



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



ŞEKER İKAMESİ OLARAK KULLANILAN D-ALLULOZUN KEKLERİN BAZI FİZİKOKİMYASAL, TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mustafa ÖZGÜR

**BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Aşlı UÇAR**

**ANKARA
2022**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEKER İKAMESİ OLARAK KULLANILAN D-ALLULOZUN
KEKLERİN BAZI FİZİKOKİMYASAL, TEKSTÜREL VE
DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mustafa ÖZGÜR

**BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

DANIŞMAN

Prof. Dr. Aslı UÇAR

EŞ DANIŞMAN

Prof. Dr. Serkan YILMAZ

ANKARA

2022

Etik Beyan

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Şeker İkamesi olarak Kullanılan D-Allulozun Keklerin Bazı Fizikokimyasal, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkileri” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan hazırlanmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Mustafa ÖZGÜR

Tarih: 20.04.2022

İmza:

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalında
Mustafa ÖZGÜR tarafından hazırlanan
“Şeker İkamesi Olarak Kullanılan D-Allulozun Keklerin Bazı Fizikokimyasal,
Tekstürel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkileri” adlı tez çalışması
aşağıdaki jüri tarafından DOKTORA TEZİ olarak
OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 20/04/2022

İmza
Doç. Dr. Perim Fatma TÜRKER
Başkent Üniversitesi
Jüri Başkanı

İmza
Prof. Dr. Aslı UÇAR
Ankara Üniversitesi
Raportör

İmza
Doç. Dr. Ahmet Hulusi DİNÇOĞLU
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Üye

İmza
Prof. Dr. Nurcan YABANCI AYHAN
Ankara Üniversitesi
Üye

İmza
Doç. Dr. Hülya YARDIMCI
Ankara Üniversitesi
Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fügen AKTAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vii
Simgeler ve Kısaltmalar	viii
Şekiller	xi
Çizelgeler	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Allulozun Kimyasal Özellikleri	6
1.2. Alluloz Üretimi ve Alluloz İçeren Besinler	8
1.3. Allulozun Besin Sanayindeki Yeri	9
1.4. Allulozun Emilimi ve Metabolizması	10
1.5. Allulozun Sağlık Etkileri	11
1.6. Allulozun Güvenli Alım Düzeyi-Toksisitesi	13
2. Kek Hamurunu Oluşturan Temel Bileşenler	14
2.1. Un	17
2.2. Yağ	17
2.3. Süt	18
2.4. Tuz	18
2.5. Yumurta	19
2.6. Şeker	19
2.6.1. Keklerde Kullanılan Şeker İkameleri	20
2. GEREÇ ve YÖNTEM	22
2.1. Gereç	22
2.2. Yöntem	22
2.2.1. Kek Hamurunun Hazırlanması	22
2.2.2. Kek Hamurunun Pişirilmesi ve Depolanması	24
2.3. Analizler	25
2.3.1. Çözücü Tutma Kapasitesi	25
2.3.2. Hamur Yoğunluğu ve Hacmi	26
2.3.3. Hamur Yüksekliği Ölçümü	26
2.3.4. Kek Verimi ve Ağırlık Kaybı	26
2.3.5. Viskozite Analizi	26

2.3.6. Su Aktivitesi Analizi	27
2.3.7. pH Analizi	28
2.3.8. Titrasyon Asitliği Analizi	28
2.3.9. Kuru Madde Analizi	29
2.3.10. Kül Analizi	29
2.3.11. Renk Analizi	29
2.3.12. Tekstür Profil Analizi	31
2.3.13. Antioksidan Aktivite Analizi	32
2.3.14. İndirgen Şeker Analizi	34
2.3.15. Duyusal Analizler	37
2.3.16. Bir Porsiyon Kekin Enerji ve Makro Besin Ögesi Değeri	38
2.3.17. İstatistiksel Analiz	39
3. BULGULAR	40
3.1. Çözücü Tutma Kapasitesi	40
3.2. Kek Hamurunda ve Keklerde Fiziksel Analizler	41
3.3. Kek Hamurunun Viskozite Analizi	43
3.4. Keklerin Su Aktivitesi, pH ve Titrasyon Asitliği Analizi	45
3.5. Keklerin Kuru Madde ve Kül Analizi	47
3.6. Keklerin Renk Analizi	47
3.7. Keklerin Tekstür Profil Analizi	49
3.8. Keklerin Antioksidan Aktivite Analizi	51
3.9. Üretilen Keklerde İndirgen Şeker Analizi	53
3.10. Keklerde Yapılan Duyusal Analizler	54
3.11. Bir Porsiyon Kekin Enerji ve Makro Besin Ögesi Değeri	57
4. TARTIŞMA	58
4.1. Çözücü Tutma Kapasitesi	58
4.2. Kek Hamurunda ve Keklerde Yapılan Fiziksel Analizler	59
4.3. Kek Hamurlarının Viskozite Analizi	62
4.4. Keklerin Su Aktivitesi, pH ve Titrasyon Asitliği Analizi	64
4.5. Keklerin Kuru Madde ve Kül Analizi	68
4.6. Keklerin Renk Analizi	69
4.7. Keklerin Tekstür Profil Analizi	71

4.8. Keklerin Antioksidan Aktivite Analizi	74
4.9. Üretilen Keklerde İndirgen Şeker Analizi	76
4.10. Keklerde Yapılan Duyusal Analizler	78
4.11. Bir Porsiyon Kekin Enerji ve Makro Besin Ögesi Değeri	82
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	84
5.1. Sonuçlar	84
5.2. Öneriler	89
ÖZET	91
SUMMARY	92
KAYNAKLAR	93
EKLER	111
EK-1: Duyusal Değerlendirme Formu	111
ÖZGEÇMİŞ	112

ÖNSÖZ

D-Alluloz, fruktozun C3 epimeri olan bir monosakkarit ve doğal tatlandırıcıdır. Bu çalışma D-allulozun şeker ikamesi olarak keklerde kullanımının keklerin kalite parametreleri üzerine etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Akademik hayatım boyunca bana yol gösteren, doktora tez dönemim boyunca yardımlarını eksik etmeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Aslı UÇAR'a ve eş danışmanım sayın Prof. Dr. Serkan YILMAZ'a göstermiş oldukları ilgi, sevgi, anlayış ve üzerimdeki emeklerinden dolayı teşekkür ederim. Akademik bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen tüm Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü hocalarıma saygılarımı sunarım. Doktora eğitiminin önemini her zaman vurgulayan ve akademik olarak gelişmeye katkı sağlayan Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Bölüm Başkanı sayın Doç. Dr. Ahmet H. DİNÇOĞLU'na gönülden saygı ve sevgilerimi sunarım. Akademik hayatın bana kazandırdığı arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Hacı Ömer YILMAZ'a, Arş. Gör. Dr. Çağdaş Salih MERİÇ'e ilgi, sabır ve anlayışlarından dolayı, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü çalışma arkadaşlarıma anlayış ve desteklerinden dolayı ve Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesinin değerleri akademisyenlerine desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca her zaman daha iyisini yapabileceğime yürekten inanan babam Haydar ÖZGÜR'e, herşeye rağmen gülümseyebilmemi sağlayan annem Fatma ÖZGÜR'e sonsuz sevgilerimi ve saygılarımı; sevgisini, saygısını, anlayışını, ilgisini, emeğini esirgemeyen, sırdaşım, yoldaşım, hayat arkadaşım Elif Büşra ÖZGÜR'e, hayatın bana kattığı en değerli varlıklar olan ablam Merve ÖZGÜR TAŞPINAR, abim Kadir TAŞPINAR, kardeşim Furkan ÖZGÜR ve yeğenlerim ile bu süreçte desteğiyle yanımda olan Ali, Huriye, Erdem ve Alper KADAYİFCİOĞLU'na candan sevgilerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
a*	Yeşillik-Kırmızılık
AACC	American Association for Cereal Chemistry/ Amerikan Tahıl Kimyagerleri Birliği
AOAC	The Association of Official Analytical Chemists/ Resmi Analitik Kimyacılar Birliği
aw	Water activity/ Su aktivitesi
b*	Mavilik-Sarılık
BEBİS	Beslenme Bilgi Sistemleri
BOH	Bulaşıcı Olmayan Hastalıklar
C-	Karbon
CAS	Chemical Abstracts Service/Kimyasal Özetler Servisi
cm	Santimetre
COSI-TUR	Türkiye Çocukluk Çağı Şişmanlık Araştırması
ÇTK	Çözücü Tutma Kapasitesi
dk	Dakika
DPPH	2,2-difenil1-pikrilhidrazil
DSÖ/WHO	Dünya Sağlık Örgütü/ World Health Organization
F	Faktör
g	gram
GRAS	Genel Olarak Güvenli
GRN	Genel Olarak Güvenli Bildirisi Numarası
H ₂ O	Su

I	Yüzde inhibisyon
ISO	International Organization for Standardization /Uluslararası Standartlar Teşkilatı
IUPAC	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
kg	kilogram
Kİ	Kahverengileşme İndeksi
kcal	Kilokalori
L	Litre
L*	Siyahlık-Beyazlık
LA	Laktik Asit
LD	Letal doz
mg	miligram
mL	mililitre
mm	milimetre
mPa.s	milipaskal/saniye
N	Normal
NaOH	Sodyum Hidroksit
nm	Nanometre
No	Numara
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
Ort	Ortalama
pH	Power of Hidrojen-Hidrojen Gücü
rpm	Dakikada devir sayısı
RSA	Radikal Süpürücü Aktivite
s	Saniye

SPSS	Statistical Package for the Social Sciences/ Sosyal Bilimler İstatistik Paketi
SS	Standart sapma
TBSA	Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması
TÖBR	Türkiye'ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜBER	Türkiye Beslenme Rehberi
va	vücut ağırlığı
α	Alfa
ΔE	Delta E (Toplam renk farkı)

ŞEKİLLER

Şekil 2.1.	Çalışmada kullanılan viskozimetre cihazı	27
Şekil 2.2.	Çalışmada kullanılan su aktivitesi cihazı	28
Şekil 2.3.	Çalışmada kullanılan renk analiz cihazı	30
Şekil 2.4.	Çalışmada kullanılan tekstür profil analiz cihazı	32
Şekil 2.5.	Spektrofotometri cihazında antioksidan kapasite ölçümü	33
Şekil 2.6.	Çalışmada kullanılan stomacher cihazı	34
Şekil 2.7.	Çalışmada kullanılan manyetik karıştırıcı	35
Şekil 2.8.	Panelistlere uygulanan duyu analizi örneği	38
Şekil 3.1.	Üretilen kek örnekleri	42
Şekil 3.2.	Farklı dönüş hızlarında (rpm) görülen viskozite analizi	44
Şekil 3.3.	Keklerin farklı günlerde toplam radikal süpürme aktivitesi	52

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1.	D-Allulozun bazı kimyasal özellikleri	7
Çizelge 1.2.	Bazı besinlerin D-alluloz içeriği	9
Çizelge 1.3.	Karıştırma, pişirme, soğutma ve saklama sırasında keklerdeki bileşenlerin işlevleri	16
Çizelge 2.1.	Şekerlerin kimyasal özellikleri	23
Çizelge 2.2.	Çalışmada kullanılan kek reçeteleri	23
Çizelge 2.3.	Tekstür profil analizi cihaz çalıştırma parametreleri	31
Çizelge 3.1.	Unların çözücü tutma kapasitesi	40
Çizelge 3.2.	Kek hamuru ve keklerde yapılan fiziksel analiz sonuçları	42
Çizelge 3.3.	Kek hamurlarının viskoziteleri	44
Çizelge 3.4.	Keklerin su aktivitesi, pH ve titrasyon asitliği analizi	46
Çizelge 3.5.	Keklerin kuru madde ve kül analizi	47
Çizelge 3.6.	Keklerin renk analizi	49
Çizelge 3.7.	Tekstür profil analizi	50
Çizelge 3.8.	Keklerin toplam radikal süpürme aktivitesi	51
Çizelge 3.9.	Keklerin indirgen şeker ve toplam şeker oranları	54
Çizelge 3.10.	Keklerde yapılan duyusal analiz	56
Çizelge 3.11.	Keklerin enerji ve makro besin ögesi değeri	57

1. GİRİŞ

Toplumlarda doğumdan itibaren sağlıklı beslenme ve sağlıklı yaşam alışkanlıklarının benimsenmesi, sürdürülmesi ve takip edilmesi koruyucu sağlık hizmetleri arasında yer almalıdır (Ölmez ve Öner, 2021). Sağlıklı beslenme; anne ve çocuk sağlığının korunması, daha güçlü bağışıklık sistemi, ve daha düşük bulaşıcı olmayan hastalık (BOH) riski nedeniyle uzun ömür ile ilişkilendirilmektedir. Sağlıksız beslenme ise her açıdan insan sağlığı için önemli tehditler oluşturmaktadır. Günümüz dünyasında özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde hem malnütrisyon hem de obezite önemli bir halk sağlığı sorunu olmuştur (WHO, 2022a). Obezite, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, diyabet ve kronik akciğer hastalığı gibi BOH'lar dünya çapındaki tüm ölümlerin neredeyse %70'inden sorumludur. Dünya genelinde bütün BOH ölümlerinin yaklaşık olarak dörtte üçü; erken veya 70 yaşına gelmeden ölen 16 milyon insanın yaklaşık %82'si düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelmektedir. Fiziksel inaktivite, tütün ve alkol kullanımı ile sağlıksız beslenme alışkanlıkları BOH'ların dört temel risk faktörüdür (WHO, 2022b).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) obezitenin günümüzün en önemli ve en ihmal edilen halk sağlığı sorunu olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında, dünyanın birçok ülkesinde hafif şişmanlık ve obezitenin, artık 'globesity' olarak adlandırıldığını belirtmektedir (WHO, 2020a). Obezite, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri tehdit eden, sosyal ve psikolojik boyutlarıyla tüm yaş ve sosyoekonomik grupları etkileyen bir durumdur (Blüher, 2019). Obezite durumu cinsiyete göre farklılık göstermektedir. Erkeklerde genelde hafif şişmanlık daha fazla görülürken, kadınlarda obezite daha fazla görülmektedir (Chooi ve ark., 2019). Her iki cinsiyet için de bu durum diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon ve bazı kanser türleri gibi endokrin hastalıklar açısından büyük bir risk oluşturmaktadır. Bu olası sağlık sonuçları, erken ölüm riskinin artması ve azalan genel yaşam kalitesi ile ilişkilidir (WHO, 2020b).

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre dünya genelinde 1975 yılından 2016 yılına kadar obezite prevalansı yaklaşık olarak 3 kat artmıştır. 2016 yılında dünya erişkin popülasyonunun %16'sı (erkeklerde %11, kadınlarda %15) obezdir. Dünya genelinde özellikle az ve orta gelişmiş ülkelerdeki 5 yaş altı çocuklarda obez çocukların sayısının 39 milyon; 5-19 yaş arası çocuk ve adölesan 340 milyon olduğu (WHO, 2020a); sağlığı destekleyici politikaların yetersiz olması ile ilişkili çevresel ve toplumsal değişiklikler nedeniyle de 5-19 yaş adölesanlarda 2016 yılında hafif şişman ve obez olanların prevalansının %18 olduğu rapor edilmiştir (WHO, 2020b).

Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA)'nda Türkiye'de 18 yaş üstü bireylerde obezite prevalansının %30,3 (erkeklerde %20,5, kadınlarda %41,0) olduğu saptanmıştır (TBSA, 2010). Dünya Sağlık Örgütü'nün 2016 verilerine göre Türkiye; %29,5 prevalans ile Avrupa'da obezite prevalansının en yüksek olduğu ülkedir (WHO, 2017). Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nün 2017 raporunda ise Türkiye'de 20 yaş üstü yetişkinlerde obezite prevalansının %22,3 olduğu bildirilmiştir (OECD, 2017). Türkiye Çocukluk Çağı Şişmanlık Araştırması (COSI-TUR)-2016'ya göre Türkiye'de ilkökul 2. sınıfa giden 7-8 yaş grubundaki çocukların %9,9'u obezdir (Özcebe ve ark., 2017). COSI-TUR 2013 çalışması ile karşılaştırıldığında çocuklarda obezitenin üç yılda %19,3 oranında arttığı görülmektedir (Özcebe ve ark., 2014).

Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi'nde (TÖBR) sağlıklı beslenme; yenilen besinden zevk alarak, çeşitli ve dengeli beslenerek, tüm besin öğelerinin bireye özel gereksinim duyulan miktarlarda alınması ve ideal vücut ağırlığının sürdürülmesi olarak tanımlanmaktadır. Bilimsel araştırmalarda, bireylerin büyüme, gelişme ve sağlıklı olarak uzun süre yaşaması için makro ve mikro besin öğelerine gereksinimi olduğu bildirilmektedir. Bu besin öğelerin her birinden günlük ne kadar alınması gerektiği belirlenmiştir ve bunlardan herhangi biri alınmadığında, gereksiniminden az ya da çok alındığında, büyüme ve gelişmenin engellendiği ve sağlığın bozulduğu belirtilmektedir (TÖBR, 2015).

Dünya Sağlık Örgütü besinlerin yapısında doğal bulunan şeker dışında tüketici tarafından tüketilen serbest şekerlerin günlük tüketim miktarının günlük alınması gereken enerjinin %10'unu geçmemesi gerektiğini belirtmiştir (WHO, 2015). Türkiye Beslenme Rehberi'nde (TÜBER) günlük diyetle tüketilen toplam şeker miktarını besinlerin doğal olarak yapısında bulunan ve besinlerin işlenmesi sırasında ilave edilen (eklenen şeker) şekerlerin toplam enerjinin %10'unu geçmemesi gerektiği bildirilmektedir. Aynı zamanda şeker kaynağı olarak 'sütte bulunan laktoz, meyvelerde bulunan fruktoz vb. gibi besinlerde doğal bulunan şekerler ve şekerli içecekler (kolalı, meyveli, gazlı içecekler, limonata), şekerler, şekerlemeler, kekler, pastalar, turtalar, kurabiyeler, meyve nektarları, hamur işi tatlılar, helvalar, sütlü tatlılar, dondurma, tatlı yoğurt, reçel, marmelat, şekerli hazır sütler, çikolata ve şeker ilave edilmiş tahıl ürünleri gibi ilave (eklenen) şeker' gösterilmiştir (TÜBER, 2016).

Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA) 2010 ve TBSA 2017 verilerine göre 19 yaş ve üzeri bireylerde günlük ortalama şeker ve şekerli besinlerin tüketim miktarı erkeklerde sırasıyla 36,6 ve 34,9 g'dır. Kadınlarda ise şeker ve şekerli besin tüketimi sırasıyla 28,7 ve 26,4 g'dır. Her iki cinsiyet için toplam tüketim miktarları ise TBSA 2010 için 33,0 ve 2017 için 30,6 g/gün olduğu bildirilmiştir.

Şeker (sükroz), dünya çapında kullanılan temel tatlandırıcıdır ve bu nedenle besin sanayinde önemli bir bileşendir. Bununla birlikte, diyetteki yüksek şeker başta obezite olmak üzere birçok kronik hastalığa yol açmaktadır (Ofei, 2005; WHO, 2015). Yapılan çalışmalarda hafif şişmanlık ve obezite ile şeker içeren besinlerin tüketim miktarı arasında doğrudan ve dolaylı pozitif bir ilişki saptanmıştır (Brand-Miller ve Barclay, 2017; Rippe ve Angelopoulos, 2016 ve Shonkoff ve ark., 2017). Bu durum önümüzdeki yıllardaki obezite ve obeziteye bağlı gelişen hastalık prevalansının endişe verici düzeylere ulaşabileceğini göstermektedir (Kartiosuo ve ark., 2019). Bunun yanı sıra bireysel olarak günlük alınan enerjinin yağ ve şekerden gelen miktarının azaltılması, meyve ve sebzeler ile beraber kuru baklagil, kepekli tahıl ve yağlı tohum tüketiminin artırılması ve düzenli fiziksel aktivite ile aşırı şişmanlık ve obezitenin

önüne geçilebileceği bütün sağlık otoriteleri tarafından kabul görmektedir (Wadden ve Bray, 2018). Ayrıca son yıllarda şekerle tatlandırılmış yiyecek ve içecekler vergi eklenmesi, bu ürünlere ulaşılabilirliğin azaltılması açısından önerilmektedir (Backholer ve ark., 2018).

Günümüzde toplam şeker ve enerji alımını kısıtlamak için besin sanayinde şeker ikamesi olarak doğal ve yapay tatlandırıcı içeren ürünler kullanılmaya başlamıştır. Başta Tip 2 diyabet hastaları olmak üzere, vücut ağırlığını kontrol etmek isteyen bireylerin bu ürünlere olan ilgisi artış göstermektedir (Sungur ve İşgören, 2019). Bu ürünler daha az enerji içermeleri ve şekerle kıyasla daha fazla tatlı tat oluşturmalarına rağmen, doyumluk oluşturmamaları, insülin salınımını uyarmamaları ve dopamin salınımını uyarak bağımlılık benzeri etkiler göstermeleri nedeniyle sağlık endişelerinin artmasına neden olmuştur (Kakleas ve ark., 2020; Van Opstal ve ark., 2021). Tüketiciler bu ürünleri tükettiğinde endokrin sistemi etkilememesini ve toksik etkiler göstermemesini beklemektedir (Sungur ve İşgören, 2019).

Aşırı şeker tüketiminin insan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı besinlerdeki şeker içeriği azaltılarak veya yapay tatlandırıcılar kullanılarak düşük şekerli ve düşük enerjili besinler üretilmeye başlanmıştır. Ancak yapay tatlandırıcıların sağlığa olumsuz etkileri konusunda yapılan çalışmalar örnek gösterilerek alternatif olarak doğal tatlandırıcıların tercih edilmesi gündeme gelmiştir (Aydın ve ark., 2022).

Tatlandırıcılar doğada bulunabilen ya da kimyasal olarak sentezlenebilen, tatlandırıcı ajan olarak kullanılan kimyasal bileşiklerdir. Binlerce yıldan beri insanlar diyetlerinde meyve ve baldan elde edilen doğal şekerleri kullanmaktadır. 20. yüzyılın başlarında ise sükröz, tüketiciler ve besin sanayi tarafından kullanılan temel tatlandırıcı olmuştur (Caracho ve ark., 2017). Ancak, tüketiciler tatlandırıcılardan sadece tatlı tadı algılamak değil, aynı zamanda sağlığı koruyucu etkileri olmasını da beklemektedir. Bu nedenle doğal olarak bulunan veya besinlere sonradan eklenen

doğal tatlandırıcı maddeler, insan beslenmesinde son derece önemli bir hale gelmiştir (Grembecka, 2015).

Tatlandırıcılar temel olarak kökenlerine (doğal veya sentetik) ve besin değerine (enerji içeren ve enerji içermeyen) göre sınıflanmaktadır. Aspartam, sakkarin, sükraloze, siklamat ve asesülfam-potasyum besinlerde ve içeceklerde sıklıkla kullanılan enerji içermeyen veya çok düşük enerji içeren tatlandırıcılardır. Bazı klinik rehberlerde geçmiş yıllarda enerji alımını kısıtlama stratejisi olarak sükröz ve fruktoz içeren enerji yoğunluğu yüksek besinlerin yerine bu tatlandırıcıların kullanılması tavsiye edilmiştir (Gardner ve ark., 2012). Fakat 21. yüzyılda obezite epidemisinin büyümeye devam etmesi nedeniyle bilimsel örgütler ile tüketiciler arasında bu tatlandırıcıların obezite üzerine etkisi ile alakalı bir tartışma başlamıştır (Suez ve ark., 2016). Bazı gözlemsel çalışmalar enerji içermeyen tatlandırıcıların vücut ağırlığının kontrolünde yararlı etki gösterdiğini belirtirken, diğer bazı çalışmalar bu tatlandırıcıların besin alımını başka alternatiflerle telafi edileceği için besin alımını arttıracaklarını belirtmektedir (Mattes, 2016; Mattes ve Popkin, 2009).

D-Allulose monosakkaritlerin doğada nadir bulunan türevleri olarak adlandırılan (*Rare Sugars*), doğada nadir olarak bulunan şekerler grubundan bir monosakkarittir (Hossain ve ark., 2015). İlk izole edildiğinde D-psikoz (D-ribo 2- heksüloz) olarak adlandırılan D-allulose; neredeyse sıfır enerji içeren, glukoz ve yağ metabolizmasında önemli bir regülatör olarak görev alan bir doğal tatlandırıcıdır (Matsuo ve ark., 2002; Matsuo ve Izomuri, 2009). Doğal olarak sebze ve meyvelerde oldukça az miktarda bulunduğu için nadir şeker olarak adlandırılan D-allulose, sükrözün %70'i kadar tatlılık derecesine sahiptir (Iida ve ark., 2010).

