

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞEKER ALKOLLERİ VE YENİ NESİL ANTİOKSİDAN ETKİLİ
TATLANDIRICILARIN BİSKÜVİ KALİTE ÖZELLİKLERİNE
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET GÜLDANE

DENİZLİ, HAZİRAN - 2014

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA TEKNOLOJİSİ



ŞEKER ALKOLLERİ VE YENİ NESİL ANTİOKSİDAN ETKİLİ
TATLANDIRICILARIN BİSKÜVİ KALİTE ÖZELLİKLERİNE
ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET GÜLDANE

DENİZLİ, HAZİRAN - 2014

KABUL VE ONAY SAYFASI

Mehmet Güldane tarafından hazırlanan “**Şeker Alkolleri ve Yeni Nesil Antioksidan Etkili Tatlandırıcıların Bisküvi Kalite Özelliklerine Etkileri**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 26.06.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

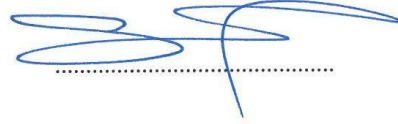
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Emine Nur HERKEN
(PAÜ)



Üye
Prof. Dr. Sebahattin NAS
(PAÜ)



Üye
Yrd. Doç. Dr. Hülya GÜL
(SDÜ)



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü 16.07.2014
30/10 Yönetim Kurulunca onaylanmıştır.



Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması PAÜ BAP tarafından tarafından 2013FBE023 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

MEHMET GÜLDANE



ÖZET

ŞEKER ALKOLLERİ VE YENİ NESİL ANTIOKSİDAN ETKİLİ TATLANDIRICILARIN BİSKÜVİ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET GÜLDANE

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. EMİNE NUR HERKEN)

DENİZLİ, HAZİRAN - 2014

Bu çalışmada, bisküvi üretiminde tatlandırıcı olarak sukroz, D-psikoz ve şeker alkollerinden sorbitol ve ksilitol %100,%75, %50 ve %25 oranlarında kullanılmış; ürünlerin kimyasal, fiziksel, tekstürel ve duyuşal özellikleri tesbit edilmiştir. Bisküvilerde toplam fenol ve toplam antioksidan kapasite analizlerinin yanısıra hidroksi metil furfural (HMF) analizleri de yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda, farklı formülasyondaki bisküvilerin kül, protein, yağ ve protein sindirilebilirliği oranları arasında önemli bir fark bulunmazken ($p>0,05$), şeker alkollerini içeren bisküvilerin nem değerleri kontrol örneğinden düşük bulunmuştur. D-psikoz kullanılarak üretilen bisküviler sukroz ve şeker alkollerini kullanarak üretilenlere kıyasla daha düşük L^* renk değerleri ve daha yüksek a^* renk değerlerine; daha büyük yükseklik ve daha küçük çap değerlerine sahip bulunmuşlardır ($p\leq 0,05$). Genel olarak, sıcaklık ve sürenin artmasına bağılı olarak bütün örneklerin fiziksel özelliklerinin iyileştiği, L^* renk değerlerinin düştüğü ve a^* renk değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir. D-psikoz içeren örneklerin renkleri duyuşal olarak yüksek puan almış olmakla birlikte %75 sukroz-%25 D-psikoz içeren örnekler duyuşal analizde yüksek kabul edilebilirliğiyle en beğenilen ürün olmuştur. Sukrozun %50 oranında şeker alkollerisiyle ikame edilmesiyle elde edilen bisküvi hamurları %100 sukroz içeren bisküvi hamurlarından daha yüksek yapışkanlık ve daha düşük sertlik değerlerine sahip olmuşlardır. Sukroz ve D-psikozun beraber kullanıldığı (1:1, w:w) bisküvilerin sertlik ve toplam yük döngüsü değerleri en yüksek bulunurken, sukroz ve şeker alkollerinin beraber kullanıldığı (1:1, w/w) bisküvilerin sertlik ve toplam yük döngüsü değerleri en düşük bulunmuştur. Pişirme sıcaklığı ve süresindeki artışa bağılı olarak bütün örneklerin toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasite ve HMF değerlerinin arttığı belirlenmiştir. D-psikozlu bisküviler diğeri bütün örneklerden daha yüksek toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasite ve HMF içeriğine sahip bulunmuştur. Bütün örnekler için su aktivitesi 0,4'ün altında olanlarda HMF'nin daha yüksek oranlarda oluştuğu belirlenmiştir ($p\leq 0,05$). Elde edilen veriler sukrozun yerine ikame edilen tatlandırıcıların bisküvilerin fiziksel, besinsel, duyuşal ve fonksiyonel özelliklerini etkilediğini göstermiştir. Tatlandırıcıların bisküvi formülasyonuna katılmasıyla düşük kalorili besleyici ve duyuşal olarak kabul edilebilirliği yüksek bisküviler elde edilebilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Bisküvi, Sukroz, Şeker Alkollerini, Toplam Fenol, Toplam Antioksidan Kapasite, HMF.

ABSTRACT

EFFECT OF SUGAR ALCOHOLS AND NEW GENERATION SWEETENERS OF ANTIOXIDANT PROPERTY ON BISCUIT QUALITY CHARACTERISTICS

**MSC THESIS
MEHMET GULDANE
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
FOOD ENGINEERING**

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. EMINE NUR HERKEN)

DENİZLİ, JUNE 2014

In this study, sweeteners such as sucrose, D-psicose and sorbitol and xylitol from sugar alcohols were used in 100%, 75%, 50% and 25% proportions for biscuit production; and chemical, physical, textural and sensory properties of the products were investigated. Besides, total phenol, total antioxidant and hydroxymethyl furfural (HMF) analyses were done, too. As a result of the analysis, while there was no significant difference between ash, protein, fat and protein digestibility proportions of biscuits with different formulations ($p>0,05$), moisture contents of biscuits which contain sugar alcohols were found lower than control sample. Biscuits produce using D-psicose found to have lower L^* and higher a^* color values; bigger height and smaller diameter values in comparison with produced using sugar alcohols ($p\leq 0,05$). It was determined that, generally, physical parameters of all samples were improving, and L^* color values were decreasing and a^* color values were increasing depending on the temperature and time increase. Although color of the samples containing D-psicose took high score as a point of sensory, samples containing 75% sucrose-25% D-psicose was the favourite sample in the sensory evaluation with high acceptancy. Biscuit dough yielded replacing sucrose with sugar alcohols in proportion of 50% have had higher values of adhesiveness and lower values of hardness than the 100% sucrose-containing biscuit dough. Hardness and total load circle values of biscuits, sucrose and D-psicose used in combination (1:1, w/w), was found the highest and biscuits, sucrose and sugar alcohols used in combination (1:1, w/w), was found the lowest. Total phenol, total antioxidant and HMF values of all samples was found to rise depending on the temperature and time increase. D-psicose containing biscuits were found to have higher total phenol, total antioxidant capacity and HMF content than all the other samples. For all samples, HMF was determined to occur at higher rates in samples which was the water activity lower than 0.4. The obtained datas showed that other sweeteners substituted for sugars affect the physical and nutritional properties of biscuits. Reduced calorie nutritional biscuits could be obtained from incorporating the sweeteners into formulation.

KEYWORDS: Biscuit, Sucrose, Sugar Alcohols, Total Phenol, Total Antioxidant Capacity, HMF.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ABSTRACT.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
SEMBO LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.2 Literatür Özeti	9
1.2.1 Tatlandırıcılar.....	9
1.2.1.1 Sukroz ve Özellikleri.....	9
1.2.1.1.1 Sukrozun İnsan Sağlığı Açısından Önemi	11
1.2.1.1.2 Sukrozun Bisküvi Üretimindeki Fonksiyonları	12
1.2.1.2 Şeker Alkolleri	13
1.2.1.3 Ksilitol.....	14
1.2.1.3.1 Ksilitolün Özellikleri	15
1.2.1.3.2 Ksilitolün Sağlık Açısından Önemi	16
1.2.1.3.3 Sorbitol.....	18
1.2.1.3.4 Sorbitolün Özellikleri	19
1.2.1.3.5 Sorbitolün Sağlık Açısından Önemi	20
1.2.1.4 Nadir Şekerler	21
1.2.1.4.1 D-psikoz ve Özellikleri.....	22
1.2.1.4.2 D-psikozun Sağlık Üzerine Etkileri.....	23
1.2.1.4.3 Şeker Alkolleri ve Nadir Şekerlerin Bisküvi Üretimindeki Fonksiyonları	24
1.2.2 Maillard reaksiyonu	25
1.2.3 Karamelizasyon	26
1.2.3.1 Maillard Reaksiyon Ürünleri ve Melanoidinler	28
1.2.3.2 HMF	29
1.2.3.3 Maillard Reaksiyon Ürünlerinin Antioksidan Özelliği	30
1.2.3.4 İlgili Tatlandırıcıların Bisküvilerde Kullanılmasına İlişkin Yapılan Çalışmalar.....	32
2. MATERYAL VE METOD.....	37
2.1 Kimyasallar ve Malzemeler.....	37
2.2 Bisküvilerin Hazırlanması.....	37
2.3 Metod.....	39
2.3.1 Kül Miktarı Tayini	39
2.3.2 Rutubet Miktarı Tayini	39
2.3.3 Protein Tayini	39
2.3.4 IVPD (Vitroda Protein Sindirilebilirliği) Analizi	40
2.3.5 Yağ Tayini ve Yağ Ekstraksiyonu	40
2.3.6 Çap, Yükseklik, Hacim, Yayılma Faktörü, Ağırlık ve Ağırlık Kaybı Ölçümü.....	40
2.3.7 Renk Analizi	40
2.3.8 Tekstür Analizi	41
2.3.9 Duyusal Analizler	41
2.3.10 Su Aktivitesi Tayini	42

2.3.11	Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu.....	42
2.3.12	Toplam Fenolik Madde Tayini	42
2.3.12	Toplam Antioksidan Kapasite Analizleri	43
2.3.12.1	DPPH Analizi.....	43
2.3.12.2	ABTS Kitleri ile Antioksidan Analizi.....	43
2.3.13	HMF Analizi	44
2.3.14	İstatiksel Değerlendirme	45
3.	ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	46
3.1	Hammadde Özellikleri	46
3.2	Bisküvilerin Kimyasal Özellikleri.....	46
3.3	Bisküvilerin Fiziksel Özellikleri	47
3.4	Bisküvilerin Renk Özellikleri.....	53
3.5	Bisküvilerin Duyusal Özellikleri.....	58
3.6	Bisküvilerin Tekstürel Özellikleri	60
3.6.1	Bisküvi Hamuru Tekstür Özellikleri.....	60
3.6.2	Bisküvi Tekstür Özellikleri.....	62
3.7	Bisküvilerin Toplam Fenolik Madde İçerikleri.....	65
3.8	Bisküvilerin Toplam Antioksidan Kapasiteleri	66
3.9	Bisküvilerin HMF İçerikleri	70
4.	SONUÇ	74
5.	KAYNAKLAR.....	76
6.	EKLER.....	90
	EK A 170 °C' de Pişirilen Bisküviler	90
	EK B 200 °C' de Pişirilen Bisküviler.....	91
	EK C 230 °C' de Pişirilen Bisküviler.....	92
	EK D TEKTSTÜR ANALİZİNDE KULLANILAN EKİPMANLAR	
	a) tekstür analizör b) silindirik başlık c) tree point bend	93
7.	ÖZGEÇMİŞ	94

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Sukrozun yapısı.....	10
Şekil 1.2: Ksilitolün kimyasal yapısı.....	15
Şekil 1.3: Sorbitolün kimyasal yapısı.....	19
Şekil 1.4: Maillard reaksiyonu.....	27

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Şeker alkollerinin tatlılığı.....	8
Tablo 1.2: Sukrozun fiziksel özellikleri.....	11
Tablo 1.3: Şekerin gıda özellikleri üzerine etkisi.....	14
Tablo 1.4: Ksilitolün fiziksel özellikleri.....	16
Tablo 1.5: Sorbitolün özellikleri.....	20
Tablo 1.6: D-psikozun kimyasal ve biyolojik özellikleri.....	22
Tablo 1.7: Maillard reaksiyon ürünlerinin sağlık etkileri.....	29
Tablo 2.1: Bisküvi formülasyonları 1.....	37
Tablo 2.2: Bisküvi formülasyonları 2.....	38
Tablo 2.3: Bisküvi örneklerinin tekstür parametreleri.....	40
Tablo 3.1: Bisküvilerin nem, kül, protein, yağ ve IVPD değerleri (kuru maddede %).	46
Tablo 3.2: 180 °C’de pişirilen bisküvilerin çap, yükseklik, ağırlık ve yayılma faktörü değerleri.....	48
Tablo 3.3: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin hacim değerleri.....	48
Tablo 3.4: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin yükseklik değerleri.....	50
Tablo 3.5: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin çap değerleri.....	51
Tablo 3.6: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin yayılma faktörü değerleri.....	51
Tablo 3.7: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin ağırlık kaybı değerleri.....	55
Tablo 3.8: 180 °C’de pişirilen bisküvilerin renk değerleri (L, a, b).....	55
Tablo 3.9: 170 °C’de pişirilen bisküvilerin renk değerleri (L, a, b).....	56
Tablo 3.10: 200 °C’de pişirilen bisküvilerin renk değerleri (L, a, b).....	56
Tablo 3.11: 230 °C’de pişirilen bisküvilerin renk değerleri (L, a, b).....	57
Tablo 3.12: Bisküvilerin duyu özellikleri değerleri.....	60
Tablo 3.13: Bisküvi hamurlarının tekstür değerleri.....	62
Tablo 3.14: Bisküvilerin sertlik/kırılganlık değerleri.....	64
Tablo 3.15: Bisküvilerin toplam yük döngüsü değerleri.....	64
Tablo 3.16: Bisküvilerin toplam yük değerleri.....	65
Tablo 3.17: Bisküvilerin toplam fenolik içerikleri (mg GAE/kg bisküvi KM).....	66
Tablo 3.18: Bisküvilerin ABTS toplam antioksidan kapasiteleri (µmol TE/kg bisküvi KM).....	68
Tablo 3.19: Bisküvilerin DPPH antioksidan değerleri (µmol TE/kg bisküvi KM).....	69
Tablo 3.20: Bisküvilerin DPPH radikalinin % inhibisyon oranları.....	70
Tablo 3.21: Bisküvi örneklerine ait ortalama HMF değerleri(mg/kg bisküvi KM).....	72
Tablo 3.22: Bisküvilerin su aktivitesi değerleri.....	72

SEMBOL LİSTESİ

COST	:	Bilim ve Teknik Araştırma Alanında Avrupa İşbirliği
DDAF	:	2,3-dihidro-3,4-dihidroksi-5-asetilfuran
DDMP	:	2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil-4(H)-piran-4-one
HMF	:	(5-) Hidroksimetilfurfural, 5-hidroksimetil-2-furfuraldehit
HPLC	:	Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi
USDA	:	Birleşik Devletler Tarım Departmanı ve Birleşik Devletler Sağlık ve İnsan Servisleri
DTE	:	D-Tagatoz 3-epimeraz
GRAS	:	Genel olarak güvenilir olduğu kabul edilen
HSH	:	Hidrojenize nişasta hidrolizat
MRP(s)	:	Maillard reaksiyon ürünü(leri)
ISRS	:	Uluslararası Nadir Şekerler Derneği
SCFA	:	Kısa zincirli yağ asitleri
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü
ABTS	:	2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu
TE	:	Troloks eşdeğeri
GAE	:	Gallik asit eşdeğeri
KM	:	Kuru madde (DM)
DPPH	:	Tris (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-S-triazine); 2-deoxy-D-ribose
AACC	:	Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği
FDA	:	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi
LD ₅₀	:	Ölümcül yoğunluk (Lethal density)
HAA	:	Heterosiklik aromatik aminler

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca değerli görüş ve düşünceleriyle her konuda desteğini gördüğüm, yönlendirmeleri sayesinde kendimi geliştirmemi sağlayan değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Emine Nur HERKEN'e;

Tezimin analiz bölümünde yardımlarını esirgemeyen ve bilgilerini benimle paylaşan değerli hocalarım Doç. Dr. Ramazan GÖKÇE, Yrd. Doç. Dr. İlyas ÇELİK, Yrd. Doç. Dr. Seher ARSLAN, Yrd. Dr. Fatma IŞIK ve Arş. Gör. Engin DEMİRAY'a;

Çalışmam boyunca laboratuvar olanaklarını kullanmama izin veren Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve Lisans eğitimim süresince dersini alarak bugünlere gelmemi sağlayan bütün hocalarıma;

Çalışmalarım süresince desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Oğuzhan NOGAY, Arş. Gör. Halil İbrahim KAYA ve Arş. Gör. Hatice Betül KAPLAN'a;

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların projelendirilmesinde maddi katkısı olan Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne;

Sonsuz teşekkürü bir borç biliyorum.

Bu tez çalışmasını hayatım boyunca bana güvenen, her zaman seven ve sevilen 15 Kasım 2013'de kaybettiğim sevgili ninem Ayşe KÖK'e ithaf ediyorum.

1. GİRİŞ

Obezite, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından “sağlığı bozacak ölçüde vücutta anormal veya aşırı yağ birikmesi” olarak tanımlanmaktadır. Yetişkin erkeklerde vücut ağırlığının ortalama %15-20’sini, kadınlarda ise %25-30’unu yağ dokusu oluşturmaktadır. Erkeklerde bu oranın %25, kadınlarda ise %30’un üzerine çıkması durumunda obezite söz konusudur. Son yıllarda tüm dünyada obezitenin (şişmanlık) görülme sıklığı giderek artmaktadır. Epidemiyolojik çalışmalar; yaş, cinsiyet gibi demografik faktörlerle, eğitim düzeyi, medeni durum gibi sosyokültürel faktörler yanında biyolojik faktörlerin ve beslenme alışkanlıklarının, sigara ve alkol tüketimi ile fiziksel aktivite azlığı gibi yaşam biçimi faktörlerinin de obeziteden sorumlu olduğunu göstermektedir. İnsan ömrünün çok uzun olmadığı dönemlerde obezite; güç, refah ve sağlık göstergesi iken, günümüzde tedavi edilmesi gereken bir hastalık, bir halk sağlığı problemi olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Tüm dünyada fazla kiloluluğun (hafif şişmanlık) ve obezitenin (şişmanlığın) yaygınlaşması giderek artmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre dünyada 400 milyonun üzerinde obez ve yaklaşık 1.6 milyar civarında kilolu birey bulunmakta olduğu ve 2015 yılında bu rakamın sırasıyla 700 milyon ve 2.3 milyara ulaşılacağı tahmin edilmektedir. Yapılan araştırmalar dünyada olduğu gibi ülkemizde de fazla kilolu olma ve obezite sıklığının giderek arttığını ve obezitenin özellikle çocuklarımızı ve gençlerimizi etkisi altına almaya başladığını göstermektedir (Anonim, 2010).

Diyabet; pankreastan salgılanan insülin hormonunun yetersizliği veya insulinin etkisine dokularda direnç olması sonucu kandaki şeker miktarının yükselmesi ile ortaya çıkan ömür boyu devam eden bir hastalıktır. Besinler, vücudun başlıca yakıtı olan şekere dönüşmek üzere parçalanırlar. Daha sonra bu şeker kana geçer ve kandaki şeker düzeyi yükselmeye başlar. Sağlıklı bireylerde kana geçen şeker pankreastan salgılanan insülin hormonu yardımıyla hücrelere taşınır. Diyabetli bireylerde insülin eksik veya etkisiz olduğu için şeker hücre içine giremez ve kanda miktarı yükselir (hiperglisemi). Kan şekeri belli bir düzeyi geçince idrarla şeker atılmaya başlar. İdrardaki şeker miktarının artması ile sık idrara çıkma, aşırı susama ve çok su içme görülür. İnsülin eksikliği veya yetersizliğine bağlı olarak hücreler

glikozu kullanamaz; gerekli olan enerji, yağlar ve proteinlerden sağlanır. Bunun sonucu diyabetli bireyde hem zayıflama, hem de idrarda keton (aseton) oluşumu görülür (Yıldız, 2008). Yüksek glisemik indekse sahip şekerler ve dekstirinin yerine alternatif tatlandırıcıların kullanılmasıyla glisemik seviyede düşüş gözlenmektedir (Livesey, 2006).

Günümüzde gerek obezite veya diyabet gibi bazı rahatsızlıklardan dolayı gerekse bunlardan bağımsız olarak şekerli ürünlere talep giderek artmakta, bu ürünler giderek artan miktar ve çeşitleriyle daha fazla üretilir ve tüketilir hale gelmektedir. Azalan bedensel etkinlik ve yanlış beslenme alışkanlıklarının da etkisiyle; kalp damar hastalıkları, sindirim sistemi hastalıkları, aşırı şişmanlık, diyabet gibi hastalıklarda artış gözlenmekte, bunun sonucu olarak fonksiyonel özelliği olan gıda pazarı giderek daha fazla önem kazanmakta ve bu ürünlere olan talep artmaktadır. Artık net bir şekilde bilinen faydalarından dolayı kullanılan gıda bileşenlerinin antioksidan özellik taşımaları onların kullanımında teşvik edici unsur olmaktadır. Bu durum diyet ürünler sınıfından olan şekerli veya şekeri azaltılmış ürünler için de aynıdır. Başlıca gıdalarımız arasında olan unlu mamullerin üretiminde fonksiyonel özelliğe sahip bileşenlerin kullanımı bu bakımdan önemlidir. Tatlandırıcılar, gıdalarda uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Gıda üreticileri genel eğilime paralel olarak gıdalardaki şeker miktarını düşürmeyi hedeflemektedir. Gıda tatlandırıcıları bu sektörde geniş tüketici kitlesine hitap etmektedir. Bu açıdan sektör tüketiciye sağlıklı, doğal, besleyici özelliği olan ve kalori içeriği düşük tatlandırıcılar sunmaya çalışmaktadır (Dönmez ve diğ., 2010).

Diyabetik ve özellikle düşük kalorili birçok ürün üretilmekle birlikte ürün çeşidinin tüketici tarafından halen yeterli bulunmaması ve yüksek fiyattan satılması gibi olumsuzlukların yanında ürünlerin tat ve aromalarının yeteri kadar iyi olmayışı diğer bir olumsuzluk olarak görülmektedir. Bu konuda giderek iyileşme olmakla beraber, gelişmeler yeterli bulunmamakta, yeni ürünlere ve bu kapsamda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Robin ve diğ., 2012).

Şekerler ve tatlandırıcılar insan diyetinde önemli bir yere sahiptirler ve bilinçli ve doğru tercih edilen şeker veya tatlandırıcı gerekli miktarlarda tüketildiğinde sağlığı olumlu yönde etkileyebilmektedir. Yapılan araştırmalar ve literatürün anlaşılması yaptığımız tercihleri doğru veya yanlış olduğunu

göstermektedir. Şekerler ve tatlandırıcıların teknolojik özellikleri, maliyetleri, hangi gıdada hangisinin ne şekilde kullanılabileceği, son ürüne etkileri gibi birçok faktörü düşünerek doğru seçim yapmak hangisinin daha sağlıklı olduğuna karar vermek kadar kolay değildir (Livesey, 2006).

Geçtiğimiz zaman içinde, beslenme ve gıda konusunda geliştirilen yanlış yaklaşımlar, görünüm açısından çekiciliği yüksek ama besin değeri düşük ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle üretim esnasında ön işlemde geçirilen gıdalar, o gün için önemi tam olarak anlaşılmamış olan bazı özelliklerini yitirmişlerdir. Bu durum, toplumda yanlış beslenme alışkanlıklarını geliştirmiş ve eksik beslenmenin getirdiği sonuçlar birçok sağlık sorununu ortaya çıkarmıştır. Son yıllarda, ilaç ve gıda biliminde ortaya çıkan gelişmeler ve yapılan buluşlar gıda ürünlerine, vücudumuz için yararlı bazı doğal maddelerin ve ekstraktların katılmasıyla bu eksikliklerin giderilmesi ve eksiklikten kaynaklanan rahatsızlıkların önlenmesi fikrini doğurmuştur. Unlu mamullerin üretiminde fonksiyonel özelliğe sahip olan bileşenler kullanılarak, bu gıdaların tüketimi sırasında insan sağlığı üzerine faydalı olan bileşenlerin de vücuda alınmasını sağlanmaktadır. (Meral ve Doğan, 2009).

Türk Standartları Enstitüsü'nün 2383 no'lu tanımlamasına göre bisküvi; “unun içinde kabarmayı sağlayıcı maddeler, şeker, tuz, yağ ve gıda maddeleri ile ilgili tüzükte izin verilen diğer maddelerden biri veya birkaçı eklendikten sonra su ile yoğrularak tekniğine uygun bir biçimde işlenmesi, şekil verilmesi ve pişirilmesi sonucunda elde edilen bir unlu mamül” olarak ifade edilmektedir (Anonim, 1991).

Bisküviler; değişen tatları, uzun raf süreleri ve ucuz olmaları nedeniyle geniş bir kesim tarafından tercih edilen gıda ürünleridir. Piyasa rekabetiyle sağlıklı, doğal ve fonksiyonel ürünlere olan ilginin artmasından dolayı bisküvilerin besin bileşiminin modifiye edilmesi yoluyla besleyici değer ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi yönünde girişimler bulunmaktadır (Vitali ve diğ., 2009).

Maillard reaksiyonları gıdaların pişirilmeye başlandığı ilk zamandan itibaren yüzyıllardır görünüş tat ve çekiciliği üretmek amacıyla kullanılmıştır. Modern gıda endüstrisi, müşteri tarafından talep edilen renk ve aromaya sahip kahve ve fırın

ürünleri gibi birçok gıda ürünü üretmek amacıyla Maillard reaksiyon uygulamalarından faydalanmaktadır (Ames, 1998).

Maillard reaksiyonlarının gıda kalitesi üzerine olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır. Geçmişte birçok bilimsel çalışma Maillard reaksiyonlarının olumsuz biyolojik etkileri üzerine yoğunlaşmış, besin değerini azaltan ve toksik olan MRÜ (Maillard reaksiyon ürünleri) oluşumu sık sık ifade edilmiştir. Ancak bazı çalışmalarda özellikle reaksiyonun erken basamaklarında oluşan MRÜ'lerin savunulmanın aksine faydalı bileşikler olduğu ifade edilmektedir. Bu anlamda bazı MRÜ'lerin antioksidan etkili ve faydalı ürünler olduğuna dair önemli bulgular mevcuttur (Yıldız ve diğ., 2010).

Gıda ürünlerinin özelliklerini tahmin etme yeteneği üreticilere ürün kalitesinin kontrolünü sağlaması açısından büyük önem arz etmektedir. Bir gıdanın kalitesini tahmin etmede, ısı işlem zamanı ve sıcaklığı, pH ve nem içeriği gibi değişkenlerin etkilerini bilmek gerekmektedir. Hammadde kalitesi ve işlem değişkenlerinin etkilerinin incelenmesi; uygun analitik metodlarla meydana gelen kimyasal değişikliğin iyi anlaşılması gerekmektedir. Bununla birlikte, Maillard reaksiyonlarının altında yatan karmaşık kimyanın anlaşılması, reaksiyon yollarını etkileyen proses değişkenlerinin çalışılması ve ona bağlı kalite özellikleri için metodlar geliştirilmesi, potansiyel toksik özellikli bileşiklerin seviyesini minimize etmek ve gıdanın besleyici değerini ve kabul edilebilirliğini en üst seviyeye çıkarmak amacıyla gıda endüstrisi için gelecek vadeden bir yaklaşımı temsil etmektedir. Karamelizasyon ise amino gruplarının dahil olmadığı ve karbonhidratların yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmasıyla meydana gelen bir grup reaksiyonun yaygın ismidir. Bu reaksiyonlar pH, safsızlıklar (tuzlar) ve ortamdaki şeker konsantrasyonuna bağlıdır. Karamelizasyon reaksiyonlarının ilk basamağı glukoz ve fruktoz oluşumuna öncülük eden sukroz hidrolizidir. Bu ürünlerin ileri yıkımları termodinamik olarak stabil 5-hidroksimetilfurfural (HMF)'nin baskın olduğu diğer bileşiklerin oluşumundan sorumludur (Mauch, 1971).

HMF, Maillard reaksiyonunda ara ürün olarak ve asidik şartlarda ise gıdalara uygulanan ısı işlem boyunca şekerlerin direk dehidrasyonu (karamelizasyon) sonucu oluşan bir furan bileşimidir. Asidik ortamlarda çok düşük sıcaklıklarda dahi HMF oluşumu söz konusu olabilmektedir. Aynı zamanda HMF oluşumu depolama süresi

veya uygulama sıcaklığı artarken artmaktadır. Sıcaklıktan ayrı olarak gıdalardaki HMF oluşumu şeker tipine, pH'a, su aktivitesine ve pozitif yüklü iyon konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Capuano ve Fogliano, 2010) ve bazı gıda ürünüde kötü kalitenin indikatörü olarak bilinmektedir (Gökmen ve Şenyuva, 2006).

Beyaz unla üretilen bisküvilerin 100 gramının ortalama kalori miktarı 440-480 kcal arasında değişmektedir (Kulp, 1994). Bisküvi veya dünyanın birçok yerinde bisküvi; genel olarak üç ana bileşen olan un, şeker ve yağ içeren bir fırın ürünü olarak tanımlanmaktadır (Chevallier ve diğ., 2000a). En önemli bisküvi bileşeni olan sukroz dünyada yıllık olarak yaklaşık 10^8 ton üretilen ve en çok kullanılan tatlandırıcı ajanıdır. Fırın ürünleri, kahvaltı gevrekleri, tatlılar ve içeceklerde yaygın şekilde kullanılmaktadır. (Izydorczyk, 2005).

Şeker ve şeker içeren yiyecek ve içeceklerin tüketimindeki hızlı artış uzun bir dönemden sonra bazı sorunların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Çocuklarda diş çürümelerinde önemli artışlar gözlenmiş, tüketilen şekerlerin obezite ile ilişkisi ortaya konmuştur. Ayrıca şekerin, kan şekerini ve serum trigliseritlerini hızla arttırdığı ve buna bağlı olarak diyabetli hastalarda zararlı olduğu ortaya konmuştur. Şişmanlığın, hipertansiyon, kalp damar hastalıkları ve safra kesesi taşlarına neden olduğu ve şişman kişilerde kansere yakalanma riskinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Epidemiyolojik çalışmalar; kolon, göğüs, prostat, safra kesesi, uterus ve yumurtalık kanserine yakalanma riskinin şişman olanlarda daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu hastalıklar nedeniyle doğal şekerlere sınırlama getirilmektedir. Ancak lezzete ve tada katkılarında dolayı şekerin kısıtlanması oldukça zordur (Bayhan ve diğ., 1997). Obezite ve Diyabet Mellitusun yaygınlaşması üzerine artan endişe ve sukrozun yüksek enerji değerine sahip olması, düşük enerji değerine sahip alternatif tatlandırıcıların gelişmesine yol açmıştır (Ghosh ve Sudha, 2012).

USDA (Birleşik Devletler Tarım Departmanı ve Birleşik Devletler Sağlık ve İnsan Servisleri, 1992) gıda rehber piramidi ve Amerikalılar için diyet rehberleri (USDA VE DHHS, 1995)'e göre diyet şeker ve yağlar yalnızca yeterli miktarda tüketilmelidir. Diyet rehberlerindeki gıda menülerinde bütün vurgu, tüketilen gıdalardaki yağ içeriğinin azaltılması yönündedir. Bunun yanında bisküvi

uygulamalarında daha sağlıklı ve düşük kalorili ürün elde edilmesinde en iyi yöntem olarak bisküvi menülerindeki şeker miktarının azaltılmasını önermektedirler (Drewnowski ve diğ., 1998).

