



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANTOSİYANİNLER İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ YUMUŞAK
ŞEKER FORMÜLASYONLARININ VE KALORİSİ AZALTIKMIŞ
ALTERNATİFLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYLİN KESEN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. ÇİĞDEM UYSAL PALA

ÇANAKKALE – 2023



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANTOSİYANİNLER İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ YUMUŞAK ŞEKER
FORMÜLASYONLARININ VE KALORİSİ AZALTILMIŞ
ALTERNATİFLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYLİN KESEN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. ÇİĞDEM UYSAL PALA

ÇANAKKALE – 2023



ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Aylin KESEN

02/05/2023

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Çiğdem UYSAL PALA'ya, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde bulunan hocalarıma; bilgi ve tecrübelerinin yanı sıra yardımlarıyla da çalışmalarına her zaman katkıda bulunan ve beni motive eden Burcu YILMAZ, Muhammed Ali DOĞAN ve İrem Aşık'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde finansal desteklerinden dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine (Proje Numarası: FHD-2022-4110) teşekkür ederim.

Hayatımın her anında destek olan çok değerli eşim Burak KESEN ve sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitimime başlarken ve bitirirken bu süreci benimle yaşayan canım oğullarım ve her zaman arkamda olan eşim,annem,babam,kardeşim bu eser benden size bir armağan olsun.

Aylin KESEN
Çanakkale, Mayıs 2023

ÖZET

ANTOSİYANİNLER İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ YUMUŞAK ŞEKER FORMÜLASYONLARININ VE KALORİSİ AZALTIKMIŞ ALTERNATİFLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Aylin KESEN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Çiğdem UYSAL PALA

02/05/2023, 57

Antosiyenin pigmentlerince zengin nar konsantresi, nar suyu ve aronya püresi içeren yumuşak şeker ürünleri ile düşük kalorili alternatiflerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ön denemeler ve gerçekleştirilen tüketici beğeni testleri baz alınarak, nar konsantresi temelli olmak üzere 2 farklı antosiyenin kaynağı (nar suyu ve aronya püresi) ve 2 farklı tatlandırıcı (sakkaroz ve eritritol/sukraloz) içeren formülasyonlar oluşturulmuştur. Formülasyonların başlıca fizikokimyasal (pH, suda çözünür KM, KM, titrasyon asitliği ve renk değerleri) özellikleri, monomerik antosiyenin, toplam fenol içeriği ve antioksidan özellikleri (CUPRAC ve DPPH) belirlenmiştir. Aronya püresi kullanımı yumuşak şeker ürünlerinin monomerik antosiyenin ve toplam fenol içeriklerini önemli düzeyde geliştirmiştir. Diğer yandan, düşük kalorili ürünlerin monomerik antosiyenin içerikleri sakkaroz içeren ürünlerle kıyaslandığında önemli düzeyde azalışlar gözlenmiştir ($P<0.05$). Yumuşak şeker ürünleri antioksidan özellikleri bakımından değerlendirildiğinde ise, aronya püresi kullanımı hem sakkaroz içeren formülasyonların hem de düşük kalorili formülasyonların antioksidan özelliklerini önemli düzeyde geliştirmiştir ($P<0.05$). Ürünlerin biyoaktif bileşenleri ve antioksidan özelliklerinin stabilitesi üzerine $+4^{\circ}\text{C}$ ve 20°C sıcaklıklarda 60 gün boyunca depolamanın etkisi de araştırılmıştır. $+4^{\circ}\text{C}$ 'de depolamanın ürünlerin antosiyenin içeriklerinin korunmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. 20°C 'de depolama koşullarında ise aronya püresi içeren düşük kalorili formülasyonda monomerik antosiyeninlerin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Depolama

süresince ürünlerin toplam fenol içeriklerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. CUPRAC değerleri depolama boyunca azalmış, EC₅₀ değerlerinde ise artışlar gözlenmiştir. CUPRAC değerleri baz alındığında depolama sıcaklığının etkisi önemli olup (P<0.05), ürünlerin antioksidan özelliklerinin korunmasında soğuk muhafaza etkili bir yöntem olarak önerilebilir. Sonuç olarak, yumuşak şekerleme ürünleri, antosiyanin pigmentleri gibi önemli antioksidanların alımını arttırmak amacıyla iyi bir taşıyıcı ortamı olarak fonksiyonelleştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Yumuşak şeker, Kalorisi Azaltılmış, Antosiyanin, Antioksidan Kapasite



ABSTRACT

DEVELOPMENT OF SOFT SUGAR FORMULATIONS ENRICHED WITH ANTHOCYANINS AND REDUCED CALORIE ALTERNATIVES

Aylin KESEN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Food Science

Advisor: Assoc. Prof. Çiğdem UYSAL PALA

05/02/2023, 57

Developing soft candy products containing pomegranate concentrate, pomegranate juice, and aronia puree rich in anthocyanin pigments and low-calorie alternatives were aimed. Based on preliminary trials and consumer liking tests, formulations containing two different anthocyanin sources (pomegranate concentrate and aronia puree) and two different sweeteners (sucrose and erythritol/sucralose) were created. The main physicochemical parameters (pH, water-soluble DM, DM, titration acidity, and color values), monomeric anthocyanin, total phenol content, and antioxidant properties (CUPRAC and DPPH) of the formulations were determined. The addition of aronia puree to soft candy products significantly increased their monomeric anthocyanin and total phenol levels. On the other hand, the monomeric anthocyanin content of low-calorie products was significantly lower than that of sucrose-containing products ($P<0.05$). When evaluating the antioxidant properties of soft candy products, the use of aronia puree significantly enhanced the antioxidant properties of both sucrose-containing and low-calorie formulations ($P<0.05$). The effect of storage at $+4^{\circ}\text{C}$ and 20°C for 60 days on the bioactive components and antioxidant properties of the products was also examined. It has been determined that storing the products at $+4^{\circ}\text{C}$ is effective in preserving the anthocyanin content. Monomeric anthocyanins were found to be better preserved in a low-calorie formulation containing aronia puree when stored at 20°C . The total phenol content of the products did not change significantly during storage. CUPRAC values decreased

during storage, whereas EC50 values increased. The effect of storage temperature on CUPRAC values is significant (P0.05), and cold storage can be recommended as an effective method for preserving the antioxidant properties of products. As a result, soft confectionery products can be functionalized as effective carriers for important antioxidants such as anthocyanin pigments.

Keywords: Soft Candy, Low Calorie, Anthocyanin, Antioxidant capacity.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

İKİNCİ BÖLÜM

KAYNAK ÖZETİ/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

4

2.1. Fonksiyonel Gıda.....	4
2.2. Fonksiyonel Gıdaların Biyoaktif Bileşenlerce Zenginleştirilmesi.....	7
2.3. Antosiyaninler ve Stabilitesi.....	8
2.4. Antosiyaninlerin Nutrasötik Özellikleri.....	11
2.5. Yumuşak Şeker Formülasyonlarında İnovasyon: Biyoaktiflerce Zenginleştirme ve Enerji (Kalori) Düzeyini Azaltma.....	13

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL ve YÖNTEM

21

3.1. Materyal.....	21
3.2. Deneme Planı.....	21
3.2.1 Yumuşak Şeker Üretimi.....	22
3.3. Analiz Yöntemleri.....	24
3.3.1. Kuru Madde (KM), Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM).....	24
3.3.2. pH Değeri ve Titrasyon Asitliği.....	24

3.3.3. Renk Tayini.....	24
3.3.4. Monomerik Antosiyanin Analizi.....	24
3.3.5. Toplam Fenol Miktarı.....	25
3.3.6. CUPRAC Tayini.....	25
3.3.7. DPPH Radikal Süpürme Kapasitesi Yöntemi.....	25
3.3.8. Duyusal Analiz.....	26
3.3.9. İstatistiksel Analiz.....	26
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
ARAŞTIRMA BULGULARI	
4.1. Nar Konsantresi Temelli Düşük Kalorili Formülasyonun Geliştirilmesi.....	27
4.2. Nar Konsantresi Temelli Yumuşak Şeker Ürünlerinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri.....	30
4.3. Nar Konsantresi Temelli Yumuşak Şeker Ürünlerinin Monomerik Antosiyanin ve Toplam Fenol İçeriği.....	32
4.4. Nar Konsantresi Temelli Yumuşak Şeker Ürünlerinin Antioksidan Özellikleri.....	35
4.5. Depolama Sürecinin Nar Konsantresi Temelli Yumuşak Şeker Ürünlerinin Monomerik Antosiyanin, Toplam Fenol ve Antioksidan Özellikleri Üzerine Etkileri.....	37
4.5.1 Farklı Depolama Sıcaklıklarında Ürünlerin Monomerik Antosiyanin İçeriklerindeki Değişim.....	37
4.5.2 Farklı Depolama Sıcaklıklarında Ürünlerin Toplam Fenol ve Antioksidan Özelliklerindeki Değişim.....	42
BEŞİNCİ BÖLÜM	
SONUÇ ve ÖNERİLER	
KAYNAKÇA	49
ÖZGEÇMİŞ	I

SİMGELER VE KISALTMALAR

DPPH	2,2-Difenil-1-pikrihidrazil
CUPRAC	Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasite
EC50	DPPH Radikalinin %50'sini İnhbibe Eden Konsantrasyon
Kg	Kilogram
g	Gram
%	Yüzde oranı
mg	Miligram
ml	Mililitre
μ L	Mikrolitre
mM	Milimolar
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
KM	Kuru Madde

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Antioksidanların, biyoaktif bileşiklerin ve bileşenlerin insan sağlığı üzerindeki olası yararlı etkileri	5
Tablo 2	Nar konsantresi temelli formülasyonlar	22
Tablo 3	Kontrol grubu formülasyonlarının duyuusal beğenisi	28
Tablo 4	Kalorisi azaltılmış formülasyonlarının duyuusal beğenisi	29
Tablo 5	Yumuşak şeker ürünlerinin bazı fizikokimyasal özellikleri	31
Tablo 6	Yumuşak şeker ürünlerinin renk değerleri	31
Tablo 7	Farklı sıcaklıklarda antosiyanin kayıplarına ilişkin birinci derece kinetik parametreler	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Yumuşak şeker üretim akış şeması	23
Şekil 2	Yumuşak şeker formülasyonları	23
Şekil 3	Farklı konsantrasyonlarda eritritol içeren şeker formülasyonları: A-%20 eritritol; B-%30 eritritol; C-%40 eritritol	29
Şekil 4	Yumuşak şeker ürünlerinin monomerik antosiyanin içeriği (ort.±std. hata)	33
Şekil 5	Yumuşak şeker ürünlerinin toplam fenol içeriği (ort.±std. hata)	34
Şekil 6	Yumuşak şeker ürünlerinin CUPRAC değerleri (ort.±std. hata)	36
Şekil 7	Yumuşak şeker ürünlerinin EC ₅₀ değerleri (ort.±std. hata)	36
Şekil 8	20°C'de depolama sürecinde ürünlerin monomerik antosiyanin içeriklerindeki (ort.±std. hata) değişim	38
Şekil 9	+4°C'de depolama sürecinde ürünlerin monomerik antosiyanin (ort.±std. hata) içeriklerindeki değişim	39
Şekil 10	Depolama sürecinde ürünlerin antosiyanin miktarlarındaki kayıp düzeyleri	40
Şekil 11	20°C'de depolama sürecinde ürünlerin toplam fenol (ort.±std. hata) içeriklerindeki değişim	43
Şekil 12	+4°C'de depolama sürecinde ürünlerin toplam fenol (ort.±std. hata) içeriklerindeki değişim	43
Şekil 13	20°C'de depolama sürecinde ürünlerin CUPRAC (ort.±std. hata) değerlerindeki değişim	44
Şekil 14	+4°C'de depolama sürecinde ürünlerin CUPRAC (ort.±std. hata) değerlerindeki değişim	45
Şekil 15	20°C'de depolama sürecinde ürünlerin EC ₅₀ (ort.±std. hata) değerlerindeki değişim	45
Şekil 16	+4°C'de depolama sürecinde ürünlerin EC ₅₀ (ort.±std. hata) değerlerindeki değişim	46

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Şekerleme sektörü dünyada temel gıda sektörlerinden biridir. Şekerler her yaş grubundan tüketiciler tarafından beğeniyle tüketilmektedir. Ancak son yıllarda şekerleme ürünlerinin obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, diş çürümesi gibi zararlı etkileri sebebiyle daha fonksiyonel hale getirilerek sağlıklı şekerlemeler üretilmeye başlanmıştır. Şekerleme ürünlerini fonksiyonel hale getirmek için biyoaktif bileşenler eklenir, zararlı maddeler çıkarılır veya faydalı bir bileşenle yer değiştirilir. Fonksiyonel bir şekerleme ürünü oluşturulurken şekerleme çeşidine karar verilir, fonksiyonel besinlerin hangi koşullardan etkileneceği dikkat edilmesi gereken diğer bir husustur. Eklenen, çıkarılan, değiştirilen bileşenler yeni ürünün tadında, raf ömründe, kalitesinde farklılık oluşturmamalıdır. Ayrıca fonksiyonel bileşenin son ürün kalite parametreleri üzerine etkisine de dikkat edilmelidir (Önder ve Aydar, 2022).

Son dönemde gıda endüstrisinde Ar-Ge faaliyetlerindeki artışa paralel olarak ürün çeşitliliği ve niteliklerindeki gelişmeler, bilimsel araştırmaların artması, toplumların bilinçlenerek çeşitli gıdalara olan talebinin artması, beslenmenin fonksiyonlarının artırılması, aynı zamanda kanser, obezite gibi hastalıkların artması, fit-sağlıklı görünümün önem kazanması “fonksiyonel gıdalar” olarak nitelendirilen gıdalara olan eğilimi artırmıştır. Tüketici raftan bir ürünü alırken sadece doymayı ya da lezzeti önemsememektedir. Üründen elde edeceği faydayı göz önünde bulundurarak besin değerlerini, katkı maddelerini, ürünün fonksiyonelliğini de araştırmaktadır. Yaşam standartlarının yükselmesi, teknolojinin gelişmesi, kentleşmenin artması ile tüketiciler zaman içerisinde kendine has beslenme biçimleri geliştirmekte ve bilinçlenmektedir. Tüketiciler yaşam sürelerini ve kalitelerini artırmak için hastalıklara yakalanmadan önce önleyici tedbirler almayı tercih etmektedirler. Bunu da beslenme düzenini değiştirip hastalığın oluşumunu azaltan fonksiyonel gıdalar tüketerek yapmak istemektedirler (Anonymous,2004; Roberfroid, 2000).

Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi (IFIC), fonksiyonel gıdaları sağlık yararları sağlayan gıdalar olarak tanımlamaktadır (Backgrounder, 1998). Kanada Sağlık Koruma Şube Müdürlüğü ise daha geniş olarak fonksiyonel gıdaları, görünüşte geleneksel bir gıdaya benzer olmakla birlikte günlük diyetin bir parçasıymış gibi tüketilen, bilimsel

olarak kanıtlanmış fizyolojik olarak yararlı beslenmenin temel fonksiyonlarından ziyade kronik hastalığın oluşum ihtimalini düşüren gıdalar olarak da tanımlanmaktadır. Ulusal Bilimler Akademisi Tıp Enstitüsü, fonksiyonel gıdaları, sağlıklı bir diyet katkılarını artırmak için bir veya daha fazla bileşenin konsantrasyonlarının değiştirildiği gıdalarla sınırlandırır. Bu tanımlara bakıldığında içeriği değiştirilmemiş gıdalar fonksiyonel gıdaların en basit halini temsil eder. Sırasıyla antosiyanin, sülforafan, beta karoten ve likopen içeren nar, brokoli, havuç veya domates, gibi fizyolojik olarak aktif bileşenler açısından zengin oldukları için fonksiyonel gıdalardan sayılmaktadır. Amerikan Diyetisyenler Derneğine göre besinler veya fitokimyasallar ile zenginleştirilmiş olanlar dışında içeriği düzenlenmiş gıdalar da fonksiyonel gıdalar alanına girer. Fonksiyonel gıdalara eklenen bileşenlerin vücudumuz için ideal doz ve içerikte olması, diğer bileşenlerle girdiği etkileşim önemli hususlardandır. Sağlığı geliştiren bitkisel gıdalar her an herkes için uygun değildir. Son yıllarda fonksiyonel gıdalar ile ilgili çalışmalar artmış olup insan sağlığına olan faydaları için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Erenoğlu Son, 2019).

Düşük kalorili gıdaların hedef kitlesini, daha çok diyabet ve obezite gibi sağlık sorunları ya da çeşitli medikal kısıtlamaları olan tüketici grupları oluşturmaktadır. Ancak bu tip ürünlerin kullanımı zamanla hastalıktan korunma, kilo kontrolü gibi sağlık diyetleri veya yaşam stili içinde de yer almaya başlamıştır (Broomes ve Badrie, 2010). Dünya genelinde tip 2 diyabetin yaygınlığı korkutucu derecede yüksektir ve 2000 yılında %2,8 olan bu oranın 2030'da %4,4 olacağı tahmin edilmektedir. Gelişmiş ülkelerde aynı 30 yıllık periyot içinde %2,4 olan oranın %4,0'e kadar yükseleceği düşünülmektedir. Diyabetin en büyük sorumlusu obezite ve fazla kilo olarak görülmektedir. Kalorinin en önemli 2 faktörü ise yağlar ve şekerlerdir (Basu-Shivhare ve Singh, 2013). Diyabetik ürünlerin üretiminde ise şeker en kritik rolü oynamaktadır (Kopjar vd., 2009). Şeker alımının azaltılmasına yönelik ilginin artmasıyla tatlandırıcılardan üretilen gıda ürünleri daha çok tercih edilmeye ve popüler olmaya başlamıştır (Souza vd., 2013). Dolayısıyla sağlığına dikkat eden, üründeki kalori miktarını önemseyen, fonksiyonel ürünlere ilgi duyan bir tüketici grubu ortaya çıkmıştır.

Antosiyaninler, bir tür flavonoid fitopigmenttir. Fonksiyonel gıda faktörü olarak antosiyaninlerin rolü, diğer flavonoidlerinkinden nispeten daha az belirlenmiş olmasına rağmen, bu alanda yapılan çalışmalar son yıllarda artmıştır (Tsuda, 2012). Antosiyaninler

meyve ve sebzelere mavi,mor,kırmızı renklerini veren fenolik bileşenlerdir. Suda çözünür ve doğada şekerler ile glikozit yapılmış şekilde bulunurlar. Şeker içermeyen (aglikon) form antosiyanidin olarak adlandırılmaktadır. Doğada, yaklaşık 27 çeşit antosiyanidin ve 1000'e yakın antosiyanin bulunduğu bilinmektedir. Gıdalarda en fazla, siyanidin (%50) bulunmakta olup, bu sırayı pelargonidin, peonidin,delphinidin (%12), petunidin ve malvidin glikozitleri (%7) izlemektedir (Gonçalves vd., 2021).

Yapılan çalışmalarda meyve ve sebzelerin tüketiminin, içerdikleri antioksidan bileşiklere bağlı olarak dejeneratif hastalıklardan korunmada etkin olduğu bildirilmiştir. Meyve ve sebzelerde bulunan önemli fenolik biyoaktiflerden olan antosiyaninler, doğrudan ve dolaylı yollarla gösterilebilen çeşitli hastalıkların riskini azaltır. Doğrudan yol, renkli bileşiklerin serbest radikalleri temizleyerek ve böylece oksidatif stresi azaltarak çeşitli kronik hastalık riskini azaltmasıdır. Dolaylı yollar ise oksidatif stres ve lipid peroksidasyonunun azaltılması yoluyla hücre proliferasyonu ve apoptozun aşağı regülasyonudur. Antosiyaninlerin, serbest radikalleri etkili bir şekilde temizleyen güçlü antioksidanlar olduğu yaygın olarak bilinmektedir. Bu sebeple, yenilebilir bitkilerin ekstrakte edilmesiyle ortaya çıkan antosiyaninler, potansiyel farmasötik bileşenlerdir (Hock Eng vd., 2017). Gordner vd. (2012), kalori değeri olmayan tatlandırıcılar, ilave şeker alımı, kilo kaybı, kilo kontrolü gibi metabolik parametrelerle ilişkili faydalanmayı kolaylaştırmaktadır (Candeda vd., 2013). Dolayısıyla bitkisel temelli fenolik biyoaktiflerle zenginleştirilmiş düşük kalorili beslenmeye uygun ürün çeşitliliğine de ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tez çalışması ile duyusal olarak kabul edilebilir, fenolik biyoaktifler (özellikle antosiyaninler) ile zenginleştirilmiş, ilave şeker içermeyen, düşük kalorili ve yumuşak jel (gummy) tipi şeker formülasyonlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Antosiyaninlerin doğal renk maddeleri olmalarının yanında, antioksidanlar olarak da giderek önem kazanmaları nedeniyle, gıda ürünlerinde zenginleştirme amaçlı olarak daha yaygın kullanımı önemli bir araştırma konusudur. Bu amaçla, nar konsantresi, nar suyu ve aronya püresi fenolik biyoaktiflerin, özellikle antosiyaninlerin kaynağı olarak ilave şeker içermeyen formülasyonların hazırlanmasında temel teşkil etmiştir. Antosiyaninlerce zenginleştirilmiş yumuşak şekerleme ürünlerinin depolama sürecinde antosiyaninlerin stabilitesi ve antioksidan özelliklerin de önemli birer kalite kriteri olarak izlenmesi hedeflenmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

KAYNAK ÖZETİ/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Fonksiyonel Gıda

Fonksiyonel gıdalar, insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonlarına yarar sağlayarak aynı zamanda hastalıklardan koruyan ve daha sağlıklı bir yaşam sürmemizi sağlayan gıda bileşenleridir, hiçbir işlem görmemiş gıda bileşeni olabileceği gibi fonksiyonel bir maddeyle içeriği geliştirilmiş ya da değiştirilmiş bir besin de olabilir. Fonksiyonel gıdalar için birçok tanım mevcuttur. Health Canada "Görünüş olarak geleneksel gıdaya benzer, olağan diyetin bir parçası gibi tüketilen, kanıtlanmış fizyolojik yararlar içeren ve/veya temel beslenme işlevlerinin ilerisinde kronik hastalık ihtimalini azaltan besinler" şeklinde bir tanımlama yaparken (Health Canada, 2000), Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi (IFIC), fonksiyonel gıdaları 'temel beslenmenin haricinde bir sağlığa fayda sağlayabilecek gıdalar veya diyet bileşenleri' olarak tanımlamıştır (Bachi, 2008). Kuzey Amerika Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü (ILSI) ise 'fizyolojik olarak aktif gıda bileşenleri sayesinde temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sağlayan gıdalar' şeklinde bir açıklamada bulunmuştur (Bachi, 2008).

