürünün 100 g'ında en az 3 g veya 100 kcal'deki lif miktarının en az 1,5 g lif içerdiği durumlarda yapılabilir. Lif içeriğinin yüksek olduğu iddiası, yalnızca ürünün 100 g'ında en az 6 g lif veya 100 kcal'de en az 3 g lif içerdiği durumlarda yapılabilir [37].

Doğal nişasta, dirençli dekstrin (RD), dirençli dekstrin-1(RD-1) ve dirençli dekstrin-2 (RD-2) granüllerinin boyutu ve yüzey morfolojisi taramalı elektron mikroskopunda(SEM) incelenerek karşılaştırılan bir çalışmaya ait tüm örneklerin SEM görüntüleri Şekil 2.9'da gösterilmektedir. Dirençli dekstrin granüllerinin boyutunun ve şeklinin, doğal nişastaninkinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Doğal nişasta granüllerinin şekli oval, küresel olup (Şekil 2.9 (a)) yüzeyinde herhangi bir çatlak gözlemlenmemiştir. Dirençli dekstrin örneklerinde ise bozulmamış nişasta granülleri gözlenmiştir ve nişasta granülleri, şiddetli asit-termal hidroliz nedeniyle parçalar haline gelmiştir. Bu durum, dekstrinizasyon sırasında nişasta granüllerinin çoğunun hasar gördüğünü göstermektedir (Şekil 2.9 a-d) [40].



Şekil 2.8 Taramalı elektron mikroskopunda(SEM) nişasta ve dekstrin (a) Doğal nişasta, (b) dirençli dekstrin, (c) dirençli dekstrin-1, (d) dirençli dekstrin-2 [41]

Dirençli dekstrinin saflaştırılması ve karakterizasyonu işlemlerinde RD-1 ve RD-2'nin hazırlama yöntemi RD'ninkine benzerdir ancak renk giderme ve ayırma yöntemleri farklıdır. RD-1 ve RD-2'nin rengi aktif karbon ile giderilir ve monosakkaritleri uzaklaştırmak için kromatografik ayırma ile ayrılarak elde edilmektedir [41].

Çözünür lif olan buğday dekstrinin sağlık üzerindeki etkisinin araştırılması üzerine yapılan bir çalışma raporunda, çözünür liflerin sindirim sistemini düzenlemeye yardımcı olduğunu, mikro besin emilimini artırabileceğini, kan şekerini stabilize edebileceğini ve serum lipidlerini düşürebileceğini, çeşitli gastrointestinal bozuklukları önleyebileceğini ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde kabul edilmiş bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir [38].

Buğday dekstrini gibi çözünür lifler ayrıca kolonik bakteri florasının büyümesini de teşvik edebileceği ve çözünür liflerle takviyenin, önerilen diyet lifi alımından daha düşük risk altındaki bireylerde yararlı olabileceği sonucuna varmışlardır. Ayrıca Tıp Enstitüsü insanlarda fizyolojik faydalar hakkında yeterli veri belgelenmesi durumunda, dirençli dekstrinlerin potansiyel fonksiyonel lifler olarak sınıflandırılabilceğini bildirmiştir [39].

Çalışmada kullanılan 100 g dirençli dekstrine ait besin değer tablosu Tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.8 Dirençli dekstrin besin değeri tablosu(100g için) [61]

Kalori / Enerji (EU)	247	kCal
	1013	kJ
Toplam Yağ	0	g
Doymuş yağ	1	g
Teklidoymamış yağ	2	g
Trans yağ	3	g
Kolesterol	4	g
Toplam Karbonhidrat	26	g
Şeker (Mono ve disakkaritler)	10	g
Eklenmiş şeker	0	g
Poliol	0	g
Nişasta	0	g
Diyet lifi	71	g
Protein	<0,1	g
Tuz	<0,01	g
Mineraller		
Sodyum	<1	mg
Kalsiyum	<1	mg
Demir	<0,1	mg
Potasyum	<1	mg
Vitaminler		
Vitam D	0	g
Vitam A	0	g
Vitam C	0	g
Nem	3	g

3.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan hammadelere ait özellikleri gösteren tüm bilgiler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Kullanılan hammaddeler ve tedarikçi firma bilgileri

Hammadde İsmi	Özelliği, Tedarikçi Firma Adı
Glikoz şurubu	GF11, Cargil
Palm Yağ	BKY, Cargil
Şeker	Sakkaroz, Balküpu
Buğday Unu	Eriş Un
Emülgatör (E471)	Dimodan
Sitrik Asit (E330)	Tez kim Kimya
Elma Suyu Konsantresi	Brix:70, Döhler
Su	İçilebilir su
Dirençli Dekstrin	Nutriose FM10, Roquette
Renklendirici (Siyah havuç konsantresi)	Döhler
Aroma verici (Çilek)	Aromsa

3.2 Metot

3.2.1 Ekstrüde Yumuşak Şeker Numunelerin Hazırlanışı

Tez çalışmasında şekeri azaltılmış licorice tipi ekstrüde yumuşak şekerleme üretiminde sakkarozun, dirençli dekstrin ve buğday ununun örneklerin fizikokimyasal, renk, tekstür ve duyuşal özelliklerine olan etkilerini inceleyebilmek ve optimum formülasyonu elde edebilmek amacıyla Design Expert programı (Stat-Ease Inc. version 12.0, Minneapolis, ABD) kullanılarak karışım dizaynı oluşturulmuştur.

Deneme planı oluşturulurken ikame edilecek bileşen, sakkaroz ve ikame bileşen dirençli dekstrin (mısır lifi, Nutriose FM10) olarak belirlenmiştir. Design Expert programına sakkaroz ($10,00 \leq \text{sakkaroz} \leq 30,00$), dirençli dekstrin ($0,00 \leq \text{dirençli dekstrin} \leq 20,00$) ve yapı bileşeni olan buğday unu ($25,00 \leq \text{buğday unu} \leq 35,00$) belirtilen minimum ve maksimum değerler arasında tanımlanmıştır ve 12 farklı formülasyon elde edilmiş olup

deneme planı Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Diğer bileşenler olan glikoz şurubu, sitrik asit, elma suyu konsantresi, su, emülgatör, palm yağ, renklendirici ve aroma verici tüm formülasyonlarda sabit değerde kullanılması ve modellemenin karışıklığına neden olmaması için dahil edilmemiştir.

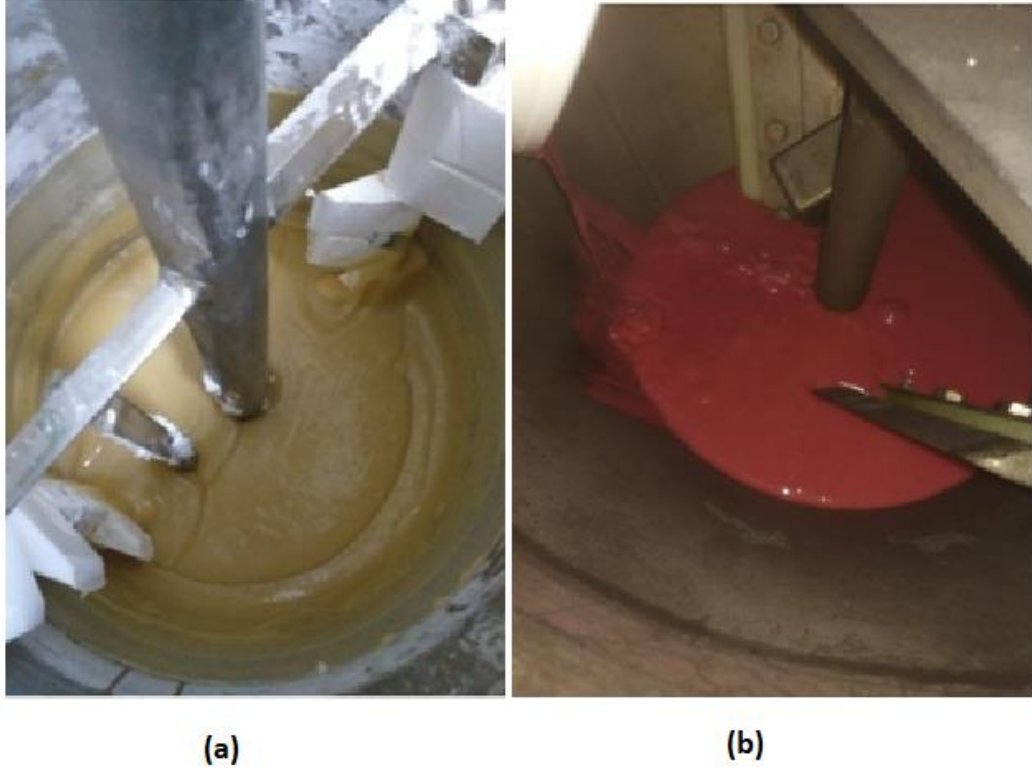
Bu çalışmada oniki farklı ekstrüde yumuşak şekerdeki şeker azaltma formülasyon denemeleri, Kervan Gıda Ar-Ge Merkezi bünyesinde bulunan Extrufod marka pilot co-ekstrüder hattı kullanılarak yapılmıştır.

Tez çalışması için ekstrüde yumuşak şeker örnekleri Tablo 3.2’de belirtilen oranlar kullanılarak her bir formülasyon için 10 kg hamur olacak şekilde üretimleri yapılmıştır.

Pilot hatta bulunan ön hazırlık hamur tankında, deneme desenindeki formülasyona göre hamurlar hazırlanmıştır. Şekil 3.1(a)’da gösteriliği gibi glikoz şurubu, buğday unu, palm yağ, şeker ve/veya dirençli dekstrin, sitrik asit, emülgatör, elma suyu konsantresi ve su tartılarak 50-55°C cidar sıcaklığına sahip olan hamur karıştırma tankında 10-15devir/dk hız ve 15-20dk süreyle homojen bir karışım sağlanıncaya dek karıştırılması sağlanmıştır. Homojen karışımın elde edilmesinin ardından Şekil 3.1(b)’de gösterildiği gibi renklendirici amaçlı kullanılan siyah havuç konsantresi, 10kg lık hamur için 10-15g miktarda eklenerek hamurun renklendirilmesi sağlanmıştır.

Tablo 3.2 Karışım dizayn yöntemiyle oluşturulan deneme planı

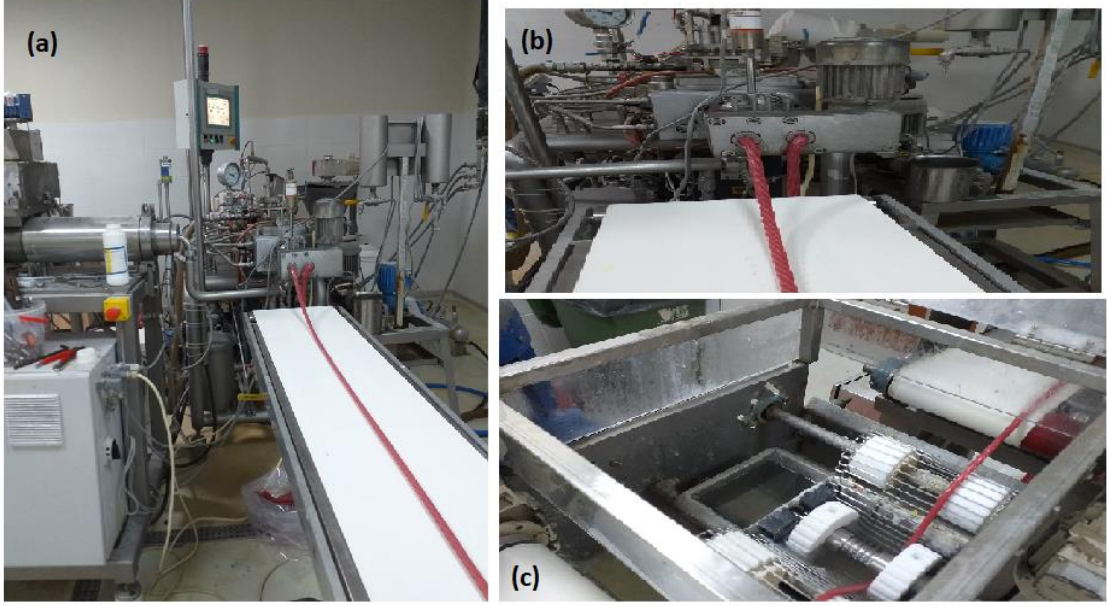
Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)
S1	10,000	14,688	30,312
S2	17,435	6,207	31,358
S3	13,220	10,739	31,042
S4	20,597	9,403	25,000
S5	10,598	19,402	25,000
S6	24,025	3,430	27,546
S7	30,000	0,000	25,000
S8	30,000	0,000	25,000
S9	11,105	8,895	35,000
S10	21,401	0,000	33,599
S11	11,105	8,895	35,000
S12	15,310	12,648	27,042



Şekil 3.1 Licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker hamuru (a) Renklendirici eklenmemiş hamur, (b) Renklendirici eklenmiş hamur

Renklendirici eklenen hamur, pilot ekstrüder hattının hamur besleme tankına boşaltılarak hamurun ekstrüder içinde ilerlemesi sağlanmıştır. Bu sırada ürünün pişirme sıcaklık ve vakum değerlerinin ayarlanması yapılmıştır. Ekstrüderin pişirme sıcaklığı ve vakum değeri sabitlenince hamur, ekstrüdere beslenmeye başlanmıştır. Ürünün pişirme sıcaklığı 125-135°C ve 0,7-1,0 bar vakum uygulaması ile pişmesi sağlanarak, ekstrüzyon aşamasında şekil verilmiştir. Çalışmada ürünü şekillendirmek amacıyla ekstrüzyonun kafa kısmı döndürülmesi sağlanarak burgulu şeklinde ürünlerin elde edilmesi sağlanmıştır.

Hamurun ekstrüde edilmesi aşamasında ürün 0,2-0,3% oranında çilek aroması dozajlaması yapılarak ürünlerin lezzetlendirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.2 Pilot licorice ekstrüder hattı (a) pişirme ve ekstrüzyon, (b) ekstrüzyon(şekillendirme), (c) yağlama

Ekstrüderden çıkan ürün, $+4^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki soğutma suyu ile soğutulmakta olan soğutma bandı üzerinde ilerleyerek, Şekil 3.2’de gösterildiği gibi hem soğutulması sağlanmıştır, böyle ürünün şeklini de muhafa etmesi sağlanmıştır. Şekil 3.2(c)’de gösterildiği gibi ekstrüde edilerek soğutma bandında soğutulması sağlanan ürün, soğutma bandının sonunda daldırma metodu ile içeriğinde palm yağ bulunan kaplama yağı ile kaplanarak ürünün yapışkanlığının giderilmesi sağlanmıştır. Ayrıca bu yağlama prosesi ile ürünün daha parlak bir görünüm alması sağlanmıştır. Yağlama prosesi sonrasında ürünler, giyotin bıçağı yardımı ile 25,0 - 30,0 mm boyutlarda olacak şekilde kesilmesi sağlanmıştır. 25,0 -30,0 mm boyutlarda kesilen ürünler poşetlenerek ambalajlanmıştır.