Fırın ürünlerinde şekerin yerine kullanılabilmesi amacıyla yapay ve doğal birçok tatlandırıcı geliştirilmektedir (Amanda ve Karole, 1991). İdeal tatlandırıcı ise en az sukroz kadar tatlı, renksiz, kokusuz olmalı ve diş çürüklerine neden olmamalıdır. Gecikmesiz algılanabilen temiz ve hoş bir tada sahip olmalıdır. Bir tatlandırıcının tadı ve fonksiyonu ne kadar sukroza benzerse tüketici tarafından benimsenmesi o kadar fazla olmaktadır (Nabors, 2001). Gıdalarda sukroz yerine kullanılacak tatlandırıcıların sahip olması gereken özellikler şu şekilde özetlenebilir:

- Sukroza benzer tat ve fonksiyonel özelliklere sahip olmalıdır,
- Tatlılık eşdeğeri bazında düşük kalori vermelidir,
- Diş çürümelerine neden olmamalıdır,
- Vücutta normal olarak metabolize olmalı veya değişmeden atılmalıdır,
- Alerjik, mutajenik, kanserojenik veya diğer toksik etkileri bulunmamalıdır,
- Kimyasal ve termal stabilitesi olmalıdır,
- Gıdanın diğer bileşenleri ile uyum sağlayabilmelidir,
- Kullanımına izin verilen diğer tatlandırıcılarla ekonomik açıdan rekabet edebilmelidir (Altuğ ve Zorba, 2006).

Amerika Birleşik Devletleri'nde kalori kontrol konseyi tarafından yapılan bir ulusal araştırmaya göre yetişkinlerin %79'u (163 million) düşük kalorili veya şekersiz gıda ve içecek tüketmektedirler. Bunlardan %23'ü ise bu tarz ürünleri haftada birkaç defa veya daha fazla kullanmaktadır. Ayrıca araştırmada bu ürünleri kullanmanın en önemli nedenin daha sağlıklı olmak olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2004).

Besleyici olmayan tatlandırıcılar özel diyet problemleri çözmek ve gıdaların enerji içeriğini azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Sakkarinin sodyum tuzları, sodyum siklamat, aspartam ve potasyum asesulfam Birleşik Devletler ve Avrupa'da yaygın olarak kullanılan önemli tatlandırıcılardır. Yüksek potansiyele sahip bu tatlandırıcılar, sukrozdan 30 kat daha tatlı olarak tanımlanmaktadırlar (Beck, 1974;

Davis, 1995). Bu nedenle, bu tatlandırıcılar çok düşük miktarlarda kullanılmaktadırlar. Sukrozun yerine yüksek potansiyele sahip bu tatlandırıcılar kullanıldığında şekerin üründeki fonksiyonelliğinde bazı kayıplar olmaktadır (Davis, 1995). Düşük şeker içerikli fırın ürünlerinin geliştirilmesinde sukroz miktarının azaltılması görünüş, tekstür, aroma ve ağız hissiyatında belirgin kayıplara neden olabilmektedir. Özellikle de son ürünün reolojik ve tekstürel özellikleri etkilenebilmektedir (Mariotti ve Alamprese, 2012).

Diğer tatlandırıcı grubu, şekerin tatlılığı ve fiziksel hacminin her ikisiyle de yer değiştirebilen bileşenlerden oluşmuş tatlandırıcılardır. Şeker alkollerini (polioller) sorbitol, mannitol, ksilitol, izomalt, eritritol, laktitol, maltitol, hidrojenize nişasta hidrolizatları ve hidrojenize nişasta şuruplarının dahil olduğu bu grup bazen “şeker ikameleri” veya “hacim tatlandırıcılar” olarak adlandırılmaktadırlar (Kroger ve diğ., 2006). Polioller ticari mısır şurubundan katalitik hidrojenasyon, enzimatik dönüşüm ve fermantasyon süresince aktif kısımların (aldehit veya keton) indirgenmesiyle üretilmektedir. Sadece aktif gruplarının değişmesinden dolayı polioller şekerin yapısı, hacmi ve fonksiyonuna benzer özelliktedirler ve bu onları 1:1 şeker ikamesi için ideal yapmaktadır (Aidoo ve diğ., 2013).

Şeker alkollerinin vücuttaki emilimi çok yavaştır ve emilim tam olarak gerçekleşmez. Bu tamamlanmayan metabolizma ve fermantif parçalanmaya bağlı olarak kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) ve gazlar oluşmaktadır. Bundan dolayı poliollerin tam metabolizmasına kıyasla daha az enerji emilimi olmaktadır. Bu oluşum ayrıca kan glikoz seviyesinde ani artışa neden olmamaktadır. Bütün bu sebeplerden dolayı şeker alkollerini diyabetik ve diyeyetik kek ve bisküvilerde kullanılmaktadırlar (Butt ve diğ., 2002).

Trehaloz, tagatoz ve izomaltoz şekerleri poliollerle benzer fonksiyonlara sahip olan fakat şeker alkollerinden ayrı bir grupta olan nadir şekerler kategorisinde olan hacim tatlandırıcılarıdır (Aidoo ve diğ., 2013). Bu moleküller tekstür ve hacim sağlamaktadırlar ve sukroz ve glukoz ile benzer teknolojik özelliklere sahiptirler (Zumbe ve diğ., 2001).

Tatlılık oranları şeker ikameleri (polioller) arasında değişiklik göstermektedir. Bu durum kısmen kullanılacakları ürünle de ilgilidir. Tatlılık oranı aynı miktar

sukrozun tatlılık oranının %100'ü ile %50'si arasında değişmektedir (Tablo 1.1) (McNutt ve Sentko, 1996). Düşük kalorili tatlandırıcıların en önemli avantajı birlikte kullanıldıklarında sinerjistik etkiye sahip olmalarıdır. Bu şekildeki sinerjistik kombinasyonlar tek tek kullanım limitlerinin üstüne çıktığı gibi maliyeti düşürmekte ve ürünün tat ve dayanıklılığını arttırmaktadır (Robert, 1987).

Tablo 1.1: Şeker alkollerinin tatlılığı (McNutt ve Sentko, 1996).

Polioller	Tatlılık (Sukroz=1)	Kalorik İçerik (kkal/g)	Kalori başına tatlılık
Arabitol	0.7	0.2	3.5
Eritritol	0.812	0.213	3.498
Gliserol	0.6	4.3	0.14
HSH	0.4–0.9	3.0	0.13–0.3
İzomalt	0.5	2.0	0.25
Laktitol	0.4	2.0	0.2
Maltitol	0.9	2.1	0.43
Mannitol	0.5	1.6	0.31
Sorbitol	0.6	2.6	0.23
Ksilitol	1.0	2.4	0.42
<i>Sukroz</i>	<i>1.0</i>	<i>4.0</i>	<i>0.25</i>

1.1 Tezin Amacı

Gıdalarda kullanılan tatlandırıcılar çok çeşitli olmakla beraber bir kısmı üzerinde sağlık riskleri nedeniyle uzun süredir bilim çevrelerinde ve medyada tartışmalar yer almaktadır. Bu çalışmada herhangi bir toksik etkisi olmayan şeker alkollerini ve yeni nesil antioksidan etkili bir tatlandırıcı olan D-psikoz'un bisküvi kalite özelliklerine etkilerinin birçok yönüyle incelenmesi amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Özeti

1.2.1 Tatlandırıcılar

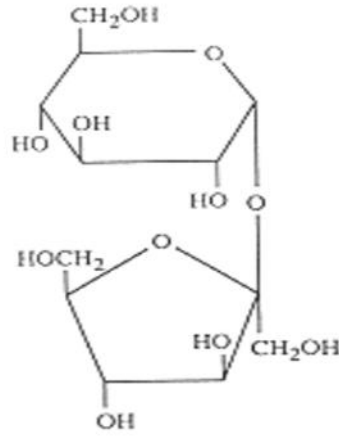
Tatlandırıcılar değişik şekillerde gruplandırılabilir; “besleyici” ve “besleyici olmayan” şeklindeki gruplandırma ile sağladıkları enerji miktarındaki farklılık vurgulanmaktadır. Şeker alkollerini veya polioller gram başına daha az enerji (ortalama 2 kkal/g) ile tatlılık vermektedirler; çünkü polioller sindirim sisteminde tamamen absorbe olmazlar ve enerji metabolizmasında daha az varlık göstermektedirler. Aspartam ile alınan önemsiz derecedeki enerji sayılmazsa besleyici olmayan tatlandırıcılar enerji vermezler denilebilir; çünkü çok az hacimle tatlılık vermektedirler. Bunlar, aynı zamanda yüksek enerjili tatlandırıcı olarak da atfedilebilmektedirler. Polioller ve besleyici olmayan tatlandırıcılar, şeker tatlandırıcılar (sukroz, fruktoz) ile yer değiştirebilmektedirler (ADA, 2004).

1.2.1.1 Sukroz ve Özellikleri

Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresinin (FDA) tanımına göre şeker, yalnızca “sukroz”dur. Sukroz evlerde en yaygın kullanılan tatlandırıcı olmakla birlikte gıda endüstrisinde kullanılan en önemli besleyici tatlandırıcılardan biridir (Mariotti ve Alamprese, 2012).

Sukroz özellikle yeşil bitkilerin yaprak ve gövdeleri (şeker kamışı %12-16, tatlı mısır %12-17), meyve ve kökleri (şeftali, elma, fıstık) ve kök ve rizomları (tatlı patates %2-3, soğan %10-11, pancar %3-20) olmak üzere doğada yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Sukroz üretiminin en önemli iki kaynağı şeker kamışı (*Saccharum officinarum*) ve şeker pancarı (*Beta vulgaris ssp. vulgaris var. altissima*)’dır (Belitz ve diğ., 2009). Şeker, yüzyıllardan beri insanların önemli gıda maddelerinden birisi olmuş ve 18. yüzyılın sonuna kadar sadece şeker kamışından üretilmiştir. Şeker pancarı tarımı ve şeker pancarından şeker üretimi ise 19. yüzyılda başlamıştır. Günümüzde, dünyada üretilen şekerin yaklaşık %70’i şeker kamışından, %30’u ise şeker pancarından elde edilmektedir (Anonim, 2003).

Sukroz α -D-glukopiranozil ve β -D-fruktofuranozil birimlerinin bağlanmasıyla oluşmaktadır (Bemiller ve Wistler, 1996). Bu oluşum Şekil 1.1’de gösterilmektedir.



Şekil 1.1: Sukrozun yapısı (Nas ve diğ., 2002).

Şekerlerin kimyasal reaktif grupları, halka yapı üzerinde yer alan, halkanın açılmasıyla aldehit ve keton grubu oluşturan hidroksil gruplarıdır. Glukozun birinci karbon atomundaki karboksil grubu, fruktozunki ise bir keton grubudur. Serbest aldehit ve şeker grubu içeren şekerlere “indirgen şekerler” denir. Bütün monosakkaritler indirgen özelliktedir. İki ya da daha fazla sayıdaki monosakkarit, birbirleriyle aldehit veya keton grubu üzerinden birleşmiş ve böylece serbest aldehit veya keton grubu olma özelliğini yitirmişse, oluşan yeni karbonhidratlar artık indirgen özellikte değildirler. Şekil 1.1’de görüldüğü gibi, birer indirgen şeker olan glukoz ve fruktozun, reaktif gruplarının birleşmesiyle oluşan sukroz, artık indirgen bir şeker değildir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Sukrozun glukoz ve fruktoza parçalanmasından sorumlu olan enzimler sukraz ve intervazdır. Bu enzimler sukrozun glikozidik bağını katalize etmektedirler. Asit ve sıcaklık da sukrozun parçalanmasına sebep olmaktadır. Sukrozun kısmen glukoz ve fruktoza dönüştürülmesi su bağlama yeteneği ve tatlılığını artırmaktadır (Yada ve diğ., 2012).

Sukrozun işlevsel özellikleri;

- Suda kolay erimektedir.
- Alkolde erimemektedir.
- Küflerden doğrudan etkilenmemektedir.

- Kristal oluşturmaktadır.
- Konsantre sakkaroz mikroorganizmaların çoğalmasını önlemektedir. Bu nedenle meyve suyu, marmelat ve jöle üretiminde kullanılmaktadır.
- Polarize ışığı sağa çevirmektedir. Ancak sakkaroz hidroliz olduktan sonra polarize ışığı sola çevirmektedir. Bu durum; hidroliz sonucu meydana gelen früktozun sola çevirme derecesi, glikozun sağa çevirme derecesinden daha yüksek olduğundan kaynaklanmaktadır (MEGEP, 2006).

Sukrozun fiziksel özellikleri ise Tablo 1.2’de gösterilmektedir.

Tablo 1.2: Sukrozun fiziksel özellikleri (Zumbe ve diğ., 2001).

Molekül ağırlığı	342 g/mol
Kalori değeri	4 kkal/g
Solüsyon ısısı (25 °C)	-4.3 kkal/g
20 °C’deki çözünürlük	67 (%)
50 °C’deki çözünürlük	72 (%)
Erime noktası	184 °C
Nem çekicilik/denge relative nem (20 °C’de toz halde)	84

1.2.1.1.1 Sukrozun İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Sukroz (sakkaroz) insan sindirim sisteminde bulunan sukraz enzimi tarafından D-glukoz ve D-fruktoz birimlerine hidrolize olmaktadır ve böylece enerji için kullanılabilir (Izydorczyk, 2005).

İnsanlar ve tatma yeteneği olmayan kedigiller dışındaki diğer memeliler aç olmasalar dahi sukrozla tatlandırılmış gıdayı tipik olarak kabul etmektedirler. Memelilerde sukroz, midede asidik hidroliz ile glukoz ve fruktoza oldukça hızlı şekilde sindirilmektedir. Sindirim sonucu oluşan glukoz ve fruktoz ince bağırsakta hızlı bir şekilde kana karışmaktadır. Sindirilmeyen sukroz ise bağırsaklara geçip onikiparmak bağırsağının mikrofilik astar membranlarında bulunan sukraz ve

izomaltaz glikozit hidrolazları tarafından parçalanmaktadır. Burada oluşan glukoz ve fruktoz da kana hızlı şekilde karışmaktadır. Sukroz; bakteriler ve bazı hayvanlarda intervaz enzimiyle sindirilmektedir (Anonim, 2013).

Genel olarak rafine şekerin hiçbir çeşidinin aşırı tüketimi arzu edilmemektedir. Şeker ile daha besleyici gıdaların yer değiştirmesi alınan vitamin, mineral, esansiyel amino asit ve diğer faydalı besin öğelerini azaltmaktadır. Bu sebeple şeker esas olarak boş kalorilerden oluşmaktadır. İlaveten, rafine şeker enerji yoğunluktadır (az miktarda çok kalori sağlayan) ve diyet lifi içermemektedir. Doygunluk hissi oluşmadan enerjice yoğun gıdalardan çok miktarda kalori alınması, aşırı yemek yeme ve obeziteye neden olmaktadır. Sukroz tüketimi genel olarak diş çürüklerinin ana nedeni olarak görülmektedir. Ayrıca sukroz bazı araştırmacılar tarafından iskemik kalp hastalığı, diyabet mellitus, insülin direnci, dikkat eksikliğine bağlı hiperaktivite bozuklukları, aktif hipoglisemi (ve ilgili semptomları)'ye katkı sağlayan bir faktör olarak düşünülmektedir (Gaby, 2005).

1.2.1.1.2 Sukrozun Bisküvi Üretimindeki Fonksiyonları

Bisküvi yapımında ana bileşenler un, şeker, yağ, su ve tuzdur. Değişik şekil ve tekstürdeki bisküviler bu bileşenlerin çeşitli oranlarda kullanılmasıyla üretilebilmektedirler. Bisküvilerin kalitesi kullanılan bileşenlerin miktar ve özellikleriyle ayarlanabilmektedir. (Maache-Rezzoug ve diğ., 1998).

Sukroz minimum gecikmeyle derhal etkisini gösteren net bir tada sahiptir. Ayrıca hacim elemanı, tekstür ve ağız hissi geliştirici, aroma artırıcı ve koruyucu olarak da faydalıdır. Esas olarak onu değerli kılan ise tatlılığı ve önemli bir enerji kaynağı (394 kcal/100g) olarak hizmet etmesidir (Aidoo ve diğ., 2013).

Şeker; bisküvide çap, aroma, renk, sertlik ve pişmiş ürünün yüzey durumunu etkilemektedir (Gallagher ve diğ., 2003). Şeker içeriği ürünün organoleptik özellikleri için önemlidir. Hamur, suyu absorbe edebildiği sürece sıcaklığa bağlı olarak Maillard reaksiyonları süresince arzu edilen kahverengi renk elde edilebilmektedir (Perego ve diğ., 2007).

Bisküvi hamurundaki şeker içeriği yapı, sertlik ve hamurun gözle görünebilen iki eksenli genişleme viskozitesi (ABEV: Apparent biaxial extensional viscosity) gibi reolojik özelliklerini etkilemektedir. Aynı şekilde gluten olgunlaşması da şekerin suyu absorbe etmek için un ile yarışmasına bağlı olarak şeker seviyesinden etkilenmektedir. Şeker miktarına bağlı olarak hamur daha yapışkan ve daha sıkı olmaktadır (Manohar ve Rao., 1997). İyi bir tanecik boyutu ve yüksek konsantrasyondaki şeker, bisküvilerin yayılmasına önemli oranda katkı sağlamaktadır (Maache-Rezzoug ve diğ., 1998). Sukroz, soğuyan üründe kristalleşerek bir setleştirme ajanı olarak hareket etmektedir. Bu da ürünü kırılğan yapmaktadır. Bununla birlikte az miktarlarda kullanılan sukroz suyu geri kazanma yeteneğine bağlı olarak bir yumuşatıcı eleman olarak hareket etmektedir (Schanot, 1981).

Sukroz bisküvide yayılmayı arttırma, ağırlık ve kalınlığını azaltma yönünde işlev görmektedir (Maache-Rezzoug, ve diğ., 1998). Pişirme süresince şeker aşamalı olarak çözülürken yayılmaya katkı sağlamaktadır (Pareyt ve Delcour, 2008).

Tekstür, görünüş ve aroma, tüketicinin gıdaların kalitesini yargılamak için kullandığı üç ana kriterdir. Şekerin dahil edilmesi üç özelliği de etkilemektedir. Ayrıca, duyuşal karakter, fiziksel yapı, mikrobiyal güvenlik ve kimyasal değişimi de etkilemektedir (Tablo 1.3) Şekerlerin fırın ürünlerine en önemli katkıları onların hidrasyon özellikleri ve esmerleşme reaksiyonlarında rol almasına bağlıdır (Davis, 1995).

1.2.1.2 Şeker Alkolleri

Şeker alkolleri aynı zamanda polioller, polihidrik alkoller veya polialkoller olarak da bilinmektedir (Bhise ve Kaur, 2013) ve kimyasal olarak aldehit veya keton grubu bir hidroksil grubuyla yer değiştirmiş sakkarit türevleri olarak tanımlanmaktadırlar. Molekülde bulunan sakkarit birimlerinin sayısına göre sınıflandırılmaktadırlar. Sorbitol, mannitol ve ksilitol sırasıyla glukoz, mannoz ve ksilozdan türemiş monosakkaritlerdir. Bazı meyve ve sebzelerde az miktarlarda doğal olarak buldukları gibi ticari olarak da glukoz, mannoz ve ksilozun

hidrojenasyonu ile üretilmektedirler. Maltitol ve laktitol sırasıyla maltoz ve laktozun hidrojenasyonundan türemiş disakkaritlerdir (Zumbe ve diğ., 2001).

Tablo 1.3: Şekerin gıda özellikleri üzerine etkisi (Davis, 1995).

Kategori	Şekerin katkıda bulunduğu özellik
Duyusal	Tatlılık Tat ve aroma Tekstür Görünüş ve renk
Fiziksel	Kristalizasyon Viskozite Osmotik basınç Higroskopisite Yapı Tanecik boyutu ve dağılımı
Mikrobiyal	Koruma Fermantasyon
Kimyasal	Enzimatik olmayan esmerleşme Karamelizasyon Antioksidan

1.2.1.3 Ksilitol

Ksilitol tatlılık yönünden sukroza benzeyen beş karbonlu bir şeker alkolüdür. Birçok meyve ve sebze az miktarda bulunmaktadır ve insan vücudunda glukoz metabolizması süresince bir ara ürün olarak oluşmaktadır (Olinger ve Pepper, 2001). Yetişkin bireylerde günlük olarak 5-15 g üretilmektedir (Bassler, 1978). En çok %1 oranında kayısıda, %0,35 oranında çilekte, %0,3 oranında marulda ve %0,25 oranında da kırmızı böğürtlende bulunmaktadır (Aminoff ve diğ., 1978).

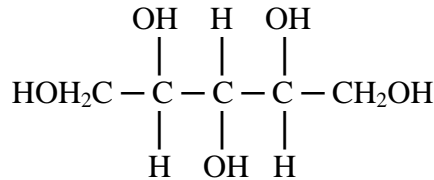
Ksilitol ilk olarak deniz yosunları ve mayalardan elde edilen bir şeker alkolüdür (Artık ve diğ., 1993). Günümüzde ksilitol üretimi katı-sıvı ekstraksiyon, kimyasal üretim ve biyoteknolojik üretim olmak üzere üç şekilde yapılmaktadır (Prajo ve diğ., 1998). Ticari olarak üretimi kimyasal yoldadır (Aminoff ve diğ., 1978) ve doğada fazla miktarda bulunmasına rağmen özellikle glukoz gibi diğer karbonhidratlardan ayrılmasındaki zorlukları nedeni ile güçtür. Bu nedenle

bitkilerden ksilozun eldesi ve bunu takiben hidrojenizasyon işlemi, ksilitol üretiminin esasını teşkil etmektedir. Bu amaçla kullanılan bitki materyalleri kayın gibi sert ağaçlar, yulaf ve pamuk kabuğu, mısır koçanı, şeker pancarı posası, saman ve fındık kabuklarıdır. Bu materyallerin ksilan ve ksiloz miktarı kuru ağırlıklarının %20-30'u düzeyindedir (Artık ve diğ., 1993).

1.2.1.3.1 Ksilitolün Özellikleri

Ksilitol (C₅H₁₂O₅) doğal, beş karbonlu bir şeker alkolüdür ve kimyasal yapısı Şekil 1.2'de gösterilmektedir. Ksilitol şeker alkollerinin en tatlı olanıdır (Olinger ve Pepper, 2001). Diğer tatlandırıcılarla kıyaslandığında, sukrozla eş tatlılık derecesine sahiptir. Suda kolay çözünür, sorbitolden 2 kat, mannitolden de yaklaşık 3 kat daha fazla tatlıdır ve özellikleri sukroza benzemesine rağmen kalorisi sukrozdan %40 daha azdır (Aminoff ve diğ., 1978).

Ksilitol ve sorbitol gibi diğer şeker alkollerinin birlikte kullanımı mükemmel bir sinerjik tatlılık oluşturmaktadır (Olinger ve Pepper, 2001).



Şekil 1.2: Ksilitolün kimyasal yapısı (Le ve Murderrig, 2001).

Ksilitolün çözünmesi endotermik bir reaksiyon olduğundan ağza alındığında ferahlık hissi verir (Aminoff ve diğ., 1978). Sıcaklıkla birlikte ksilitolün viskozitesi azalmaktadır. Çözünürlüğü ise sukroza benzer (Apel ve diğ., 1959). Ksilitolün fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1.4'de verilmiştir.

Ksilitol, aldo ve keto gruplarını içermediğinden dolayı Maillard reaksiyonlarına katılmamakta ve sıcaklığın yükselmesi ile karamelize olmamaktadır. Ksilitolün bu özelliği de onu birçok durumda diğer şekerlere göre daha avantajlı bir gıda bileşeni durumuna getirmektedir (Parajo ve diğ., 1998).

Tablo 1.4: Ksilitolün fiziksel özellikleri (Bar, 1991).

Özellik	Ksilitol
Formül	$C_5H_{12}O_5$
Molekül Ağırlığı	152,15
20°C deki çözünürlük	169 g/100 g H ₂ O
Sulu çözeltisindeki pH (1 g/10 ml)	5-7
Erime Noktası (°C)	93-94,5
Kaynama Noktası (760 mmHg)	216
Yoğunluk (15°C)	1,50 g/l
Kalori değeri	4,06 cal/g (16,88 J/g)
Nem Absorpsiyonu (20-22°C 4 gün)	
%60 Bağıl nemde	0,05
%92 Bağıl nemde	90
Çözünürlük ısı Endotermik,	36,61 cal/g (153,76 J/g)
Viskozite (cP 20°C)	
% 10	1,23
%40	4,18
%50	8,04
%60	20,63
Tatlılık	Sukroz ile aynı, mannitol ve sorbitolden daha tatlı
Polarize ışığı çevirme açısı	Optik olarak aktif değil

1.2.1.3.2 Ksilitolün Sağlık Açısından Önemi

Ksilitolün doğal tatlandırıcı olarak kullanılmasının yanında sağlık açısından da önemli yararları olduğu bilinmektedir. Sindirim sistemi tarafından emiliminin tamamen gerçekleşmemesi, enerjisinin düşük olması nedeniyle kalori alımını azaltmaktadır. Mideye alınan ksilitolün büyük miktarı kalın bağırsağa geçer ve

burada bakteriler tarafından metabolize edilerek son ürün olarak asetat, propiyonat, butirat gibi yağ asitleri üretilir (Würsch ve diğ., 1990).

Ksilitol sağlıklı insanlarda, karaciğer ve kırmızı kan hücrelerinde insülinin bağımsız olarak glikoz-6-fosfata metabolize olmaktadır. Ksilitolün glukoz dönüşümü çok yavaştır. Böylelikle kan glukozu ve insülin konsantrasyonu kademeli olarak artmaktadır. İnsülin eksikliği durumunda ksilitol şeker yerine kullanılabilir. Düşük enerji içeriği ve daha da düşük termojenik etkilerine ilaveten ksilitol diyabetikler için ilgi çekici bir alternatif olarak görülmektedir (Chen ve diğ., 2010).

Ksilitolün kan glukoz ve insülin seviyesi ile diyabet hastaları için kullanılacak gıdalardaki uygunluğu sağlıklı bireylerin ve diyabet hastalarının katıldığı birkaç kronik ve subkronik çalışmada incelenmiştir. Ağız yoluyla verilen ksilitol diyabet hastalarında bile kan glukoz seviyelerinde bir artışa neden olmamıştır. Aynı şekilde plazma insülin konsantrasyonlarında da önemli bir değişme görülmemiştir (Olinger ve Pepper, 2001).

Yapılan bir araştırmaya göre, obez insanlar obez olmayanlara göre yediklerini mideden daha hızlı boşaltmaktadırlar. Bu nedenle, midenin daha yavaş boşaltılması obezite tedavisi yöntemlerinden birisidir. Yapılan çalışmalarla ksilitolün, midedeki yiyeceklerin uzun sürede boşaltılmasına sebep olduğu gözlenmiştir. Bu gecikme, ksilitolün yavaş ve tam olarak emilmemesiyle ilişkilendirilmiştir (Shafer ve diğ., 1987).

Ksilitol diş sağlığını olumsuz yönde etkilemeyen en iyi tatlandırıcıdır. Ksilitol bakteri plağında bulunan önemli mikroorganizmalar tarafından fermente edilemediği için nankariyojenik olarak kabul edilmektedir. Ksilitol içeren sakızların kullanılması esnasında plak ve tükürük pH'sı artmakta, oluşmakta olan çürüklerin iyileşmesi sağlanırken, tükürükte bulunan *Streptococcus mutans* sayısı azalmaktadır (Toors, 1992). Ksilitolün bakteri hücrelerinde ksilitol 5-fosfata dönüşmesi ve ksilitol 5-fosfatın da şeker metabolizmasında bulunan enzimleri inhibe etmesiyle, ksilitollü ortamda *Streptococcus mutans*'ların glikozdan asit üretimi engellenmektedir. Hatta diğer şekerlerin (glikoz, mannoz, laktoz, mannitol ve sorbitol gibi) bulunduğu ortamlarda bile, ksilitol *Streptococcus mutans* gelişimini önlemektedir (Trahan,

1995). Ksilitolün düzenli kullanımı diş plağının asidojenik potansiyelini düşürmekte ve mineral içeriğini arttırmaktadır. Ayrıca ksilitollü sakızların ağız kuruluğu kaynaklı yüksek çürük riski olan hastalarda kullanımının, çürüğü önleyici etkisinin olduğu saptanmıştır (Toors, 1992).

Yapılan araştırmalar sonucunda ksilitolün mineral emilimini artırdığını ve kemikleri güçlendirdiği böylelikle de osteoporoz riskini azalttığı gözlemlenmiştir (Mattila ve diğ., 1998). Çocuklarda kulak enfeksiyonuna neden olan *Streptococcus pneumoniae* adlı bakteri gelişiminin ksilitol kullanımı ile engellendiğini ve bu şekilde orta kulak iltihabının önlenmesinde rol alabildiği gösterilmiştir (Uhari ve diğ., 1996).

Ksilitolün insan sağlığı açısından birçok yararı olsa da aşırı tüketimi sonucunda sindirilmeyen kısımlar kalın bağırsakta fermente olarak insanlarda kramp, gaz ve ishal gibi semptomlara neden olmaktadır (Winkelhausen ve Kuzmanova, 1998). Yüksek dozda ksilitol alımı üzerine sağlıklı ve diyabetik gönüllülerle yürütölen birçok çalışma yapılmıştır. Ancak, bu araştırmalardan bazılarında, yüksek dozda (200 g/gün) alımlarda bile ksilitolün tolare edilebildiği gösterilmiştir (Olinger ve Pepper, 2001).

1.2.1.3.3 Sorbitol

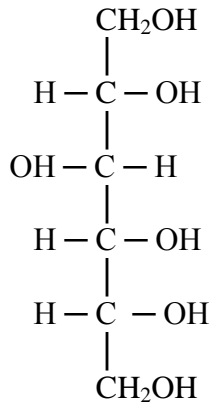
Sorbitol, şeker alkolü olarak sınıflandırılmaktadır ve altmış yıldan uzun süredir ticari bir ürün olarak bulunmaktadır. Günümüzde eşsiz fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı gıdalarda, şekerlemelerde, ağız bakımında, farmakolojide ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Sorbitol ilk olarak 1872 yılında Joseph Boussingault isimli bir Fransız kimyacı tarafından üvez ağacı meyvesinin meyve suyundan izole edilmiştir (Le ve Mulderrig, 2001). Sorbitol doğada bol miktarda bulunmaktadır (Kearsley ve Deis., 2006). Meyvelerden armut (4600 mg/100g) ve şeftali (960 mg/100g) ise diğer meyve sebzelere oranla daha fazla oranda sorbitol içermektedir (Washüttl ve diğ., 1973).

Sorbitol glukozun katalitik hidrojenasyonundan elde edilmektedir. Hidrojenasyon reaksiyonu nikel gibi bir katalist tarafından yürütölmektedir.

Reaksiyon tamamlandıktan sonra ise katalist filtre edilip saf solüsyon elde edilmekte ve %70 katı eldesine kadar evapore edilmektedir. Kristal sorbitol, sorbitol solüsyonunun en az %99 katı içeriğine sahip molten şurup elde edilene kadar eveparasyon işlemiyle yapılmaktadır. Molten şurup, daha sonra erime noktası 99-101°C ve füzyon ısısı 42 kal/g olan sabit kristal formuna ulaşana kadar kristalize edilmektedir (Le ve Mulderrig, 2001).

1.2.1.3.4 Sorbitolün Özellikleri

Sorbitol (C₆H₁₄O₆), birden fazla hidroksil grubu ihtiva eden düz zincirli 6 karbonlu polihidrik şeker alkolüdür (Le ve Murderrig, 2001). Sorbitolün kimyasal yapısı Şekil 1.3'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Sorbitolün kimyasal yapısı (Le ve Mulderrig, 2001).

Sorbitol higroskopik yapıdadır. Değişen nem koşullarında nemi oldukça yavaş bir şekilde alıp verebilmektedir. Sorbitol gelişmiş nem kontrolü sağlamaktadır ve bulunduğu ortamda nem dengesini sürdürmeye oldukça yatkındır. Nem içeriğindeki bu yavaş değişim sorbitolün kullanıldığı gıda ürünlerini korumaktadır. Böylece ürünün kalite özelliklerini sürdürmesini sağlamakta ve raf ömrünü uzatmaktadır (Le ve Mulderrig, 2001).