1980'lerin sonlarında lif içeriği yüksek içeceklere artan ilgiyle Japonya ve dünyada fonksiyonel gıda pazarının oluşumu hızlanmıştır ve 1988'den 1998 yılına kadar 1700'den fazla fonksiyonel özellikli gıda üretimi olmuştur. 1988 yılında Japonya'da Fibre-mini adında ilk fonksiyonel gıda (içecek) üretilmiştir. Bu içekte mide-barsak düzenleyicisi olarak suda çözünebilen polidekstroz kullanılmıştır (Sheey ve Morrisey, 1998). Günümüzde küresel olarak tüketiciler tarafından fonksiyonel gıdaya artan bir ilgi ve kabul var, bu da Asya, Kuzey Amerika, Batı Avrupa, Latin Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda'da 2010 yılında yaklaşık 7-63 milyar ABD \$ bulan sürekli büyüyen pazarlara yol açıyor (Anonim, 2011). Fonksiyonel gıdanın en önemli pazarı ABD ve ardından satışların %90'ından fazlasına fayda sağlayan Japonya ve Avrupa'dır (Benkouider, 2011). Ekonomi haberlerine göre küresel salgınla artan sağlıklı yaşam bilinci fonksiyonel gıda pazarını da hareketlendirdi. 2021 yılında 93 milyar dolara ulaşan küresel fonksiyonel gıda pazarının

2022 yılında 100 milyar doları aşması ve yıllık %7,9 bileşik büyüme oranı ile 2026 yılında 140 milyar dolara ulaşması beklenmektedir.

Fonksiyonel gıdalar gıda endüstrisinin her segmentine eşit dağılımlar da çoğu gıda kategorisinde yer almaktadırlar. Süt ürünleri, şekerlemeler, alkolsüz içecekler, unlu mamuller ve bebek mamaları bu kategorilerin birkaçıdır.

Tablo 1 de insanlarda fonksiyonel etkileri kabul edilen biyoaktif bileşenler/gıda kaynakları/gıda bileşenleri yer almaktadır. (Granato vd.,2020)

Tablo 1

Antioksidanların, biyoaktif bileşiklerin ve bileşenlerin insan sağlığı üzerindeki olası yararlı etkileri

Antioksidanlar ve Biyoaktifler	Gıda Matrisi	Sağlık Yararları
Karotenoidler		
B- Karoten	Sarı, turuncu ve yeşil renkli sebzeler ve meyveler (havuç, mango vb.)	AOX, provitamin A, göz hastalıklarını önler, radyoprotektif ve antimutajenik
Lutein	Yeşil yapraklı sebzeler(lahana)	AOX, antiinflamatuvar, antiaterojenik, antihipertansif, antidiyabetik, antiülser, kanser riskini azaltır, göz hastalıklarını önler
Likopen	Domates, kavun, şeftali vb.	AOX, KVH azaltır, kanser riskini azaltır
Zeaksantin	Yumurta sarısı, ıspanak, lahana vb.	AOX, provitamin A, antiinflamatuvar, bilişsel işlevi iyileştirir, kanser riskini azaltır, KVH azaltır
Kurkumin	Zerdeçal	AOX, DM riskini azaltır, ND'ler azaltır, CVD azaltır, IM'ler azaltır ve CVD azaltır
Klorofiller		
Klorofil A-B	Algler, deniz yosunlar vb.	AOX, kanser riskini azaltır
Lifler		
B-Glukan	Mayalar, yulaf, bakteri vb.	KVH azaltır, diyabeti kontrol eder, bağışıklık sistemini uyarır.
İnülin	Kuşkonmaz, sarımsak, soğan hindiba vb.	Prebiyotik etki, ateroskleroza azaltır, tokluğu artırır
Organokükürt Bileşikleri		
Glukozinolatlar	Brassica ailesi: Brüksel lahanası, lahana, karnabahar	Kanser ve metastaz riskini azaltır, hücreleri redoks

	vb.	denge­sizliğinden, kronik inflamatuvar hastalıklardan korur
İzotiyosiyanatlar	Brassica ailesi: Brüksel lahanası, lahana, brokoli vb.	ND'ler azaltır ve kanser riskini azaltır
Fitosteroller		
Sterol ve stanol	Buğday tohumu, kolza tohumu yağı, yer fıstığı vb.	Toplam kolesterol ve LDL-C azaltır, antiinflamatuvar ve ND'ler azaltır
Polifenoller		
Antosiyantinler ve proantosiyanidinler	Litchi, üzüm, yaban mersini, üzüm, kakao	AOX, hiperürisemi ve/veya gutu önleme/tedavi etme, KVH azaltır
İzoflavonlar	Soya, miso, tofu, soya bazlı gıdalar, keten tohumları	KVH azaltır, LDL-C azaltır, Osteoporozu azaltır, DM riskini azaltır ve karaciğer hastalığını azaltır
Lignanlar	Susam tohumları, brokoli, çilek, brüksel lahanası, zeytin	KVH azaltır, kanser riskini azaltır
Resveratrol	Kırmızı üzüm, yaban mersini, böğürtlen, kakao	KVH azaltır, LDL-C azaltır
Prebiyotikler		
İnülin, fruktooligosakkaritler, ksilooligosakkaritler	Hindiba, soğan, sarımsak, yer elması, pırasa, kuşkonmaz	Depresyon semptomlarını azaltır, bifidojenik etki, aterosklero­zu azaltır, tokluk sağlar
Probiyotikler		
Lactobacillus casei, yoğurt mayası, Bifidobakteri lactis	Probiyotik mikroorganizmalarla takviye edilmiş fermente gıdalar, fermente sütler	Bağırsak mikrobiyota yönetimi; kilo artışı, bel çevresi, serum glukozu, insülin ve HOMA-IR, LDL-C azaltır, GSH serum seviyelerini artırır, kanda oksitlenmiş ürünleri azaltır, inflamasyon belirteçlerini azaltır, hipertansiyonu azaltır, hiperglisemiyi azaltır, HDL-C artırır
Sinbiyotikler		
L. casei, L. acidophilus, B. lactisartı inülin, fruktooligosakkaritler	Probiyotikler ve prebiyotik bileşenlerle desteklenmiş gıdalar (dondurmalar, tatlılar, granolalar)	İltihap belirteçlerini azaltır, serum/ plazma toplam antioksidan kapasitesini artırır, Kandaki GSH seviyelerini artırır, NO artırır, enfeksiyon riskini azaltır, hipertansiyon ve hiperglisemiyi azaltır
<i>Kısaltmalar:</i> AOX: antioksidan; CVD: kardiyovasküler hastalık; DM: şeker hastalığı; GSH: glutatyon; HDL-C: yüksek yoğunluklu lipoprotein-kolesterol; HOMA-IR:		

homeostatik model değerlendirmesi – insülin direnci; IM : enflamatuar mediatör; LDL-C: düşük yoğunluklu lipoprotein-kolesterol; ND: nörolojik bozukluk; NO: nitrik oksit

2.2. Fonksiyonel Gıdaların Biyoaktif Bileşenlerce Zenginleştirilmesi

Gıdalar besleyici, duysal ve fizyolojik gibi birtakım özelliklere sahiptir, tüm gıdalarda besleyici ve duysal özellikler bulunmasına rağmen fizyolojik fonksiyonel özellikler bazı gıdalarda bulunmaktadır. Son teknolojilerle üretim esnasında gıdanın yapısı değiştirilerek, zararlı bileşenler gıdadan çıkartılarak veya içeriğinde bulunan faydalı bileşen miktarı artırılarak gıdalar daha fonksiyonel hale getirilmektedir (Jiménez-Colmenero ve ark., 2001). Piyasada satışa sunulan ilk fonksiyonel gıdalar lif içeren gıdalardır. Fonksiyonel gıda sektöründe sıklıkla alıntılanan örneklerden biri, Birleşik Krallık'ta bitki sterolleri ile güçlendirilmiş margarin sürülerinin piyasaya sürülmesidir. Bitki stanol esterlerinin günde 2-3 g seviyelerinde tüketilmesiyle düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolünde %10-15 oranında bir azalma gözlemlenmiştir (Nguyun, 1999).

Fonksiyonel gıdalar üç gruba ayrılır: (1) geleneksel gıdalar, (2) içeriği değiştirilmiş gıdalar, (3) gıda bileşenleri. Geleneksel gıdalar hiçbir değişikliğe uğramamış ve sağlık için güçlü faydaları olan sebze, meyve, balık, günlük, bakliyat ve tahıllar gibi bir bütün olarak karşımıza çıkarken değiştirilmiş gıdalar sağlığa olan faydalarını artırmak için belirli bir besin maddesi ile zenginleştirilmiş ya da zararlı bir maddesi çıkarılmış gıdalardır. Modifiye edilmiş gıdalara kalsiyum, antioksidanlar ve vitamin takviyeli içecekler, kalsiyum ve folatla zenginleştirilmiş ekmek, bitki lifleri, steroller ve omega 3 yağ asitleri ile zenginleştirilmiş ürünler örnek verilebilir. Fonksiyonel gıdaların üçüncü sınıfı prebiyotiklerdir.

Günümüzde kalsiyum/demir ilaveli devam sütleri, vitaminli şekerler, fonksiyonel yoğurt, demir, çinko folik asit gibi mikrobesein öğeleri ilave edilmiş un, ekmek vb. zenginleştirilmiş/ kuvvetlendirilmiş ürünler bulunmaktadır (Burnaz vd.,2018).

Yumurta yeterli ve dengeli beslenmede ihtiyacımız olan esansiyel besin maddelerinin büyük kısmını karşılayan bir gıdadır. Ancak, ülkemizde kan kolesterol düzeylerini yükselterek ateroskleroz riski ve kalp damar hastalıklarını artırma korkusuyla halen istenilen düzeyde tüketilememektedir. Bu sebeple sağlıklı beslenmek isteyen

tüketiciler için içeriği değiştirilmiş yumurta üretimine gereksinim duyulmuş ve bazı çalışmalar yapılmıştır.

Ticari yumurtalar omega-6 yağ asitleri yönünden zengin, omega-3 yağ asitleri yönünden fakirdir. Yumurtaların omega-3 yönünden zenginleştirilmesi tavuk yemlerine omega-3 takviyesiyle mümkündür. Hargis vd. (1991) yaptığı çalışmada tavuk yemlerine yapılan %3 balık yağı ikamesinin yumurtada 200 mg'dan fazla omega-3 yağ asidi içerdiğini bildirmektedir.

Sağlık üzerinde olumlu etkileri olan süt ürünleri de fonksiyonel gıdalar arasında yer almaktadır bu bağlamda prebiyotik/probiyotik süt ürünleri, zenginleştirilmiş süt ürünleri ve kalorisi azaltılmış süt ürünleri fonksiyonel süt ürünlerine örnek gösterilebilir. Probiyotikler olarak bilinen canlı organizmalar fermente süt ürünleri ile bağlantılıdır ve sağlık üzerine olumlu etkileri (*Helicobacter pylori*'yi inhibe etme, diyareyi önleme, antikanserojen, antimutajen, immün sistemi kontrol etme vb.) bilinmektedir. Bunlara ek olarak taurin, vitamin, mineral, çoklu doymamış yağ asitleri, antioksidan gibi öğelerin eklenmesiyle de fonksiyonel süt ürünleri üretilebilmektedir. Bu ürünlerin ayrıca kemik sağlığı ve kolesterolü düşürme gibi olumlu etkileri de bilinmektedir (Sezen ve Koçak, 2006).

Son zamanlarda ekmeğin fonksiyonelleştirilmesi üzerine de birçok çalışma yapılmaktadır. Biberiye özleriyle zengileştirilen tam buğday ekmeği, keten tohumu eklenmiş beyaz ekmek, kinoa tozu ile zenginleştirilmiş ekmek, karabuğday ile zengileştirilen antihiperlipidemik etkisi olan ekmek, zenginleştirilmiş glütensiz ekmek bunlardan birkaçıdır (Burnaz vd.,2018).

2.3. Antosiyaninler ve Stabilitesi

Antosiyaninler meyve ve sebzelerin pembe, mor, kırmızı, mavi renklerini içeren fenolik bileşiklerdir. Suda çözünbilirler, doğada serbest olarak bulunmazlar ve şekerlerle glikozit yaparlar. Bu bileşenlerin şeker içermeyen aglikon formu antosiyanidin olarak isimlendirilmektedir, metoksil ve hidroksil gruplarının farklı sayısı ve konumları ile çok sayıda antosiyanidin meydana gelmektedir. Çoğu antosiyanin asitli ortamda kırmızı renkli olurken bazik ortamda maviye döner. Bu özellikler asit baz indikatörü olarak kullanılmalarını sağlar (Gonçalves vd., 2021).

Doğal renklendiriciler gıdalarda kullanılırken üretim ve depolama sürecinde stabiliteyi etkileyen bazı engellerle karşılaşılır (Francis, 1989; Jackman vd., 1987). Yapılan çalışmalar antosiyanin stabilitesinin ışık, sıcaklık, enzimler, fenolik bileşikler hidrojen peroksit, metal iyonları, askorbik asit, kükürt dioksit ve çevresel etkenler gibi birçok etkenden etkilendiğini ve depolamada, sindirim ve emilim aşamasında bozunabildiğini göstermektedir (Gonçalves vd., 2021).

Şekerlere bağlanan açıl ve asit molekülleri ile B halkasına bağlanan metoksil (OCH₃) gruplarının antosiyanin stabilitesini artırırken hidroksil (OH) gruplarının stabiliteyi azalttığı gözlemlenmiştir (Timberlake ve Bridle,1980). Antosiyaninlerin yapısında sulu asidik ortamda geri dönüşümlü renk değişimleri meydana gelmektedir. Asidik ortamda daha stabil olurken alkali ortamda daha az stabildirler.

Antosiyaninler farklı pH derecelerinde farklı formlarda bulunmaktadır bunlar kuinidal baz, flavilium katyonu, psödobaz veya karbonil ve çalkon formudur. Bu formlar farklı pH derecelerinde birbirine dönüşebilmektedirler (Lapidot ve ark., 1998). Kuvvetli asidik ortamda (pH<2) suda çözünür olmayı ve kırmızı rengi sağlayan flavilyum formunda bulunurlar. pH 2-4 arasında kuinoidal mavi türü bol miktarda bulunurken, 5-6 arasında bir pH'ta karbinol psödobaz form renksiz çalkon formuna dönüşmektedir (Kang vd.,2021).

Antosiyanin konsantrasyonunun artışı renk stabilitesini artıran etmenlerden biridir. Işık faktörü ise antosiyaninleri 2 şekilde etkilemektedir. Antosiyanin üretimi için ışığa ihtiyaç vardır ancak aynı zamanda parçalanmalarını da hızlandırmaktadır. Floresan ışığına maruz kalan pigmentlerde parçalanmanın en yoğun şekilde gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Remini vd.,2018).

Askorbik asit vücudumuzda antioksidan olarak görev almaktadır. Aynı zamanda gıda işlemede gıda kalitesini belirleyen önemli bir parametredir, seviyesindeki değişiklik gıdanın işlenme ve depolanma sırasında bozduğunu göstermektedir. Antosiyanin içeren bir ortamda askorbik asit bulunması, antosiyaninlerin daha hızlı parçalanmasına ve renk kaybına neden olmakta, dolayısıyla iki molekül arasında doğrudan bir etkileşim olduğunu göstermektedir (Enaru vd.,2021).

Isıl işlem uygulaması gıdaların saklanması, raf ömürlerinin uzatılması ve gıda güvenliğinin sağlanması için kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Belirli sürelerde ve yüksek sıcaklıklarda yapılan bu işlem sonucunda gıdalarda renk, antosiyanin miktarı ve antioksidan kapasitelerinde değişiklikler olmaktadır. Isıl işleme maruz kalan

antosiyeninlerde glikosilasyon, suyun nükleofilik saldırısı, bölünme ve polimerizasyon gibi pigment kaybına ve bozunmaya neden olan birçok mekanizma ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle sıcaklık antosiyenin stabilitesini etkileyen bir diğer faktördür. Yapılan çalışmalarla tüm gıda pigmentlerinde artan sıcaklıkla stabilitenin azaldığı kanıtlanmıştır. Aynı zamanda bu bileşiklerin stabilitesinin, şeker fraksiyonunun önemli bir faktör olup kimyasal yapılarıyla yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir (Remini vd., 2018). Bir başka çalışmada depolama sıcaklığının antosiyenin içeriği ve varılanma ömrüne etkisine bakılmıştır. Çalışma sonucunda incelenen tüm meyve sularında antosiyenin yarı ömrü ($t_{1/2}$) oda sıcaklığında soğuk depolamaya göre oldukça kısadır. Bu sebeple antosiyeninleri uzun süre verimli depolamak için oda sıcaklığında saklanmasından kaçınılması gerekmektedir (Hellström, 2013).

Antosiyeninler doymamış kimyasal yapıları sebebiyle oksijen ile reaksiyona girmeye müsaittir bu sebeple stabilizeyi etkileyen bir diğer faktör de oksijendir. Oksijen bozunmayı 2 şekilde etkilemektedir: oksidatif mekanizma ve oksitleyici enzimlerin varlığı. Birçok çalışma stabilitenin vakum nitrojen veya argon içeren ortamda oksijenli ortama kıyasla daha fazla olduğunu göstermiştir. Antosiyenin içeren karışımlardan oksijenin uzaklaştırılması termal bozunmayı önlemektedir. Ayrıca çalışmalara göre yüksek sıcaklık ve oksijen antosiyenin stabilitesine en çok zarar veren ikilidir. Bunlara ek antosiyeninler radikaller ile reaksiyona girerek antioksidan özellik göstermektedir. Bu da antosiyeninlerin kardiyovasküler hastalıklar üzerine olumlu etkisini göstermektedir (Remini vd.,2018).

Sülfidler ve sülfatlar meyve türü gıdaların muhafazasında yaygın olarak kullanılmakla beraber antosiyenin pigmentinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu renk değişimi kükürt bileşikleri 2 ve 4 konumunda bağlandığında renksiz kükürtlü bileşikler oluşmasından kaynaklanmaktadır. Ancak ısıtıldığında antosiyeninlerden bir miktar SO₂ salınır ve spesifik renk kısmen de olsa geri kazanılabilir. 10 g/kg üzeri sülfid kullanımı antosiyenin bozulmasını kalıcı kılmaktadır (Cavalcanti vd.,2011).

Kopigmentasyon, pigmentlerin renksiz bileşikler veya metal iyonları ile etkileşime girerek renk yoğunluğunda değişiklik veya artış meydana gelmesidir. Kopigmentli antosiyenin çözeltisi ortamın pH değerinden etkilenmektedir yüksek pHlı ortamda antosiyeninler bozunmakta ve renk kayıpları meydana gelmektedir (Escribano-Bailon vd., 2012).

2.4. Antosiyaninlerin Nutrasötik Özellikleri

Doğada 600 çeşitten fazla antosiyanin olduğu bilinmektedir, yapılan yeni çalışmalarla bu sayının artacağı tahmin edilmektedir. Besinlerin biyolojik etkileri biyoyararlılıkları ile yakından ilişkilidir. Fenolik bileşikler aglikonlar veya glikozitler halinde bulunmaktadır. Aglikonlar hücre zarından serbestçe geçerken fenolik glikozitler bağırsağa girmeden şeker kısmından ayrılmaktadır. Emilen fenolik bileşikler karaciğere taşınıp çeşitli reaksiyonlara girerek glukoronitler, sülfatlar, metillenmiş türevlere dönüşmektedir. Bazı çalışmalar fenolik bileşiklerin sağlığa faydalı etkilerin bu konjugatlar sayesinde olduğunu göstermektedir. Antosiyaninler sağlık yararlarını sadece bozulmamış bileşikleri ile değil aynı zamanda bozunma ürünleri ile de gösterebilir (Eker vd.,2020).

Oksidatif stres ve inflamasyon hastalıklarının başlatılmasını tetikler. Antosiyaninler ve türevleri büyük ölçüde antioksidan ve antiinflamatuvar mekanizmalar yoluyla biyolojik etkilerini ve terapötik potansiyellerini gösterir. Diğer birçok fenolik bileşiğe benzer şekilde, antosiyaninler, çeşitli yollarla kanser hücresi proliferasyonunu inhibe eder. İyi bilinen etki mekanizmalarından biri, siklooksijenaz (COX) enzim aktivitesinin aşağı regülasyonudur. Bu enzimler lökotrienler, prostasiklinler, prostaglandinler (PG'ler) ve tromboksanların oluşumunu katalize eder (Fitzpatrick, 2004). COX-1 ve COX-2 dahil olmak üzere COX enzimlerinin aşağı regülasyonu, hücre çoğalmasını tersine çevirir ve böylece kanser riskini azaltır. Antosiyaninler ayrıca mitojenle aktive olan protein kinaz yolunun aktivasyonunu bloke ederek tümör büyümesini de inhibe eder (Garcia-Alonso vd., 2009).