Son yıllarda besin sanayinin giderek gelişmesi, bu alanda yer alan firmaların ekonomik çıkarlarını korumak için sürekli yeni ürünleri piyasaya sürmeleri ile doğrudan ve dolaylı olarak şeker içeren besinlerin sayısı giderek artmıştır (Borges ve

ark., 2017). Kolay ulaşılabilir olmaları ve hedonik sistemi uyarak yeniden tüketme isteği oluşturmaları bu ürünlere olan ilgiyi de artırmıştır (Ural ve Alphan, 2019).

Ülkemizde ve dünyanın birçok bölgesinde kekler ilave şeker içeren yüksek besleyici olan özellikleri nedeniyle sıklıkla tüketilen farklı karışımlar ve şekillerde üretilen unlu mamul ürünleridir. Unlu mamuller içerisinde kek üretimi ve tüketimi, ekmek ve bisküviden sonra 3. sırada yer almaktadır (Tuncel ve Demirci, 2006).

Bu çalışmanın amacı tüketiciler tarafından ekmek ve bisküviden sonra en sık tüketilen unlu mamul olan keklerdeki şeker içeriğinin azaltılması amacıyla sü kroza kıyasla %70 daha az tatlılık derecesine sahip olan D-allulozun şeker ikamesi olarak kek üretiminde kullanımı ve D-alluloz ile üretilen keklerin bazı fizikokimyasal, tekstürel ve duyu sal özelliklerinin belirlenmesidir.

1.1. Allulozun Kimyasal Özellikleri

Nadir bir monosakarit olan D-alluloz (veya D-psikoz), C3 pozisyonunda D-fruktozun biyoaktif bir epimer ürünüdür. Aldehit yapısında olan D-allozdan dolayı D-alluloz teriminin kullanılmasının daha doğru olduğu bildirilmiştir. Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) tarafından sistematik olarak D-ribo-2-hekzüloz olarak adlandırılmıştır. D-Allulozun moleküler formülü (CAS No. 551-68-8) $C_6H_{12}O_6$ ve moleküler ağırlığı 180,16 g'dır (Fukada ve ark., 2010). Doğada özellikle Amerika kıtasında yaz aylarında yetişen bazı bitkilerin (*İtea* bitkisi gibi) ve buğdayın yapısında bulunan D-alluloz (Ayers ve ark., 2014; Poonperm ve ark., 2007), nadir olarak bakterilerde de (Zhang ve ark., 2009) bulunmaktadır. Fakat hayvansal kaynaklı besinlerde hiç rastlanmamaktadır. Kokusuz beyaz bir toz olan D-alluloz, oda sıcaklığında suda kolaylıkla çözünabilmektedir. D-Alluloz'un bazı kimyasal özellikleri Çizelge 1.1.'de gösterilmiştir (Fukada ve ark., 2010; Mu ve ark., 2012).

Çizelge 1.1. D-Allulozun bazı kimyasal özellikleri

Özellik	Değer
Ailesi	Ketohegsoz karbonhidrat (D-fruktozun C3 epimeri)
Molekül formülü	C ₆ H ₁₂ O ₆
CAS	551-68-8
PubChem CID	90,008
Molekül ağırlığı	180,16g/mol
Fiziksel formu	Beyaz katı kristal
Kristalize	β- D-piranoz
Koku	-
Erime sıcaklığı	96°C
Optik rotasyon	(α) ²⁰ /D=-85°C (c=1, H ₂ O)
Çözünürlük	25°C' de %74, 50°C'de %83
Tatlılık (sükroza göre)	%30 daha az
Aminokarbonil reaksiyonu	Evet

D-Allulozun yapısında aktif bir keton grubu bulunmakta ve bu nedenle D-glukoz ve D-fruktoz gibi indirgeyici özellik göstermektedir. Yapısındaki aktif keton grubu sayesinde ısıtıl işlem sonucunda D-glukoz ve D-fruktoza göre daha iyi maillard reaksiyonu vermektedir (Sun ve ark., 2004). Sükrozun yapısında ise aktif aldehit veya keton grubu bulunmadığı için indirgeyici özellik göstermemektedir. Sükroza göre eş değer tatlılığı %30 daha azdır ve 96°C'de eriyerek karamelize olmaktadır (Mu ve ark., 2012). Bu nedenle kullanıldığı besinin rengini etkilemektedir (Sun ve ark., 2006). Ayrıca, kullanıldığı besine nemlilik katarak kurumayı da önlemektedir. D-Alloz gibi bir kriyoprotektan etki göstererek, özellikle dondurma ürünlerinde besin kalitesini bozacak büyük buz kristallerinin oluşmasını engellemektedir (Lim ve Oh., 2011).

1.2. Alluloz Üretimi ve Alluloz İçeren Besinler

D-Alluloz, ilk olarak 1994 yılında Japon bilim adamı tarafından D-tagatoz 3-epimeraz enziminin D-fruktozu D-alluloza dönüştürmesini keşfetmesi ile araştırılmaya başlanmıştır (Itoh ve ark., 1994). D-Allulozun karbonhidrat ve yağ metabolizması üzerine etkilerinin gösterilmesiyle D-alluloza olan ilgi artmıştır. D-Allulozun doğada nadir olarak bulunması nedeniyle besin sanayinde mikrobiyal ketoz epimeraz enzimleri ile ticari olarak D-alluloz sentezlenmeye başlamıştır (Li ve ark., 2013).

D-tagatoz 3-epimeraz (DTEazlar) ailesi, ketoz monosakkaritlerinin C3 pozisyonunun izomerizasyonunu katalize eden bir tür enzimdir ve aynı zamanda nadir şekerlerin üretiminde çekirdek enzimdir (Jia ve ark., 2014). D-Tagatoz 3-epimeraz, D-psikoz 3-epimeraz ve ketoz 3-epimerazlar D-fruktozun D-alluloza dönüşümünü sağlayan aynı karakterdeki enzimlerdir (Mu ve ark., 2013; Yoshida ve ark., 2007 ve Yoshida ve ark., 2019).

D-tagatoz 3-epimeraz enzimini kodlayan genler öncelikle *Agrobacterium tumefaciens* (Kim ve ark., 2006), *Rhodobacter sphaeroides* SK011 (Zhang ve ark., 2008), *Clostridium cellulolyticum* H10 (Mu ve ark., 2011), *Ruminococcus* spp. (Zhu ve ark., 2012), *Thermotoga maritima* (Sakuraba ve ark., 2009) ve *Clostridium scindens* (Mu ve ark., 2013) bakterilerinden izole edilmiştir. Günümüzde *Escherichia coli* ve *Bacillus subtilis*'ten elde edilen enzimlerin rekombinant suşlarından biyokatalizörler yardımıyla da üretilmektedir. Ancak bu yöntemde maliyetin yüksek olması ticari olarak D-allulozun fiyatı da yükselmektedir (Park ve ark., 2016).

Tatlandırılmış besinler de dahil olmak üzere batı tarzı bir diyetin yaklaşık 500 mg'dan daha az D-alluloz tahmin edilmektedir. Ancak şeker ikamesi olarak kullanıldığında, tüketilen besine bağlı olarak 10-30 g kadar D-alluloz almak

mümkündür (Daniel ve ark., 2021). D-Alluloz ayrıca meyve suyu, meyve gevreği, *worcestershire* (İngiliz fermente çeşnisi) sosu ve gazlı içecekler gibi fruktoz veya fruktoz içeren besinlerde pişirme işlemleri sırasında da oluşmaktadır. Oshima ve ark. (2006) bir günlük D-alluloz alımını tespit etmek için yaptıkları bir çalışmada ketçap, konserve meyve ürünleri, karamel sos gibi fruktoz içeren bir diyetin yaklaşık 206 mg D-alluloz içerdiğini rapor etmişlerdir. Tespit edilen bazı besinlerin D-alluloz içeriği Çizelge 1.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. Bazı besinlerin D-alluloz içeriği (Oshima ve ark., 2006)

Şekerleme ürünleri	mg/100 g	Baharatlar ve içecekler	mg/100 g
Pandispanya	11,0	Karamel sos	83,0
Mısır gevreği	11,2	Kahverengi şeker	71,1
<i>Kawara senbei</i> * (pirinç krakeri)	27,3	Demi glase sos	16,3
<i>Tinsukou</i> * (kurabiye)	26,7	Ketçap	39,8
Çikolatalı kurabiye*	6,4	Kola	38,3
		Meyve suyu	21,5
Meyveler mg/100 g			
Kuru üzüm	38,7	Kurutulmuş kivi	9,4
Kuru incir	29,6	Mandalina konservesi	8,4

*Japon yöresel ürünleri

1.3. Allulozun Besin Sanayindeki Yeri

D-Alluloz, çok düşük seviyede enerji içermesi ve doğal tatlandırıcı olarak düşünülmesi nedeniyle besin sanayi için yeni bir çalışma alanı olarak görülmektedir (Hadipernata ve ark., 2016). Sükrozun ikamesi olarak kullanıldığında şekerlemelerde daha gevrek bir yapı oluşturan D-alluloz, aynı zamanda yüksek antioksidan etki göstermektedir (O'Charoen ve ark., 2014). Yapılan bir çalışmada pudinglerde sükrozun ikamesi olarak kullanılmış ve sükroza göre daha yüksek kırılma mukavemeti ve viskoelastisite gösterdiği saptanmıştır (Sun ve ark., 2006). Ayrıca sükroz ve fruktoz

ile karşılaştırıldığında yumurta akında daha dengeli fom oluşturduğu bildirilmiştir (Sun ve ark., 2008).

Yapılan başka bir çalışmada ise D-alluloz içeren formula mamalarda nişasta kaynaklı retrogradasyonun daha az olduğu saptanmıştır (Ilhan ve ark., 2020). Bunun yanında, D-allulozun besinin jelleşme özelliklerini geliştirme, lezzetini arttırma ve yemek sırasında besinde oluşan oksidasyon derecesini azaltma gibi etkileri bulunmaktadır (Oshima ve ark., 2014, Zeng ve ark., 2013).

D-Alluloz, alkolsüz içeceklerde, tuzlu yemeklerde (çorbalar, soslar, salatalar ve turşular), ilaçlarda (jelleştirici olarak), fırıncılık ürünlerinde, dondurma, yoğurt ve diğer besinlerde enerji azaltıcı etkisinin yanı sıra; ekmek, bisküvi, çavdar unundan yapılan keklerde kıvam arttırıcı ve stabilize edici ajan olarak kullanılmaktadır (Jiang ve ark., 2020). Bu özellikleri nedeniyle et işleme teknolojisinde de etkileri olabileceği düşündürmüş ve bu alanda da araştırmalar başlamıştır (Hadipernata ve ark., 2016). D-Allulozun hem kullanıldığı besinlerin özelliklerini geliştirmesi hem de sağlık üzerine olumlu etkilerinden dolayı yaşam tarzı değişikliği ile beraber diyetle yer alması önerilmektedir (Özgür ve Uçar, 2019).

1.4. Allulozun Emilimi ve Metabolizması

Diyetle alınan karbonhidratlar tükürükte ve pankreastan salınan alfa amilaz, alfa glikosidaz ve disakkaridaz enzimleri ile monosakkaritlere parçalanarak enerji gerektiren ve gerektirmeyen taşıma sistemleri sayesinde enterositlere ve daha sonra kana geçmektedir (Smith ve ark., 2007). Bir monosakkarit olan D-allulozun bağırsaktan emilimi üzerine yapılan bir hayvan deneyinde 5 g/kg/va D-allulozun yaklaşık %25'inin idrarda atıldığı gösterilmiştir. Ayrıca oral yolla uygulanan D-allulozun yaklaşık %98'inin 6 saat içinde idrarda atıldığı bildirilmiştir (Matsuo ve ark.,

2003). Bu nedenle D-allulozun bağırsaklardan emildiği fakat metabolize olmadığı söylenebilmektedir. Iida ve ark. (2010) yaptığı çalışma da bu sonucu desteklemektedir.

İnsanlarda D-allulozun Emilimi ve Metabolizması deney hayvanlarından farklıdır. Ortalama vücut ağırlığına sahip bir insan için hesaplanan (20 g) D-allulozun mL'lik bir çözelti halinde uygulandığı bir çalışmada, emilim oranının %66-80 arasında olduğu gösterilmiştir (Iida ve ark., 2010). Bu oranın bir şeker alkolü olan eritritolün emilme oranı ile (%90) benzer olduğu düşünülmektedir (Oku ve Okazaki, 1996).

1.5. Allulozun Sağlık Etkileri

D-Alluloz bir monosakkarit olmasına rağmen, monosakkarit metabolizması üzerine etkileri glukoz ve fruktozdan farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar nedeniyle yapılan çalışmalarda, D-allulozun kan glukozunu ve lipitlerini düşürücü, antiinflamatuvar ve nöroprotektif etkileri olduğu gösterilmiştir (Hayashi ve ark, 2010; Matsuo ve ark, 2001; Moller ve Berger, 2003 ve Takata ve ark., 2005). Sun ve ark. (2006) ve Sun ve ark.'nın (2008) yaptıkları çalışmalarda bu etkilerin yanında, D-allulozun kullanıldığı besinde radikal süpürücü aktivitesini araştırmış ve besinin antioksidan kapasitesini arttırdığını saptamışlardır. Ancak bu çalışmalar hayvan veya insan çalışması ile desteklenmemiştir.

D-Allulozun hipoglisemik etkisi ince bağırsaklarda alfa glikosidaz enzimini inhibe etmesi, glukoz ve fruktozun emilimini inhibe etmesi, pankreasın beta hücre fonksiyonunu koruması ve geliştirmesi, karaciğerde ise glikokinaz enzim aktivitesini uyarması ile açıklanmaktadır (Hossain ve ark., 2011; Hossain ve ark., 2015 ve Shintani ve ark., 2017). Natsume ve ark. (2021) yüksek sükroz ile indüklenen insülin direnci geliştirilmiş bir hayvan modeli çalışmasında D-allulozun etkisini incelemiş ve sonuçta D-allulozun insülin direncini iyileştirdiğini, tümör nekrozis faktör alfa seviyelerini düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Yagi ve Matsuo (2009), 18 ay boyunca %3 D-alluloz ile beslenen ratlarda aynı oranlarda sükroz ile beslenen ratlara kıyasla daha düşük ağırlık artışı ve abdominal adipoz doku artışı olduğunu rapor etmiştir. D-allulozun adipoz dokuyu 3T3-L1 preadiposit farklılaşması ve diğer adipojenik gen salınımlarını inhibe ederek etkilediği bildirilmiştir (Seohyun ve ark., 2020). Chen ve ark. (2019) D-alluloz takviyesinin diğer karbonhidratlara kıyasla minimum yağ dokusu birikimine neden olmasının yanında, kan lipid profilini ve antioksidan aktivitesini de geliştirdiğini rapor etmişlerdir. Lipid profili üzerine olan bu etki süksinat dehidrogenaz, hepatik lipaz ve hormon duyarlı lipaz enzim aktivitelerinin artışı, aynı zamanda yağ asidi sentaz ve asetil CoA karboksilaz enzim aktivitesinin baskılanması ile açıklanmıştır.

Glukoz, fruktoz ve diğer nadir şekerler ile karşılaştırıldığında D-allulozun reaktif oksijen radikallerini temizlemede daha etkili olduğu gösterilmiştir (Murata ve ark., 2003). Yapılan bir çalışmada da reaktif oksijen türlerini temizleyerek, fitalik asit kaynaklı testis hasarını önlediği saptanmıştır (Suna ve ark., 2007). Yapılan başka bir çalışmada ise PC12 hücrelerinde 6-hidroksidopamin kaynaklı apoptoza karşı nöroprotektif etki gösterdiği ve hücre içi glutatyon seviyelerini artırarak nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde potansiyel bir etkisi olabileceği rapor edilmiştir (Takata ve ark., 2005).

D-Allulozun bu pozitif sağlık etkilerinin yanında son yıllarda prebiyotik etkisi üzerine de durulmuştur. Do ve ark. (2019) D-allulozun sinbiyotik karışımlar ile lipid metabolizmasında ve diyetle indüklenen obezitenin kontrol edilmesine katkı sağlayacağını bildirmiştir. Kim ve Han (2019) D-alluloz eklenmiş soya yoğurdunda laktik asit bakterilerinin sayısının önemli ölçüde arttığı ve diğer şeker ürünlerine kıyasla daha iyi duyuşal özellik gösterdiği belirtilmiştir. Kimoto-Nira ve ark. (2017) ise D-allulozun süt ürünlerinde prebiyotik kaynağı olarak kullanıldığı bir çalışmada, laktik asit bakterilerinin probiyotik aktivitelerini bozmadan fermentasyonun ilk aşamasında fazla asit üretimini baskıladığı gösterilmiştir. D-Allulozun özellikle

Lactococcus lactis H61 gibi probiyotik suşlar ile yeni süt ürünlerinin geliştirilmesinde yararlı olabileceği bildirilmiştir.

1.6. Allulozun Güvenli Alım Düzeyi-Toksisitesi

D-Allulozun enerji içermeyen ve düşük glisemik indeksli doğal tatlandırıcı olarak besinlerde iyi bir sükroz ikamesi olduğu düşünülmektedir (Wee ve ark., 2018). Matsuo ve ark. (2002) 14 gün boyunca 8-20 g/kg/va D-alluloz uygulamasının farelerde ishale neden olduğu ve yüksek dozda D-allulozun gastrointestinal sistem için zararlı olabileceğini bildirmişlerdir. Daha sonra yapılan başka bir çalışmada ise, 10 hafta boyunca 2 g/kg/va kadar D-allulozun herhangi bir yan etki göstermediği belirtilmiştir (Kim ve ark., 2019).

Köpeklerde oral olarak tek doz (1-4 g/kg) uygulanan D-allulozun, plazma alkalin fosfataz aktivitesinde orta düzeyde artışa neden olduğu, ancak bu durumun herhangi bir soruna neden olmadığı bildirilmiştir (Nishii ve ark., 2016). Matsuo ve ark. (2002) 90 günlük subkronik toksisite çalışması sonucunda %20 oranında D-alluloz içeren diyetin yan etki göstermediğini rapor etmiştir. Letal doz 50 (LD₅₀) değerinin ise 16,3 g/kg (fruktoz için 14,7 g/kg, eritritol için 15,3 g/kg) olduğu rapor edilmiştir.

İnsanlarda yapılan bir çalışmada, emildikten sonra metabolize edilemeyen D-allulozun idrarla, emilmeyen kısmının ise bağırsak bakterileri tarafından kısa zincirli yağ asitlerine dönüştürülerek ya da herhangi bir değişikliğe uğramadan dışkı ile atıldığı gösterilmiştir (Iida ve ark., 2010). Sindirilemeyen oligosakkaritler ve posa bileşenleri gibi, D-allulozun bilinen tek yan etkisi, büyük miktarlarda tüketildiğinde gastrointestinal rahatsızlık oluşturmastır. Yüksek miktarlarda D-alluloz tüketildiğinde gastrointestinal rahatsızlık görüle bile, bu tip semptomların genellikle geçici olduğu bildirilmektedir (Lupton ve ark, 2002). Yapılan başka bir çalışmada ise

insanlarda maksimum tolere edilebilir seviyelerin erkekler için 0,5 g/kg/va/gün ve kadınlar için 0,6 g/kg/va/gün olduğu gösterilmiştir (İida ve ark., 2007). Bu çalışmalar sonucunda D-alluloz, Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından “genel olarak güvenli” (Generally Recognized as Safe - GRAS) kabul edilmiştir (GRAS Bildirileri numaraları: 400, 498, 624, 647, 693, 755, 828, 893, 1024) (FDA, 2022).

2. Kek Hamurunu Oluşturan Temel Bileşenler

Farklı karışımlar ve şekillerde yapılması nedeniyle kekin tanımını yapmak zor olsa da genel kabul gören bir ifadeyle kek; ‘un, şeker, yağ, yumurta, kabartma tozu ve su (bazen süt) kullanılarak hazırlanan hamurun pişirilmesi ile elde edilen unlu mamul’ olarak tanımlanmaktadır (Mercan ve ark., 2000). Aynı zamanda kek ‘orta kuvvette, %8-9 proteinli ince çekilmiş zayıf buğday unu, şeker, yağ ve yumurta ile hazırlanmış yumuşak hamurdan, usulüne göre pişirilmiş hazır gıda maddesi’ olarak da tanımlanabilmektedir (Noğay, 2014). Kek; yüksek karbonhidrat, protein ve yağ içeriği ile besleyici özelliği yüksek olmasına rağmen çözünür ve çözünmez posa, vitamin ve mineraller yönünden fakir bir üründür. Bu nedenle keklerin kalite parametrelerinin artırılması için diyetel posaların ve tam tahıl ürünlerinden elde edilen unların eklenmesi ile besleyici yönünün arttırılmasına yönelik çalışmalar mevcuttur (Baltacıoğlu ve ark., 2020; Baltacıoğlu ve Uyar, 2017). Aynı şekilde yüksek şeker ve yağ içeriğinin azaltılması için şeker ve/veya yağ ikamesinin kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Bolger ve ark., 2021; Khan ve ark., 2022 ve Lee ve ark., 2020).

Kek, besin sanayinde yer alan unlu mamuller içerisinde en önemli ürünlerden biri olup, çeşitli çevresel faktörlerin ve imkanların gelişmesi ile üretimi ve tüketimi artmıştır (Goyal ve Singh, 2007; Kotancılar ve ark., 2001). Göz ve damak zevkine hitap eden ve yüksek enerji içeren kek, farklı reçete ve şekillerde elde edilmesine rağmen kekin tanımının ve özelliklerinin belirtildiği bir standart bulunmamaktadır (Mercan ve Boyacıoğlu, 1999).

Keklerin sınıflandırılması kek formülünde yer alan bileşenlere göre ve bu bileşenlerle beraber zenginleştirme amacıyla kullanılan baharatlara, kakao ve çikolata içirme durumuna göre sınıflama veya tanımlama yapılmaktadır (Hui, 2005). Aynı zamanda unlu mamul satan firmalarda bulunabilirliğine göre dilim, top, baton, kalıp, pasta altı ve bar gibi şekil özelliklerine göre sınıflama yapmak da mümkündür (Mercan ve Boyacıoğlu, 1999). Kek özelliklerinin belirtildiği bir standart olmasa da kek formülüne giren bileşenlerin işlevlerinin bilinmesi ve buna göre miktarının ayarlanması kek kalitesi için önemlidir (Doğan, 1998). Kek üretiminde yaygın olarak un, şeker, yumurta, yağ, kabartma tozu, vanilya ve tuz kullanılmaktadır. Ülkemizde TS 13375 hazır kekler standardına göre hazır kek, “buğday unu veya tahıl unları ve/veya karışımları, beyaz şeker, yemeklik bitkisel yağ, yumurta, tuz, kabarmayı sağlayıcı maddeler, çeşni maddeleri, dolgu maddeleri ve diğer katkı maddelerinin, su eklenerek karıştırıldıktan sonra tekniğine uygun biçimde işlenerek şekil verilmesi ve pişirilmesi suretiyle hazırlanan, ambalajlı olarak tüketime sunulan mamul” şeklinde tanımlama bulunmaktadır (Anonim, 2008). Karıştırma, pişirme, soğutma ve saklama esnasında keklerdeki bileşenlerin işlevleri Çizelge 1.3’te gösterilmiştir (Van der Sman ve Renzetti, 2021).

Çizelge 1.3. Karıştırma, pişirme, soğutma ve saklama sırasında keklerdeki bileşenlerin işlevleri

			İşlem Basamakları			Son ürün kalitesi
			Karıştırma	Piştirme	Soğutma	
Fonksiyon	İşlem		Tek Tip Hamur Oluşumu Hava karışımı	Yapı formülasyonu Su buharlaşması	Yapının son ayarını belirleme	Hacim Kırıntı yapısı Tekstür Duyusal
	Bileşenler	Proteinler Gluten Yumurta	Gluten hidrasyonu olur Yumurta akı proteinleri fom stabilizasyonuna katkıda bulunur. Vizkosite hava ve fom stabilizasyonuna katkıda bulunur.	S-S bağları ve hidrofobik etkileşimler ile karışmış protein sistemleri yapıyı oluşturur. Yumurta akı protein pıhtılaşması, yapıyı daha fazla genişlemeye karşı ayarlar. Boyut kontrol edilir.	Protein ağı çöküşe karşı reolojiyi kontrol eder.	Kırıntı tekstürü gerçekleşir Hacim artar Kırıntı tanesi artar
		Yağ	Fom stabilizasyonu (beta kristaller) sağlar.	Yağın erimesi hamur viskozitesini düşürür. Yağ kristalleri kayma modülünü artırır. Yağ ile hava hücreleri stabilize olur.	Rekristalizasyon yolu ile reolojiyi kontrol eder.	Amilopektin üzerindeki etki ile bayatlamayı geciktirir.
		Şeker	Kristal şeker hava katılımını destekler. Çözünmüş şeker vizkositenin artmasına destek olur. Proteinlerin hidrasyonunu etkiler.	Tipi ve miktarı viskoziteyi etkiler ve yapının stabilizasyonu için sıcaklığı kontrol eder.	Amiloz retrogradasyonunu etkiler.	Amilopektin üzerindeki etki ile bayatlamayı geciktirir. Raf ömrü artar Tat artar Maillard ve karamelizasyon ile kabuk rengini oluşturur.