Sorbitol, suda oldukça iyi çözünmekte, etanolde ise az çözünmektedir. Molekül ağırlığı 182,17 gramdır. Çözelti ısısı -110,89 kJ/kg'dır ve bu nedenle ağızda serinletici etki bırakmaktadır. Maillard tepkimesine katılmamaktadır (Forni ve diğ., 1992). Erime noktası 96-97°C olan sorbitolün enerji değeri 2,6 kkal/g'dır.

Tatlılığının sukrozun hemen hemen yarısı kadar olması nedeniyle tek başına kullanımı ekonomik olmayıp, günümüzde genellikle yoğun tatlandırıcılarla birlikte kullanılmaktadır (Altuğ ve Elmacı, 2006). Sorbitolün bazı özellikleri Tablo 1.5’de gösterilmiştir.

Sorbitol, alfa (α), beta(β), gama(γ), teta(δ) ve glass transition(E) formlarında bulunabilmektedir ve herbir formda değişik çözünürlük değerlerine sahiptir. Sorbitolün gama formu en kararlı olanıdır ve modern üretim teknikleriyle üretilen sorbitol tozu genel olarak bu formda bulunmaktadır (Kearsley ve Deis, 2006).

Tablo 1.5: Sorbitolün Özellikleri (Le ve Murderric, 2001).

Kimyasal formül	$C_6H_{14}O_6$
Form	Beyaz kristal veya %70 solüsyon
Tatlılık (sukroz=100)	60
Tat	Tatlı / serinletici
Koku	Yok
Nonkariyojenik	Evet
Nem hassasiyeti	Higroskopik
Sudaki çözünürlüğü (25 °C)	235 g/100 g H ₂ O
Kalorik değeri	2.6 kcal/g
Erime noktası	100 °C
Moleküler ağırlık	182
Solüsyon ısısı (25 °C)	-26.5 cal/g
Kimyasal stabilite	Açıkta ve soğuk ortamda katalist, sulandırılmış asitler ve alkaliler varlığında kararlıdır. Yüksek sıcaklık veya aminlerin varlığında dekompoze olmamakta ve kararmamaktadır. Korozif, yanıcı ve uçucu değildir.
Glisemik indeks	9
Laksatif sınır (g/gün)	50

1.2.1.3.5 Sorbitolün Sağlık Açısından Önemi

Sorbitolün vücutta metabolize olması sonucunda kan glukozunda artışın çok az olduğunun belirlenmesi nedeniyle 1920’lerden bu yana diyabetik gıdalarda tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Sorbitol vücutta emiliminden sonra dehidrojenaz enzimi ile okside olarak fruktoza dönüşmekte, oluşan fruktoz ise fruktojenaz enzimi ile fruktoz-1-fosfata dönüşmektedir. Fruktojenaz aktivitesi için insüline gerek bulunmamaktadır. Fruktoz-1-fosfat karaciğerde aldolaz B enzimi ile dihidroksiasetonfosfat ve gliseraldehite parçalanmakta, dihidroksiaseton ise piruvat veya glukoz ve glikojene metabolize olmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda

sorbitol metabolizması sonucunda glukoz üretiminin geciktiği ve bu nedenle de sorbitolün sindirilmesiyle oluşan hipergliseminin önemsiz olduğu ortaya çıkarılmıştır (Altuğ ve Elmacı, 2006).

Sorbitolün aşırı tüketimi çocuklarda ishal, mide bulantısı ve kasılmalarına ve gaz oluşumu gibi sindirim sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Sorbitolün günlük alımı vücut ağırlığının %0.5'ini geçmemelidir. (Payne ve diğ., 2012). Sorbitollü ürünlerin fazla miktarda alınması sindirim bozuklukları riskini artıracığından dolayı “aşırı tüketimi laksatif etkiye sebep olabilir” şeklinde etiketlenmesi gerekmektedir (Anonim, 2004).

Dişlerin yüzeyindeki plaklarda bulunan bakteriler tüketilen gıdalardaki şekeri fermente ederek asit üretmektedirler. Diş yüzeyinde pH'ın 5.7'nin altına düştüğü durumlarda ise diş çürümesi görülmeye başlanmaktadır. Sorbitol ağızda bulunan bakteriler tarafından fermente edilemediği için nankariyojenik olarak tanımlanmaktadır (Keirsley ve Deis, 2006).

1.2.1.4 Nadir Şekerler

Nadir şekerler Uluslararası Nadir Şekerler Örgütü (IORS) tarafından “doğada çok nadir bulunan monosakkaritler ve onların türevleridirler” şeklinde tanımlanmıştır (Granström ve diğ., 2004). Bütün heksoz ve pentozlardan sadece yedi tanesi (D-glukoz, D-galaktoz, D-mannoz, D-fruktoz, D-ksiloz, D-riboz ve D-arabinoz) doğada bol miktarda bulunmaktadır. Nadir şekerler doğada az miktarda bulunmalarına rağmen çeşitli biyolojik aktiviteleri sayesinde farmakoloji, kozmetik, gıda ve aroma endüstrisinde büyük kullanım potansiyeline sahiptirler (Tang, 2012). Son zamanlarda bütün dikkatler nadir şekerlerin çeşitli glikosidazların inhibisyonu ve gıda sanayinde düşük veya kalorisiz tatlandırıcı ve hacim artırıcı uygulamaları üzerine yoğunlaşmıştır (Sun ve diğ., 2007).

Nadir şekerler doğada çok az bulunmalarından dolayı, özellikleri tam olarak bilinmemektedir. Nadir şekerlerin uygulama ve değerlendirmelerine yol göstermesi bakımından sentezlenmesine yönelik çalışmalar önem arz etmektedir. Karbonhidratlar çoklu değiştirilemez formda karbon içerdiklerinden dolayı kimyasal sentez işlemleri

uğraştırıcı ve zaman alıcıdır. Enzim uygulaması, enzim katalizörlerinin yüksek stereoizomerik özelliklerine bağlı olarak karbonhidrat sentezinde önemlidir. Kagawa Üniversitesinden Prof. Ken Izumori, ucuz şeker glukozlarından bütün heksozların hazırlanması için stratejiler geliştirmiştir. Izumoring stratejisinde, monosakkaritlerin interkonversiyonu, oksidoredüktazlar, aldoz izomerazlar, D-tagatoz 3-epimeraz ve aldoz redüktazlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Hedeflenen bir nadir şekerin sentez yolu Izumoring stratejisine göre kolaylıkla kurgulanabilmektedir (Tang, 2012).

1.2.1.4.1 D-psikoz ve Özellikleri

D-psikoz (D-ribo-2-hekzuloz), D-fruktozun C-3 epimeri olan bir nadir şekerdir (Matsuo ve Izumori, 2009). Moleküler formülü $C_6H_{12}O_6$, moleküler ağırlığı 180.156 g/mol'dur (Iida ve diğ., 2010). Sukroza %70 oranında yakın tatlılık gösterirken enerji değeri sukrozun %0.3'ü kadardır (Mu ve diğ., 2012). D-psikozun bazı özellikleri Tablo 1.6'da gösterilmektedir.

Tablo 1.6: D-psikozun kimyasal ve biyolojik özellikleri (Mu ve diğ., 2012).

Özellik	Değer
Kimyasal sınıf	Karbonhidrat ketoz monosakkarit, D-fruktozun 3-epimeri
CAS No	551-68-8
Molekül formülü	$C_6H_{12}O_6$
Molekül ağırlığı	180.156 g/mol
Fiziksel form	Katı beyaz kristal
Koku	Yok
Erime sıcaklığı	96 °C
Optik çevrim	$[\alpha]^{20}_D = -85^\circ$ (c=1, H ₂ O)
Çözünürlük	%74 w/w (25 °C) ve %83 w/w (50 °C)
Relative tatlılık	%10 (w/w) solüsyonda %70
Kalorik etki	0.007 kcal/g (fare deneyleriyle)
Maillard reaksiyonu	Evet
Toksosite	Hayır (fare deneyleriyle)
Düzenleme durumu	Şeker ikamelerinde GRAS bir bileşen olarak onaylanmıştır

D-glukozun izomerizasyonu veya sukrozun hidrolizasyonundan elde edilen D-fruktoz ve D-glukozun ticari karışımlarında az miktarlarda bulunmaktadır. D-psikoz ayrıca işlenmiş şeker kamışı ve şeker pancarı molozlarında, buğdayda, Itca bitkilerinde ve psikrofinde bulunmaktadır (Yagi ve Matsuo, 2008). D-psikoz yüksek

şeker içerikli gıda ile meyve suyu ve sosun da dahil olduğu diğer ürünlerde sıcaklık uygulaması süresince enzimatik olmayan reaksiyon ile üretilebilmektedir. Bu ürünlerdeki D-psikoz içerikleri 0.5mg/100g(kahve)'dan 130.6mg/100g(Worcester sosu)'a kadar değişiklik göstermektedir (Oshima ve diğ., 2006).

D-psikozun doğada oldukça az miktarlarda bulunması onun kimyasal olarak sentezlenmesini zorunlu kılmaktadır. Genellikle DTE (D-Tagatoz 3-epimeraz) grubu enzimler D-fruktozun D-psikoza (D-ribo-2-hexulose or D-allulose) geri dönüşümlü interkonversiyonunu kataliz etmektedirler (Mu ve diğ., 2012).

1.2.1.4.2 D-psikozun Sağlık Üzerine Etkileri

D-psikoz büyüyen farelerde enerji sağlamayan tatlı bir karbonhidrat olduğu için kilo verme amaçlı faydalı bir tatlandırıcı olarak kullanılabilir (Matsuo ve Izumori, 2009; Baek ve diğ., 2010).

On altı hafta süresince %5 D-psikoz içerikli yüksek ve düşük yağlı diyetle beslenen farelerde karaciğer glikojen içeriğinde artış görülmüştür (Matsuo ve Izumori, 2009). Benzer şekilde 8 hafta boyunca D-psikozla beslenen farelerde sukrozla beslenen farelere nazaran plazma glukoz ve insülin konsantrasyonları daha düşük bulunmuştur (Matsuo ve Izumori, 2006). Bunun sebebi D-psikozun glukozdan farklı bir insülin tetikleyici mekanizmaya sahip olmasıdır (Baek ve diğ., 2010).

D-psikoz sindirim sistemindeki sukraz ve maltaz aktivitesini inhibe etmekte ve sukroz ve maltozun sindiriminden sonra plazma glukoz artışını baskılamaktadır. Bu sebeple sukroz ve maltoz içeren gıdaların sindirildiğinde diyabetik hastalarda yemek sonrası hipergliseminin önlenmesinde faydalı olabilmektedir (Matsuo ve Izumori, 2009).

D-psikoz sindirim sisteminde kısmen emilmektedir ve üre ve dışkıya parçalanmaktadır. D-psikoz körbağırsakta çözünebilir diyet lifine benzer SCFA (kısa zincirli yağ asitleri) üretilerek barsak mikroflorası tarafından fermente edilmektedir. (Matsuo ve diğ., 2003). *Bacteroides thetaiotaomicron*, *Bacteroides uniformis*,

Bifidobacterium dentium ve *Ruminococcus productus* D-psikozu fermente etme yeteneğine sahip türler olarak belirlenmiştir (Payne ve diğ., 2012).

Farelerde yapılan toksisite testlerinde LD₅₀ (ölümcül yoğunluk) 16 g/kg olarak belirlenmiştir (Matsuo ve diğ., 2003). İnsan gastrointestinal ortamındaki maksimum etkisiz seviye ise yaklaşık olarak 0.55g/kg vücut ağırlığı olarak hesaplanmıştır (Iida ve diğ., 2007).

1.2.1.4.3 Şeker Alkolleri ve Nadir Şekerlerin Bisküvi Üretimindeki Fonksiyonları

Tatlandırıcılar fırın ürünlerinde önemli bileşenlerdir. Kuvvetli bir tatlılık sağlamalarının yanında fermentasyon, görünüş, tat, boyut, renk ve pişmiş ürünün tekstürünü de etkilemektedirler. Şeker ve tatlandırıcıların mevcut birçok çeşidi bulunmaktadır. Tercih; ihtiyaç duyulan tatlılık, hamurda şekerin istenen fonksiyonları ve fırın ürününün arzu edilen görünüş ve tekstürüne bağlıdır (Mariotti ve Alamprese, 2012).

Şeker alkolleri gıdalar için aroma ve ağız hissiyatı gibi duyuşal özelliklerin geliştirilmesi, sıcaklığa dayanıklılığın artırılması, nem kontrolünün sağlanması, kendine has kristalizasyon özellikleri ve daha uzun raf ömrü gibi sayısız işlevsel fayda sağlamaktadırlar (Ghosh ve Sudha, 2012).

Fırın ürünlerinde şeker alkolleri şekerle benzer şekilde suyu absorbe etmemektedirler. Bundan dolayı şeker alkolleriyle yapılan gıdalar şekerle yapılan gıdalarda olduğu gibi hemen yüzeyde yapışkanlık göstermemektedirler. Küf ve bakteriler şekerli üründe olduğu şekilde bu tatlandırıcıların kullanıldığı ürünlerde gelişmemektedirler. Böylece ürünler daha uzun dayanmaktadırlar. Bununla birlikte şekerlerin aksine şeker alkolleri genellikle fırın ürünlerinde gevrek bir kahverengi yüzey oluşturmamaktadırlar. Bu kahverengileşmeme özelliği renkte bir değişim arzu edilmediği durumlarda bir avantaj olabilmektedir (Anonim, 2008). Şeker alkolleri aldo ve keto gruplarının eksikliğine bağlı olarak aminoasit varlığında Maillard esmerleşme reaksiyonlarında yer almamaktadır (Zoulias ve diğ., 2000).

Diyetetik ve kalorisini azaltılmış fırın ürünleri duyuşal, kimyasal ve fiziksel özellikler üzerine çok fazla etki olmaksızın şekerin yerine poliollerin ikame edilmesiyle hazırlanabilmektedir (Ghosh ve Sudha, 2012).

D-psikozun gıda ürünlerine eklenmesi jel davranışlarını geliştirebilmekte ve kurutulmuş yumurta beyazı ve ovalbumin gibi gıda proteinleriyle Maillard reaksiyonları süresince hoş aroma üretebilmektedir (Mu ve diğ., 2012).

1.2.2 Maillard reaksiyonu

Bisküvi hamurunun hazırlanması ve pişirilmesi esnasında proteinlerin denatürasyonu, nişastanın granüler yapısının kaybolması, yağların erimesi ve karamelizasyon ve Maillard reaksiyonundan kaynaklanan kahverengi yüzeyin gelişmesi gibi bir çok olay meydana gelmektedir (Chevallier ve diğ., 2000a).

Maillard reaksiyonu (MR) protein, peptit ve amino grupları ile indirgen şekerlerin karboksil grupları arasındaki enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıdır (Yılmaz ve Toledo, 2005).

Maillard reaksiyonu üç aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşama (renksiz; ultraviyolede absorpsiyon yok); Amadori dönüşüm ürünleri ve şeker-amin yoğunlaşmasının dahil olduğu aşamadır. Ara aşama; şeker parçalanması, fragmentasyonu ve aminoasit yıkımından oluşmaktadır. Birtakım renk bileşikleri ve kahverengi pigmentler düşük konsantrasyonlarda oluşabilmektedir. Son aşama (koyu kahverengi); yüksek molekül ağırlıklı renkli son ürünlerin oluştuğu polimerizasyonun dahil olduğu aşamadır (Şekil 1.4) (Hodge, 1953; Mauron, 1981). Bu aşamada şekerlerin dehidrasyonu yani zincir kopmasıyla furfural bileşikleri (5-hidroksimetilfurfural, furfural) oluşmaktadır. Kompleks bir seri reaksiyon ile aldol kondenzasyonu ve polimerizasyonu sonucunda da kolloidal, çözünmeyen nitelikte melanoidin bileşikleri meydana gelmektedir (Daniel ve Whistler, 1985).

MR; sıcaklık, pH, reaktant tipi, zaman ve su aktivitesi gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Wijewickreme ve Kitts, 1997). Genel olarak, şekerin karbon zinciri ne kadar kısaysa MR'da aktivitesi o kadar fazladır. 2 ve 3 karbon içeren şeker

benzerleri daha çabuk esmerleşmektedir (Namiki, 1988). 120°C'de bir saat ısıtılan şeker (glukoz veya früktoz) ve aminoasit (arginin, lisin veya histidin) içeren model bir sistemde başlangıç pH'sı 3-5 birim düşüşle 7 ve 10'dan sırasıyla 3-5 ve 5-7'ye düşmüştür (Powrie ve diğ., 1981).

Sıcaklık ve zaman MR oluşumunda çok önemli faktörlerdir. Genel olarak, sıcaklıktaki 10°C'lik artış MR oranını reaksiyonda değerlendirilmek için ölçülen parametreye bağlı olarak 2 ile 8 kat arasında arttırmaktadır (Hardy ve diğ., 1999).

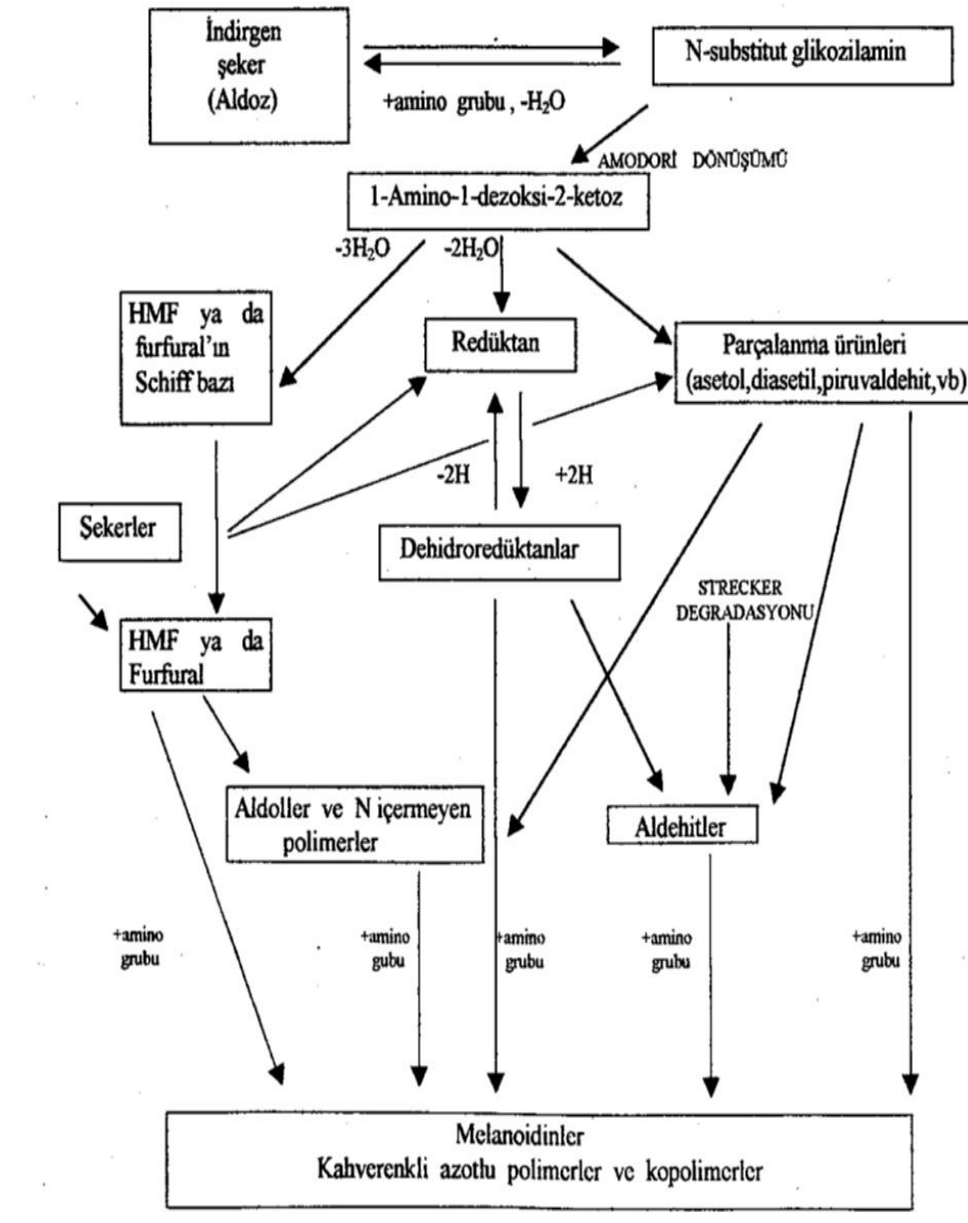
Maillard reaksiyonuna etki eden faktörlerden birisi de ortamın su aktivitesi (aw) değeridir. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar genel olarak düşük ve yüksek aw değerlerindeki ortamlarda MR hızının yavaşladığını ortaya koymaktadır. Düşük su aktivitesindeki gıdalarda viskozitenin artması Maillard reaksiyonu oluşumunu inhibe etmekte, buna karşılık yüksek su aktivitesi değerlerindeki gıdalarda substrat derişimi azalmakta ve reaksiyon hızı düşmektedir (Buera ve diğ., 1987).

1.2.3 Karamelizasyon

Özellikle indirgen şekerlerin azotlu bileşiklerin olmadığı ortamda ısıtıldıklarında karamelizasyon olarak adlandırılan bir dizi reaksiyon gerçekleşir. Reaksiyon ortamda az miktarda asit ya da belli tuzlar bulunduğunda hızlanır. Her ne kadar aminoasitler ya da proteinler bu reaksiyon zincirine dahil olmasa da; karamelizasyon da, Maillard reaksiyonu gibi enzimatik olmayan reaksiyon olarak değerlendirilir. Reaksiyon ısıtılan şekerlerin dehidrasyonu ile başlar ve Maillard reaksiyonunda olduğu gibi deoksiozonlar, furanlar gibi ara ürünler oluşur. Doymamış halka yapıdaki bileşikler kondense olarak, konjuge çift bağ içeren kahverengi polimerlerin oluşması sağlanır (Açar, 2010).

Karamelizasyonun gerçekleşebilmesi için, Maillard reaksiyonuna oranla daha yüksek sıcaklıklara, daha düşük pH değerlerine ve daha düşük su aktivitesi değerlerine gereksinim vardır (Ramirez-Jimenez ve diğ., 2000) ve reaksiyon asidik ve bazik şartların her ikisinde de ilerleyebilmektedir. Karamelizasyon dekompozisyon sıcaklıkları glukoz için 130°C ve fruktoz ile susuz formu için 160°C'dir (Monte ve Maga, 1981). $CH_3-CH=CH-CH(OH)-HC=O$ yapısının

karakteristik karamel aromasının oluşumundan sorumlu olduğu savunulmaktadır. Bu yapı birleşik hidrosidimetilfuranon (HDF)'nin parçasında bulunmaktadır ve Maillard reaksiyonunda görülebilmektedir. Glukoz karamelizasyonunda HMF, HDF ve hidroksiasetilfuran (HAF) gibi furan türevleri üretilmektedir. Furan türevlerinin karamelizasyon polimerlerinin öncüsü olduğu düşünülmektedir (Kroh, 1984).



Şekil 1.4: Maillard reaksiyonu (Hodge, 1953; Burdurlu ve Karadeniz, 2002).

1.2.3.1 Maillard Reaksiyon Ürünleri ve Melanoidinler

Açar (2010)'a göre; gıdaların ısıtma işlemleri ile işlenmesi ve muhafazası sırasında meydana gelen en önemli reaksiyon zinciri olan Maillard reaksiyonu, bir yandan gıda teknolojisi açısından önem taşıırken, diğer yandan beslenme ve sağlık üzerine olan etkileri ile de öne çıkmaktadır. Gıda teknolojisi açısından, Maillard reaksiyonu ısıtma işlemi görmüş gıdalarda renk, tat, aroma oluşumundan sorumlu reaksiyon mekanizması olarak önem taşıırken; beslenme ve sağlık açısından bakıldığında Maillard reaksiyon ürünlerinin hem olumlu hem olumsuz etkileri söz konusudur. Olumsuz etkiler arasında en öne çıkanı, Maillard reaksiyonu sırasında ortaya çıkan ısıtma işlemi ürünü bazı bileşiklerin toksikolojik etkileridir. Bunun yanı sıra, Maillard reaksiyonunun aminoasitlerin yapılarının bozulması ve protein çapraz bağlarının kırılması nedeniyle gıdalarda besleyici değerin düşmesi, çözünür vitaminlerin kaybı, minerallerin kullanılabilirliğinin azalması gibi diğer bazı olumsuz etkileri söz konusudur. Diğer taraftan, bazı Maillard reaksiyon ürünlerinin bağırsak sağlığına olumlu etkileri olduğu, vücutta kimyasal olarak koruyucu rol oynadığı ve antimutajenik aktivite gösterdiğine dair bulgular da mevcuttur. Bu da MR oluşumunda optimum bir değerin olduğu algısını oluşturmaktadır.

Diyetle alınan MR ürünlerinin ve melanoidinlerin gerek gıdalarda gerekse insan vücudundaki yapısı ve etkileri hakkında mevcut bilgilerin yetersizliğine bağlı olarak Bilim ve Teknik Araştırma Alanında Avrupa işbirliği (COST), özellikle işlenmiş gıdalarda ve model sistemlerde esmer renkli melanoidinler ve MR ürünleri oluşumunu, bunların metabolik geçiş yollarını ve fizyolojik etkilerini inceleme girişiminde bulunmuştur. Bu incelemede COST Faaliyet 919'a (COST Action 919) bağlı "V nolu çalışma grubu"nun geçmiş beş yıl içindeki melanoidinlerin sağlığa etkileri üzerine yaptıkları çalışmalar "Melanoidins in food and health" başlığıyla gösterilmektedir (Tablo 1.7) (Somoza, 2005).

MR ürünleri renk, aroma ve dayanıklılık gibi önemli gıda özelliklerini modifiye etmektedir (Yılmaz ve Toledo, 2005). MR ürünleri müşteri beğeni ve tercihinin dahil olduğu son ürünün kalitesiyle doğrudan ilgilidir. Maillard reaksiyonunda son aşamada oluşan ürünler polimerik yapılarına (>3000 Da) bağlı olarak aromadan daha çok renk ve tekstüre katkı sağlamaktayken düşük molekül

ağırlıklı (<3000 Da) Maillard reaksiyon ürünleri aroma ile ilgilidir. Melanoidinler gibi polimerler kahverengi ve yoğun sarı arasında değişen renklerde ürünler verirler. Bu polimerler özel durumlarda koyu kırmızimsı ve turuncu renk de oluşturmaktadırlar (Gonzalez-Mateo ve diğ., 2009).

Tablo 1.7: Maillard reaksiyon ürünlerinin sağlık etkileri (Somoza, 2005).

Etki Kategorisi	Elde edilen başlıca sonuç
Sindirim sistemi sağlığı üzerine etkileri	Model melanoidin karışımları sindirim sistemindeki yararlı bakterilerin büyümesini teşvik etmektedir. Model melanoidinler heterosiklik aromatik aminleri (HAA) bağlamakta ve sonuç olarak HAA'nin emilme oranını düşürmektedir.
Kemopreventif potansiyel üzerine etkileri	Vivoda ve vitroda, model ve gıda melanoidin karışımlarıyla yeni ve kimyasal olarak tanımlanmış bileşikler kadar kemopreventif enzimlerin induksiyonu.
Antioksidan kapasite üzerine etkileri	İzole edilmiş hepatositlerde model melanoidin karışımlarıyla lipit peroksidasyonunun inhibisyonu. Gıda melanoidin karışımlarının verilmesinden sonra insan plazmasında antioksidan kapasitede artış.
Mutajenik ve genotoksik etkileri	Model melanoidin karışımları bilinmekte olan mutajenlerin etkileriyle karşılaştırıldığında in vitro sistemlerde ihmal edilebilen mutajenik ve genotoksik etki göstermektedir.
Glikasyon reaksiyonları üzerine etkileri	Model melanoidin karışımları in vitro koşullarda kimyasal olarak karakterize edilmiş bileşikler kadar ileri düzey glikasyon son ürünlerinin (AGEs) reseptörlerini muhtemelen hücresele düzeyde kızışmayı destekleyen reaksiyonlarla sonuçlanarak bağladığı gösterilmiştir. Sağlıklı vejeteryanlar tarafından alınan gıda melanoidinleri insan plazmasındaki AGE seviyesinin artmasıyla ilişkilendirilememiştir.

1.2.3.2 HMF

HMF; çiğ, işlenmemiş gıdalarda bulunmazken, karbonhidrat açısından zengin gıdaların ısıtılma işlemleri sırasında ve depolama boyunca hızlı bir şekilde birikim göstermektedir. Bu nedenle gıda maddelerine uygulanan ısıtılma işleminin şiddetinin ya da depolamanın etkisinin belirlenmesinde HMF miktarı gösterge olarak kullanılmaktadır (Ibarz ve diğ., 2000; Rada-Mendoza ve diğ., 2004).

HMF, bisküvilerde şeker olarak sukroz kullanıldığında esas olarak karamelizasyon ile oluşmaktadır (Kroh, 1994).

5-hidroksimetil-2-furfuraldehit (HMF) aşağıdaki iki reaksiyonun ortak bir ürünüdür.

- i. HMF oluşumunda, Maillard reaksiyonunun başlangıç aşamaları sonunda ortaya çıkan Amadori ürününün 1,2-enolizasyonunu takiben yapıdan hidroksil ayrılması ile 2,3-enol oluşur. Takip eden hidroliz ve dehidrasyon tepkimelerinin sonunda oluşan doymamış dikarbonil bileşiğinin siklodehidrasyonu ile HMF oluşur.
- ii. Furfuraller karamelizasyon yolu ile de oluşabilmektedir. Özellikle indirgen şekerler, azotlu bileşiklerin olmadığı ortamda ısıtıldıklarında karamelizasyon olarak adlandırılan bir dizi reaksiyon gerçekleşir. Reaksiyon ortamda az miktarda asit ya da belli tuzlar bulunduğunda hızlanır. Her ne kadar aminoasitler ya da proteinler bu reaksiyon zincirine dahil olmasa da; karamelizasyon da, Maillard reaksiyonu gibi enzimatik olmayan reaksiyon olarak değerlendirilir. Reaksiyon ısıtılan şekerlerin dehidrasyonu ile başlar ve Maillard reaksiyonunda olduğu gibi deoksiozonlar, furanlar gibi ara ürünler oluşur. Doymamış halka yapıdaki bileşikler kondense olarak, konjuge çift bağ içeren kahverengi polimerlerin oluşması sağlanır (Açar, 2010).

1.2.3.3 Maillard Reaksiyon Ürünlerinin Antioksidan Özelliği

Lipid peroksidasyonu oksijen varlığında depolamada gıda bozulmalarının öncü mekanizmasıdır. Bu oksidasyon işlemi enzim katalizörlüğünde, metal iyon katalizörlüğünde ve fotokimyasal işlemler aracılığıyla başlayabilmektedir. Peroksil, alkoksil ve hidroksil gibi serbest radikaller lipit peroksidasyon mekanizmasına dahil olmaktadır. İşlenmiş gıdanın kalitesindeki değişimler tat, aroma, renk, tekstür, besleyici değerin kötüleşmesi, aldehit ve epoksitler gibi toksik bileşiklerin oluşumuyla kendini göstermektedir (Nicoli ve diğ., 1997). Gıdadaki bu değişimler gıda dayanıklılığı ve güvenliği için önemlidir (Lee ve Shibamoto, 2002).

Antioksidanlar işlem görmüş gıdalarda yağlardan kaynaklanan oksidatif bozulmaları önlemek amacıyla gıda katkıları olarak kullanılmaktadırlar. Bazı sentetik antioksidanların toksik, mutajenik ve kanserojenik etkilerinden dolayı bazı doğal antioksidanlar fırın ürünlerinin raf ömrünü arttırmada işlev görmektedirler. Fakat doğal antioksidanlar sentetik olanlardan daha az etkilidirler. Bundan dolayı özellikle fırın ürünlerinde yeni doğal antioksidanların kullanımı büyük talep görmektedir (Lu ve diğ., 2010).