Antosiyaninlerin bilinen ilk etkilerinden biri antioksidan aktivitelerdir. Antosiyanin tüketimi ile görme arasında ilişkiler bulunmaktadır. Berry antosiyaninleri, gelişmiş retina pigmentleri üretimi ile gece görüşünü iyileştirmek, retinanın kılcal damarları içinde dolaşımın artırılması, moleküler dejenerasyonun ve diyabetik retinopatinin azaltılması, glokom, retinitis pigmentosa ve kataraktın iyileştirilmesi veya önlenmesi gibi çeşitli şekillerde görüşe fayda sağlamaktadır (Tsuda, 2012).

Epidemiyolojik çalışmalar sonucunda antosiyaninlerin bilişsel, hafıza ve motor performans üzerinde nöroprotektif aktivitesi kanıtlanmıştır ve bunun da Parkinson Hastalığı (PD), Alzheimer Hastalığı (AD) gibi birçok nörolojik hastalığın önlenmesinde etkisi vardır (Youdim vd., 2004). Orta beyin bölgesinde dopaminerjik nöronların kaybı

sonucu Parkinson Hastalığı ortaya çıkmaktadır. Strathearn vd., (2014), yaban mersini, üzüm çekirdeği, ebegümece, frenk üzümü ve Çin dutundan elde ettiği antosiyaninler açısından zengin bileşimin, mikrogial aktivasyona müdahale ettiği ve mitokondriyal disfonksiyonu iyileştirmek için rotenon kaynaklı dopaminerjik hücre ölümünü önemli ölçüde baskıladığı gözlenmiştir. Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada ise siyanidin-3-O-glukozitin mitokondriden AIF salınımını bloke ederek iskemik inmeye karşı koruyucu etkisi gözlenmiştir (Min vd., 2011). Dut antosiyaninlerinden zengin bir ekstrat ile yapılan başka bir çalışmada ise hızlandırılmış fare modelinde A β birikimi önemli ölçüde engellendi ve öğrenme ve hafıza yeteneği geliştirildi (Shih vd., 2010).

Antosiyaninler, kan lipid profilini ve biyobelirteçleri iyileştirerek KVH riskini azaltır. Bazı kan biyobelirteçlerinde azalmanın CVD'leri önlediği bilinmektedir. Genç ve orta yaşlı kadınlar üzerinde yapılan bir çalışmada antosiyanin tüketiminin miyokard enfarktüsü riskinde %32'lik bir azalma sağladığı gözlenmiştir (Cassidy vd., 2013). Ateroskleroz, ateroma plaklarının lezyonu sonucu ile orta ve büyük çaptaki arterlerin intima tabakalarında hasar bırakan bir hastalıktır. Aterosklerozun başlamasını endotel disfonksiyonu tetiklemektedir (Zengin, 2012). Karaciğer ise plazma lipid düzeylerini ve lipoprotein metabolizmasını düzenleyen ana organdır ve aterosklerozda rolü büyüktür. Mauray ve arkadaşları yaban mersini antosiyaninleri açısından zengin özütü ile 2 haftalık takviye sonucunda, apolipoprotein E eksikliği olan (apo E $^{-/-}$) farelerin plazmatik toplam kolesterol ve hepatik trigliserit düzeylerini önemli ölçüde azalttığını gösterdi. Ayrıca Zhu vd., (2011) yaptığı çalışmada, hiperkolesterolemik bireylerde endotel fonksiyonunun, NO-cGMP sinyal yolunun aktivasyonu ile delphinidin 3-O-glukozit ve siyanidin 3-O-glukozit tarafından iyileştirildiği de gösterilmiştir. Özetle, meyve ve sebzelerden elde edilen antosiyaninlerin, endotel disfonksiyonunu iyileştirerek, oxLDL oluşumunu inhibe ederek ve makrofaj RCT'yi teşvik ederek ateroskleroz riskini azalttığı söylenebilir (Li vd., 2013).

Obezite enerji alımı ve harcanması dengesizliği sonucu yağ dokusunun birikimi ile karakterize bir hastalıktır ve çoğunlukla metabolik bozukluklarla ilişkilidir. ABD'de 200.994 sağlık çalışanının katıldığı geniş bir kohort çalışması, antosiyaninden zengin gıdaların tüketiminin diyabet riskini azalttığını ortaya koydu (Muraki ve ark., 2013). Bu bulgular eşliğinde, Çinli kadınlarla yapılan kesitsel bir çalışmada, yüksek miktarda antosiyanin alımı, lipid profilini iyileştirmede yararlı olabilir, bu da antosiyaninlerin obezite tedavisi için etkinliğini gösterir (Li vd., 2013). Wu vd., (2013), hammeli antosiyanin

ekstraktının vücut ağırlık artışını engellediğini, serum ve karaciğer lipid profillerinde azalma, bozulan karaciğer fonksiyonlarında iyileşme sağladığını ve serum adiponektin konsantrasyonunu önemli ölçüde artırırken, serum insülin ve leptin düzeylerini yüksek oranda azalttığını gözlemlemişlerdir. Alzaid ve arkadaşları Meyve antosiyaninlerinin Caco-2 hücrelerinde hem Na⁺ bağımlı hem de Na⁺ bağımsız glikoz alımını önemli ölçüde azalttığını buldu. Ayrıca, meyve özüne daha fazla maruz kalma, glikoz taşıyıcı 2 (Glut2) ve sodyum bağımlı glikoz taşıyıcı 1 (SGLT1) ekspresyon seviyelerini önemli düzeyde azalttı ve glikoz alımının önemli ölçüde inhibisyonu ile sonuçlandı (Alzaid vd., 2013). Yağ dokusu adiponektin, leptin, resistin gibi metabolik hastalıkların gelişiminde düzenleyici işlevleri olan adipositokinleri salgılar. Bu yüzden adipositokin salınımı veya adiposit spesifik gen ekspresyonunun düzenlenmesi obezitenin önlenmesinde en önemli stratejilerden biridir.

2.5. Yumuşak Şeker Formülasyonlarında İnovasyon: Biyoaktiflerce Zenginleştirme ve Enerji (Kalori) Düzeyini Azaltma

Günümüzde gelişen teknoloji, kadınların iş hayatında daha aktif olarak çalışması, hızlı nüfus artışı, şehirleşme, yoğun ve zorlu çalışma şartları buna bağlı zaman kısıtlılığı sebebiyle beslenme daha dengesiz ve sağlıksız olmaktadır. Dolayısıyla kalp hastalıkları, obezite diyabet gibi kronik hastalıklarda artış görülmektedir. Bu sebeple insanlar temel besin bileşenlerini içeren aynı zamanda sağlığa yararlı ve hastalığın oluşumunu önleyen fonksiyonel maddeler tüketmek istemektedirler (Bağdatlı vd.,2012; Çaltinoğlu ve Şensoy, 2012; Giray ve Şahin, 2012; TBMM, 2004). Bu talep doğrultusunda dünyada tüketicilerin alışkın olduğu gıda formlarında doğal, sağlığı geliştirici bileşiklere yönelik talebi karşılayan yeni ürünler geliştirilmeye başlanmıştır. Önde gelen şekerleme üreticileri C vitamini katkılı, lif ve meyve suyu içeren çikolatalar ve şekerler gibi zenginleştirilmiş sakızlı şekerlemelerin, yeni bir trend olduğunu ve sağlığı geliştirici bileşiklerin üretilebileceğini kabul ediyor (Burroughs, 2010). Sağlığına önem veren bireyler lezzetten ödün vermeden sağlığı geliştirici bileşikler içeren ve normal diyetin bir parçası olan gıda ürünleri tüketmek isterler. Meyveler ve sebzeler sağlıklı ve dengeli beslenmenin bir parçasıdır ancak çoğu kişi gün içinde önerilen miktarları tüketmemektedir bu sebeple şekerleme formları fonksiyonel gıda formülasyonuna dahil edilen besleyici gıdalardan

sağlığı geliştirici bileşikleri tüketmeleri için uygun bir yol sağlayabilir (Kimmons vd., 2009).

Her yaş grubundan tüketicinin tercih ettiği şekerleme sektörü oldukça çeşitli ürün grubuna sahiptir. Genelde üretilen ürünler dolgulu/dolgunsuz, yumuşak ya da sert şekerler, sakızlar, çikolata ve türevleri, kaplamalı ürün ve drajelerdir (Manjula ve Suneetha, 2014). Yumuşak şekerlemeler de kendi içinde stabilizatörler ve/veya hidrokolloid tür ve düzeyi ile son ürünün nem miktarının belirleyici olduğu alt gruplara ayrılmaktadır. Bu alt gruplar bileşim, tekstür ve çiğnenebilirlik özelliklerine göre gruplandırılmıştır (Burey vd., 2009). İlk kez jelly şekerleme ürünleri Hans Riegel tarafından 1900'lü yılların başında Almanya'da üretilmiştir (Traxler, 1993).

Yumuşak jöle tipi şekerlemelerin içeriğinde glikoz şurubu, maltoz, sakaroz, kıvam verici olarak jelatin ya da nişasta, asitlik düzenleyici, aroma ve renk verici maddeler ve su bulunmaktadır (Burey vd., 2009). Sakkaroz bir mol glikoz ve 1 mol fruktozun 1,4 glikozit bağı ile birleşmesinden oluşan bir disakkarittir. En çok şeker pancarı (çözünmüş olarak bulunur) ve şeker kamışında bulunur. Pancar preslenerek suyu çıkarılır, çıkan su önce ısıtılır sonra soğukta bekletilerek şekerler kristalize hale getirilir. Sakaroz suda kolay çözünür, çözünürken ortamdan ısı aldığı için çözeltinin sıcaklığı düşer ve su moleküllerinin sakaroz molekülleri arasına girmesiyle çözelti hacmi azalır (Altan, 1991).

Nişasta ile birlikte en çok kullanılan hidrokolloid jelatindir (Gök, 2020). Jelatinin gıda endüstrisinde kullanım amacı kıvam artırma, jelleştirme, su bağlama, emülsifiye etme, köpük ve film oluşturmaktır (Karim ve Bhat 2008). Jelatin içerikli şekerlemelerin elastiki bir yapısı varken pektin, agar veya karregen vb. içeren jelly şekerler kısa ısırım denilen yapıya sahiptir. Bu şekilde istenilen yapıda ürünleri elde etmek için jelleştirici ajanlar türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak kullanılır (Hartel vd., 2018; Jackson ve Lees 1973). Gıda endüstrisinde nişasta ile jelatinin beraber kullanıldığı jelly şekerlemelere sıkça rastlanmaktadır (Burey vd., 2009).

Gıda, şekerleme, kozmetik, farmasötik/tıbbi ve teknik ürünlerde kullanım alanları olan jelatin; polipeptit omurgasının farklı derecelerde hidrolizi ile ikincil ve daha yüksek yapıları parçalayan işlemlerle ana protein kolajenden türetilir. Domuz ve sığır gibi memeli kaynaklarından elde edilen postlar, deriler ve kemikler tercih edilir, ayrıca soğuk ve ılık su balık türlerinin derilerinden ve küçük miktarlarda kümes hayvanlarından da üretilebilir. Üretim süreci, kaynak dokuların temizlenmesini, ardından ön işleme, jelatinin

ekstraksiyonu, filtrasyon/saflaştırma/sterilizasyon, konsantrasyon, kurutma ve son olarak öğütmeyi içerir (Haug ve Draget, 2009). Jelatin, ön işlem sırasındaki hidrolizin asit veya alkali ortamda yapılmasına göre A ve B tipi olarak 2'ye ayrılır.

Asit ön işlemi A tipi jelatinlere yol açar. Bu işlemde yıkanan hidratlı hammadde, hammaddenin kalınlığına ve boyutuna bağlı olarak 8 ± 30 saat (genellikle 18 ± 24 saat) soğuk seyreltilmiş mineralli asit (pH $1,5\pm 3,0$) içine daldırılır, işlemden sonra malzeme akan suda yıkanır ve ekstraksiyon pH'ına ulaşılan kadar nötralize edilir (Haug ve Draget, 2009).

B tipi jelatinler, alkalın ön işleminin son ürünüdür. Bu işlem için bir dizi alkali ajan kullanılabilir, ancak doymuş kireç suyu ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, pH 12,0) genellikle en çok kullanılan sertleştirme sıvısıdır. Yıkanan stok, doygunluğu korumak için sıvı ve yeterli sönmüş kireçle birlikte çukurlara veya teknelere yerleştirilir. Sıcaklık $24\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altında tutulur ve karışım, kutuplar veya diğer mekanik araçlar kullanılarak aralıklarla karıştırılır. İşlem, hammaddenin kalınlığına ve cinsine bağlı olarak en az 20 gün ile 6 ay (genellikle 2 ± 3 ay) arasında sürer. İşlem tamamlandığında, doğru ekstraksiyon pH'ını elde etmek için, kireçli malzeme seyreltik asit (örn. HCl) ile işlemden önce yaklaşık olarak nötr koşullara kadar su ile yıkanır (Haug ve Draget, 2009).

Genelde deri hammaddesinden A tip jelatin, kemik hammaddesinden ise B tip jelatin üretilmektedir (Hinterwaldner, 1977). Katılma süreleri kıyaslandığında A tipi B tipine göre daha kısa sürede; ikisinin karışımından oluşan bir çözeltinin jelleşme süresi ise her ikisinin jelleşmesinden daha kısa sürede tamamlanmaktadır (Anonim, 2016).

Jelatinin, %85-92'si protein, %8-15'lik kısmı ise tuzlar, mineral ve sudan meydana gelmektedir. Jelatin, kolajenin kısmi hidrolizi ile ortaya çıkmaktadır. Hayvanın yaşı ve cinsine bağlı olarak kullanılan hammadde ve hidroliz sonucu ortaya çıkan kolajen farklı yapı ve kompozisyonda olduğundan üretilen jelatin de farklı özellikler göstermektedir (Duconseille vd., 2015).

Jelatin ülkemizde katkı maddesi sınıfında yer almaz bu sebeple kullanım miktarında alt veya üst sınır yoktur, kullanımı serbest ve güvenlidir. Suda çözünebilir olması, tat ve kokusunun olmaması ve vücut ısısında eriyebilmesi jelatinin tercih edilme sebeplerindendir (Boran, 2011).

Jelatinin jel sertliği/direncine "bloom değeri" denilmektedir. Endüstriyel olarak jelatinin sınıflandırılmasında kaliteyi belirleyen en önemli faktörlerden biri bloom

değeridir (Sarbon vd., 2013). 150 bloomdan az olanlar düşük, 150 ila 220 arasındakiler orta ve 220 bloomdan fazla olanlar ise yüksek bloom değerli jelatin olarak tanımlanmaktadır (Badii ve Howell, 2006). Daha köpüksü yapıda olması gereken ürünlerde 180 bloom değerinde jelatin, meyveli jelly şekerlemelerin üretiminde genelde 180 ile 260 arası bloom değerinde jelatin, (Boran, 2010; Wainwright, 1977) sert yapılı, ısırmada kolayca kopan şekerlemede 260 bloom değerinde jelatin kullanılmaktadır. Bloom derecesi arttıkça, son ürün daha da şeffaflaşmaktadır (Anonim, 2016).

Jelatinin ikinci önemli kalite belirteci ise viskozitedir. Viskozite, sıvı veya gazların akışkanlığa karşı gösterdiği dirençtir. Piyasada bulunan jelatinlerin viskoziteleri 2-7cP arasındadır ancak özel üretilen jelatinlerin 13cP olabildiği belirtilmektedir. Düşük viskoziteli jelatinden üretilen jeller daha yumuşak, yüksek viskoziteli jelatinden üretilen jeller ise daha sert ve esnek yapıdadır.

Jöleler, pastiller ve sakızlar gibi şekerleme ürünleri, yumuşak şekerler olarak aynı sınıfa girerler (Lees ve Jackson 2012). Yumuşak şekerlerin dokusal özellikleri, jelleştirici maddenin türünden önemli ölçüde etkilenir (Ergun vd., 2010). Jel tipi şeker yapmak için, şeker, glikoz şurubu ile jelleştirici madde suda çözülür ve ardından karışım kaynatılır. Kaynattıktan sonra konsantre karışım kalıba dökülür, kurutulur, kaplanır ve paketlenir (Edwards, 2000). Özellikle jel tipi şekerler, şekerin nemini kaybetmesine yardımcı olan ve şeker yüzeyinde bir kabuk oluşturan nişasta kalıplarında bekletilir. Kabuk oluşumu, nişasta kalıbından çıkarıldığında şekerin deformasyonunu engeller (Edwards, 2000; Ergun vd., 2010). Ürünler kalıplara doldurulduktan sonra fırınlanır. Fırınlama işlemi bittikten sonra özelliklerinin iyileştirilmesi için ürünler çalışma odasında bekletilebilir. Kurutma parametreleri (sıcaklık, bağıl nem, fırınlanma süresi) seçilen jelleştirici ajanın (pektin, jelatin, nişasta vb.) özelliklerine göre değişir. Fırında kuruma süresi şekerin cinsine ve boyutuna, jelleştirici maddenin cinsine ve istenilen nem içeriğine bağlı olarak 24 saatten 72 saate kadar değişmektedir (Ergun vd., 2010). Jelatinin kararmasını önlemek ve istenen dokusal özellikleri elde etmek için sıcaklık ve pişirme süresi jelatin bazlı şekerlerde nişasta ve pektin bazlı şekerlere göre daha düşük olmalıdır (Edwards, 2000). Yumuşak şekerlerde kabuk oluşumunda kurutma süresi de önemlidir. Kabuk oluşumu hızlı olursa şekerin yüzeyi de sertleşir. Fırında kurutma sırasında nişasta- şeker ve hava arasında nem geçişi meydana gelir. İlk olarak, şekerden nişasta yatağına nem göçü gerçekleşir. Daha sonra, nem şekerden havaya geçer. Son olarak, havanın % RH'sine bağlı olarak nişasta yatağından

havaya nem göçü gerçekleşir (Troutman vd., 2001). Dehidrasyon, şekerin doku profilinde çok önemli bir parametredir. Şekerdeki en yüksek dehidrasyon oranı nişasta kalıbında kurutma başlangıcında meydana gelir. Şekerlemenin içindeki su dışarıya çıkar ve katı madde içeriği artmış olur (Delgado ve Bañón, 2015).

Yüksek oranlarda karbonhidrat içeren sert ve yumuşak yapılı şekerlemeler üzerine yapılan fonksiyonel çalışmalarda; şeker alkollerini ya da yapay tatlandırıcılar ilave edilerek enerji içeriği düşürülür. Ayrıca içeriğindeki yapay aroma ve renk maddeleri doğal olanları ile yer değiştirir. Kullanılan şeker alkollerini sorbitol, mannitol, ksilitol, izomalt, maltitol veya bunların yanında aspartam, sukraloz, asesülfam K gibi fazla yoğunluklu sentetik tatlandırıcılardır (Chattopadhyay vd., 2014; Grembecka, 2015). Tatlandırıcılar şekerden çok daha tatlıdır. Gıdaya eklendiğinde, kaloriye ya çok az miktarda değişiklik olur ya da hiçbir değişiklik olmaz. Ancak tatlandırıcıların vücudumuzdaki metabolik etkileri araştırılmalıdır (Durmaz ve Keser, 2018). Şekerleme ürünlerinde çoğunlukla tatlandırıcı çeşitlerinden şeker alkollerini kullanılmaktadır.

Eritritol beyaz, susuz, hidroskopik olmayan, sükrözün %60-70'i tatlılığa sahip fermentasyonla elde edilen dört karbonlu bir polioldür. Diğer poliollere kıyasla daha kolay sindirilir, emilir ve idrardan değişmeden atılır. Bazı mantarlarda, kavun, armut, üzüm, şarap, peynir, soya sosu gibi fermente ürünlerde doğal olarak bulunur (Bernt vd., 1996; Sreenath ve Venkatesh, 2008). Ayrıca insan ve hayvan dokularında, kan, idrar beyin omurilik sıvısı dahil vücut sıvılarında endojen olarak bulunur. İlk kez 1852'de elde edilmesine rağmen piyasaya sürülmesi 1990'a kadar sürmüştür. Masaüstü tatlandırıcılar, sakız, çikolata, şekerlemeler ve unlu mamüller kullanım alanlarındandır (de Cock, 2012).

Eritritol üretiminde fermantasyondan faydalanılır. Mısırdan elde edilen saf glikoz, sakaroz veya glikoz (nişasta kaynağı olarak) başlangıç materyali olarak kullanılır. Nişasta mısırdan çıkarılır ve nişasta zincirleri, *Moniliella pollinis* gibi bir ozmofilik maya kullanılarak eritritole fermente edilen glikoz molekülleri hidrolize edilir. Fermantasyondan sonra, maya hücreleri ve diğer safsızlıklar süzülerek ayrılır. Fermantasyon suyu filtreledikten sonra eritritol, iyon değişim reçinesi, aktif kömür ve ultrafiltrasyon ile saflaştırılır. Son adım kristalleştirme, su soğutulur ve eritritol çözeltiden çökelerek % 99'un üzerinde saflıkta kristaller verir (de Cock, 2012; Moon vd., 2010).

Yapılan çalışmalarda, gıdalarda kullanımında olumsuz etkilere neden olmayacağı gözlemlenmiştir. Çürük gelişimini azalttığı birçok çalışmada gösterilmiştir. Eritritol glikoz veya insülin seviyelerini etkilemediğinden diyabetli hastalarda ayrıca prediyabet ve bozulmuş karbonhidrat metabolizması sebebiyle kan şekeri seviyelerini dengede tutmaya çalışan kişilerde şekere karşı iyi bir alternatiftir. Yüksek glikoz düzeylerinde endotel üzerinde koruyucu etkileri olan ve diyabetik komplikasyonların başlamasını önlemeyi veya geciktirmeyi sağlayan bileşik olarak kabul edilir (Daniëlle vd., 2015).