2.1. Un

Kekin temel bileşeni undur ve kekin kendine özgü tekstür ve görünümde olmasını sağlar. Kek üretiminde genellikle düşük protein içeren (%8-9), alfa amilaz aktivitesi düşük buğday unları kullanılmaktadır. Kek üretiminde, nişasta su çekme özelliği gösterdiğinden nişasta miktarının artması daha fazla sıvı içeriği kullanılmasını gerektirir. Kekte beyaz un kullanılması, pişirme işlemi sonrası daha iyi bir tekstür ve renk oluşmasını sağlamaktadır (Farahmand, 2014). Unda bulunan proteinlerin kek hamuru hazırlanırken oluşturduğu gluten kompleksi, pişirme sonrası kekin gaz tabakasını tutarak kabarmasına neden olmaktadır (Baysal, 2020). Ayrıca kullanılacak unun pH değeri, kül, alfa amilaz aktivitesi ve parçacık büyüklüğünün düşük olması istenmektedir (Dizlek, 2003).

Kullanılan un kalitesinin kötü olması durumunda keklerde sertleşme ve bayatlama daha hızlı olmaktadır (Hadinezhad ve Butler, 2010). Kek için, sert buğday unundan veya durum buğdayından daha az gluten içeren yumuşak buğday unu önerilmektedir. Geçmiş yıllarda, gluteni oksitleyen, gelişimini engelleyen ve pişirme sırasında jelatinize nişasta granüllerinden amilozun daha fazla ayrılmasına neden olan un klorlaması yöntemi uygulanmıştır (Wilderjans ve ark. 2010). Daha sonra uygulamanın yerini kek hamurunun özelliklerini veya pişirme sırasında yapısını bozmayan ısıl işlem uygulanması almıştır (Meza ve ark., 2011).

2.2. Yağ

Kek üretiminde kullanılan yağlar; çırpma işlemi esnasında hava kabarcıklarının etrafını sararak hava kabarcıklarını tutar ve böylelikle kek hamurunun kabarmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda kekin iç yapısının nem miktarını arttırarak hamur

içerisinde emülsiyon oluşturmakta ve daha yumuşak bir iç yapı kazandırmaktadır (Konak, 2009). Bununla birlikte kek hamuruna eklenen yağlar, koku bileşiklerini de taşımaktadır (Krause ve ark., 2022). Keklerde kullanılan yağlar kekin önemli kalite kriterlerinden biri olmakla beraber kek reçetesine göre ve kekin özelliklerine göre kullanılacak yağın tipi değişmektedir. Şeker ve sıvı miktarı düşük olan keklerde normal yağlar kullanılırken, şeker ve sıvı miktarı yüksek olan keklerde emülgatör etkili yağlar kullanılmaktadır (Mercan ve Boyacıoğlu, 1999).

2.3. Süt

Kek üretiminde hem sıvı hem de katı formda kullanılabilen süt, yapısındaki kaliteli protein ve laktoz sayesinde ürünün besleyici özelliğini geliştirmektedir. Protein ve laktoz bileşenleri keklerde kabuk oluşumu ile maillard reaksiyonlarının da gerçekleşmesini sağlar. Ayrıca süt, köpüğü stabilize etmekte ve istenilen kek yapısının oluşumuna da katkıda bulunmaktadır (Konak, 2009).

2.4. Tuz

Unlu mamuller toplam ağırlığın yaklaşık %3'ü kadar tuz içermektedir. Unlu mamullerde tuz, kabarma stabilizasyonuna katkıda bulunmaktadır (Van der Sman ve Broeze, 2014). Kek reçetelerinde yer alan diğer bileşenler ile beraber tadın oluşumunu dengelemekte, koku özelliklerini geliştirmekte (Şeker, 2020) ve hamurun karamelizasyon sıcaklığını düşürerek kabuk renginin iyileşmesini sağlamaktadır (Farahmand, 2014).

2.5. Yumurta

Yumurta, kek yapısının bir parçasını oluşturma, renklendirme, tatlandırma, bağlama, köpürtme, yumuşatma, emülsifiye etme ve kekin besleyici değerini iyileştirme gibi çeşitli fonksiyonel özelliklere sahiptir (Ashwini ve ark., 2009; Wilderjans ve ark., 2013). Yumurta proteininin keklerde önemli bir özelliği yapının stabilizasyonunun sağlanması ve fom oluşturmaları olup, doğru bir yöntem ile karıştırılmış hamurda, unda bulunan gluten ile yumurta proteini birlikte kompleks bir yapı oluşturmakta ve pişirme esnasında kekin tekstürünü oluşturarak hamurun yumurta protein ağı denatüre olmaktadır (Alp, 2006).

2.6. Şeker

Sükroz kek yapımında en sık olarak kullanılan şekerdir (Struck ve ark., 2014). Kek yapımında şeker, ürünün hoş giden tadının oluşmasında, kekin nemini muhafaza etmesi, hava kabarcıklarını dengeleyerek tekstür yapısını geliştirmesi ve nişastanın jel oluşturmalarını kısıtlama gibi birçok fonksiyonu bulunmaktadır (Nip, 2014). Kek hamuru hazırlanırken şekerin ekleme sırası özellikle yüksek konsantrasyonlar kullanıldığında önemlidir. Fom oluşumundan sonra eklenen şeker viskozite etkisinden dolayı daha fazla hacim vermektedir (Godefroidt ve ark., 2019).

Pişirme aşamasında şeker, karıştırma aşamasına benzer şekilde reolojiye önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Viskozite ve kesme modülünü geliştirmesi sayesinde şeker, termoset öncesi aşamada köpük stabilitesine olumlu bir katkı sağlamakta ve pişirme sonrası soğutma aşamasında çökmeyi önlemeye yardımcı olmaktadır (Van der Sman ve Renzetti, 2021). Pişirme sırasında yüksek sıcaklıklarda sükroz, daha sonra maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarında yer alan indirgeyici şekerlere (D-glukoz ve D-fruktoza) dönüşmekte, böylece keke hoş bir tat ve altın-kahve rengi vermektedir.

Aynı zamanda su tutma kapasitesi ile kekin su aktivitesini düşürerek mikrobiyolojik bozulma riskini azaltmaktadır (Davis, 1995).

2.6.1. Keklerde Kullanılan Şeker İkameleri

Sükroz, dünya çapında besin sanayinde kullanılan temel tatlandırıcıdır ve önemli bir besleyici bileşendir. Bununla birlikte, yüksek miktarda sükroz alımı diş çürüklerine ve obezite gibi beslenmeye bağlı hastalıklara yol açabilmekte ve yüksek glisemik indeksi nedeniyle diyabetli hastalar tarafından sınırlı tüketilmesi önerilmektedir (WHO, 2015). Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü/Gıda ve Tarım Örgütü'nün ortak yönergeleri, serbest şeker alımının günlük enerji alımının %10'undan veya ideal olarak %5'inden az olmasını önermektedir (WHO, 2015).

Günümüzde sağlık bilincinin artmasıyla sağlığı destekleyen besinlere olan ilgi de artmıştır. Düşük enerjili ürünlere olan ilgi bunların başında gelmektedir. Şeker ikamesi; ağızda algılanan tatlı tadın etkisini çoğaltan, fakat genellikle daha az enerji içeriğine sahip olan gıda katkı maddeleridir (Tandel, 2011). Tatlandırıcılar grubunda yer alan şeker ikamelerinin bazıları doğal bazıları da yapay bileşenlerdir (FDA, 2011). Yapay tatlandırıcılar yüksek kar marjı ve düşük maliyetli olmalarından dolayı besin sanayinde daha fazla tercih edilse de sağlık üzerine birtakım olumsuz etkilerinden bahsedilmektedir. Aspartam, asesülfam potasyum, siklamat, sakkarin, neotam gibi yapay tatlandırıcılar ve sorbitol, mannitol, eritritol gibi şeker alkolleri ile glukoz, fruktoz, tagatoz, stevia, taumatin gibi doğal tatlandırıcılar şeker ikameleri olarak besin ve içecek sanayinde kullanılmaktadır (Tandel, 2011). Fakat aspartam gibi bazı yapay tatlandırıcılar ısıl işleme karşı hassas oldukları için kek gibi pişirme işlemi içeren besin işleme teknolojileri için uygun şeker ikameleri değildir (Misra, 2012).

Sade kek, pek çok unlu mamul arasında en yüksek miktarda sükroz içeren üründür. Bu nedenle, kekta sükroz içeriğinin sınırlandırılması veya bunun yerine düşük enerjili şeker kullanılması, sağlık açısından önemlidir (Lee ve ark., 2020). Keklerde şeker içeriğinin azaltılması veya kek kalitesini arttırmaya yönelik çeşitli şeker ikameleri kullanılmaktadır. Ertaş ve Çoklar (2008), farklı pekmez çeşitlerinin şeker kaynağı olarak kullanıldığı kek üretimi gerçekleştirmiştir. Yüksel (2019) şeker otunu, Palamutoğlu ve ark. (2018) stevia ekstraktlarını, Demir ve Kılınç (2019) bal tozunu, Dizlek ve Giritlioğlu (2018) yine şeker otunu şeker ikamesi olarak unlu mamullerde kullanmışlardır.

Kim ve ark. (2014) ve Hao ve ark. (2016) şeker alkollerinin keklerdeki şeker ikamesi olarak kullanıldığında kekin kalite parametrelerini incelemişlerdir. Kim ve Lee (2016) yakon şurubunu, Quiles ve ark. (2018) meyve pürelerini ve Shahidi ve ark. (2017) hurma şurubunu şeker ikamesi olarak kullanmıştır. Lee ve ark. (2020) ve Bolger ve ark. (2021) ise bu çalışmada da yer alan D-allulozu pankek ve kap keklerde şeker ikamesi olarak kullanmış ve D-allulozun etkilerini göstermiştir.

Bu çalışmanın amacı doğal tatlandırıcı olarak tanımlanan D-allulozun şeker ikamesi olarak standart keklerde kullanımının, keklerin bazı fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine olan etkisinin açığa çıkarılmasıdır. Bununla beraber D-alluloz içeren keklerin antioksidan kapasitesinin standart kek örneklerine kıyasla hangi seviyelerde olduğunun belirlenmesi çalışmanın alt amaçlarındandır.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

2.1. Gereç

Kek üretiminde kullanılan buğday unu, şeker, yumurta, süt, tuz, margarin, vanilya ve kabartma tozu Burdur ilindeki yerel marketlerden satın alınmıştır. D-Alluloz (Cas No: 551-68-8) (*Astraea, Matsutani Chemical Industry Co., Ltd.*) Japonya'da bulunan nadir şeker üreticisinden temin edilmiştir. Analizlerde kullanılan hidroklorik asit, sodyum hidroksit, sodyum karbonat, metanol, deiyonize su, laktik asit, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), Fehling A, Fehling B, fenol fitalein, metilen mavisi, potasyum ferrosiyenid ve çinko sülfat kimyasal malzeme satan firmalardan ticari olarak satın alınmıştır. Analizler Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Besin Kimyası ve Analizleri Laboratuvarı ve Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan cihaz ve materyaller ile yapılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Kek Hamurunun Hazırlanması

Keklere ilave edilen D-alluloz oranları D-allulozun şeker ikamesi olarak kullanıldığı çalışmalar baz alınarak belirlenmiştir (Bolger ve ark., 2021; Lee ve ark., 2020). Çalışmada şeker ikamesi olarak %100 sükroz, %0 D-alluloz (kontrol); %50 sükroz, %50 D-alluloz (AL50) ve %0 sükroz, %100 D-alluloz (AL100) kullanılarak üç çeşit kek üretilmiştir (Çizelge 2.2.). Bu çalışmada kullanılan şekerlerin kimyasal özellikleri Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir (Lamothe ve ark., 2019; Pocan ve ark., 2019).

Çizelge 2.1. Şekerlerin kimyasal özellikleri

Özellik	Sükroz	D-Alluloz
Molekül ağırlığı (g/mol)	342,30	180,16
Göreceli tatlılık	1,0	0,7
Enerji içeriği (kkal/g)	4,0	0,2
Glisemik indeks	65	~0
25°C’de suda çözünürlük	67	74

Kek üretiminde Goswami ve ark. (2015) tarafından önerilen kek üretim yöntemi kullanılmış, yöntem Türkiye’deki kek üretimine göre modifiye edilerek uygulanmıştır. Ön deneme aşamasında pişirilen kekler genel kabul edilebilirlik yönünden değerlendirildikten sonra kek reçetelerinin son haline karar verilmiştir. Buna göre kek reçeteleri Çizelge 2.2.’de gösterilen reçetenin üçer katı ile hazırlanmış ve bu oranlar üzerinden analizleri yapılmıştır.

Çizelge 2.2. Çalışmada kullanılan kek reçeteleri

Bileşenler	Kontrol	AL50	AL100
Buğday unu (g)	100	100	100
Şeker (g)	80:0	40:40	0:80
Yumurta (g)	60	60	60
Süt (mL)	65	65	65
Tuz (g)	0,5	0,5	0,5
Kabartma tozu (g)	4	4	4
Margarin (g)	60	60	60
Vanilya (g)	9	9	9

Çok yüksek fırın sıcaklığı (>200 °C) ve/veya çok uzun pişirme süresi (35 ve 40 d) keklerde kabuk renginin koyulaşmasına, üst yüzeyde çatlaklara, zayıf kek içi yapısına ve yetersiz hacme neden olabilmektedir (Dizlek ve Altan, 2021). Kek reçetelerinde uygun pişirme sıcaklığı ve süresi için ön çalışmalar yapılmış ve buna göre en uygun süre 30 dk ve sıcaklık 175°C olarak belirlenmiştir. Çalışmaya başlamadan önce bütün bileşenleri 60 dk oda ısısında bekletilmiştir. Kek yapımında öncelikle buğday unu, kabartma tozu ve tuz karıştırılmıştır. Ayrı bir kapta şeker ve D-alluloz karışımları ile yumurta iyice karışana kadar bir elektrikli mikser yardımıyla beşinci devirde beş dk çırpılmıştır. Üzerine süt ve vanilya ilave edilerek bir dk daha çırpılmaya devam edilmiş, bu karışımın üzerine önceden karıştırılan buğday unu, kabartma tozu ve tuz karışımı ilave edilerek iyice karışmaları sağlanmıştır. Bütün karışımların üzerine oda ısısında bekletilen margarin eklenmiş ve tamamen karışana kadar beş dk daha çırpılmıştır. Çırpma işlemi bittikten sonra elde edilen kek hamuru beş dk bekletilmiştir.

2.2.2. Kek Hamurunun Pişirilmesi ve Depolanması

Elde edilen hamurlar daha önceden 175°C' ye ayarlanmış olan fırının iki numaralı seviyesinde (Arçelik /9620 M1) 30 dk pişirilmiştir. Pişirme süresi sonunda kekler fırından çıkarılarak oda sıcaklığında bir saat soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra analiz edilmeye kadar ambalajlanarak oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Kek hamurunda yapılan analizler (hamur yoğunluğu, hacmi ve vizkositesi), çözücü su tutma kapasitesi analizi ile kül, kuru madde, tekstür profil, renk ve indirgen şeker analizleri tek analiz gününde; su aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, antioksidan aktivite analizi ve üretilen keklerin duyu analizi muhafazanın 1., 4. ve 8. günlerinde iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneysel kek üretimi ve muhafazası Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Besin Hazırlama ve Pişirme Laboratuvarında, keklerin analizleri ise Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Besin Kimyası ve Analizleri Laboratuvarı ile Bilimsel ve

Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan cihaz ve materyaller ile yapılmıştır.

2.3. Analizler

2.3.1. Çözücü Tutma Kapasitesi

Çözücü Tutma Kapasitesi (ÇTK) analizi Amerikan Tahıl Kimyagerleri Birliği'nin (AACC, 2000) yöntemlerine göre yapılan ve çalışmada yer alan ana bileşenlerden buğdayın kalitesinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde göre öncelikle kullanılacak olan altı çözücü (deiyonize su, %100'lük sükroz çözeltisi, %50'lik sükroz+D-alluloz çözeltisi, %100'lük D-alluloz çözeltisi, %5'lik sodyum karbonat ve %5'lik laktik asit çözeltisi) hazırlanmıştır. Her bir çözücü için 15 mL'lik santrifüj tüplerine 1'er gram un ($\pm 0,05$) tartılıp üzerine 5'er mL çözücü eklenmiştir. Santrifüj tüplerinin kapakları kapatıldıktan sonra 0, 5, 10, 15 ve 20. dakikalarda vorteks yardımıyla 5'er saniye çalkalanmıştır. Her bir santrifüj tüpünün ağırlıkları not edildikten sonra 3000 rpm'de 15 dakika santrifüjlenmiştir. Tüpler cihazdan çıkartıldıktan sonra 90°'lik açıyla içlerinde bulunan su uzaklaştırılmış ve ağırlıkları yeniden not edilmiştir. Her bir çözücü için bu işlem 3-4 kez tekrarlandıktan sonra santrifüj sonrası un tarafından tutulan çözücü ağırlığı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Hammed ve ark., 2015).

$$\% \text{ Çözücü Tutma Kapasitesi} = [(\text{Jel Ağırlığı}/\text{Un ağırlığı}-1)] \times [86/(100-\% \text{ unun nemi})] \times 100$$

2.3.2. Hamur Yoğunluğu ve Hacmi

Kek üretiminde kullanılan hamurların yoğunluğu daha önceden su ile tartılan ve darası alınan hacmi bilinen bir kap ile ölçülmüştür. Hamur ağırlığı elde edilen su ağırlığına bölünerek yoğunluk hesaplanmıştır (Doğan ve Yıldız, 2004).

2.3.3. Hamur Yüksekliği Ölçümü

Üretilen kekler tabanlarına dik bir düzlemde (dikey eksen) paslanmaz çelik bir bıçakla kesilmiştir. Maksimum kek merkez yüksekliği bir dijital kamera (POCO X3 PRO, Xiaomi, Çin) ile görüntülenmiştir.

2.3.4. Kek Verimi ve Ağırlık Kaybı

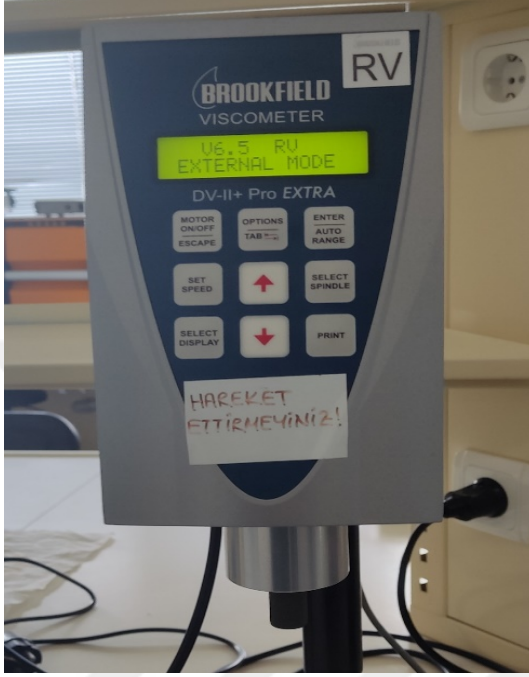
Kek hamurunun ağırlığı ile keklerin pişirildikten sonraki ağırlığı arasındaki fark ile ağırlık kaybı, kek hamurunun ağırlığının kek pişirildikten sonraki ağırlığa oranı ile de kek verimi hesaplanmıştır.

Daha önce darası alınan kaplarda pişirilen keklerin ağırlıkları kekler fırından çıktıktan ve bekledikten sonra ölçülmüştür. Ölçülen hamur ağırlığından kek ağırlığı çıkartılarak yüzde ağırlık kaybı ve bu değerin 100'den çıkartılması ile kek verimi hesaplanmıştır.

2.3.5. Viskozite Analizi

Kek hamurunun viskozitesi; kontrol grubunda ve belirlenen oranlarda D-alluloz ilave edilmiş olarak hazırlanan hamurlar ölçü kaplarına alındıktan sonra bir

viskozimetre cihazında (Brookfield marka, DV-II pro serisi) RV-07 uç ile değişen rpm'lerde oda sıcaklığında (23°C) belirlenmiştir (Şekil 2.1.). Değişen hızlardaki viskozite değerleri mPa.s cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil. 2.1. Çalışmada kullanılan viskozimetre cihazı

2.3.6. Su Aktivitesi Analizi

Kek örneklerinin su aktivitesi değerleri, Testo 650 (Almanya) cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 2.2.). Cihaz, ölçüm öncesinde distile su ile kalibre edilmiştir. Kalibre edildikten sonra örnek haznesine yeterli miktarda homojenize edilmiş örnek konularak kapatılmış ve cihaz ekranında okunan değer sabitlenene kadar yaklaşık 15-20 dakika beklenmiştir. Sabit hale gelen su aktivitesi (aw) değeri cihaz ekranından okunmuştur (Hojjatoleslami ve Azizi, 2015).



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan su aktivitesi cihazı

2.3.7. pH Analizi

Keklerin pH'sı daha önce kalibre edilen dijital pH metre (704 pH Meter, Metrohm) kullanılarak saptanmıştır (AOAC, 2005).

2.3.8. Titrasyon Asitliği Analizi

Keklerde titrasyon asitliği alkali titrasyon metodu ile saptanmış ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (AOAC, 2005). Her örnekten 10 g alınarak 40°C'deki distile su ile stomacher (CLS Scientific/ CLPM-400) kullanılarak homojen kek örnekleri hazırlanmıştır. Üzerine 2-3 damla %1'lik fenolftalein ayracı eklenen homojen karışım sürekli karıştırılarak 0,1 N NaOH ile kalıcı pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı titrasyon asitliği % laktik asit cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Laktik Asit (LA)} = (\text{Harcanan NaOH (mL)} \times 0.009 \times 100) / m$$

m: Homojen örnek miktarı (mL)

2.3.9. Kuru Madde Analizi

Kek örneklerinde kuru madde miktarı tayini gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (AOAC, 2019). Bu yönteme göre önceden sabit tartıma getirilmiş porselen kroze içerisinde tartılan kek örnekleri etüvde $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 4 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra tartılan ağırlığın alınan kek örneği ağırlığına bölünmesiyle kuru madde yüzdesi hesaplanmıştır.

2.3.10. Kül Analizi

Kül analizi AACC 08.01 metoduna göre yapılmıştır. Örnekler, önceden sabit tartıma getirilmiş porselen kroze içersine tartılarak, kül fırınında $550 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de yakılmıştır. Yakma işlemi sonunda krezelerde kalan örnek kütlesi başlangıçtaki örnek kütlesine oranlanarak keklerin % kül miktarı hesaplanmıştır.