Maillard reaksiyonu ürünlerinin en önemli olumlu etkileri yüksek antioksidan aktivite göstermeleridir. Maillard reaksiyon ürünlerinin antioksidan özellik gösterdiğine dair ilk bulgular 1950'li yıllarda ortaya konmuş, daha sonra yapılan birçok çalışmada, hem model sistemlerde hem de çeşitli gıda maddelerinde antioksidan özellik gösteren Maillard reaksiyon ürünleri oluşumu bildirilmiştir. (Manzocco ve diğ., 2001).

MR ürünleri ekmek, hububat ürünleri ve etler gibi ısı işlem görmüş gıdalara arzu edilen tadı fazlasıyla sağlamaktadır. Maillard reaksiyonuyla üretilen düşük moleküler ağırlıklı karbonil bileşikler model sistemde serbest oksijenin işlevselliğini ortadan kaldıran güçlü oksidatif etkiye sahip olduğu görülen dihidropiridinler gibi heterosiklik ürünleri oluşturmak için aminoasitler ve diğer amin türevleriyle yoğunlaşmaktadır. Premelanoidinler ve melanoidinler gibi antioksidatif etkiye sahip olan birçok MR ürününden değişik tipteki gıdalarda yararlanılmaktadır. Birçok MR ürününün karbonil bileşiklerinin indirgen kapasitesinin dahil olduğu aktiviteleri melanoidinlerde bulunmaktadır. Bazı ürünler nitrozamin oluşumunu engelleme, kanser oluşumunu tetikleyen nitrozamini azaltma ve aktif oksijenin süpürme yeteneğine de sahiptirler (Macrae ve diğ., 1993).

Melanoidinler gibi yüksek moleküler ağırlıklı maddelerin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonuyla oluşmuş başlıca antioksidatif ürünler olduğu düşünülmektedir. Maillard reaksiyon ürünleri karışımının antioksidan aktiviteleri, melanoidinlerin üstün radikal süpürme özellikleri, oksijenle reaksiyonları, $O_2\bullet$ ve $OH\bullet$ gibi ürünlerle reaksiyonları ile açıklanmaktadır (Hayase ve diğ., 1989). Örneğin bisküvi gibi fırın ürünlerinde şeker ve/veya aminoasit ilavesi esmerleşme reaksiyonunu geliştirmekte ve sonuç olarak oksidatif ransiditeye karşı dayanıklılığı arttırmaktadır (Bressa ve diğ., 1996).

Maillard reaksiyonu ara ürünlerinden olan HMF'nin de antioksidan özellik taşıdığı yapılan çalışmalarda bildirilmektedir (Turkmen ve diğ., 2006; Morales ve Jimenez-Perez, 2001).

1.2.3.4 İlgili Tatlandırıcıların Bisküvilerde Kullanılmasına İlişkin Yapılan Çalışmalar

Bisküvi kalitesi iki genel şart ile özetlenebilir. Birincisi bisküvinin genişliği ve yüksekliği yani boyutudur. Son bisküvi çapı önemli bir kalite parametresidir. İkincisi ise bisküvilerin ısırdığında nasıl olduğudur. İyi kalitedeki bisküviler gevrek bir ısırmaya sahiptirler. Gevreklik ise bisküvi yapısına bağlıdır (Pareyt ve Delcour, 2008).

Sukrozun önceden çözündürülmüş ve aşırı doymuş çözelti şeklinde hamura katılması bisküvi hamurlarını yapışkan yapmaktadır (Davis, 1995).

Drewnowski ve diğ., (1998) değişik çeşitlerdeki bisküvilerde yağ içeriği ve indirgen şekerin ürün kalitesi üzerine ve duyuşal değerlendirmeye tercih edilebilirliklerine etkilerini araştırmışlardır. Formüller yağ, şeker ve yağ-şekerin %25 ve yağ içeriğinde %50 azaltma yapılarak değiştirilmiştir. Yağ içeriğindeki %25'lik azalmanın tüm ürün kabul edilebilirliği üzerine herhangi bir etkisi görülmemiştir. Olumsuz etki ancak %50 yağ azaltılmasıyla gözlenmiştir. Bunun tersine, %25'lik şeker içeriğindeki düşüş tüm kabul edilebilirlik oranlarına ani düşüşe neden olmuştur. Bütün bisküvi çeşitlerinde şekerin azalmasıyla tüm kabul edilebilirlik ve beğeni azalmıştır. Bu veriler ışığında tüketicilerin şeker içeriğindeki küçük değişimlere daha hassas olabileceği sonucuna varılmıştır.

Nishibori ve Kawakishi, (1992) buğday unu, yumurta, margarin, şeker ve sodyum bikarbonat ile hazırlanıp 150°C'de 10 dakika elektrik fırınında pişirilen bisküvilerde pentozlar, heksozlar, disakkaritler ve trisakkaritlerin ürün kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Riboz, ksiloz ve arabinoz gibi pentozlarla hazırlanan bisküvilerin aroma bileşikleri metanol-su karışımıyla ekstrakte edilip HPLC ile analiz edilmiştir. Riboz ve ksiloz ile hazırlanan bisküvilerin yüksek oranda furfural içerdikleri belirlenmiştir. Furfuralın az tatlı aromasıyla bisküvi kalitesini

geliştirdiği görülmüştür. Maltozlar ile pişirilen bisküvilerde az miktarda DDAF (2,3-dihidro-3,4-dihidroksi-5-asetilfuran) ve DDMP (2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil-4(H)-piran-4-one) ve yüksek miktarda HMF (5-hidroksimetilfurfural) oluşmuştur. Sellebiyozun formülasyona ilavesiyle az miktarda HMF gözlenirken sukroz ilavesiyle HMF oluşumu gözlenmemiştir. Sukroz ve sellebiyozlu bisküvilerde iz miktarda DDMP oluşmuştur. En çok riboz ilaveli bisküvilerde esmerleşme görülmüştür. İkinci olarak mannozlar da kahverengi renk oluşumu fazla bulunmuştur. Pentozlar genel olarak kahverengi renk oluşumunu heksozlardan daha fazla arttırmaktadırlar. En hafif kahverengi renk oluşumu sukrozla pişirilen bisküvilerde gözlenmiştir. Tercih edilen renk gelişimi için bisküvilere glukoz haricinde pentoz ve heksozların ilave edilmesinin istenilen etkiyi elde etmeyi sağlayacağı belirtilmiştir (Devchand, 1994).

Winkelhausen ve diğ., (2007) yaptıkları çalışmada, şeker ikamesi olarak sadece ksilitolün kullanıldığı bisküvilerin duyuşal ve mikrobiyolojik kalitesini sukroz ve glukoz bazlı bisküvilerle karşılaştırmışlardır. Ksilitolün sukrozla aynı tatlılığa sahip olduğunu fakat tadımdan sonra ağızda belirgin bir serinletici etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Sukroz ve ksilitollü bisküviler ile karşılaştırıldığında glukozla üretilenlerin daha kırılğan ve yumuşak olduğunu ve tüketildikten sonra daha az bir tatlılık bıraktığını belirlemişlerdir. Sukrozlu bisküviler daha sert, daha kuru ve daha gevrek bulunmuştur. Oda koşullarında 3 ay depolamadan sonra ksilitollü bisküvilerin yenmesinden sonra tatlarındaki önemli azalış dışında duyuşal özelliklerinde önemli bir değişiklik gözlenmezken sukrozlu bisküvilerin gevrekliğini kaybettiği ve depolamaya karşı önemli oranda daha hassas oldukları gözlenmiştir. Sonuç olarak ksilitollü bisküvilerin orijinal aroma ve tekstürel özelliklerinde değişim olmaksızın daha uzun süre depolanabileceğini belirtmişlerdir. Taze ksilitollü bisküvilerin mikrobiyal değerlendirilmesi yapılmış ve 48 saat sonra herhangi bir mikrobiyal artış gözlenmemiştir.

Sökmen ve Günes (2006) maltitol kullanılarak üretilen çikolataların sukrozlu olanlarla benzer reolojik özellikler gösterdiğini, ksilitollü olanların ise sukrozlulara göre yüksek akışkanlıkta olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca maltitolün sukrozun alternatifini olarak kullanılabileceğini fakat ksilitolün ağızda bıraktığı serinletici etki nedeniyle her üründe tercih edilmeyeceğini bildirmişlerdir.

Gallagher ve diğ., (2003) yaptıkları çalışmada, orijinal “short dough” bisküvi formülasyonuna ağırlıkça granüler şekerin %20-30’u oranında raftiloz eklemişler ve hamur karakteristikleri ve pişmiş ürünün kalitesindeki farklılıkları gözlemlemişlerdir. Daha az kırılabilirlik ve daha yumuşak yenme karakteristiği gösteren test bisküvilerinin Ortalama yük değerleri kontrol bisküvilerden belirgin şekilde düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Yalnızca yüksek oranlardaki raftiloz ikameli bisküviler önemli derecede farklı yüzey renk özellikleri göstermişlerdir. Raftiloz granüler şeker gibi hamurda benzer sertlik etkisine sahip olmadığı için sertlik, uzama ve yapışkanlık değerleri standart bisküvi hamurununkinden daha düşük bulunmuştur.

Savitha ve diğ., (2008) yaptıkları çalışmada, bisküvi formülasyonunda kullanılan %30’luk şekerin %0.05 sukraloz ve %30 maltodekstrin (MD) kombinasyonu ile değiştirilebileceği sonucuna varmışlardır. Bu kombinasyonla üretilen bisküvilerin %30 şeker içeren kontrol bisküvileriyle benzer kalite özellikleri gösterdikleri ve tatlılıklarının kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Bhise ve Kaur (2013), yüksek çözünürlüğe sahip şeker alkolü olan mannitolün tatlılığının sukrozunkinden %50 az olduğunu, mannitol tüketiminin kan glikoz seviyesini arttırmadığını, serumda serbest yağ asidi, laktat, pirüvat veya üre konsantrasyonlarına etkisi olmadığını bildirmişlerdir.

Sun ve diğ., (2007) süt ve yumurtayla yapılan bir puding çeşidinde sukroz, D-fruktoz ve D-psikozun antioksidatif etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen verilere göre D-psikozla hazırlanan puding indirgen güç ve yüksek süpürücü etkisiyle daha güçlü antioksidan aktivite göstermiştir. Ayrıca D-psikozun 0.1-0.4kg/L arasında konsantrasyona bağlı önemli bir antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Uzun süreli depolamada da indirgen gücün yüksek seviyede belirlendiği D-psikozlu pudinglerin yağlarda otooksidasyonun başlamasını geciktirebileceği ve gıda raf ömrünü uzatabileceği belirtilmiştir.

Zamora ve Hidalgo (2005)’nin bildirdiğine göre yağ oksidasyon ürünleri/yolu ve Maillard ürünleri/yolu birbirini etkilemektedir. Her iki yol da enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları bakımından benzer ürünler üreterek ortak ara aşamalar ve polimerizasyon mekanizmalarına sahiptirler. Bundan dolayı,

yağ varlığında Maillard reaksiyon ürünlerini anlamak için veya tam tersi durumda her iki reaksiyonun da ilişkili olduğunu göz önünde bulundurmak gereklidir.

Karamelizasyon reaksiyonları birçok durumda arzu edilir. Sukrozun amonyum bisülfid solüsyonunda ısıtılmasıyla üretilen karamel, kola ve diğer yumuşak içecekler, fırın ürünleri, şekerlemeler ve diğer gıda ürünlerinde renk verici ve aroma bileşeni olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte karamelizasyon reaksiyonu kontrol edilemezse acı, yanık ve hoş olmayan tattaki ürünlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Yoğun ısı ve düşük pH karamelizasyon reaksiyonlarını tetiklemektedir (Izydorczyk, 2005).

Bressa ve diğ., (1996) yaptıkları çalışmada tereyağlı bisküvilerde zincir kırıcı antioksidan özelliği, pişirme zamanı ve esmerleşmeye bağlı MR ürünleri oluşumunun bir fonksiyonu olarak analiz etmişlerdir. Pişirmenin ilk 20-30 dakikasında esmerleşme olduğu ve bisküvilerin kurutulmuş sulu ekstraktlarının 100 gramında 5 gram Trolox'a eşdeğer bir antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Bu sonuçlar fonksiyonel bileşen olan antioksidanların Maillard reaksiyonu ile oluştuğunu desteklemektedir.

Suda çözünebilir Maillard reaksiyon ürünlerinin antioksidan aktivitesi üzerine yapılan çalışmada, ısıtılmış histidin ve glukozdan kaynaklanan MR ürünlerinin vitro koşullarda bir antioksidan aktivite göstergesi olan peroksil radikal süpürme aktivitesine sahip oldukları belirlenmiştir (Yılmaz ve Toledo, 2005).

Japon araştırmacılar yumurta akı proteininin köpürme özellikleri ve tereyağlı bisküvilerin kalitesi üzerine D-psikozun etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre yumurta akı proteininin köpürmesi şeker içeriğine %15 kadar D-psikoz ilavesiyle arttırılmıştır. Uzun süre çırpma koşullarında D-psikozlu yumurta akı solüsyonu sukroz ve fruktozlu yumurta akı solüsyonlarından daha iyi köpürme kapasitesine sahip olduğunu bildirilmiştir. Nadir şekerlerin kısmi sukroz ikamesi olarak kullanıldığı bisküvilerin kalitesinde önemli bir değişim rapor edilmemiştir. Aksine, bisküvileri pişmesi esnasında Maillard reaksiyonları süresince antioksidan maddelerde olağanüstü bir artış gözlemlendiği ve bisküvilerin antioksidan aktivitelerinin bisküvi kabuğunun renk değişimiyle doğrudan ilişkili olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak D-psikozun son ürünün renginde değişime neden olarak düşük kalorili ve

yüksek antioksidan aktiviteli fonksiyonel bir gıda üretmek için tatlandırıcı olarak kullanılabilceği ifade edilmiştir (Sun ve diğ., 2008).

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Kimyasallar ve Malzemeler

Analizlerde; Folin Ciocalteu reagent (Merck, Almanya), sodyum karbonat (Riedel-de Haen, Almanya), gallik asit (Sigma-Aldrich, Almanya), HCl (Riedel-de Haen, Almanya), TroloxTM (Sigma-Aldrich, Almanya), DPPH (Fluka, Sigma Aldrich, USA), kimyasalları kullanılmıştır. Solvent olarak HPLC saflıktaki etanol ve metanol (Merck, Almanya) kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan hammaddelerden özel amaçlı un, kabartma tozu (sodyum bikarbonat), şortening, tuz, pudra şekeri (sukroz), Denizli’de bulunan marketlerden temin edilmiştir. Emülgatör (Gliseril mono stearat, GMS 90); Huzur Kimya Ltd. (İstanbul), D-psikoz (CAS No:551-68-8); JinZhongYan New Material Technology Co. Ltd, (Çin), Sorbitol (Pure powder); Bereket Kimya Tıp Teknik Ltd. (İstanbul), Ksilitol (Smart Sweet Xylitol Powder); (Homestead Market, WS, ABD)’den temin edilmiştir.

2.2 Bisküvilerin Hazırlanması

Çalışma kapsamında incelenecek bisküvilerin hazırlanmasında, Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği (AACC) tarafından önerilen Metot 10-54’de (AACC, 1990) belirtilen temel formülasyon esas alınarak, incelenen parametrelere uygun olarak modifiye edilmiş yöntemler kullanılmıştır. Tablo 2.1’deki formülasyona göre hazırlanan 10 çeşit bisküvi nem, kül, yağ, protein, IVPD, çap, yükseklik, hacim, yayılma faktörü, ağırlık ölçümü ve duyu analizi değerlendirmeleri amacıyla kullanılmıştır. Tablo 2.2’deki formülasyona göre hazırlanan bisküviler ise çap, yükseklik, hacim, yayılma faktörü, ağırlık ölçümü, pişme kaybı ve renk analizleri ile toplam fenolik madde, antioksidan ve HMF analizi için kullanılmıştır.

Bisküvide kullanılan su hariç tüm hammaddeler formüllerdeki gramajlara göre tartıldıktan sonra yoğurma kabında karıştırılmıştır ve su ilave edilmiştir. 15 dakika yoğurmadan sonra hamur 20 dakika üstü kapalı şekilde bekletilmiştir.

Dinlendirilen hamurlar 5 mm kalınlığında açılıp kalıp yardımıyla 30 mm çapında bisküvi hamurları elde edilmiştir. Tablo 2.1'e göre hazırlanan bisküvi hamurları tavalara alınarak 180 °C'de 10 dakika fırında (ASL makine, Türkiye), Tablo 2.2'ye göre hazırlanan bisküvi hamurları ise farklı sıcaklık (170, 200 ve 230°C) ve sürelerde (9, 12 ve 15 dakika) fırında (Memmert, UN 30^{plus}, Almanya) pişirilmiştir. Pişirilen bisküviler oda sıcaklığında 20 dakika soğutulduktan sonra renk, en-boy-ağırlık ölçümleri gibi bazı analizleri hemen yapılmış, örneklerin bir kısmı ise diğer analizlerin yapılması amacıyla kilitli polietilen torbalarda -18°C'de muhafaza edilmiştir.

Tablo 2.1: Bisküvi formülasyonları 1

	Bileşenler		Bisküvi Formülasyonları (g)							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sukroz	40	20	20	20	20	20	20	30	30	30
D-psikoz	-	20	-	-	10	10	-	10	-	-
Sorbitol	-	-	20	-	10	-	10	-	10	-
Ksilitol	-	-	-	20	-	10	10	-	-	10
Un	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Şortening	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Su (ml)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Sodyum bikarbonat	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Tuz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Emülgatör	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tablo 2.2: Bisküvi formülasyonları 2

Bileşenler	Bisküvi Formülasyonları (g)			
	1	2	3	4
Sukroz	40	-	-	-
D-psikoz	-	40	-	-
Sorbitol	-	-	40	-
Ksilitol	-	-	-	40
Un	100	100	100	100
Şortening	40	40	40	40
Su (ml)	20	20	20	20
Sodyum bikarbonat	1,5	1,5	1,5	1,5
Tuz	1	1	1	1
Emülgatör	0,5	0,5	0,5	0,5

2.3 Metod

2.3.1 Kül Miktarı Tayini

Kül miktarı, AACC Method No: 08-01 (AACC, 1990)'a göre ve 2 değer in ortalaması olarak belirlenmiştir.

2.3.2 Rutubet Miktarı Tayini

Rutubet miktarı, AACC Method No: 44-15.02 (AACC, 1990)'a göre ve 2 değer in ortalaması olarak belirlenmiştir.

2.3.3 Protein Tayini

Protein miktarı, Kjeldahl metodu kullanılarak AACC Method No: 46-11A (AACC, 1990)'a göre belirlenmiştir. Protein değerleri 2 değer in ortalaması olarak verilmiş ve tüm örneklerde azot çeviri faktörü olarak 5,70 alınmıştır.

2.3.4 IVPD (Vitroda Protein Sindirilebilirliği) Analizi

Bu analiz Hsu ve diğ., (1977) ve Dahlin ve Lorenz (1993)'in kullandıkları yönteme göre yapılmıştır. IVPD değerleri 2 değerin ortalaması olarak verilmiş ve formülde belirtildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{IVPD değer} (\%) = 210,464 - 18.1x \text{ (Yönteme göre gözlenen son pH değer)}$$

2.3.5 Yağ Tayini ve Yağ Ekstraksiyonu

Yağ tayini Soxhelet yöntemi kullanılarak AACC Method 30-25.01 (AACC, 1990)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar 2 değerin ortalaması olarak verilmiştir.

2.3.6 ap, Yükseklik, Hacim, Yayılma Faktörü, Ağırlık ve Ağırlık Kaybı lm

Bisküvi çapları farklı yerlerden 2 defa llmş ve çap değerleri 3 örneğin ortalaması olarak verilmiştir. Yükseklik; 3 adet bisküvinin üstüste konularak llmesiyle, ağırlık ve ağırlık kaybı ise 4 adet bisküvinin pişim öncesi ve sonrası hassas terazide tartılmasıyla belirlenmiş ve bu değerler 2 değerin ortalaması olarak verilmiştir. Bisküvilerde yayılma faktörü bisküvi çapının bisküvi yksekligni bölünmesiyle elde edilmiştir.

Bisküvilerin hacim değerleri neuman aleti kullanılarak Elgün ve Ertugay (2002)'n yöntemine göre llmştir. Değerler 2 rneğin ortalaması olarak verilmiştir.

2.3.7 Renk Analizi

Tüm örneklerin renkleri Hunter Lab Color Miniscan XE kullanılarak belirlenmiştir. Hunter renk değerleri (L,a,b)'nden oluşan l skalada L*=100 beyaz, L*=0 siyah; yüksek pozitif a* renk değerleri kırmızı, yüksek negatif a* renk değerleri yeşil; yüksek pozitif b* renk değerleri sarı ve yüksek negatif b* renk değerleri mavi olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar 3 değerin ortalaması olarak verilmiştir.

2.3.8 Tekstür Analizi

Analiz, tekstür analizörde (Brookfield CT3) gerçekleştirilmiştir. Bisküvi hamurlarında yapılan tekstür analizlerinde sertlik, ortalama yük ve yapışkanlık değerleri değerlendirmeye alınmıştır. Bisküvi örnekleri üretimi takiben oda koşullarında soğutulduktan sonra çift katlı polietilen poşetlerde yine oda koşullarında muhafaza edilmişlerdir. Üretimin 1., 3., 7., 15., 30. ve 60. günlerinde tekstür analizi yapılmış olup sonuçlardan sertlik döngüsü, toplam yük döngüsü ve ortalama yük değerleri değerlendirilmiştir. Örneklerin tekstür analizlerinde kullanılan parametreler Tablo 2.3’de verilmektedir. Ayrıca tekstür analizör ve kullanılan aperlara ait resimler Ek D’ de görölmektedir.

Tablo 2.3: Bisküvi örneklerinin tekstür parametreleri.

Tekstür Koşulları				
Örnekler	Kullanılan Başlık	Uygulanan Kuvvet (N)	İniş / Çıkış Hızı (mm/s)	Analiz Tipi
Bisküvi hamuru	4cm çaplı silindirik başlık	0,006	0,5	Kompresyon
Bisküvi	Aparat (Tree point bend)	0,006	0,5	Kompresyon

2.3.9 Duyusal Analizler

Bisküvi örneklerinin duyusal analizi hedonik skala kullanılarak (1: Çok beğendim, 2: Beğendim, 3: Orta derecede beğendim, 4: Beğenmedim, 5: Hiç beğenmedim) mühendislik fakültesi öğrenci ve akademik personelinden oluşan ve duyusal analizlerde panelist olma şartlarını taşıyan otuz panelist tarafından yapılmıştır. Bisküviler “renk”, “koku”, “lezzet”, “yapısal özellik” ve “genel beğenirlik” özellikleri bakımından değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Puanlama testi ile bisküvilerin duyusal özelliklerindeki farklılıklar ve farklılıkların önem derecesinin saptanması amaçlanmıştır.

2.3.10 Su Aktivitesi Tayini

Örneklerde su aktivitesi (aw) analizleri, su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo 650, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesi öğütülen örnekler, cihazın örnek haznesine yerleştirilerek aw değerleri kaydedilmiştir. Her bir örnek için ölçümler iki defa tekrarlanmış ve ortalama değerler alınmıştır.

2.3.11 Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu

Havanda ezildikten sonra $1\pm 0,005$ g tartılıp 25 ml'lik santrifüj tüplerine alınan örneklerin üzerine 1:9 (ağırlık: hacim) oranında su: metanol (hacmen 50:50) karışımı ilave edilmiştir. Örnekler homojenizatörde (Miccra D8i ART-moderne Labortechnik, Muellheim-Huegelheim, Almanya) (26500 devir/dak) yaklaşık 1 dakika boyunca parçalanmıştır. Ultrasonik su banyosunda 10 dakika muamele edildikten sonra örnekler mekanik bir çalkalayıcıda oda sıcaklığında 15 dakika karıştırılmıştır. Soğutmalı santrifüjde (Universal 30RF, Hettich Zentrifugen, Tuttlingen, Almanya) 4°C'de 9000 devir/dak hızda 15 dakika santrifüj edildikten sonra santrifüj tüplerinin ortasından berrak kısım (süpernatant) toplanmış ve analizler öncesinde amber cam şişelerde -24°C'de muhafaza edilmiştir.

2.3.12 Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde tayininde Folin Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır. Folin Ciocalteu ajanı, hacmen 1:10 oranında distile su kullanılarak seyreltilmiştir. Sodyum karbonat çözeltisi (%7.5) hazırlamak amacıyla 75 g/L olacak şekilde sodyum karbonat tartılıp ölçü balonunda distile suyla hacim çizgisine tamamlanmıştır. Gallik asit kalibrasyon eğrisi hazırlamak için 500mg/L konsantrasyonda stok çözelti hazırlanmış ve lineer bölgede son konsantrasyon 5-100 mg/L olacak şekilde seyreltme yapılmıştır. 300 µl örnek veya standart alınıp üzerine 1500 µl seyreltilmiş FC ajanı ilave edilmiştir. Reaksiyon başladıktan 5 dakika sonra 1200 µl %7.5 sodyum karbonat ilave edilmiş ve karışım 2 saat karanlık bir ortamda bırakılmıştır. Süre sonunda absorbanslar 760 nm dalga boyunda okunmuştur.

2.3.12 Toplam Antioksidan Kapasite Analizleri

Bisküvi örneklerinin toplam antioksidan kapasite analizleri DPPH yöntemi ve ABTS kitleri (Mega Tıp, Gaziantep) kullanılarak yapılmıştır.

2.3.12.1 DPPH Analizi

Thaipong ve diğ. (2006) tarafından önerilen yöntem kısmen modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla DPPH stok çözeltisi metanol içerisinde son konsantrasyonu 24mg/100mL olacak şekilde hazırlanmış ve kullanım öncesinde -20°C'de depolanmıştır. Çalışma çözeltisi, stok çözelti seyreltilerek hazırlanmış ve bu amaçla stok çözelti metanol ile son absorbans 1.2 ± 0.02 olacak şekilde seyreltilmiştir. Trolox kalibrasyon eğrisi için spektrofotometre küvetindeki son konsantrasyon $50 \mu\text{M}$ 'dan düşük olacak şekilde Trolox çözeltisi hazırlanmıştır. Deneylede 150 μL örnek veya standart 2850 μL DPPH çalışma çözeltisi ile karıştırılarak test tüplerinde karıştırılıp reaksiyona karanlık bir ortamda 60 dakika devam edilmiştir. Bu süre sonunda örnek absorbansları 515 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur.

Kontrol örneğinde ekstrakt yerine aynı hacimde %99.5 saflıkta metanol kullanılmıştır. DPPH toplam antioksidan değer standart kurveden yararlanılarak $\mu\text{mol TE/kg}$ bisküvi KM olarak ifade edilmiştir. DPPH radikalinin inhibisyon oranı ise aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{İnhibisyon} = (\text{Abs}_{\text{kontrol}} - \text{Abs}_{\text{örnek}}) / \text{Abs}_{\text{kontrol}} \times 100$$

2.3.12.2 ABTS Kitleri ile Antioksidan Analizi

Bisküvi örneklerinin toplam antioksidan kapasiteleri ABTS kitleri (Mega Tıp, Gaziantep) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla 500 μl Reagent 1 ve 30 μl standart/su/örnek ile mikroküvetin içinde karıştırılmış. 660 nm dalga boyunda ilk okuma yapılmıştır. Her bir mikroküvetin üzerine 75 μl Reagent 2 eklenmiştir ve oda koşullarında 10 dakika beklendikten sonra 660 nm'de son okuma gerçekleştirilmiştir. Standart, su, reagent 1 ve reagent 2 spektrofotometrenin okuma yapabilmesi

amacıyla metanol:su (1:1) ile 11 kat seyreltilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki eşitliğe göre verilmiştir.

$$\text{Sonuç} = \frac{[(\Delta\text{Abs su}) - (\Delta\text{Abs örnek})]}{[(\Delta\text{Abs su}) - (\Delta\text{Abs std})]}$$

Δ Abs su = (suyun ilk absorbans değeri – suyun son absorbans değeri)

Δ Abs std = (standartın ilk absorbans değeri – standartın son absorbans değeri)

Δ Abs örnek = (örneğin ilk absorbans değeri – örneğin son absorbans değeri)

2.3.13 HMF Analizi

Hazırlanan tüm örneklerde HMF analizleri yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak Ramirez-Jimenez ve diğ., (2000) tarafından önerilen metoda göre belirlenmiştir. Bu amaçla, 0.4 ± 0.05 g havanda öğütülmüş örnek 10 ml’lik santrifüj tüpüne alınmış ve üzerine 7 ml distile su ilave edilmiştir. 1 dakika kuvvetlice çalkalandıktan sonra 5000 rpm’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Aynı işlemler 2 defa daha tekrarlanmış ve toplanan supernatantlara 0,5’er ml Carrez I ve Carrez II ilave edilip 25 ml’ye tamamlanmıştır. Berrak ekstrakt $0.45 \mu\text{m}$ ’lik naylon filtreden geçirilerek HPLC’de analiz edilmiştir.

HMF stok çözeltisi 1.0 mg/ml derişimde su içerisinde hazırlanmıştır. Çalışma standart çözeltileri, stok çözeltiden 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 ve 1.25 $\mu\text{g/ml}$ derişimlerine mobil faz ile seyreltilerek hazırlanmıştır.

Kromotografi koşulları

Kolon: C18 (250x4.6 mm, IDCat. No: 5020-01732)

Mobil faz: isokratik; su:asetonitril (95:5)

Akış hızı: 0,5 ml/dak

Detektör: 284 nm; PDA (Photo Diode Array)

Enjeksiyon Hacmi: 20 μl

2.3.14 İstatiksel Değerlendirme

Veriler SPSS paket programı (SPSS 17) kullanılarak analiz edilmiştir. Karşılaştırma için varyans analizi (Anova) kullanılmıştır. Elde edilen veriler Tukey çoklu karşılaştırma testine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlara ait standart sapma değerleri belirlenmiştir. İstatistiksel olarak örnekler arası farklılıklar $P < 0,05$ alınarak hesaplanmıştır.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1 Hammadde Özellikleri

Yapılan analizler sonucunda özel amaçlı buğday ununun %9,98 nem ile kuru maddede %13,4 protein ve %0,51 kül içerdiği belirlenmiştir.

3.2 Bisküvilerin Kimyasal Özellikleri

Bisküvilerin nem, kül, protein, yağ ve IVPD değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Nem içeriği; %50 sukroz-%50 D-psikozun kullanıldığı bisküvilerde en yüksek (%3,33), %50 sukroz-%50 ksilitol kullanılan bisküvilerde en düşük bulunmuştur (%2,38). Bhise ve Kaur, (2013) şeker alkollerinden izomaltın yüksek sıcaklıklarda sukroza göre daha stabil olması ve yapısında daha az miktarda suyu tutmasından dolayı depolanan tahıl bazlı ürünlerin tekstürünün geliştirilmesi ve raf ömrünün artırılmasında kullanılabileceğini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda bisküvi formülasyonunda poliollerin özellikle de ksilitolün kullanılması ürünün nem içeriğini azaltmıştır.

10 numaralı örneğin kül içeriği %1,32 ile en yüksek, 1 nolu örneğin kül içeriği ise %1,25 ile en düşük bulunmuştur. Örneklerin kül içeriklerinde istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir ($p<0,05$).

Bisküvilerin protein içerikleri ise 5 nolu örnekte %5,65 ile en yüksek, %50 sukroz-%50 D-psikozun kullanıldığı 2. örnekte %5,57 en düşük bulunmuştur. Farklı şeker kombinasyonlarının kullanıldığı bisküvi örneklerinin protein içeriklerinde önemli farklılık bulunmamıştır ($p<0,05$).

Örneklerin yağ içerikleri %24,70 ile %23,53 arasında değişirken IVPD değerleri %73,79 ile %70,83 arasında değişmektedir. Bisküvilerin yağ ve IVPD değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farkındalık görülmemiştir ($p<0,05$).

Tablo 3.1: Bisküvilerin nem, kül, protein, yağ ve IVPD değerleri (kuru maddede, %).