Stevia, *Stevia rebaudiana* bitkisinin yapraklarından ekstrakte edilen, terapötik özellikte, düşük kalorili ve yüksek yoğunluklu tadı olan tatlandırıcıdır. Steviol glikozit olarak da bilinmektedir (Basu vd., 2013). Stevia; sakaroza göre 250-300 kat daha tatlıdır ve az miktarda kullanımı tatlandırma için yeterli olmaktadır. Isı ve pH değişimlerine karşı kararlı yapıda kalabilen stevia, alkol içinde çözünmektedir. Soliman (1997)'ye göre, yapay tatlandırıcıların çoğu metalik tat bırakmasına karşın stevia da bu durum söz konusu değildir (İnanç ve Çınar, 2009).

Stevya gibi tatlandırıcılar genelde polialkoller ile beraber kullanılırlar. Polioller ya da diğer bir ismiyle şeker alkoller, düşük kalorili tatlandırıcı grubunda bulunan, doğal/bitkisel tatlandırıcılardır. Tam olarak şeker ya da alkol olmayan polioller, sakkarozun yerine kullanılabilen az sindirilebilir özellikteki karbonhidratlar arasında yer alırlar. Gıdalara doğal olarak meyve gibi bitki bölümlerinden geçerler. Gıda sektöründe ise tatlandırıcı veya hacim-kıvam verici olarak kullanılırlar. Katı kristal formda ya da şurup halinde ürünlere eklenir. Poliollerin genel formülü $H(HCHO)_{n+1}$ olarak verilmiştir ve en çok kullanılan örnekler ve kodları ise sorbitol (E420), mannitol (E421), isomalt (E953), maltitol (E965), laktitol (E966), ksilitol (E967), eritritol (E968) şeklindedir (Ghosh ve Sudha, 2012). Poliollerin vücutta metabolizması için sakaroza göre daha az insülin gerekmektedir. Yararlanılan enerjiden daha azı absorbe edildiği için kilo alanlar için de faydalıdır.

Sakkarozdan üretilen tek ticari tatlandırıcı sukralozdur. Biins (2003)'e göre sukraloz üretimi esnasında, şeker molekülünün üç klorin grubu üç hidrojen-oksijen grubu ile yer değiştirir. Moleküler yapısı sebebiyle, insan vücudu sukralozu karbonhidrat olarak algılayamaz ve enerji için parçalayıp kullanamaz. Bu sebeple, sukralozun kalori değeri çok düşüktür (Souza vd., 2013). Ketelsen vd., (1993) ile Wiet ve Beyts (1992)'e göre, sukralozun yoğun bir tadı vardır ve sakkarozdan yaklaşık 600 kat daha tatlıdır. Ayrıca,

bitter (acı) ve ekşi tat içermesinin dışında sakkarozla oldukça yakın bir tada sahiptir (FDA, 2015; Souza ve ark., 2013). Sukraloz, FDA tarafından besleyicilik özelliği olmayan, GRAS olarak kabul görmüş tatlandırıcılar arasında bulunmaktadır. 15 farklı gıda çeşidinde kullanılarak 1998 yılında kabul gören sukraloz, 1999 yılında genel tatlandırıcılar arasına girdi. Ayrıca Splenda® ismi ile ticari satışı yapılmaktadır (FDA, 2014; FDA, 2015).

Assous vd., (2014) yaptıkları çalışmada, sert şekerleme üretirken doğal bir renklendirici olan mor havuçların antosiyaninlerini kullanmışlardır. Araştırma sonunda tat, renk, koku ve genel kabul edilebilirlik testlerinde en fazla puanı, %0,30 (w/w) oranında antosiyanin kullanımı almıştır. Hooda (2015), bitkisel ekstraktlı sert yapılı şeker üretimi ile ilgili yaptığı çalışmada, her bir ürün formülasyonuna ayrı ayrı %10 *Ginkgo biloba* yaprağı özütü, %10 çay yaprağı özütü, %10 zencefil ve %5 tarçın ekleyerek fitokimyasal içeriği zenginleştirilmiş ve tadım testlerinde genel olarak kabul edilebilirliği yüksek olan 4 farklı formülasyon elde etmiştir. Toffee yapısında yumuşak şeker üretiminde ise bileşime çeşitli meyve pulpları ve bitki ekstratları eklenerek yeni üretimler yapılmıştır (Anisa vd, 2016; Sakhale vd., 2012). Bu şekilde üretilen ürünler vitamin, mineral, lif ve protein bakımından daha da zenginleşerek besleyici özelliği ve albenisi artırılmıştır (Khapre vd., 2010; Kohinkar vd., 2014). Piccone vd., (2011), yumuşak şekerler üzerine yaptıkları çalışmada ürün içerisinde bulunan şeker ve jelleştirici ajanın tekstür, aroma salınımı ve duyuusal beğeni üzerine etkisine bakmışlardır. Farklı yapıda hidrokolloid ve şeker kullanılmasının tekstür üzerine önemli etkisinin olduğu veyapılan Young modülüne (N/m²) (esneklik modülü analizi) göre jelatin eklenen şekerlemelerin daha sert ve sıkı bir yapıda; pektin ilaveli örneklerin ise daha yumuşak ve deforme olmaya müsait bir yapıda olduğu; ayrıca, kullanılan hidrokolloidin fiziksel özelliklerinin de aroma salınımını etkilediği ve istenen duyuusal özellikteki ürünlerin tasarlanmasında ve geliştirilmesinde faydalı olabileceği tespit edilmiştir.

Özellikle küçük yaş gruplarının tükettiği jel tipi yumuşak şekerler üzerine yapılan bir araştırmada ise, bileşimdeki şeker şurubu, yapay aroma ve renk maddeleri çıkarılarak yerine bal ve taze meyve suyu eklenmiştir. Geleneksel, 115°C de sıcak ve 50-55°C de soğuk karıştırma teknikleri kullanılarak üretilen ürünlerde, soğuk karıştırma tekniğinde balın diastaz aktivitesi korunurken (>%95), sıcak karıştırma tekniğinde ise tamamen inaktif hale geldiği tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak, jelatin miktarındaki artışın (%15-20-25) şekerlerin sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özelliklerini artırdığı gözlenmiştir (Mutlu vd., 2018). Şarap üretimi sonucunda atık olarak yüksek miktarda lif içeren üzüm kabukları

kullanılarak jel tipi şekerlemelerin üretildiği bir başka çalışmada, şekerlerin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Üzüm kabuğu tozu kullanımının ürünün kabul edilebilirliğini olumsuz yönde etkilemediği gibi üretim sürecini de 3 saate kadar azaltıp enerjiden tasarruf ettirdiği, geleneksel üretim aşamasında meyve püresi yerine kullanıldığından maliyeti azalttığı ve ortaya çıkan ürünün, üzümün kabuğunda bulunan sağlık için yararlı antosiyanin, flavonol ve prosiyanidin gibi biyoaktif bileşiklerle zenginleştiği vurgulanmıştır (Cappa ve ark., 2015). Delgado ve Bañón (2018) ise, diyet lif ile zenginleştirilmiş düşük kalorili jelatin bazlı yumuşak şeker üretiminde kıvam verici olarak mısır nişastası yerine inülini kullanıp, ürün kalitesi üzerine etkisine bakmıştır. Nişastalı formülasyonda uygulanan 120°C'de 5 dakika ön pişirme işleminin tersine, inülinli formülasyonun üretiminde inülin direkt olarak 80°C'deki jelatin çözeltisine eklenmiş ve bu durum süreci basitleştirerek ihtiyaç duyulan ısıl işlemi azaltmıştır. İnülinli şekerlemelerin, nişasta içeriklilere göre daha yumuşak, elastik veyapışkan yapılı olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta, kullanılan ticari inülinin yüksek kimyasal dayanıklılığından dolayı üretim aşamasında yıkıma uğramadığı, nötr tattan dolayı üründe duyuşsal olarak olumsuz bir etki yaratmadığı ve potansiyel prebiyotik aktivitenin yanında şekerleme üretilirken kıvam verici bir madde olarak kullanılabilereceği belirtilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Yumuşak şekerleme formülasyonlarının geliştirilmesinde kullanılmak üzere 2021 sezonunda Hicaz çeşidi nar meyvelerinden üretilen nar konsantresi Dimes meyve suyu fabrikasından (Aydın); nar suyu üretiminde kullanılan nar (cv. Hicaz) meyvesi Çanakkale ili yerel satıcıdan; organik aronya meyvesi Yalova ili yerel üreticiden (Üretici No: M-77-26); stevya ve sukraloz Egepak Gıda ve Ambalaj San. A.Ş.'den; Jelatin (250B), Benosen Gıda San ve Lim Şti.'den; Eritritol ve yüksek açilli gellan gum, Arısan Kimya San. ve Ltd. Şti.'den temin edilmiştir.

3.2. Deneme Planı

Çalışmanın ilk aşamasında nar antosiyaninlerince zenginleştirilmiş düşük kalorili yumuşak şekerlerin üretiminde tatlandırıcı olarak eritritol, stevya ve sukraloz ile birlikte jelleştirici ajan (jelatin) içeren çeşitli formülasyonlar denenmiş ve duyuşal açıdan en beğenilen ürünler belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçları değerlendirilerek, nar konsantresi temelli olmak üzere 2 farklı antosiyanin kaynağı (nar suyu ve aronya püresi) içeren kontrol grubu (ilave şeker içeren formülasyon) ve kalorisini azaltılmış (tatlandırıcı içeren) formülasyonlar aynı koşullarda 2 tekerrürlü olarak üretilmiştir. 2 farklı antosiyanin kaynağı ve 2 farklı şeker alternatifi sunan toplamda 4 formülasyona ilişkin fizikokimyasal (pH, suda çözünür KM, KM, titrasyon asitliği, renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), monomerik antosiyanin, toplam fenol içeriği ve antioksidan özellikler (CUPRAC ve DPPH) belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ilgili 4 formülasyon; 60 gün boyunca 2 farklı sıcaklıkta (+4 ve 20°C) ve karanlık ortamlarda depolanarak, depolama koşullarının ürünlerin monomerik antosiyanin, toplam fenol ve antioksidan özellikleri (CUPRAC ve DPPH) üzerine etkileri incelenmiştir.

3.2.1. Yumuşak Şeker Üretimi

Ön denemeler ve tüketici beğeni testi sonuçları dikkate alınarak şekillendirilen ve Tablo 2’de verilen formülasyonların üretimi, Şekil 1’de verilen üretim akış şeması takip edilerek gerçekleştirilmiş ve Şekil 2’de görülen son ürünler elde edilmiştir. Öncelikle jelatin ve gellan gum, ayrı bir kaptan nar suyu/aronya püresi (1:1 w/v oranında su ile homojenize edilmiş) ile çözündürülmüştür. Nar konsantresi ve sakkaroz/tatlandırıcı (eritritol ve sukraloz) karışımı üzerine jelatin karışımı da eklenerek oluşturulan ön şurup, 75 °C’de 10 dk olacak şekilde sürekli karıştırılarak pişirilmiştir. Pişirme işlemi sonunda karışım su banyosundan alınıp, jelleşme sürecinin tamamlanması amacıyla kalıplara (Kuyucuklu plak, İSOLAB:122.11.048) dökülmüş ve olgunlaşması amacıyla kalıplar +4 °C’de 48 h bekletilmiştir. Takiben, örneklerin bulunduğu kalıplar hava ve nem geçirmez şekilde kapatıldıktan sonra +4°C ve 20°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta 60 gün boyunca karanlık ortamda depolama süreci başlatılmıştır.

Tablo 2

Nar konsantresi temelli formülasyonlar

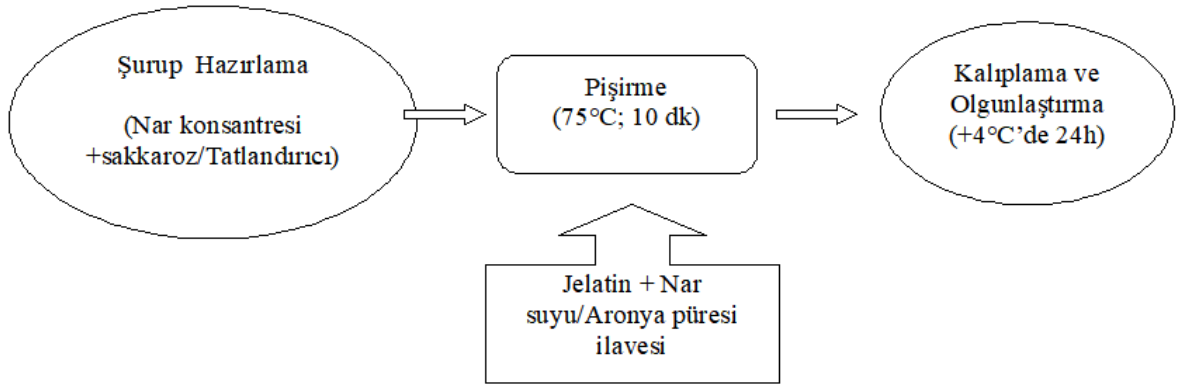
Formülasyon (F)	Nar Konsantresi (%)	Nar Suyu (%)	Aronya Püresi (%)	Sakkaroz (%)	Eritritol (%)	Sukraloz (%)	Jelatin (%)	Gellan Gum (%)
F-NSS	23,72	38,00	-	28,46	-	-	9,49	0,38
F-APS	23,72	-	38,00	28,46	-	-	9,49	0,38
F-NSE	26,20	41,91	-	-	20,95	0,03	10,48	0,42
F-APE	26,20	-	41,91	-	20,95	0,03	10,48	0,42

F-NSS: Nar suyu ve sakkaroz içeren formülasyon;

F-APS: Aronya püresi ve sakkaroz içeren formülasyon;

F-NSE: Nar suyu ve eritritol içeren formülasyon;

F-APE: Aronya püresi ve eritritol içeren formülasyon



Şekil 1. Yumuşak şeker üretim akış şeması



Şekil 2. Yumuşak şeker formülasyonları

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Kuru Madde (KM) ve Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM)

Oda sıcaklığında Atago PAL1 (Pocet Refractometer, Japan) refraktometre ile saf su ile çözüldürülen (1:5, w/w) örneklerin °Bx değeri belirlenmiştir.

3.3.2. pH Değeri ve Titrasyon Asitliği

Saf su ile çözüldürülen (1:5, w/w) örneklerin pH'sı oda sıcaklığında pH metre cihazı (Seven Compact S210, Mettler Toledo, Çin) ile belirlenmiştir. pH ile izlenerek yürütülen titrasyonla potansiyometrik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla belli miktar örnek, 0,1 N NaOH çözeltisi ile ve pH metre yardımıyla, pH 8,1' e ulaşincaya kadar titrasyon uygulanacak ve titrasyon asitliği susuz sitrik asit cinsinden "%" olarak hesaplanmıştır.

3.3.3. Renk tayini

Şekerleme örneklerinin renk değerleri doğrudan örneklerden renk ölçüm cihazı (Minolta, CR 400, Sensing, Inc, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin renk değerleri *L* (koyuluk-açıklık), *a* (kırmızılık-yeşillik) ve *b* (sarılık-mavilik) olarak belirlenmiştir.

3.3.4. Monomerik Antosiyanin Analizi

Giusti ve Wrolstad (2001) tarafından geliştirilen pH diferansiyel yöntemi takip edilmiştir. Saf su ile çözüldürülen (1:5, w/w) örnekler, pH 1 ve pH 4,5 tampon çözeltileri ile seyreltilerek 520 nm baz alınarak absorbans farkı üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçlar "mg siyanidin 3-glikozit/100 g örnek" olarak verilmiştir.

3.3.5. Toplam Fenol Miktarı

Singleton ve Rossi (1965) tarafından önerilen Folin-Ciocalteu yöntemi takip edilmiştir. %0,01 HCl ile asitlendirilmiş %80 etanol çözeltisi kullanılarak hazırlanan örnek ekstraktları (1/10 w/v) üzerine sırasıyla, 0,2 N Folin-Ciocalteu (Merck, Almanya) çözeltisi ve %7,5'lik sodyum karbonat (Sigma, Almanya) çözeltisi ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında 2 saat inkübasyon sonrası spektrofotometrede 765 nm'de şahit örneğe karşı absorbanslar kaydedilmiştir. Gallik asit (Sigma Aldrich, Almanya) ile hazırlanan standart kalibrasyon eğrisinden faydalanılarak örnekteki toplam fenol miktarı "mg gallik asit/ 100 g" olarak hesaplanmıştır.

3.3.6. CUPRAC (Cupric-Ion- Reducing Antioxidant Capacity-Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) Tayini

Apak vd., (2004) tarafından geliştirilen yöntem, Neokuproin (Nc) ile Cu (II)'nin meydana getirdiği Cu (II)-Nc kompleks maddesinin spektrofotometrede 450 nm'de absorbans veren Cu (I)-Nc kelatına indirgenmesi temeline dayanmaktadır. Etanolik örnek ekstraktları üzerine, sırasıyla, 0,01 M CuCl₂, Nc çözeltisi (Sigma Aldrich, Almanya), 1 M amonyum asetat çözeltisi (pH 7) eklenerek, oda sıcaklığında 30 dk bekletilmiştir. Takiben analiz örneklerinin, 450 nm dalga boyunda absorbans değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar mg Troloks/100 g olarak verilmiştir.

3.3.7. DPPH (diphenylpicrylhydrazyl) Radikal Süpürme Kapasitesi Yöntemi

Benvenuti vd., (2004) tarafından önerilen yöntem takip edilmiştir. Yöntem, pembe renkli DPPH radikalinin inhibisyonu sonucu renkte meydana gelen azalmaların spektrofotometrik olarak 517 nm'de ölçülmesi esasına dayanmaktadır. 100-500 µL örnek üzerine 300 µL 1 mM DPPH radikali ilave edilerek ve 3 mL'ye etanol ile tamamlanmıştır. 15 dk karanlık ortamda ve oda sıcaklığında inkübasyona bırakılan örneklerin 517 nm'de

absorbansları belirlenmiştir. Sonuçlar EC₅₀ (mg) değeri (radikalin %50'sinin inhibisyonunu sağlayan konsantrasyon) olarak hesaplanmıştır.

3.3.8. Duyusal Analiz

Formülasyonlar lezzet, görünüş, tekstürel yapı ve genel kabul edilebilirlik özellikleri bakımından beğeni durumu 7 puanlı hedonik skala kullanılarak belirlenmiştir (Meilgaard vd., 1999). Panalistlere (n=30), değerlendirme formu ile 3 rakamla kodlanmış plastik kaplarda bulunan örnekler servis edilmiştir.

3.3.9. İstatistiksel Analiz ve Kinetik Modelleme

Tüm denemeler iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada elde edilecek veriler, varyans analizi (ANOVA) ile incelenerek, ortalamaların farkının önemli olup olmadığı (P<0,05), TUKEY testi ile belirlenmiştir. Bu amaçla SAS V8.2 (SAS 1999) istatistik paket programı, MIXED prosedür kullanılmıştır.

Yumuşak şeker formülasyonların antosiyanin degradasyonu +4 ve 20°C'de 60 gün depolama boyunca kinetik olarak incelenmiştir. Depolama süresince monomerik antosiyaninlerin degradasyonu birinci derece (first order) kinetik model ile açıklanmıştır. Birinci derece kinetik model, $\ln(C/C_0) = -k \times t$ eşitliği ile tanımlanır. Bu eşitlikte C₀ ürünlerdeki monomerik antosiyanin içeriğinin başlangıç konsantrasyonunu, C ise t süre sonundaki konsantrasyonunu göstermekte olup, k değeri reaksiyon hız sabitidir. Bu amaçla farklı sıcaklıklarda ve sürelerinde depolama sırasında antosiyanin içeriklerinde logaritmik değişimlere ilişkin regresyon denklemlerinin eğimi kullanılarak k değerleri ($k = (\text{eğim}) \times 2.303$ formülü ile); antosiyaninlerin degradasyonuna ilişkin yarılanma süreleri ($t_{1/2}$) ise $t_{1/2} = -\ln(0.5)/k$ eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır (Özkan ve ark., 2010).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Nar Konsantresi Temelli Düşük Kalorili Formülasyonun Geliştirilmesi

Düşük kalorili formülasyonların geliştirilmesi amacıyla öncelikle kontrol grubu olarak farklı oranlarda nar konsantresi (%25-50), nar suyu (%18-40), sakkaroz (%17-45) ve jelatin (%5-15) içeren formülasyonlar (n=12), lezzet ve tekstür bakımından ön değerlendirme sonrası optimum oranlar seçilerek duyu analize tabi tutulmuştur. Kontrol grubu optimum formülasyonlarının seçilmesinde, sonraki aşama için en az %30 kalori değeri azaltılmış bir ürüne ulaşmak, antosiyanin içeriği en yüksek olabilecek bir formülasyon olması, şeker/asit oranının dengeli olması ve üretim sırasında jelatinin çözünebilirliği önemli birer hedef olarak dikkate alınmıştır. Bu hedeflere yönelik birbirine yakın konsantrasyonlarda 2 farklı kontrol grubu formülasyon (#250: %25 nar konsantresi +%40 Nar suyu +%25 sakkaroz +%10 jelatin ve #450: F-NSS) tüketici beğenisine sunulmuştur (Tablo 3). Her iki ürün de yüksek skorlar alarak, lezzet ve genel kabul edilebilirlik bakımından hedonik skalanın “beğendim” kısmında ve görünüş bakımından da hedonik skalanın “çok beğendim” kısmında yer almıştır. Duyusal beğeni parametreleri (lezzet, görünüş, tekstür ve genel kabul edilebilirlik) bakımından her iki ürün arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Bununla birlikte, tüketicilere yöneltilen “En çok hangi örneği tercih edersiniz?” sorusuyla elde edilen verilerden, %72 oran ile en çok tercih edilen formülasyonun #450: F-NSS olduğu belirlenmiştir.