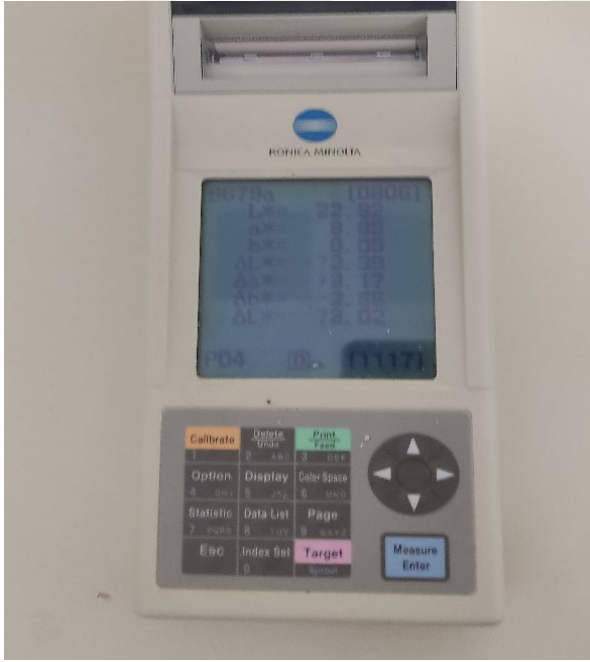
2.3.11. Renk Analizi

Deneyisel kek gruplarının renk analizi için, renk ölçüm cihazı (Konica Minolta) kullanılarak değerler CIE L^* [açıklığı gösterir ve 0 (siyah için)-100 (beyaz için) arasında değişir], a^* [$-a^*$ (yeşillik için) $+a^*$ (kırmızılık için) arasında değişir] ve b^* [$-b^*$ (mavilik için) $+b^*$ (sarılık için)] renk sistemi ile ifade edilmiştir (Şekil 2.3.). ΔE değeri ise renk farkının gözle görülebilir oranlarda olup olmadığı hakkında bilgi veren bir değerdir. ΔE değerinin <1 olması renk farklılığının insan gözü ile görülemediğini,

$1 < \Delta E < 3$ olması renk farklılığının insan gözü ile algılanamadığını ve $\Delta E > 3$ olması renk farklılığının insan gözü tarafından açıkça görüldüğü anlamına gelmektedir (Francis ve Clydesdale, 1975). Renk ölçüm cihazı seramik ile standardize edilmiş ve kekin kabuk rengi kekin tepesinden orta noktası ölçülerek, iç rengi orta noktasından alınan örnek ile analiz edilmiştir.

Renk ölçüm cihazında ölçülen L^* , a^* ve b^* değerlerinden yararlanılarak kahverengileşme indeksi hesaplanmıştır (Palou ve ark., 1999). Kahverengileşme indeksi için kullanılan formül aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{Kahverengileşme indeksi} = [100 (x - 0,31)] / 0,172$$
$$x = a^* + 1,75L^* / [(5,645L^*) + a^* - (0,3012b^*)]$$



Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan renk analiz cihazı

2.3.12. Tekstür Profil Analizi

Enstrümantal doku profili analizi TA-XT Plus doku profil analiz cihazı (Stable Micro Systems, İngiltere) ile ölçülmüştür (Şekil 2.4.). Oda ısısında bekletilen keklerden 2,5x2,5 ebatlarında örnekler alınmış, 35 mm’lik prob kullanılarak 2 cm yüksekliğinde baskı işlemleri uygulanmıştır. Cihaz çalıştırma parametreleri Çizelge 2.3.’de gösterilmiştir. Keklerin sertlik, yapışkanlık, esneklik, yapışıklık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik, ve elastikiyet değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar iki analizin ortalaması olarak verilmiştir.

Çizelge 2.3. Tekstür profil analizi cihaz çalıştırma parametreleri

Test parametreleri	
Ön test hızı	1 mm/s
Test hızı	5 mm/s
Son test hızı	5 mm/s
Sıkıştırma kuvveti	%30
İlk algılama kuvveti	5 g



Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan tekstür profil analiz cihazı

2.3.13. Antioksidan Aktivite Analizi

Antioksidan aktivite ölçümlerinden önce keklerin ekstraksiyonu yapılmıştır. Ekstrakt hazırlamada Çelik'in (2021) kullandığı metot kullanılmıştır. Bu metoda göre kek örneklerinden 1 g tartılıp falkon tüplerine konulmuş ve üzerine %70'lik metanol çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen örnekler vorteks yardımıyla 12 rpm'de 1 dk boyunca homojenize edilmiştir. Homojenize edilen kek örnekleri çalkamalı su banyosunda (Thermomac WBS 30) 50°C'de 10 dk bekletilmiştir. Daha sonra orbital çalkalayıcıda (CLS Scirtific/ CLOS 300) 180 devirde 15 dk çalkalanmıştır. Kek örnekleri 4°C'de 8500 rpm'de 20 dk santrifüjlendikten (Elektro-Mag M 815 A) sonra üstteki serum kısmı pipet yardımıyla 150 mL'lik balon jojelere alınmıştır. Aynı işlemler 10 mL metanol çözeltisi eklenerek bir kez daha tekrarlandıktan sonra serum kısmı balon jojelere ilave edilmiştir. Balon jojelere %70'lik metanol çözeltisi ile 25 mL'ye

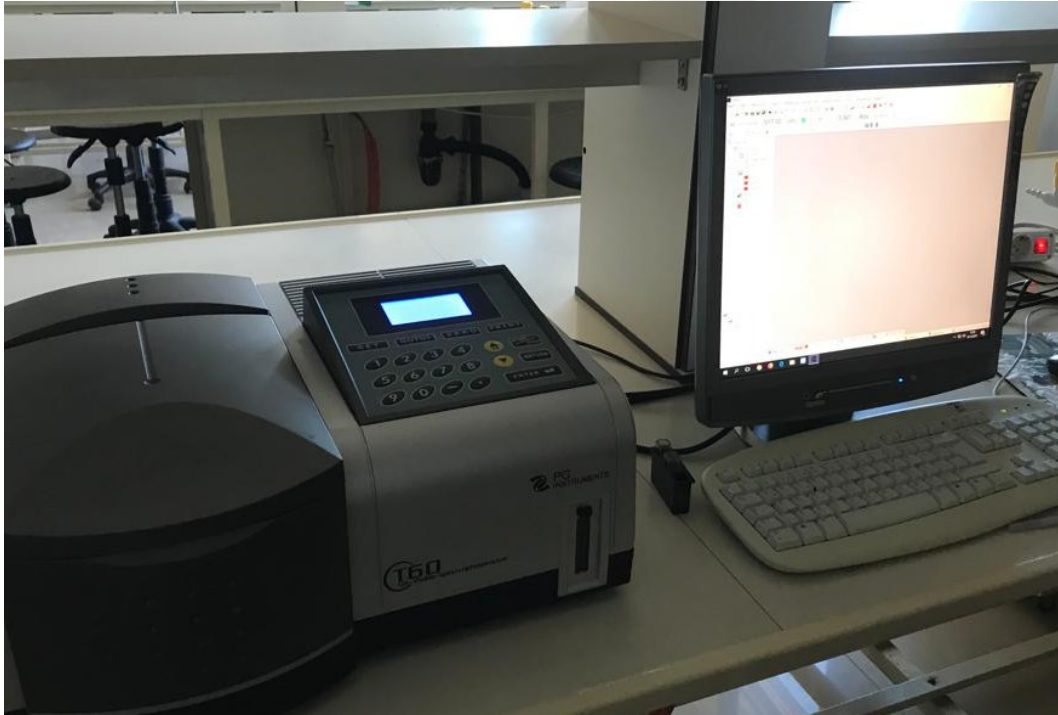
tamamlandıktan sonra çözeltiler amber renkli şişelere aktarılıp -18°C’de depolanmıştır.

Antioksidan aktivitenin ölçülmesi Thaipong ve ark. (2006) ve Brand-Williams ve ark. (1995) belirlediği yöntemin modifikasyonları geliştirilerek tespit edilmiştir. Analizlerin yürütülmesinde 24 mg DPPH 100 mL metanol ile çözdürüldükten sonra 1000 mL’ye tamamlanarak stok çözelti hazırlanmıştır. Kör çözelti olarak etanol, standart olarak askorbik asit kullanılarak UV-VIS spektrofotometre (PGI marka T60U serisi) ile 517 nm’de absorbansı ölçülmüştür (Şekil 2.5.). DPPH radikal süpürme aktivitesi aşağıdaki denklem kullanılarak yüzde inhibisyon (%I) olarak belirlenmiştir.

$$I (\%) = [(A0 - A1) / A0] \times 100$$

A0: Kontrol grubunun absorbansı

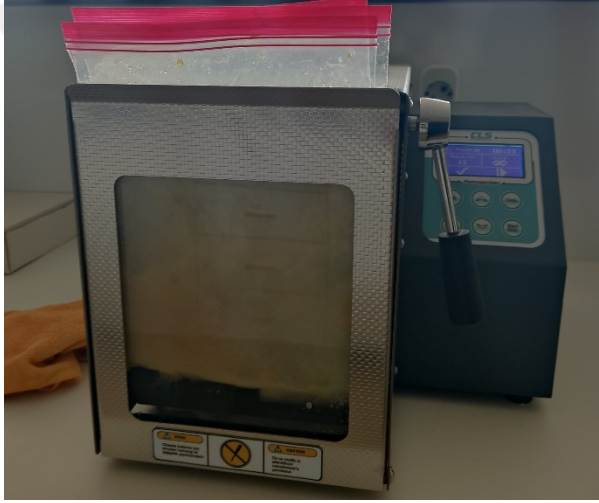
A1: Örneğin absorbansı



Şekil 2.5. Spektrofotometri cihazında antioksidan kapasite ölçümü

2.3.14. İndirgen Şeker Analizi

Kek örneklerinden 10 g tartılıp üzerine 50 mL distile su ilave edilerek stomacher baglere alınmış ve stomacher (CLS Scientific/ CLPM-400) (Şekil 2.6.) yardımıyla 3 dk homojenize edilmiş ve durulaştırma yapmak için üzerine 10 mL Carrez I (potasyum ferrosiyanid) ve 10 mL Carrez II (Çinko sülfat) çözeltileri ilave edilmiştir. Stomacherde üç kez homojenizasyon yapılmış ve elde edilen homojen karışım filtre kâğıdı ile filtre edildikten sonra balon jojelere aktarılmıştır. Daha sonra çalışmada kullanılacak çözeltiler hazırlanmıştır.



Şekil 2.6. Çalışmada kullanılan stomacher cihazı

Öncelikle 9,5 g süktroz 1 L'lik ölçü balonuna alınmış ve 80 mL distile su ile çözdürülmüştür. Üzerine 5 mL yoğun hidroklorik asit eklenerek oda sıcaklığında üç gün bekletilmiş ve üzeri 1 L'ye tamamlanana kadar distile su eklenerek invert şeker stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiden 50 mL alınmış ve birkaç damla fenol fitalein damlatılarak 5 N NaOH ile nötrleştirilmiş ve 250 mL'ye tamamlanarak invert şeker standart çözeltisi hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılacak Fehling A (Bakır sülfat içerir), Fehling B (Sodyum potasyum tartarat içerir) ve metilen mavisi çözeltisi hazırlanarak analiz edilene kadar oda sıcaklığında saklanmıştır.

İndirgen şeker tayinine geçmeden önce faktör tayini (F) yapılmıştır. Faktör tayininde 5 mL Fehling A, 5 mL Fehling B, 25 mL saf su, 15 mL standart invert şeker çözeltisi 150 mL'lik erlene eklenmiş ve manyetik balık yardımıyla manyetik karıştırıcıda (Isotex SH-4) kaynatılmıştır (Şekil 2.7.). Kaynamaya başladıktan 2 dakika sonra 2-3 damla metilen mavisi ilave edilmiştir. Standart invert şeker çözeltisi ile renk maviden bakır kırmızısına dönene kadar manyetik karıştırıcıda (Isotex SH-4) titrasyon yapılmıştır. Titrasyonda kullanılan standart invert şeker miktarı V_1 olarak not alınmıştır. Faktör analizinde aşağıdaki yöntem kullanılmıştır.

$$F \text{ (mg)} = V_1 \text{ (mL)} \times 2,0 \text{ (mg/mL)}$$

V_1 : Titrasyonda harcanan miktar

2,0 mg/mL: Standart invert şeker çözeltisi içerisindeki şekerin miktarı



Şekil 2.7. Çalışmada kullanılan manyetik karıştırıcı

İndirgen şeker miktarı analizi için yine 150 mL'lik erlene 5 mL Fehling A, 5 mL Fehling B, 25 mL saf su eklenerek manyetik karıştırıcıda (Isotex SH-4) kaynatılmıştır. Kaynama başladıktan 2 dakika sonra 2-3 damla metilen mavisi ilave edilmiştir. Kontrol grubu olarak hazırlanan homojen kek örneği ile renk maviden bakır kırmızısına dönene kadar titrasyon yapılmıştır. Bu işlem daha sonra AL50 ve AL100 kek örnekleri için de yapılmış ve titrasyonda harcanan homojen karışımlar V_2 olarak ayrı ayrı not alınmıştır. İndirgen şeker miktarı analizinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{İndirgen şeker miktarı (g/100 mL)} = (\text{Faktör (g)} \times \text{seyreltme faktörü} \times 100) / V_2 \text{ (mL)}$$

Toplam şeker miktarının analizi için 100 mL'lik balon jöjeye %100'lük sükröz kullanılarak elde edilen homojen kek karışımından 50 mL eklenmiş üzerine 5 mL (37'lik) derişik HCl ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcıda (Isotex SH-4) 65-67°C'de şeker inversiyona uğrayana kadar beklenmiştir. Akan musluk suyu altında soğutulduktan sonra 5 N NaOH ile nötrleştirildikten sonra 100 mL'ye kadar distile su ile tamamlanmıştır. Daha sonra 150 mL'lik erlene 5 mL Fehling A, 5 mL Fehling B, 25 mL saf su eklenerek manyetik ısıtıcıda (Isotex SH-4) kaynatılmıştır. Kaynamaya başladıktan 2 dakika sonra 2-3 damla metilen mavisi ilave edilmiştir. Balon jöjede inversiyona uğratılmış homojen kek karışımı ile renk maviden bakır kırmızısına dönene kadar titrasyon yapılmıştır. Titrasyonda harcanan homojen kek karışımı hacmi V_3 olarak kaydedilmiş ve aynı işlem AL50 içeren homojen kek karışımı için tekrarlanmıştır. AL100 kek örneği sükröz içermediği için toplam şeker miktarı hesaplanmamıştır. Toplam şeker miktarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmış ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Toplam şeker miktarı (g/100 mL)} = (\text{Faktör (g)} \times \text{seyreltme faktörü} \times 100) / V_3 \text{ (mL)}$$

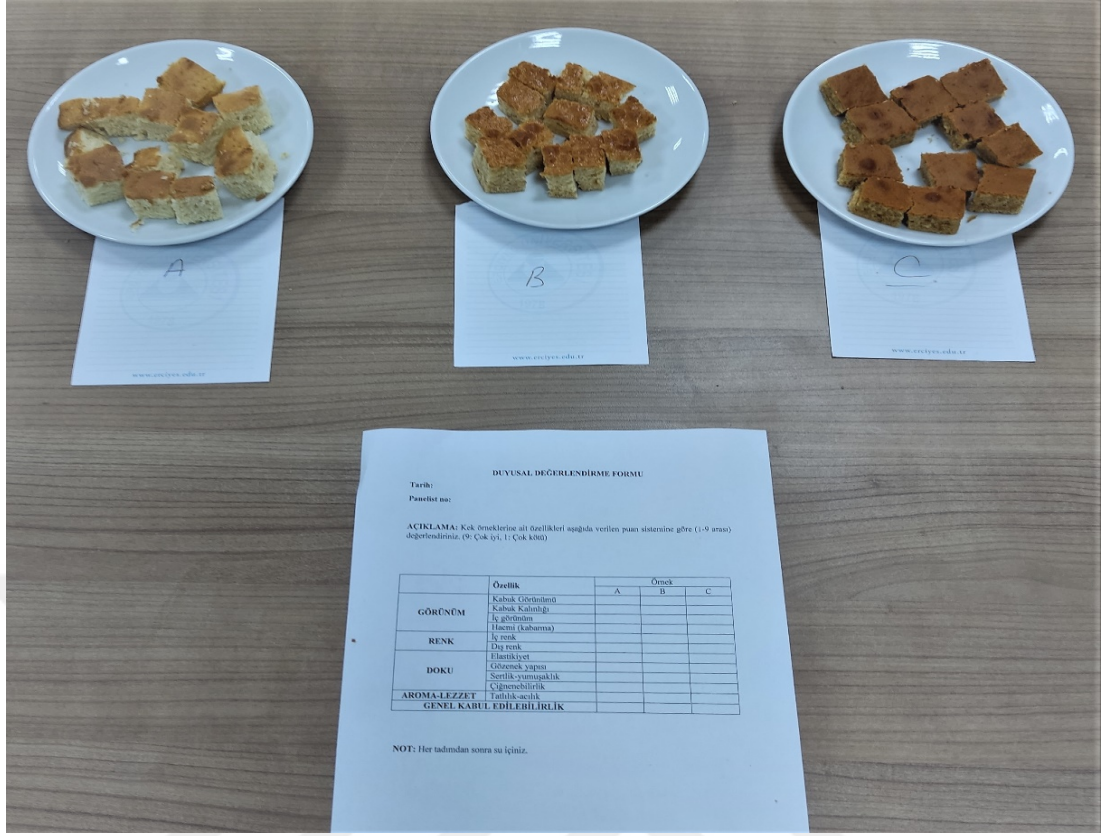
Sükröz miktarının belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Sükroz (g/100 mL)} = (\text{Toplam şeker miktarı} - \text{İndirgen şeker miktarı}) \times 0,95$$

0,95: 1 mol sükroz inversiyon ile yapısına 1 mol su almaktadır. Bu nedenle 95 g sükrozdan 100 g invert şeker oluşmaktadır.

2.3.15. Duyusal Analizler

Duyusal analizler ISO (2016) standardına göre yapılmıştır. Panelistler daha önce bu konuda eğitim almış ve en az bir tadım panelinde bulunmuş en az yüksek lisans eğitim düzeyine sahip 10 kişilik (5 kadın + 5 erkek) panelist grubu ile gerçekleştirilmiştir (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Kek grupların değerlendirilmesi aydınlatılmış, koku barındırmayan ve optimal sıcaklıktaki (20°C) bir odada gerçekleştirilmiştir. Tüm panel oturumları için her bir numune, her gruba karşılık gelen bir harfle kodlanmış ve porselen tabaklara konulmuştur. Tüm numuneler analizden önce 30 dk boyunca oda sıcaklığında (yaklaşık 20°C) bekletilmiştir. Değerlendirme, 9 puanlık bir hedonik skala kullanılarak yapılmıştır (9= aşırı derecede iyi; 1= aşırı derecede kötü). Panelistler kek örneklerini görünümü (kabuk görünümü, kabuk kalınlığı, iç görünüm, hacim), rengi (iç renk, dış renk), dokusu (elastikiyet, gözenek yapısı, sertlik-yumuşaklık, çignenebilirlik), aroma-lezzet (tatlılık-acılık) ve genel kabul edilebilirliğine göre değerlendirmeye almıştır. Panelistlere verilen duyusal değerlendirme formu EK 1’de sunulmuştur. Panelistlere uygulanan duyusal analizlerin bir örneği Şekil 2.8.’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Panelistlere uygulanan duyu analizi örneği

2.3.16. Bir Porsiyon Keki Enerji ve Makro Besin Ögesi Değeri

Üretilen keklerin tamamı BEBİS (Beslenme Bilgi Sistemleri) kullanılarak enerji ve makro besin ögesi değeri yönünden analiz edilmiştir. Kek üretiminde kullanılan D-allulozun enerji ve makro besin ögeleri BEBİS programına tanıtılmış ve diğer malzemeler BEBİS programının veritabanından alınarak analizi yapılmıştır. Keklerin bir porsiyonunun belirlenmesi Türkiye Beslenme Rehberi'ne göre yapılmıştır. TÜBER'de isteğe bağlı tüketilen besinlerin standart miktarında kekler için 1 kibrit kutusu büyüklüğü (40-45 g) standart miktar olarak kabul edilmiş ve bu miktarın yaklaşık 185 kkal enerji içerdiği belirtilmiştir (TÜBER, 2016). Buna göre üretilen kekler 21 eşit porsiyonlara bölünmüş ve bir porsiyonun enerji ve makro besin ögesi değerleri hesaplanmıştır.

2.3.17. İstatistiksel Analiz

Veriler Statistical Package for the Social Sciences/ Sosyal Bilimler İstatistik Paketi (SPSS) (versiyon 26) paket yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Tesktür profil analiz verileri hariç bütün veriler ortalama ve standart sapma şeklinde verilmiştir. Tekstür profil analiz verileri ortalama ve standart hata şeklinde verilmiştir. İki grubun karşılaştırıldığı analizlerde parametrik olmayan Mann Whitney U testi kullanılmıştır. İki den fazla grup arasındaki farklılıkları karşılaştırmak için One Way ANOVA testi uygulanmıştır. Gruplar arasındaki farklı belirlemek için Tukey Post Hoc çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Günler arasındaki farklı belirlemek için One Way ANOVA'nın bağımlı gruplardaki karşılığı olan tekrarlı ölçümlerde ANOVA analizi kullanılmıştır. $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

Şeker ikamesi olarak kullanılan sükroz (kontrol) ve D-alluloz ile üretilen üç farklı kek grubunun fiziokimyasal, tekstürel, duyusal özellikleri ve bu grupların bir porsiyonun enerji ve makro besin ögesi analiz sonuçlarına bu bölümde yer verilmiştir.

3.1. Çözücü Tutma Kapasitesi

Çalışmada kullanılan unların ÇTK analiz sonuçları Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Çalışmada kontrol grubu olarak kullanılan sükrozun çözücü tutma kapasitesi D-alluloz ve diğer çözücülere kıyasla en yüksek düzeyde bulunmuştur. Sükrozun (kontrol) ÇTK'sı $129,7 \pm 10,1$ olarak bulunmuştur. AL50 ve AL100 grubunun ÇTK'ları ise sırasıyla $115,5 \pm 8,5$ ve $101,4 \pm 4,7$ 'dir. Çalışmada kullanılan diğer çözücülerin ÇTK'sı distile su için $55,6 \pm 7,5$, sodyum karbonat için $73,4 \pm 4,5$ ve laktik asit için $110,9 \pm 13,9$ olduğu saptanmıştır. Çözücülerin ÇTK'ları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık ($p < 0,05$) saptanmıştır.

Çizelge 3.1. Unların çözücü tutma kapasitesi

Çözücüler	% Çözücü Tutma Kapasitesi ($\bar{x} \pm SS$)
Sükroz (Kontrol)	$129,7 \pm 10,1$
AL50	$115,5 \pm 8,5$
AL100	$101,4 \pm 4,7$
Distile su	$55,6 \pm 7,5$
Laktik asit	$110,9 \pm 13,9$
Sodyum karbonat	$73,4 \pm 4,5$
p*	0,00

* One Way Anova analizi kullanılmıştır.