Formül kodu*	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	IVPD (%)
1	3,18 ± 0,23 ^(a)	1,25 ± 0,03 ^(a)	5,58 ± 0,16 ^(a)	23,73 ± 0,09 ^(a)	70,97 ± 0,17 ^(a)
2	3,33 ± 0,02 ^(a)	1,29 ± 0,19 ^(a)	5,57 ± 0,07 ^(a)	23,74 ± 0,02 ^(a)	72,97 ± 0,40 ^(a)
3	2,87 ± 0,43 ^(a)	1,26 ± 0,05 ^(a)	5,63 ± 0,02 ^(a)	23,53 ± 0,01 ^(a)	71,26 ± 0,75 ^(a)
4	2,38 ± 0,28 ^(b)	1,28 ± 0,02 ^(a)	5,63 ± 0,02 ^(a)	23,94 ± 0,20 ^(a)	73,68 ± 0,63 ^(a)
5	3,10 ± 0,36 ^(a)	1,30 ± 0,04 ^(a)	5,65 ± 0,03 ^(a)	23,85 ± 0,37 ^(a)	71,89 ± 1,59 ^(a)
6	2,95 ± 0,02 ^(a)	1,28 ± 0,08 ^(a)	5,64 ± 0,01 ^(a)	24,18 ± 0,65 ^(a)	72,06 ± 0,64 ^(a)
7	2,91 ± 0,04 ^(a)	1,27 ± 0,02 ^(a)	5,63 ± 0,03 ^(a)	24,70 ± 1,29 ^(a)	71,49 ± 0,52 ^(a)
8	3,28 ± 0,09 ^(a)	1,31 ± 0,01 ^(a)	5,59 ± 0,01 ^(a)	23,95 ± 0,15 ^(a)	72,51 ± 1,20 ^(a)
9	3,13 ± 0,07 ^(a)	1,29 ± 0,01 ^(a)	5,63 ± 0,02 ^(a)	23,83 ± 0,08 ^(a)	73,79 ± 0,62 ^(a)
10	2,98 ± 0,05 ^(a)	1,32 ± 0,01 ^(a)	5,62 ± 0,04 ^(a)	23,85 ± 0,19 ^(a)	70,83 ± 0,22 ^(a)

(*1: %100 sukroz; 2: %50 sukroz, %50 D-psikoz; 3: %50 sukroz, %50 sorbitol; 4: %50 sukroz, %50 ksilitol; 5: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 sorbitol; 6: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 ksilitol; 7: %50 sukroz, %25 ksilitol, %25 sorbitol; 8: %75 sukroz, %25 D-psikoz; 9: %75 sukroz, %25 sorbitol; 10: %75 sukroz, %25 ksilitol)

3.3 Bisküvilerin Fiziksel Özellikleri

Bisküvilerin çap, yükseklik, ağırlık ve yayılma faktörü değerleri Tablo 3.2’de verilmiştir. %50 sukroz-%50 D-psikozlu bisküvilerin çap değeri (37,85 mm) diğer bisküvilerin çap değerlerinden önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Sukrozun şeker alkolleriyile kombinasyonları sonucu üretilen bisküvilerin çap değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p<0,05$).

%50 sukroz-%50 D-psikoz kullanılarak üretilen bisküvilerin yükseklik değeri (8,97mm) %50 sukroz-%50 sorbitollü örneklerin kalınlık değerinden (8,42 mm) yüksek bulunmuştur. Diğer örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p<0,05$). Formülasyonda D-psikozun kullanılması bisküvi kalınlığını anlamlı şekilde artırmaktadır.

Savitha ve diğ., (2008) yaptıkları çalışmada maltodestrinin (MD) bisküvinin fiziksel özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Sukroz kullanılarak üretilen bisküvilerin çap değerini 52,4 mm, %10 MD ilaveli bisküvilerin çap değerini 47,6 mm bulmuşlardır. %40 MD ilaveli bisküvilerin çap değerlerinde belirgin artma olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca %30 MD ilaveli bisküvilerin kalınlık (yükseklik) değerinin (5.5 mm) kontrol bisküvilerine (5.3 mm) yakın olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda Savitha ve diğ., (2008)'nin verilerine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Şeker alkollerini ve sukrozun kullanıldığı örneklerin çap ve yükseklik değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p < 0,05$).

Bisküvilerin ağırlıkları 6,04g (7 nolu örnek) ile 6,49g (2 nolu örnek) arasında değişmektedir. Örneklerin ağırlık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir ($p < 0,05$).

%50 sukroz-%50 sorbitol ile üretilen bisküvilerin yayılma faktörü değeri (4,95) en yüksek, %50 sukroz-%50 D-psikoz ile üretilen bisküvilerin yayılma faktörü değeri (4,22) en düşük bulunmuştur. Yayılma faktörü değeri bisküvi çapının yüksekliğine bölünmesiyle elde edilmiştir. D-psikoz kullanımı bisküvilerin yüksekliğini diğer şekerlere göre daha fazla artırmasına rağmen aynı etkiyi bisküvinin yayılmasında göstermemiştir. Şeker alkollerini ise sukroza benzer şekilde bisküvi çapının artmasını sağlarken aynı zamanda kalınlığın artmasına da katkı sağlamışlardır.

Farklı sıcaklık-süre kombinasyonlarında üretilen bisküvilerin hacim değerleri Tablo 3.3'de verilmiştir. Bisküvilerin hacim değerleri 10,38 cm³ ile 12,88 cm³ arasında değişkenlik göstermektedir. Uygulanan sıcaklık derecesi ve süresine bağlı olarak örneklerin hacim değerleri değişkenlik göstermiştir. Genel olarak sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı olarak hacim değerleri artış göstermiştir.

Baeva ve diğ., (2000) keklerde sukroz oranının düşürülmesi sonucunda hacim değerinin arttığını gözlemlemişlerdir. Bunun nedeni olarak da nişasta jelatinizasyonunun ürünün hacminin artmasında önemli bir role sahip olduğunu sukrozun ise bu etkiyi önleyici yönde etki ettiğini belirtmişlerdir.

Tablo 3.2: 180 °C’de pişirilen bisküvilerin çap, yükseklik, ağırlık ve yayılma faktörü değerleri.

Formül kodu *	Çap (mm)	Yükseklik (mm)	Ağırlık (g)	Yayılma faktörü
1	41,52 ± 0,17 ^(a)	8,57 ± 0,25 ^(ab)	6,48 ± 0,01 ^(a)	4,84 ± 0,15 ^(b)
2	37,85 ± 0,29 ^(b)	8,97 ± 0,17 ^(a)	6,49 ± 0,19 ^(a)	4,22 ± 0,20 ^(d)
3	41,72 ± 0,03 ^(a)	8,42 ± 0,07 ^(b)	6,35 ± 0,23 ^(a)	4,95 ± 0,04 ^(a)
4	41,27 ± 0,29 ^(a)	8,63 ± 0,16 ^(ab)	6,44 ± 0,20 ^(a)	4,78 ± 0,17 ^(bc)
5	41,32 ± 0,30 ^(a)	8,56 ± 0,05 ^(ab)	6,42 ± 0,18 ^(a)	4,83 ± 0,23 ^(b)
6	40,77 ± 0,88 ^(a)	8,75 ± 0,04 ^(ab)	6,11 ± 0,43 ^(a)	4,66 ± 0,53 ^(c)
7	41,92 ± 0,22 ^(a)	8,51 ± 0,09 ^(ab)	6,04 ± 0,30 ^(a)	4,93 ± 0,15 ^(a)
8	40,67 ± 0,32 ^(a)	8,80 ± 0,08 ^(ab)	6,32 ± 0,43 ^(a)	4,62 ± 0,21 ^(c)
9	40,79 ± 0,05 ^(a)	8,55 ± 0,06 ^(ab)	6,25 ± 0,21 ^(a)	4,77 ± 0,02 ^(bc)
10	40,83 ± 0,05 ^(a)	8,59 ± 0,03 ^(ab)	6,15 ± 0,49 ^(a)	4,75 ± 0,03 ^(bc)

(*1: %100 sukroz; 2: %50 sukroz, %50 D-psikoz; 3: %50 sukroz, %50 sorbitol; 4: %50 sukroz, %50 ksilitol; 5: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 sorbitol; 6: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 ksilitol; 7: %50 sukroz, %25 ksilitol, %25 sorbitol; 8: %75 sukroz, %25 D-psikoz; 9: %75 sukroz, %25 sorbitol; 10: %75 sukroz, %25 ksilitol)

Tablo 3.3: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin hacim değerleri.

Formül kodu *	Pişme süresi (dak)	170 °C (cm ³)	200 °C (cm ³)	230 °C (cm ³)
1		11,25 ± 0,35 ^(cd, A)	12,00 ± 0,00 ^(b, A)	12,25 ± 0,35 ^(ab, A)
2	9	11,50 ± 0,00 ^(bc, B)	12,13 ± 0,18 ^(ab, A)	12,38 ± 0,18 ^(ab, A)
3		10,38 ± 0,18 ^(e, B)	11,88 ± 0,18 ^(b, A)	12,38 ± 0,00 ^(ab, A)
4		10,63 ± 0,18 ^(de, B)	12,00 ± 0,00 ^(b, A)	12,25 ± 0,35 ^(ab, A)
1		11,88 ± 0,18 ^(bc, B)	12,13 ± 0,18 ^(ab, AB)	12,50 ± 0,00 ^(ab, A)
2	12	12,00 ± 0,00 ^(ab, B)	12,38 ± 0,18 ^(ab, AB)	12,88 ± 0,18 ^(a, A)
3		11,63 ± 0,18 ^(bc, B)	11,88 ± 0,18 ^(b, AB)	12,38 ± 0,18 ^(ab, A)
4		11,88 ± 0,18 ^(bc, B)	12,13 ± 0,18 ^(ab, AB)	12,50 ± 0,00 ^(ab, A)
1		12,00 ± 0,00 ^(ab, A)	12,50 ± 0,00 ^(ab, A)	11,75 ± 0,35 ^(b, A)
2		12,25 ± 0,35 ^(a, A)	12,75 ± 0,35 ^(a, A)	12,75 ± 0,00 ^(a, A)
3	15	11,75 ± 0,00 ^(bc, A)	12,13 ± 0,18 ^(ab, A)	12,13 ± 0,18 ^(ab, A)
4		12,00 ± 0,00 ^(ab, A)	12,38 ± 0,18 ^(ab, A)	12,25 ± 0,00 ^(ab, A)

(*1: %100 sukroz; 2: %100 D-psikoz; 3: %100 sorbitol; 4: %100 ksilitol)

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

Kalınlıkları 6,46 mm ile 11,03 mm arasında değişen bisküvilerin yükseklik değerleri Tablo 3.4'de verilmiştir. Bisküvi formülasyonundaki şekerlerin bisküvi yüksekliğine katkıları değişik şekilde olmaktadır. Genel olarak sıcaklık-süre değerlerinin artmasıyla doğru orantılı olarak yükseklik değerlerinde artış görülmüştür. Bununla birlikte 200 ve 230 °C'de 15 dakika pişirilen sukroz, sorbitol ve ksilitollü bisküvilerin yükseklik değerleri aynı sıcaklıklarda 12 dakika pişirilen örneklere göre azalma göstermiştir. D-psikozlu bisküvilerin kalınlık değerinde benzer azalma görülmemiştir. Bisküvilerde gluten gelişimi pişirilen ürünün yüksekliğinin artmasına katkı sağlamaktadır. Ancak şeker, gluten proteinlerinin üzerindeki suyu çekme eğiliminde olduğundan yükseklik değerinde büyük bir artış olmamaktadır. Bundan dolayı formülasyondaki şeker miktarı ve tipi bisküvi yüksekliğini etkileyebilmektedir (Taylor ve diğ., 2008). Sukrozun tamamı pişirme öncesinde çözünmediği için pişirme aşamasında çözünmekte ve bisküvi çapında artışa neden olmaktadır. Bununla birlikte formülasyona eklenen şeker varlığında gluten inhibisyonuna bağlı olarak yükseklikte bir azalış söz konusu olmaktadır (Kulp ve diğ., 1991).

Farklı sıcaklık-süre kombinasyonlarında üretilen bisküvilerin çap değerleri Tablo 3.5'de verilmiştir. Örneklerin çap değerleri 39,02 mm ile 43,06 mm arasında değişmektedir. %100 D-psikoz kullanılarak üretilen bisküvilerin çap değerleri aynı koşullarda sukroz ve şeker alkolleriyle üretilenlere göre istatistiksel olarak düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Pişirme işlemi süresince şekerin kademeli olarak çözünmesi bisküvilerin yayılmasına katkı sağlamaktadır (Pareyt ve Delcour, 2008). D-psikoz büyük oranda pişirme öncesinde çözüldüğünden pişirme esnasında yayılmaya katkısı daha az olmuştur.

Sukroz pişirme öncesinde tamamen çözünmemektedir. Pişim öncesinde az çözünen şekerler pişirme esnasında çözünerek yayılmanın daha fazla olmasını sağlamaktadırlar (Taylor ve diğ., 2008). Zoulias ve diğ., (2000) sorbitol ve ksilitol kullanılarak üretilen yağ içeriği %35 azaltılmış bisküvilerin çap değerlerini sukrozlu olanlara göre düşük bulmuşlardır. Ayrıca ksilitol ve sukrozlu bisküvilerin çap değerlerini yakın bulurken sorbitol kullanılan örneklerde çap değerlerini düşük bulmuşlardır ($p<0,05$). Bizim çalışmamızda Zoulias ve diğ., (2000)'den farklı olarak sukroz, sorbitol ve ksilitol kullanılarak üretilen bisküvilerin çap ve yükseklik değerlerinde istatistiksel olarak belirgin farklılık bulunmamıştır.

230°C’de 15 dakika pişirilen tüm bisküviler hariç tutulursa sukroz, sorbitol ve ksilitol kullanılarak üretilen bisküviler sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı olarak yayılmaya katkı sağlamışlardır. Uzun süreli yüksek sıcaklık uygulaması (230 °C’de 15 dakika) ise bisküvi çaplarında azalma ile sonuçlanmıştır.

Tablo 3.4: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin yükseklik değerleri.

Formül kodu *	Pişme süresi (dak)	170 °C (mm)	200 °C (mm)	230 °C (mm)
1		6,97±0,20 ^(e, C)	8,70±0,11 ^(cd, B)	9,33±0,04 ^(d, A)
2	9	8,25±0,13 ^(cd, C)	9,61±0,08 ^(b, B)	10,13±0,25 ^(b, A)
3		6,46±0,15 ^(f, C)	8,03±0,17 ^(e, B)	8,84±0,01 ^(g, A)
4		6,52±0,06 ^(ef, C)	8,50±0,04 ^(de, B)	9,55±0,02 ^(c, A)
1		8,92±0,17 ^(b, A)	8,43±0,24 ^(de, B)	9,27±0,09 ^(de, A)
2	12	9,43±0,05 ^(a, C)	9,99±0,11 ^(b, B)	10,96±0,04 ^(a, A)
3		7,97±0,15 ^(d, C)	8,50±0,12 ^(de, B)	9,15±0,11 ^(ef, A)
4		7,91±0,07 ^(d, C)	9,01±0,15 ^(c, B)	9,48±0,09 ^(c, A)
1		8,77±0,03 ^(b, AB)	8,38±0,07 ^(de, B)	9,09±0,07 ^(f, A)
2	15	9,75±0,04 ^(a, B)	10,50± 0,04 ^(a, A)	11,03±0,02 ^(a, A)
3		8,48±0,14 ^(bc, B)	8,08±0,01 ^(e, B)	8,73±0,03 ^(g, A)
4		8,03±0,09 ^(cd, B)	8,72±0,04 ^(cd, A)	9,13±0,02 ^(f, A)

*1: %100 sukroz; 2: %100 D-psikoz; 3: %100 sorbitol; 4: %100 ksilitol

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

Yayılma faktörü çapın yüksekliğe oranını temsil etmektedir. Böylelikle şekerin bisküvi çap (şeker çözünmesi) ve yüksekliğine (gluten gelişiminin engellenmesi) etkileri tek bir parametrede birleştirilmiştir (Taylor ve diğ., 2008). Bisküvi örneklerine ait yayılma faktörü değerleri Tablo 3.6’da, ağırlık kaybı değerleri ise Tablo 3.7’de verilmiştir. Örneklerin yayılma faktörü değerleri 3,52 ile 6,59 arasında, ağırlık kaybı değerleri %0,82 ile %3,52 arasında değişkenlik göstermektedir.

Tablo 3.5: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin çap değerleri.

Formül kodu *	Pişme süresi (dak)	170 °C (mm)	200 °C (mm)	230 °C (mm)
1	9	41,68 ± 0,20 ^(a, A)	41,87 ± 0,11 ^(bc, A)	42,01 ± 0,93 ^(a, A)
2		39,78 ± 0,37 ^(b, A)	39,69 ± 0,43 ^(d, A)	39,44 ± 0,70 ^(b, A)
3		41,86 ± 0,14 ^(a, A)	42,14 ± 0,48 ^(ab, A)	42,44 ± 0,29 ^(a, A)
4		42,24 ± 0,26 ^(a, B)	42,47 ± 0,57 ^(ab, AB)	42,51 ± 0,11 ^(a, A)
1	12	42,29 ± 0,62 ^(a, A)	42,53 ± 0,17 ^(ab, A)	42,70 ± 0,15 ^(a, A)
2		39,70 ± 0,55 ^(b, C)	39,48 ± 0,13 ^(d, B)	39,25 ± 0,33 ^(b, A)
3		42,25 ± 0,49 ^(a, A)	42,56 ± 0,15 ^(ab, A)	42,59 ± 0,06 ^(a, A)
4		42,54 ± 0,06 ^(a, A)	42,58 ± 0,21 ^(ab, A)	42,65 ± 0,11 ^(a, A)
1	15	42,67 ± 0,19 ^(a, A)	43,03 ± 0,12 ^(a, B)	42,14 ± 0,41 ^(a, AB)
2		40,43 ± 0,37 ^(b, A)	40,77 ± 0,67 ^(c, A)	39,02 ± 0,31 ^(b, A)
3		42,49 ± 0,22 ^(a, A)	43,02 ± 0,13 ^(a, A)	42,36 ± 0,53 ^(a, A)
4		42,67 ± 0,19 ^(a, A)	43,06 ± 0,05 ^(a, A)	42,41 ± 0,16 ^(a, A)

Tablo 3.6: 170, 200 ve 230 °C’de pişirilen bisküvilerin yayılma faktörü değerleri.

Formül kodu *	Pişme süresi (dak)	170 °C	200 °C	230 °C
1	9	5,99 ± 0,14 ^(b, A)	4,81 ± 0,04 ^(c, B)	4,52 ± 0,15 ^(c, C)
2		4,84 ± 0,13 ^(d, A)	4,13 ± 0,03 ^(d, B)	3,85 ± 0,03 ^(d, C)
3		6,59 ± 0,14 ^(a, A)	5,37 ± 0,01 ^(a, B)	4,82 ± 0,01 ^(ab, C)
4		6,48 ± 0,01 ^(a, A)	4,99 ± 0,12 ^(b, B)	4,49 ± 0,02 ^(c, C)
1	12	4,73 ± 0,10 ^(d, A)	4,76 ± 0,02 ^(c, A)	4,62 ± 0,04 ^(bc, B)
2		4,23 ± 0,05 ^(c, A)	3,95 ± 0,03 ^(e, B)	3,59 ± 0,01 ^(e, C)
3		5,33 ± 0,13 ^(c, A)	5,05 ± 0,04 ^(b, B)	4,68 ± 0,02 ^(abc, C)
4		5,26 ± 0,01 ^(c, A)	4,78 ± 0,01 ^(c, B)	4,50 ± 0,02 ^(c, C)
1	15	4,85 ± 0,01 ^(d, A)	4,79 ± 0,05 ^(c, A)	4,62 ± 0,01 ^(bc, B)
2		4,13 ± 0,03 ^(c, A)	3,85 ± 0,03 ^(e, AB)	3,52 ± 0,02 ^(e, C)
3		5,33 ± 0,01 ^(c, A)	5,01 ± 0,01 ^(b, AB)	4,88 ± 0,07 ^(a, B)
4		4,97 ± 0,02 ^(d, A)	4,76 ± 0,02 ^(c, A)	4,64 ± 0,03 ^(bc, B)

*1: % 100 sukroz; 2: % 100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

** (Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.) (*, ** Tablo 3.5 ve Tablo 3. 6 için)

Piştirme işlemi süresince nem kaybına bağlı olarak aroma, yumuşaklık ve tekstür gibi bisküvi kalite indeksleri olumsuz etkilenmektedir. Piştirme sıcaklık ve süresinin artmasına bağlı olarak bisküvilerin ağırlık kaybında artış görülmektedir (Sun ve diğ., 2008).

Tablo 3.7: 170, 200 ve 230 °C’de piştirilen bisküvilerin ağırlık kaybı değerleri.

Formül kodu *	Piştirme süresi (dak)	170 °C (%)	200 °C (%)	230 °C (%)
1	9	1,11 ± 0,14 ^(g, C)	2,01 ± 0,04 ^(i, B)	2,38 ± 0,07 ^(c, A)
2		0,82 ± 0,13 ^(h, C)	1,98 ± 0,07 ^(j, B)	2,48 ± 0,03 ^(c, A)
3		1,09 ± 0,04 ^(g, C)	2,15 ± 0,02 ^(h, B)	2,46 ± 0,08 ^(c, A)
4		0,95 ± 0,10 ^(h, C)	2,16 ± 0,03 ^(h, B)	2,45 ± 0,07 ^(c, A)
1	12	1,75 ± 0,05 ^(ef, B)	2,93 ± 0,02 ^(f, A)	2,94 ± 0,01 ^(b, A)
2		1,73 ± 0,04 ^(f, B)	2,89 ± 0,03 ^(g, A)	2,98 ± 0,01 ^(b, A)
3		1,78 ± 0,03 ^(e, C)	2,97 ± 0,04 ^(e, B)	3,42 ± 0,02 ^(a, A)
4		1,91 ± 0,03 ^(d, C)	3,13 ± 0,01 ^(c, B)	3,35 ± 0,02 ^(a, A)
1	15	2,17 ± 0,08 ^(a, B)	3,05 ± 0,07 ^(d, A)	3,37 ± 0,07 ^(a, A)
2		2,01 ± 0,03 ^(c, C)	2,97 ± 0,04 ^(e, B)	3,45 ± 0,05 ^(a, A)
3		2,05 ± 0,05 ^(b, C)	3,18 ± 0,07 ^(b, B)	3,40 ± 0,04 ^(a, A)
4		1,93 ± 0,07 ^(d, B)	3,27 ± 0,03 ^(a, A)	3,52 ± 0,24 ^(a, A)

*1: % 100 sukroz; 2: % 100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde piştirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda piştirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

3.4 Bisküvilerin Renk Özellikleri

Renk, tüketici tarafından direkt olarak algılanabildiğinden dolayı gıda ürünlerinde önemli bir özelliktir. Ayrıca spesifik renk oluşumuna katkı sağlayabilen oluşmuş ve/veya yıkıma uğramış bileşenlerden dolayı gıda ürünlerinde reaksiyon süresinin bir ölçütü de olabilmektedir (Francis, 1995).

Bisküvilerin L, a, b renk değerleri Tablo 3.8, 3.9, 3.10 ve 3.11’de verilmiştir. Düşük L* değeri daha koyu bir yüzeyin göstergesidir. Yüksek a* değerleri

kırmızılığın, düşük a* değerleri yeşilliğin göstergesidir. Yüksek b* değerleri sarılığı, düşük b* değerleri ise maviliği göstermektedir.

Tablo 3.8'deki veriler incelendiğinde, L* değeri en düşük 2 no'lu örnekte (50,67), en yüksek ise 4 no'lu örnekte (72,79) bulunmuştur. a* değeri en düşük 10 no'lu örnekte (7,67), en yüksek 2 no'lu örnekte (13,52) belirlenmiştir. b* değerlerinde en düşük değer 8 no'lu örnekte (20,83) en yüksek değerse 7 no'lu örnekte (24,97) bulunmuştur. Lin ve diğ., (2010) Danimarka bisküvilerinin hazırlanmasında sukrozun yerine %25, %50, %75 ve %100 eritritol ilave etmişler ve ikame oranı arttıkça bisküvilerin daha açık renkte olduğunu belirtmişlerdir. Bunun sebebini ise eritritolün indirgen gruba sahip olmamasından dolayı Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarına dahil olmamasına bağlamışlardır. Bizim çalışmamızda da sorbitol ve/veya ksilitol ikame oranı arttığında veya %100 oranında ikame edildiklerinde, bisküvilerin sukroz ve d-psikozlu bisküvilere oranla daha açık renge sahip oldukları görülmektedir. Bunun sebebi poliollerin indirgen gruplarının olmamasına bağlı olarak Maillard reaksiyonlarında aktif rol almamalarına bağlanabilir.

Tablo 3.9, 3.10 ve 3.11 incelendiğinde ısıtma işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça L* değerinde azalma, a* parametresinde ise artış görülmektedir. Isıtma işlem ilerledikçe esmerleşmenin başlamasıyla parlaklık azalmakta, diğer yandan üründe kırmızılık parametresi artış göstermektedir.

%100 D-psikoz kullanılan bisküvilerin ortalama L* değerleri tüm kademelerde %100 sukroz, %100 sorbitol ve %100 ksilitol kullanılarak üretilen bisküvilerin değerlerinden anlamlı derecede düşük bulunmuştur (p<0,05). Örneğin; 200°C'de 12 dakika pişirilen bisküvilerden %100 D-psikoz ikameli olan örneklerin ortalama L* değeri 61,62 iken sukroz, sorbitol ve ksilitollü örneklerin ortalama L* değerleri sırasıyla 65,49, 67,45, 67,81 olarak bulunmuştur (Tablo 3.10). D-psikoz ve sukrozun (inversiye olmuş) Maillard esmerleşme reaksiyonlarına dahil olması sonucunda daha koyu renkte oldukları gözlenmiştir. D-psikozun ikame edildiği bisküvilerde şeker alkollerinin ilave edildiği bisküvilere oranla daha koyu yüzey rengi sağlanmıştır (Tablo 3.8). Şekerlerin bisküvi koyuluğuna katkıları D-psikoz > sukroz > sorbitol > ksilitol şeklinde ifade edilebilmektedir.

%100 D-psikoz ile üretilen bisküvilerin a* değerleri tüm sıcaklık-süre kombinasyonlarında %100 sukroz ve poliollerin kullanıldığı bisküvi örneklerinden istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Örnek olarak, 230°C'de 9 dakika pişirilen bisküvilerden %100 D-psikozlu örneklerin ortalama a* değerleri 5,28 iken %100 sukroz, %100 sorbitol ve %100 ksilitol kullanılarak üretilen bisküvilerin ortalama a* değerleri sırasıyla 2,41, 1,53, 1,68 bulunmuştur (Tablo 3.11). D-psikozun sukrozla değişik oranlarda ikame edilmesi sonucunda elde edilen kırmızılık değeri kontrol örneğinden yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 3.8).

%100 D-psikozla üretilen bisküvilerin b* değerleri genel olarak diğer şekerlerle üretilenlere kıyasla düşük bulunmuştur. Sun ve diğ., (2008) bisküvilerin yüksek sıcaklıklarda uzun süre ısıtılmasına tabi tutulması b* değerindeki azalma ile sonuçlandığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da 200 ve 230°C'de 15 dakika ısıtılmasına maruz kalan bisküvilerin b* değerlerinde esmerleşmeye bağlı olarak azalma gözlemlenmiştir.

Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde formülasyona katılan şeker tipine bağlı olarak örneklerin renk değerlerinde belirgin farklılıklar belirlenmiştir. Özellikle D-psikozun kullanıldığı örneklerde koyuluk ve sarılık değeri diğer örneklerle göre istatistiksel olarak düşük bulunurken ($p<0,05$), kırmızılık değeri önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Bisküvilerde renk birkaç nedene bağlı olarak değişmektedir. Maillard reaksiyonunda indirgen şekerler ile proteinlerin etkileşimi sonucu kırmızımsı kahverengi pigmentlerin üretildiği enzimatik olmayan esmerleşme meydana gelmektedir. Ayrıca renk gelişimi şekerlerin karamelizasyonu ve nişastanın dekstrinizasyonu ile de ilişkilendirilebilmektedir. Bisküvilerde yüzeye nem migrasyonu yavaş olduğu için yüzey sıcaklığında lokal bir artışa bağlı olarak renk gelişimi kolayca sağlanabilmektedir (Chevallier ve diğ., 2000b). Sukroz (inversiye olmuş) ve D-psikoz indirgen gruba sahip olduklarından Maillard ve karamelizasyon reaksiyonuna girmektedirler ve ürünü esmerleştirme durumları reaksiyona girme hızlarına göre değişmektedir.

Sun ve diğ., (2008) bisküvi formülasyonuna %20 oranında ikame edilen fruktoz ve D-psikozun 130 ve 150°C'de değişik sürelerde pişirilen bisküvilerin L* ve b* değerindeki azalışın %100 sukrozlu olanlara göre belirgin şekilde fazla olduğunu ve bu azalışın sıcaklık değeri ve süresi arttığında daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Tablo 3.8: 180°C’de pişirilen bisküvilerin renk değerleri (L, a, b).

Formül kodu*	L*	a*	b*
1	62,85 ± 0,83 ^(d)	10,98 ± 0,31 ^(bcd)	23,23 ± 0,01 ^(b)
2	50,67 ± 1,27 ^(g)	13,52 ± 0,91 ^(a)	21,67 ± 1,26 ^(cd)
3	71,84 ± 2,04 ^(ab)	9,98 ± 0,52 ^(cd)	24,78 ± 0,17 ^(a)
4	72,79 ± 1,48 ^(a)	10,68 ± 1,02 ^(bcd)	24,87 ± 0,27 ^(a)
5	59,29 ± 0,38 ^(e)	12,71 ± 0,79 ^(ab)	22,02 ± 0,86 ^(c)
6	58,44 ± 1,28 ^(ef)	12,08 ± 1,52 ^(ab)	22,26 ± 0,82 ^(bc)
7	69,67 ± 2,15 ^(bc)	9,65 ± 1,12 ^(de)	24,97 ± 0,52 ^(a)
8	55,87 ± 2,53 ^(f)	11,84 ± 1,40 ^(abc)	20,83 ± 0,45 ^(d)
9	68,85 ± 0,97 ^(c)	7,85 ± 1,68 ^(ef)	24,66 ± 0,19 ^(a)
10	67,25 ± 2,00 ^(c)	7,67 ± 0,81 ^(f)	24,68 ± 0,20 ^(a)

*1: %100 sukroz; 2: %50 sukroz, %50 D-psikoz; 3: %50 sukroz, %50 sorbitol; 4: %50 sukroz, %50 ksilitol; 5: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 sorbitol; 6: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 ksilitol; 7: %50 sukroz, %25 ksilitol, %25 sorbitol; 8: %75 sukroz, %25 D-psikoz; 9: %75 sukroz, %25 sorbitol; 10: %75 sukroz, %25 ksilitol

Ait Ameer ve diğ., (2007)’nin bildirdiğine göre esmerleşme olayı, pişirme süresince şeker yıkımının sonucudur. Şekerler öncelikle hamurun yapısındaki su miktarına bağlı olarak çözünmekte, sonrasında ise amorf camı durumuna geçerek kristalize olmaktadır. Isıl işlem süresince sukroz ve nişasta sırasıyla glukoz ve fruktoz ile maltodekstrin, maltoz ve glukoz hidrolize olmaktadır. Oluşan maltoz ve monosakkaritler indirgen şekerlerdir ve aminoasitlerin varlığında Maillard karamelizasyon reaksiyonuna girebilmektedirler. Sorbitol ve ksilitolün Maillard ve karamelizasyon reaksiyonuna girmemelerine rağmen renk değerlerinde kısmi farklılık bulunmasının muhtemel nedeni nişasta hidrolizini geciktirmede farklı tutumları ile termal iletim farklılıkları ve farklı higroskopik özellikleri nedeniyle yapıdaki suyu tutarak yüzeye nem migrasyonunu engellemeleri olarak düşünülmektedir.