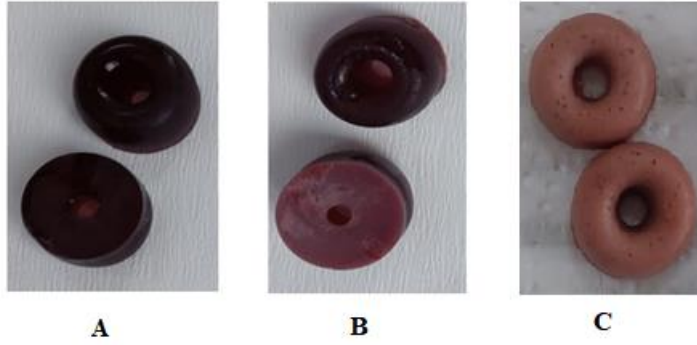
Tablo 3

Kontrol grubu formülasyonların duyuusal beğenisi (ort±std hata)

Cinsiyet	Ürün #	Lezzet	Görünüş	Tekstür	Genel
K&E	250	4,95±0,23	5,69±0,18	3,91±0,24	4,88±0,20
K&E	450	5,24±0,23	5,74±0,18	4,01±0,24	4,95±0,20
E	250	5,00±0,29	5,38±0,23	3,81±0,31	4,75±0,26
K	250	4,91±0,36	6,00±0,28	4,00±0,37	5,00±0,31
E	450	5,13±0,29	5,56±0,23	3,94±0,32	4,81±0,26
K	450	5,36±0,36	5,91±0,28	4,09±0,37	5,09±0,31

Düşük kalorili formülasyonun geliştirilmesinde, temel formülasyon olarak #450: F-NSS baz alınmıştır. Bu formülasyon bileşimindeki sakkarozun tatlılığı baz alınarak, eşdeğer tatlılık değerine sahip bir oranda poliöl (eritritol)+ sukraloz/stevia karışımı ile ikame edilmiştir. Düşük kalorili formülasyonların geliştirilmesinde karşılaşılabilecek en önemli kısıtlardan birisi formülasyonda kullanılan eritritol miktarıdır. Eritritol miktarına göre son üründe kristalizasyon sorunu ile karşılaşılma durumu bulunmaktadır. Nitekim eritritolün suda çözünürlüğü orta düzeyde ve sakkaroz ile karşılaştırıldığında daha az olup, oda sıcaklığında ortalama %40 çözünürlüğe sahiptir (Embuscado ve Patil 2001). Buradan hareketle, farklı eritritol konsantrasyonlarında (%20-40) yumuşak şeker formülasyonları denenmiş ve kristalizasyon durumu incelenmiştir (Şekil 3). %30 eritritol kullanılan formülasyonda kristalizasyonun başladığı görülmüştür. Olası kristalizasyonların önüne geçmek için, %20 konsantrasyonda eritritol içeren formülasyonların hazırlanmasına karar verilmiştir. Bu orana göre de düşük kalorili formülasyonda sakkaroz lezzet eşdeğeri, eritritol yanında sukraloz ve stevia kullanılarak formülasyonlar oluşturulmuştur. Takiben, düşük kalorili formülasyonların geliştirilmesinde tatlandırıcı olarak eritritol'ün yanında sukraloz ve stevyanın tek başlarına ve 1:1 (w/w) oranında olmak üzere 3 farklı formülasyon (#248: Eritritol+Stevia, #525: Eritritol+Stevya:Sukraloz ve #750: Eritritol+Sukraloz) üretilerek duyuusal analize sunulmuştur (Tablo 4). Düşük kalorili formülasyonlar arasından tatlandırıcıların özellikle lezzet üzerine etkileri dikkate alındığında en az beğenilen ürünün “#248: Eritritol+Stevia” olduğu Tablo 4'te açıkça görülmektedir (P<0.05). #525: Eritritol+Stevya:Sukraloz ve #750: Eritritol+Sukraloz (F-NSE) arasında incelenen tüm duyuusal parametreler (lezzet, görünüş, tekstür ve genel kabul edilebilirlik) bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir

($P>0.05$). Ek olarak, #750: Eritritol+Sukraloz (F-NSE) %52 oran ile en çok tercih edilen formülasyon olup, %44 tercih oranı ile #525: Eritritol+Stevya:Sukraloz takip etmiştir.



Şekil 3. Farklı konsantrasyonlarda eritritol içeren şeker formülasyonları: A-%20 eritritol; B-%30 eritritol; C-%40 eritritol

Tablo 4

Kalorisi azaltılmış formülasyonların duyuusal beğenisi (ort±std hata)

Cinsiyet	Ürün #	Lezzet	Görünüş	Tekstür	Genel
K&E	248	4,20±0,19a	3,76±0,23a	4,39±0,20a	4,18±0,17a
K&E	525	5,12±0,19b	5,91±0,23b	5,18±0,20b	5,36±0,17b
K&E	750	5,06±0,19b	5,90±0,23b	5,07±0,20b	5,44±0,17b
E	248	4,46±0,29	3,92±0,34	4,31±0,31	4,31±0,25
K	248	3,94±0,26	3,59±0,30	4,47±0,27	4,06±0,22
E	525	5,00±0,29	5,77±0,34	5,00±0,31	5,30±0,25
K	525	5,23±0,26	6,06±0,30	5,35±0,27	5,41±0,22
E	750	4,77±0,29	5,62±0,34	4,84±0,31	5,23±0,25
K	750	5,35±0,26	6,18±0,30	5,29±0,27	5,65±0,22

Farklı küçük harflerle (a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

Elde edilen bu bulgular ışığında kontrol grubu olarak #450:F-NSS ve düşük kalorili alternatifi olarak #750: Eritritol+Sukraloz (F-NSE) formülasyonları baz alınarak, formülasyonlara farklı bir antosiyanin kaynağı olarak aronya püresi de dahil edilerek

Tablo 2’de şekillendirilen formülasyonlar üzerinden, son ürünlerin fizikokimyasal ve antioksidan özellikleri üzerine üretim ve depolama süreçlerinin etkileri incelenmiştir.

4.2. Nar Konsantresi Temelli Yumuşak Şeker Ürünlerinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

Nar konsantresi ve nar suyu/aronya püresi kullanılarak üretilen yumuşak şeker formülasyonlarının KM, SÇKM, pH ve TA değerlerine ilişkin veriler Tablo 5’te verilmiştir. Ürünlerin KM değerleri yaklaşık %72,65 ile %69,02 arasında değişmekle birlikte, söz konusu bu değişim istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0.05$). Formülasyonlar benzer KM değerlerine sahiptir. Ürünlerin SÇKM değerlerinin yaklaşık 63°Bx ile 67°Bx arasında olduğu tespit edilmiş, söz konusu bu değişim de istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0.05$). Ancak, formülasyonlarda genel olarak aronya püresinin kullanıldığı ürünler diğerlerine göre kısmen daha düşük SÇKM değerlerine sahip olduğu Tablo 5’te görülmektedir. Aronya püresinin 1:1 (w/w) oranında su ile seyreltilmiş olması nedeniyle SÇKM değeri, nar suyuna göre daha düşük olması bu sonuca neden olabilir. Diğer yandan kullanılacak en yüksek eritritol düzeyindeki sınırlılık nedeniyle de düşük kalorili formülasyonların KM değerleri sakkaroz’lu formülasyonlara göre daha düşük seviyededir.

Ürünler, pH değerleri bakımından pH 4’ün altında olup yüksek asitli gıda grubunda yer almaktadır (FDA, 2002). Hem üretim hem de depolama süreçlerinde antosiyaninlerin stabilitesi açısından da pH değerlerinin düşük olması önemli bir kriterdir (Ayvaz vd., 2023). Söz konusu formülasyonlarda ilave asitlendirme olmayıp, meyve konsantresi ve kullanılan meyve suyu/püre’nin doğal pH dereceleri, son ürünün pH derecesine katkıda bulunmuştur. Bu açıdan ürünlerin pH dereceleri değerlendirildiğinde, nar suyunun kullanıldığı formülasyonların (F-NSS ve F-NSE), aronya püresi kullanılan formülasyonlara göre önemli düzeyde daha düşük pH değerlerine sahip olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Benzer trend ürünlerin titrasyon asitliği değerleri bakımından da izlenmektedir. Nar suyu kullanılan formülasyonlar daha yüksek titrasyon asitliği değerlerine sahiptir ($P<0.05$).

Tablo 5

Yumuşak şeker ürünlerinin bazı fizikokimyasal özellikleri

Ürün	pH	SÇKM (°Bx)	KM (%)	TA (%)
F-NSS	3,69 ^a	67,14	72,65	2,96 ^a
F-APS	3,87 ^b	65,35	72,27	2,07 ^b
F-NSE	3,71 ^a	66,97	69,23	3,41 ^c
F-APE	3,84 ^b	63,13	69,02	2,22 ^b
±Std. Hata	0,01	2,01	1,27	0,03

Farklı küçük harflerle (a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

Gıdaların renk özellikleri aynı zamanda önemli bir duyuşal beğeni göstergesi olup, ürün kalitesi ile doğrudan ilişkilidir (Clydesdale, 1991). Nar konsantresi ve nar suyu/aronya püresi kullanılarak üretilen yumuşak şeker formülasyonlarının CIE ölçüm sistemine göre *L* (parlaklık), *a* (kırmızı/yeşil), *b* (sarı/mavi) olmak üzere renk değerleri Tablo 5'te görülmektedir. Veriler incelendiğinde, ürünlerin renk değerleri üzerinde kullanılan tatlandırıcı (sakkaroz veya eritritol) kaynağının etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Düşük kalorili formülasyonların (F-NSE ve F-APE), *L* değerleri bakımından önemli düzeyde daha yüksek değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir (P<0.05). Diğer yandan formülasyonlar *a* değerleri bakımından aralarında önemli bir fark bulunmazken (P>0.05), *b* değerleri bakımından da sakkaroz içeren formülasyonların (F-NSS ve F-APS) daha yüksek negatif değerlere sahip oldukları (P<0.05) belirlenmiştir.

Tablo 6

Yumuşak şeker ürünlerinin renk değerleri

Ürün	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
F-NSS	25,77 ^a	5,96	-9,50 ^a
F-APS	24,00 ^a	7,02	-10,49 ^a
F-NSE	30,30 ^b	7,68	-5,68 ^b
F-APE	30,12 ^b	8,57	-4,73 ^b
±Std. Hata	0,80	0,95	0,56

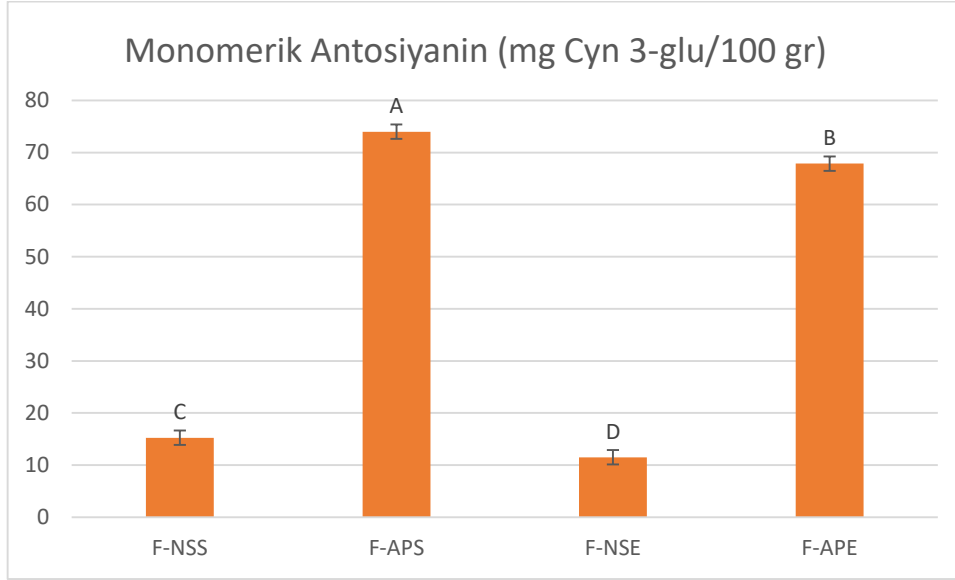
Farklı küçük harflerle (a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

4.3. Nar Konsantresi Temelli Yumuşak Şeker Ürünlerinin Monomerik Antosiyanin ve Toplam Fenol İçeriği

Nar konsantresi, nar suyu ve aronya püresinin rengi bileşimlerinde bulunan kırmızı, mavi ve mor renklerinden sorumlu antosiyanin pigmentlerinden kaynaklanmaktadır. “Hicaz” çeşidi nar suyunun monomerik antosiyanin içeriği 42,6 mg/100mL olduğu; antosiyanin profilinin delfinidin 3-glikozit ve 3,5-di glikozit, cyanidin 3- glikozit ve 3,5-diglikozit olmak üzere başlıca dört antosiyanin pigmenti ve minör düzeyde pelargonidin 3-glikozit ve 3,5-diglikozit olmak üzere iki antosiyanin pigmentinden oluştuğu bildirilmiştir (Uysal Pala ve Kırca Toklucu, 2011). Diğer yandan “Viking” çeşidi aronya suyunun monomerik antosiyanin içeriğinin hasat dönemine göre en yüksek 120 mg/100mL düzeyde olduğu belirlenmiş; antosiyanin profilinde ise siyanidin 3-galaktozit ve siyanidin 3-glikozit’in majör pigmentler olup, siyanidin 3-arabinozit ve siyanidin-3-ksilozit ise minör olarak yer almıştır (Bolling vd., 2015).

Nar suyu ve aronya püresinin monomerik antosiyanin içerikleri karşılaştırıldığında, aronya meyvesinin antosiyanin pigmentlerince zengin bir meyve olduğu açıktır. Gıda ürünlerinin antosiyaninlerce zenginleştirilmesi açısından dikkat çekici bir doğal kaynak olarak değerlendirilebilir. Nitekim, nar konsantresi temelli yumuşak şeker formülasyonlarında antosiyanin kaynağı olarak nar suyu ve aronya püresi kullanımı değerlendirilmiş olup, son ürünlerin monomerik antosiyanin içerikleri Şekil 4’de görülmektedir. Aronya meyvesinin antosiyanince zengin bir kaynak olması, tatlandırıcı (sakkaroz/eritritol) kaynağından bağımsız olarak ürünlerin antosiyanin içeriklerine önemli düzeyde yansımıştır. F-APS’nin antosiyanin içeriğinin ise F-NSS ile karşılaştırıldığında ve F-APE’nin antosiyanin içeriği F-NSE ile karşılaştırıldığında, aradaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). Diğer yandan, düşük kalorili formülasyonların antosiyanin içerikleri önemli düzeyde azalmıştır ($P<0.05$). Elde edilen bu bulgulardan, pişirme sırasında antosiyaninler üzerine sakkarozun koruyucu bir etkisinin olduğu söylenebilir. Fang vd., (2018) tarafından sakkarozun ısıtma sırasında antosiyaninlerin parçalanmasını engelleyici etkisinin olabileceğini, ancak sakkarozun toplam antosiyanin içeriği üzerinde koruyucu bir etkisi olmadığı bildirilmiştir. Antosiyanin ekstraktı %5, %10 ve %20 sakkaroz varlığında 70 °C, 100 °C ve 120 °C’ de 10 dk ısıtılmıştır. Antosiyaninlerin parçalanması, %5 ila %20 sakkaroz ilavesiyle engellenmiştir. Salar ve vd., (2022) içecek

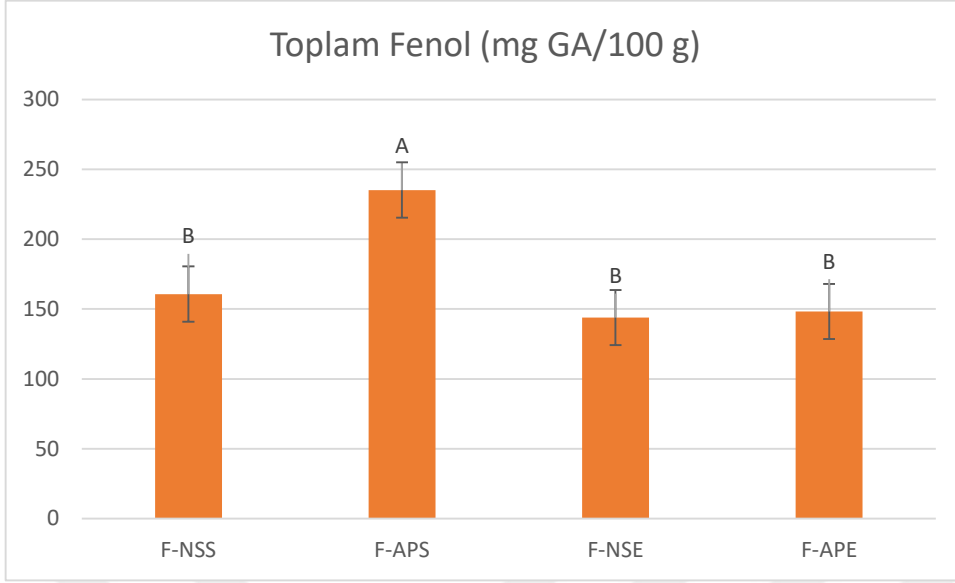
model sistemlerinde farklı tatlandırıcıların (sakkaroz, sukraloz ve stevia) depolama boyunca biyoaktif bileşenler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sakkaroz, antosiyanin ve flavanon kayıplarını azaltırken, sukralozun flavanon kaybını arttırdığı bildirilmiştir.



Şekil 4. Yumuşak şeker ürünlerinin monomerik antosiyanin içeriği (ort.±std. hata)

Farklı büyük harflerle (A,B) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır ($P < 0.05$)

Diğer yandan, yumuşak şeker üretim akışında yer alan pişirme sıcaklığı da püre formunda homojenize halde bulunan aronya meyve kabuğu ve etine bağlı olan antosiyaninlerin serbest hale geçmesini sağlayarak son ürünün antosiyanin miktarını arttırmış olabilir. Nitekim aronya meyve kabuğu, antosiyaninlerin büyük bir kısmını (%73) içermektedir (Kaloudi ve vd. 2022). 60-80°C gibi ılımlı sıcaklık uygulamalarının da antosiyaninlerin meyve dokularından ekstraksiyonunu geliştirdiği bilinmektedir. Örneğin, Denev vd. (2018) tarafından homojenize aronya püresine 20, 40, 60 ve 80°C sıcaklık uygulamalarının meyve suyuna polifenollerin ekstraksiyonu üzerine olumlu etkisi rapor edilmiştir. 60 ve 80°C'de sıcaklık uygulamaları arasında antosiyanin verimi üzerine önemli bir fark bulunmazken ($P > 0,05$), 20°C'deki verimlerle karşılaştırıldığında yaklaşık 2 kat daha yüksek verim ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. Bu durum, antosiyaninler suda çözünür bileşikler olmaları nedeniyle yüksek sıcaklıklarda difüzyonunun ve kütle transferinin artışından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5. Yumuşak şeker ürünlerinin toplam fenol içeriği (ort.±std. hata)

Farklı büyük harflerle (A,B) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

Formülasyonlarda yer alan nar suyu ve aronya püresi fenolik bileşenlerin önemli birer kaynaklarıdır. Nar fenolik asitler, tanenler (punicalagin), flavonoller ve antosiyaninler gibi antioksidanlar açısından zengindir (Fischer vd. 2011). “Hicaz” çeşidi nar suyunun toplam fenol içeriği 174,2mg/100mL olduğu bildirilmiştir (Uysal Pala ve Kırca Toklucu, 2011). Bolling vd., (2015) tarafından “Viking” çeşidi aronya suyunun toplam fenol içeriğinin, 7 haftalık hasat döneminde 403-503 mg gallik asit eşdeğeri/100mL arasında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bilgilerden Aronya suyunun toplam fenol içeriğinin nar suyuna göre yaklaşık 2,5 kat daha fazla olduğu söylenebilir. Aronya fenolikleri arasında antosiyaninler (esas olarak siyanidin glikozitler), prosiyanidinler, fenolik asitler (klorojenik ve neoklorojenik asitler) ve flavonoller (kuersetin glikozitler) bulunmaktadır. Toplam fenolik bileşiklerin yaklaşık %30'u meyve kabuk kısmında, geri kalanı ise meyve eti ve çekirdeklerde bulunur. Meyve eti, fenolik asitlerin büyük bir kısmını (%78) içermektedir (Kaloudi vd. 2022).

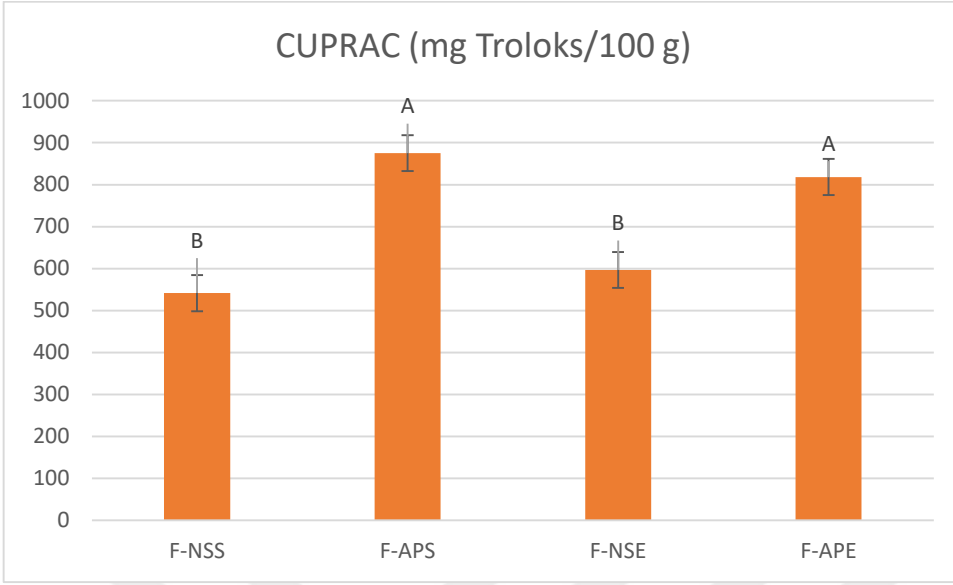
Tatlandırıcı olarak sakkaroz kullanılan formülasyonlar toplam fenol içerikleri bakımından değerlendirildiğinde, yarı yarıya su ile seyreltilmiş aronya püresinin fenolik kaynağı olarak nar suyuna göre önemli düzeyde formülasyonu geliştirdiği tespit edilmiştir (Şekil 5). Nitekim F-APS'nin toplam fenol içeriği, F-NSS ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). Bununla birlikte, düşük kalorili formülasyonlar kendi içerisinde karşılaştırıldığında ise toplam fenol içerikleri arasında önemli düzeyde bir

fark bulunmamaktadır ($P>0.05$). Diğer yandan, düşük kalorili formülasyonlar sakkaroz kullanılan formülasyonlara kıyasla daha düşük fenol içeriklerine sahip oldukları, özellikle aronya püresi içeren formülasyonun istatistiksel olarak önemli düzeyde azalış ile sonuçlandığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Söz konusu metodun fenollere özgü olmadığına dikkat edilmelidir. Basit şekerler indirgeyici ajanlar olarak analiz sonuçlarının yükselmesine de sebebiyet verebilmektedir (Romulo, 2020).