3.2. Kek Hamurunda ve Keklerde Fiziksel Analizler

Kek hamuru ve keklerde yapılan fiziksel analizlerin sonuçları Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Çalışmada sükroz (kontrol) ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $2,60 \pm 0,1$ cm, %50 D-alluloz ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $1,75 \pm 0,1$ cm ve %100 D-alluloz ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $1,50 \pm 0,0$ cm olarak saptanmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda AL50 ve AL100 grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmazken ($p > 0,05$), kontrol grubu ile AL50 ve AL100 grubu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Üretilen keklerin hacim değerlerine bakıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olmadığı ($p > 0,05$), hacim değeri ortalaması en yüksek olan kekin AL50 grubu olduğu saptanmıştır. Kontrol grubunun ortalama hacim değeri $1084 \pm 19,8$ mL, AL50 grubunun ve AL100 grubunun ortalama hacim değeri ise sırasıyla $1106 \pm 129,4$ ve $1036 \pm 13,4$ mL'dir. Keklerin spesifik hacim ortalamaları incelendiğinde kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $1,13 \pm 0,1$, $1,13 \pm 0,2$ ve $1,12 \pm 0,0$ mL/g olduğu ve gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olmadığı bulunmuştur ($p > 0,05$). Keklerin yoğunluk ortalamasına bakıldığında kontrol grubunun $1,01 \pm 0,07$, AL50 grubunun $1,03 \pm 0,1$ ve AL 100 grubunun $1,01 \pm 0,0$ olduğu saptanmıştır. Keklerin yoğunluk ortalaması arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Üretilen keklerin kek verimleri ortalamaları kontrol, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $\%87,2 \pm 1,9$, $\%86,2 \pm 4,1$ ve $\%87,6 \pm 3,2$ olmakla birlikte; kek verimleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). Üretilen keklerin birer örnekleri Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Kek hamuru ve keklerde yapılan fiziksel analiz sonuçları

Fiziksel analizler	Kontrol ($\bar{x} \pm SS$)	AL50 ($\bar{x} \pm SS$)	AL100 ($\bar{x} \pm SS$)	p*
Yükseklik (cm)	2,60 $\pm$ 0,14 ^a	1,75 $\pm$ 0,1 ^b	1,50 $\pm$ 0,0 ^b	0,003
Hacim (mL)	1084 $\pm$ 19,8 ^a	1106 $\pm$ 129,4 ^a	1036 $\pm$ 13,4 ^a	0,67
Spesifik hacim (mL/g)	1,13 $\pm$ 0,1 ^a	1,13 $\pm$ 0,2 ^a	1,12 $\pm$ 0,0 ^a	0,99
Kek yoğunluğu (g/mL)	1,01 $\pm$ 0,1 ^a	1,03 $\pm$ 0,14 ^a	1,01 $\pm$ 0,0 ^a	0,95
Kek verimi (%)	87,2 $\pm$ 1,9 ^a	86,2 $\pm$ 4,1 ^a	87,6 $\pm$ 3,2 ^a	0,90
Ağırlık kaybı (%)	12,8 $\pm$ 1,9 ^a	13,7 $\pm$ 4,1 ^a	12,3 $\pm$ 3,2 ^a	0,90

* One Way Anova analizi kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklar belirlenmiş ve küçük harfler ile gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Üretilen kek örnekleri



AL100

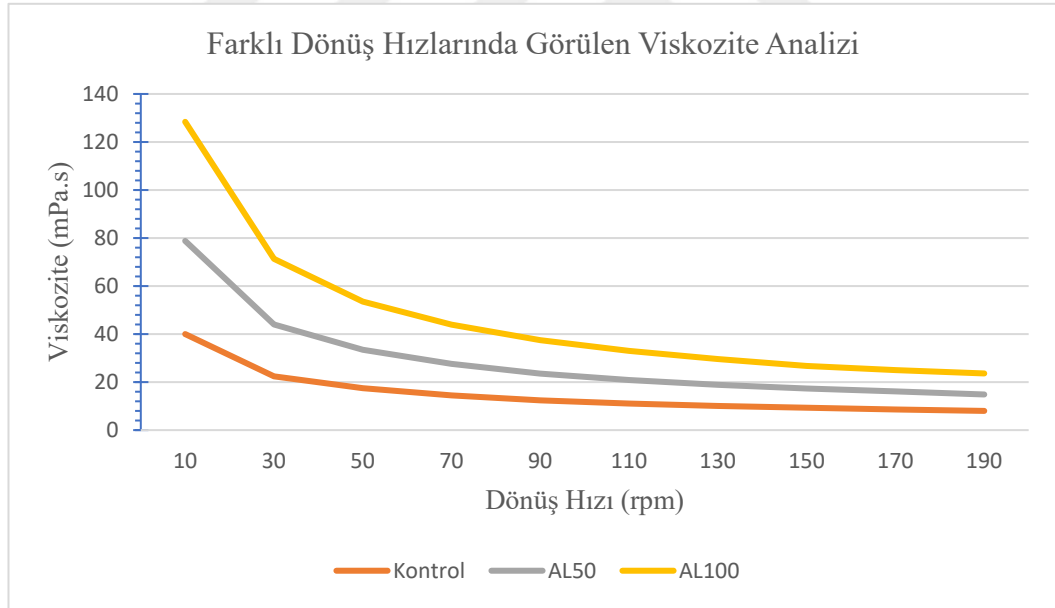
Şekil 3.1 (Devamı). Üretilen kek örnekleri

3.3. Kek Hamurunun Viskozite Analizi

Farklı oranlarda D-alluloz içeren keklerin hamur viskozite sonuçları Çizelge 3.3.'de ve farklı dönüş hızlarında (rpm) kek hamurlarında görülen viskozite grafiği Şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında bütün gruplarda spindle hızının artması ile viskozite değerlerinin azaldığı görülmektedir. Aynı spindle hızlarında ise AL100 grubunun viskozite değerleri kontrol ve AL50 grubuna kıyasla daha yüksek seviyede tespit edilmiştir. 10 rpm hızda kontrol, AL50 ve AL100 grubunun viskozitesi sırasıyla 40,000, 38,800 ve 49,600 mPa.s, 50 rpm hızda sırasıyla 17,440, 16,000 ve 20,080, 110 rpm hızda da 11,091, 9,782 ve 12,145 mPa.s olduğu görülmektedir. En yüksek hızda kaydedilen viskozite değerlerinde ise gruplarda sırasıyla 8,000, 6,842 ve 8,758 mPa.s seviyesinde viskozite saptanmıştır.

Çizelge 3.3. Kek hamurlarının viskoziteleri

Hız (rpm)	Viskozite (mPa.s)		
	Kontrol	AL50	AL100
10	40,000	38,800	49,600
30	22,400	21,600	27,333
50	17,440	16,000	20,080
70	14,457	13,143	16,343
90	12,365	11,156	13,911
110	11,091	9,782	12,145
130	10,031	8,831	10,738
150	9,333	7,973	9,440
170	8,612	7,506	8,894
190	8,000	6,842	8,758



Şekil. 3.2. Farklı dönüş hızlarında (rpm) görülen viskozite analizi

3.4. Keklerin Su Aktivitesi, pH ve Titrasyon Asitliği Analizi

Keklerin su aktivitesi, pH ve titrasyon asitliği analizi sonuçları Çizelge 3.4.'te gösterilmiştir. Üretilen keklerin 1. gündeki su aktivitesi değerlerine bakıldığında kontrol grubunun $0,83\pm0,3$, AL50 grubunun $0,82\pm0,1$ ve AL100 grubunun $0,81\pm0,5$ olduğu belirlenmiştir. 4. gündeki su aktivitesi değerlerinde ise gruplar arasında sırasıyla $0,83\pm0,3$, $0,84\pm0,0$ ve $0,86\pm0,1$ su aktivitesi belirlenmiştir. Grupların su aktivitesi değerleri 8. günde sırasıyla $0,86\pm0,1$, $0,87\pm0,2$ ve $0,85\pm0,0$ 'dır. Kek gruplarının muhafazanın 1., 4. ve 8. günlerdeki su aktivitesi değerleri ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmazken ($p>0,05$); AL50 grubunun su aktivitesi değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Tukey's çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre bu farklılığın 8. gündeki ($0,87\pm0,3$) yüksek su aktivitesinden kaynaklı olduğu saptanmıştır.

Keklerde 1. günde yapılan pH analizinde kontrol grubunun $7,5\pm0,1$, AL50 grubunun $6,9\pm0,0$ ve AL100 grubunun $6,7\pm0,0$ olduğu saptanmıştır. İlk gün pH analizi karşılaştırmaları gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Çoklu karşılaştırma analizine göre bu farkın kontrol grubunun yüksek pH ($7,5\pm0,1$) değerinden kaynaklı olduğu görülmektedir. Muhafazanın 4. gününde pH değerlerine bakıldığında ise kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $7,1\pm0,1$, $6,8\pm0,4$ ve $6,7\pm0,2$ olduğu görülmektedir. Kek gruplarının muhafazanın 4. günündeki pH değerleri istatistiksel açıdan anlamlı olup ($p<0,05$), D-alluloz oranı arttıkça pH değerinin düştüğü belirlenmiştir. 8. gün yapılan pH analizlerinde ise grupların sırasıyla $7,2\pm0,0$, $6,8\pm0,0$ ve $6,7\pm0,0$ pH değeri gösterdiği belirlenmiştir. Sekizinci gün pH analizlerinin 4. gün ile paralellik gösterdiği ve 8. gün gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Grupların günler arasındaki pH analizlerine bakıldığında sadece kontrol grubunda istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu ($p<0,05$) saptanmıştır.

Keklerin 1. gündeki titrasyon asitliği değeri ortalamaları sırasıyla $0,076\pm0,02$, $0,094\pm0,06$ ve $0,175\pm0,02$ 'dir. Bu değerler 4. günde sırasıyla $0,048\pm0,0$, $0,116\pm0,0$ ve $0,122\pm0,0$; muhafaza esnasında 8. günde sırasıyla $0,084\pm0,0$, $0,139\pm0,0$ ve $0,208\pm0,0$ 'dir. Bütün analiz günlerinde gruplar arasındaki titrasyon asitliği değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Tukey's çoklu karşılaştırma testine göre bu farkın 1. ve 4. günde AL100 grubundan kaynaklandığı, 8. günde ise D-alluloz oranı arttıkça titrasyon asitliği değerinin arttığı bulunmuştur.

Çizelge 3.4. Keklerin su aktivitesi, pH ve titrasyon asitliği analizi

	Günler	Kontrol ($\bar{x}\pm SS$)	AL50 ($\bar{x}\pm SS$)	AL100 ($\bar{x}\pm SS$)	p*
Su aktivitesi	1	$0,83\pm0,3^{Aa}$	$0,82\pm0,1^{Aa}$	$0,81\pm0,5^{Aa}$	0,80
	4	$0,83\pm0,3^{Aa}$	$0,84\pm0,0^{Aa}$	$0,86\pm0,1^{Aa}$	0,39
	8	$0,86\pm0,1^{Aa}$	$0,87\pm0,3^{Ba}$	$0,85\pm0,0^{Aa}$	0,19
	p [#]	0,51	0,02	0,35	
pH	1	$7,5\pm0,1^{Aa}$	$6,9\pm0,0^{Ab}$	$6,7\pm0,0^{Ab}$	0,00
	4	$7,1\pm0,1^{Ba}$	$6,8\pm0,4^{Ab}$	$6,7\pm0,2^{Ab}$	0,03
	8	$7,2\pm0,0^{Ba}$	$6,8\pm0,0^{Ab}$	$6,7\pm0,0^{Ac}$	0,0
	p [#]	0,03	0,93	0,29	
Titrasyon asitliği (%)	1	$0,076\pm0,02^{Aa}$	$0,094\pm0,06^{Aa}$	$0,175\pm0,02^{Ab}$	0,01
	4	$0,048\pm0,0^{Aa}$	$0,116\pm0,0^{Ab}$	$0,122\pm0,0^{Ab}$	0,01
	8	$0,084\pm0,0^{Aa}$	$0,139\pm0,0^{Ba}$	$0,208\pm0,0^{Cc}$	0,01
	p [#]	0,14	0,00	0,03	

* One Way Anova analizi kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklar belirlenmiş ve küçük harfler ile gösterilmiştir.

Tekrarlı Ölçümlerde Anova analizi kullanılmıştır.

3.5. Keklerin Kuru Madde ve Kül Analizi

Keklerin kuru madde ve kül analizi sonuçları Çizelge 3.5.'de gösterilmiştir. Kontrol grubunun toplam kuru madde oranı %76,1±3,0, AL50 grubunun %76,4±4,6 ve AL100 grubunun %75,0±2,6 olduğu saptanmıştır. Grupların toplam kuru madde oranları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$). Keklerin toplam kül oranlarına bakıldığında ise kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla %1,2±0,0, %1,3±0,0 ve %1,4±0,0 olduğu saptanmıştır. D-Alluloz oranı arttıkça keklerde toplam kül oranının arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 3.5. Keklerin kuru madde ve kül analizi

	Kontrol ($\bar{x}\pm SS$)	AL50 ($\bar{x}\pm SS$)	AL100 ($\bar{x}\pm SS$)	p*
Toplam kuru madde (g)	6,4±1,4 ^a	9,1±2,0 ^a	7,7±0,3 ^a	0,21
Toplam kuru madde (%)	76,1±3,0	76,4±4,6	75,0±2,6	0,88
Toplam kül (g)	0,09±0,0 ^a	0,17±0,03 ^b	0,15±0,01 ^a	0,03
Toplam kül (%)	1,2±0,0 ^a	1,3±0,0 ^b	1,4±0,0 ^c	0,01

* One Way Anova analizi kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklar belirlenmiş ve küçük harfler ile gösterilmiştir.

3.6. Keklerin Renk Analizi

Üretilen keklerin kabuk ve iç renk analizi sonuçları Çizelge 3.6.'da belirtilmiştir. Kontrol grubunun kabuk kısmının L*, a*, b* değerleri ortalaması sırasıyla 57,5±0,4, 18,1±0,3 ve 38,5±0,6 bulunmuştur. AL50 grubunun kabuk kısmının L*, a*, b* değerleri ortalaması ise sırasıyla 53,6±0,7, 20,6±0,2 ve 40,6±2,4 olarak belirlenmiştir.

AL100 grubunda ise bu değerler sırasıyla $47,9\pm1,3$, $21,9\pm0,2$ ve $35,9\pm1,4$ 'tür. Toplam renk farkını gösteren ΔE değeri ortalamasına bakıldığında ise kontrol, AL50 ve AL100 gruplarında sırasıyla $54,7\pm0,6$, $59,6\pm1,1$ ve $61,4\pm0,3$ olduğu saptanmıştır. Kabuk kısmının L^* ve a^* değerleri ortalamaları bütün gruplarda istatistiksel açıdan farklılık gösterirken ($p<0,05$), b^* değeri ortalamalarında gruplar arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Kabuk kısmının ΔE değerinde, kontrol grubu ile AL50 ve AL100 grupları arasında anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Üretilen keklerin iç renk analizlerine bakıldığında kontrol grubunun L^* , a^* ve b^* değerleri ortalaması sırasıyla $84,4\pm0,5$, $-2,6\pm0,3$ ve $26,1\pm0,6$ olarak saptanmıştır. AL50 grubunun ortalama iç renk değerleri sırasıyla $77,8\pm1,5$, $0,98\pm0,6$ ve $30,5\pm0,3$ iken; AL100 grubunda bu oranlar $65,4\pm2,7$, $6,3\pm0,8$ ve $33,3\pm1,7$ 'dir. İç renk parametrelerinde L^* ve a^* değeri ortalaması bütün gruplarda istatistiksel açıdan farklılık gösterirken; b^* değeri ortalaması sadece kontrol grubunda istatistiksel açıdan anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Grupların ΔE değerleri ortalaması sırasıyla $25,6\pm0,7$, $32,5\pm1,1$ ve $42,8\pm3,1$ 'dir. Üretilen keklerin iç kısmının ΔE değerleri bütün gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0,05$).

Keklerin kahverengileşme indeksi ortalamaları hesaplandığında kabuk kısmı kontrol için $28,2\pm0,1$, AL50 için $33,6\pm0,3$ ve AL100 için $38,1\pm0,9$ olup istatistiksel açıdan bütün gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). İç kısımların kahverengileşme indeksi ortalamaları ise sırasıyla $0,8\pm0,3$, $4,8\pm0,7$ ve $11,8\pm1,6$ olduğu ve yine bütün gruplar arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 3.6. Keklerin renk analizi

Renk Değeri	Kabuk			p*	İç			p*
	Kontrol (x±SS)	AL50 (x±SS)	AL100 (x±SS)		Kontrol (x±SS)	AL50 (x±SS)	AL100 (x±SS)	
L*	57,5±0,4 ^a	53,6±0,7 ^b	47,9±1,3 ^c	0,00	84,4±0,5 ^a	77,8±1,5 ^b	65,4±2,7 ^c	0,04
a*	18,1±0,3 ^a	20,6±0,2 ^b	21,9±0,2 ^c	0,00	-2,6±0,3 ^a	0,98±0,6 ^b	6,3±0,8 ^c	0,02
b*	38,5±0,6 ^a	40,6±2,4 ^a	35,9±1,4 ^a	0,13	26,1±0,6 ^a	30,5±0,3 ^b	33,3±1,7 ^b	0,01
ΔL*	-37,2±0,4 ^a	-41,1±0,7 ^b	-46,8±1,3 ^c	0,04	-10,3±0,5 ^a	-16,9±1,5 ^b	-29,3±2,7 ^c	0,00
Δa*	18,2±0,3 ^a	20,7±0,2 ^b	21,9±0,2 ^c	0,01	-2,5±0,3 ^a	1,1±0,6 ^b	6,4±0,8 ^c	0,00
Δb*	35,7±0,6 ^a	37,8±2,4 ^a	33,1±1,4 ^a	0,13	23,3±0,6 ^a	27,8±0,3 ^b	30,6±1,7 ^b	0,01
ΔE	54,7±0,6 ^a	59,6±1,1 ^b	61,4±0,3 ^b	0,00	25,6±0,7 ^a	32,5±1,1 ^b	42,8±3,1 ^c	0,00
Kİ	28,2±0,1 ^a	33,6±0,3 ^b	38,1±0,9 ^c	0,00	0,8±0,3 ^a	4,8±0,7 ^a	11,9±1,6 ^c	0,00

ΔL: Toplam beyazlık-siyahlık renk farkı, **Δa:** Toplam yeşillik-kırmızılık renk farkı, **Δb:** Toplam mavilik-sarılık renk farkı, **ΔE:** Toplam renk farkı, **Kİ:** Kahverengileşme indeksi

* One Way Anova analizi kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklar belirlenmiş ve küçük harfler ile gösterilmiştir.

3.7. Keklerin Tekstür Profil Analizi

Keklerin tekstür profil analizi sonuçları Çizelge 3.7.'de gösterilmiştir. Kontrol, AL50 ve AL100 olarak üretilen keklerin tekstür profil analiz sonucunda sertlik değerleri ortalamaları sırasıyla 1657,2±157,3 g, 2486,4±122,8 g ve 3721,8±244,1 g olduğu saptanmıştır. Üretilen keklerde D-alluloz oranı artışıyla beraber sertlik değerinin arttığı, bu artışın istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Tukey çoklu karşılaştırma testine göre bu farkın AL100 grubundan kaynaklı olduğu, kontrol ve AL50 grupları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı sonucuna

varılmıştır. Üretilen kek gruplarının yapışkanlık, esneklik, yapışıklık ve elastikiyet değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Keklerin sakızımsılık değerleri ortalamalarına bakıldığında kontrol grubunun $251,6\pm9,1$, AL50 grubunun $403,6\pm34,1$ ve AL100 grubunun $481,5\pm31,9$ olduğu görülmüştür. Sakızımsılık değerleri ortalamalarında AL100 grubunun kontrol ve AL50 grubuna göre değerleri istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Grupların çiğnenebilirlik değeri ortalamalarında ise kontrol grubunun $87,8\pm45,1$, AL50 grubunun $89,0\pm37,5$ ve AL100 grubunun $299,6\pm11,0$ olduğu saptanmıştır. Grupların çiğnenebilirlik değerleri ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) iken, bu fark AL100 grubundan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3.7. Tekstür profil analizi

	Kontrol ($\bar{x}\pm SH$)	AL50 ($\bar{x}\pm SH$)	AL100 ($\bar{x}\pm SH$)	p*
Sertlik (g)	$1657,2\pm157,3^a$	$2486,4\pm122,8^a$	$3721,8\pm244,1^c$	0,00
Yapışkanlık	$-37,2\pm4,9^a$	$-24,3\pm7,6^a$	$-6,0\pm4,7^a$	0,07
Esneklik	$0,34\pm0,2^a$	$0,21\pm0,1^a$	$0,62\pm0,0^a$	0,14
Yapışıklık (%)	$0,15\pm0,0^a$	$0,16\pm0,0^a$	$0,13\pm0,0^a$	0,31
Sakızımsılık	$251,6\pm9,1^a$	$403,6\pm34,1^a$	$481,5\pm31,9^c$	0,02
Çiğnenebilirlik	$87,8\pm45,1^a$	$89,0\pm37,5^a$	$299,6\pm11,0^c$	0,03
Elastikiyet (%)	$0,058\pm0,01^a$	$0,059\pm0,01^a$	$0,052\pm0,0^a$	0,76

* One Way Anova analizi kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklar belirlenmiş ve küçük harfler ile gösterilmiştir.

3.8. Keklerin Antioksidan Aktivite Analizi

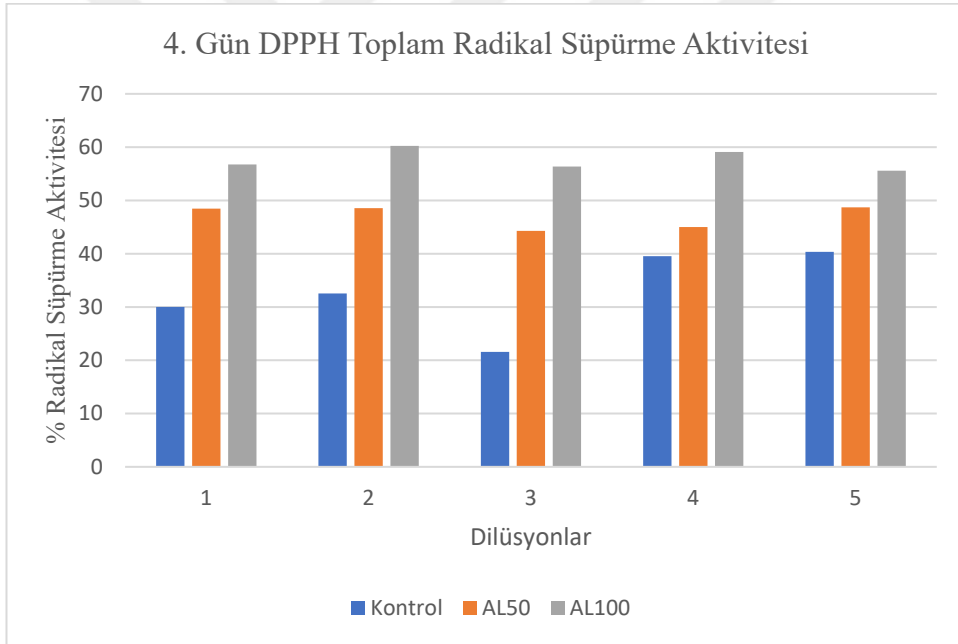
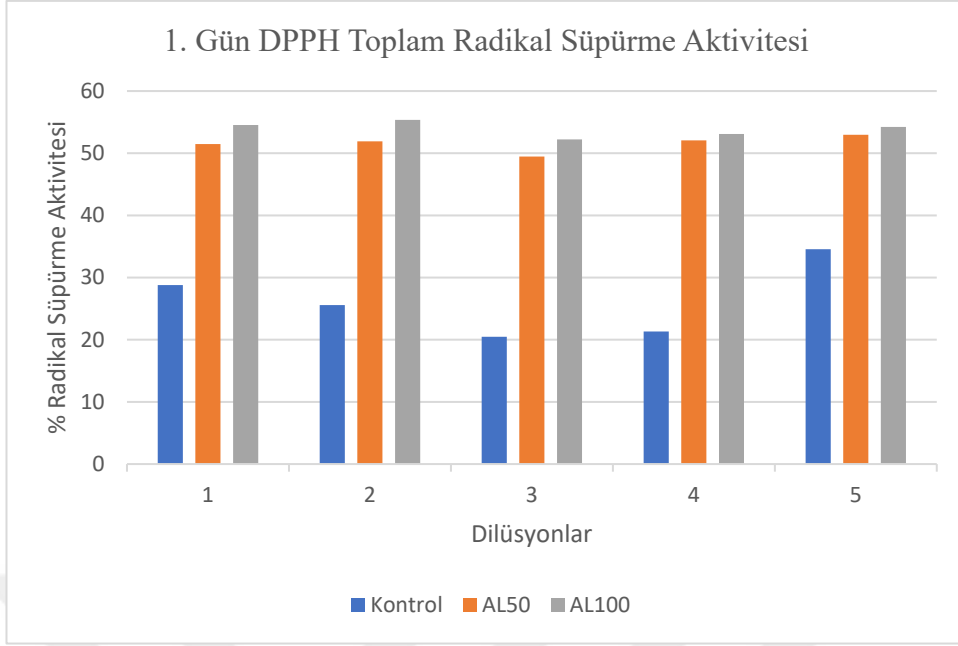
Keklerin toplam radikal süpürme aktivitesi sonuçları Çizelge 3.8’de gösterilmiştir. Üretilen kek gruplarının toplam Radikal Süpürme Aktivitesi (RSA) beş dilüsyonun ortalaması şeklinde verilmiş olup, farklı dilüsyonlardaki toplam radikal süpürme aktivitesi Şekil 3.3.’deki gibidir. Buna göre kontrol grubunun 1. gündeki RSA ortalaması $26,1 \pm 5,8$, AL50 grubunun $51,6 \pm 1,3$ ve AL100 grubunun $53,9 \pm 1,2$ olduğu bulunmuştur. Keklerin 4. gündeki RSA ortalamaları sırasıyla $32,8 \pm 7,7$, $47,0 \pm 2,2$ ve $47,9 \pm 0,6$; 8. gündeki RSA ortalamaları $53,9 \pm 1,2$, $57,6 \pm 2,0$ ve $58,5 \pm 1,0$ ’dır. Kek gruplarının muhafazanın 1., 4. ve 8. günündeki RSA ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Gruplar arasındaki farkın çoklu karşılaştırma analizlerine bakıldığında bu farkın kontrol grubunun düşük RSA ortalamasından kaynaklandığı bulunmuştur. Üretilen keklerin günler arasındaki RSA ortalamalarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olup ($p < 0,05$); bu fark kontrol grubunda 8. günden, AL50 ve AL100 grubunda ise 1. günden kaynaklandığı saptanmıştır.