Tablo 3.2’de belirtilen on iki formülasyon için aynı proses şartlarında pilot üretimler gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3.3’de pilot üretimlerden elde edilen ekstrüde yumuşak şekerlere ait son ürün örnek görselleri gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker son ürün örnekleri

3.2.2 Ekstrüde Yumuşak Şeker Örneklerine Uygulanan Analizler

3.2.2.1 Kurumadde(Brix) Tayini

Brix tayini yapılacak 5 g numune ile 5 mL destile su 1:1 ölçeğinde seyreltilerek bir beher içerisine konulur ve beherin ağzı kapatılır. Manyetik ısıtıcılı karıştırıcı (Weightlab WF-H380A) yardımı ile buharlaşma kaybı olmadan homojen karışım sağlanıncaya kadar erimesi sağlanmıştır. Erime tamamlandığında elde edilen homojen sıvı karışımdan refraktometrenin (Atago PAL-3 Dijital Refraktometre 0-93 Brix) camına dökülerek start tuşuna basılarak ve 1:1 su ile seyreltilen örneğin brix değeri elde edilir, bu değerin 2 katı alınarak örneğin brix değeri elde edilmiştir.

% Kurumadde (Brix) miktarı : 2 x Seyreltilmiş(1:1) örneğini kurumadde(brix) değeri

3.2.2.2 Su Aktivitesi

Su aktivitesi (a_w), fizikokimyasal bir özellik olup, gıda teknolojisinde önemli bir parametre olup nemden farklı olarak su aktivitesi, gıda kalitesindeki kimyasal ve mikrobiyolojik kararlılığı da belirlemektedir. Termodinamik anlamda bir gıdanın içerdiği suyun buhar basıncının (P), aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına (P_o) oranı olarak ifade edilir ve a_w 0 ile 1 arasında değişmektedir [17].

Su Aktivite cihazı (AQUALAB Model, ABD) kullanılarak su aktivitesi tayinleri yapılmıştır. 2 g numune cihaz kabine konularak cihazın 3-5 dk süre içerisinde a_w değerini okuması sağlanmıştır.

3.2.2.3 pH Tayini

Analizi yapılacak 10g örnek, 90ml su ile destile edilerek çözünmesi sağlanmıştır. Çözünmesi sağlanmış olan örnekler pH metre (Mettler Toledo, SevenCompact S210, ABD) kullanılarak prob, örnek içerisinde daldırılarak ekranda pH değerinin sabitlenmesi neticesinde ekranda okunan değer not alınmıştır.

3.2.2.4 Renk Analizi

Ekstrüde yumuşak şeker örneklerinin renk analizi için renk ölçüm cihazı (CR-400 Konica, Minolta, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Örneklerin bu cihaz ile L, a, b değerleri ölçülmüştür. L değeri beyaz ve siyah ($L=100-0$) arasındaki renkleri tanımlamak için; a değeri yeşil (-a) ve kırmızı (+a); b değeri mavi (-b) ve sarı (+b) arasındaki renkleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Bunlardan L^* diğer sistemlerde olduğu gibi parlaklığın göstergesidir. Herbir numune için 5 paralel ölçüm yapılmıştır ve bu değerlerin ortalaması alınarak ortalama değerler elde edilmiştir.

3.2.2.5 Tekstür Analizi

Estrüde yumuşak şeker örneklerine ait tekstür analizleri, tekstür analiz (TA.HD Plus, Stable Micro Systems, Godalming, İngiltere) cihazında P/36R nolu prob kullanılarak (36mm DIA ALUMINIUM RADIUS AACC) yapılmıştır. Analizler 5 paralel olmak üzere sertlik ve çiğnenebilirlik kriterleri açısından incelenmiştir. Ekstrüde yumuşak şeker tekstür analizinde kullanılan cihaz Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Ekstrüde şeker tekstür analiz cihazı (TPA)

3.2.2.6 Duyusal Analiz

Pilot üretimlerden elde edilen örneklerin duyusal analizleri, Kervan Gıda bünyesinde 28-45 yaş aralığındaki 20 kişilik eğitimli panelist grubundan oluşan kadın ve erkek panelistlerin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Ekstrüde yumuşak şeker örnekleri rastgele kodlanarak, panelistlere sunulmuştur. Örnekler, tat, yapı ve genel beğeni olmak üzere 3 adet tanımlayıcı kriter, 9 puanlı hedonik skala (1= hiç beğenilmeyen, 9= çok beğenilen) ile değerlendirilmiştir.

4.1 Şekeri Azaltılmış Ekstrüde Yumuşak Şeker Örneklerinin Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Ekstrüde yumuşak şeker ürününün şeker içeriğine ikame olarak kullanılan dirençli dekstrinin, sakkaroz ve buğday unu bileşenlerinin belirlenen oranlarda kullanılması ile elde edilen örneklerin bazı fizikokimyasal özellikleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Örneklerin brix aralığı 85,00 ile 87,00 arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Brix değeri 86,00 olan kontrol örneği ile sonuçlar kıyaslandığında örneklerden elde edilen brix değerlerinin uygun olduğu gözükmemektedir. Ekstrüde yumuşak şeker brix değeri genellikle 85,00 – 90,00 arasında değişmekte olup, belirtilen değerlerden daha düşük brix değerine sahip ürünlerde yapışma, nemlenme gibi sorunlar raf ömrü boyunca oluşabilmektedir. Daha yüksek brix değerine sahip ürünler ise raf ömrü süresinde sertleşme gibi istenmeyen sorunlara yol açabilmektedir. Bu yüzden tüm yumuşak şeker ürünlerinde olduğu gibi ekstrüde yumuşak şeker ürününde de brix değeri önemli bir kriter olup ürünlerin raf ömrü boyunca teşkil edebilecekleri riskleri önden bilgi vermesi açısından önemlidir. Analizlerden elde edilen veriler incelendiğinde örneklerin pH değerlerinin 2,93 ile 3,07 arasında değiştiği görülmektedir. Licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker ürünlerinde pH değeri 2,80 – 3,50 arasında değişkenlik gösterebilmektedir. pH değerinin düşük olması, raf ömrü süresinde ürünlerde erime gibi sorunlara sebebiyet verirken, yüksek olması durumunda ise ürünün pişme aşamasında jel yapının oluşmaması ve buna bağlı olarak uygun yapıda ürünün elde edilememesine neden olmaktadır. Ayrıca ürünün istenen lezzete sahip olması açısından da pH değeri önem arz etmektedir. Su aktivitesi ekstrüde yumuşak şeker için önemli bir kriterdir. Analizlerden elde edilen su aktivitesi verileri değerlendirildiğinde 0,5687 - 0,6592 arasında değiştiği görülmüştür. Su aktivitesi 0,6123 olan kontrol örneği ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında sonuçların uygun aralıkta seyrettiği görülmektedir.

Tablo 4.1 Örneklerin fizikokimyasal analiz sonuçları

Örnekler	Brix (°Bx)	pH	Su Aktivitesi (aw)
Kontrol	86,00±0,31	2,99±0,03	0,6123±0,003
S1	85,50±0,21	2,95±0,04	0,6411±0,0014
S2	87,00±0,38	2,98±0,01	0,6261±0,0022
S3	86,00±0,31	2,96±0,01	0,6212±0,0021
S4	86,00±0,25	2,93±0,02	0,5956±0,0029
S5	87,00±0,47	3,04±0,02	0,6592±0,0025
S6	85,50±0,19	2,99±0,02	0,6120±0,0023
S7	86,00±0,29	2,97±0,02	0,5704±0,0022
S8	86,00±0,20	2,97±0,01	0,5687±0,0039
S9	85,00±0,22	2,93±0,02	0,6390±0,0020
S10	86,50±0,40	3,07±0,02	0,6113±0,0041
S11	85,00±0,26	2,93±0,02	0,6388±0,0018
S12	86,00±0,21	2,97±0,01	0,5968±0,0022

4.1.1 Brix Tayini Analiz Sonuçları

Brix tayini yapılan örneklerin brix sonuçları 85,00 ile 87,00 arasında değişkenlik göstermiş olup yapılan brix analiz sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak da değerlendirildiğinde sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşenlerinin miktarlarında değişimlerinde örneklerin brix değeri üzerinde etkili bir faktör olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.2 Örneklerin brix analiz sonuçları

Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)	Brix (°Bx)
S1	10,000	14,688	30,312	85,50±0,21
S2	17,435	6,207	31,358	87,00±0,38
S3	13,22	10,739	31,042	86,00±0,31
S4	20,597	9,403	25,000	86,00±0,25
S5	10,598	19,402	25,000	87,00±0,47
S6	24,025	3,430	27,546	85,50±0,19
S7	30,000	0,000	25,000	86,00±0,29

Tablo 4.2 Örneklerin brix analiz sonuçları (devamı)

Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)	Brix (°Bx)
S8	30,000	0,000	25,000	86,00±0,20
S9	11,105	8,895	35,000	85,00±0,22
S10	21,401	0,000	33,599	86,50±0,40
S11	11,105	8,895	35,000	85,00±0,26
S12	15,310	12,648	27,042	86,00±0,21

Tablo 4.3'te buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin licorice şekerleme brix analizleri sonucunda örnekler üzerindeki etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,0972 p sonucu neticesinde etkili bir faktör olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9775 olarak belirlenmiştir (R^2 'nin 1'e yakın olması ile elde edilen sonuçların başarılı bir şekilde modele olan uygunluğu açıklanabilmektedir). Kontrol örneğinin brix değeri 86,00±0,31 olduğu göz önünde bulundurulduğunda şekeri azaltılmış deneme örneklerinden elde edilen verilerin uygun olduğu sonucuna varılabilir.

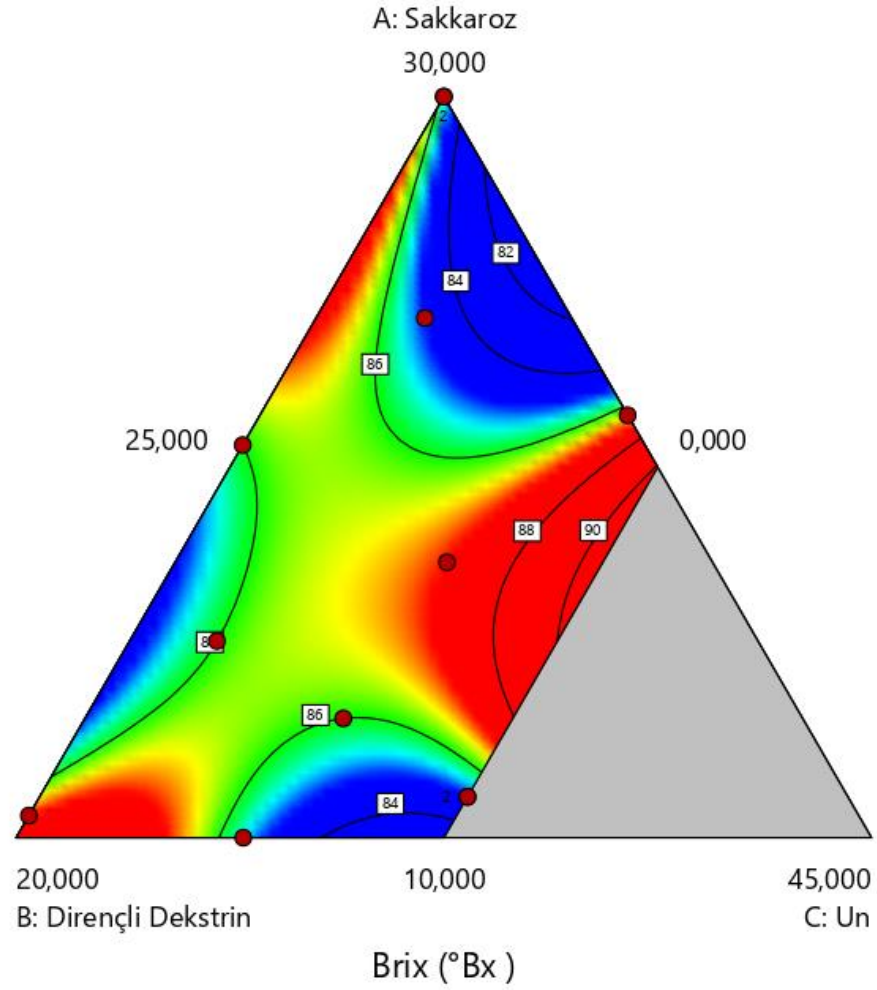
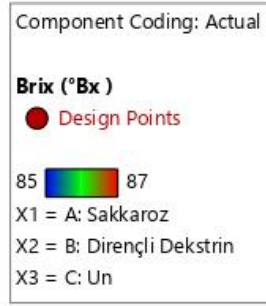
Tablo 4.3 Brix parametresi ANOVA sonucu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	5,4400	9	0,6042	9,6700	0,0972
Doğrusal Karışım	0,5595	2	0,2797	4,4800	0,1826
AB	0,2569	1	0,2569	4,1100	0,1798
AC	0,0414	1	0,0414	0,6631	0,5010
BC	0,0686	1	0,0686	1,1000	0,4048
ABC	0,0861	1	0,0861	1,3800	0,3613
AB(A-B)	0,1558	1	0,1558	2,4900	0,2551
AC(A-C)	0,1098	1	0,1098	1,7600	0,3162
BC(B-C)	0,0672	1	0,0672	1,0800	0,4087
Saf Hata	0,1250	2	0,0625		
Toplam	5,5600	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin,
C:Un

Şekil 4.1’de licorice ürün bileşenlerinin örneklerin brix değerine etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Diğer bileşenlere ait değerler sabit olduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun, örneklerin brix değerine etkileri grafik üzerinde görülmektedir. Brix parametresinin grafik üzerinde kırmızıya yaklaştıkça yükseldiği, maviye yaklaştıkça düşük değere sahip olduğunu ifade etmekte ve göstermektedir. Bu doğrultuda Şekil 4.1’de proses parametreleri ve diğer bileşen miktarları sabit olan reçetelerde un ve dirençli dekstrinin miktarlarının yüksek olduğu karışımda örneklerin brix değerinin önemsenmeyecek derecede yükseldiği görülmektedir.





Şekil 4.1 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) Brix özelliği üzerindeki etkisi

4.1.2 Su Aktivitesi Analiz Sonuçları

Su tayini yapılan örneklerin sonuçları 0,5687 ile 0,6592 arasında değişkenlik göstermiş olup yapılan su aktivite analiz sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak da değerlendirildiğinde sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşenlerinin miktarlarında değişimlerinde örneklerin su aktivite değerini etkilediği görülmüştür.