4.4. Nar Konsantresi Temelli Yumuşak Şeker Ürünlerinin Antioksidan Özellikleri

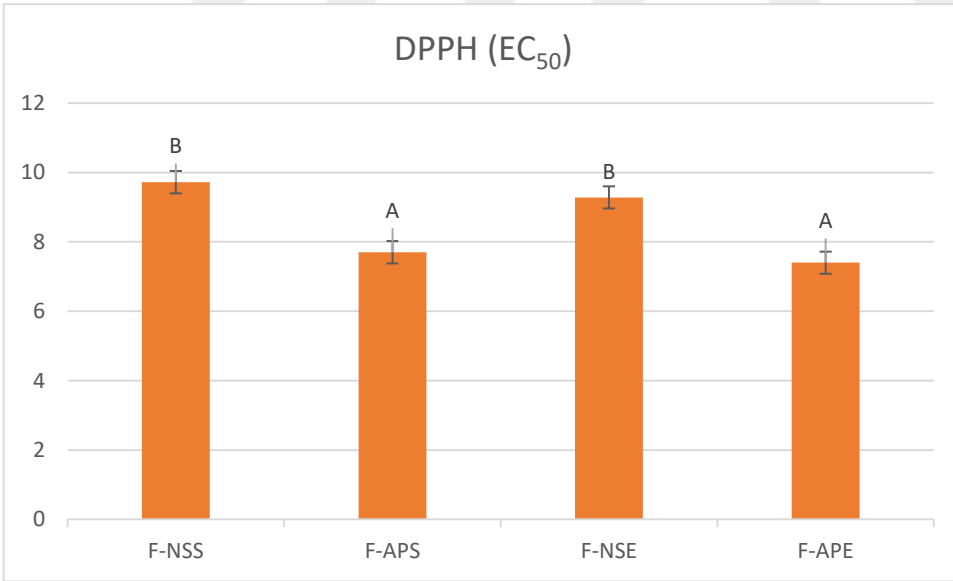
Gıda matrislerinde yer alan çok çeşitli bileşiklere uygulanabilen, geniş çapta kabul gören tek bir antioksidan analiz yöntemi olmadığına inanılmaktadır. Bu nedenle farklı teknikler kullanılarak gıda ürünlerinin antioksidan özellikleri değerlendirilmektedir. Antioksidan kapasite analizleri genel olarak elektron transferi (ET)- ve hidrojen atomu transferi (HAT)-bazlı yöntemler olarak sınıflandırılabilir. ET-bazlı analizler, bir antioksidanın, indirgendiğinde renk değiştiren bir oksidantı azaltma kapasitesini ölçer. CUPRAC ve DPPH yöntemleri farklı kromojenik redoks reaktifleri kullanan elektron transferi (ET)-bazlı tekniklerdir (Apak vd. 2007).

Nar konsantresi ve nar suyu/aronya püresi kullanılarak üretilen yumuşak şekerlerin antioksidan özellikleri iki farklı teknik kullanılarak değerlendirilmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7). Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, antosiyanin kaynağı olarak aronya püresi kullanımı, üretilen yumuşak şekerlerin antioksidan özelliklerini önemli düzeyde geliştirmiştir ($P<0.05$). Benzer trend düşük kalorili (F-APE ve F-NSE) formülasyonlar arasında da geçerlidir. Formülasyonlar arasında tatlandırıcı olarak sakkaroz ve eritritol+sukraloz kullanımının etkisi ise her iki yöntem (CUPRAC ve EC_{50}) ile belirlenen veriler dikkate alındığında önemli bir değişimin olmadığı yönündedir ($P>0.05$). Yöntemlerin her birinin kendine özgü sınırlılıklarının bulunması ve farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar her zaman karşılaştırılabilir olmamasına rağmen (Platzer ve vd., 2021), CUPRAC ve EC_{50} değerlerinin birbiri ile paralel olduğu görülmektedir. Nitekim, CUPRAC reaktifinin daha düşük redoks potansiyeli nedeniyle, gerçek antioksidanlar olmayan ancak diğer benzer deneylerde oksitlenebilir substratlar olan basit şekerler ve sitrik asidin CUPRAC reaktifi ile oksitlenmediği bildirilmiştir (Apak vd. 2007).



Şekil 6. Yumuşak şeker ürünlerinin CUPRAC değerleri (ort.±std. hata)

Farklı büyük harflerle (A,B) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)



Şekil 7. Yumuşak şeker ürünlerinin EC₅₀ değerleri (ort.±std. hata)

Farklı büyük harflerle (A,B) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

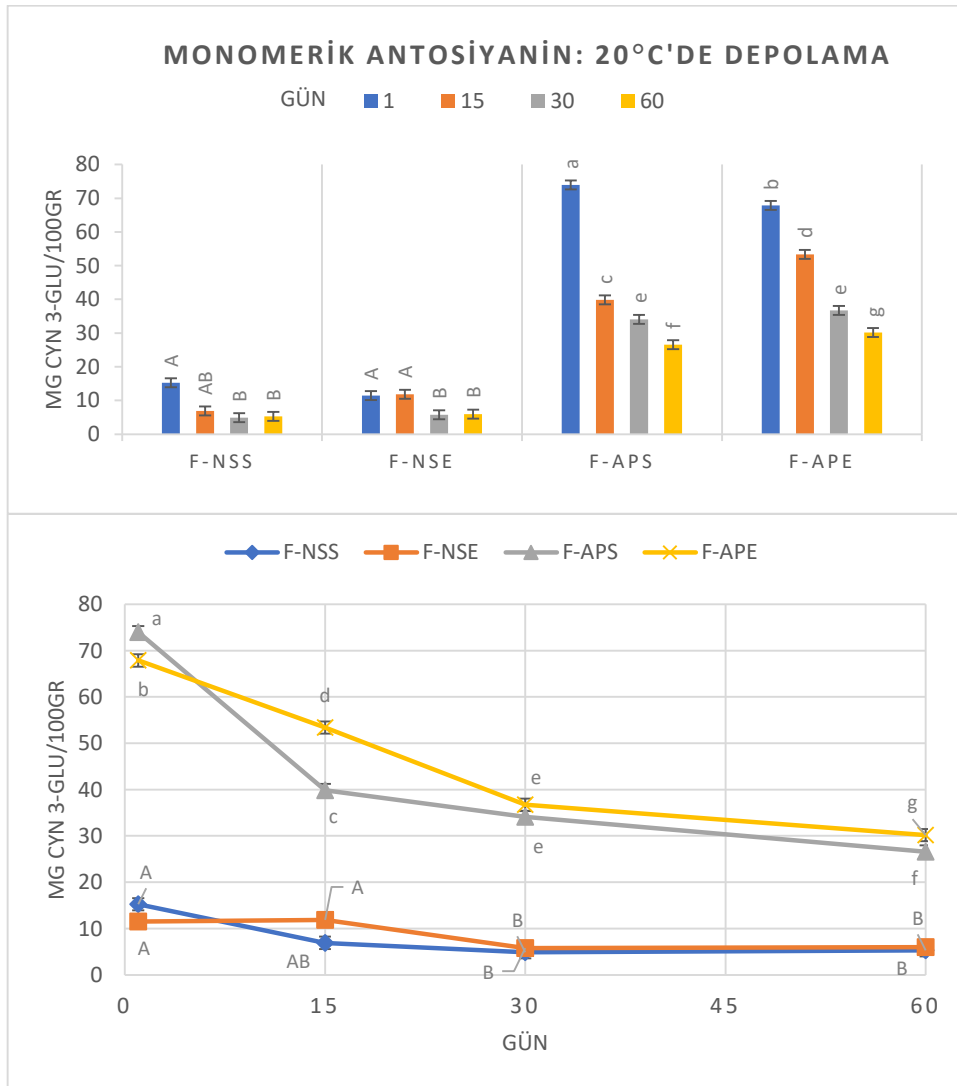
4.5. Depolama Sürecinin Nar Konsantresi Temelli Yumuşak Şeker Ürünlerinin Monomerik Antosiyanin, Toplam Fenol ve Antioksidan Özellikleri Üzerine Etkileri

Nar konsantresine ilaveten iki farklı antosiyanin kaynağı (nar suyu ve aronya püresi) içeren kontrol grubu (sakkaroz içeren formülasyon) ve kalorisi azaltılmış (tatlandırıcı içeren) formülasyonlar +4 ve 20°C'de 60 gün boyunca depolanmıştır. Depolama süresince örneklerin monomerik antosiyanin, toplam fenol ve antioksidan özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Ayrıca, depolama süresince ürünlerin monomerik antosiyanin içeriklerinde meydana gelen değişimler kinetik olarak (kinetik model, reaksiyon hızı veyarılanma ömrü) değerlendirilmeye çalışılmıştır.

4.5.1. Farklı Depolama Sıcaklıklarında Ürünlerin Monomerik Antosiyanin İçeriklerindeki Değişim

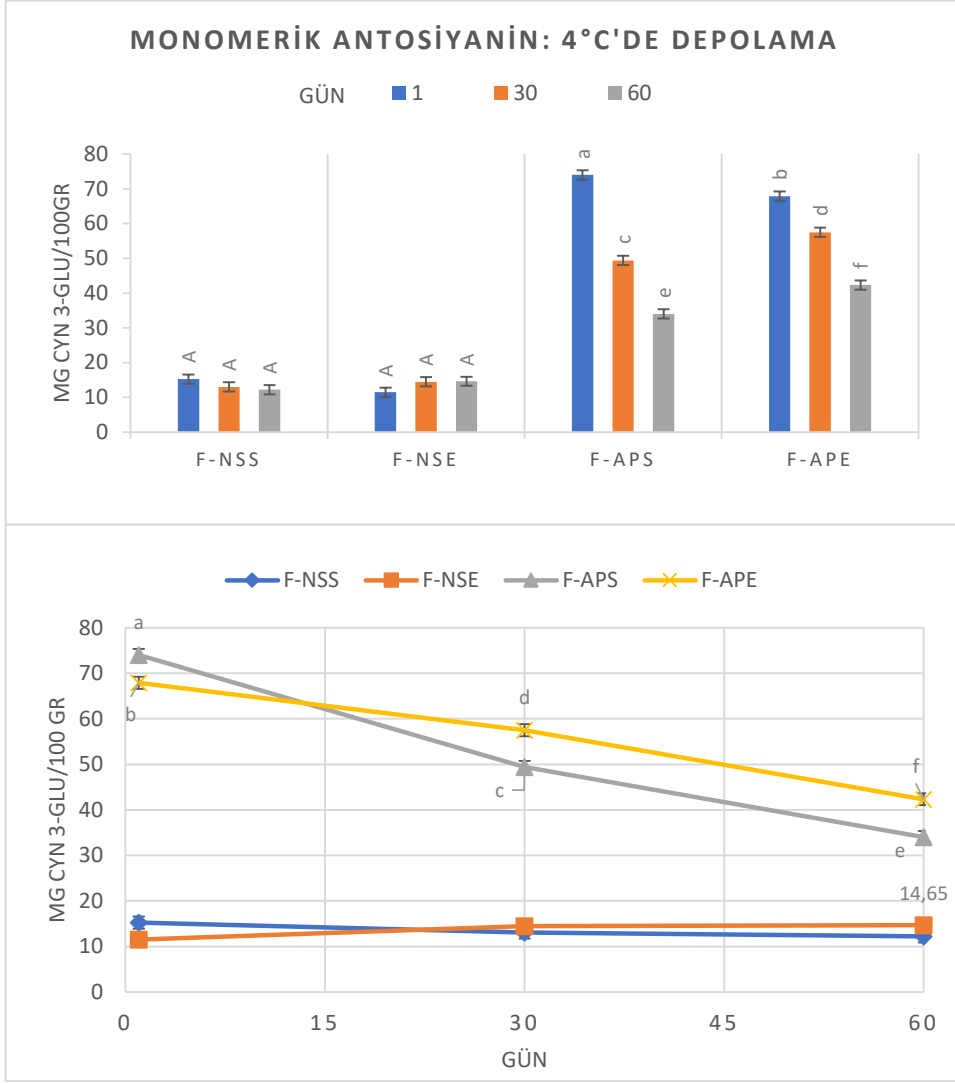
Farklı sıcaklıklar (+4 ve 20°C)'da 60 gün boyunca karanlık bir ortamda depolanan nar konsantresi ve nar suyu/aronya püresi kullanılarak üretilen yumuşak şeker formülasyonlarının monomerik antosiyanin içeriklerindeki değişimler Şekil 8 ve 9'da, yüzdesel kayıplar ise Şekil 10'da verilmiştir. Oda koşullarında (20°C) depolanan tüm formülasyonların (F-NSS, F-NSE, F-APS ve F-APE) 60 gün depolama sonunda belirlenen antosiyanin konsantrasyonları, başlangıç konsantrasyonlarına göre önemli düzeyde azalmıştır ($P < 0,05$; Şekil 8). Düşük kalorili formülasyonlardaki antosiyanin içeriklerindeki azalışlar daha az gerçekleşmiştir. Nitekim % antosiyanin kayıplarına ilişkin Şekil 10 incelendiğinde, sakkaroz içeren kontrol formülasyonları (F-NSS ve F-APS) 20°C'de 30 gün depolama sonunda sırasıyla yaklaşık %68 ve %54 azalış gerçekleşirken, düşük kalorili formülasyonlar (F-NSE ve F-APE) ise sırasıyla yaklaşık %50 ve %46 düzeylerinde azalışlar ile sonuçlanmıştır (Şekil 10). Diğer yandan, +4 °C'de depolama ile tüm ürünlerde (F-NSS, F-NSE, F-APS ve F-APE) antosiyaninlerin degradasyonunun önemli düzeyde yavaşladığı Şekil 10'da açıkça görülebilir. Özellikle, F-NSS ve F-NSE yumuşak şeker ürünlerinin antosiyanin içeriklerinde +4 °C'de 60 gün depolama boyunca önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir ($P > 0,05$; Şekil 9); yüzdesel azalışlar da sırasıyla yaklaşık %20 ve değişim yok şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 10). F-APS ve F-APE ürünlerindeki

değişimler de oda koşullarında (20°C) depolamaya kıyasla daha düşük yüzdesel azalışlar ile sonuçlanmıştır. Ancak nar suyu kullanılan formülasyonların tersine, aronya püresi kullanılan formülasyonların antosiyanin içerikleri +4 °C’de 60 gün depolama boyunca önemli düzeyde azalmıştır (P<0,05; Şekil 9). F-APS ve F-APE ürünlerinin antosiyanin içeriklerindeki azalışlar +4 °C’de 60 gün depolama sonunda sırasıyla yaklaşık %54 ve %38 düzeylerinde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlardan düşük kalorili formülasyonlarda antosiyaninlerin daha etkin bir şekilde korunduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 8. 20°C’de depolama sürecinde ürünlerin monomerik antosiyanin içeriklerindeki (ort.±std. hata) değişim

Farklı harflerle (A,B ve a-g) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

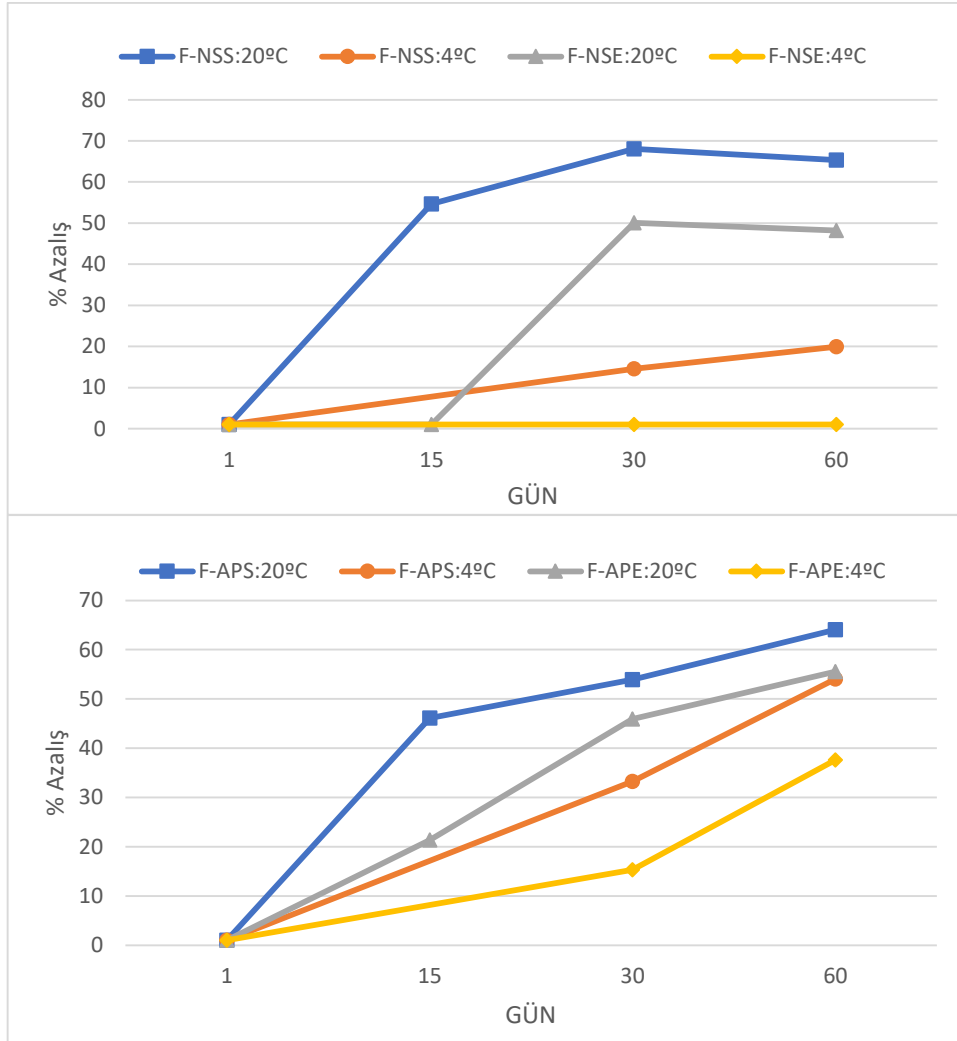


Şekil 9. +4°C’de depolama sürecinde ürünlerin monomerik antosiyanin (ort.±std. hata) içeriklerindeki değişim

Farklı küçük harflerle (a-f) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

Kordmeier ve Howard (2011), %25,4 aronya meyve konsantresi, %47,6 sakkaroz, %1,3 Splenda, %0.025 potasyum sorbat ile birlikte farklı jelatin konsantrasyonları (%19,1, %17,8 ve %16.5) kullanarak ürettikleri yumuşak, orta ve sert mukavemetli jel tipi şekerlerin monomerik antosiyaninleri üzerine 4°C ve 23°C sıcaklıklarda depolamanın etkilerini incelemişlerdir. Oda sıcaklığında 6 ay süreyle depolamanın, monomerik antosiyaninler (%80-82) ve toplam prosiyanidinler (%48-54) açısından dramatik kayıplarla sonuçlandığı; soğuk depolamanın ise, monomerik antosiyanin (%61-65) ve toplam prosiyanidin (%17-22) kayıplarını iyileştirdiğini rapor etmişlerdir. Casas-Forero vd. (2022), blueberry konsantresi ile zenginleştirilen $61.0 \pm 1.0^{\circ}\text{Bx}$ SÇKM değerine sahip jel

tibi (gummy) yumuşak şekerin 25°C sıcaklıkta 35 gün depolama sonrasında antosiyanin içeriğinin %77 oranında önemli bir düzeyde azaldığını tespit etmişlerdir.



Şekil 10. Depolama sürecinde ürünlerin antosiyanin miktarlarındaki kayıp düzeyleri

Depolama süresince monomerik antosiyaninlerin degradasyonu birinci derece (first order) kinetik model ile açıklanmıştır (Tablo 7). Çünkü, kinetik modele iyi uygunluğun ölçütü, doğrusal regresyon eğrilerine ilişkin determinasyon katsayıları (R^2)'dir. $R^2=1$ olması, deneysel yolla elde edilen verilerle mükemmel bir doğrusal eğri sağlandığının göstergesidir (Labuza, 1984). Bu açıdan Tablo 7'de yer alan R^2 değerleri incelendiğinde, 20°C'de F-NSS'e ilişkin $R^2=0,59$ değeri dışındaki regresyon eğrileri için hesaplanan tüm determinasyon katsayılarının 0,91 ve 0,99 arasında olduğu ve oldukça yüksek değerlere sahip oldukları görülmektedir. Bununla birlikte, regresyon eğrilerinin eğimlerinden faydalanılarak hesaplanan reaksiyon hız sabitlerinden, depolama sıcaklığı

arttikça antosiyaninlerin degradasyonunun hızlandığı ve dolayısıyla antosiyanin parçalanmasına ilişkin yarılanma ömürlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 7). Antosiyaninlerin moleküler yapısının kararsız hale gelmesinde sıcaklığın önemli bir rolü vardır. Beklendiği gibi, antosiyaninlerin parçalanma hızı sıcaklığın artmasıyla artmıştır. Aynı depolama sıcaklıklarında, aronya püresinin kullanıldığı formülasyonlar (F-APS ve F-APE) kendi aralarında karşılaştırıldığında ise eritritol/sukraloz içeren düşük kalorili formülasyonda antosiyanin parçalanmasının belirgin bir düzeyde daha düşük reaksiyon hız sabitine ve daha yüksek yarılanma ömrüne sahip oldukları belirlenmiş olup, eritritolün depolamada antosiyaninler üzerine koruyucu bir etki gösterdiği bu verilerden de ön plana çıkmaktadır.