Manzocco ve diğ., (2001)’e göre gıdaların renk değişimi ve antioksidan içerikli bileşiklerin oluşumu genel olarak Maillard reaksiyonuyla ilişkilendirilmektedir. Sun ve diğ., (2008) bisküvilerdeki renk değişiminin bisküvilerdeki antioksidan içeriğine güçlü bir etkisi olduğunu belirtmiştir. Ait Ameer ve diğ., (2006), benzer şekilde, model bisküvilerdeki HMF içeriğini esmerleşme reaksiyonuyla ilişkilendirmişlerdir.

Tablo 3.9: 170°C’de pişirilen bisküvilerin renk değerleri (L, a, b).

Formül kodu *	Pişme süresi (dak)	L*	a*	b*
1		73,31 ± 0,57 ^(b, B)	-1,75 ± 0,09 ^(g, B)	16,18 ± 0,22 ^(d, A)
2	9	70,24 ± 0,27 ^(d, C)	0,44 ± 0,09 ^(d, A)	14,82 ± 0,16 ^(f, B)
3		74,75 ± 0,38 ^(a, A)	-1,86 ± 0,15 ^(g, B)	16,51 ± 0,14 ^(c, A)
4		75,24 ± 0,54 ^(a, A)	-1,85 ± 0,04 ^(g, B)	16,72 ± 0,28 ^(c, A)
1		70,32 ± 0,30 ^(d, A)	0,19 ± 0,02 ^(e, B)	17,09 ± 0,04 ^(b, A)
2	12	66,70 ± 0,69 ^(g, C)	1,58 ± 0,23 ^(b, A)	15,46 ± 0,25 ^(e, B)
3		71,87 ± 0,20 ^(c, A)	-0,16 ± 0,02 ^(f, C)	17,27 ± 0,14 ^(b, A)
4		72,21 ± 0,31 ^(c, A)	-0,13 ± 0,03 ^(f, C)	17,27 ± 0,16 ^(b, A)
1		67,74 ± 0,11 ^(f, D)	1,33 ± 0,02 ^(c, B)	18,54 ± 0,06 ^(a, A)
2	15	64,49 ± 0,30 ^(h, C)	2,46 ± 0,10 ^(a, A)	16,43 ± 0,21 ^(cd, B)
3		68,89 ± 0,02 ^(e, B)	1,24 ± 0,01 ^(c, B)	18,73 ± 0,08 ^(a, A)
4		69,33 ± 0,18 ^(e, A)	1,17 ± 0,24 ^(c, B)	18,81 ± 0,11 ^(a, A)

Tablo 3.10: 200°C’de pişirilen bisküvilerin renk değerleri (L, a, b).

Formül kodu *	Pişme süresi (dak)	L*	a*	b*
1		71,05 ± 0,81 ^(b, A)	-0,03 ± 0,08 ^(h, B)	16,71 ± 0,51 ^(e, B)
2	9	69,58 ± 0,11 ^(c, B)	1,53 ± 0,06 ^(g, A)	16,59 ± 0,05 ^(e, B)
3		71,37 ± 0,12 ^(ab, A)	-0,14 ± 0,02 ^(h, B)	17,40 ± 0,20 ^(d, A)
4		71,79 ± 0,21 ^(a, A)	-0,09 ± 0,03 ^(h, B)	17,31 ± 0,05 ^(d, A)
1		65,49 ± 0,30 ^(f, C)	2,47 ± 0,04 ^(e, B)	19,69 ± 0,11 ^(b, B)
2	12	61,62 ± 0,63 ^(h, B)	4,97 ± 0,14 ^(b, A)	20,24 ± 0,04 ^(a, A)
3		67,45 ± 0,05 ^(de, A)	1,79 ± 0,09 ^(f, C)	20,41 ± 0,22 ^(a, A)
4		67,81 ± 0,42 ^(d, A)	1,90 ± 0,04 ^(f, C)	20,29 ± 0,27 ^(a, A)
1		62,64 ± 0,41 ^(g, C)	4,14 ± 0,11 ^(c, B)	19,36 ± 0,07 ^(b, B)
2	15	59,90 ± 0,13 ^(i, B)	6,09 ± 0,30 ^(a, A)	19,00 ± 0,08 ^(c, C)
3		66,90 ± 0,04 ^(e, A)	3,06 ± 0,03 ^(d, C)	20,29 ± 0,11 ^(a, A)
4		67,23 ± 0,63 ^(de, A)	3,28 ± 0,24 ^(d, C)	20,19 ± 0,20 ^(a, A)

*1: % 100 sukroz; 2: %100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

** (Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir) (*, ** Tablo 3.9 ve Tablo 3.10 için)

Tablo 3.11: 230 °C’de pişirilen bisküvilerin renk değerleri (L, a, b).

Formül kodu *	Pişme süresi (dak)	L*	a*	b*
1		65,38 ± 0,47 ^(c, B)	2,41 ± 0,17 ^(e, B)	18,63 ± 0,18 ^(d, A)
2	9	60,46 ± 0,59 ^(e, C)	5,28 ± 0,33 ^(d, A)	19,92 ± 0,10 ^(c, B)
3		67,08 ± 0,52 ^(b, A)	1,53 ± 0,09 ^(f, C)	20,06 ± 0,25 ^(c, A)
4		68,12 ± 0,54 ^(a, A)	1,68 ± 0,07 ^(f, C)	20,02 ± 0,07 ^(c, A)
1		59,52 ± 0,47 ^(f, B)	5,67 ± 0,27 ^(d, B)	20,72 ± 0,09 ^(b, B)
2	12	52,80 ± 0,63 ^(h, C)	8,51 ± 0,67 ^(c, A)	19,89 ± 0,29 ^(c, C)
3		61,76 ± 0,16 ^(d, A)	5,31 ± 0,03 ^(d, B)	21,47 ± 0,27 ^(a, A)
4		62,29 ± 0,04 ^(d, A)	5,52 ± 0,41 ^(d, B)	21,44 ± 0,04 ^(a, A)
1		51,11 ± 0,94 ^(i, B)	9,14 ± 0,11 ^(b, B)	20,53 ± 0,05 ^(b, A)
2	15	41,81 ± 0,45 ^(j, C)	10,91 ± 0,21 ^(a, A)	17,05 ± 0,23 ^(e, B)
3		54,15 ± 0,21 ^(g, A)	8,59 ± 0,48 ^(bc, B)	20,62 ± 0,14 ^(b, A)
4		54,92 ± 0,23 ^(g, A)	8,77 ± 0,14 ^(bc, B)	20,47 ± 0,30 ^(b, A)

*1: % 100 sukroz; 2: % 100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

3.5 Bisküvilerin Duyusal Özellikleri

Üretilen örneklerin duyusal analiz sonuçlarına ilişkin veriler Tablo 3.12’de verilmiştir. Panelistler tarafından değerlendirilen bisküvilerden renk açısından en kabul gören örnekler %50 sukroz-%50 D-psikozun kullanıldığı 2 nolu örnek ile %50 sukroz-%25 D-psikoz-%25 sorbitolün kullanıldığı 5 nolu örnek olmuştur. Bu iki örneğin kabul değeri diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). D-psikozun ürüne kazandırmış olduğu renk panelistler tarafından beğenilmiştir.

Örneklerin lezzet ve koku değerleri arasında istatistiksel olarak fark belirlenmemiştir ($p < 0,05$). Önceki bir çalışmada, şeker alkollerinden biri olan eritritol kullanıldığında yüksek ısıya maruz kalmasına rağmen tatlılığının değişmediği, bu durumun bisküvilerin tatlılığında önemli bir role sahip olduğu bildirilmiştir (Lin ve diğ., 2010). Bizim çalışmamızda sorbitol ve ksilitolün

kullanıldığı bisküvilerin lezzetleri sukroz ve D-psikozlulara göre daha iyimser not almıştır. Panelistler tarafından lezzet ve koku değerleri “orta derece beğendim” olarak kabul görmüştür.

5 ve 8 nolu örneğin tekstür değerleri 1 ve 2 nolu örneğe göre istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). 5 ve 8 nolu örneklerin tekstür değerleri panelistler tarafından “beğendim” olarak ifade edilirken 1 ve 2 nolu örnekler “orta derecede beğendim” olarak belirtilmiştir. Genel beğenirlik açısından %75 sukroz-%25 D-psikozun kullanıldığı 8 nolu bisküvi örneği “beğendim” olarak oylanarak diğer örneklerden istatistiksel olarak daha fazla kabul görmüştür. Genel olarak %75 sukroz-%25 D-psikozun kullanıldığı 8 numaralı örnek daha çok beğenilmiştir. Sonuçlar bütün halde değerlendirildiğinde panelist oylarını en çok etkileyen parametre bisküvinin lezzeti olmuştur ($r^2 =0,79$). Bu sonuç, panelistlerin lezzet algısının bisküvilerin genel beğenirliğinin değerlendirilmesinde en önemli faktör olduğunu göstermektedir.

Martinez-Cervera ve diğ., (2014) yaptığı çalışmada sukroz ve sorbitol kullanarak üretilen İspanya muffinlerinin renk, lezzet ve genel beğenirliklerinin benzer olduğunu, fakat sukroz kullanılan örneklerin tekstür skorlarının daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Zoulias ve diğ. (2000) ise, sorbitol ve ksilitolün, lezzet ve genel beğenirlik skorlarını, sukroza kıyasla bisküvilerde daha düşük skorlara neden olduğunu bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda %100 sukrozlu ve %50 sukroz, %50 sorbitollü bisküvilerin renk, koku, lezzet ve genel beğenirlikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, sorbitollü bisküvilerin tekstür değeri sukrozlulara göre yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 3.12: Bisküvilerin duyusal özellikleri değerleri.

Formül kodu*	Renk	Koku	Lezzet	Tekstür	Genel beğenirlik
1	3,23 ± 0,86 ^(ab)	2,97 ± 0,90 ^(a)	3,07 ± 1,05 ^(a)	3,07 ± 1,17 ^(a)	3,10 ± 0,84 ^(ab)
2	2,56 ± 0,81 ^(b)	3,13 ± 1,14 ^(a)	3,23 ± 1,19 ^(a)	3,03 ± 1,00 ^(a)	3,27 ± 1,05 ^(a)
3	2,86 ± 0,78 ^(ab)	2,93 ± 0,78 ^(a)	2,93 ± 1,11 ^(a)	2,77 ± 0,97 ^(ab)	2,90 ± 0,80 ^(ab)
4	2,86 ± 0,90 ^(ab)	2,67 ± 0,71 ^(a)	2,70 ± 0,95 ^(a)	2,70 ± 1,02 ^(ab)	2,83 ± 0,75 ^(ab)
5	2,60 ± 0,97 ^(b)	3,17 ± 1,18 ^(a)	2,80 ± 0,97 ^(a)	2,17 ± 1,02 ^(b)	2,70 ± 1,06 ^(ab)
6	2,83 ± 1,05 ^(ab)	3,20 ± 0,87 ^(a)	3,13 ± 1,01 ^(a)	2,77 ± 0,90 ^(ab)	2,90 ± 0,84 ^(ab)
7	3,06 ± 0,94 ^(ab)	2,77 ± 0,90 ^(a)	2,57 ± 0,94 ^(a)	2,57 ± 1,07 ^(ab)	2,67 ± 0,80 ^(ab)
8	2,76 ± 1,01 ^(ab)	2,93 ± 0,91 ^(a)	2,47 ± 1,01 ^(a)	2,23 ± 0,90 ^(b)	2,47 ± 0,86 ^(b)
9	3,43 ± 1,04 ^(ab)	2,87 ± 0,78 ^(a)	2,57 ± 0,86 ^(a)	2,37 ± 0,85 ^(ab)	2,73 ± 0,78 ^(ab)
10	2,80 ± 0,71 ^(ab)	2,93 ± 0,64 ^(a)	2,57 ± 1,01 ^(a)	2,67 ± 0,96 ^(abc)	2,67 ± 0,71 ^(ab)

*1: %100 sukroz; 2: %50 sukroz, %50 D-psikoz; 3: %50 sukroz, %50 sorbitol; 4: %50 sukroz, %50 ksilitol; 5: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 sorbitol; 6: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 ksilitol; 7: %50 sukroz, %25 ksilitol, %25 sorbitol; 8: %75 sukroz, %25 D-psikoz; 9: %75 sukroz, %25 sorbitol; 10: %75 sukroz, %25 ksilitol

3.6 Bisküvilerin Tekstürel Özellikleri

Asağıda bisküvi hamuru ve pişirilmiş üründe belirlenen tekstür sonuçları ayrı ayrı verilmiştir.

3.6.1 Bisküvi Hamuru Tekstür Özellikleri

Tablo 3.13, çeşitli tatlandırıcılar kullanılarak hazırlanan bisküvi hamurunun sertlik, ortalama yük ve yapışkanlık değerlerini göstermektedir. %50 sukroz-%50 D-psikoz ile hazırlanan bisküvi hamuru en sert bisküvi hamurudur (5,22 N). Fakat bu değer %100 sukroz ile hazırlanan bisküvi hamurunun sertliğine (5,05 N) yakındır. En düşük sertlik değeri %50 sukroz-%25 sorbitol-%25 ksilitolün kullanıldığı bisküvi hamurunda bulunmuştur (2,61N). Mariotti ve Alemprese (2012), farklı tatlandırıcı kullanımının hamurun reolojik ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, şeker alkollerinin kullanıldığı hamurlarda yumuşak ve daha viskoz tekstür belirlenirken şekerli (yüksek yoğunluklu tatlandırıcı) olanlarda katı ve gerilme kuvvetine daha dirençli elastik hamur elde edildiğini bildirmişlerdir. Benzer bir çalışma da Zoulias ve diğ. (2000) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada polioller,

fruktoz ve asesulfame-K'nın sukroz yerine ikame edilmesinin hamur reolojisi üzerine etkileri araştırılmıştır. Poliollerden maltitol, sorbitol, ksilitol ve mannitol sukrozun eşit miktarları ile yer değiştirilmiştir. Ek olarak fruktoz da kullanılmıştır. Poliollerin kullanımının düşük yağ içerikli bisküvilerde hamurun reolojik özelliklerini etkilediğini bulmuşlardır. Maltitol ve fruktoz kullanımıyla sukroz kullanımına göre sertlik ve ortalama yük değerleri yüksek, yapışkanlık (adhesiveness) ve bağlılık (cohesiveness) değerleri daha düşük hamur elde edilmiştir. Laktitol, sorbitol ve ksilitol'ün ise tam tersi etki gösterdiği belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde sukroz ve D-psikoz kullanılan hamurların sertlik ve ortalama yük değerleri yüksek, sorbitol ve ksilitol kullanılan hamurların ise sertlik değerleri düşük bulunmuştur.

Hamurun sert olması karıştırma işlemi için gerekli olan enerji miktarını artırmaktadır (Taylor ve diğ., 2008). Bisküvi hamurunun sukroz yerine diğer tatlandırıcılar ile kısmi ikamesi sonucunda hamurda yumuşama gözlemlenmiştir. Ksilitol sukrozla ikame edildiğinde en fazla yumuşatıcı etkiyi gösteren tatlandırıcıdır. Sukrozun %50 oranında ksilitol ile yer değiştirmesi sonucunda bisküvi hamurunun sertlik değeri 5,05 N değerinden 3,24 N değerine düşerek %34 oranında azalmıştır.

Yapışkanlık, hamurun ilk baskıyı takiben bir yüzeyden ayrılma kolaylığıdır (Taylor ve diğ., 2008). Bisküvi hamurlarının hazırlanmasında sukrozun farklı oranlarda diğer tatlandırıcılar ile ikame edilmesi sonucunda elde edilen yapışkanlık değerleri Tablo 3.5'de gösterilmiştir. Sukrozun diğer tatlandırıcılarla ikame oranı arttıkça yapışkanlık artmaktadır. Sukroz ile %50 oranında ikame edilen ksilitol ve sorbitolün yapışkanlık değerleri sırasıyla 2,57 N ve 1,81 N bulunmuştur. Bu iki değer kontrol grubu olan %100 sukrozlu bisküvi hamurundan (0,29 N) istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Zoulias ve diğ., (2000) ksilitolün yapışkanlık değerinin yüksek olması nedeniyle hamurun açılmasında problemlere neden olduğunu bildirmiştir.

Yapışkanlık pişirme öncesinde çözünen şeker miktarıyla alakalıdır. Şekerler hamur içinde çözüldüklerinde toplam solüsyon hacminde bir artış meydana gelmektedir. Çözünen şeker şurup benzeri bir ortam yaratırken gluten oluşumunu inhibe etmektedir. Böylelikle hamur daha yapışkan ve yumuşak olmaktadır (Curley ve Hosney, 1984). Sorbitol ve ksilitolün kullanıldığı hamurlarda yapışkanlık ve

sertlik değerlerinin kontrol örneğine göre düşük olması onların pişim öncesi çözünürlük derecelerinin bir ölçütü olarak düşünülebilir.

Tablo 3.13: Bisküvi hamurlarının tekstür değerleri.

Formül kodu *	Sertlik (N)	Ortalama Yük (N)	Yapışkanlık (N)
1	5,05 ± 0,41 ^(a)	2,17 ± 0,16 ^(a)	0,29 ± 0,05 ^(b)
2	5,22 ± 0,31 ^(a)	2,23 ± 0,02 ^(a)	0,45 ± 0,08 ^(b)
3	3,40 ± 0,25 ^(bcd)	1,43 ± 0,08 ^(bc)	2,57 ± 0,59 ^(a)
4	3,24 ± 0,18 ^(cd)	1,24 ± 0,07 ^(cd)	1,81 ± 0,27 ^(a)
5	4,19 ± 0,18 ^(b)	1,69 ± 0,05 ^(b)	0,42 ± 0,11 ^(b)
6	3,89 ± 0,05 ^(cd)	1,64 ± 0,04 ^(b)	0,43 ± 0,10 ^(b)
7	2,61 ± 0,04 ^(d)	1,08 ± 0,03 ^(d)	0,41 ± 0,11 ^(b)
8	3,76 ± 0,01 ^(cd)	1,65 ± 0,01 ^(b)	0,39 ± 0,04 ^(b)
9	3,13 ± 0,06 ^(cd)	1,25 ± 0,02 ^(cd)	0,43 ± 0,08 ^(b)
10	4,19 ± 0,17 ^(b)	1,71 ± 0,06 ^(b)	0,35 ± 0,02 ^(b)

(*1: %100 sukroz; 2: %50 sukroz, %50 D-psikoz; 3: %50 sukroz, %50 sorbitol; 4: %50 sukroz, %50 ksilitol; 5: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 sorbitol; 6: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 ksilitol; 7: %50 sukroz, %25 ksilitol, %25 sorbitol; 8: %75 sukroz, %25 D-psikoz; 9: %75 sukroz, %25 sorbitol; 10: %75 sukroz, %25 ksilitol)

3.6.2 Bisküvi Tekstür Özellikleri

Bisküvilerin tekstür değerleri Tablo 3.14, 3.15 ve 3.16’da verilmiştir. Tekstür; görme, duyma, dokunma duyuları ve kinestatik ile belirlenen gıdaların yapı, mekanik ve yüzey özelliklerinin duyuşal ve fonksiyonel göstergesidir (Szczeniak, 2002). Sertlik; uygulanan ilk basınç ile bir ürünü baskılamak için gereken kuvvettir. Sertlik değeri “ilk ısırım” a eşdeğerdir. Bisküvilerin sertliği (hamur ve pişirilmiş ürün) un gluten (protein) ağının gelişmesinden kaynaklanmaktadır. Şeker, gluten ağının gelişmesi için gerekli olan nemi absorbe ederek bir yumuşatıcı gibi hareket etmektedir. Şeker glutenden daha higroskopik olduğundan dolayı gluten gelişimini engellemesinin yanısıra pişme süresince nişasta jelatinizasyonunu da geciktirmektedir. Bundan dolayı hamur/bisküvi sertliği kullanılan tatlandırıcının çözünebilirliğinin bir fonksiyonu olarak düşünülebilir (Zouilas ve diğ., 2000);

çözünürlüğü yüksek olan tatlandırıcı kullanılan hamur/bisküvilerin sertlik değeri düşük olmaktadır.

Bisküvinin sertliği bir bakıma bisküvi yapısını oluşturan gluten ağının gelişiminin bir sonucudur. Gluten ağı yapının gelişimini teşvik etmek amacıyla su molekülleriyle etkileşime geçmek zorundadır. Fakat şekerler suyu bağlayarak bu duruma müdahale etmektedirler. Pişirilmiş bisküvi soğuduktan sonra şekerlerin kristalize olması bisküvi sertliğini sağlamaktadır (Taylor ve diğ., 1998). Sorbitol ve ksilitol kullanılan bisküvilerin sertlik değerleri analiz boyunca %100 sukroz kullanılan kontrol örneğinden istatistiksel olarak düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Sorbitol ve ksilitolün çözünürlüğü sukrozun çözünürlüğünden fazla olmakla birlikte formülasyondaki suyu bağlama eğilimleri de sukrozdan fazladır. Böylece gluten gelişimini daha fazla engellemektedirler. Ayrıca şeker alkollerinin soğuma safhasında sukroza göre daha az kristalize olması da daha yumuşak yapıdaki bisküvilerin elde edilmesini sağlamaktadır. D-psikozun kullanıldığı %50 oranında sukrozla ikame edilen 2 numaralı örneğin ilk gün sertlik değeri diğer günlere göre istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Bunun muhtemel nedeni olarak D-psikozun soğuma sonrası evrede yüksek oranda kristalize olması ve depolama süresince bisküvi içeriğindeki nem ile denge oluşturması olarak düşünülmektedir.

Zoulias ve diğ., (2000) bisküvilerde şeker alkollerinin kullanımıyla ilgili yaptıkları çalışmada mannitolün bisküvilere hoş olmayan aroma ve görünüm kazandırması ve sınırlı yayılma göstermesi nedeniyle bisküvi formülasyonu için uygun olmadığını belirtilirken laktitol ve sorbitolün bisküvileri daha yumuşak ve daha az kırılgan yaparak bisküvi tekstürünü geliştirdiği bildirmişlerdir. Peck, (1994) sorbitolün tek başına kullanıldığı bisküvilerin çok yumuşak olduğunu belirterek istenilen tekstürün eldesinde polidekstroz veya izomaltın sorbitol ile birlikte kullanımını önermiştir. Bizim çalışmamızda bisküvilerden %50 sukroz-%50 sorbitol kullanılan 3 numaralı örneğin ilk gün sertlik değeri 10,28 N, %75 sukroz-%25 sorbitol kullanılan 9 nolu örneğin sertliği 11,60 N olarak bulunmuştur. Ayrıca %50 sukroz-%25 D-psikoz-%25 sorbitol kullanılarak üretilen bisküvinin sertlik değeri 13,24 N olduğu görülmektedir. Bu değer istatistiksel olarak 1 numaralı kontrol örneğinden (13,51 N) farklı bulunmamıştır ($p<0,05$). Sonuç olarak sorbitol ve D-psikozun eşit miktarlarda ve %25 oranlarında bisküvi formülasyonuna dahil edilmeleri sonucu sukrozla benzer sertlik değerinde bisküvi elde edilebilmektedir.

Tablo 3.14: Bisküvilerin sertlik/kırılmalık değerleri.

Formül kodu*	Sertlik (N) (1. gün)	Sertlik (N) (7. gün)	Sertlik (N) (15. gün)	Sertlik (N) (30. gün)	Sertlik (N) (60. gün)
1	13,51 ± 1,78 ^(bc, A)	13,83 ± 2,82 ^(ab, A)	17,91 ± 5,20 ^(a, A)	14,56 ± 2,52 ^(a, A)	16,56 ± 0,99 ^(a, A)
2	18,24 ± 0,50 ^(a, A)	14,31 ± 1,84 ^(ab, AB)	15,12 ± 1,66 ^(ab, AB)	12,59 ± 0,50 ^(a, B)	13,65 ± 2,59 ^(ab, B)
3	10,28 ± 2,24 ^(cd, A)	7,64 ± 0,82 ^(c, AB)	6,88 ± 0,59 ^(c, AB)	5,56 ± 0,53 ^(b, B)	8,29 ± 1,24 ^(d, AB)
4	7,42 ± 1,32 ^(d, A)	7,51 ± 0,29 ^(c, A)	7,66 ± 1,03 ^(c, A)	7,62 ± 1,84 ^(b, A)	7,16 ± 1,29 ^(d, A)
5	13,24 ± 1,07 ^(bc, A)	12,38 ± 0,51 ^(abc, A)	11,16 ± 2,27 ^(bc, A)	12,68 ± 1,59 ^(a, A)	10,25 ± 2,12 ^(cd, A)
6	12,08 ± 2,94 ^(c, A)	12,68 ± 0,93 ^(abc, A)	11,91 ± 1,99 ^(bc, A)	11,45 ± 1,22 ^(a, A)	11,82 ± 0,55 ^(bc, A)
7	10,56 ± 1,58 ^(cd, A)	10,41 ± 1,68 ^(bc, A)	11,01 ± 0,64 ^(bc, A)	6,85 ± 0,69 ^(b, B)	8,04 ± 1,01 ^(d, AB)
8	17,03 ± 1,58 ^(ab, A)	16,01 ± 3,97 ^(a, A)	14,97 ± 0,79 ^(ab, A)	14,00 ± 1,88 ^(a, A)	15,25 ± 2,88 ^(a, A)
9	11,60 ± 0,30 ^(cd, A)	11,65 ± 0,22 ^(abc, A)	13,67 ± 1,55 ^(ab, A)	13,24 ± 0,24 ^(a, A)	15,47 ± 1,86 ^(a, A)
10	13,75 ± 1,56 ^(bc, A)	12,75 ± 1,99 ^(abc, A)	12,05 ± 1,03 ^(bc, A)	12,17 ± 1,16 ^(a, A)	12,02 ± 1,39 ^(bc, A)

*1: %100 sukroz; 2: %50 sukroz, %50 D-psikoz; 3: %50 sukroz, %50 sorbitol; 4: %50 sukroz, %50 ksilitol; 5: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 sorbitol; 6: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 ksilitol; 7: %50 sukroz, %25 ksilitol, %25 sorbitol; 8: %75 sukroz, %25 D-psikoz; 9: %75 sukroz, %25 sorbitol; 10: %75 sukroz, %25 ksilitol

(Küçük harfler örnekler arası, büyük harfler günler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

Tablo 3.15: Bisküvilerin toplam yük döngüsü değerleri.

Formül kodu*	Toplam yük döngüsü (kj) (1. gün)	Toplam yük Döngüsü (kj) (7. gün)	Toplam yük döngüsü (kj) (15. gün)	Toplam yük döngüsü (kj) (30. gün)	Toplam yük döngüsü (kj) (60. gün)
1	2,78 ± 0,57 ^(b, A)	2,63 ± 0,81 ^(b, A)	3,93 ± 0,97 ^(d, A)	4,55 ± 1,30 ^(c, A)	4,57 ± 0,37 ^(b, A)
2	8,50 ± 0,88 ^(a, A)	7,85 ± 0,87 ^(a, A)	8,50 ± 1,52 ^(ab, A)	8,27 ± 1,57 ^(ab, A)	7,14 ± 1,44 ^(ab, A)
3	6,45 ± 1,23 ^(a, A)	5,98 ± 1,28 ^(ab, A)	7,00 ± 1,61 ^(abc, A)	6,32 ± 1,45 ^(bc, A)	5,12 ± 0,45 ^(ab, A)
4	5,91 ± 0,32 ^(ab, A)	5,18 ± 0,39 ^(ab, A)	5,80 ± 0,43 ^(bcd, A)	5,66 ± 1,52 ^(bc, A)	5,42 ± 1,77 ^(ab, A)
5	8,15 ± 0,21 ^(a, A)	7,55 ± 1,14 ^(a, A)	7,10 ± 0,81 ^(abc, A)	8,75 ± 1,18 ^(ab, A)	7,46 ± 1,73 ^(ab, A)
6	7,79 ± 2,31 ^(a, A)	5,76 ± 1,16 ^(ab, A)	6,40 ± 1,74 ^(abcd, A)	7,93 ± 0,38 ^(abc, A)	6,94 ± 0,23 ^(ab, A)
7	7,08 ± 0,55 ^(a, A)	6,43 ± 1,67 ^(ab, A)	7,14 ± 0,26 ^(abc, A)	6,29 ± 1,25 ^(bc, A)	6,87 ± 1,35 ^(ab, A)
8	5,51 ± 0,34 ^(ab, A)	5,65 ± 0,97 ^(ab, A)	5,41 ± 0,64 ^(cd, A)	5,82 ± 0,65 ^(bc, A)	6,46 ± 2,28 ^(ab, A)
9	8,96 ± 2,38 ^(a, A)	9,12 ± 0,28 ^(a, A)	8,92 ± 0,53 ^(a, A)	10,90 ± 0,96 ^(a, A)	8,94 ± 1,62 ^(a, A)
10	8,02 ± 0,89 ^(a, A)	7,88 ± 2,24 ^(ab, A)	6,73 ± 0,31 ^(abcd, A)	8,79 ± 0,86 ^(ab, A)	6,78 ± 0,12 ^(ab, A)

*1: %100 sukroz; 2: %50 sukroz, %50 D-psikoz; 3: %50 sukroz, %50 sorbitol; 4: %50 sukroz, %50 ksilitol; 5: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 sorbitol; 6: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 ksilitol; 7: %50 sukroz, %25 ksilitol, %25 sorbitol; 8: %75 sukroz, %25 D-psikoz; 9: %75 sukroz, %25 sorbitol; 10: %75 sukroz, %25 ksilitol

(Küçük harfler örnekler arası, büyük harfler günler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

Sukroz su kaybını kontrol etmesi ve protein ve nişasta moleküllerini dağıtma eğiliminden dolayı pişmiş ürünü kırılmalık yapmaktadır (Perego ve diğ., 2007).

Bisküvilerin toplam yük döngüsü değerleri Tablo 3.15’de gösterilmiştir. %100 sukroz kullanılan kontrol örneğinin toplam yük döngüsü değeri analiz süresince diğer örneklerden istatistiksel olarak düşük bulunmuştur ($p < 0,05$).

Bisküvilerin toplam yük değerleri Tablo 3.18’de gösterilmiştir. Değerler genel olarak kırılmalık değerlerinin yarısı şeklinde ifade edilebilmektedir. Zoulias ve diğ., (2000), benzer şekilde, bisküvilere uygulanan toplam yük değerinin bisküvi sertliğinin tahmininde kullanılabileceğini bildirmiştir.

Tablo 3.16: Bisküvilerin toplam yük değerleri.

Formül kodu*	Toplam Yük (N) (1. gün)	Toplam Yük (N) (7. gün)	Toplam Yük (N) (15. gün)	Toplam Yük (N) (30. gün)	Toplam Yük (N) (60. gün)
1	6,76 ± 0,89 ^(abc, A)	6,52 ± 1,41 ^(ab, A)	7,96 ± 2,77 ^(a, A)	7,29 ± 1,26 ^(a, A)	8,32 ± 0,53 ^(a, A)
2	9,14 ± 0,26 ^(a, A)	7,28 ± 0,89 ^(a, B)	7,63 ± 0,88 ^(a, AB)	6,37 ± 0,23 ^(ab, B)	6,93 ± 1,35 ^(abc, B)
3	5,01 ± 1,20 ^(cd, A)	3,89 ± 0,39 ^(b, A)	3,54 ± 0,22 ^(c, A)	4,49 ± 2,98 ^(ab, A)	4,21 ± 0,73 ^(cd, A)
4	3,73 ± 0,67 ^(d, A)	3,88 ± 0,15 ^(b, A)	3,86 ± 0,52 ^(bc, A)	3,94 ± 0,99 ^(ab, A)	3,62 ± 0,65 ^(d, A)
5	6,69 ± 0,56 ^(abc, A)	6,28 ± 0,29 ^(ab, A)	5,66 ± 1,16 ^(bc, A)	6,46 ± 0,74 ^(ab, A)	5,31 ± 1,09 ^(bcd, A)
6	6,04 ± 1,47 ^(bcd, A)	6,34 ± 0,47 ^(ab, A)	6,06 ± 1,11 ^(abc, A)	5,78 ± 0,55 ^(ac, A)	6,01 ± 0,29 ^(abcd, A)
7	5,30 ± 0,82 ^(cd, AB)	4,59 ± 0,37 ^(bc, B)	5,71 ± 0,08 ^(abc, A)	5,54 ± 0,17 ^(a, AB)	4,65 ± 0,85 ^(cd, B)
8	8,54 ± 0,78 ^(a, A)	8,03 ± 2,00 ^(a, A)	7,54 ± 0,40 ^(a, A)	7,12 ± 0,91 ^(a, A)	6,96 ± 0,14 ^(ab, A)
9	5,82 ± 0,44 ^(cd, A)	5,85 ± 0,44 ^(c, A)	6,97 ± 0,72 ^(ab, AB)	6,85 ± 0,11 ^(ab, B)	7,99 ± 1,07 ^(ab, A)
10	6,93 ± 0,76 ^(abc, A)	6,49 ± 1,04 ^(ab, A)	6,15 ± 0,53 ^(abc, A)	6,24 ± 0,56 ^(ab, A)	6,08 ± 0,70 ^(abcd, A)

*1: %100 sukroz; 2: %50 sukroz, %50 D-psikoz; 3: %50 sukroz, %50 sorbitol; 4: %50 sukroz, %50 ksilitol; 5: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 sorbitol; 6: %50 sukroz, %25 D-psikoz, %25 ksilitol; 7: %50 sukroz, %25 ksilitol, %25 sorbitol; 8: %75 sukroz, %25 D-psikoz; 9: %75 sukroz, %25 sorbitol; 10: %75 sukroz, %25 ksilitol

(Küçük harfler örnekler arası, büyük harfler günler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

3.7 Bisküvilerin Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Farklı özellikte şeker kullanımına bağlı olarak bisküvilerin fenolik içerikleri Tablo 3.17’de verilmiştir. Farklı içerikteki bisküvilerin fenolik ekstraktlarının toplam fenol içerikleri mg GAE/kg bisküvi KM cinsinden 170 °C’de 373,42-850,74; 200 °C’de 389,47-1156,19; 230 °C’de 522,91-1269 arasında değişim göstermiştir.