Tablo 4.4 Örneklerin su aktivite analiz sonuçları

Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)	Su Aktivitesi (aw)
S1	10,000	14,688	30,312	0,6411±0,0014
S2	17,435	6,207	31,358	0,6261±0,0022
S3	13,220	10,739	31,042	0,6212±0,0021
S4	20,597	9,403	25,000	0,5956±0,0029
S5	10,598	19,402	25,000	0,6592±0,0025
S6	24,025	3,430	27,546	0,6120±0,0023
S7	30,000	0,000	25,000	0,5704±0,0022
S8	30,000	0,000	25,000	0,5687±0,0039
S9	11,105	8,895	35,000	0,6390±0,0020
S10	21,401	0,000	33,599	0,6113±0,0041
S11	11,105	8,895	35,000	0,6388±0,0018
S12	15,310	12,648	27,042	0,5968±0,0022

Tablo 4.5’te buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin licorice şekerleme su aktivite analizleri sonucunda örnekler üzerindeki etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,0007 p sonucu neticesinde etkili olduğu görülmüştür ($p<0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9998 olarak belirlenmiştir (R^2 ‘nin 1’e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir.). Kontrol örneğinin su aktivitesi değeri 0,6123±0,003 olduğu göz önünde bulundurulduğunda şekeri azaltılmış deneme örneklerinden elde edilen verilerin uygun olduğu sonucuna varılabilir.

Tablo 4.5 Su aktivitesi parametresi ANOVA sonucu

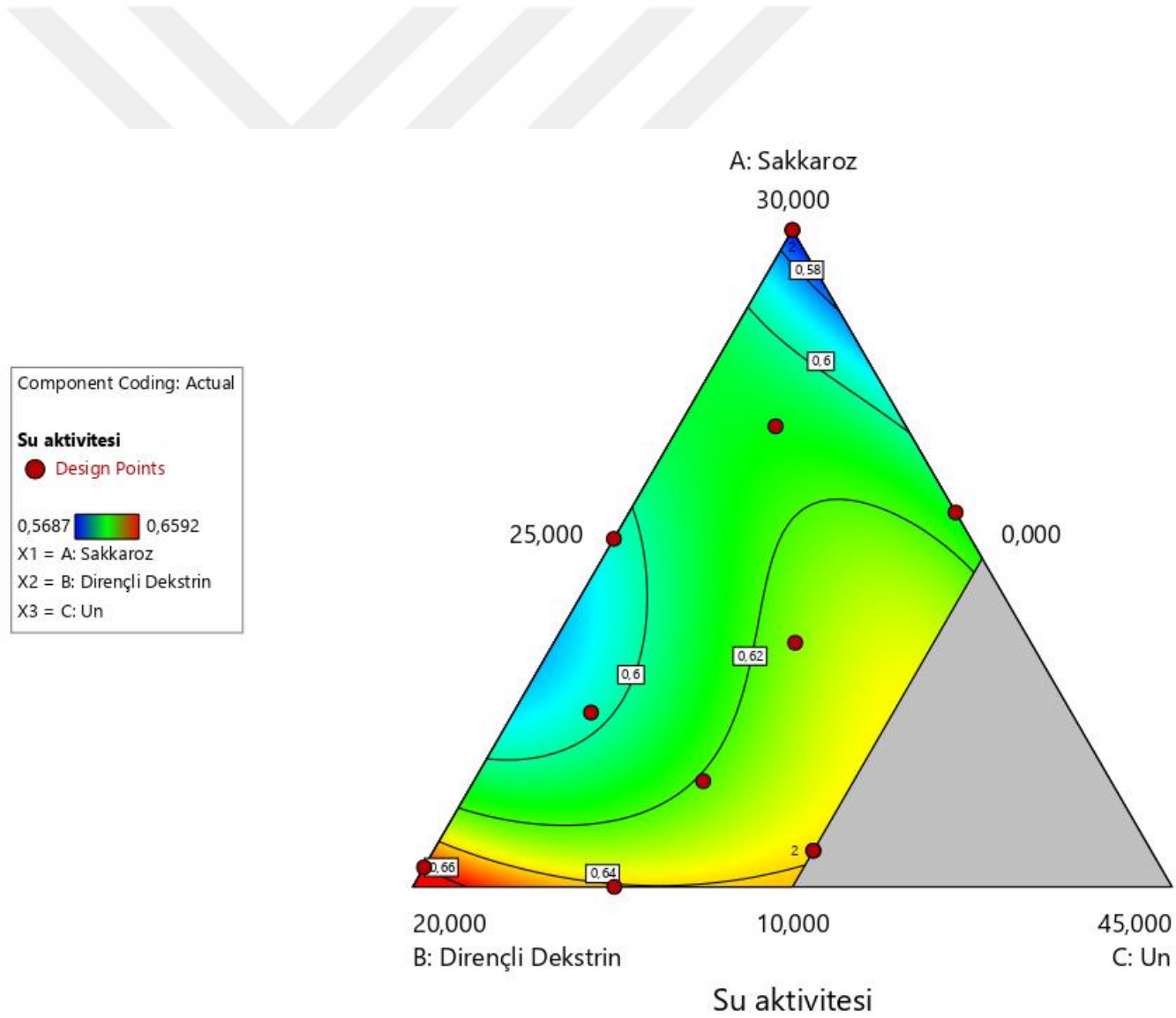
	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	0,0088	9	0,0010	1334,9400	0,0007
Doğrusal Karışım	0,0070	2	0,0035	4790,3400	0,0002
AB	0,0002	1	0,0002	330,0600	0,0030
AC	0,0000	1	0,0000	0,6293	0,5108
BC	0,0000	1	0,0000	0,1312	0,7518
ABC	0,0000	1	0,0000	0,0470	0,8484
AB(A-B)	0,0001	1	0,0001	77,9300	0,0126
AC(A-C)	0,0000	1	0,0000	3,6100	0,1980
BC(B-C)	0,0000	1	0,0000	1,3700	0,3624
Saf Hata	0,0000	2	0,0000		
Toplam	0,0088	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin, C:Un

Şekil 4.2’de licorice ürün bileşenlerinin örneklerin su aktivite değerine etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Diğer bileşenlere ait değerler sabit olduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun, örneklerin su aktivite değerine etkileri grafik üzerinde görülmektedir. Grafikte su aktivite parametresinin kırmızı olan renklere yükseldiğini, mavi olan renklere düştüğünü ifade etmekte ve göstermektedir.

Bu doğrultuda Şekil 4.2’de proses parametreleri ve diğer bileşen miktarları sabit olan reçetelerde dirençli dekstrinin miktarlarının yüksek olduğu karışımda örneklerin su aktivitesi değerinin yükseldiği görülmektedir. Dirençli dekstrin içeriği %0, sakkaroz %30,0 ve un içeriği %25,0 olan örneğin su aktivitesi 0,5687 iken dirençli dekstrin içeriği %19,402, sakkaroz %10,598 ve un içeriği %25,0 olan örneğin su aktivitesi 0,6592 olduğu görülmektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda licorice ürünlerinin su aktivite değerinin 0,50 -0,75 arasında olduğu belirtilmiştir [42]. Bu bilgi ışığında değerlendirildiğinde örneklerin 0,5687 ile 0,6592 arasında değişen su aktivite sonuçlarının güvenli aralıkta olduğu görüşüne varılabilir.



Şekil 4.2 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) su aktivitesi özelliği üzerindeki etkisi

4.1.3 pH Analiz Sonuçları

Örneklerin pH analiz sonuçları 2,93 ile 3,07 arasında değişkenlik göstermiş olup yapılan pH analiz sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak da değerlendirildiğinde sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşenlerinin miktarlarında değişimlerinde örneklerin pH değerini etkilediği görülmüştür.

Tablo 4.6 Örneklerin pH analiz sonuçları

Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)	pH
S1	10,000	14,688	30,312	2,95±0,04
S2	17,435	6,207	31,358	2,98±0,01
S3	13,220	10,739	31,042	2,96±0,01
S4	20,597	9,403	25,000	2,93±0,02
S5	10,598	19,402	25,000	3,04±0,02
S6	24,025	3,430	27,546	2,99±0,02
S7	30,000	0,000	25,000	2,97±0,02
S8	30,000	0,000	25,000	2,97±0,01
S9	11,105	8,895	35,000	2,93±0,02
S10	21,401	0,000	33,599	3,07±0,02
S11	11,105	8,895	35,000	2,93±0,02
S12	15,310	12,648	27,042	2,97±0,01

Tablo 4.7’te buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin licorice şekerleme pH analizleri sonucunda örnekler üzerindeki etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin < 0.0001 p sonucu neticesinde etkili olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9837 olarak belirlenmiştir (R^2 ‘nin 1’e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir). Kontrol örneğinin pH değeri 2,99±0,03 olduğu göz önünde bulundurulduğunda şekeri azaltılmış deneme örneklerinden elde edilen verilerin uygun olduğu sonucuna varılabilir.

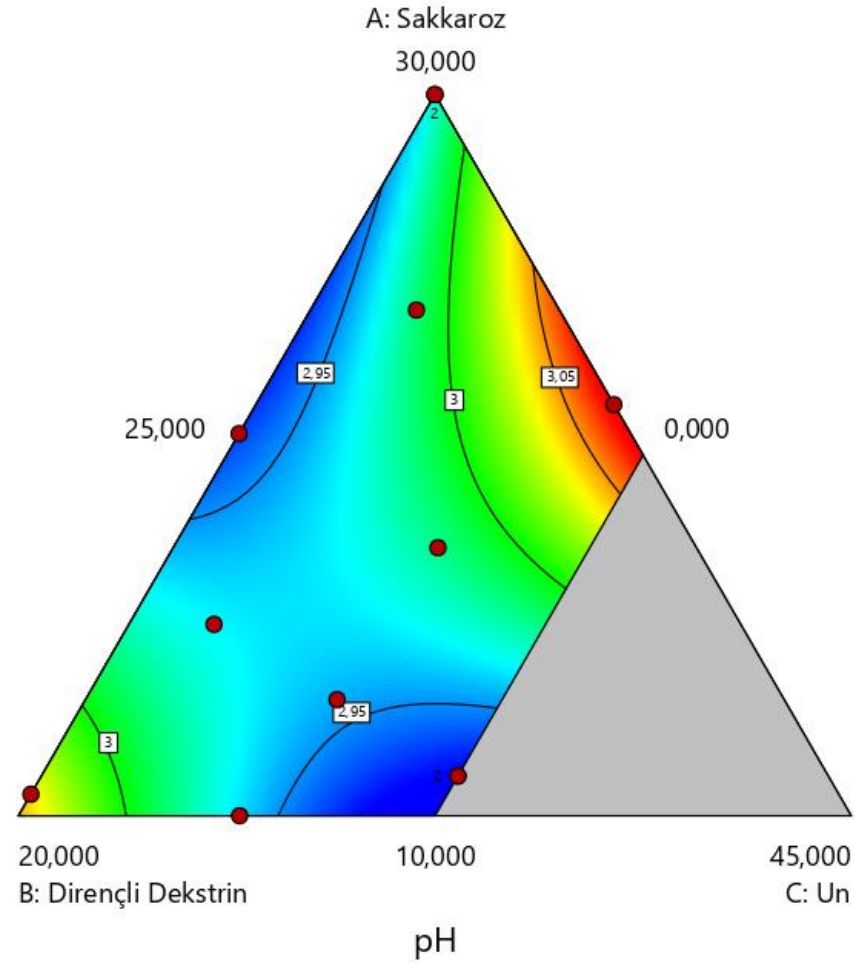
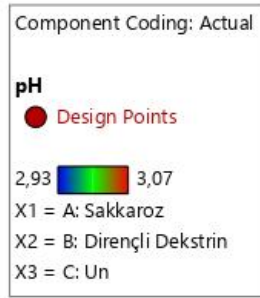
Tablo 4.7 pH parametresi ANOVA sonucu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	0,0202	5	0,0040	72,5500	< 0.0001
Doğrusal Karışım	0,0006	2	0,0003	5,5500	0,0432
AB	0,0042	1	0,0042	76,1100	0,0001
AC	0,0018	1	0,0018	32,7000	0,0012
BC	0,0005	1	0,0005	8,2800	0,0282
Saf Hata	0,0000	2	0,0000		
Toplam	0,0205	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin, C:Un

Şekil 4.3’de licorice ürün bileşenlerinin örneklerin pH değerine etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almakta olup grafikte diğer bileşenlere ait değerler sabit olduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun, örneklerin pH değerine etkileri görülmektedir. Grafik pH parametresinin kırmızı olan renklerde yükseldiğini, mavi olan renklerde ise düştüğünü ifade etmekte ve göstermektedir.

Bu doğrultuda Şekil 4.3’de proses parametreleri ve diğer bileşen miktarları sabit olan reçetelerde dirençli dekstrinin miktarlarının yüksek olduğu karışımda örneklerin pH değerinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.3 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) pH özelliği üzerindeki etkisi

4.2 Renk Analiz Sonuçları

Sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşenlerinin miktarlarındaki değişimlerin son ürün örneklerindeki renk parametreleri (L^* , a^* , b^*) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Örneklerin renk analiz sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir. Örneklerin L^* parametresi için sonuçları 32,810 ile 36,832 arasında, a^* parametresi için sonuçları 13,306 ile 17,538 arasında, b^* parametresi için sonuçları 1,278 ile 3,888 arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak incelendiğinde, bileşen miktarlarında değişimlerin L^* , a^* ve b^* parametreleri üzerindeki etkileri olduğu görülmüştür.

Tablo 4.8 Örneklerin renk analiz sonuçları

Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)	L^*	a^*	b^*
S1	10,000	14,688	30,312	35,204±1,317	14,292±1,103	2,864±0,401
S2	17,435	6,207	31,358	35,544±1,031	15,436±1,365	3,078±0,555
S3	13,220	10,739	31,042	36,726±0,811	14,756±0,470	2,516±0,475
S4	20,597	9,403	25,000	35,768±0,851	14,104±1,002	1,700±0,203
S5	10,598	19,402	25,000	32,810±1,333	13,306±0,811	2,656±0,252
S6	24,025	3,430	27,546	36,290±0,527	15,254±1,561	2,210±0,707
S7	30,000	0,000	25,000	34,078±1,017	17,538±2,364	2,692±0,529
S8	30,000	0,000	25,000	34,360±0,774	15,164±0,630	1,278±0,433
S9	11,105	8,895	35,000	36,050±0,678	14,442±1,327	2,376±0,557
S10	21,401	0,000	33,599	34,410±0,810	16,128±0,930	2,422±0,340
S11	11,105	8,895	35,000	36,016±0,465	15,512±0,737	3,192±0,487
S12	15,310	12,648	27,042	36,832±1,598	16,356±0,370	3,888±0,232

Tablo 4.9’da buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin licorice şekerleme L^* analizleri sonucunda örnekler üzerindeki etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,0112 p sonucu neticesinde etkili olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9975 olarak belirlenmiştir (R^2 ‘nin 1’e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir). Kontrol örneğinin L^* değeri 35,35 olduğu göz önünde bulundurulduğunda şekeri azaltılmış deneme örneklerinden elde edilen verilere göre örneklerin parlaklıklarının uygun olduğu sonucuna varılabilir.