Tablo 7

Farklı sıcaklıklarda antosiyanin kayıplarına ilişkin birinci derece kinetik parametreler

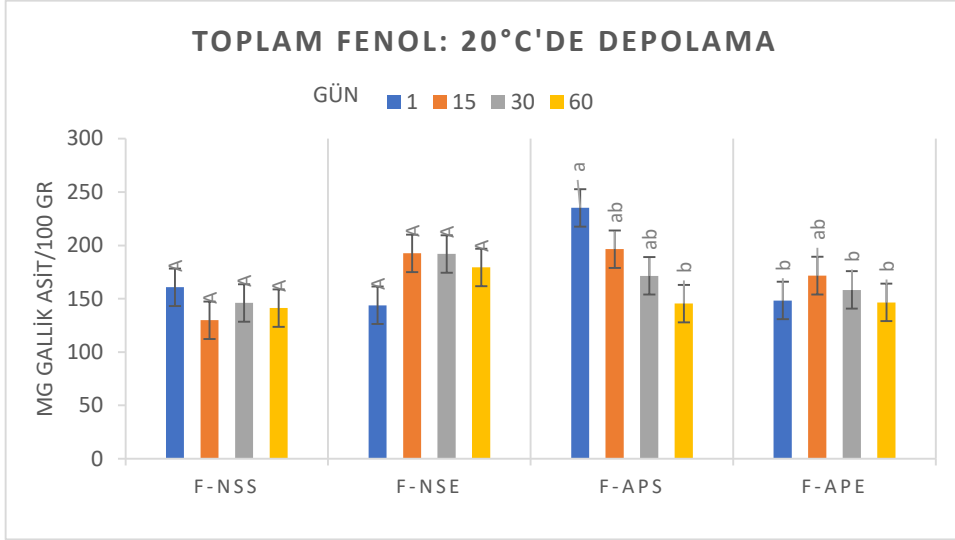
F	Sıcaklık	$-k \times 10^3$	$t_{1/2}$	R^2
	(°C)	(gün ⁻¹)	(gün)	
F-NSS	4	3,9151	177,0446	0,98
	20	14,9695	46,30396	0,86
F-APS	4	9,6726	71,6609	0,92
	20	14,0483	49,34029	0,91
F-APE	4	6,4484	107,4913	0,95
	20	11,0544	62,70328	0,92

Scrob vd. (2022) tarafından farklı tatlandırıcılarla (sükroz, fruktoz, eritritol, esmer şeker, hindistancevizi şekeri, stevia, sakarin) formüle edilen lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) reçelinde, 4°C ve 25°C’de 180 gün süreyle depolama sürecinde antosiyanin degradasyon kinetiğini incelemişlerdir. Söz konusu bu tez çalışması ile benzer şekilde antosiyanin degradasyonunun yüksek determinasyon katsayısı (>0,96) ile birinci derece (first order) kinetik modeli takip ettiği tespit edilmiştir. Genel olarak soğuk koşullarda (4°C) depolanan reçellerde antosiyanin daha iyi korunmakla birlikte, önemli antosiyanin azalışları depolamanın 60. gününden sonra gerçekleşmiştir. Diğer yandan, reçel formülasyonlarında farklı tatlandırıcıların kullanılması, antosiyanin pigmentlerinin depolama süresince bozulma oranlarını açıkça etkilemiştir. Soğuk zincir koşullarında (4°C), fruktoz, antosiyaninler için iyi bir koruma etkisi gösterirken (%36,2 kayıp), eritritol

kullanımı ise bu bileşiklerin en yüksek düzeyde kaybına (%78,0) neden olmuştur. Söz konusu bu tez çalışmasının tersine, eritritolün lingonberry antosiyaninlerinin reçel formülasyonlarında depolama boyunca korunması açısından uygun bir seçenek olmadığı görülmektedir. Nowicka ve Wojdylo (2016) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise şeker alkollerini eritritol ve ksilitol ile hazırlanan vişne pürelirinin antosiyanin içerikleri üzerine 6 aylık depolamadan sonrasında koruyucu etkiler gösterdiği ve soğuk koşullar altında depolamada her iki şeker alkolün de sakarozaya göre antosiyaninleri koruma etkisinin daha üstün olduğu rapor edilmiştir. Buradan da farklı meyveler kullanılarak hazırlanan benzer nitelikte farklı formülasyon bileşenlerine sahip gıda matrislerinde kullanılan tatlandırıcıların antosiyaninleri koruyuculuk trendinin farklılaşabildiği söylenebilir.

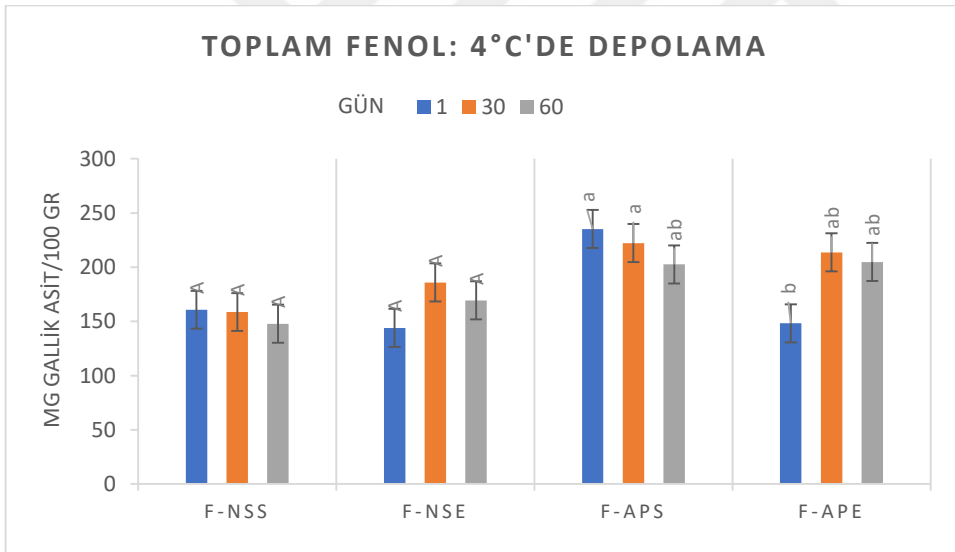
4.5.2. Farklı Depolama Sıcaklıklarında Ürünlerin Toplam Fenol ve Antioksidan Özelliklerindeki Değişim

Farklı sıcaklıklarda (+4 ve 20°C) 60 gün boyunca karanlık bir ortamda depolanan yumuşak şeker formülasyonlarının toplam fenol içeriklerindeki değişimler Şekil 11 ve 12'de verilmiştir. Buradan 20°C'de depolama boyunca F-NSS, F-NSE ve F-APE ürünlerinin toplam fenol içeriklerinde istatistiksel olarak önemli bir değişimin gerçekleşmediği görülmektedir ($P>0,05$). F-APS ürününün toplam fenol içeriğinde ise depolamanın 30. Gününe kadar önemli düzeyde değişmezken ($P>0,05$), depolamanın 60. gününde başlangıca göre önemli bir azalış ($P<0,05$) ile sonuçlanmıştır. Soğuk zincir (+4°C) depolama koşullarında 60 gün boyunca tüm ürünlerin toplam fenol içeriklerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir ($P>0,05$; Şekil 12). Tüm bu bulgulardan ürünlerin toplam fenol içeriklerinin depolama boyunca stabilitesini koruduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 11. 20°C'de depolama sürecinde ürünlerin toplam fenol (ort.±std. hata) içeriklerindeki değişim

Farklı harflerle (A,B ve a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

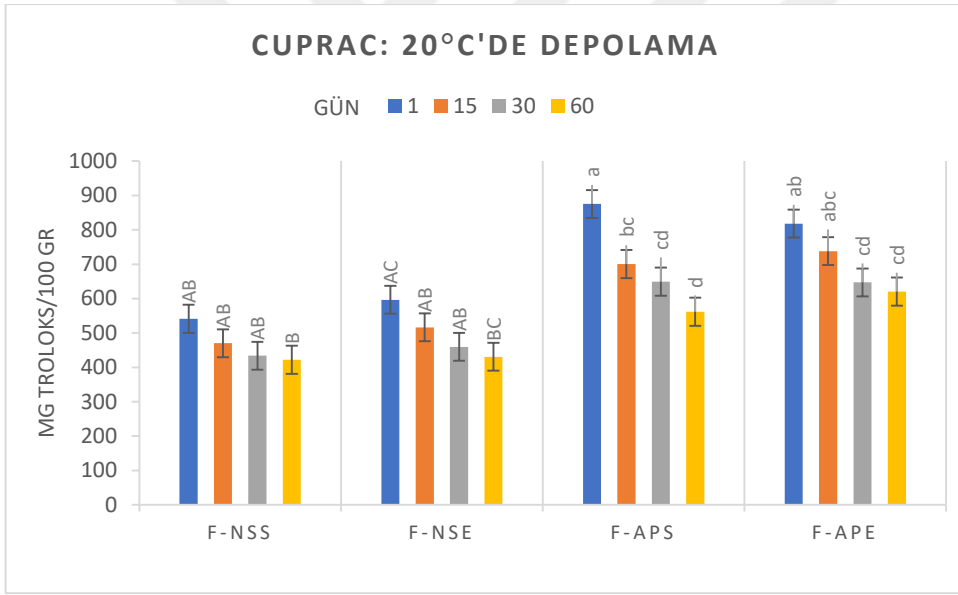


Şekil 12. +4°C'de depolama sürecinde ürünlerin toplam fenol (ort.±std. hata) içeriklerindeki değişim

Farklı harflerle (A,B ve a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

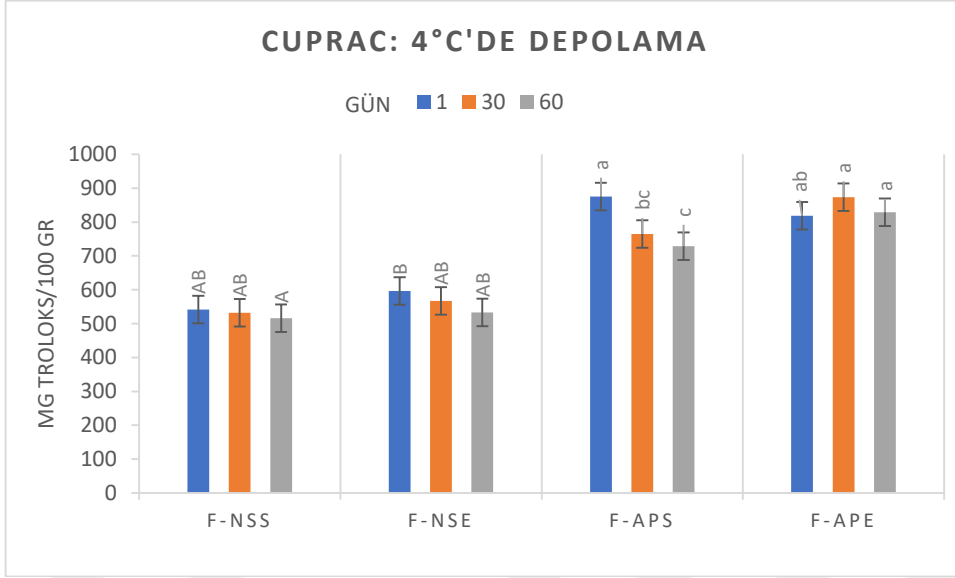
Depolama boyunca ürünlerin antioksidan özelliklerindeki (CUPRAC ve DPPH) değişimler Şekil 13-16'da verilmiştir. F-NSS ve F-NSE ürünlerin CUPRAC değerlerinde, hem oda koşulu (20°C) hem de soğuk (+4°C) depolama sürecinde istatistiksel olarak önemli olmayan azalışlar gözlenmiştir (P>0,05). Diğer yandan oda koşulu (20°C)'da depolanan F-APS ve F-APE ürünlerinin CUPRAC değerlerinde istatistiksel olarak önemli

düzeyde azalışlarla sonuçlanmıştır ($P<0,05$). Soğuk zincirde ($+4^{\circ}\text{C}$) depolanan F-APS ve F-APE ürünlerinin CUPRAC değerleri, oda koşullarında depolamaya göre daha iyi korunurken, soğuk depolamada F-APE ürününün CUPRAC değeri değişmemiştir ($P<0,05$). Her iki depolama sıcaklığında aronya püresi kullanılan formülasyonlardan düşük kalorili versiyonların (F-APE: $+4^{\circ}\text{C}$ ve F-APE: 20°C) 60 gün depolama sonunda CUPRAC değerleri daha yüksektir. Formülasyonda yer alan eritritolün tatlı bir antioksidan olarak hidroksil radikali ($\text{HO}\cdot$) süpürücü aktivitesinin ve yapısındaki hidroksil gruplarının sayısı ile radikal yakalama oranı arasında iyi bir korelasyonun bulunduğu bildirilmiştir (denHartog vd. 2010). Chung vd. (2013) tarafından da katyonik Pd (Palladium)-neokuproin katalizörü kullanılarak, poliollerin α -hidroksi ketonlara, yüksek düzeyde kemoselektif oksidasyonunu rapor etmişlerdir.



Şekil 13. 20°C 'de depolama sürecinde ürünlerin CUPRAC (ort. \pm std. hata) değerlerindeki değişim

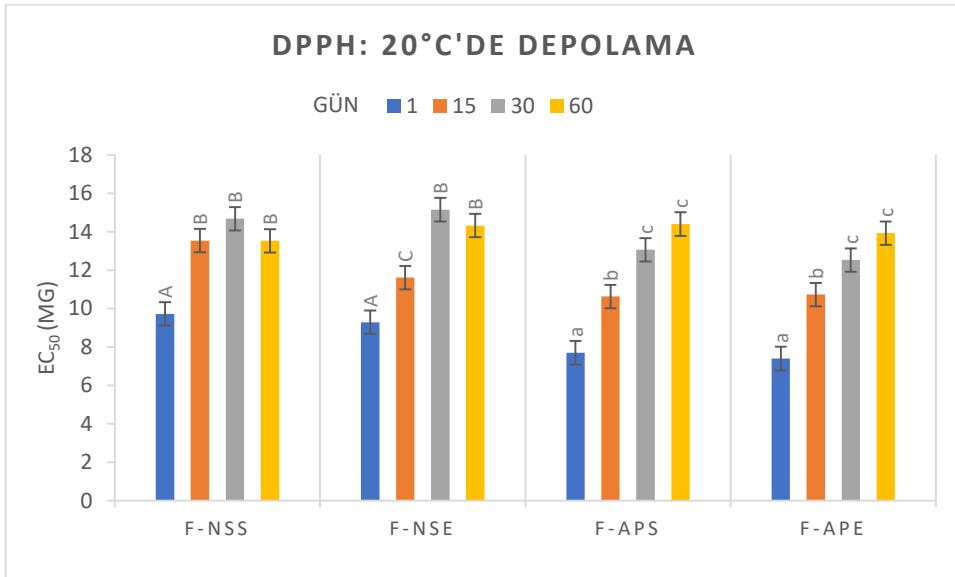
Farklı harflerle (A,B ve a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır ($P<0,05$)



Şekil 14. +4°C'de depolama sürecinde ürünlerin CUPRAC (ort.±std. hata) değerlerindeki değişim

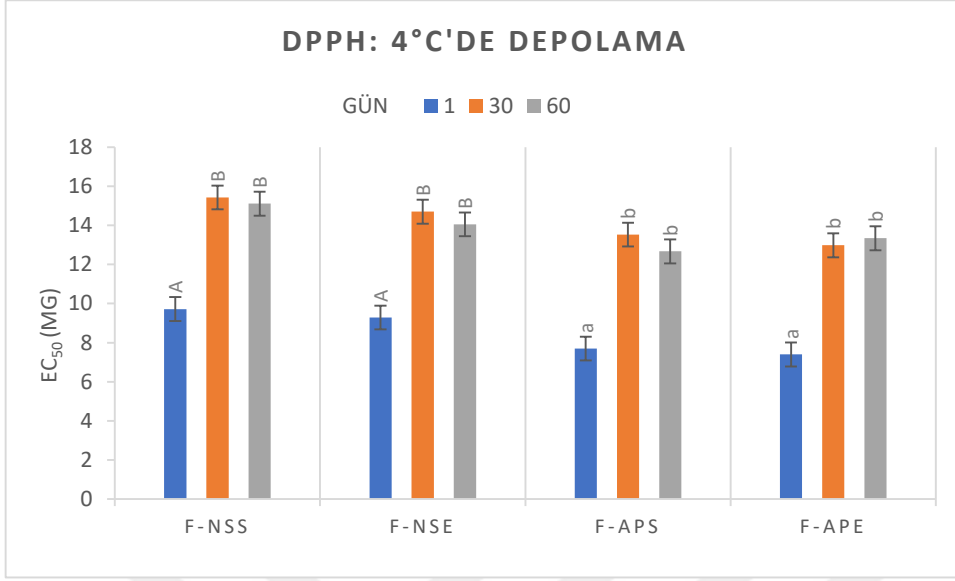
Farklı harflerle (A,B ve a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

Depolama sonunda tüm yumuşak şeker ürünlerinin EC₅₀ değerleri depolama sıcaklıklarından bağımsız olarak önemli düzeyde artış göstermiştir (P<0,05). Buradan ürünlerin başlangıç EC₅₀ değerlerinin korunması bakımından depolama sıcaklığının etkisiz olduğu söylenebilir.



Şekil 15. 20°C'de depolama sürecinde ürünlerin EC₅₀ (ort.±std. hata) değerlerindeki değişim

Farklı harflerle (A,B ve a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)



Şekil 16. +4°C'de depolama sürecinde ürünlerin EC₅₀ (ort.±std. hata) değerlerindeki değişim

Farklı harflerle (A,B ve a,b) işaretlenen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P<0.05)

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Şekerlemeler her yaş grubunda sevilerek tüketilen bir gıda grubudur. Ancak fazla tüketimi diş çürüğü, diyabet, obezite, tansiyon gibi kronik hastalıklara sebebiyet vermektedir. Günlük şeker tüketimi alınan kalorinin %10'unu geçmemelidir. Bu sebeple diyabet ve obezitenin başlıca düşmanı sakkaroz yerine polioller, stevia ve sukraloz gibi tatlandırıcılar kullanılarak kalorisi azaltılmış; diğer yandan sağlığa faydalı ve hastalıkları önleyici biyoaktif bileşenler ile zenginleştirerek fonksiyonel şekerleme ürünleri üretmek için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Fonksiyonel gıda grubunda antosiyaninler diğer flavonoidlere göre daha geride kalmasına rağmen son yıllarda bu yönde yapılan çalışmalar artmaktadır. Antosiyaninlerin sindirimi ağız boşluğundaki pH durumu, bakteriyel yük ve salgılanan enzimler ile ağızda başlar, midede nispeten stabildir ve küçük bir kısmı emilebilir. Metabolizmanın ve emilimin asıl yeri bağırsaklardır. Alınan antosiyaninlerin bir kısmı atılır bir kısmı geri emilir ve karaciğerde dönüştürülerek ilgili dokulara iletilir. Antosiyaninler nutrasötik bileşikler olarak besin değerleri, farmakokinetik profilleri, farmakolojik mekanizmaları ve sağlığı geliştirici özellikleriyle dikkat çekmektedir. Son zamanlarda yapılan *in vitro* ve *in vivo* çalışmalar antioksidan savunmayı artıran, serbest radikal hasarını, kronik enflamasyonu ve mutasyon riskini azaltabilen ve dejeneratif kronik hastalıkların (ateroskleroz, metabolik sendrom, diyabet, göz ve böbrek komplikasyonları, birçok kanser türü ve obezite) gelişimini ve ilerlemesini yavaşlatan fonksiyonel bileşikler olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte antosiyaninlerin en büyük dezavantajı düşük stabiliteye sahip olmalarıdır. pH, ışık, sıcaklık, enzimler, kopigmentasyon, askorbik asit ve oksijen stabiliteelerini etkileyen faktörlerdir. Bu bakış açısından, olumsuz etkilerini en aza indirmek ve sonrasında sağlığa yararlı etkilerini güçlendirmek için her bir parametrenin antosiyaninlerin stabilitesi üzerindeki etkisinin tam olarak farkında olmak çok önemlidir. Biyoyararlanımlarını artırmak için lipozomlar, mikrokapsüller veya emülsiyonlar gibi çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Böylece dolaylı olarak antosiyaninlerin ürettiği etkiler daha güçlü olacaktır.

Bu çalışmada antosiyanin pigmentleri ile zengin nar suyu, nar konsantresi ve aronya püresi kullanılarak yumuşak şekerlemeler ile bunların düşük kalorili

alternatiflerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ön denemeler ve tüketici tercihleri baz alınarak nar konsantresi temelli olmak üzere 2 farklı antosiyanin kaynağı (nar suyu ve aronya püresi) ve 2 farklı tatlandırıcı (sakkaroz ve eritritol/sukraloz) içeren formülasyonlar oluşturulmuştur. Formülasyonların başlıca fizikokimyasal özellikleri, monomerik antosiyanin, toplam fenol içeriği ve antioksidan özellikleri (CUPRAC ve DPPH) belirlenmiştir.