Çizelge 3.8. Keklerin toplam radikal süpürme aktivitesi

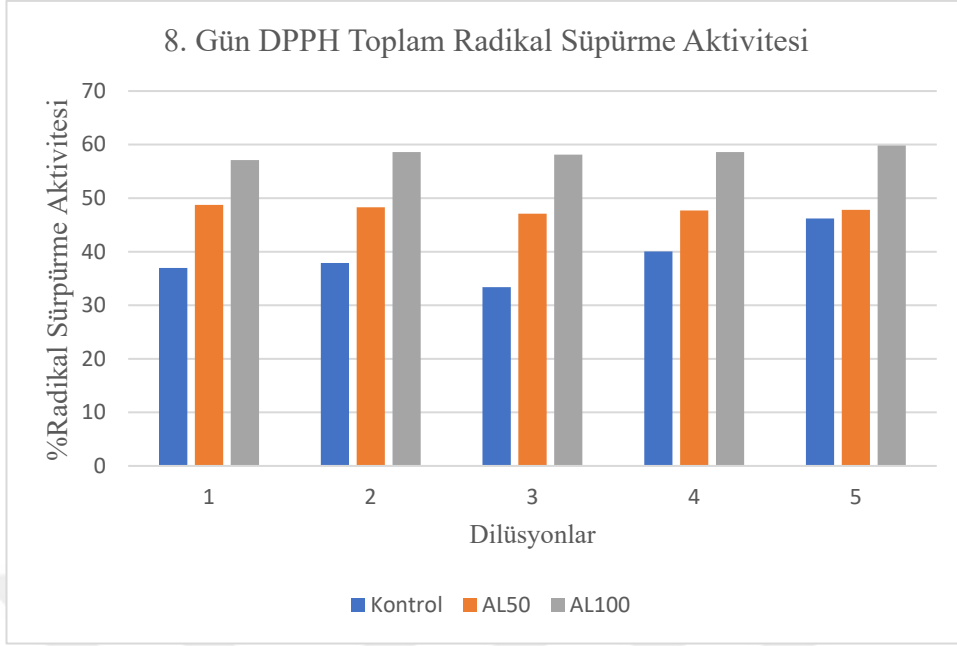
	Günler	Kontrol ($\bar{x} \pm SS$)	AL50 ($\bar{x} \pm SS$)	AL100 ($\bar{x} \pm SS$)	p*
Toplam Radikal Süpürme Aktivitesi (%)	1	$26,1 \pm 5,8^{Aa}$	$51,6 \pm 1,3^{Ab}$	$53,9 \pm 1,2^{Ab}$	0,00
	4	$32,8 \pm 7,7^{Aa}$	$47,0 \pm 2,2^{Bb}$	$47,9 \pm 0,6^{Bb}$	0,00
	8	$53,9 \pm 1,2^{Ba}$	$57,6 \pm 2,0^{Bb}$	$58,5 \pm 1,0^{Bb}$	0,00
	p#	0,02	0,00	0,00	

* One Way Anova analizi kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklar belirlenmiş ve küçük harfler ile gösterilmiştir.

Tekrarlı Ölçümlerde Anova analizi kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Keklerin farklı günlerde toplam radikal süpürme aktivitesi



Şekil 3.3. (Devamı). Keklerin farklı günlerde toplam radikal süpürme aktivitesi

3.9. Üretilen Keklerde İndirgen  eker Analizi

Keklerin indirgen  eker ve toplam  eker oranları  izelge 3.9.'da gösterilmiştir. Kontrol grubunun indirgen  eker oranları %0,46, AL50 grubunun %4,20 ve AL100 grubunun %7,0 olduğu bulunmuştur. Toplam indirgen  eker oranının D-alluloz oranı ile pozitif yönde arttığı görülmektedir ($p<0,05$). AL100 grubu sükroz içermediği için toplam  eker ve sükroz oranı analiz edilmemiştir. Kontrol grubu ile AL50 grubunun toplam  eker oranları sırasıyla %22,7 ve %15,8 olduğu bulunmuştur. Kontrol ve AL50 grubu keklerin sükroz oranı da sırasıyla %21,1 ve %11,0'dır.

Çizelge 3.9. Keklerin indirgen şeker ve toplam şeker oranları

	Kontrol	AL50	AL100	p*
Toplam indirgen şeker (%)	0,46 ^a	4,20 ^b	7,0 ^c	0,00
Toplam şeker (%)	22,7	15,8	-	-
Sükroz (%)	21,1	11,0	-	-

* One Way Anova analizi kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklar belirlenmiş ve küçük harfler ile gösterilmiştir.

3.10. Keklerde Yapılan Duyusal Analizler

Keklerin duyusal analiz sonuçları Çizelge 3.10.'da gösterilmiştir. Duyusal analizin 1. gününde kontrol grubunun kabuk görünümü ortalaması $7,6 \pm 1,6$, iç görünüm ortalaması $7,6 \pm 1,7$, iç renk ortalaması $7,6 \pm 1,7$, dış renk ortalaması $7,5 \pm 1,7$, elastikiyet ortalaması $8,5 \pm 0,6$, çiğnenebilirlik değeri ortalaması $8,4 \pm 1$, tatlılık-acılık değeri ortalaması $7,8 \pm 1,3$ ve genel kabul edilebilirlik değeri ortalaması $7,8 \pm 1,5$ 'tir. AL50 grubunun kabuk görünüm ortalaması $7,9 \pm 1,1$, iç görünüm ortalaması $7,8 \pm 1,1$, iç renk ortalaması $7,9 \pm 0,9$, dış renk ortalaması $8,0 \pm 0,9$, elastikiyet ortalaması $7,8 \pm 1,1$, çiğnenebilirlik ortalaması $7,8 \pm 1,3$, tatlılık-acılık ortalaması $7,5 \pm 1,3$ ve genel kabul edilebilirlik ortalaması $7,9 \pm 1,2$ 'dir. AL100 grubunun kabuk görünüm ortalaması $7,5 \pm 1,2$, iç görünüm ortalaması $7,3 \pm 1,1$, iç renk ortalaması $7,2 \pm 1,1$, dış renk ortalaması $7,3 \pm 1,1$, elastikiyet ortalaması $7,3 \pm 1,5$, çiğnenebilirlik ortalaması $7,7 \pm 1,2$, tatlılık-acılık ortalaması $7,1 \pm 1,4$ ve genel kabul edilebilirlik ortalaması $7,3 \pm 1,0$ 'dır. 1.gün yapılan duyusal analiz sonrasında hacim (kabarma), elastikiyet, gözenek yapısı, sertlik-yumuşaklık değerleri ortalamalarında AL100 grubu keklerin daha düşük puan aldığı ve bu durumun istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. 1. gün duyusal analizlerinde genel kabul edilebilirlik ortalamaları arasında AL100 grubu en düşük puanı almış olmakla beraber, kontrol grubu ve AL50 grubu ile kıyaslandığında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Keklerde 4. günde yapılan duyusal analiz sonuçlarına bakıldığında kontrol grubunun iç görünüm ortalaması $8,0 \pm 1,1$, dış renk ortalaması $7,9 \pm 1,1$, elastikiyet ortalaması $8,2 \pm 0,6$, gözenek yapısı

ortalaması $8,2\pm0,8$, sertlik-yumuşaklık ortalaması $8,3\pm0,8$, tatlılık-acılık ortalaması $8,1\pm0,9$ ve genel kabul edilebilirlik ortalamasının $8,2\pm0,8$ olduğu görülmektedir. AL50 ve AL100 gruplarının iç görünüm ortalamaları sırasıyla $7,9\pm0,9$ ve $7,2\pm1,0$, hacim (kabarma) ortalamaları $8,1\pm0,7$ ve $7,1\pm1,0$, elastikiyet ortalamaları $7,7\pm1,0$ ve $7,2\pm1,2$, gözenek yapısı ortalamaları $7,9\pm0,9$ ve $7,4\pm1,0$, sertlik-yumuşaklık ortalamaları $7,9\pm0,8$ ve $7,4\pm0,9$, tatlılık-acılık ortalamaları $7,9\pm0,9$ ve $7,2\pm1,2$ ve genel kabul edilebilirlik ortalamaları $8,2\pm0,8$ ve $7,4\pm0,9$ olduğu bulunmuştur. Üretilen keklerin 4. günde aldıkları genel kabul edilebilirlik ortalamaları 1. güne kıyasla istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$) ve genel kabul edilebilirlik puanları 1. günden daha yüksektir.

Panelistlerin muhafazanın 8. gününde kek gruplarına verdikleri puanlar değerlendirildiğinde kabuk kalınlığı, iç görünüm, hacim (kabarma), elastikiyet, gözenek yapısı, sertlik-yumuşaklık, çiğnenebilirlik, tatlılık-acılık ve genel kabul edilebilirlik puanları arasında istatistiksel açıdan anlamlı ($p<0,05$) farklılık bulunmaktadır. Kontrol, AL50 ve AL100 gruplarının 8. günde sırasıyla kabuk kalınlığı ortalamaları $8,3\pm1,1$, $8,0\pm1,0$ ve $6,9\pm1,5$, iç görünüm ortalamaları $8,1\pm1,2$, $7,8\pm0,9$ ve $6,7\pm1,6$, hacim (kabarma) ortalamaları $8,7\pm0,7$, $7,7\pm1,2$ ve $6,5\pm1,4$, elastikiyet ortalamaları $8,5\pm0,9$, $7,6\pm1,2$ ve $6,9\pm1,6$, sertlik-yumuşaklık ortalamaları $8,6\pm0,9$, $7,8\pm1,1$ ve $6,6\pm1,9$, çiğnenebilirlik ortalamaları $8,7\pm0,7$, $8,3\pm1,0$ ve $7,3\pm1,4$, tatlılık-acılık ortalamaları $8,4\pm0,9$, $8,0\pm1,2$ ve $6,6\pm1,8$ ve genel kabul edilebilirlik ortalamaları $8,5\pm0,8$, $7,8\pm1,3$ ve $6,7\pm1,4$ 'tür. Kontrol grubunun genel kabul edilebilirlik puanı ortalamaları $7,8\pm1,5$ 'ten $8,5\pm0,8$ 'e çıkarken, AL50 grubunun 1. günde $7,9\pm1,2$ olan ortalaması 4. günde $8,2\pm0,8$ 'e çıkmış, 8. günde tekrar $7,8\pm1,3$ 'e düşmüştür. AL100 grubunun 1., 4. ve 8. günde genel kabul edilebilirlik puanları $7,3\pm1,0$, $7,4\pm0,9$ ve $6,7\pm1,4$ olarak saptanmıştır. Günler arasında AL100 grubundaki düşen puan ortalamaları istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

Çizelge 3.10. Keklerde yapılan duyusal analiz

		1. Gün				4. Gün				8. Gün			
		Kontrol (x±SS)	AL50 (x±SS)	AL100 (x±SS)	P*	Kontrol (x±SS)	AL50 (x±SS)	AL100 (x±SS)	P*	Kontrol (x±SS)	AL50 (x±SS)	AL100 (x±SS)	P*
Görünüm	Kabuk görünümü	7,6±1,6 ^{Aa}	7,9±1,1 ^{Aa}	7,5±1,2 ^{Aa}	0,50	7,8±1,6 ^{Aa}	8,2±0,8 ^{Aa}	7,7±1,0 ^{Aa}	0,45	7,9±1,6 ^{Aa}	8,0±0,9 ^{Aa}	7,1±1,1 ^{Aa}	0,14
	Kabuk kalınlığı	7,6±1,7 ^{Aa}	7,9±0,7 ^{Aa}	7,8±1,0 ^{Aa}	0,79	7,7±1,4 ^{Aa}	8,2±0,8 ^{Aa}	7,7±0,8 ^{Aa}	0,20	8,3±1,1 ^{Aa}	8,0±1,0 ^{Aa}	6,9±1,5 ^{Ac}	0,02
	İç görünüm	8,1±1,2 ^{Aa}	7,8±1,0 ^{Aa}	7,3±1,1 ^{Aa}	0,06	8,0±1,1 ^{Aa}	7,9±0,9 ^{Aa}	7,2±1,0 ^{Ab}	0,03	8,1±1,2 ^{Aa}	7,8±0,9 ^{Aa}	6,7±1,6 ^{Ac}	0,02
Renk	Hacmi (kabarma)	8,4±1,0 ^{Aa}	7,6±0,9 ^{Aa}	7,0±1,3 ^{Ab}	0,00	8,2±0,7 ^{Aa}	8,1±0,7 ^{Aab}	7,1±1,0 ^{Ac}	0,00	8,7±0,7 ^{Aa}	7,7±1,2 ^{Ab}	6,5±1,4 ^{Ac}	0,00
	İç renk	7,6±1,7 ^{Aa}	7,9±0,9 ^{Aa}	7,2±1,1 ^{Aa}	0,24	7,9±1,2 ^{Aa}	8,1±0,8 ^{Aa}	7,5±0,9 ^{Aa}	0,15	7,9±1,3 ^{aA}	8,0±1,2 ^{Aa}	6,9±1,6 ^{Aa}	0,11
	Dış renk	7,5±1,7 ^{Aa}	8,0±0,9 ^{Aa}	7,3±1,1 ^{Aa}	0,22	7,9±1,1 ^{Aa}	8,1±0,7 ^{Aa}	7,4±0,9 ^{Ac}	0,05	7,9±1,2 ^{Aa}	8,0±0,9 ^{Aa}	7,2±1,2 ^{Aa}	0,14
Doku	Elastikiyet	8,5±0,6 ^{Aa}	7,8±1,1 ^{Aa}	7,3±1,5 ^{Ab}	0,00	8,2±0,6 ^{Aa}	7,7±1,0 ^{Aa}	7,2±1,2 ^{Ac}	0,00	8,5±0,9 ^{Aa}	7,6±1,2 ^{Aa}	6,9±1,6 ^{Ac}	0,01
	Gözenek yapısı	8,3±0,7 ^{Aa}	7,5±1,2 ^{Aa}	7,2±1,4 ^{Ab}	0,01	8,2±0,8 ^{Aa}	7,9±0,9 ^{Aa}	7,4±1,0 ^{Ac}	0,04	8,5±0,7 ^{Aa}	8,0±1,2 ^{Aa}	7,1±1,5 ^{Ac}	0,01
	Sertlik-yumuşaklık	8,4±0,7 ^{Aa}	7,7±1,1 ^{Aa}	7,3±1,2 ^{Ab}	0,00	8,3±0,8 ^{Aa}	7,9±0,8 ^{Aa}	7,4±0,9 ^{Ac}	0,00	8,6±0,9 ^{Aa}	7,8±1,1 ^{Aa}	6,6±1,9 ^{Ac}	0,00
Aroma-Lezzet	Çiğnenebilirlik	8,4±1,1 ^{Aa}	7,8±1,3 ^{Aa}	7,7±1,2 ^{Aa}	0,15	8,2±0,9 ^{Aa}	8,3±0,7 ^{Aa}	7,7±0,8 ^{Aa}	0,05	8,7±0,7 ^{Aa}	8,3±1,0 ^{Aa}	7,3±1,4 ^{Ac}	0,00
	Tatlılık-acılık	7,8±1,3 ^{Aa}	7,5±1,3 ^{Aa}	7,1±1,4 ^{Aa}	0,31	8,1±0,9 ^{Aa}	7,9±0,9 ^{Aa}	7,2±1,2 ^{Ac}	0,03	8,4±0,9 ^{Aa}	8,0±1,2 ^{Aa}	6,6±1,8 ^{Ac}	0,00
Genel kabul edilebilirlik		7,8±1,5 ^{Aa}	7,9±1,2 ^{Aa}	7,3±1,0 ^{Aa}	0,39	8,2±0,8 ^{Aa}	8,2±0,8 ^{Aa}	7,4±0,9 ^{Ac}	0,00	8,5±0,8 ^{Aa}	7,8±1,3 ^{Aa}	6,7±1,4 ^{Ac}	0,00
Günler arası genel kabul edilebilirlik puanı p değerleri		Kontrol: 0,22				AL50: 0,59				AL100: 0,15			

* One Way Anova analizi kullanılmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arasındaki farklar belirlenmiş ve küçük harfler ile gösterilmiştir.

Tekrarlı Ölçümlerde Anova analizi kullanılmıştır.

3.11. Bir Porsiyon Kekin Enerji ve Makro Besin Ögesi Değeri

Keklerin enerji ve makro besin ögesi değeri Çizelge 3.11.'de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan keklerin toplam enerji değerlerine bakıldığında kontrol, AL50 ve AL100 grubunun sırasıyla 3654,4 kkal, 3191,6 kkal ve 2728,9 kkal enerji içerdiği görülmektedir. D-Alluloz içeren keklerin enerji değerinde azalma olduğu saptanmış fakat istatistiksel olarak analiz edilmemiştir. Keklerde gruplar arasında herhangi bir fark olmaksızın miktarların sırasıyla 469,2 g karbonhidrat, 58,4 g protein ve 170,7 g yağ bulunmaktadır. Üretilen keklerin bir porsiyonunun enerji değerleri ise sırasıyla 174,0, 152,0 ve 130,0 kkal/45 g olduğu saptanmıştır. AL100 ile üretilen keklerin 1 porsiyonunun enerji değeri AL50 ve kontrol grubuna göre daha düşüktür. Keklerin bir porsiyonunun karbonhidrat, protein ve yağ miktarları ise sırasıyla 22,3, 2,8 ve 8,1 g'dır.

Çizelge 3.11. Keklerin enerji ve makro besin ögesi değeri

	Kontrol	AL50	AL100
Toplam enerji (kkal)	3654,4	3191,6	2728,9
Toplam karbonhidrat (g)	469,2	469,2	469,2
Toplam protein (g)	58,4	58,4	58,4
Toplam yağ (g)	170,7	170,7	170,7
1 porsiyonun enerjisi (kkal/45 g)	174,0	152,0	130,0
1 porsiyonun karbonhidrat miktarı (g/45 g)	22,3	22,3	22,3
1 porsiyonun protein miktarı (g/45 g)	2,8	2,8	2,8
1 porsiyonun yağ miktarı (g/45 g)	8,1	8,1	8,1

4. TARTIŞMA

4.1. Çözücü Tutma Kapasitesi Analizi

Çözücü tutma kapasitesi kullanılan unun karakteristik özellikleri ve kalitesi ile pişirme performans profilini belirlemek için kullanılan bir analizdir (Haynes ve ark., 2009). Aynı zamanda ÇTK analizi ile buğday ununun fonksiyonel bileşenleri olan gluten, hasarlı nişasta ve arabinoksilanlar (pentozanlar) için çözücü uyumluluğunun ölçüsünü belirlemektedir. Bu da kullanılan her bir çözücünün ürün kalitesi üzerine fonksiyonel katkısının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Kweon ve ark., 2011).

Çalışmada kontrol grubu olarak kullanılan sükrozun çözücü tutma kapasitesi D-alluloz ve diğer çözücülere kıyasla en yüksek düzeyde bulunmuştur. Sükrozun ÇTK'sı $129,7 \pm 10,1$ 'dir AL50 ve AL100 grubunun ise ÇTK'ları ise sırasıyla $115,5 \pm 8,5$ ve $101,4 \pm 4,7$ 'dir. Çalışmada kullanılan diğer çözücülerin ÇTK'sı distile su için $55,6 \pm 7,5$, sodyum karbonat için $73,4 \pm 4,5$ ve laktik asit için ise $110,9 \pm 13,9$ olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.1.). D-Allulozun ÇTK'sının sükroza yakın olması keklerde şeker ikamesi olarak D-alluloz kullanımının uygun olduğu şeklinde yorumlanmaktadır.

Lee ve ark.'nın (2020) D-allulozu şeker ikamesi olarak kek üretiminde kullandıkları bir çalışmada; sükrozun ÇTK'sını $130 \pm 1,8$, %50 oranında kullanılan D-allulozun $118 \pm 2,5$ ve %100 oranında kullanılan D-allulozun $100 \pm 2,3$ olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada distile su, laktik asit ve sodyum karbonat için ÇTK değerleri ortalamaları sırasıyla $65,1 \pm 1,3$, $114 \pm 13,6$ ve $70,6 \pm 1,1$ olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar ile yapılan bu çalışmanın sonuçlarının benzer olduğu görülmektedir. Sükrozun gluten kompleksi oluşumu üzerine D-allulozdan daha yüksek etkisi olduğu bildirilmektedir. Oluşan gluten kompleksi keklerde ısıtma işlem sonucu daha iyi bir kabarma sağlamaktadır (Dizlek, 2011). Bu durum üretilen keklerin hacminin kontrol grubunda yüksek olmasını desteklemektedir.

Yapılan başka bir çalışmada, ÇTK değerleri distile su için 49,0, laktik asit için %86,9, sodyum karbonat için %64,9 ve sükroz için %90,6 olarak tespit edilmiştir. Şeker ikamesi olarak kullanmış oldukları glukoz şuruplarının (glucodry 314 ve mylose 351) ÇTK'ları ise %96,8 ve %110,7 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile çalışmada kullanılan glukoz şuruplarının, unlu mamüller için uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Kweon ve ark., 2016).

Bu çalışmalardan da anlaşıldığı gibi ÇTK analizi unlu mamullerde kullanılan unun kalitesini ve pişirme özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesinde önemli bir analizdir. Sükrozun ÇTK değerinin yüksek olması, şeker ikamesi olarak kullanılan bileşenlerde, kekin fizikokimyasal ve tekstürel bileşenlerinin korunarak, duyu analizi bakımından sükroza eş değer ya da sükrozdan daha iyi sonuçlar vermesini gerektirmektedir. Bu nedenle D-allulozun distile su ve sodyum karbonattan yüksek ÇTK değerlerine sahip olması ve sükroza yakın ÇTK değeri olması nedeniyle başta kek olmak üzere unlu mamullerde kullanılabilirliğini göstermiştir.

4.2. Kek Hamurunda ve Pişirilen Keklerde Yapılan Fiziksel Analizler

Keklerde yapılan fiziksel analizler, kek reçetesinde yer alan bileşenlerden, hamur viskozitesinden, çözücülerin çözücü tutma kapasitesinden, nişasta jelatinizasyonundan, molekül ağırlığından, pişirme sıcaklığı ve süresinden ve pişirilen kek kalıbı gibi birçok faktörden etkilenen bir durumdur (Amin ve ark., 2021; Kıvanç., 2013; Meng ve Kim., 2020 ve Palamutoğlu ve ark., 2018). Standart kek reçetelerine eklenen bileşenlerin ısı işlemi ile birlikte buharlaşarak kaybolması da pişirmeyle ağırlık kaybı ve kek verimini etkileyen bir faktördür (Palamutoğlu ve ark., 2018). Kekte kullanılan bileşenlerin çırpma sırasında daha fazla hava tutması kek yüksekliği ve spesifik hacim ile ilişkilidir (Shevkani ve Singh, 2014). Unlu mamul sanayinde ekmek üretiminde olduğu gibi kek de kalitenin en önemli göstergelerinden biri hacim ve/veya spesifik hacimdir (Ataman ve Gül, 2020).

Bu çalışmada süktroz (kontrol) ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $2,60\pm0,1$ cm, %50 D-alluloz ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $1,75\pm0,1$ cm ve %100 D-alluloz ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $1,50\pm0,0$ cm olarak saptanmıştır. Keklerin spesifik hacim ortalamaları incelendiğinde kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $1,13\pm0,1$, $1,13\pm0,2$ ve $1,12\pm0,0$ mL/g olduğu görülmektedir ($p>0,05$). Keklerin yoğunluk ortalamasına bakıldığında kontrol grubunun $1,01\pm0,1$, AL50 grubunun $1,03\pm0,1$ ve AL 100 grubunun $1,01\pm0,0$ olduğu saptanmıştır ($p>0,05$). Üretilen keklerin ortalama kek verimleri kontrol, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $87,2\pm1,9$, $86,2\pm4,1$ ve $87,6\pm3,2$ 'dir (Çizelge 3.2.).