Tablo 4.9 L* değeri için ANOVA sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	16,0300	9	1,780	88,320	0,011
Doğrusal	2,4000	2	1,200	59,400	0,017
Karışım					
AB	3,5700	1	3,570	176,780	0,006
AC	0,1888	1	0,189	9,360	0,092
BC	0,2417	1	0,242	11,980	0,074
ABC	0,2021	1	0,202	10,020	0,087
AB(A-B)	0,6957	1	0,696	34,490	0,028
AC(A-C)	0,0310	1	0,031	1,540	0,341
BC(B-C)	0,2030	1	0,203	10,060	0,087
Saf Hata	0,0403	2	0,020		
Toplam	16,0700	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin, C:Un

Tablo 4.10'da buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin licorice şekerleme a* analizleri sonucunda örnekler üzerindeki etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,7069 p sonucu neticesinde etkili bir faktör olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,7613 olarak belirlenmiştir (R^2 'nin 1'e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir.) Kontrol örneğinin a* değeri 18,943 olduğu göz önünde bulundurulduğunda şekeri azaltılmış deneme örneklerinden elde edilen verilere göre örneklerin kırmızılık değerinin uygun olduğu sonucuna varılabilir.

Tablo 4.10 a* değeri için ANOVA sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	10,8100	9	1,2000	0,7088	0,7069
Doğrusal	6,3800	2	3,1900	1,8800	0,3469
Karışım					
AB	0,3322	1	0,3322	0,1960	0,7013
AC	0,6843	1	0,6843	0,4037	0,5902
BC	0,6464	1	0,6464	0,3813	0,5999
ABC	0,6822	1	0,6822	0,4024	0,5907
AB(A-B)	0,0366	1	0,0366	0,0216	0,8966
AC(A-C)	1,2800	1	1,2800	0,7580	0,4757
BC(B-C)	0,6658	1	0,6658	0,3928	0,5949
Saf Hata	3,3900	2	1,7000		
Toplam	14,2000	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin, C:Un

Tablo 4.11’de buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin licorice şekerleme b* analizleri sonucunda örnekler üzerindeki etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,7434 p sonucu neticesinde etkili bir faktör olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,7392 olarak belirlenmiştir (R^2 ‘nin 1’e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir). Kontrol örneğinin b* değeri 3,2 olduğu göz önünde bulundurulduğunda şekeri azaltılmış deneme örneklerinden elde edilen verilere göre örneklerin sarılık değerinin uygun olduğu sonucuna varılabilir.

Tablo 4.11 b* değeri için ANOVA sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	3,7800	9	0,4196	0,6297	0,7434
Doğrusal					
Karışım	1,3900	2	0,6947	1,0400	0,4896
AB	0,5303	1	0,5303	0,7959	0,4665
AC	0,7814	1	0,7814	1,1700	0,3920
BC	0,7610	1	0,7610	1,1400	0,3971
ABC	0,8216	1	0,8216	1,2300	0,3824
AB(A-B)	0,2476	1	0,2476	0,3715	0,6042
AC(A-C)	1,1500	1	1,1500	1,7200	0,3198
BC(B-C)	0,7664	1	0,7664	1,1500	0,3957
Saf Hata	1,3300	2	0,6663		
Toplam	5,1100	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin,
C:Un

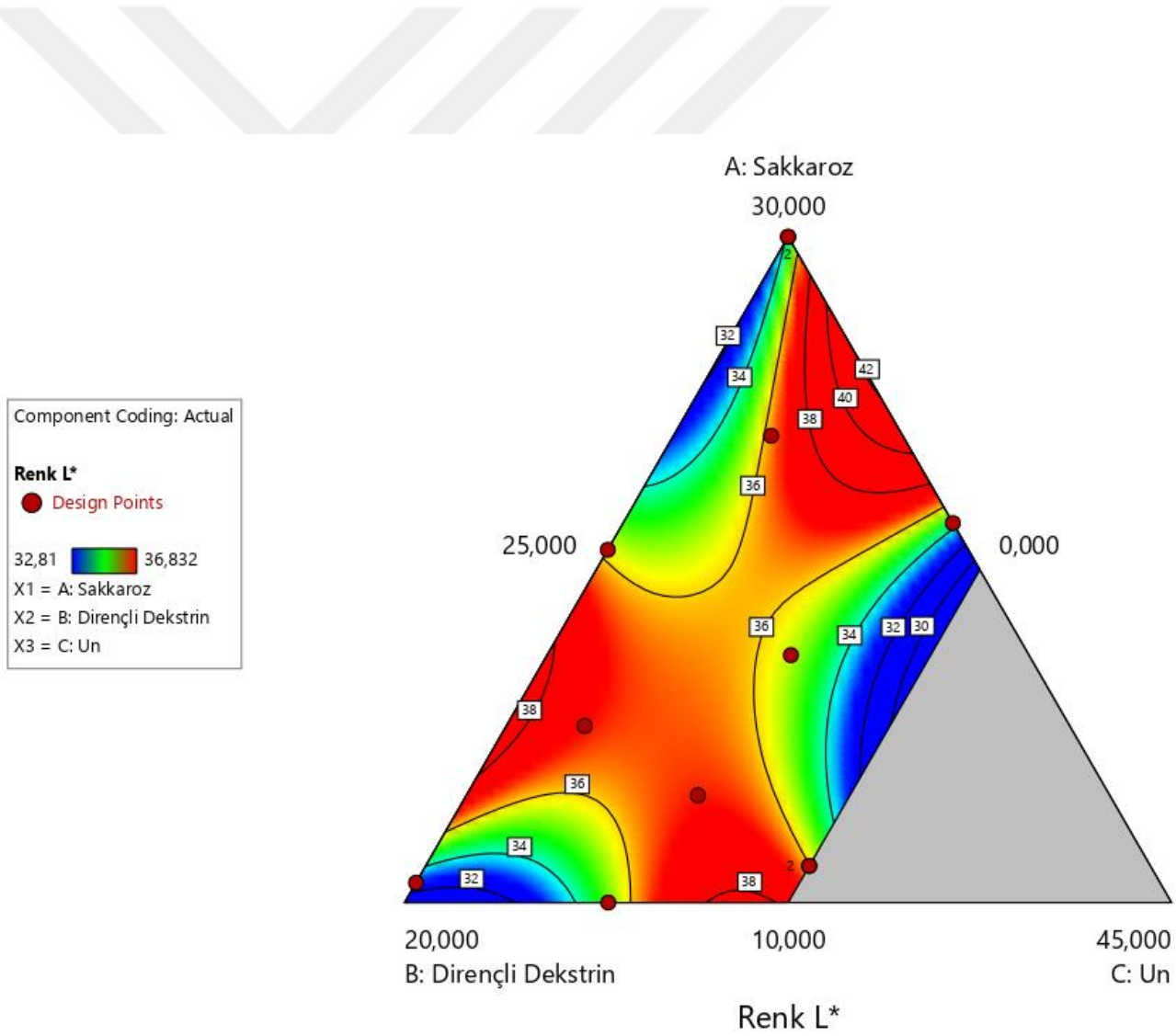
Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da licorice ürün bileşenlerinin, örneklerin renk özelliği üzerindeki etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Grafikte diğer bileşenlere ait değerler sabit olduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve un bileşenlerinin örneklerin renkleri üzerindeki sonuçları görülmektedir.

Şekil 4.4’de sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun renk parametrelerinden L^* değerine etkisinin karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Grafikte L^* değeri için kırmızı olan renklerde örneğin renk tonun açıldığını, mavi olan renklerde ise örneğin renk tonun koyulaştığını ifade etmekte ve göstermektedir. Bu bilgi doğrultusunda Şekil 4.4’de proses parametreleri ve diğer bileşen miktarları sabit olan reçetelerde dirençli dekstrinin artması durumunda örneklerin renginin koyulaştığı gözlemlenmektedir. Örneğin, un değeri

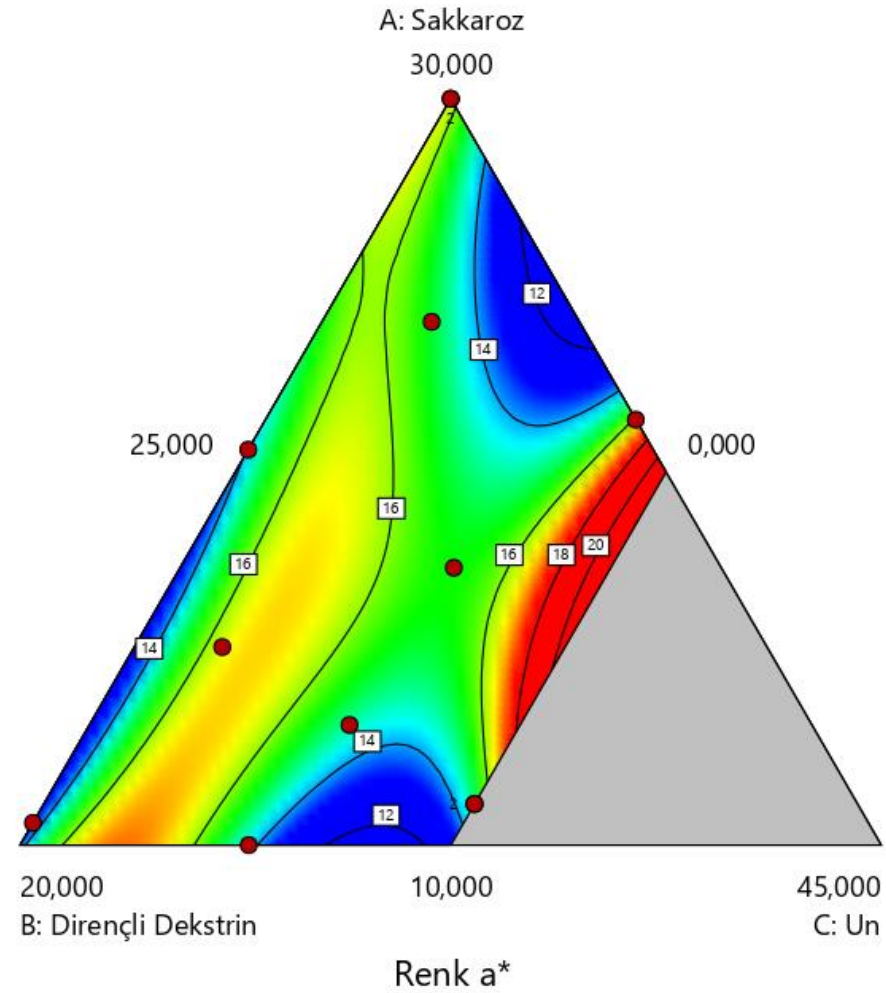
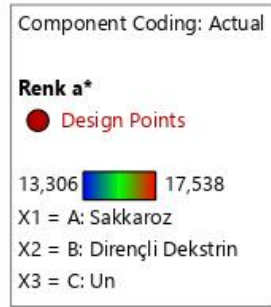
%25’de sabit tuttuğumuzda sakkaroz miktarı azalıp %20,597’den %10,598’e azaltılıp dirençli dekstrin miktarı %9,403’den 19,402’ye arttırıldığında L* değeri 35,768’den 32,81’e düşerek rengin etkili düzeyde koyulaştığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4.5’de sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun renk parametrelerinden a* değeri üzerindeki etkisi yer almaktadır. a* değeri renk analizinde kırmızı ve yeşil değerini ifade ederek göstermektedir. a* değeri için grafiği incelediğimizde, grafik üzerindeki kırmızı bölgelerde örneklerin kırmızılık veya yeşillik tonunun arttığını, mavi bölgelerde ise örneklerin kırmızılık veya yeşillik tonunun azaldığını ifade etmekte ve göstermektedir. Bu bilgi doğrultusunda Şekil 4.5’de proses parametreleri ve diğer bileşen miktarları sabit olan reçetelerde dirençli dekstrinin artması durumunda örnek renklerinin kırmızılık yönünden önemsenmeyecek ($p>0,05$) derecede azaldığı gözlemlenmektedir. Dirençli dekstrin içermeyen örneğin ise kırmızılık değerinin arttığı gözlemlenmiştir.

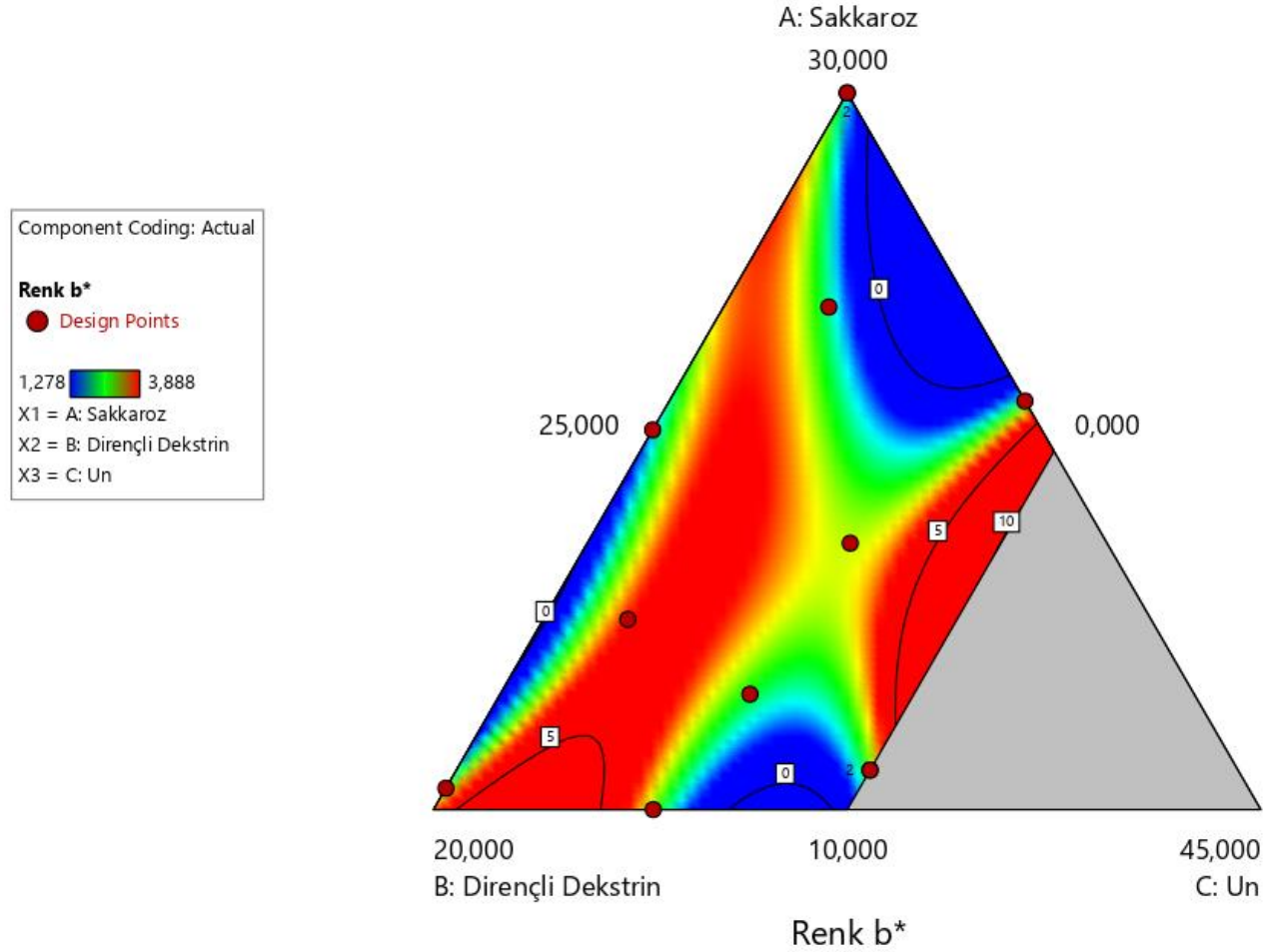
Şekil 4.6’da sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun renk parametrelerinden b* değerine etkisi gösterilmiştir. b* değeri renk analizinde sarı ve mavi değerini tanımlayarak göstermektedir. b* değeri için grafiği incelediğimizde, grafiğin kırmızı olan bölgelerinde örneklerin sarılık veya mavilik tonunun arttığını, mavi bölgelerde ise örneklerin sarılık veya mavilik tonunun azaldığını ifade ederek göstermektedir. Bu bilgi doğrultusunda Şekil 4.6’da proses parametreleri ve diğer bileşen miktarları sabit olan dirençli dekstrinin ve unun artması ile örneklerin renginin önemsenmeyecek derecede sarılık yönünden azaldığı gözlemlenmektedir.