Aronya püresi kullanımı yumuşak şeker ürünlerinin monomerik antosiyanin ve toplam fenol içeriklerini önemli düzeyde artırmıştır. Biyoaktif bileşenlere paralel olarak, ürünler antioksidan özellikleri bakımından karşılaştırıldığında da aronya pürelili formülasyonların nar suyu alternatiflerine göre öne geçtiği tespit edilmiştir.

Ürünlerin biyoaktif bileşenleri ve antioksidan özelliklerinin stabilitesi üzerine hem oda koşulu (20°C) hem de soğuk zincir (+4°C) sıcaklıklarında 60 gün boyunca depolamanın etkisi ortaya konmuştur. Soğuk zincir depolama ürünlerin antosiyanin içeriklerinin korunmasında etkili olmuştur. Diğer yandan 20°C’de depolamada aronya püresi içeren düşük kalorili formülasyonda antosiyanin içeriğinin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Depolama boyunca ürünlerin toplam fenol içerikleri korunmuştur. Ürünlerin antioksidan özelliklerinin göstergesi analiz verilerinden CUPRAC değerleri depolama boyunca azalmış, EC₅₀ değerlerinde ise artışlar gözlenmiştir. CUPRAC değerleri baz alındığında depolama sıcaklığının etkisi önemli olup, soğuk muhafaza ürünlerin antioksidan özelliklerinin korunmasında etkili bir depolama yöntemi olarak önerilebilir.

Sonuç olarak, yumuşak şekerleme ürünleri, antosiyanin pigmentleri gibi önemli antioksidan özellikli bileşenlerin alımını artırmak amacıyla iyi birer taşıyıcı ortamı olarak fonksiyonelleştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Altan, A. (1991). Özel gıdalar teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana, s:72-97.
- Anonim, (2004). Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *Journal of the American Dietetic Association*,104: 814-822.
- Anonim, (2011). Global Market Review of Functional Foods Forecasts to 2010. Available from:<http://www.marketresearch.com/product/display.asp?productid=1080567>. Accessed Feb.02,2011.
- Anonim, (2016). Drouven GmbH Eğitim Notları.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S.E., Bektaşoğlu, B., Berker, K.I., Özyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*,12 (7): 1496-1547.
- Ayvaz, H., Cabaroglu, T., Akyildiz, A., Uysal Pala, C., Temizkan, R., Ağçam, E., Ayvaz, Z., Durazzo, A., Lucarini, M., Direito, R., Diaconeasa, Z. (2023). Anthocyanins: Metabolic digestion, bioavailability, therapeutic effects, current pharmaceutical/industrial use, and innovation potential. *Antioxidants*, 12 (1): 48.
- Backgrounder: Functional Foods. In: Food Insight Media Guide. Washington, DC: International Food Information Council Foundation; 1998.
- Bağdatlı, A., Sürmeli, Y., Göksu, A. (2012). “Fonksiyonel et ürünleri üretim stratejileri”, *Türkiye 11. Gıda Kongresi*,10-12 Ekim 2012, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Badii, F., Howell, N. K., (2006). Fish gelatin: Structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. *Food Hydrocolloids*, 20: 630–640.
- Basu, S., Shivhare, U. S., Sing, T. V. (2013). Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 114 (4), 465-476.
- Benkouider, C. (2011,21 Ocak). The world’s emerging markets. Available from: <http://www.functionalingredientsmag.com/article/Trends/theworld-s-emerging-markets.aspx>. Accessed January. 21, 2011.
- Bernt, W. O., Borzelleca, J. F., Flamm, G., Munro, I. C. (1996). Erythritol: a review of biological and toxicological studies. *Regul Toxicol Pharmacol*, 24, 191–197.

- Bolling, B. W., Taheri, R., Pei, R., Kranz, S., Yu, M., Durocher, S. N., Brand, M. H. (2015). Harvest date affects aronia juice polyphenols, sugars, and antioxidant activity, but not anthocyanin stability. *Food Chemistry*, 187, 189–196.
- Boran, G. (2011). Bir Gıda Katkısı Olarak Jelatin: yapısı, özellikleri, üretimi, kullanımını ve kalitesi. *Gıda Dergisi*, 36 (2).
- Broomes, J., Badrie, N. (2010). Effects of low-methoxyl pectin on physicochemical and sensory properties of reduced-calorie sorrel/ roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Jams. *The Open Food Science Journal*, 4, 48-55
- Burey, P., Bhandari, B. R., Rutgers, R. P. G., Halley, P. J., Torley, P. J., (2009). Confectionery Gels: A Review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12, 176-210.
- Burnaz, N. A., Ertop, H. M., Karataş Ş. M. (2018). Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kullanımı İle Ekmeğin Fenolik Madde İçeriğinin Zenginleştirilmesi. *Gıda*, 43 (2), 240-249.
- Burroughs, A. (2010). Fruit, fillings drive gummi innovation. *Candy & Snack Today*, 41.
- Casas-Forero, N., Trujillo-Mayol, I., Zúñiga, R.N., Petzold, G., Orellana-Palma, P. (2022). Effects of Cryoconcentrated Blueberry Juice as Functional Ingredient for Preparation of Commercial Confectionary Hydrogels. *Gels*, 8, 217. <https://doi.org/10.3390/gels8040217>.
- Cassidy, A., Mukamal, K. J., Liu, L., Franz, M., Eliassen, A. H. Rimm, E. B. (2013). A high anthocyanin intake is associated with a reduced risk of myocardial infarction in young and middle-aged women. *Circulation*, 127, 188–196.
- Cavalcanti, R.N., Santos, D.T., Meireles, M.A.A. (2011). Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems—An overview. *Food Research International*, 44, 499–509
- Chattopadhyay, S., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R. (2014). Artificial sweeteners—a review. *Journal of Food Science Technology*, 51 (4), 611-621.
- Chung, K., Banik, S. M., De Crisci, A., G., Pearson, D., M., Blake, T., R., Olsson, J., V., Ingram, A., J., Zare, R., N., Waymouth, R., M. (2013). Chemoselective Pd-Catalyzed Oxidation of Polyols: Synthetic Scope and Mechanistic Studies. *Journal of the American Chemical Society*, 135 (20), 7593-7602.
- Clydesdale, F. M. (1991). Color perception and food quality. *Journal of Food Quality*, 14, 61-74.

- Committee on Opportunities in the Nutrition and Food Sciences, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Thomas PR, Earl R, eds. Opportunities in the Nutrition and Food Sciences: Research Challenges and the Next Generation of Investigators. Washington, DC: National Academy Press; 1994.
- de Cock, P. (2012). Erythritol. In: Sweeteners and sugar alternatives in food technology. Wiley-Blackwell, 213–241. doi: 10.1002/9781118373941.ch10
- Delgado, P., Bañón, S. (2015). Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties. *CYTA Journal of Food*, 13 (3), 329–335. doi:10.1080/19476337.2014.974676
- Denev, P., Kratchanova, M., Petrova, I., Klisurova, D., Georgiev, Y., Ognyanov, M., Yanakieva, I. (2018). Black Chokeberry (*Aroniamelanocarpa* (Michx.) Elliot) Fruits and Functional Drinks Differ Significantly in Their Chemical Composition and Antioxidant Activity. *Journal of Chemistry*, 9574587, <https://doi.org/10.1155/2018/9574587>.
- Duconseille, A., Astruc, T., Quintana, N., Meersman, F., Sante-Lhoutellier, V., (2015). Gelatin structure and composition linked to hard capsule dissolution: A review. *Food Hydrocolloids*, 43, 360- 376.
- Durmaz, S., E., Keser, A. (2018). Yapay tatlandırıcıların vücut ağırlığı ve insülin direnci üzerine etkileri. *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3 (2), 8-15.
- Dünya şekerleme pazarı devleşiyor.(2022,17 Nisan). Erişim adresi)<https://www.gidahatti.com/dunya-sekerleme-pazari-devlesiyor-140506/>
- Eker, M.,E., Aaby, K., Budic-Leto, I., Brncic, S.,R., El, S.,N., Karakaya Şimşek, Ş., Manach, C., Wiczowski, W., Pascual-Teresa, S., (2020). A review of factors affecting anthocyanin bioavailability: Possible implications for the inter-individual variability. *Foods*,9 (1),2.
- Embuscado, M., E. and Patil, S., K. (2001). ‘Erythritol’. L. Nabors (ed.) in, *Alternative Sweeteners*. (pp. 235 – 254). Marcel Dekker: New York.
- Enaru, B.,Dretcanu , G., Pop, D., Stanila A., Diaconeasa Z. (2021). Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants*, 10(12),1967.
- Erbaş, E. (2006). Yeni Bir Gıda Grubu Olarak Fonksiyonel Gıdalar. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*,24-26 Mayıs 2006, Bolu. 791-794.

- Erenoğlu Son, N. ve Yaman, . (2019). ‘Fonksiyonel Gıdalar’. N. Erenoğlu Son (ed.) içinde *Beslenme Obezite ve Toplum Sağlığı*. (s.114-144). Gven Plus Grup A.Ş. Yayınları:İstanbul.
- 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. doi: 10.1080/10408390802248833
- Escribano-Bailon, M.,T., Santos-Buelga, C.(2012). Anthocyanin Copigmentation— Evaluation, Mechanisms and Implications for the Colour of Red Wines. *Current Organic Chemistry* , 16, 715–723.
- Fang, Z., Wang, T., Zhang, B., Zhao, H. (2018). Addition of sucrose during the blueberry heating process is good or bad? Evaluating the changes of anthocyanins/anthocyanidins and the anticancer ability in HepG-2 cells. *Food Research International*, 107, 509-517.
- Fischer, U. A., Carle, R., Kammerer, D. R. (2011). Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD–ESI/MSn. *Food Chemistry*, 127, 807– 821.
- Fonksiyonel Gıdalar ve Destekler. (18 Eylül 2012) Erişim adresi: <http://food.ege.edu.tr/files/fonksiyonelgidalarvedestekler.ppt> (18 Eylül 2012)
- Fonksiyonel Gıdaların Tanımı ve Sınıflandırılması. 2012. [http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/Belge G o s t e r . a s p x ? F 6 E 1 0 F 8 8 9 2 4 3 3 C F F 6 7 - 9 A 6 6 4 0 6 2 0 2 C C B 0 5 E E 9 F C 1 9 6 2 A 0 2 9 6 C](http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/Belge%20Goster.aspx?F6E10F8892433CFF67-9A66406202CCB05EE9FC1962A0296C).
- Food and Drug Administration (2002). Acidified Foods. Code of Federal Regulation, title 21 (vol.2). 21CFR114 Washington, DC: US Government Printing Office.
- Francis, F.J., Markakis, P., C. (1989). Food Colorants: Anthocyanins. *Critical Reviews Food Science and Nutrition*, 28 (4), 273-315.
- Giusti, M. M., Wrolstad, R. E. (2001). ‘‘Unit F1.2. Anthocyanins Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy’’. R.E. Wrolstad and S.J. Schwartz (Eds) In: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. (pp 1-13). John Wiley & Sons: New York.
- Gonçalves, A. C., Nunes, A. R., Falco, A., Alves, G., Silva, L. R. (2021). Dietary effects of anthocyanins in human health: A comprehensive review. *Pharmaceuticals*, 14, 690.

- Gök, Ş. (2020). Jelly tipi şekerleme kalori düzeyinin bitkisel çözümler lif ve poliol kullanımı ile azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.
- Granato D., Barba F. J., Aquarius D. B., Lorenzo J. M., Cruz A. G., Putnik P. (2020). Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11:3.1–3.26.
- Hargis, P. S. (1988). Modifying eggs yolk cholesterol in the domestic fowl- A review. *World Poultry Science Journal*, 44: 17-29.
- Hartel, R. W., Von Elbe, J. H., Hofberger, R. (2018). Confectionery Science and Technology. Springer International Publishing: Switzerland, 536p.
- Haug, I. J and Draget, K. I. (2009). ‘‘Gelatin’’ I.J. Haug and K. I. Draget (eds.) in: *Handbook of Hydrocolloids* (pp.142-163). Woodhead Publishing Limited: New York.
- Health Canada. (1998). Final Policy Paper on Nutraceuticals/Functional Foods and Health Claims on Foods. Available at: http://www.hc-sc.gc.ca/foodaliment/ns-sc/ne-en/health_claims-allegations_sante/e_nutra-funct_foods.html. Accessed February 6, 2004.
- Health Canada (2000). Standards of evidence for evaluating foods with health claims. Fact sheet 1. November 2000.
- Hellström, J., Mattila, P., Karjalainen, R.(2013). Stability of anthocyanins in berry juices stored at different temperatures. *Journal of Food Composition and Analysis*. 31, 12–19.
- Hinterwaldner, R. (1977). ‘‘Technology of Gelatin Manufacture’’. A.G. Ward and A.Courts (eds). in: *The Science and Technology of Gelatin*.(pp.315-361).Academic Press:USA.
- Jackman, R.,L., Yada, R.,Y., Tung, M.,A., Speers, R.,A. (1987). Anthocyanins As Food Colorants- A Review. *Journal Of Food Biochemical* , 11, 201- 247.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo J., Cofrades S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*, 59: 5-13.
- Kaloudi, Theodora, Dimitrios Tsimogiannis, and Vassiliki Oreopoulou. (2022). "Aronia Melanocarpa: Identification and Exploitation of Its Phenolic Components" *Molecules* ,27, 14: 4375. <https://doi.org/10.3390/molecules27144375>

- Kang, H.-J., Ko, M.-J., Chung, M.-S. (2021). Anthocyanin Structure and pH Dependent Extraction Characteristics from Blueberries (*Vaccinium corymbosum*) and Chokeberries (*Aronia melanocarpa*) in Subcritical Water State. *Foods*, 10, 527.
- Karim, A. A., Bhat, R. (2008). Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 644-656.
- Kimmons, J., Gillespie, C., Seymour, J., Serdula, M., Blanck, H. M. (2009). Fruit and vegetable intake among adolescents and adults in the United States: percentage meeting individualized recommendations. *Medscape journal of medicine*, 11(1): 26.
- Küresel Fonksiyonel Ürün Pazarı Büyüyor. (2022, 25 Aralık). Erişim adresi <https://ekonomiknokta.com/kuresel-fonksiyonel-urun-pazari-buyuyor-h7578.htm>
- Labuza, T.P. (1984). Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Journal of Chemical Education*, 61: 348-358.
- Lapidot, T., Harel, S., Akiri, B., Granit, R., Kanner, J. (1998). pH Dependent Forms of Red Wine Anthocyanins as Antioxidants. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47: 67-70.
- Lees, R. and Jackson, E. B. (Eds.).(2012). *Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture*. Chemical Publishing Compony: U.S.
- Li, G., Zhu, Y., Zhang, Y., Lang, J., Chen, Y. and Ling, W. (2013). Estimated daily flavonoid and stilbene intake from fruits, vegetables, and nuts and associations with lipid profiles in Chinese adults. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113: 786–794.
- Manjula, K., Suneetha, C. (2014). Formulation and development of functional confectionery by incorporating pumpkin juice. *International Journal of Food Agriculture Veterinary Sciences*, 4 (1): 47-52.
- Mauray, A., Felgines, C., Morand, C., Mazur, A., Scalbert, A., Milenkovic, D. (2012). Bilberry anthocyanin-rich extract alters expression of genes related to atherosclerosis development in aorta of apo E-deficient mice. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 22: 72–80.
- Min, J., Yu, S. W., Baek, S. H., Nair, K. M., Bae, O. N., Bhatt, A., Kassab, M., Nair, M. G. and Majid, A. (2011). Neuroprotective effect of cyanidin-3-O-glucoside anthocyanin in mice with focal cerebral ischemia. *Neuroscience Letters*, 500: 157–161.

- Moon, H. J., Jeya, M., Kim, I. W., Lee, J. K. (2010). Biotechnological production of erythritol and its applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 86: 1017–1025. doi: 10.1007/s00253-010-2496-4.
- Muraki, I., Imamura, F., Manson, J. E., Hu, F. B., Willett, W. C., van Dam, R. M., Sun, Q. (2013). Fruit consumption and risk of type 2 diabetes: results from three prospective longitudinal cohort studies. *B. M. J.*, 347.
- Nowicka P, Wojdylo A (2016) Stability of phenolic compounds, antioxidant activity and colour through natural sweeteners addition during storage of sour cherry puree. *Food Chem* 196:925–934. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.019>
- Önder, H., Yüksek-Aydar, A. (2022). Şekerleme üretiminde kullanılan hammaddeler ve fonksiyonel yumuşak şekerleme üretimi. *Aydın Gastronomy*, 6 (1): 65-78. DOI NO: 10.17932/IAU.GASTRONOMY.2017.016/Gastronomy_V06i1006
- Özkan, M., Cemeroğlu, B. ve Kırca Toklucu, A. (2010). Gıda Mühendisliğinde Reaksiyon Kinetiği. Gıda Teknolojisi Yayınları Derneği No:42, Ankara.
- Platzer, M., Kiese, S., Herfellner, T., Schweiggert-Weisz, U., Miesbauer, O., Eisner, P. (2021). Common trends and differences in antioxidant activity analysis of phenolic substances using single electron transfer based assays. *Molecules*, 26 (5): 1244. <https://doi.org/10.3390/molecules26051244>
- Position of the American Dietetic Association: Functional Foods - 0002-8223/04/10405-0018\$30.00/0 doi: 10.1016/j.jada.2004.03.015, *Journal of American Dietetic Association*, 104:814-826, 2004 by the American Dietetic Association, ADA reports.
- Remini, H., Dahmoune, F., Sahraoui, Y., Madani, K., Kapranov, V., Kiselev, E. (2018). Recent Advances on Stability of Anthocyanins. *RUND Journal of Agronomy and Animal Industries*. 13, 257–286.
- Romulo, A. (2020). The Principle of Some In vitro Antioxidant Activity Methods: Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426.
- Roberfroid, M. B. (2000). A European consensus of scientific concepts of functional foods. *Nutrition*, 16: 689-691.
- Salar, F., J., Agulló, V., Domínguez-Perles, R., García-Viguera, C. (2022). Influence of Sweeteners (Sucrose, Sucralose, and Stevia) on Bioactive Compounds in a Model System Study for Citrus–Maqui Beverages. *Foods*, 11 (15): 2266.

- Sarbon, N., M., Badii, F., Howell, N.,K., (2013). Preparation and characterisation of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloids*, 30: 143-151.
- Scrob, T., Varodi, S.M., Vintilă, G.A., Casoni, D., Cimpoiu, C. 2022. Estimation of degradation kinetics of bioactive compounds in several lingonberry jams as affected by different sweeteners and storage conditions, *Food Chemistry*: X, 16, 100471.
- Sezen F., Koçak C.(2006). Fonksiyonel Süt Ürünleri Teknolojisindeki Gelişmeler. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*,24-26 Mayıs 2006, Bolu.89-92.
- Shih, P.,H., Chan, Y., C., Liao, J., W., Wang, M., F., Yen, G.,C. (2010). Antioxidant and cognitive promotion effects of anthocyanin-rich mulberry (*Morus atropurpurea* L.) on senescence-accelerated mice and prevention of Alzheimer's disease. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21: 598–605.
- Singleton, V., L., Rossi, J., A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Sreenath, K., Venkatesh, Y. P. (2008). Analysis of erythritol in foods by polyclonal antibody-based indirect competitive ELISA. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 391: 609–615. doi: 10.1007/ s00216-008-2016-x.
- Strathearn, K., E., Yousef, G., G., Grace, M., H., Roy, S., L., Tambe, M., A., Ferruzzi, M., G., Wu, Q., L., Simon, J., E., Lila, M., A., Rochet, J., C. (2014). Neuroprotective effects of anthocyanin- and proanthocyanidin-rich extracts in cellular models of Parkinson's disease. *Brain Research*, 1555: 60–77.
- Timberlake, C.,F., Bridle, P., (1980). Anthocyanin Occurance, Extraction And Chemistry, *Food Chemistry*, 5, 69-80.
- Traxler H. (1993). *The Life and Times of Gummy Bears*.
- Troutman, M., Y., Mastikhin, I., V., Balcom, B., J. (2001). Moisture migration in soft-panned confections during engrossing and aging as observed by magnetic resonance imaging. *Journal of Food Engineering*, 48 (3): 257–267. doi: 10.1016/S0260- 8774(00)00167-9.
- Tsuda, T. (2012). Dietary anthocyanin-rich plants: Biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Molecular Nutrition and Food Research* 56, 159–170. DOI 10.1002/mnfr.201100526.

- Uysal-Pala, Ç., Kırca Toklucu, A. (2011). Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (6): 790-795.
- Wainwright, F., W. (1977). "Physical Tests for Gelatin and Gelatin Products". A.G. Ward and A. Courts (eds.). In: *The Science and Technology of Gelatin*. (pp.508-531). Academic Press, USA.
- Wu, T., Qi, X., Liu, Y., Guo, J., Zhu, R., Chen, W., Zheng, X., Yu, T. (2013). Dietary supplementation with purified mulberry (*Morus australis* Poir) anthocyanins suppresses body weight gain in high-fat diet fed C57BL/6mice. *Food Chemistry*, 141: 482-487.
- Youdim, K., A., Shukitt-Hale, B., Joseph, J., A. (2004). Flavonoids and the brain: interactions at the blood-brain barrier and their physiological effects on the central nervous system. *Free Radical Biology and Medicine*, 37: 1683–1693.
- Zengin, H. (2012). Pathogenesis of atherosclerosis. *Journal of Experimental and Clinical Medicine* ; 29: 101-106.
- Zhu, Y., Xia, M., Yang, Y., Liu, F., Li, Z., Hao, Y., Mi, M., Jin, T. and Ling, W. (2011). Purified anthocyanin supplementation improves endothelial function via NO-cGMP activation in hypercholesterolemic individuals. *Clinical Chemistry*, 57: 1524–1533.