Keklerde AL50 ve AL100 gruplarının daha düşük yükseklik değerine sahip olması, D-alluloz içeren kek hamurunun yüksek viskozite göstermesi ve süktrozun pişirme esnasında karbondioksit ve su buharını tutarak keklerde kabarmaya neden olması ile ilişkilidir. Manisha ve ark. (2012) süktrozun pişirme esnasında nişasta jelatinizasyonunu geciktirerek keklerin hacim kazanmasına katkıda bulunduğunu belirtmiştir. Bolger ve ark. (2021) şeker ikamesi olarak D-allulozu kullanmış, ürettikleri kapkeklerde bütün pişirme derecelerinde süktrozdan elde edilen keklerin D-alluloza kıyasla daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Bunun nedeninin D-alluloz ve fruktozun nişasta jelatinizasyonunu ve yumurta akı denatürasyonunu erken başlatması sonucunda keklerin daha hızlı sertleşmesiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Keklerde şeker ikamesi olarak stevia ekstraktının kullanıldığı bir başka çalışmada, kontrol grubunun spesifik hacminin $2,4\pm0,5$ mL/g, farklı oranlarda ilave edilen stevia ekstraktlarının spesifik hacminin ise sırasıyla $2,5\pm0,3$, $2,9\pm0,0$ ve $2,4\pm0,4$ mL/g olduğu gösterilmiştir (Palamutoğlu ve ark., 2018). Aynı çalışmada kontrol grubunun kek verimi $85,2\pm0,7$, farklı oranlarda stevia ekstraktı içeren keklerin kek verimi ortalaması ise sırasıyla $86,2\pm0,5$, $84,0\pm0,3$ ve $83,1\pm1,1$ olarak belirlenmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada da farklı oranlarda stevia içeren keklerde keklerin spesifik hacimlerinin $1,8\pm0,1$ ve $2,4\pm0,0$ mL/g arasında değiştiği gösterilmiştir (Yüksek., 2019). Keklerde şeker ikamesi olarak stevia kullanıldığı bu iki kek çalışmasında da, şeker ikameleri ile keklerin fiziksel özelliklerinin çok etkilenmediği bildirilmiştir. D-Alluloz ile üretilen keklerin spesifik hacimleri süktroza kıyasla daha

düşük olmasına rağmen yapılan duyuusal analizlerin sonuçları incelendiğinde bireyler tarafından tüketilebilir bir hacme sahip olduğu düşünülmektedir. Stevia ekstraktları ile yapılan çalışmalarda daha yüksek spesifik hacim gösterilmekle beraber, kek bileşenlerinin ve çalışma koşullarının farklı olması sonuçların karşılaştırılmasının doğru olmayacağını düşündürmektedir.

Giritlioğlu (2017)'nın kinoa ve stevia kullanarak yapmış olduğu kek çalışmasında kontrol grubu keklerin pişirme kaybı oranının $11,4\pm0,1$ ve farklı katkı maddelerinde pişirme kaybı oranlarının $10,3\pm0,1$ ile $11,2\pm0,2$ arasında değiştiği bildirilmiştir. Karaoğlu ve Bedir (2020), kısmi pişirme yönteminin kek kalitesi üzerine etkisini inceledikleri bir araştırmada farklı pişirme ve depolama sürelerine bağlı pişirme kaybı oranlarının $16,7\pm0,1$ ile $21,0\pm0,1$ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Şeker (2020) ise meyan şerbeti ile yapmış olduğu sünger keklerde kontrol grubu keklerin spesifik hacmini $0,8\pm0,1$ mL/g ve farklı oranlarda ilave edilen meyan şerbeti ile ürettiği keklerin spesifik hacimlerinin $0,8\pm0,0$ ile $0,9\pm0,0$ mL/g arasında değiştiğini rapor etmiştir. Terzi ve ark. (2020) fasulye protein izolatının, keklerde fiziksel özelliklere etkisini incelemiş; kontrol grubu keklerin pişirme kaybının $9,3\pm0,1$, farklı oranlardaki fasulye izolatlarının pişirme kayıplarının ise $9,8\pm0,2$ ile $11,1\pm0,0$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Goranova ve ark.'nın (2020) doğal şeker ikamesi olarak *prosopis alba* ile üretmiş olduğu sünger keklerde ağırlık kaybının kontrol grubunda $17,6\pm0,7$ ve *prosopis alba* grubunda ise $15,3\pm0,5$ olduğu bildirilmiştir. Keklerin spesifik hacimlerinin kontrol grubunda $3,1\pm0,1$ ve deney grubunda $2,9\pm0,1$ olduğu rapor edilmiştir. Sonuç olarak kontrol grubu ile *prosopis alba* ile elde edilen keklerin fiziksel özellik bakımından çok farklı olmadığı ve *prosopis albanın* şeker ikamesi olarak fonksiyonel kek üretiminde kullanılabileceği bildirilmiştir. Milner ve ark. (2020), şeker içeriği azaltılmış ve şeker ikameleri ile yaptıkları keklerde, sükrozun keklerde kabarmaya olan etkisini incelemişler ve şeker ikamesi olarak kullanılan elma püreleri ile üretilen keklerin daha düşük spesifik hacme sahip olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada sükroz ile üretilen keklerin spesifik hacmi $2,1\pm0,1$ mL/g ve elma püresi ile üretilen keklerin spesifik hacmi $1,9\pm0,1$ mL/g 'dır. Krupa-Kozak ve ark. (2020) ise

şeker ikamesi olarak kullandıkları inülin tipi fruktanlar ile ürettikleri keklerin kontrol grubuna kıyasla daha az ağırlık kaybı gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Keklerin fiziksel özellikleri kek reçetesinde yer alan bileşenlerden ve keklere uygulanan işlemlerden kolaylıkla etkilenen bir durumdur. Fakat genel olarak farklı şeker ikameleri veya şeker içeren besin ilaveleri ile üretilen keklerin fiziksel özellikleri sükroz ile üretilen standart (kontrol) kekler ile benzer özellikler göstermektedir. Bu çalışmada da şeker ikamesi olarak kek üretiminde kullanılan D-allulozun keklerin fiziksel özellikleri üzerine etkisinin şeker ile benzer olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle D-allulozdan üretilen kekler alternatif bir ürün olarak kullanılabilir.

4.3. Kek Hamurlarının Viskozite Analizi

Kek hamurunun viskozitesi final kek hacmini kontrol eden faktörlerden biridir. Kaldırma kuvveti nedeniyle kabarcık yükselme hızı viskozite ile ters orantılıdır (Sahin, 2008). İyi bir kek hamuru, eklenen hava kabarcıklarının yüzeye çıkmasını ve ilk ısıtma sırasında kaybolmasını önlemek için yeterli viskoziteyi korumalıdır (Lu ve ark., 2010). Nişasta molekülü ile şekerin etkileşimi, şekerin hidroksil grubu ile nişasta arasında amorf bölgede şeker köprüsü oluşturmaktadır. Nişastanın yapısı, her glukoz biriminin başka bir molekülle etkileşime girebilecek üç hidroksil grubu pozisyonuna sahip olduğu a-D-glukopiranoz biriminden olmaktadır. Şekerin hidroksil grubu, hidrojen bağı ve nişasta ile etkileşime girmektedir. Şekerin hidroksil grubu, su molekülünün yerini almakta, nişasta granülünün şişmesini ve granül parçalanmasını azaltmaktadır (Ploypetchara ve ark., 2015). Böylece şeker ilave edildiğinde nişasta süspansiyonu daha düşük viskozitesiye sahip olmaktadır (Ploypetchara ve Gohtani, 2018).

Yapılan bu çalışmada viskozite analizi sonuçlarına bakıldığında bütün gruplarda spindle hızının artması ile viskozite değerlerinin azaldığı görülmektedir. Grupların aynı spindle hızlarında ise AL100 grubunun viskozite değerlerinin kontrol ve AL50 grubuna kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. 10 rpm hızda kontrol, AL50 ve AL100 grubunun viskozitesi sırasıyla 40,000, 38,800 ve 49,600 mPa.s, 50 rpm hızda

sırasıyla 17,440, 16,000 ve 20,080, 110 rpm hızda da 11,091, 9,782 ve 12,145 mPa.s olduğu görülmektedir. En yüksek hızda kaydedilen viskozite değerlerinde ise gruplarda sırasıyla 8,000, 6,842 ve 8,758 mPa.s vizkozite saptanmıştır (Çizelge 3.3.). Bu sonuçlar ile D-allulozun sükroza kıyasla kullanıldığı keklerde viskoziteyi arttırdığı söylenebilir.

Bolger ve ark. (2021) D-alluloz, sükroz ve fruktoz ile ürettikleri kapkeklerde D-allulozun, sükroz ve fruktoza benzer akış davranışı göstermesine rağmen daha yüksek viskozite gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada D-allulozun yüksek viskozite özellik göstermesi nedeniyle final kek hacmini ve yüksekliğini olumsuz etkilediği gösterilmiştir.

Farklı oranlarda kabak tozu ilave edilmiş keklerde yapılan bir çalışmada, kontrol grubunun viskozite değeri 32400 olarak ölçülmüştür. Fakat bu çalışmada viskozimetre cihazının dönüş hızı (rpm) hakkında bilgi verilmemiştir (Baltacıoğlu ve Uyar, 2017). Baltacıoğlu ve ark. (2020) yapmış olduğu başka bir çalışmada farklı oranlarda ilave edilen trabzon hurması ile yapılan kek hamurlarının viskozite değerleri araştırılmış; kontrol grubunun viskozite değeri 50 rpm’de 516 olarak bulunmuştur. Aynı zamanda farklı oranlarda ilave edilen Trabzon hurması özütlerinin doza bağımlı olarak kek hamurunun viskozitesini arttırdığı rapor edilmiştir.

Keklerde diyet posasını arttırmak amacıyla kayısı lifinin kullanıldığı bir çalışmada, kayısı posası oranının artışıyla viskozite artışı arasında pozitif bir ilişki gösterilmiştir. Bu ilişkinin kayısı posasının su tutma kapasitesi ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (Şeker ve ark., 2006). Ertaş ve Çoklar’ın (2008) farklı pekmez çeşitlerinin doğal şeker kaynağı olarak kek hamuru ve kek özellikleri üzerine etkisi üzerine yapmış oldukları çalışmada; farklı oranlarda kayısı, andız ve üzüm pekmezleri ile üretilen keklerin viskozite değerleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kayısı ve andız pekmezi oranı arttıkça viskozitesinin azaldığı; üzüm pekmezi oranı arttıkça viskozitenin arttığı saptanmıştır.

Sünger keklerde şeker ikamesi olarak farklı oranlarda izomaltooligosakkarit şurubu kullanımının kek kalitesi üzerine yapılan bir çalışmada izomaltooligosakkarit şurubu oranı arttıkça kek hamuru viskozitesinin artışının kek hacminin azalması ile sonuçlandığı belirlenmiştir (Lee ve ark., 2008). Farklı şeker türleri ve kek bileşenlerinin kek hamuru viskozitesine etkileri farklı olduğu görülmektedir. D-Alluloz kek hamuru viskozitesini arttırarak keklerin hacminde azalmaya sebep olmuştur. Fakat D-alluloz ile üretilen kekler duyuusal analizde yer alan panelistlerin tercihini olumsuz yönde etkilememiştir.

4.4. Keklerin Su Aktivitesi, pH ve Titrasyon Asitliği Analizi

Su aktivitesi besinlerde küf ve mikroorganizma gelişmesinde ve böylece tat ve tekstürel özelliklerde istenmeyen etkilerin ortaya çıkmasında ve ürünün raf ömrünün belirlenmesinde önemli bir parametredir (Bernasconi, 2011). Su aktivitesi mikrobiyal büyüme, bozulma reaksiyonları ve fiziksel özellikler açısından besin stabilitesi ve besin güvenliğini tahmin etmek için önemli bir özelliktir. Tarih boyunca besin kalitesini korumak ve kontrol etmenin yanı sıra besinlerdeki suyu kontrol etmek için; kurutma, dondurma veya şeker veya tuz ekleme yöntemleri kullanılmıştır. Su aktivitesi analizi bir sistemdeki suyun bağıllık derecesini kontrol ederek fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmanın bir ölçütü olarak kullanılmaktadır (Fontana, 2000).

Üretilen keklerin 1. gündeki su aktivitesi değerlerine bakıldığında kontrol grubunun $0,83\pm0,3$, AL50 grubunun $0,82\pm0,1$ ve AL100 grubunun $0,81\pm0,5$ 'dir. 4. gündeki su aktivitesi değerleri ise sırasıyla $0,83\pm0,3$, $0,84\pm0,0$ ve $0,86\pm0,1$ 'dir. Grupların su aktivitesi değerleri 8. günde sırasıyla $0,86\pm0,1$, $0,87\pm0,2$ ve $0,85\pm0,0$ 'dır. Grupların muhafazanın 1., 4. ve 8. günlerindeki su aktivitesi değerleri ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmazken ($p>0,05$), AL50 grubunun günler arasında su aktivitesi oranları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Bu anlamlılığın 8. gündeki ($0,87\pm0,3$) yüksek su aktivitesinden kaynaklandığı saptanmıştır (Çizelge 3.4.). Gruplar arasındaki farkın birbirine yakın olması, D-alluloz ile üretilen keklerin standart kekler ile benzer raf

ömrü göstereceği şeklinde yorumlanmaktadır. Sekiz gün boyunca keklerde artan su aktivitesi mikrobiyal açıdan riski arttırdığını düşünülmektedir.

Uçar (2011) sünger keklerde yabani meyvelerin fonksiyonel etkilerini araştırdığı bir çalışmada kontrol grubu keklerin 1. günde $0,89\pm0,0$, 7. günde $0,80\pm0,0$, farklı meyvelerin su aktivite değerlerini 1. günde $0,86\pm0,0$ ile $0,88\pm0,0$ ve 7. günde $0,76\pm0,0$ ile $0,79\pm0,0$ arasında değişen oranlarda olduğunu bildirmiştir.

Gözükara (2013) bal kabağı tozunun kek üretimindeki etkilerini araştırdığı çalışmada kontrol grubu keklerin üretimin ilk gününde su aktivitesinin $0,89\pm0,6$, 5. günde $0,91\pm0,6$ olduğunu bildirmiştir. Bal kabağı tozu ile üretilen keklerdeki su aktivitesi ise kontrol grubu ile benzer şekilde $0,90\pm0,0$ ile $0,91\pm0,0$ arasında değişmektedir.

Palamutoğlu ve ark. (2018) şeker ikamesi olarak stevia kullandıkları çalışmalarında, kontrol grubu keklerin su aktivitesinin $0,72\pm0,0$, farklı oranlarda stevia ilave edilen keklerin su aktivitesinin ise $0,80\pm0,1$ ile $0,86\pm0,1$ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Emlek ve ark. (2021) ise fındık yağı ve mikroenkapsüle fındık yağı kullanımının keklerin fizikokimyasal ve tekstürel özelliklerini inceledikleri çalışmada, keklerin su aktivitesi değerlerinin $0,74-0,75$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Bolger ve ark. (2021) D-allulozun şeker ikamesi olarak kullandığı kapkeklerde kontrol grubunun $0,93\pm0,0$ su aktivitesi gösterdiğini, D-alluloz ile üretilen keklerin su aktivitesinin ise $0,89\pm0,0$ olduğunu bildirmişlerdir. Farklı çalışmalardaki keklerin su aktivitesi bulguları ile bu çalışmanın su aktivitesi sonuçlarının benzerlik gösterdiği söylenebilir. Sonuç olarak D-alluloz ile üretilen kekler, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulma parametreleri bakımından sükroz ve diğer kek bileşeni ikameleri ile benzer sonuçlar göstermektedir. Aynı zamanda D-alluloz ile üretilen keklerin sükroz ile benzer sonuçlar göstermesi keklerin raf ömrünün de benzer olacağı şeklinde yorumlanabilir.

Besinlerin pH değerleri su aktivitesi ve titrasyon asitliğinden etkilenmektedir. Keklerin 1. günde yapılan pH analizlerinde kontrol grubunun $7,5\pm0,1$, AL50 grubunun $6,9\pm0,0$ ve AL100 grubunun $6,7\pm0,0$ olduğu saptanmıştır. Birinci günde yapılan pH analizi karşılaştırmalarının gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı olduğu, bu farkın kontrol grubunun yüksek pH ($7,5\pm0,1$) değerinden kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Dördüncü gündeki grupların pH değerlerinin kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $7,1\pm0,1$, $6,8\pm0,4$ ve $6,7\pm0,2$ olduğu görülmektedir. Kek gruplarının 4. gündeki pH değerleri istatistiksel açıdan anlamlı olup, D-alluloz oranı arttıkça pH değerinin düştüğü belirlenmiştir. Sekizinci gün yapılan pH analizinde ise grupların sırasıyla $7,2\pm0,0$, $6,8\pm0,0$ ve $6,7\pm0,0$ pH değeri gösterdiği belirlenmiştir. 8. gün pH analizleri 4. gün ile paralellik gösterdiği ve 8. gün gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Grupların farklı günlerde yapılan pH analizleri sonuçlarında ise sadece kontrol grubunda istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu ($p<0,05$) görülmektedir (Çizelge 3.4.). AL100 grubu keklerin pH analiz sonuçları incelendiğinde keklerin asitlik stabilitesi gösterdiği söylenebilir. Kontrol grubunun zamanla beraber asitlik değerinde artma olduğu, bu durumun mikrobiyolojik bozulmalar ile ilişkili olması ihtimali ile açıklanabilir. Üretilen keklerde muhafaza süresince mikrobiyolojik analizlerin yapılmamış olması bu açıdan çalışmanın sınırlılıklarından biri olarak söylenebilir.

Keklerin 1.gündeki titrasyon asitliği değeri ortalamaları sırasıyla $0,076\pm0,02$, $0,094\pm0,06$ ve $0,175\pm0,02$ 'dir. Bu değerler 4. günde sırasıyla $0,048\pm0,0$, $0,116\pm0,0$ ve $0,122\pm0,0$; 8. günde ise sırasıyla $0,084\pm0,0$, $0,139\pm0,0$ ve $0,208\pm0,0$ 'dir. Bütün günlerde gruplar arasındaki titrasyon asitliği değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Çoklu karşılaştırma testine göre bu farkın 1. ve 4. günde AL100 grubundan kaynaklandığı, 8. günde ise D-alluloz oranı arttıkça titrasyon asitliği değerinin de arttığı bulunmuştur (Çizelge 3.4.).

Yapılan bir çalışmada kontrol grubu kekler ile farklı oranlarda kabak tozu ilave edilen keklerin pH değerleri sırasıyla $7,2\pm0,1$, $6,6\pm0,2$, $6,6\pm0,2$ ve $6,0\pm0,2$ 'dir (Baltacıoğlu ve Uyar, 2017). Meyan şerbeti ile üretilen sünger keklerde kontrol grubunun $6,8\pm0,1$ olduğu, meyan şerbeti oranı arttıkça keklerin pH değerlerinin

6,9±0,0'dan 7,3±0,0'e yükseldiği rapor edilmiştir. Meyan şerbeti oranının değişmesinin keklerde asitlik değerinin azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (Şeker, 2020).

Bekar'ın (2017) üzüm çekirdeği ilavesinin kek kalitesine etkisini araştırdığı çalışmada kontrol grubu keklerin 7,3±0,1 pH değerine sahip olduğu, artan miktarlarda ilave edilen üzüm çekirdeği tozunun sırasıyla 7,1±0,0, 6,8±0,0, 6,6±0,0, 6,4±0,0 pH değerlerinde olduğu belirlenmiştir.

Palamutoğlu ve ark. (2018) şeker ikamesi olarak stevia kullandıkları kek örneklerinde kontrol grubu keklerin pH ortalamasının 7,6±0,0 olduğunu, kek üretiminde kullanılan stevia oranının artması ile kek pH değerinin 7,8±0,0'a yükseldiğini rapor etmişlerdir. Yeşilkanat'ın (2019) farklı çeşitlerde kullanmış olduğu trabzon hurması ile ürettiği keklerde kontrol grubu keklerin pH değerinin 7,6±0,0 olduğunu bildirmiştir. Farklı çeşitlerde ve farklı oranlarda kullanılan trabzon hurması ikameli keklerin pH değerlerinin ise 6,2±0,0 ile 7,3±0,0 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Berktaş ve Çam (2020) ise nane distilasyonundan arta kalan hidrosolün kek üretiminde etkisini değerlendirmiş, kontrol grubu keklerin 7,3±0,1 pH değerine sahip olduğunu saptamışlardır. Nane distilasyonunun arta kalan hidrosolün farklı oranlarda eklendiği keklerde ise pH değerlerinin sırasıyla 7,1±0,1, 6,9±0,1 ve 6,8±0,1 olduğu; keklerin titrasyon asitliği değerlerinin kontrol grubunda 0,14±0,1, nane hidrosolü eklenen keklerin titrasyon asitliği değerlerinin ise 0,16±0,0, 0,21±0,0 ve 0,22±0,0 olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak D-alluloz, keklere eklenen diğer bileşenler gibi su aktivitesi, pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Bu nedenle kek üretiminde şeker ikamesi olarak kullanımının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulma parametrelerini etkilememektedir. Bununla birlikte kullanılan D-alluloz, keklerde kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler üzerine etkisinden dolayı değil; esas olarak şeker oranının düşürülmesi ile doğal tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır.

4.5. Keklerin Kuru Madde ve Kül Analizi

Besinlerde kuru madde analizi toplam protein, toplam yağ ve kül miktarlarının belirlenmesinde ve belirlenen bu verilerden toplam karbonhidrat miktarının hesaplanmasında kullanılan bir analiz yöntemidir (Gökçe, 2019). Besinlerde hesaplanan kül miktarları ise besinin içeriğinde yer alan toplam mineral miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Topkaya, 2017). Türkiye Beslenme Rehberi'nde (2016) özellikle vitamin ve mineral ihtiyacı yüksek olan çocuk ve adölesanlarda keklerin ara öğünlerde verilmesi önerilmiştir.

Yapılan bu çalışmada kontrol grubunun toplam kuru madde oranı $76,1\pm3,0$, AL50 grubunun $76,4\pm4,6$ ve AL100 grubunun $75,0\pm2,6$ olduğu saptanmıştır. Grupların toplam kuru madde oranları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$). Bu durum kek reçetesinde sadece şekerde değişiklik yapılması ve şeker ikamesi olarak kullanılan D-allulozun yine basit karbonhidrat olmasından kaynaklanmaktadır. AL50 grubunda kuru madde oranının yüksek olması analize alınan kek örneğinin ağırlığı ile ilgili bir durum olmakla birlikte, fark besin sanayi için önemsizdir. Keklerin toplam kül oranlarında ise kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $1,2\pm0,0$, $1,3\pm0,0$ ve $1,4\pm0,0$ 'dır. D-Alluloz oranı arttıkça keklerde toplam kül oranının arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (Çizelge 3.5.). Keklerde toplam kül oranı istatistiksel olarak anlamlı olsa da tespit edilen farkların önemsizmeyecek kadar düşük olduğu düşünülmektedir.

Trabzon hurması (*diospyros kaki*) tozunun glutensiz kek üretiminde şeker ikamesi olarak kullanıldığı bir çalışmada kontrol grubu keklerin kuru madde ve kül miktarları sırasıyla $78,1\pm0,9$ ve $1,2\pm0,0$ 'dır. Trabzon hurması tozları ile üretilen keklerde kuru madde oranlarının $75,0\pm1,0$ ile $79,6\pm0,5$; kül oranlarının ise $1,3\pm0,0$ ile $1,8\pm0,0$ arasında değiştiği gösterilmiştir. Bu sonuç şeker ikamesi olarak kullanılan Trabzon hurmasının inorganik bileşenler yönünden zengin olmasının kül miktarının artmasına neden olmasıyla açıklanmıştır (Yeşilkanat, 2019).

Unlu mamullerde badem iç kabuğunun kullanıldığı bir çalışmada standart keklerin kuru madde oranları $74,4 \pm 1,7$, farklı oranlarda badem iç kabuğu ilave edilen keklerin kuru madde oranlarının ise $70,1 \pm 0,1$ ile $73,4 \pm 0,1$ arasında değiştiği rapor edilmiştir. Çalışmada sonucunda kuru madde oranları arasında fark saptanmamıştır (Sardoğan, 2016).

Baltacıoğlu ve ark. (2020) hindiba kökü ekstraktı ve Trabzon hurması tozu ile ürettikleri keklerde kontrol grubunun kuru madde ve kül oranlarını sırasıyla $77,2 \pm 2,1$ ve $1,1 \pm 0,3$ olduğunu; farklı oranlarda Trabzon hurması tozu ilave edilen keklerin kuru madde oranlarının $74,2 \pm 1,3$ ile $76,7$ arasında, kül oranlarının ise $0,7 \pm 0,3$ ile $1,4 \pm 0,3$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Acun ve Gül'ün (2021) mikroenkapsüle çam propolisinin top kek üretiminde kullanımını inceledikleri çalışmada kontrol grubunun kuru madde ve kül oranları sırasıyla $80,2 \pm 0,1$ ve $1,2 \pm 0,0$; farklı oranlarda mikroenkapsüle çam propolisi ilave edilen keklerin kuru madde oranları sırasıyla $79,0 \pm 0,0$ ile $79,6$, kül oranları ise $1,6 \pm 0,1$ ile $1,7 \pm 0,0$ arasında bulunmuştur. Çalışma sonucunda kül oranlarının yüksek olması çam propolisinin inorganik madde içeriğinin yüksek olması ile açıklanmıştır. Benzer sonuçları Demir ve Kılınç (2019) bal tozu ikamesinin kek kalitesi üzerine yapmış olduğu çalışmada da ortaya koymuşlardır.