Şekil 4.4 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) renk analizine ait L* özelliği üzerindeki etkisi



Şekil 4.5 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) renk analizine ait a* özelliği üzerindeki etkisi



Şekil 4.6 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) renk analizine ait b* özelliği üzerindeki etkisi

4.3 Tekstür Analiz Sonuçları

Sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşenlerin miktarlarındaki değişimlerin son ürün örneklerindeki tekstür özellikleri üzerindeki etkileri sertlik ve çiğnenebilirlik parametreleri açısından incelenmiştir. Örneklerin tekstür analiz sonuçları Tablo 4.12’de verilmiştir. Bileşen miktarlarındaki değişime bağlı olarak örneklerin sertlik değerleri 1095 ile 3763 arasında, çiğnenebilirlik için değerleri 127 ile 465 arasında değişkenlik göstermiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde bileşen miktarlarındaki değişimin örneklerin tekstür özellikleri üzerinde etkileri olduğu görülmüştür.

Tablo 4.12 Örneklerin tekstür analiz sonuçları

Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)	Sertlik (g)	Çiğnenebilirlik
S1	10,000	14,688	30,312	2626±169	314±37
S2	17,435	6,207	31,358	1670±102	250±28
S3	13,220	10,739	31,042	3446±255	435±47
S4	20,597	9,403	25,000	1838±110	148±6
S5	10,598	19,402	25,000	3763±282	465±44
S6	24,025	3,430	27,546	1562±53	196±5
S7	30,000	0,000	25,000	1323±112	137±15
S8	30,000	0,000	25,000	1095±42	127±7
S9	11,105	8,895	35,000	1789±114	180±13
S10	21,401	0,000	33,599	2694±185	375±23
S11	11,105	8,895	35,000	1855±107	190±20
S12	15,310	12,648	27,042	2352±185	224±42

4.3.1 Sertlik Analiz Sonuçları

Tablo 4.13’de buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin licorice şekerleme tekstür analizleri neticesinde sertlik parametresinin örneklere olan etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,0163 p sonucu neticesinde etkili sonuç olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9964 olarak belirlenmiştir (R^2 ‘nin 1’e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir).

Tablo 4.13 Örneklerin sertlik parametresi ANOVA sonucu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	7696000	9	855100	60,7100	0,0163
Doğrusal Karışım	3778000	2	1889000	134,1200	0,0074
AB	420400	1	420400	29,8400	0,0319
AC	1562000	1	1562000	110,9000	0,0089
BC	1502000	1	1502000	106,6500	0,0092
ABC	1527000	1	1527000	108,4100	0,0091
AB(A-B)	1567000	1	1567000	111,2600	0,0089
AC(A-C)	1257000	1	1257000	89,2400	0,0110
BC(B-C)	1481000	1	1481000	105,1600	0,0094
Saf Hata	28170	2	14085		
Toplam	7724000	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin, C:Un

Şekil 4.7’de licorice ürün bileşenlerinin örnekler üzerinde sertlik parametresine etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Diğer bileşenlere ait değerler sabit olduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun örneklerin sertlik değerine etkileri grafik üzerinde görülmektedir. Grafikte sertlik parametresinin kırmızı olan bölgelerde yükseldiğini, mavi olan bölgelerde düştüğünü ifade etmekte ve göstermektedir.

Bu doğrultuda Şekil 4.7’de proses parametreleri ve diğer bileşen miktarları sabit olan reçetelerde dirençli dekstrinin miktarlarının yüksek olduğu karışımda örneklerin sertlik değerinin arttığı görülmektedir.

Proses parametreleri ve diğer bileşenler sabit tutularak hazırlanan dirençli dekstrinin %0 olduğu örneklerde, karışımdaki şekerin azalıp unun artış göstermesi neticesinde de örneklerin sertlik değerinin artış gösterdiği görülmektedir.

Genele bakıldığında ise dirençli dekstrin ve unun son ürün örneklerin sertliği arttıran bir parametre olduğu görülmektedir.

4.3.2 Çiğnenebilirlik Analiz Sonuçları

Tablo 4.14’de buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin licorice şekerleme tekstür analizleri neticesinde çiğnenebilirlik parametresinin örneklerle olan etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,003 p sonucu neticesinde etkili olduğu sonucu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9993 olarak belirlenmiştir (R^2 'nin 1'e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir).

Tablo 4.14 Örneklerin çiğnenebilirlik parametresi ANOVA sonucu

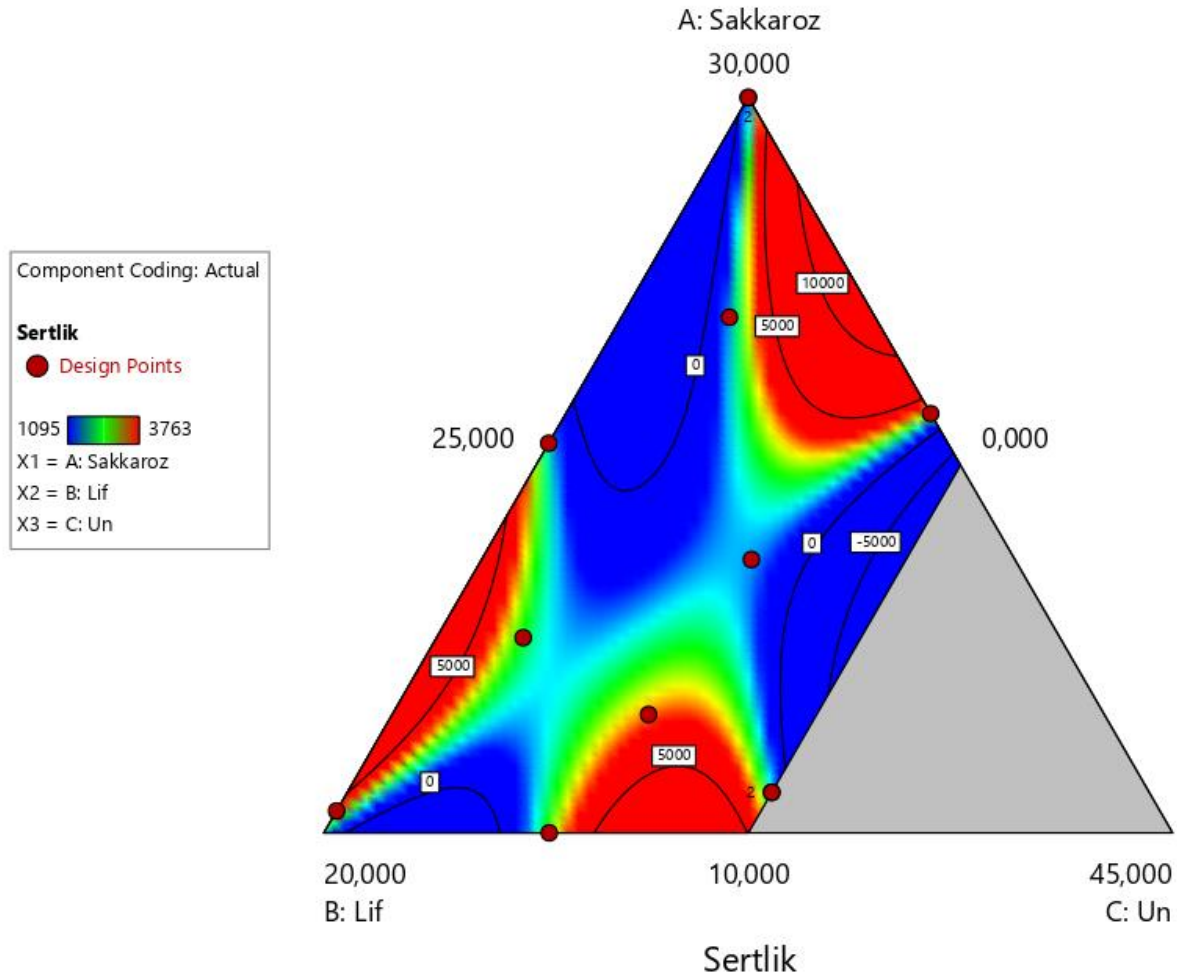
	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	150300	9	16703	334,0600	0,0030
Doğrusal	45476	2	22738	454,7600	0,0022
Karışım					
AB	895	1	895	17,9000	0,0516
AC	25688	1	25688	513,7600	0,0019
BC	23987	1	23987	479,7400	0,0021
ABC	22977	1	22977	459,5400	0,0022
AB(A-B)	19633	1	19633	392,6600	0,0025
AC(A-C)	25559	1	25559	511,1800	0,0020
BC(B-C)	23437	1	23437	468,7400	0,0021
Saf Hata	100	2	50		
Toplam	150400	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin, C:Un

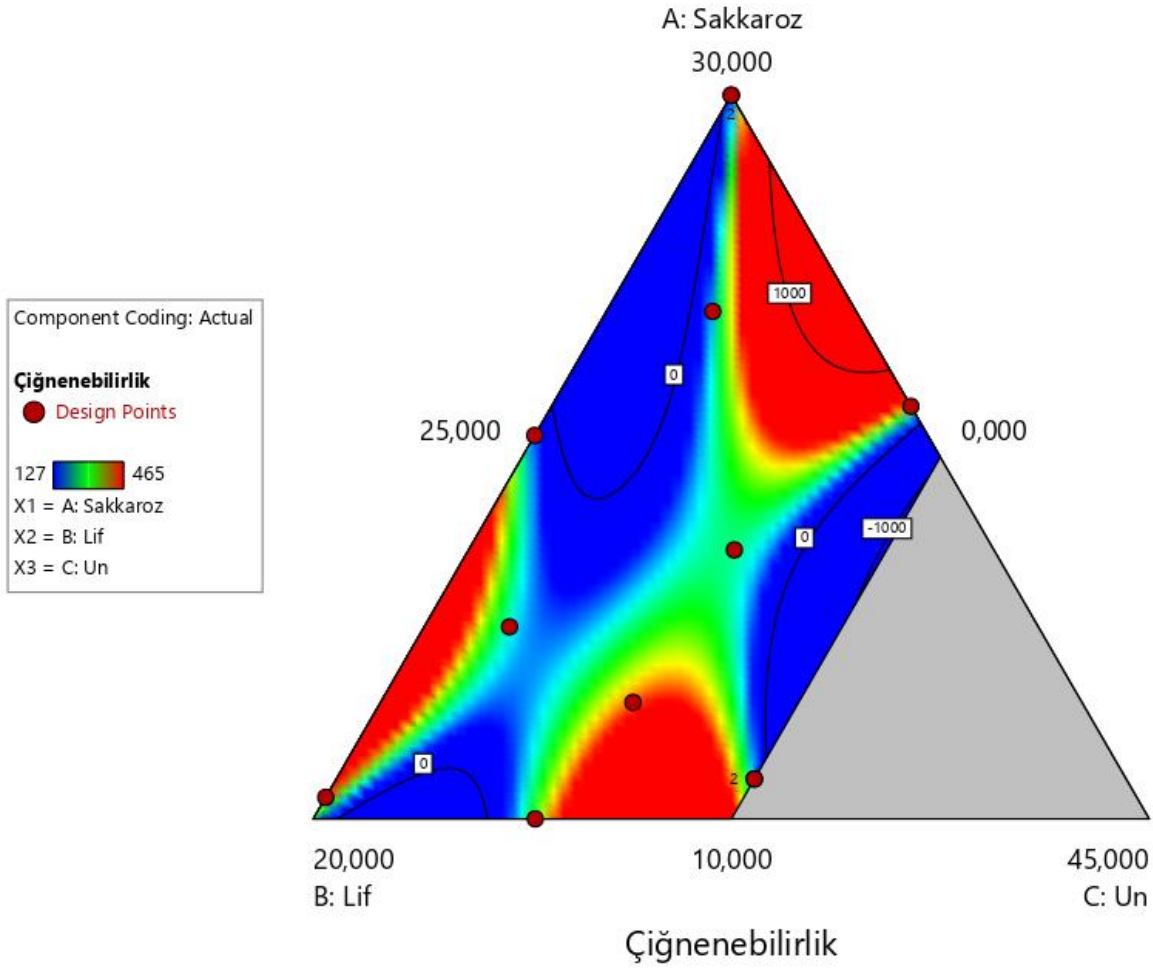
Şekil 4.8'de licorice ürün bileşenlerinin örneklerin çiğnenebilirlik parametresine etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Diğer bileşenlere ait değerler sabit olduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun örneklerin çiğnenebilirlik değerine etkileri grafik üzerinde görülmektedir. Grafikte kırmızı olan bölgelerde çiğnenebilirlik değerinin yükseldiğini, mavi olan bölgelerde ise çiğnenebilirlik değerinin düştüğünü ifade etmekte ve göstermektedir.

Bu doğrultuda Şekil 4.8'de proses parametreleri ve diğer bileşen miktarları sabit olan reçetelerde dirençli dekstrinin miktarlarının yüksek olduğu karışımda örneklerin çiğnenebilirlik değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Proses parametreleri ve diğer bileşenler sabit tutularak hazırlanan dirençli dekstrinin %0 olduğu örneklerde, unun %25'den %33,599'a artış göstermesi neticesinde örneklerinin çiğnenebilirlik değerinin 137'den 375'e yükseldiği görülmektedir.