Genel olarak sıcaklık-süre kombinasyonunun artması sonucu bütün örneklerin fenolik içeriklerinde artış meydana gelmiştir. Aynı sıcaklık ve süre bazında en fazla fenolik içeriğe sahip bisküvi örneği %100 D-psikoz kullanılan 2. örnek iken en düşük fenolik içeriğe sahip bisküvi örneği %100 ksilitol kullanılarak üretilen 4. örnek olmuştur. Kullanılan şekerlerin toplam fenolik içeriğe katkıları D-psikoz > sukroz > sorbitol > ksilitol şeklinde sıralanabilmektedir.

Tablo 3.17: Bisküvilerin toplam fenolik içerikleri (mg GAE/kg bisküvi KM).

Formül kodu *	Piştirme süresi (dak)	Toplam fenol (170 °C)	Toplam fenol (200 °C)	Toplam fenol (230 °C)
1		478,30 ± 2,69 ^(de, A)	523,97 ± 37,52 ^(e, A)	558,37 ± 11,79 ^(e, A)
2	9	622,46 ± 35,7 ^(c, B)	796,67 ± 24,79 ^(c, AB)	920,95 ± 49,48 ^(b, A)
3		387,22 ± 18,8 ^(g, A)	455,09 ± 6,41 ^(fg, A)	538,61 ± 47,87 ^(e, A)
4		373,42 ± 20,8 ^(g, AB)	389,47 ± 7,91 ^(g, AB)	522,91 ± 11,18 ^(e, A)
1		499,08 ± 3,36 ^(d, B)	575,15 ± 15,17 ^(e, A)	634,20 ± 11,27 ^(cde, A)
2	12	717,55 ± 13,3 ^(b, C)	995,73 ± 17,17 ^(b, B)	1212,85 ± 1,09 ^(a, A)
3		433,74 ± 8,64 ^(efg, B)	456,08 ± 11,97 ^(fg, B)	596,17 ± 0,14 ^(de, A)
4		394,04 ± 0,56 ^(fg, B)	406,16 ± 16,88 ^(g, B)	532,31 ± 7,00 ^(e, A)
1		575,83 ± 13,78 ^(c, B)	687,12 ± 3,31 ^(d, B)	956,38 ± 31,90 ^(b, A)
2	15	850,74 ± 12,85 ^(a, C)	1156,19 ± 12,29 ^(a, B)	1269,82 ± 2,89 ^(a, A)
3		455,77 ± 11,05 ^(de, B)	533,49 ± 36,87 ^(e, B)	720,57 ± 11,60 ^(c, A)
4		449,62 ± 3,42 ^(def, B)	515,71 ± 1,83 ^(ef, AB)	692,62 ± 56,69 ^(cd, A)

*1: % 100 sukroz; 2: % 100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

3.8 Bisküvilerin Toplam Antioksidan Kapasiteleri

Bisküviler formülasyonlarında yağ içerdiğinden dolayı depolanmaları süresince duyuşal özelliklerini kötüleştiren ve ransiditeye sebep olan çeşitli oksidasyon ürünleri üretimiyle sonuçlanan oksidasyona maruz kalmaktadırlar. Bisküvilere antioksidanların eklenmesiyle oksidasyon önlenmektedir (Sakac ve diğ., 2010).

Bisküvilerin toplam antioksidan kapasiteleri fenolik içerik farklılığıyla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Bisküvilerin ABTS toplam antioksidan değerleri Tablo 3.18’de, DPPH toplam antioksidan değerleri Tablo 3.19’da verilmiştir. ABTS değerleri ($\mu\text{mol TE/kg}$ bisküvi KM) 170 °C’ de 16,73-139,46; 200 °C’de 41,13-155,62; 230 °C’de 46,01-166,39 arasında değişirken, DPPH değerleri ($\mu\text{mol TE/kg}$ bisküvi KM) 170 °C’ de 18,52-94,33; 200 °C’de 22,27-154,74; 230 °C’de 29,45-177,67 arasında değişiklik göstermiştir.

Burdurlu ve Karadeniz, (1998) bildirdiğine göre Maillard reaksiyonu sonucu oluşan bileşiklerin antioksidatif özellikleri vardır. Özellikle de yüksek sıcaklıklarda oluşan melanoidinler yüksek antioksidatif özelliğe sahiptirler. Maillard reaksiyonunun yavaş gerçekleşmesi ve oksijen difüzyonunun yavaş olması nedeniyle düşük sıcaklıklarda antioksidatif içerik düşük olmaktadır. Benzer şekilde Morales ve diğ., (2009) yaptığı çalışmada antioksidan analizi yapılmadan pişirme sıcaklığı ve süresinin artmasına bağlı olarak bisküvilerin antioksidan aktivite değerlerinde artış beklendiğini belirtmiştir. Bizim çalışmamızda her iki yöntemle de sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı antioksidan kapasite değerlerinde artış gözlenmiştir.

ABTS ve DPPH yöntemine göre belirlenen toplam antioksidan kapasitelerde farklılıklar bulunmuştur. Örneğin 200 °C'de 12 dakika pişirilen 1, 2, 3, ve 4 formülasyon kodlu bisküvilerin ABTS değerleri sırasıyla 71,23, 111,30, 46,67 ve 46,54 (µmol TE/kg bisküvi KM), DPPH yöntemine göre sırasıyla 48,70, 119,12, 37,64 ve 31,55 (µmol TE/kg bisküvi KM) bulunmuştur. Morales ve diğ., (2009) antioksidan tayin yöntemlerinden DPPH yönteminin ABTS yöntemine göre daha düşük sonuçlar verdiğini vurgulayarak bu farkın antioksidan aktiviteye önemli derecede katkı sağlayan bazı bileşenlerin metanolik ortamda çözünmemesine bağlı olduğunu belirtmiştir.

Bisküvi formülasyonunda kullanılan şeker tipine bağlı olarak toplam antioksidan kapasitede farklılık gözlenmiştir. Özellikle D-psikozun kullanıldığı 2 numaralı örneğin antioksidan kapasitesi diğer örneklere göre tüm kademelerde istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Sun ve diğ., (2007) sukroz, fruktoz ve D-psikoz kullanılarak yapılan pudinglerin antioksidan aktivite değerlerini sırasıyla 121, 167 ve 285 µmol/kg bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da sukroz ve D-psikozlu bisküviler arasında benzer veriler elde edilmiştir.

Kullanılan şekerlerin antioksidan kapasiteye katkıları D-psikoz > sukroz > sorbitol > ksilitol şeklinde ifade edilebilmektedir.

Tablo 3.18: Bisküvilerin ABTS toplam antioksidan kapasiteleri ($\mu\text{mol TE/kg}$ bisküvi KM).

Formül kodu*	Piştirme süresi (dak)	170 °C	200 °C	230 °C
1		33,06 \pm 0,07 ^(ef, C)	56,31 \pm 0,27 ^(de, B)	60,68 \pm 0,38 ^(ef, A)
2		57,72 \pm 0,19 ^(cde, A)	82,51 \pm 1,90 ^(bcd, A)	90,47 \pm 0,22 ^(d, A)
3	9	21,61 \pm 8,61 ^(f, A)	42,91 \pm 5,72 ^(e, A)	46,01 \pm 8,17 ^(g, A)
4		16,73 \pm 6,38 ^(f, A)	41,13 \pm 8,28 ^(e, A)	46,13 \pm 0,12 ^(g, A)
1		63,80 \pm 8,58 ^(cd, A)	71,23 \pm 0,09 ^(cde, A)	73,23 \pm 0,09 ^(e, A)
2	12	100,27 \pm 1,03 ^(b, A)	111,30 \pm 2,15 ^(b, A)	119,18 \pm 5,99 ^(b, A)
3		46,69 \pm 8,21 ^(def, A)	46,67 \pm 9,78 ^(f, A)	50,84 \pm 0,01 ^(g, A)
4		45,70 \pm 6,19 ^(def, A)	46,54 \pm 1,82 ^(f, A)	47,64 \pm 0,15 ^(g, A)
1		77,47 \pm 4,23 ^(bc, B)	94,33 \pm 0,66 ^(bc, AB)	111,14 \pm 4,12 ^(bc, A)
2		139,46 \pm 0,06 ^(a, A)	155,62 \pm 8,12 ^(a, A)	166,39 \pm 7,94 ^(a, A)
3	15	70,61 \pm 5,95 ^(bc, A)	86,85 \pm 0,33 ^(e, A)	95,69 \pm 1,28 ^(cd, A)
4		67,01 \pm 0,12 ^(bc, C)	83,02 \pm 2,06 ^(e, A)	90,59 \pm 0,46 ^(d, B)

*1: % 100 sukroz; 2: % 100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde piştirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda piştirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

Lindenmeier ve diğ. (2002), ekmeğin kabuk kısmının etanolik ekstraktının un ve ekmeğin iç kısmından oldukça yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu bildirmiştir. Bu durum Maillard reaksiyonu sonucu oluşan bileşiklerin antioksidatif içeriği olumlu şekilde etkilediğini göstermektedir.

Zeng ve diğ. (2012), tuna balığının kılçıklarından enzimatik hidrolizatlar hazırlamışlar ve bunların nadir şekerlerle (D-psikoz, D-tagatoz, D-sorboz) ısıtılmasıyla oluşan Maillard reaksiyon ürünlerinin antioksidan aktivitesini araştırmışlardır. Elde edilen hidrolizatların 55°C’de 48 saat ısıtılması sonucunda DPPH süpürücü kapasitenin ısıtılmadan öncekine göre D-fruktoz ve D-tagatoz varlığında sırasıyla 8.9 ve 16 kat fazla olduğunu ve nadir şekerlerin hidrolizatların antioksidan kapasitesini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Zeng ve diğ. (2011), benzer şekilde, psikoz-lisin ve fruktoz-lisin modellerinin Maillard reaksiyonu sonucunda D-psikozun antioksidan aktivitesinin fruktoza göre oldukça yüksek olduğunu bildirmiştir. Sun ve diğ. (2008) ise bisküvilerde %20 D-psikoz ikameli bisküvilerin %20 fruktoz ikameli olanlardan ve kontrol (%100 sukroz) örneğinden fazla antiradikal aktivite gösterdiğini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer

şekilde nadir şeker olan D-psikozlu bisküvi örnekleri aynı parametrelerde diğer örneklerle göre daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur.

Tablo 3.19: Bisküvilerin DPPH antioksidan değerleri (µmol TE/kg bisküvi KM).

Formül kodu*	Piştirme süresi (dak)	170°C	200°C	230°C
1		27,57 ± 3,92 ^(cde, C)	39,04 ± 4,15 ^(ef, AB)	48,65 ± 0,13 ^(f, A)
2		37,93 ± 1,63 ^(c, C)	72,39 ± 0,25 ^(c, B)	101,81 ± 0,48 ^(c, A)
3	9	21,04 ± 0,52 ^(de, B)	23,35 ± 2,41 ^(g, B)	33,70 ± 1,65 ^(hi, A)
4		18,52 ± 0,30 ^(e, C)	22,27 ± 3,54 ^(g, AB)	29,45 ± 1,90 ^(i, A)
1		33,83 ± 2,00 ^(c, C)	48,70 ± 1,15 ^(de, B)	81,36 ± 0,25 ^(d, A)
2	12	52,59 ± 1,93 ^(b, C)	119,12 ± 2,28 ^(b, B)	168,51 ± 0,33 ^(b, A)
3		28,23 ± 6,22 ^(cde, B)	37,64 ± 2,70 ^(ef, AB)	42,69 ± 0,34 ^(fg, A)
4		30,79 ± 0,34 ^(cd, B)	31,55 ± 0,78 ^(fg, AB)	39,02 ± 0,40 ^(gh, A)
1		56,56 ± 3,47 ^(b, B)	59,04 ± 3,30 ^(d, B)	106,62 ± 1,05 ^(c, A)
2		94,33 ± 2,19 ^(a, C)	154,74 ± 2,61 ^(a, B)	177,67 ± 0,92 ^(a, A)
3	15	36,99 ± 0,15 ^(c, B)	41,81 ± 0,92 ^(ef, B)	77,92 ± 6,51 ^(d, A)
4		31,89 ± 0,05 ^(c, B)	36,79 ± 5,48 ^(f, B)	62,95 ± 0,71 ^(e, A)

*1: % 100 sukroz; 2: %100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

Bisküvilerin DPPH % inhibisyonuna etkisine ilişkin veriler Tablo 3.20'de verilmiştir. Bisküvilerin DPPH inhibisyon oranlarının 170 °C'de %8,41-37,58; 200 °C'de %9,46-60,58; 230 °C'de %12,00-70,00 arasında değiştiği belirlenmiştir. Şekerlerin DPPH radikalini inhibe etme oranları D-psikoz>sukroz>sorbitol>ksilitol şeklinde ifade edilebilmektedir.

Sun ve diğ., (2007) D-psikoz ilave edilen pudinglerin (0.4 kg/L) DPPH inhibisyon oranını (%69.12) analiz edilen diğer ticari pudinglerden (0.4 kg/L) (May Farm puding: %32.20, Yaki puding: %24.18, Jersey royal puding: %13.19) yüksek bulmuşlardır. Sun ve diğ., (2008) 130 °C ve 150 °C'de 30 dakika pişirilen %20 D-psikoz ikameli bisküvilerin DPPH inhibisyon oranlarını sırasıyla %25,7 ve %69 bulurken, aynı şartlarda pişirilen %20 fruktoz ikameli bisküvilerin DPPH inhibisyon oranlarını %12,8 ve %46,3 bulmuştur. Ayrıca 150 °C'de 30 dakika pişirilen %100 sukrozlu bisküvilerin DPPH inhibisyon oranının %17.1 olduğunu belirtmiştir.

Kontrol ve ikameli bisküvi hamurlarının antioksidan özelliklerinin çok düşük olduğunu ve aralarında fark olmadığını vurgulayan Sun ve diğ., (2008) örneklerin antioksidatif aktivite derecelerinin Maillard reaksiyonu süresince serbest amino gruplarıyla etkileşime giren şeker tipinden kaynaklandığını bildirmiştir. Bizim bulgularımızda da D-psikozlu örneklerin DPPH inhibisyon oranı tüm kademelerde sukroz, sorbitol ve ksilitollü örneklerden yüksek bulunmuştur.

Tablo 3.20: Bisküvilerin DPPH radikalinin % inhibisyon oranları.

Formül kodu*	Piştirme süresi (dak)	170 °C	200 °C	230 °C
1	9	11,88 ± 1,51 ^(cd, B)	15,94 ± 1,61 ^(ef, AB)	19,51 ± 0,05 ^(f, A)
2		15,88 ± 0,62 ^(c, C)	28,83 ± 0,96 ^(c, B)	40,32 ± 0,19 ^(c, A)
3		9,40 ± 0,21 ^(d, B)	9,88 ± 0,93 ^(g, B)	13,66 ± 0,64 ^(hi, A)
4		8,41 ± 0,11 ^(d, A)	9,46 ± 1,37 ^(g, A)	12,00 ± 0,75 ^(i, A)
1	12	14,24 ± 0,77 ^(c, C)	19,64 ± 0,44 ^(de, B)	32,30 ± 0,09 ^(d, A)
2		21,50 ± 0,73 ^(b, C)	46,84 ± 0,88 ^(b, B)	66,57 ± 0,09 ^(b, A)
3		12,10 ± 2,39 ^(cd, A)	15,36 ± 1,04 ^(ef, A)	17,17 ± 0,13 ^(fg, A)
4		9,38 ± 0,89 ^(d, C)	13,01 ± 0,30 ^(fg, B)	15,73 ± 0,26 ^(gh, A)
1	15	23,02 ± 1,33 ^(b, B)	23,62 ± 1,28 ^(d, B)	42,18 ± 0,41 ^(c, A)
2		37,58 ± 0,81 ^(a, C)	60,58 ± 1,00 ^(a, B)	70,00 ± 0,36 ^(a, A)
3		15,68 ± 0,06 ^(c, B)	16,96 ± 0,35 ^(ef, B)	30,95 ± 2,56 ^(d, A)
4		13,52 ± 0,02 ^(c, B)	14,68 ± 2,53 ^(f, B)	25,09 ± 0,28 ^(e, A)

*1: % 100 sukroz; 2: % 100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir.)

3.9 Bisküvilerin HMF İçerikleri

HMF, taze ve işlenmemiş gıdalarda bulunmadığından dolayı, oluşumu gıdaya uygulanan ısı yoğunluğuyla direkt olarak ilgilidir. HMF, yüksek karbonhidrat içerikli gıdalar için termal hasar indikatörü olarak görülmektedir (Rufian-Henares ve diğ., 2006).

Bisküvilerin HMF içerikleri Tablo 3.21’de verilmiştir. Üretilen bisküvilerin HMF içeriklerinde uygulanan sıcaklık-süre parametrelerine bağlı olarak belirgin farklılıklar görülmüştür. Açar (2010), şeker tipinin HMF miktarı üzerine etkisini belirlemek amacıyla eşit miktardaki glukoz ve sukroz kullanarak 205 °C’de 11 dakikalık ısı işlem uygulanan bisküviler üretmiştir. Üretilen bisküvilerde HMF

içeriklerinde belirgin farklılık belirlenmiştir. 10 gram sukroz kullanılarak üretilen bisküvilerde HMF miktarı 0.14 µg/g, 10 gram glukoz içeren bisküvilerde bu değer 1.26 µg/g olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak ürünün merkez noktasında meydana gelen sıcaklık artışının şeker parçalanmasına yön verdiğini ve ürün merkezinin yaklaşık 100-105 °C'ye ulaşmasını sağlayan fırın sıcaklıklarında sukroz içeren ürünlerde oluşan HMF miktarının, glukoz ve fruktoz içeren ürünlerde oluşan HMF miktarından daha düşük olduğunu bildirmiş ve bunun sebebini sukrozun bu sıcaklıklarda nispeten daha stabil olmasına ve heksoz şekerlerden HMF oluşumunda daha düşük su aktivitesi değerlerine ihtiyaç duyulmasına bağlamıştır. Bizim çalışmamızda D-psikoz içeren bisküviler aynı sıcaklık ve süredeki diğer örneklerden daha yüksek HMF içeriğine sahipken, sorbitol ve ksilitol içeren örneklerin aynı koşullarda sukroz ve D-psikozlulara göre daha düşük HMF değerine sahip olduğu görülmüştür. Bunun nedeni sukroz (inversiyona uğramış) ve D-psikozun indirgen gruplara sahipken, sorbitol ve ksilitolün indirgen uçlarının -OH ile bağlanmış olmasıdır.

HMF oluşumu iki farklı reaksiyon zinciri üzerinden gerçekleşebilmektedir: Maillard reaksiyonu ve şekerlerin termal dehidrasyonu. Düşük sıcaklıklarda Maillard reaksiyonu baskın iken, yüksek sıcaklıklarda şeker dehidrasyonu ile HMF oluşumu baskın hale gelmektedir. HMF miktarının pişirme sıcaklığı ve süresinden oldukça yüksek oranda etkilendiği, pişirme sıcaklığı ve süresi arttıkça HMF miktarının da arttığı görülmektedir. Pişirmenin başlangıç aşaması nemin fazla olduğu ve kurumanın gerçekleştiği, evaporatif soğuma nedeniyle ürün sıcaklığının fazla yükselmediği Maillard reaksiyonunun birinci evresidir. Örneklerde nemin yüksek olduğu ve su aktivitesi değerlerinin 0.4'ün üzerinde olduğu bu başlangıç evresinde, heksoz dehidrasyonu mekanizması üzerinden HMF oluşumu oldukça sınırlıdır. HMF oluşumundan sorumlu kimyasal reaksiyonlardan diğeri heksoz şekerlerin dehidrasyonudur ve bu reaksiyonun gerçekleşmesi için heksoz şekerlerin yapısından 3 mol su çıkması gerekmektedir. Nem oranı azaldıkça heksoz dehidrasyonu hızlanmakta ve bu mekanizma üzerinden HMF oluşumu mümkün hale gelmektedir. Örneklerdeki su aktivitesi değerinin 0.4'ün altına düştüğü andan itibaren HMF oluşumu üssel bir artış göstermiştir (Açar, 2010). Kroh, (1994) ve Ait Ameer ve diğ., (2006, 2008), benzer şekilde, yüksek miktarlarda HMF oluşumunun özellikle karamelizasyon olarak adlandırılan birtakım reaksiyon zinciri sonucu oluştuğunu ve

karamelizasyon oluşum koşullarının Maillard reaksiyonuna göre daha yüksek sıcaklık (> 120 °C) ve düşük a_w gibi daha drastik koşullara ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir. Bizim çalışmamızda da su aktivitesi (Tablo 3.22) ile oluşan HMF miktarı arasında paralellik belirlenmiştir. Su aktivitesi değerinin 0.4'ün üzerinde olduğu durumlarda düşük HMF içeriği belirlenirken, 230 °C'de 15 dakika pişirilen bisküvilerde su aktivitesi değerinin 0.4'ün altına düştüğü andan itibaren karamelizasyon reaksiyonu devreye girmiş ve HMF oluşumunda üssel bir artış görülmüştür.

Chevallier ve diğ., (2000b) bisküvilerde termal iletimin şeker varlığı ve tipine göre değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Bu durum şeker alkollerinin Maillard reaksiyonuna girmemelerine rağmen düşük fakat farklı değerlerde HMF içeriğine sahip olduğunu açıklamaktadır.

Tablo 3.21: Bisküvi örneklerine ait ortalama HMF değerleri (mg/kg bisküvi KM).

Formül kodu*	Piştirme süresi (dak)	170 °C	200°C	230°C
1		-	3,65 ± 0,03 ^(ef, B)	7,78 ± 0,33 ^(g, A)
2		-	7,72 ± 0,16 ^(d, B)	14,68 ± 0,19 ^(f, A)
3	9	-	2,69 ± 0,07 ^(f, B)	6,62 ± 0,08 ^(g, A)
4		-	2,50 ± 0,03 ^(f, B)	6,54 ± 0,08 ^(g, A)
1		3,11 ± 0,06 ^(e, C)	6,93 ± 0,12 ^(de, B)	40,87 ± 0,11 ^(d, A)
2	12	5,18 ± 0,04 ^(d, C)	27,39 ± 0,08 ^(b, B)	116,72 ± 0,07 ^(c, A)
3		2,50 ± 0,01 ^(f, C)	5,38 ± 0,17 ^(def, B)	31,51 ± 0,23 ^(e, A)
4		2,45 ± 0,01 ^(f, C)	5,03 ± 0,03 ^(def, B)	27,88 ± 0,25 ^(e, A)
1		9,64 ± 0,18 ^(b, C)	26,52 ± 2,48 ^(b, B)	146,30 ± 0,15 ^(b, AB)
2		13,02 ± 0,27 ^(a, C)	60,83 ± 1,78 ^(a, B)	235,34 ± 3,12 ^(a, A)
3	15	7,34 ± 0,15 ^(c, C)	14,53 ± 0,14 ^(c, B)	116,65 ± 0,21 ^(c, A)
4		7,06 ± 0,06 ^(c, C)	13,98 ± 0,13 ^(c, B)	114,95 ± 0,76 ^(c, A)

*1: % 100 sukroz; 2: % 100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

(Küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı sürelerde pişirilen bisküviler arasındaki farkı, büyük harfler ise aynı sürede farklı sıcaklıklarda pişirilen bisküviler arası farklılıkları ifade etmektedir)

Tablo 3.22: Bisküvilerin su aktivitesi değerleri.

Formül kodu*	Pişirme süresi (dak)	170 °C	200 °C	230 °C
		0,67	0,54	0,47
2		0,68	0,57	0,50
3	9	0,66	0,53	0,45
4		0,66	0,50	0,44
1		0,61	0,46	0,43
2	12	0,64	0,53	0,45
3		0,57	0,45	0,42
4		0,54	0,43	0,41
1		0,56	0,42	0,38
2		0,60	0,46	0,42
3	15	0,55	0,41	0,37
4		0,53	0,41	0,36

*1: % 100 sukroz; 2: % 100 D-psikoz; 3: % 100 sorbitol; 4: % 100 ksilitol

Ait Ameer ve diğ., (2007), ticari bisküvilerin genellikle sukrozla 250 °C'nin altındaki sıcaklıklarda pişirildiğini ve ortalama 25.97 mg/kg HMF içerdiğini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda özellikle uzun süreli ısı işlem koşullarına maruz bırakılan bisküvilerdeki HMF miktarları ticari bisküvilerinkinden yüksek bulunmuştur.

Gökmen ve diğ., (2008) bisküvilerdeki HMF miktarının pişirme koşullarının kontrolü (düşük sıcaklıkta uzun süre pişirme) ve indirgen şekerlerin formülasyonda kullanılmamasıyla kontrol altına alınabileceğini bildirmiştir. Bu doğrultuda bizim çalışmamızda şeker alkollerinin kullanımıyla HMF oluşumunun kontrol altına alındığı düşünülebilir.

4. SONUÇ

Günümüzde teknolojik olanaklar ve tüketim mallarına kolay ulaşılabilirliğin yarattığı sorunlar arasında gösterilen obezite ve diyabetle mücadele sağlıklı bireylerin yetişmesi açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda şeker alkollerini ve nadir şekerlerin kullanılabilirliği çeşitli çalışmalarla önerilmektedir.

D-psikoz, sorbitol ve ksilitol değişik oranlarda sukroz ile ikame edilip bisküvi formülasyonuna değişik oranlarda dahil edilmiştir. Üretilen örneklerin fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşsal analizleri yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Aynı zamanda sukroz, D-psikoz, sorbitol ve ksilitolün %100 oranında kullanıldığı bisküvilerde fiziksel analizler ile toplam fenol ve toplam antioksidan kapasite ile HMF analizleri yapılmıştır.

Şeker alkollerinin (özellikle de ksilitol) %50 oranında sukroz yerine ikame edildiği bisküvi örneklerinin nem içerikleri %100 sukroz ve %50 sukroz-%50 D-psikoz kullanılan örneklerinkinden düşük bulunmuştur. Bu durumda bisküvi üretiminde şeker alkollerinin kullanımıyla daha uzun raf ömrüne sahip ürün elde edilebilmektedir. Bu bağlamda şeker alkollerinin kullanıldığı ürünlerin “raf ömrü” özellikleri üzerine çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Sukroz, D-psikoz ve şeker alkollerinin birlikte kullanımıyla sukrozdan daha az sert hamur elde edilebilmektedir. Ayrıca bisküvi üretiminde şeker alkollerinin yüksek oranda kullanımı (%50 gibi) sonucunda hamur yapışkanlık değerinin kontrol hamuruna göre oldukça yüksek olduğu bulunmuştur. D-psikozun %50 oranında ikame edildiği bisküvi örneğinin sertlik değeri sukrozlu olan kontrol bisküvisine yakın bulunmuşken formülasyona şeker alkollerinin katılması sertlik değerini düşürmektedir. Bu durumda bisküvi üretiminde daha düşük oranlarda şeker alkollerinin kullanımıyla kontrol örneğinin sertliğine yakın özellikte bisküviler elde edilebilmektedir.

Bisküvilerin renk değerleri ile antioksidan kapasiteleri arasında doğrudan bir ilişki kurulabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Örneklerin L* renk değerlerindeki düşüşe paralel olarak toplam fenol ve toplam antioksidan değerlerinin arttığı görülmüştür. D-psikoz (nadir şeker) kullanılarak üretilen bisküviler aynı sıcaklık ve sürelerde

pişen sukroz ve şeker alkolleriyile üretilenlere kıyasla daha koyu renktedir. Bu durumda bisküvi üretiminde D-psikoz kullanımıyla arzu edilen renk daha düşük sıcaklık-süre kombinasyonlarında elde edilebilmektedir. Ürünün kısa sürede hazırlanması ve arzu edilen renge daha düşük sıcaklıklarda ulaşılması enerji maliyetini azaltacaktır.

Gıdalarda BHT ve BHA gibi antioksidan bileşiklerin kullanılması sağlık nedenlerinden dolayı kabul görmemektedir. Bundan dolayı gıdalarda hem antioksidan özellik kazandıracak hem de sukroza yakın fonksiyonellikte olan şekerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamızdaki veriler ile D-psikozlu bisküvi örneklerinin antioksidan içeriklerinin sukrozlulara göre çok yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bundan dolayı bisküvi formülasyonuna karıştırılan D-psikozun ısıl işleme bağlı olarak lipidlerin oksidasyonunu önlemede en etkin şeker tiplerinden biri olduğu sonucuna varılabilir.

Tez çalışmasında ortaya konan bulgulara göre, bisküvi formülasyonunda şeker kaynağı olarak şeker alkollerinin kullanılması HMF içeriğinin azaltılması istenen ürünlerde uygun bir yol olarak izlenebilecektir.

Bisküvilere uygulanan sıcaklık-süre şartları düşünüldüğünde, 230°C'de 15 dakika ısıl işleme maruz kalan bisküvilerin fiziksel görünümünün (renk, çap vb.) olumsuz olduğu, HMF içeriklerinin aşırı şekilde arttığı görülmüştür. Bundan dolayı bisküvi üretiminde daha düşük sıcaklıklarda uzun süreli ısıl işlem önerilebilir. Fakat optimum sıcaklık-süre şartlarını sağlamak için, kullanılan hammadde ve pişirici özellikleri gibi değişkenler gözönüne alınarak her işletme için ayrı ayrı optimize edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Sağlık bakanlığının değerlendirmesi ve istatistik verilerine göre obezite ve diyabet toplumun temel sorunlarından biri olarak yer almaktadır; bu çalışmada olduğu gibi yavaş metabolize olabilen düşük kalori içeriğine sahip besleyici tatlandırıcıların çeşitli gıdalarda kullanım olanakları konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

5. KAYNAKLAR

AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, (8th ed.), The Association: St Paul, MN, (1990).

Açar, Ö, Ç., “Bisküvi Benzeri Ürünlerde Pişirme Sırasında Termal Proses Kontaminantlarının Oluşumunun İncelenmesi”, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, (2010).

ADA Reports, American Dietetic Assn., “Position of the American dietetic assn.: Use of nutritive and nonnutritive sweeteners”, J Am Diet Assoc, 104, 255-75, (2004).

Aidoo, R. P., Depypere, F., Afoakwab, E. O. and Dewettinck, K., “Industrial manufacture of sugar-free chocolates-Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development”, Trends in Food Science & Technology, 20, 1-13, doi: 10.1016/j.tifs.2013.05.008, (2013).