Sonuç olarak genele bakıldığında ise dirençli dekstrin ve unun son ürün örneklerinin çiğnenebilirliğini arttıran bir parametre olduğu görülmektedir. Çiğnenebilirlik verilerinden elde edilen sonuçlar ile sertlik verilerinden elde edilen verilerin örtüşmesi modellemenin doğruluğunun göstergesi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.7 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) sertlik üzerine etkisi



Şekil 4.8 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) çiğnenebilirlik üzerine etkisi

4.4 Duyusal Analiz Sonuçları

Sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşen miktarlarındaki değişimlerin son ürün örneklerindeki duyusal özellikler üzerindeki etkileri tat, yapı ve genel beğeni parametreleri açısından incelenmiştir. Örneklerin duyusal analiz sonuçları Tablo 4.15’de verilmiş olup 9 puanlı hedonik skalaya göre puanlanarak değerlendirilmiştir. Örneklerin duyusal analizleri 20 kişiden oluşan panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde tat beğeni parametresinin 6,750 ile 7,100 arasında, yapı beğenisi açısından değerlendirildiğinde 5,600 ile 7,300 arasında, genel beğeni açısından değerlendirildiğinde ise 5,850 ile 7,500 arasında değişen puanlar aldığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde bileşen miktarlarındaki değişimin örneklerin duyusal özellikleri üzerinde etkileri olduğu görülmüştür.

Tablo 4.15 Örneklerin duyusal analiz değerlendirme sonuçları

Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)	Tat Beğeni	Yapı Beğeni	Genel Beğeni
S1	10,000	14,688	30,312	6,900	5,700	6,150
S2	17,435	6,207	31,358	7,000	7,000	7,500
S3	13,220	10,739	31,042	6,900	5,600	6,000
S4	20,597	9,403	25,000	6,900	6,750	7,000
S5	10,598	19,402	25,000	6,600	5,700	6,250
S6	24,025	3,430	27,546	7,050	6,900	7,150
S7	30,000	0,000	25,000	7,000	6,200	6,450
S8	30,000	0,000	25,000	7,100	6,450	6,450
S9	11,105	8,895	35,000	6,900	7,150	7,300
S10	21,401	0,000	33,599	7,050	6,050	6,550
S11	11,105	8,895	35,000	6,850	7,300	7,500
S12	15,310	12,648	27,042	6,750	5,800	5,850

4.4.1 Tat Beğeni Parametresi Analiz Sonuçları

Tablo 4.16’de buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin, duyusal olarak değerlendirilen licorice şekerleme örneklerinde tat beğeni parametresi üzerine etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,1234 p sonucu neticesinde etkili bir faktör olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9712 olarak belirlenmiştir (R^2 'nin 1'e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir).

Tablo 4.16 Tat beğeni ANOVA sonucu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	0,2104	9	0,0234	7,4800	0,1234
Doğrusal Karışım	0,1764	2	0,0882	28,2300	0,0342
AB	0,0002	1	0,0002	0,0649	0,8227
AC	0,0001	1	0,0001	0,0371	0,8651
BC	0,0001	1	0,0001	0,0311	0,8763
ABC	0,0001	1	0,0001	0,0182	0,9049
AB(A-B)	0,0009	1	0,0009	0,2822	0,6484
AC(A-C)	0,0011	1	0,0011	0,3618	0,6086
BC(B-C)	0,0000	1	0,0000	0,0039	0,9558
Saf Hata	0,0063	2	0,0031		
Toplam	0,2167	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin, C:Un

Şekil 4.9'da licorice ürün bileşenlerinin örneklerin duyu analizi tat beğeni üzerine etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Diğer bileşenlere ait değerler sabit tutulduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun örneklerin tat beğeni üzerine etkileri grafik üzerinde görülmektedir. Grafik, kırmızı olan bölgelerde tat beğenisinin yüksek olduğunu, mavi olan bölgelerde ise tat beğenisinin düşük olduğunu ifade ederek göstermektedir.

Şekil 4.9'da proses parametreleri ve diğer bileşenler sabit tutularak hazırlanan reçetelerde dirençli dekstrinin miktarlarının yüksek olduğu karışımda örneklerin tat beğenisini önemsiz derecede düşürdüğü görülmektedir.

Örneğin % 30 sakkaroz ve % 0 dirençli dekstrinden oluşan karışıma istinaden hazırlanmış olan son ürün örneğinin tat beğeni puanı 7,1 iken % 10,598 sakkaroz ve % 19,402 dirençli dekstrinden oluşan karışımla hazırlanmış olan son ürün örneğinin tat beğeni puanı 6,6 puan almıştır. Buradan formülasyondaki sakkaroz oranı ile tat beğenisinin doğrusal olarak artış gösterdiği kanısına varılabilmektedir.

4.4.2 Yapı Beğeni Parametresi Analiz Sonuçları

Tablo 4.17’de buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin, duyusal olarak değerlendirilen licorice şekerleme örneklerinde yapı beğeni parametresi üzerine etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,0443 p sonucu neticesinde etkili bir faktör olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9900 olarak belirlenmiştir (R^2 ‘nin 1’e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir).

Tablo 4.17 Yapı beğenisi ANOVA sonucu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	4,2000	9	0,4671	21,9800	0,0443
Doğrusal Karışım	1,0500	2	0,5258	24,7400	0,0388
AB	0,0295	1	0,0295	1,3900	0,3601
AC	0,3515	1	0,3515	16,5400	0,0555
BC	0,3355	1	0,3355	15,7900	0,0579
ABC	0,3415	1	0,3415	16,0700	0,0570
AB(A-B)	0,5319	1	0,5319	25,0300	0,0377
AC(A-C)	0,2610	1	0,2610	12,2800	0,0727
BC(B-C)	0,2888	1	0,2888	13,5900	0,0663
Saf Hata	0,0425	2	0,0212		
Toplam	4,2500	11			

A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin, C:Un

Şekil 4.10’da licorice ürün bileşenlerinin örneklerin duyusal analiz yapı beğenisi üzerine etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Diğer bileşenlere ait değerler sabit tutulduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun örneklerin yapı beğenisine etkileri grafik üzerinde görülmektedir. Grafik, kırmızı olan bölgelerde yapı beğenisinin yüksek, mavi olan bölgelerde ise yapı beğenisinin düşük olduğunu ifade ederek göstermektedir.

Şekil 4.10’da proses parametreleri ve diğer bileşenler sabit tutularak hazırlanan reçetelerde un ve dirençli dekstrinin miktarlarının yüksek olduğu karışımda örneklerin yapı beğenisini önemli derecede düşürdüğü görülmektedir.

Örneğin % 31,358 un ve % 6,207 dirençli dekstrinden oluşan karışımla hazırlanmış olan son ürün örneğinin yapı beğeni puanı 7,0 iken % 31,042 un ve % 10,739 dirençli dekstrinden oluşan karışıma istinaden hazırlanmış olan son ürün örneğinin yapı beğeni puanı 5,6 olarak skorlanmıştır. Buradan formülasyondaki un ve dirençli dekstrin oranındaki artış ile yapı beğeninin tam tersi azalış gösterdiği kanısına varılabilmektedir.

Bu bilgi doğrultusunda tekstür analizi sertlik parametresi ile de elde edilen sonuçların örtüştüğü görülmektedir. Un ve dirençli dekstrinin formülasyon karışımındaki oranı arttıkça hem yapı sertleşmekte hem de tüketici grubu tarafından duyusal olarak değerlendirildiğinde beğenisi düşük bir ürün elde edildiği görülmektedir.

4.4.3 Genel Beğeni Parametresi Analiz Sonuçları

Tablo 4.18’de buğday unu, sakkaroz ve dirençli dekstrin bileşenlerinin, duyusal olarak değerlendirilen licorice şekerleme örneklerinde genel beğeni parametresi üzerine etkisini gösteren ANOVA varyans analiz sonuçları yer almaktadır.

ANOVA sonuçları incelendiğinde elde edilen uygun modelin 0,0235 p sonucu neticesinde etkili bir faktör olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). R^2 değerine ait sonuç 0,9947 olarak belirlenmiştir (R^2 ‘nin 1’e yakın olması ile elde edilen sonuçların modele olan uygunluğu başarılı bir şekilde açıklanabilmektedir).

Tablo 4.18 Genel beğeni ANOVA sonucu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi(P)
Model	3,7700	9	0,4191	41,9100	0,0235
Doğrusal	0,9967	2	0,4983	49,8300	0,0197
Karışım					
AB	0,0621	1	0,0621	6,2100	0,1303
AC	0,2562	1	0,2562	25,6200	0,0369
BC	0,2563	1	0,2563	25,6300	0,0369
ABC	0,2670	1	0,2670	26,7000	0,0355
AB(A-B)	0,5945	1	0,5945	59,4500	0,0164
AC(A-C)	0,1006	1	0,1006	10,0600	0,0867
BC(B-C)	0,2199	1	0,2199	21,9900	0,0426
Saf Hata	0,0200	2	0,0100		
Toplam	3,7900	11			

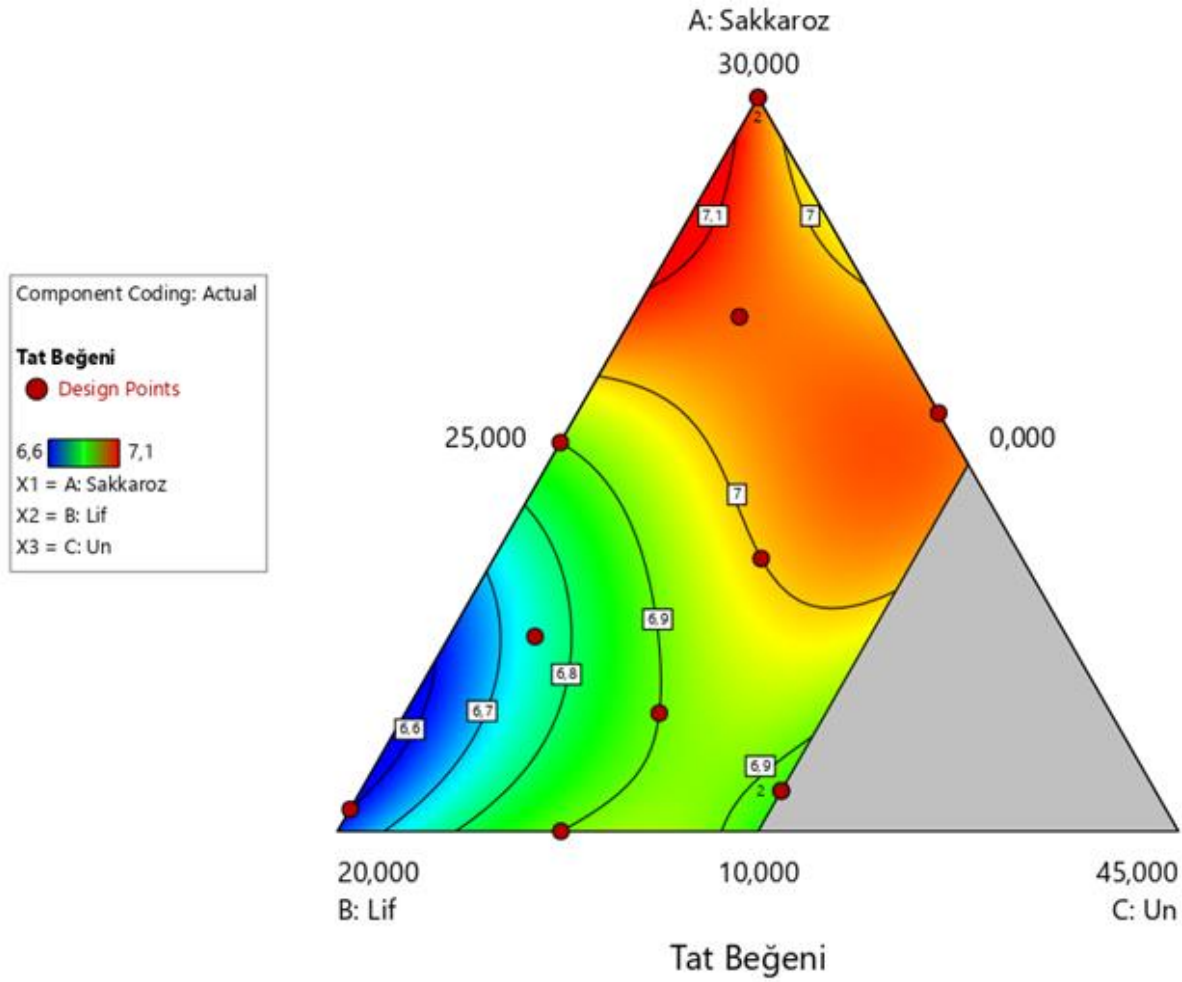
A: Sakkaroz, B: Dirençli dekstrin,
C:Un

Şekil 4.11’de licorice ürün bileşenlerinin örneklerin duyusal analiz genel beğeni üzerine etkisini gösteren karışım dizayn model grafiği yer almaktadır. Diğer bileşenlere ait

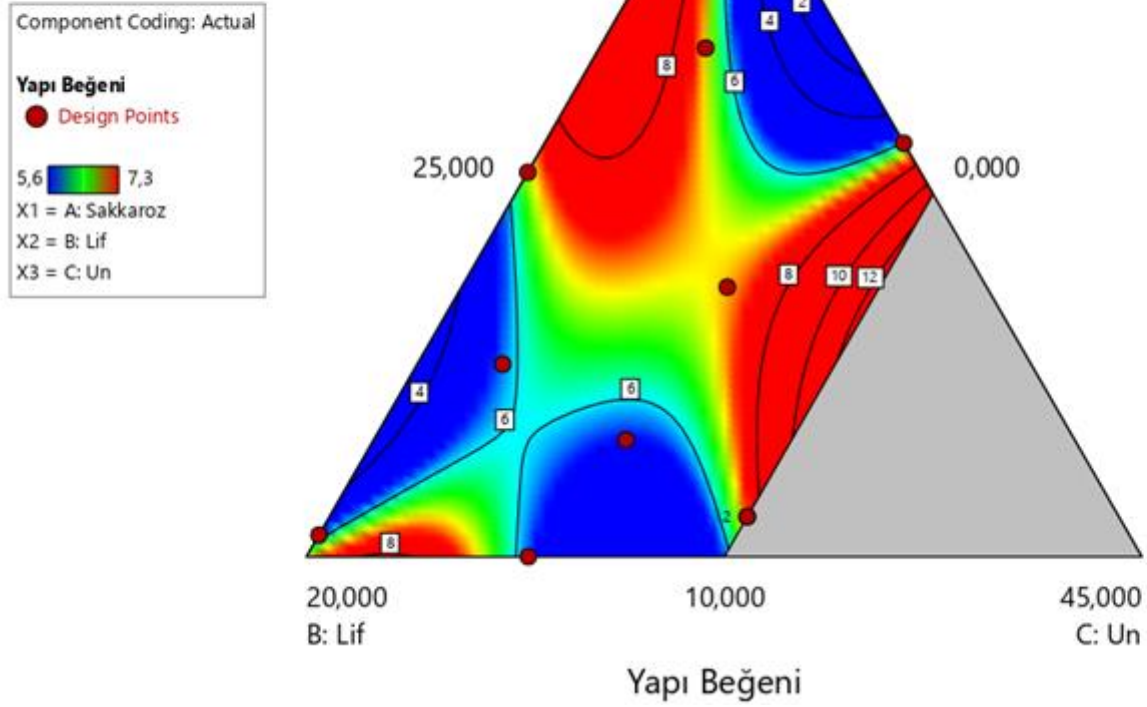
değerler sabit olduğunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve unun örneklerin genel beğeni üzerine etkileri grafik üzerinde görülmektedir. Grafik, kırmızı olan bölgelerde genel beğenin yüksek skorlar aldığını, mavi olan bölgelerde ise genel beğenin düşük skorlar aldığını ifade ederek göstermektedir.

Şekil 4.11’de proses parametreleri ve diğer bileşenlere ait değerler sabit tutularak hazırlanan reçetelerde genel beğeni kriterinde en yüksek puanlamayı alarak en beğenilen örnek % 17,435 sakkaroz, % 6,207 dirençli dekstrin ve % 31,358 un kullanılarak hazırlanan şekeri azaltılmış örnek olmuştur.

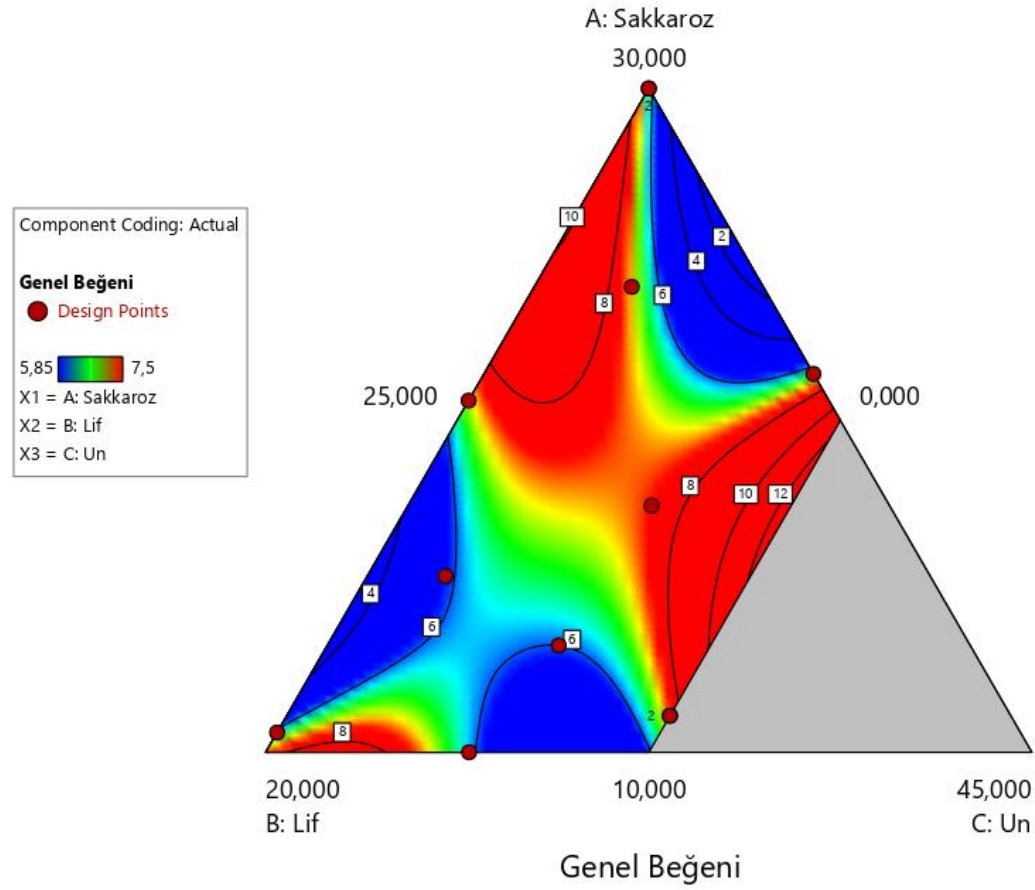
Şekil 4.9 duyusal analiz tat beğenisi ve Şekil 4.10 duyusal analiz yapı beğenisi karışım dizayn model grafikleri incelendiğinde sonuçların tutarlı olduğu ve genel beğeniye etkileyen önemli kriterler olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) duyu analizi tat beğeni üzerine etkisi



Şekil 4.10 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) duyu analizi yapı beğeni üzerine etkisi



Şekil 4.11 Ekstrüde yumuşak şeker bileşenlerinin (A,B,C) duysal analiz genel beğeni üzerine etkisi

Ekstrüde yumuşak şeker ürününde şeker azaltmaya yönelik formülasyon geliştirmede karışım dizayn metodu kullanılarak sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşen miktarlarındaki değişimler ile on iki formülasyon oluşturulmuştur. Formülasyonların üretimlerinin yapılması neticesinde elde edilen son ürün örneklerinde tekstür analiz sonuçları optimizasyonun yapılması amacıyla kullanılmıştır. Bu sayede bileşen miktarlarının optimum değer aralıkları tespit edilmiştir. Elde edilen bileşen optimum değer aralıkları, sakkaroz için % 15,00, dirençli dekstrin için % 7,49 ve buğday unu için % 32,51'dir. Optimum değer aralık miktarları doğrultusunda üretim yapılarak, son ürün örneği elde edilmiştir ve elde edilen son ürün örneğinde, fizikokimyasal analizler, renk analizi, duyu analizler ve tekstür analizleri tekrarlanmış olup kontrol örneği ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Tez çalışmasını amacı doğrultusunda licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker ürününde tüketicinin kabul göreceği uygun formülasyon geliştirmesi ile diyet lif kaynağı olan dirençli dekstrinin kullanımı sayesinde şeker azaltma sağlanmıştır. Tablo 4.19'da verilen analiz sonuçları doğrultusunda kontrol örneğinde % 0 diyet lifi ile toplam şeker analiz sonucu % 52,80 iken optimum formülasyon örneğinde % 7,08 diyet lifi ile toplam şeker miktarı % 40,80'e düşmesi sağlanmıştır.

Tablo 4.19 Optimum formülasyon örneğinin toplam şeker ve toplam diyet lif analiz sonuçları

Örnekler	Sakkaroz (g/100g)	Dirençli Dekstrin (g/100g)	Buğday Unu (g/100g)	Toplam Şeker Analiz Sonucu (g/100g)	Toplam Diyet Lif Analiz Sonucu (g/100g)
Kontrol	24,20	0,00	30,80	52,80±2,94	0,00
Optimum Örnek	15,00	7,49	32,51	40,48±2,44	7,08±1,27



Şekil 4.12 Kontrol ve optimum reçete son ürün örnekleri

Tablo 4.20 Optimum formülasyon örneğine ait besin değerleri (100 g için)

Enerji	348	kCal
Toplam Yağ	2,6	g
Doymuş yağ	1,4	g
Toplam Karbonhidrat	85,0	g
Şeker	40,5	g
Diyet lifi	7,1	g
Protein	3,0	g
Tuz	0,0	g

Optimum formülasyon örneğine ait besin değer analizleri de yapılmış olup 100 g ürün için besin değeri bilgileri Tablo 4.20’de verilmiştir. Kontrol örneğine ait sırasıyla enerji, toplam yağ, karbonhidrat, şeker, diyet lifi, protein ve tuz değerleri (100 g örnek için) 385 kCal, 2,8 g, 87,0 g, 52,8 g, 0 g, 3,0 g ve 0 g iken optimum formülasyon ile üretilen örneğe ait besin değerleri (100 g örnek için) 348 kCal, 2,6 g, 85,0 g, 40,5 g, 7,1 g, 3,0 g ve 0 g olarak tespit edilmiştir. Optimum formülasyon ile şeker miktarı 52,8 g’dan 40,5 g’a düşmesi sağlanırken diyet lif miktarı da 0 g’dan 7,1 g’a yükselmesi ile lif içerikli ürün geliştirmesi sağlandığı görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında dirençli dekstrin kullanımı ile licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker ürününde şeker azaltmaya yönelik formülasyon geliştirmesi yapılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşenleri kullanılarak karışım dizayn metodu ile on iki farklı formülasyon elde edilmiş ve elde edilen bu formülasyonlar ile üretimler gerçekleştirilmiştir. Üretimleri neticesinde elde edilen son ürün örnekleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Örneklerde fizikokimyasal analizler, renk analizleri, tekstür analizleri ve duyu analizi yapılarak, licorice tipi ekstrüde yumuşak şekerin bileşenleri olan sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday ununun bu parametreler üzerindeki etkileri ANOVA ile istatistiksel olarak sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışma doğrultusunda örneklerin sertlik ve çiğnenebilirlik tekstür parametreleri incelendiğinde dirençli dekstrin ve buğday unu miktarının karışımda artış göstermesi ile bu parametrelerin de doğrusal olarak artış gösterdiği görülmüştür.

Örnekler 20 kişilik eğitimli panesitler tarafından duyu analiz tat, yapı ve genel beğeni parametreleri ile incelendiğinde, formülasyon karışımındaki dirençli dekstrinin artıp sakkarozun azalması ile son ürün örneklerinin tatlılığının azalmasına bağlı olarak tat beğenisinin azaldığı görülmüştür, tat beğeni parametresinin iyileştirilmesi amacıyla formülasyonda tatlılığı arttırmaya yönelik lezzet güçlendirici aroma verici veya doğal tatlandırıcıların kullanımı ile mümkündür. Örnekler yapı parametresi açısından değerlendirildiğinde dirençli dekstrin ve buğday ununun karışım formülasyondaki miktarlarının artış göstermesi duyu olarak yapı beğeni puanlarını düşürdüğü görülmüş olup, duyu olarak yapı değerlendirmesi ile tekstür analiz sertlik ve çiğnenebilirlik parametrelerinde elde edilen verilerin örtüştüğü ve tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür. Genel beğeni de ise dirençli dekstrin içeren örnek en yüksek puanı alarak en çok beğenilen örnek olmuştur.

On iki örnekten elde edilen tekstür analiz verileri doğrultusunda karışım dizayn metodu kullanılarak optimizasyon çalışması yapılmış olup optimum formülasyon için bileşen hammaddelerin % miktar verileri elde edilmiştir. Optimum formülasyonda sakkaroz miktarı % 15,00, dirençli dekstrin miktarı % 7,49 ve buğday unu miktarı % 32,51 olarak

karışım miktarları doğrultusunda ürün üretimi gerçekleştirilmiş olup, elde edilen son ürün örneği ile kontrol örneği karşılaştırmaları yapılmıştır.

Optimum formülasyondaki bileşen miktarları sakkaroz % 15,00, dirençli dekstrin % 7,49, buğday unu % 32,51 iken kontrol örneğine ait formülasyon bileşenleri sakkaroz % 24,20, dirençli dekstrin % 0,00, buğday unu % 30,80 olarak üretimleri gerçekleştirilerek son ürün örnekleri üzerinde analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Optimum formülasyon örneği ve kontrol örneğinin fizikokimyasal analizleri yapılmış olup brix, pH ve su aktivite analiz sonuçları sırasıyla optimum formülasyona ait son ürün örneğinde brix 86,50, pH 2,83, su aktivitesi 0,6056 iken kontrol örneğinde ise brix 87,34, pH 2,78, su aktivitesi 0,5963 olarak ölçülerek tespit edilmiştir. Tüm analiz değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde optimum formülasyona ait örneğin dirençli dekstrin içermesine bağlı olarak brix, pH ve su aktivite değerlerinde olumsuz bir durum görülmemiş olup, sonuçlar kabul edilebilir seviyede bulunmuştur.

Optimum formülasyon örneği ve kontrol örneğinin renk analizleri yapılarak L*, a* ve b* parametreleri açısından değerlendirilmiştir. Örneklerin renk analiz sonuçları L* parametresi için optimum formülasyon örneği 36,415, kontrol örneği 35,350'dir. L* için örneklerin arasında önemsizmeyecek derecede farklılık olduğu, dirençli dekstrin içeren örneğin parlaklığının daha fazla olduğu söylenebilir. a* parametresi için optimum formülasyon örneği 17,798, kontrol örneği 18,943'tür. a* parametresi için örneklerin arasında önemsizmeyecek derecede farklılık olduğu, dirençli dekstrin içeren örneğin kırmızılık değerinin kontrol örneğine göre daha az olduğu söylenebilir. b* parametresi için optimum formülasyon örneği 3,262, kontrol örneği 3,200'dür. . a* parametresi için örneklerin arasında önemsizmeyecek derecede farklılık olduğu, dirençli dekstrin içeren örneğin sarılık değerinin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

Optimum formülasyon örneği ve kontrol örneğinin tekstür analizleri yapılmış olup sertlik parametresi sonuçları, optimum formülasyon örneği için 1588 g, kontrol örneği için ise 1477 g'dır. Optimum formülasyon örneğinde dirençli dekstrin içermesine bağlı olarak kontrol örneğine göre daha sert olduğu yorumuna varılabilmektedir. Çiğnenebilirlik parametresi açısından değerlendirildiğinde ise optimum formülasyon örneği için 246,14, kontrol örneği için ise 162,00 olarak ölçülerek tespit edilmiştir. Optimum formülasyona ait son ürün örneğinin dirençli dekstrin içeriğinden dolayı örneğin çiğnenebilirlik özelliğinin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğu, bu bilgi doğrultusunda da

formülasyondaki dirençli dekstrinin son üründe daha sert ve daha çiğnenebilir bir yapı sağladığı söylenebilir.

Optimum formülasyon ve kontrol örneklerinin duyusal analizleri karşılaştırmalı olarak 9 puanlı hedonik skalaya göre puanlanarak tat, yapı ve genel beğeni parametreleri ile değerlendirilmiştir. Örneklerin tat beğeni sonuçları optimum formülasyon örneği 7,00 iken kontrol örneği 7,80'dir. Dirençli dekstrin içeren örneğin sakkaroz miktarının kontrol örneğine göre daha düşük olmasına bağlı olarak (optimum formülasyon örneğinin sakkaroz miktarı % 15,00, kontrol örneğinin sakkaroz miktarı % 24,20) tat beğenisi kontrol örneğine göre daha düşük puan almıştır, ancak 9 hedonik skalada 7 puanın karşılığı olarak iyi olarak değerlendirildiğinden 7,00 tat beğeni puanı tüketici tarafından kabul edilebilir düzeyde beğeni aldığını göstermektedir. Örnekler, yapı parametresi açısından değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar, optimum formülasyon örneği 7,20 iken kontrol örneği 7,50'dir. Dirençli dekstrin içeren optimum formülasyona ait örneğin kontrol örneğine kıyasla daha sert bulunmasına bağlı olarak kontrol örneğine göre daha düşük puan almıştır ancak 9 hedonik skalaya göre 7,20 puan alan dirençli dekstrin içeren örnek tüketici tarafından kabul edilebilir düzeyde bulunduğu söylenebilir. Genel beğeni parametresi açısından değerlendirildiğinde ise elde edilen sonuçlar optimum formülasyon örneği 7,30 iken kontrol örneği 7,80'dir. Dirençli dekstrin içeren örneğin kontrol örneğine göre daha az tatlılığa sahip olması ve yapısının az da olsa sert olması genel beğeni puanlamasını etkileyerek, optimum formülasyonda ait örneğin kontrol örneğine göre daha düşük puan almasına neden olmuştur. 9 hedonik skalaya göre genel beğeni parametresi açısından da şekeri azaltılmış olan optimum formülasyon ait örnek tüketici tarafından 7,30 puan ile kabul edilebilir düzeyde bulunarak beğeni almıştır.