Ait Ameer, L., Trystram, G. and Birlouez-Aragon, I., “Accumulation of 5-hydroxymethyl-2-furfural in cookies during the baking process: Validation of an extraction method”, Food Chemistry, 98 (4), 790-796, doi: 10.1016/j.foodchem.2005.07.038, (2006).

Ait Ameer, L., Mathieu, O., Lalanne, V., Trystram, G. and Birlouez - Aragon, I., “Comparison of the effects of sucrose and hexose on furfural formation and browning in cookies baked at different temperatures”, Food Chemistry, 101, 1407-1416, doi: 10.1016/j.foodchem.2006.03.049, (2007).

Ait Ameer, L., Rega, B., Giampaoli, P., Trystram, G. and Birlouez-Aragon, I., “The fate of furfurals and other volatile markers during the baking process of a model cookie”, Food Chemistry, 111, 758-763, doi: 10.1016/j.foodchem.2007.12.062, (2008).

Altuğ, T. ve Zorba, M., “Tatlandırıcılar”, (ed: T. Altuğ), Gıda Katkı Maddeleri, (ed: Altuğ, T.), İzmir: Meta yayıncılık, 77-103, (2006).

Amanda, M. F. and Carole, S. S., “Optimizing texture of reduced calorie yellow layer cakes”, Cereal Chem, 69, 338-343, (1991).

Ames, J. M., "Applications of the Maillard reaction in the food industry", *Food Chemistry*, 62 (4), 431-439, (1998).

Aminoff, C., Vanninen, E. and Doty, T. E., "The occurrence, manufacture and properties of xylitol", (ed: J.N. Counsell), *Xylitol*, London: Applied Science Publishers, 1-9, (1978).

Anonim, T.S. 2383, Bisküvi Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1991).

Anonim, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Şeker ve Tatlandırıcılar, Ankara, (2003).

Anonim, Türkiye Obezite (şişmanlık) ile Mücadele ve Kontrol Programı (2010-2014), T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, (2010).

Anonymous, Positive Role of Low- and Reduced- Calorie Sweeteners Confirmed, The Calorie Control Council, (2004).

Anonymous, Bakery Management, Replacements mimic sugar's functionality, (2008).

Anonymous, "Chemical and Physical Properties of Sucrose [online]", (06 August 2013), www.edinformatics.com/math_science/science_of_cooking/sucrose.htm, (2013).

Apel, A., Rheinau, M. and Rössler, G., "Preparation of stable polyol solutions and the resulting product", U.S. Patent, 2, 917-390, (1959).

Artık, N., Velioğlu, S. ve Kavalcı, B., "Şeker alkollerinden ksilitol; özellikleri, üretimi ve gıdalarda kullanımı", *GIDA*, 18 (2), 101-109, (1993).

Baek, S. H., Park, S. J. and Lee, H. G., "D-Psicose, a sweet monosaccharide, ameliorate hyperglycemia, and dyslipidemia in C57BL/6J db/db mice", *Journal of Food Science*, 75 (2), 49-53, doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01434.x, (2010).

Baeva, M. R., Panchev, I. N. and Terzieva, V. V., "Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cake", *Nahrung Food*, 44 (4), 242-246, (2000).

Bar, A., "Xylitol", (eds: L.O. Nabors and R.C. Gelardi), *Alternative Sweeteners*, Hong-Kong: Marcel Dekker, NY, 349-379, (1991).

Bassler, K. H., "The occurrence, manufacture and properties of xylitol", (ed: J.N. Counsell), Xylitol, London: Applied Science Publishers, 35-41, (1978).

Bayhan, A., Küçükkömürler, S. ve Yentür, G., "Bazı gıda maddelerine katılan yapay tatlandırıcılar üzerine araştırmalar", GIDA, 22 (3), 187-191, (1997).

Beck, C. I., "Sweetness, character and applications of aspartic acid-based sweeteners", (ed: G. Inglett), ACS Sweetener Symposium, Westport: AVI Publishing, 164-181, (1974).

Belitz, H. D., Grosch, W. and Schieberle, P., "Sugars, sugar alcohols and sugar products", Food Chemistry, 19, 862-883, (2009).

Bemiller, J. N. and Whistler, R. L., "Carbohydrates", (ed: O.R. Fennema), Food Chemistry, New York: Marcel Dekker, Inc., 157-225, (1996).

BeMiller, J. N. and Huber, K. C., "Carbohydrates", (eds: S. Damodaran, K.L. Parkin and O.R. Fennema), Fennema's Food Chemistry, Boca Raton: CRC Press, 83-154, (2008).

Bhise, S. and Kaur, A., "Polyols to improve quality and shelf life of baked products: A review", International Journal of Advanced Scientific and Technical Research, 3 (1), 262-272, (2013).

Bressa, F., Tesson, N., Dallarosa, M., Sensidoni, A. and Tubaro, F., "Antioxidant effect of Maillard reaction products-Application to a butter cookie of a competition kinetics analysis", J. Agric. Food Chem., 44, 692-695, (1996).

Buera, M. P., Chirife, J., Resnik, S. L. and Lozano, R. D., "Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: Kinetics of color changes due to caramelization of various single sugars", Journal of Food Science, 52, 1059-1062, (1987).

Burdurlu, H. S. ve Karadeniz, F., "Gıdalarda maillard reaksiyonu", GIDA, 27 (2), 77-83, (2002).

Butt, M. S., Pasha, I., Tufail, F. and Anjum, F. M., "Use of low absorptive sweeteners in cakes", Int. J. Agri. Biol., 4 (2), 249-251, (2002).

Capuano, E. and Fogliano, V., "Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies", LWT - Food Science and Technology, 44, 793-810, doi: 10.1016/j.lwt.2010.11.002, (2010).

Cemeroğlu, B. ve Acar, J., “Meyve ve Sebzelerin Bileşimi”, (ed: B. Cemeroğlu), Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği, 1-42, (1986).

Chen, X., Jiang, Z. H., Chen, S. and Qin, W., “Microbial and bioconversion production of D-xylitol and its detection and application”, *Int J Biol Sci.*, 6 (7), 834-844, (2010).

Chevallier, S., Colonna, P., Buleon, A. and Della Valle, G., “Physicochemical behaviours of sugars, lipids, and gluten in short dough and biscuit”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 1322-1326, (2000a).

Chevallier, S., Colonna, P., Della Valle, G. and Lourdin, D., “Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems”, *J. Cer. Sci.*, 31, 241-252, doi: 10.1006/jcrs.2000.0308, (2000b).

Curley, L. P. and Hoseney, R. C., “Effects of corn sweeteners on cookie quality”, *Cereal Chem.*, 61, 274-278, (1984).

Dahlin, K. and Lorenz, K., “Protein digestibility of extruded cereal grains”, *Food Chemistry*, 48, 13-18, (1993).

Daniel, J. R. and Whistler, R. L., “Carbonhydrates”, (ed: O.R. Fennema), *Food Chemistry*, New York: Mercel Dekker, 70-137, (1985).

Davis, E., “Functionality of sugars: physiochemical interactions in foods”, *Am J Clin Nutr*, 62, 170-177, (1995).

Devchand, K., “Antioxidant Activity of Maillard Reaction Products”, Master Thesis, University of Natal, Durban, (1994).

Dönmez, M., Cankurtaran, M., İlseven, S., ve diğ., “Diyet Lifleri ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri”, Dumlupınar Üniversitesi, Altıntaş Meslek Yüksekokulu, Öğrenci Sempozyumu, 21-22 Ekim, (2010).

Drewnowski, A., Nordenstenb, K. and Dwyer, J., “Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference”, *Food Quality and Preference*, 9, 13-20, (1998).

Elgün, A. ve Ertugay, Z., *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 718, Erzurum, (2002).

Ferrer, E., Alegria, A., Farre, R., Abelian, P., and Romero, F., “Effects of Thermal Processing and Storage on Available Lysine and Furfural

Compounds Contents of Infant Formulas”, *J. Agric. Food Chem.*, 48, 1817-1822, (2000).

Forni, E., Erba, L., Maestrelli, A. and Polesello, A., “Sorbitol and free sugar content in plums”, *Food Chemistry*, 44, 269-275, (1992).

Francis, F. J., “Quality as influenced by color”, *Food Quality and Preference*, 6 (3), 149-155, (1995).

Gallagher, E., O’Brien, C. M., Scannell, A. G. M. and Arendt, E. K., “Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production”, *J. Food Eng.*, 56, 261-263, (2003).

Ghosh, S., and Sudha, M. L., “A review on polyols: New frontiers for health-based bakery products”, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63 (3), 372-379, doi: 10.3109/09637486.2011.627846, (2012).

Gonzalez-Mateo, S., Gonzalez-SanJose, M. L. and Muniz, P., “Presence of Maillard products in Spanish muffins and evaluation of colour and antioxidant potential”, *Food and Chemical Toxicology*, 47, 2798–2805, doi: 10.1016/j.fct.2009.08.015, (2009).

Gökmen, V. and Şenyuva, H. Z., “Improved method for the determination of hydroxymethylfurfural in baby foods using liquid chromatography-mass spectrometry”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 2845-2849, (2006).

Gökmen, V., Açar, Ö. Ç., Serpen, A. and Morales, F. J., “Effects of leavening agents and sugars on the formation of hydroxymethylfurfural in cookies during baking”, *European Food Research and Technology*, 226, 1031-1037, (2008).

Granström, T. B., Takata, G., Tokuda, M. and Izumori, K., “Izumoring: A novel and complete strategy for bioproduction of rare sugars”, *J. Biosci. Bioeng.*, 97, 89-94, (2004).

Hardy, J., Parmentier, M. and Fanni, J., “Functionality of nutrients and thermal treatments of food”, *Proceedings of the Nutrition Society*, 58 (3), 579-585, (1999).

Hayase, F., Hirashima, S., Okamoto, G. and Kato, H., “Scavenging of active oxygen by melanoidins”, *Agricultural Biology and Chemistry*, 53, 3383-3385, (1989).

Hodge, J. E., "Chemistry of browning reactions in model systems", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1, 928-943, (1953).

Hsu, H. W., Vavak, L. D., Satterlee, L. D. and Miller, G. A., "A multienzyme technique for estimating protein digestibility", *Journal of Food Science*, 42, 1269-1273, (1977).

Ibarz, A., Pagan, J. and Garza, S., "Kinetic models of non-enzymatic browning in apple puree", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (8), 1162-1168, (2000).

Iida, T., Kishimoto, Y., Yoshikawa, Y., Okuma, K., Yagi, K., Matsuo, T., et al., "Estimation of maximum non-effective level of D-psicose in causing diarrhea in human subjects", *J Adv Food Inged*, 10, 15-9, (2007).

Iida, T., Hayashia, N., Yamada, T., Yoshikawa, Y., et al., "Failure of D-psicose absorbed in the small intestine to metabolize into energy and its low large intestinal fermentability in humans", *Metabolism Clinical and Experimental*, 59, 206-214, doi: 10.1016/j.metabol.2009.07.018, (2010).

Izydorczyk, M., "Understanding the chemistry of food carbohydrates", (ed: S.W. Cui), *Food Carbohydrates*, Boca Raton: CRC Press, (2005).

Kearsley, M. W., Deis, R. C., "Sorbitol and mannitol", (ed: H. Mitchell), *Sweeteners and Sugar Alternatives In Food Technology*, Oxford, UK: Blackwell Publishing Limited, 249-261, (2006).

Kroger, M., Kathleen, M. and Kava, R., "Low-calorie sweeteners and other sugar substitutes: A review of the safety issues", *Institute of Food Technologists*, 9, 35-47, (2006).

Kroh, L. W., "Caramelisation in food and beverages", *Food Chemistry*, 51 (4), 373-379, (1994).

Kulp, K., Lorenz, K. and Stone, M., "Functionality of carbohydrate ingredients in bakery products", *Food Tech*, 45 (3), 136-40, (1991).

Le, A. S. and Murderrig, K. B., "Sorbitol and Mannitol", (ed: L.O. Nabors), *Alternative Sweeteners*, New York, NY: Marcel Dekker, Inc., 315-335, (2001).

Lee, K. G. and Shibamoto, T., "Toxicology and antioxidant activities of non-enzymatic browning reaction products: Review", *Food Reviews International*, 18, 151-176, doi: 10.1081/FRI-120014356, (2002).

Lin, S. D., Lee, C. C., Mau, J. L., Lin, L. Y. and Chiou, S. Y., “Effect of erythritol on quality characteristics of reduced-calorie Danish Cookies”, *Journal of Food Quality*, 33, 14-26, doi: 10.1111/j.1745-4557.2010.00307.x, (2010).

Lindenmeier, M., Faist, V. and Hofmann, T., “Structural and functional characterization of pronyl-lysine, a novel protein modification in bread crust melanoidins showing in vitro antioxidative and phase I/II enzyme modulating activity”, *J. Agric. Food Chem.*, 50, 6997-7006, (2002).

Livesey, G., “Introduction”, (eds: K. O’Donnell and K. Malcolm), *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*, Somerset, NJ, USA: Wiley, 3-19, (2006).

Lu, T. M., Lee, C. C., Maud, J. L. and Lin, S. D., “Quality and antioxidant property of green tea sponge cake”, *Food Chemistry*, 119, 1090-1095, doi: 10.1016/j.foodchem.2009.08.015, (2010).

Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J. M., Allaf, K., and Patras, C., “Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits”, *J. Food Eng.*, 35, 23–42, (1998).

Macrae, R., Robinson, R. K. and Sadler M. I., "Encyclopaedia of food science", *Food Technology and Nutrition*, 1, 514, (1993).

Manohar, R. S. and Rao, P. H., “Effect of sugars on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75 (3), 383-390, (1997).

Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C. and Lerici, C. R., “Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods”, *Trends Food Sci. Technol.*, 11, 340–346, (2001).

Mariotti, M. and Alemprese, C., “About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs”, *LWT-Food Science and Technology*, 48, 9-15, doi:10.1016/j.lwt.2012.03.001, (2012).

Martinez-Cervera, S., Salvador, A. and Sanz, T., “Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties”, *Food Hydrocolloids*, 35, 1-8, doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.07.016, (2014).

Matsuo, T., Tanaka, T., Hashiguchi, M., Izumori, K. and Suzuki, H., “Metabolic effects of D-psicose in rats: studies on faecal and urinary

excretion and caecal fermentation”, *Asia Pac J Clin Nutr*, 12, 225-231, (2003).

Matsuo, T. and Izumori, K., “Effects of dietary D-psicose on diurnal variation in plasma glucose and insulin concentrations of rats”, *Biosci Biotechnol Biochem*, 70, 2081-2085, doi: 10.1271/bbb.60036, (2006).

Matsuo, T. and Izumori, K., “D-psicose inhibits intestinal alphasglucosidase and suppresses the glycemic response after ingestion of carbohydrates in rats”, *J Clin Biochem Nutr*, 45, 202-206, (2009).

Mattila, P. T., Knuutila, M. L. E. and Svanberg, M. D., “Dietary xylitol supplementation prevents osteoporotic changes in streptozotocin-diabetic rats”, *Metabolism*, 47 (5), 578-583, (1998).

Mauch, W., “Chemical properties of sucrose”, *Sugar Technology Reviews*, 1, 239-290, (1971).

Mauron, J., “The Maillard reaction in food: a critical review from the nutritional standpoint”, *Progress in Food and Nutrition Science*, 5, 5-35, (1981).

McNutt, K. and Sentko, A., “Sugar replacers: A growing group of sweeteners in the United States”, *Nutr. Today*, 31, 255-261, (1996).

MEGEP, Karbonhidratların Özellikleri, Ankara, (2006).

Meral, R. ve Doğan, İ. S., “Fonksiyonel öneme sahip doğal bileşenlerin unlu mamüllerin üretiminde kullanımı”, *GIDA*, 34 (3), 193-198, (2009).

Monte, W. C. and Maga, J. A. “Flavour chemistry of sucrose”, *Sugar Technology Reviews*, 8, 181-204, (1981).

Morales, J. F. and Jimenez-Perez, S., “Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence”, *Food Chemistry*, 72, 119-125, (2001).

Morales, F. J., Martin, S., Açar, Ö. Ç., Arribas-Lorenzo, G. and Gökmen, V., “Antioxidant activity of cookies and its relationship with heat-processing contaminants: A risk/benefit approach”, *European Food Research and Technology*, 228, 345-354, doi: 10.1007/s00217-008-0940-9, (2009).

Mu, W., Zhang, W., Feng, Y., Jiang, B. and Zhou, L., “Recent advances on applications and biotechnological production of D-psicose”, *Appl Microbiol Biotechnol*, 94, 1461-1467, doi: 10.1007/s00253-012-4093-1, (2012).

Namiki, M., “Chemistry of Maillard reactions: Recent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens”, *Advances in Food Research*, 32, 115-184, (1988).

Nabors, O. L., “Alternative Sweeteners: An Overview”, (ed: O. L. Nabors), *Alternative Sweeteners*, New York, NY: Marcel Dekker, Inc., 1-10, (2001).

Nas, S., Gökalp, H. S. ve Certel, M., *Biyokimya-I*, Denizli: Mühendislik Fakültesi Matbaası, (2002).

Nicoli, M. C., Anese, M., Parpinel, M. T., Franceschi, S. and Lerici, C. R., “Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage”, *Cancer Lett.*, 114, 71-74, (1997).

Olinger, P. M. and Pepper, T., “Xylitol”, (ed: O.L. Nabors), *Alternative Sweeteners*, New York: Mercel Dekker, Inc., 335-365, (2001).

Oshima, H., Kimura, I. and Izumori, K., “Synthesis and structure analysis of novel disaccharides containing D-psicose produced by endo-1,4- β -D-xylanase from *Aspergillus sojae*”, *J. Biosci. Bioeng.*, 101, 280-283, doi: 10.1263/jbb.101.280, (2006).

Parajo, J. C., Dominguez, H. and Dominguez, J. M., “Biotechnological production of xylitol. Part 1: Interest of xylitol and fundamentals of its biosynthesis”, *Bioresource Technology*, 65, 191-201, (1998).

Pareyt, B. and Delcour, J. A., “The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 824-839, doi: 10.1080/10408390701719223, (2008).

Payne, A. N., Chassard, C. and Lacroix, C., “Gut microbial adaptation to dietary consumption of fructose, artificial sweeteners and sugar alcohols: implications for host-microbe interactions contributing to obesity”, *International Association for the Study of Obesity*, 13, 799-809, doi: 10.1111/j.1467-789x.2012.01009.x, (2012).

Peck, A., “Use of acesulfame-K in light and sugar-free baked goods”, *Cereal Foods World*, 39, 743-745, (1994).

Perego, P., Andrea, S., Guastalli, R. and Converti, A., "Effects of changes in ingredient composition on the rheological properties of a biscuit industry dough", *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 649-657, doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.01330.x, (2007).

Powrie, W. D., Wu, C. H., Rosin, M. P. and Stich, H. F., "Clastogenic and mutagenic activities of Maillard reaction model systems", *Journal of Food Science*, 46, 1433-1438, (1981).

Rada-Mendoza, M., Luz Sans, M., Olano, A. and Villamiel, M., "Formation of hydroxymethylfurfural and furosine during the storage of jams and fruit-based infant foods", *Food Chemistry*, 85, 605-609, doi: 10.1016/j.foodchem.2003.07.002, (2004).

Ramirez-Jimenez, A., Guerra-Hernandez, E. and Garcia-Villanova, B., "Browning indicators in bread", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4176-4181, (2000).

Robert, G. C., "The multiple sweetener approach and new sweeteners on the horizon", *Food Technol.*, 41, 123-127, (1987).

Robin, F., Schuchmann, H. and Palzer, S., "Dietary fiber in extruded cereals: Limitations and opportunities", *Trends in Food Science and Technology*, 28, 23-32, doi: 10.1016/j.tifs.2012.06.008, (2012).

Rufian-Henares, J., Delgado-Andrade, C. and Morales, F., "Application of a fast highperformance liquid chromatography method for simultaneous determination of furanic compounds and glucosylisomaltol in breakfast cereals", *J. AOAC Int.*, 89 (1), 161-165, (2006).

Sakac, M. B., Gyura, J. F., Misan, A. C., Seres, S. I., et al., "Antioxidant activity of cookies supplemented with sugarbeet dietary fibre", *Sugar Industry*, 3, 151-157, (2010).

Savitha, Y. S., Indrani, D. and Prakash, J., "Effect of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of wheat flour dough and quality of soft dough biscuits", *Journal of Texture Studies*, 39, 605-616, (2008).

Schanot, M. S. "Sweeteners: Functionality in cookies and crackers", *AIB Technology Bulletin*, 3, 4, (1981).

Shafer, R. B., Levine, A. S., Marlette, J. M and Morley, J. E., "Effects of xylitol on gastric emptying and food intake", *Am J Clin Nutr*, 45, 744-747, (1987).

Sokmen, G. and Gunes, G., "Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate", *LWT*, 39, 1053-1058, doi: 10.1016/j.lwt.2006.03.002, (2006).

Somoza, V., "Five years of research on the health risks and benefits of Maillard reaction products: An update", *Molecular Nutrition and Food Research*, 49, 663-672, doi: 10.1002/mnfr.200500034, (2005).

Sun, Y. and Hayakawa, I. K., "Modification of ovalbumin with a rare keto-hexose through the Maillard reaction: Effect on protein structure and gel properties", *J Agric Food Chem*, 52, 1293-1299, (2004).

Sun, Y., Hayakawa, S., Ogawa, M. and Izumori, K., "Evaluation of the site specific protein glycation and antioxidant capacity of rare sugar-protein/peptide conjugates", *J Agric Food Chem*, 53, 10205-10212, (2005).

Sun, Y., Hayakawa, S., Jiang, H., Ogawa, M. and Izumori, K., "Rheological characteristics of heat-induced custard pudding gels with high antioxidative activity", *Biosci Biotechnol Biochem*, 70, 2859-2867, doi: 10.1271/bbb.60256, (2006).

Sun, Y., Hayakawa, S., Ogawa, M. and Izumori, K., "Antioxidant properties of custard pudding dessert containing rare hexose, D-psicose", *Food Control*, 18, 220-227, doi: 10.1016/j.foodcont.2005.09.019, (2007).

Sun, Y., Hayakawa, S., Ogawa, M., Fukada, K. and Izumori, K., "Influence of a rare sugar, D-psicose, on the physicochemical and functional properties of an aerated food system containing egg albumen", *J Agric Food Chem*, 56, 4789-4796, (2008).

Szczesniak, A. S., "Texture is a sensory property", *Food quality and preference*, 13 (4), 215-225, (2002).

Tang, S. Y., "Rare sugars: Applications and enzymatic production", *J Biocatal Biotransformation*, 1, 2, doi: 10.4172/2324-9099.1000e105, (2012).

Taylor, T. P., Fasina, O. and Bell, L. N., "Physical properties and consumer liking of cookies prepared by replacing sucrose with tagatose", *Journal of Food Science*, 73 (3), 145-151, doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00653.x, (2008).

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Bryne, D. H., "Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for

estimating antioxidant activity from guava fruit extracts”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 669-675, (2006).

Toors, F. A., “Chewing gum and dental health-literature review”, *Revue Belge de Medecine Dentaire*, 47 (3), 67-92, (1992).

Trahan, L., “Xylitol: A review of its action on mutans streptococci and dental plaque-its clinical significance”, *Int. Dent. J.*, 45, 77-92, (1995).

Turkmen, N., Sari, F., Poyrazoglu, E. S. and Velioglu, Y. S., “Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey”, *Food Chemistry*, 95, 653-657, doi: 10.1016/j.foodchem.2005.02.004, (2006).

Uhari, M., Kontiokari, T., Koskela, M. and Niemela, M., “Xylitol chewing gum in prevention of acute otitis media: Double blind randomized trial”, *British Medical Journal*., 313, 1180-1184, (1996).

Vitali, D., Dragojevic, I. V. and Sebecic, B., “Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits”, *Food Chemistry*, 114, 1462-1469, doi: 10.1016/j.foodchem.2008.11.032, (2009).

Washüttl, J., Riederer, P. and Bancher, E., “A quantitative study of sugar-alcohols in several foods”, *Journal of Food Science*, 38, 1262-1263, (1973).

Wijewickreme, A. N., Kitts, D. D. and Durance, T. D., “Reaction conditions influence the elementary composition and metal chelating affinity of nondialyzable model Maillard reaction”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4577-4583, (1997).

Winkelhausen, E. and Kuzmanova, S., “Microbial conversion of D-xylose to xylitol”, *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 86, 1-14, (1998).

Winkelhausen, E., Ruzica, J., Elena, V. and Slobodanka, K., “Sensory and microbiological quality of a baked product containing xylitol as an alternative sweetener”, *Int J Food Prop*, 10, 639-649, doi: 10.1080/10942910601098031, (2007).

Wolever, T., Piekarz, A., Hollands, M. and Younker, K., “Sugar alcohols and diabetes: A review”, *Can J Diabetes*, 26, 356-362, (2002).

Würsch, P., Koellreutter, B., Getaz, F. and Arnaud, M. J., “Metabolism of maltitol by conventional rats and mice and germ-free mice, and comparative

digestibility between maltitol and sorbitol in germ-free mice”, *British Journal of Nutrition*, 63, 7-15, (1990).

Yada, R. Y., Bryksa, B., Nip, W. “An introduction to food biochemistry”, (ed: B.K. Simpson), *Food Biochemistry and Food Processing*, USA: John Wiley & Sons, Inc., (2012).

Yagi, K. and Matsuo, T., “The study on long-term toxicity of D-psicose in rats”, *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 45, 271-277, (2008).

Yıldız, E., “Diyabet ve Beslenme”, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, (2008).

Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M, Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö. ve Kolaylı, S., “Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi”, *Akademik Gıda*, 8 (6), 44-51, (2010).

Yılmaz, Y. and Toledo, R., “Antioxidative activity of water-soluble Maillard reaction products”, *Food Chemistry*, 93, 273-278, doi: 10.1016/j.foodchem.2004.09.043, (2005).

Zamora, R. and Hidalgo, F. J., “Coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the nonenzymatic food browning”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45 (1), 49-59, doi: 10.1080/10408690590900117, (2005).

Zeng, Y., Zhang, X., Guan, Y. and Sun, Y., “Characteristics and antioxidant activity of Maillard reaction products from psicose-lysine and fructose-lysine model systems”, *Journal of Food Science*, 76 (3), 398-403, doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02072.x, (2011).

Zeng, Y., Zhang, X., Guan, Y. and Sun, Y., “Enzymatic hydrolysates from tuna backbone and the subsequent Maillard reaction with different ketohehexoses”, *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1293-1301, doi: 10.1111/j.1365-2621.2012.02973.x, (2012).

Zoulias, E. I., Piknis, S. and Oreopoulou, V., “Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies”, *J Sci Food Agric*, 80, 2049-2056, (2000).

Zumbe, A., Lee, A. and Storey, D., “Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery”, *British Journal of Nutrition*, 85, 31-45, doi: 10.1079/bjn2000260, (2001).

EKLER

6. EKLER

EK A 170 °C' de Pişirilen Bisküviler

Pişme süresi: 9 dak.

12 dak.

15 dak.



Kullanılan tatlandırıcı:

Sukroz

D-psikoz

Sorbitol

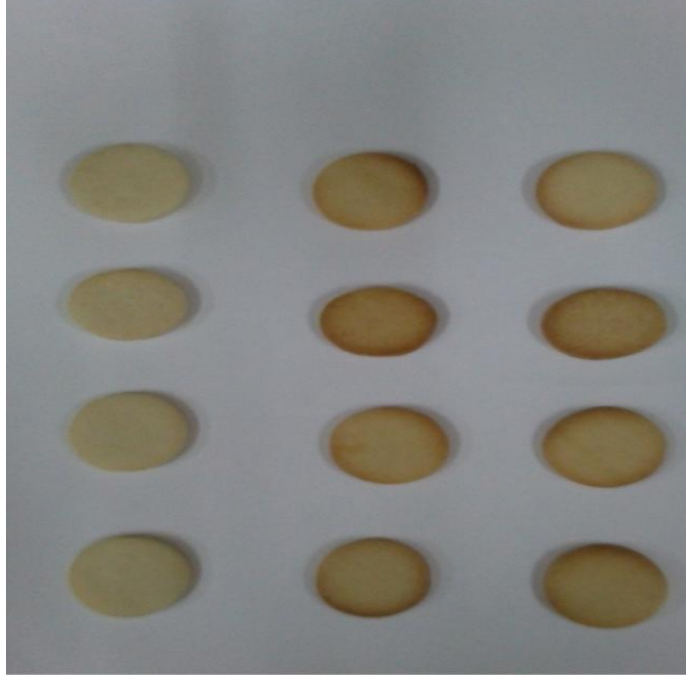
Ksilitol

EK B 200 °C' de Pişirilen Bisküviler

Pişme süresi: 9 dak.

12 dak.

15 dak.



Kullanılan tatlandırıcı:

Sukroz

D-psikoz

Sorbitol

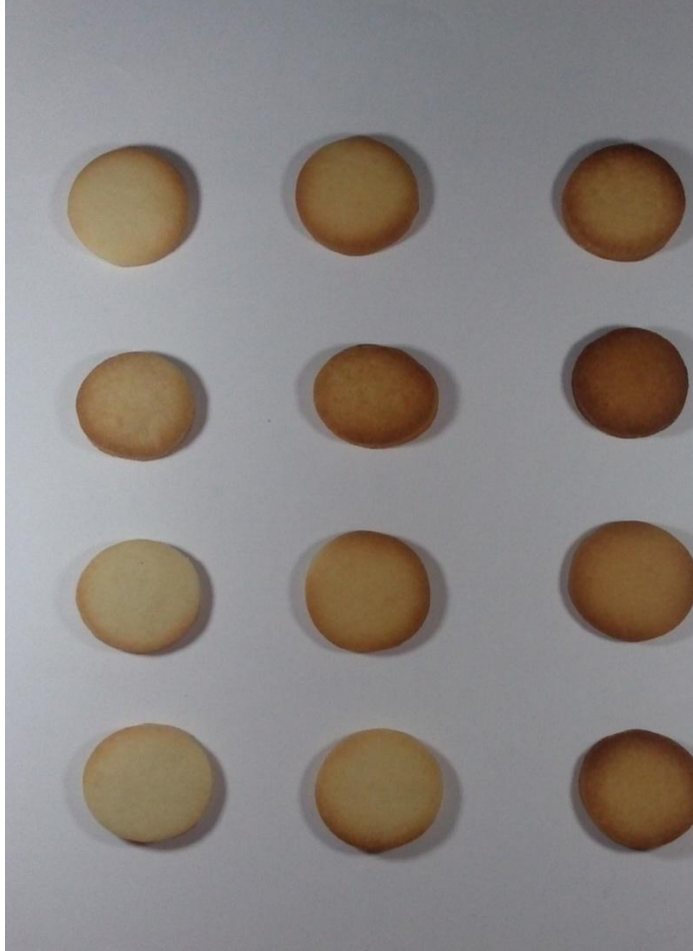
Ksilitol

EK C 230 °C' de Pişirilen Bisküviler

Pişme süresi: 9 dak.

12 dak.

15 dak.



Kullanılan tatlandırıcı:

Sukroz

D-psikoz

Sorbitol

Ksilitol

EK D Tektür Analizinde Kullanılan Ekipmanlar a) tekstür analizör b) silindirik başlık c) tree point bend

a



b



c



7. ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mehmet Güldane

Doğum Yeri ve Tarihi: Kütahya, 08.04.1985

Adres: Zeytinköy Mah. 5010 Sok. No: 5, Denizli

Lisans Üniversitesi: Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda
Mühendisliği Bölümü

Yayın Listesi:

Emine Nur Herken, **Mehmet Güldane**, “Tavşanlı Leblesi”, III. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 462-467, Konya, 10-12 Mayıs, (2012).

Emine Nur Herken, **Mehmet Güldane**, “Dünden Bugüne Çörekotunun Tıpta Kullanımı”, Merkez Efendi Geleneksel Tıp Günleri, Denizli, 21-23 Mayıs, (2012).

Emine Nur Herken, **Mehmet Guldane**, “Lump tarhana”, The 2nd International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus”, Struga (Ohrid Lake) / Macedonia, 24-26 October, (2013).