Şekeri azaltılmış olan örneğin tatlılığının artırılarak kontrol örneği ile benzer tatlılığı yakalaması amacıyla ürün formülasyonunda lezzet artırıcı aroma vericiler veya doğal tatlandırıcılar ile tat güçlendirilmesinin yapılması mümkündür.

Optimum formülasyon ve kontrol örneklerinin toplam şeker analizleri ve diyet lif analizleri yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir. Kontrol örneğine ait toplam şeker miktarı % 52,80 iken optimizasyon çalışması ile geliştirilerek şekeri azaltılmış olan örneğin toplam şeker miktarı % 40,48'dir. Optimum formülasyon örneği ile 100 gram üründe şeker miktarı 52,80 g'dan 40,48 g'a düşürülmesi sağlanarak % 23,3 oranında bir şeker azaltma sağlanmıştır. Elde edilen bu sonuç bize dirençli dekstrinin sakkaroz ikamesi

olarak kullanılarak, ekstrüde yumuşak şeker ürününde şeker azaltma yapılmasının mümkün olduğunu göstermektedir.

Son ürün örneklerinde diyet lif analiz analizleri de yapılmış olup kontrol örneğinde diyet lif içeriği % 0 iken şekeri azaltılmış optimum formülasyona ait örneğin diyet lif miktarı % 7,08 olduğu görülmüştür. Bu bilgi ışığında dirençli dekstrin kullanımının, son üründe 7,08 g diyet lif içeriğine sahip olması ile Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliğinde belirtilmiş olan yüksek lif içerir beyanına uygun ürün geliştirmesi yapılmıştır.

Lif içeriğinin yüksek olduğu iddiası, yalnızca ürünün 100 g'ında en az 6 g lif veya 100 kcal'de en az 3 g lif içerdiği durumlarda yapılabilir [37].

Yapılan bu çalışmada sakkaroz, dirençli dekstrin ve buğday unu bileşen miktarlarında değişiklikler yapılarak formülasyon çalışmaları yapılmıştır. Licorice tipi ekstrüde yumuşak şeker ürünü formülasyonunda glikoz şurubu ve sorbitol gibi yapıyı ve tadı etkileyecek bileşenler de mevcuttur. Bu çalışma referansı ile formülasyondaki dirençli dekstrin miktarının daha da arttırılması ile şeker oranı daha fazla düşürülmek istendiğinde yumuşak yapının oluşumuna katkı sağlayacak olan diğer bileşenlerin de dahil edilmesi ile alternatif formülasyon geliştirmelerinin yapılması mümkün görülmektedir.

- [1] Stephen AM, Champ MMJ, Cloran SJ, Fleith M, Lieshout LV, Mejbourn H, Burley VJ (2017). Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions. *Nutrition Research Reviews*, 30 (2): 149-190.
- [2] Ohkuma K., Matsuda I., Katta Y., Hanno Y. (1999). Pyrolysis of starch and its digestibility by enzymes – Characterization of indegestible dextrin. *Denpun Kagaku*. 37: 107-114.
- [3] Wurzburg O.B. (1986). Converted starches. In: *Modified starches: properties and uses*. Wurzburg O.B., editor. CRC Press, Boca Raton Florida, USA, pp. 17-40.
- [4] Tomasik P., Wiejak S., Pałasiński M. (1989). The thermal decomposition of carbohydrates. Part II. The decomposition of starch. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 47: 279-344.
- [5] D. Dipankar and P. Sagar, (2015). Modified biopolymer-dextrin based crosslinked hydrogels: application in controlled drug delivery, *RSC Adv.*, 5. 25014-25050
- [6] C.L. Millot, L.G. Deremaux, D. Wils, C. Neut, L.E. Miller and M.H. SaniezDegrave (2012). Impact of a resistant dextrin on intestinal ecology: how altering the digestive ecosystem with NUTRIOSE®, a soluble fibre with prebiotic properties, may be beneficial for health, *J. Int. Med. Res.*, 40, 211-224.
- [7] Jones JM (2014). CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the ‘fiber gap’. *Nutrition Journal.*, 13 (1): 34.
- [8] Stephen AM, Champ MMJ, Cloran SJ, Fleith M, Lieshout LV, Mejbourn H, Burley VJ (2017). Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions. *Nutrition Research Reviews*, 30 (2): 149-190
- [9] Arıoğlu HH (2014). Yağ Bitkileri Yetiştirme Ve Islahı Ders Kitabı.Genel Yayın No:220, Ders Kitapları Yayın No:A-70. Adana, 204 s.
- [10] Cottrell, R.C. (1991). Introduction: nutritional aspects of palm oil. *American Journal of Clinical Nutrition*. 53, 989S1009S.

- [11] Max, B., Salgado, J.M., Rodríguez, N., Cortés, S., Converti, A., Domínguez, J.M. (2010). Biotechnological production of citric acid. *Braz J Microbiol*, 41(4): 862–875.
- [12] Zhang, H., Xu, J., Su, X., Bao, J., Wang, K., Mao, Z. (2017). Citric acid production by recycling its wastewater treated with anaerobic digestion and nanofiltration. *Process Biochem*, 58: 245–251.
- [13] Sawant, O., Mahale, S., Ramchandran V., Nagaraj, G., Bankar A. (2018). Fungal citric acid production using waste materials: a mini-review. *J Microbiol Biotechnol Food Sci*; 8(2): 821-828.
- [14] Vandenberghe, L.P.S., Karp, S.G., Oliveira, P.Z., Carvalho, J.C., Rodrigues, C., Socol, C.R. (2018). Solid-state fermentation for the production of organic acids. *Curr Dev Biotechnol Bioeng*, 415–434.
- [15] Dhillon, G.S, Brar, S.K, Verma, M., Tyagi R.D. (2011). Recent advances in citric acid bioproduction and recovery. *Food Bioprocess Technol*, 4:505–529.
- [16] Jarrett T. N., March (2012), *The Manufacturing Confectioner, Acids in Confections*, 58 p.
- [17] Petek, A. (2000). Gıdalarda Su Aktivitesinin Önemi, *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 5, pp. 4-6.
- [18] Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. ve Kotancılar, H., (2012). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu.(4. baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82, Erzurum. s, 245.
- [19] Palacioğlu S. (2003). İstanbul Ticaret Odası, Şekerleme Sektör Profili.
- [20] Güneş, R., Palabıyık, İ., Kurultay, Ş. (2018), Şekerleme teknolojisinde fonksiyonel ürün üretimi, *GIDA*, 43(6), 984-1001. DOI: 10.15237/gida.GD18088
- [21] Pickford, E.F., Jardine, N.J. (2000), Functional confectionery. In: Gibson, G.R., Williams, C.M. (Eds.), *Functional Foods* (pp. 259–286), Cambridge: Woodhead Publishing Limited DOI:10.1533/9781855736436.3.259
- [22] Ergun, R., Lietha, R., Hartel, R.W. (2010), Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2): 162-192.

- [23] Edwards, W.P. (2003). Sweets and Candies-Sugar Confectionery, Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Second Edition, (eds: Caballero, B.), Academic Press, Oxford, 5703-5710.
- [24] Meuser F, Wiedmann F. (1989). Extrusion plant design. In: Mercier C. Linko P. Harper JM. Pub: Extrusion cooking. USA: American Association of Cereal Chemists. 471 p.
- [25] Kirimura, K., Honda, Y., and Hattori, T. (2011). Citric Acid, Comprehensive Biotechnology, Second Edition, (eds: Moo-Young, M.), Academic Press, Burlington, 135-142.
- [26] Robert H, C., Paul A, R., J. E, M., and Guy, R. (1955). The Role of Sugar in the Food Industry, Use of Sugars and Other Carbohydrates in the Food Industry, American Chemical Society, 3-20.
- [27] Saldamlı, İ. (2007). Gıda Kimyası, 3. Baskı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- [28] J. Genova, A. Zheliaskova, M. D. Mitov, (2007). Monosaccharides (fructose, glucose) and disaccharides (sucrose, trehalose) influence the elasticity of SOPC membranes
- [29] Riedel, R., Böhme B., Rohm H., (2015). Development of formulations for reduced-sugar and sugar-free agar-based fruit jellies, International Journal of Food Science and Technology, 50, 1338–1344.
- [30] Prakash, N., Priya, S. (2016). Development of novel functional confectionery using low reduced sugar. Indian J Drugs, 4(4): 141–148.
- [31] 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.
- [32] Bulut A.N. (2015). Sugar reduction in soft cookies with stevia, Department of Food Engineering Food Engineering Programme, Istanbul Technical University.
- [33] Sucharzewska D; Stochmal A; Oleszek W (2003). The effect of Yucca schidigera extract on the physical structure and on the oxidative stability of sugar candy foam products, Lebensmit. Wiss. Technol, 36, 3, 347–351.

- [34] Gordon DT & Okuma K (2002). Determination of total dietary fibre in selected foods containing resistant maltodextrin by enzymatic-gravimetric method and liquid chromatography: collaborative study. *Journal of AOAC International* 85: 435–44.
- [35] Roturier JM, Looten P & Ostermann E (2003). Dietary fibre measurements in food containing NUTRIOSE® FB. *Proceedings of the Dietary Fibre Conference*. Noordwijkerhout, P4.
- [36] Roturier JM & Looten P (2006). NUTRIOSE®: analytical aspects. *Proceedings of the Dietary Fibre Conference*. Helsinki, Finland, P15.
- [37] <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170126M1-5-1.pdf>
- [38] Slavin, J., Savarino, V., Paredes-Diaz, A., and Fotopoulos, G. (2009). A review of the role of soluble fiber in health with specific reference to wheat dextrin. *Journal of International Medical Research*. Vol. 37. No. 1, p 1-17.
- [39] Institute of Medicine (IOM). (2005). Dietary, Functional, and Total Fiber. In: *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine of the National Academies. The National Academies Press. Washington, D.C. p 339-421. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10490&page=339
- [40] Bai, Y.; Cai, L.; Douth, J.; Gilbert, E.P.; Shi, Y.C. (2014). Structural changes from native waxy maize starch granules to cold-water-soluble pyrodextrin during thermal treatment. *J. Agric. Food Chem.* 62, 4186–4194. [CrossRef] Zhang
- [41] Zhen, Y.; Zhang, T.; Jiang, B.; Chen, J. (2021). Purification and Characterization of Resistant Dextrin. *Foods*, 10, 185. <https://doi.org/10.3390/foods10010185>
- [42] Bussiere G and Serpelloni M. (1985). Confectionery and water activity determination of aw by calculation. In: Simato D and Multon JL, (eds.) *Properties of Water in Foods in Relation to Quality and Stability*. Dordrecht, The Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers. p 627-45.
- [43] Kleiner L. (2016). Sugar reduction in confectionery and related applications, *Journal of Nutritional Health & Food Engineering, USA*, Volume 4 Issue 2

- [44] Jeffery M. (2007). Basics of Grained and ungrained Confections. In: PMCA Backto Basics Confectionery Fundamentals (Volume 1: 2000-2006). MC/The Manufacturing Confectioner, Princeton, WI, p. 39–57.
- [45] Guillon, F. and Champ, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. Food Res Int, 33; 233-245.
- [46] BeMiller, J.N. and Whistler, R.L. (1996). Dietary fiber and carbohydrate digestibility. In 'Food Chemistry', O.R. Fennema (ed)., Marcel Dekker, pp. 157-224, NewYork.
- [47] Elgün, A., Ertugay, Z. (2003). Tahıl İşleme Teknolojisi. AtatürkÜniv. Yayınları No:718, s:376
- [48] Groves R. (1998). Making licorice. Candy Ind, Vol 163(4), p.8.
- [49] Fennema O.R., Damodaran S., Parkin K. L. (2008). Fennema's Food Chemistry. 4th edition. USA: CRC press. 1144 p.
- [50] Atkins P. (1987). Molecules. Accessible: <http://www.chemistryexplained.com/St-Te/Starch.html#ixzz5gcrUCkkR> Printed: 22.1.2019
- [51] Edwards W.P. (2000). The science of sugar confectionery. The Royal Society of Chemistry. Cambridge, England: Tyne and Wear. 166 p.
- [52] Anzmann F. (2016). Effects of steviol glycosides and maltitol in combination with different extrusion parameters on properties of liquorice. Bachelor Thesis. Vantaa: Metropolia University of Applied Sciences. 69 p.
- [53] Hartel R.W., von Elbe J. H., Hofberger R. (2017). Confectionery Science and Technology. 1st edition. USA: Springer Inc. 525 p.
- [54] Aalto-Kaarlehto T. (1993). Hard Winter-lakritsivehnäjauhojen liisteröitymiseen vaikuttavia tekijöitä. EKT Series 929. Study in minor. Helsinki: University of Helsinki, department of food technology 62 p.
- [55] Alikonis, J. J., (1979). Candy Technology, Avi Publishing, Connecticut.

- [56] Artık, N., Bayındırlı, L. ve Mert, İ. (2011). Karbonhidratlar, Mısır Şekeri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu, ISBN 978-605-88273-2-2, 104 s, Ankara.
- [57] Akbulut, M. ve Çoklar, H. (2013). Alkolsüz İçecekler: Üretimi ve Kullanılan Maddeler, Uluslararası 2. Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 7-10 Kasım 2013, Konya
- [58] Bernard, W. M. (1989). Chocolate, cocoa and confectionary: science and technology, part 11 confectionary: ingredients and processes, 3rd edition. AVI Book Published, 904, 227-271.
- [59] Altan, A. (1989). Özel Gıdalar Teknolojisi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, 320, Adana.
- [60] Hoffmann, H., Mauch, W. and Untze, W. (2002). Zucker und Zuckerwaren; Second Edition, Hamburg: Behr's Verlag
- [61] Anonim (2021). Roquette Dextrin - NUTRIOSE® Eğitim Notları
- [62] Anonim (2021). Kervan Gıda San. ve Tic. A.Ş. Eğitim Notları
- [63] Slavin JL., Savarino V., Paredes-Diaz A., Fotopoulos G. (2009). A Review of the Role of Soluble Fiber in Health with Specific Reference to Wheat Dextrin. The Journal of International Medical Research. 37: 1 – 17

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

Kuzey F. K., Toker O.S., Arıcı M., Aktay D., Şekeri Azaltılmış Licorice-tipi Yumuşak Şekerleme Üretimi, Uluslararası 1. Gıda Kimyası Kongresi, 03-06 Mart 2022, Antalya.