Şeker otu (*Stevia rebaudiana*) ve ürünlerinin keklerde şeker yerine kullanılabilirliğinin incelendiği bir araştırmada da, kontrol grubunun kuru madde ve kül oranları sırasıyla $85,2 \pm 0,3$ ile $1,3 \pm 0,1$ olarak saptanmıştır. Farklı oranlarda şeker otu kullanılan keklerde ise bu oranların $84,5 \pm 0,6$ ile $85,3 \pm 0,2$ ile $1,2 \pm 0,0$ ile $1,4 \pm 0,0$ arasında değiştiği bildirilmiştir (Yüksel, 2019).

4.6. Keklerin Renk Analizi

Keklerin kabuk ve iç renk özellikleri kek bileşenlerinde yer alan karbonhidrat ve proteinlerin amino grupları arasında meydana gelen maillard reaksiyonu sonucu

oluşan melanoidin bileşeninden etkilenmektedir (Ataman ve Gül, 2020). Keklerde ısıtım işlem sonrası artan melanoidin kabuk ve iç renginin daha koyu renkte olmasına neden olmaktadır. D-Allulozun diğer monosakkaritlere kıyasla daha iyi maillard reaksiyonu vererek fonksiyonel özelliği geliştirdiği belirtilmektedir (Hossain ve ark., 2015; O'Charoen ve ark., 2014).

Yapılan bu çalışmada üretilen keklerin kabuk ve iç renk analizi sonuçları Çizelge 3.6.'da gösterilmiştir. Çalışmada kontrol grubunun kabuk kısmının L^* , a^* , b^* değerleri ortalaması sırasıyla $57,5 \pm 0,4$, $18,1 \pm 0,3$ ve $38,5 \pm 0,6$ bulunmuştur. AL50 grubunun kabuk kısmının L^* , a^* , b^* değerleri ortalaması ise sırasıyla $53,6 \pm 0,7$, $20,6 \pm 0,2$ ve $40,6 \pm 2,4$ olarak belirlenmiştir. AL100 grubunda ise bu değerler sırasıyla $47,9 \pm 1,3$, $21,9 \pm 0,2$ ve $35,9 \pm 1,4$ 'tür. Toplam renk farkını gösteren ΔE değeri ortalamasına bakıldığında ise kontrol, AL50 ve AL100 gruplarında sırasıyla $54,7 \pm 0,6$, $59,6 \pm 1,1$ ve $61,4 \pm 0,3$ olduğu saptanmıştır. Üretilen keklerin iç renk analizlerinde ise kontrol grubunun L^* , a^* ve b^* değerleri ortalaması sırasıyla $84,4 \pm 0,5$, $-2,6 \pm 0,3$ ve $26,1 \pm 0,6$, AL50 grubunun iç renk değerlerinin ortalaması sırasıyla $77,8 \pm 1,5$, $0,98 \pm 0,6$ ve $30,5 \pm 0,3$, AL100 grubunun ise sırasıyla $65,4 \pm 2,7$, $6,3 \pm 0,8$ ve $33,3 \pm 1,7$ olduğu saptanmıştır. Grupların ΔE değerleri ortalamasına bakıldığında ise sırasıyla $25,6 \pm 0,7$, $32,5 \pm 1,1$ ve $42,8 \pm 3,1$ olduğu belirlenmiştir. Keklerin kahverengileşme indekslerine bakıldığında kabuk kısmının kontrol, AL50 ve AL100 gruplarında sırasıyla ortalama $28,2 \pm 0,1$, $33,6 \pm 0,3$ ve $38,1 \pm 0,9$; iç kısımların kahverengileşme indekslerinin ise sırasıyla ortalama $0,8 \pm 0,3$, $4,8 \pm 0,7$ ve $11,8 \pm 1,6$ olduğu ve hem kabuk hem de iç kısımları için bütün gruplar arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur ($p < 0,05$) (Çizelge 3.6.). D-Alluloz oranıyla beraber kahverengileşme indeksinin artması, D-allulozun daha iyi maillard tepkimesi vermesi ile açıklanabilmektedir.

D-Allulozun şeker ikamesi olarak kullanıldığı bir çalışmada üretilen keklerin kabuk ve iç kısmının L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri saptanmıştır. Kontrol grubunun kabuk kısmının L^* , a^* ve b^* değerleri ortalaması sırasıyla $48,3 \pm 2,1$, $10,0 \pm 0,3$ ve $16,9 \pm 1,0$ olduğu bildirilmiştir. Çalışmada %50 ve %100 oranında kullanılan D-allulozdan üretilen keklerin kabuk L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri ortalaması sırasıyla $35,3 \pm 0,8$,

6,2±0,7, 5,5±0,9, 17,7±0,6 ve 34,5±0,6, 4,8±0,8, 3,7±0,8, 19,8±0,3 olduğu gösterilmiştir. Kontrol grubu farklı oranlarda D-alluloz ile üretilen keklerin iç renklerinde bakılan L*, a*, b* ve ΔE değerleri de kabuk kısımları ile benzer özellik göstermektedir. Üretilen keklerin renk değerleri arasında istatistiksel açıdan farklılık olduğu bildirilmiştir (p<0,05). Keklerin kabuk kısmının kahverengi indeksleri kabuk, %50 ve %100 D-alluloz içeren keklerde sırasıyla ortalama 0,47±0,0, 1,49±0,0 ve 1,81±0,0; iç kısımlarının kahverengileşme indeksi ise sırasıyla ortalama 0,10±0,0, 0,12±0,0 ve 0,23±0,0 olduğu bildirilmiştir (Lee ve ark., 2020). D-Alluloz ile yapılan çalışmalar çok sınırlı sayıda olmakla birlikte Lee ve ark. (2020) yaptığı çalışmanın sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları benzerlik göstermektedir.

Bolger ve ark. (2021) D-alluloz ikamesi ile yaptıkları çalışmada kek örneklerinde kahverengileşme indeksi ve renk değerlerinin D-alluloz oranı ve pişirme süresiyle doğru orantılı olarak arttığı rapor edilmiştir. Lee ve ark. (2020) ve Bolger ve ark. (2021) kahverengileşme indeksi ve diğer renk parametrelerinin D-alluloz grubunda yüksek olmasını, D-allulozun sükroza göre daha iyi maillard reaksiyonu vermesi ile açıklamıştır.

Palamutoğlu ve ark. (2018) şeker ikamesi olarak stevia kullandıkları çalışmada kontrol grubunun kabuk kısmının L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 46,9±0,5, 18,3±0,5 ve 34,5±1,5, en yüksek oranda stevia içeren grupta kabuk kısmının L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 54,5±3,6, 17,9±1,9 ve 40,5±1,7 olduğu bildirilmiştir. Kontrol grubunun iç kısmının L*, a* ve b* değerleri ise sırasıyla 64,9±0,4, 1,1±0,4 ve 22,4±1,1; en yüksek oranda stevia içeren grubun iç kısmının L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 65,7±1,1, 0,6±0,3 ve 22,9±1,6 olduğu rapor edilmiştir.

4.7. Keklerin Tekstür Profil Analizi

Besinlerin tekstürel özellikleri tüketicinin besini kabul etmesinde önemli bir faktördür. Besinlerde istenen tekstürel özelliklerin kaybolması daha kısa raf ömrü ile ilişkilendirilmektedir (Bartolozzo ve ark., 2016). Tekstür profilinde sertlik, belirli bir

gerinime ulaşmak için gereken maksimum kuvvetin değeridir ve bir tekstürel profil analiz grafiğinin ilk sıkıştırma işleminin maksimum zirvesidir. Gomez ve ark. (2003) sertlik parametresinin posa içeriği yüksek ve gluten içeren besinler arasında meydana gelen etkileşimden kaynaklandığı belirtilmiştir. Esneklik, deforme olmuş bir numunenin kuvvet altında orijinal şekline dönme hızıdır. Yapışkanlık, numunedeki iç bağların gücünü ifade etmekte; mekanik etki altında parçalanmaya karşı direnç olarak da tanımlanmaktadır. Çiğnenebilirlik, katı bir besini yutmadan önce ısırmak için gereken enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır (Lee ve ark., 2020).

Yapılan bu çalışmada kontrol, AL50 ve AL100 olarak üretilen keklerin tekstür profil analiz sonucunda sertlik değerleri ortalamaları sırasıyla $1657,19 \pm 157,3$, $2486,35 \pm 122,8$ ve $3721,83 \pm 244,1$ g olarak saptanmıştır. Üretilen keklerde D-alluloz oranı artışıyla beraber sertlik değerinin arttığı, bu artışın istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Bu farkın AL100 grubundan kaynaklı olduğu, kontrol ve AL50 grupları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı sonucuna varılmıştır ($p > 0,05$). Üretilen kek gruplarının yapışkanlık, esneklik, yapışıklık ve elastikiyet değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Keklerin sakızimsılık değerleri ortalamalarına bakıldığında kontrol grubunun $251,6 \pm 9,1$, AL50 grubunun $403,6 \pm 34,1$ ve AL100 grubunun $481,5 \pm 31,9$ olduğu görülmüştür. Sakızimsılık değerleri ortalamalarında AL100 grubunun kontrol ve AL50 grubuna göre değerleri istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Grupların çiğnenebilirlik değeri ortalamalarında ise kontrol grubunun $87,8 \pm 45,1$, AL50 grubunun $89,0 \pm 37,5$ ve AL100 grubunun $299,6 \pm 11,0$ olduğu saptanmıştır. Grupların çiğnenebilirlik değerleri ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olup, bu fark AL100 grubundan kaynaklanmaktadır (Çizelge 3.7.). AL100 grubu keklerin kek hamurunun yüksek viskoziteye ve daha düşük yükseklik değerine sahip olması keklerin tekstür profil analizini de olumsuz yönde etkilemiştir.

Lee ve ark. (2020) şeker ikamesi olarak D-alluloz ile ürettikleri keklerde sertlik değerinin en fazla kontrol grubu keklerde olduğunu ve D-alluloz oranı arttıkça da sertlik değerinde artış gösterilmiştir. Aynı çalışmada esneklik değeri en düşük kontrol grubunda olmak üzere D-alluloz oranı arttıkça esneklik değerinin de arttığı

saptanmıştır. Sakızımsılık değerin en yüksek kontrol grubunda olduğu, D-alluloz oranı arttıkça bu değerin arttığı görülmüştür. Bu sonuçların yapılan bu çalışmadan farklı olmasının kek reçetesindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmüştür. Bolger ve ark.'nın, (2021) yapmış olduğu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş ve D-alluloz içeren keklerde soğutma esnasında retrogradasyona uğramış nişasta ağının keklerin sertliğine katkıda bulunabileceği rapor edilmiştir. Gao ve ark. (2016) da benzer şekilde şeker oranının azalmasıyla sertlik ve esneklik değerinde artış olabileceğini bildirmiştir.

Topkaya (2017) nar kabuğu tozu ilavesinin keklerin tekstürel özellikleri üzerine yaptığı bir çalışmada, nar kabuğu tozu ikame edilen kek örneklerinin sertlik değerlerinin 1897,3 g ile 2998,4 g arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Nar kabuğu tozu ikame oranı arttıkça, sertlik değerlerinin arttığı görülmüştür. Yapılan başka bir çalışmada, tatlı patatesin (beyaz ve turuncu) kek reçetesine ilavesi ile sertlik değerlerinin 2,260-5,050 arasında değiştiği bulunmuştur (Samiha, 2015). Başka bir çalışmada ise, kek reçetesine %0, 5, 10, 15 ve 20 oranında ilave edilen mandalina tozunun artmasıyla birlikte, sertlik değerlerinin önemli ölçüde arttığı görülmüştür (Park ve ark., 2008).

Giritlioğlu (2017) kinoa ve şeker otu kullanarak geliştirdiği fonksiyonel keklerin tekstür profil analizi incelemiş; stevia ile üretilen keklerin daha yüksek sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerine sahip olduğunu göstermiştir. Acun ve Gül (2021) mikroenkapsüle çap propolisinin top kek ürün kalitesi üzerine yapmış olduğu çalışmada, mikroenkapsüle çam propolis oranının artması ile keklerde sertlik ve esneklik değerinde azalma olduğu bildirilmiştir.

Şeker ikamesi olarak farklı bileşenlerin kek üretiminde kullanıldığı çalışma sonuçları değerlendirildiğinde kontrol grubu olarak sükroz ile üretilen keklere kıyasla şeker ikamelerinin keklerde daha yüksek sertlik, çiğnenebilirlik ve esneklik değeri gösterdiği düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmada da D-alluloz oranı arttıkça sertlik, çiğnenebilirlik ve esneklik değerlerinde artış olmakla beraber, üretilen keklerin tekstür

profili duyuusal analizlerinde panelist değerlendirmesi sonucunda keklerin tekstür özelliklerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

4.8. Keklerin Antioksidan Aktivite Analizi

Antioksidanlar vücutta oluşan serbest radikallerin etkilerini inhibe eden ve özellikle besinlerde yağların oksidasyonunu engelleyen bileşiklerdir. Günümüzde besin sanayinde sıklıkla kullanılan bütillenmiş hidroksi anizol ve bütillenmiş hidroksi tolüen gibi yapay antioksidanların yerine, bitkilerden ekstrakte edilen doğal antioksidan bileşenler kullanılmaya başlanmıştır (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2013). Özellikle unlu mamuller ile et ve süt ürünlerine eklenen doğal antioksidanların besinlerde oksidasyonu geciktirerek veya engelleyerek besin kayıpları azaltılmakta, aynı zamanda besinlerin raf ömrü uzamaktadır (Mathew ve Abraham, 2006).

D-Allulozun yüksek maillard reaksiyonu ürünleri oluşturması nedeniyle besinlerde daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Sun ve ark; 2004; Sun ve ark; 2006 ve Sun ve ark; 2008). O'Charoen ve ark. (2014) maillard reaksiyonu ile nadir ketoheksozlar tarafından modifiye edilen yumurta akı proteininin besinsel özelliklerini araştırdıkları bir çalışmada, D-allulozun fruktoza kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmiştir. Kim ve Han (2019) ise farklı oranlarda D-alluloz içeren soya yoğurdunun fermentasyon özelliklerini inceledikleri bir çalışmada D-allulozun RSA değerinin %54,2 ile %47,0 arasında değiştüğünü; D-alluloz oranı arttıkça RSA'nın azalmasının istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmiştir. Ayrıca bu çalışmada D-allulozun yüksek antioksidan aktivite gösterdiği vurgulanmıştır. D-Allulozun keklerde antioksidan aktivite üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışma bu yönüyle literatürdeki ilk çalışmadır.

Yapılan bu çalışmada üretilen kek gruplarının toplam radikal süpürme aktivitesi (RSA) beş dilüsyonun ortalaması şeklinde verilmiş olup, farklı dilüsyonlardaki toplam radikal süpürme aktivitesi Şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Buna göre kontrol grubunun 1. gündeki RSA ortalaması $26,1 \pm 5,8$, AL50 grubunun $51,6 \pm 1,3$ ve AL100 grubunun

53,9±1,2 olduğu bulunmuştur. Keklerin 4. gündeki RSA ortalamaları sırasıyla 32,8±7,7, 47,0±2,2 ve 47,9±0,6; 8. gündeki RSA ortalamaları 53,9±1,2, 57,6±2,0 ve 58,5±1,0'dır. Kek gruplarının muhafazanın 1., 4. ve 8. günündeki RSA ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Gruplar arasındaki farkın çoklu karşılaştırma analizlerine bakıldığında bu farkın kontrol grubunun düşük RSA ortalamasından kaynaklandığı bulunmuştur. Üretilen keklerin günler arasındaki RSA ortalamalarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olup; bu fark kontrol grubunda 8. günden, AL50 ve AL100 grubunda ise 1. günden kaynaklandığı saptanmıştır (Çizelge 3.8). D-Allulozun kontrol grubuna göre daha yüksek antioksidan aktiviteleri beklenen bir durum olup; bu durumun D-allulozun daha iyi maillard reaksiyonu göstermesi ile ilgili olabilir.

Keklerde doğal antioksidan etkinin yükseltilmesi için genellikle yüksek antioksidan bileşik içeren meyve özütleri veya meyve ekstraktları kullanılmaktadır (Baltacıoğlu ve ark., 2020; Işık ve ark., 2017 ve Topkaya, 2017). Bekar (2017), üzüm çekirdeğinin keklerin kalitesine etkisini araştırdığı bir çalışmada en yüksek antioksidan aktivitenin %20 oranında üzüm çekirdeği ilave edilen keklerde olduğunu bildirmiştir.

Segundo ve ark. (2017) olgun muz unu ilaveli katmanlı ve sünger keklerde olgun muzunun kontrol grubuna göre üç kat daha fazla antioksidan aktivite gösterdiğini rapor etmiştir. Ateş ve Elmacı (2018) kek reçetesinde yağ ikamesi olarak kahve kabuğu kullanmış; kahve kabuğu içeren keklerin daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu bildirmiştir.

Berktaş ve Çam (2020) nane (*Mentha piperita L.*) distilasyonundan arta kalan hidrosolün kek üretiminde kullanılabilirliğini araştırmış; keklerin RSA değerlerinin 22,0 ile 61,0 arasında değiştiğini bildirmiştir. Acun ve Gül (2021) mikroenkapsüle çam propolisi ilave ettikleri keklerde en yüksek antioksidan aktivitenin %15 oranında mikroenkapsüle çam propolisi ilave edilen keklerde olduğunu bildirmiştir.

Besinlerin antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde birçok yöntem olmakla beraber en yaygın olarak kullanılan yöntem DPPH yöntemidir. DPPH yöntemi standart sonuçların olmaması, antioksidan aktivitenin belirlenmesinde farklı standartların kullanılması ve spektrofotometrik analizlerin doğruluk aralığının geniş olması gibi nedenlerle yapılan sonuçların karşılaştırılması ve tartışılması doğru olmamaktadır (Seyhan, 2019). Bu nedenle yapılan bu çalışma ile literatürde yer alan çalışmaların RSA oranlarının karşılaştırılması yapılamamıştır.

4.9. Üretilen Keklerde İndirgen Şeker Analizi

İndirgen şeker analizi için değişik yöntemler bulunmakla birlikte Lane-Eynon yöntemi sıklıkla tercih edilmektedir. Lane-Eynon metodu ile şeker analizi, alkali ortamda ve kaynama sıcaklığında invert şekerin Fehling çözeltisinde bulunan bakır-II-oksidi suda çözünmeyen bakır-I-oksidi indirgemesi esasına dayanmaktadır (Cemeroğlu, 1992). İndirgen şeker ve toplam şeker analizlerinin yapılabilmesi için önce kek örneklerinin hazırlanması gerekmektedir (James, 2013).

İndirgen şekerler unlu mamul sanayinde keklerin pişirilmesi sonucu kekin kabuk ve iç rengi ile tekstürel özelliklerini etkileyen bileşiklerdir (Konak, 2009). Maillard reaksiyonu esnasında indirgen özelliğe sahip karbonhidratların oluştuğu, oluşan bu bileşiklerin lezzet-aroma ve renk değişimine neden olduğu, hidroksimetil furfural, akrilamid ve heterosiklik aminler gibi bazı bileşenlerin ise karsinogenik özellik gösterdiği belirtilmektedir (Burdurlu ve Karadeniz, 2002; Özhan, 2008).

Besinlerde tatlandırıcı özelliği için yaygın olarak kullanılan sükroz kimyasal yapısında serbest aldehit veya keton grubu bulundurmadığı için indirgen özellik göstermemektedir (Mathlouthi ve Reiser, 1995). Fakat kuvvetli asit veya ısı işlem uygulaması gibi işlemlerle sükroz, glukoz ve fruktoza parçalanmakta ve indirgen özellik kazanmaktadır (Lee ve ark., 2011). Bu nedenle ekmek ve kek gibi unlu mamullerde açığa çıkan kahverengi renk, sükrozun parçalanması sonucu oluşan indirgen şeker miktarı artması ve daha yüksek maillard reaksiyonu vermesi ile

alakalıdır (Jing ve Kitts, 2004). D-Alluloz ise kimyasal yapısında serbest keton grubu bulundurduğu için doğrudan indirgen özellik göstermektedir (Hossain ve ark., 2015).

Yapılan bu çalışmada kontrol grubunun indirgen şeker oranları %0,46, AL grubunun %4,20 ve AL100 grubunun %7,0 olduğu bulunmuştur. Toplam indirgen şeker oranının D-alluloz oranı ile pozitif yönde arttığı görülmektedir. AL100 grubu sükroz içermediği için toplam şeker ve sükroz oranı analiz edilmemiştir. Kontrol grubu ile AL50 grubunun toplam şeker oranlarının sırasıyla %22,7 ve %15,8 olduğu bulunmuştur. Kontrol grubunda toplam şeker oranının yüksek olması sükroz içeriğinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kontrol ve AL50 grubu keklerin sükroz oranı da sırasıyla %21,1 ve %11,0'dır. Bu sonuçlar toplam şeker içeriğiyle ilgili olup beklenen bir durumdur (Çizelge 3.9.). D-Alluloz içeren keklerde indirgen şeker oranının yüksek olması, keklerde yapılan renk analizleri ve hesaplanan kahverengileşme indeksi ile uyumludur. Aynı zamanda D-alluloz içeren keklerin daha yüksek maillard aktivite göstermesi sonucu antioksidan aktivitenin artmış olması da indirgen şeker analizleri ile pozitif korelasyon göstermektedir.

Bilgicli ve Akbulut (2009) farklı pekmez türlerinin keklerin depolama stabilitesi üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, kontrol grubu keklerin indirgen şeker oranını %0,54, toplam şeker oranını %47,6 ve toplam sükroz oranını %47,7 olduğunu göstermişlerdir. Farklı meyvelerden elde edilen pekmezlerle üretilen keklerde indirgen şeker oranının dut pekmezinde %28,5, kayısı pekmezinde %20,5, andız otu pekmezinde %16,3, üzüm pekmezinde %26,6 ve karpuz pekmezinde %24,4 olduğu gösterilmiştir.

El-Baki ve Magda (2008) tatlı patates unu ile ürettikleri katmanlı keklerde, kontrol grubunun indirgen şeker içeriği oranının $0,96 \pm 0,1$ olduğu bildirilmiştir. Farklı oranlarda tatlı patates unu ilave edilmiş keklerde indirgen şeker oranlarının $2,9 \pm 0,2$ ile $8,2 \pm 0,1$ arasında değiştiği rapor edilmiştir.

D-Alluloz ile geliştirilen fonksiyonel besinlerde daha önce indirgen şeker aktivitesini gösteren çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışmaların da unlu mamullerde

olmaması nedeniyle sonuçların tartışılması için yeterince kaynak bulunamamıştır. Keklerde indirgen şeker analizlerinin gösterildiği çalışmalar ile bu çalışma kıyaslandığında D-allulozun indirgeyici özelliğinin farklı meyvelerden elde edilen pekmezlerle kıyasla daha az ve tatlı patates ununa kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla beraber D-alluloz ile üretilen keklerde indirgen şeker oranının kontrol grubundan yüksek olması literatür ile benzer sonuçlar göstermesi açısından önemlidir.

4.10. Keklerde Yapılan Duyusal Analizler

Duyusal analiz yeni ürün tasarımı, ürünün kalitesinin geliştirilmesi, ürünün kabul edilebilme durumunun değerlendirilmesi, kalite-kontrol ve güvence konularının değerlendirilmesinde; ürünün işitme, dokunma, tatma, koklama ve görme duyuları ile algılanan karakteristiklerini analiz etmek için kullanılan bilimsel bir disiplindir (Karaman ve Çetinkaya, 2020). Yeni üretilen veya bir ya da daha fazla bileşenin geliştirildiği ürünün duyusal özellikleri tüketici tercihinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Duyusal olarak tüketiciye hitap etmeyen bir ürünün fizikokimyasal kalitesi her ne kadar yüksek olsa da tüketim oranlarının düşük olacağı belirtilmektedir (Yousif ve ark., 2012).

Lee ve ark. (2020) D-allulozun farklı oranlarda şeker ikamesi olarak kullandıkları pankek örneklerinde %25, %50, %75 ve %100 oranında D-alluloz içeren kek ürünlerinin genel kabul edilebilirlik puanının sırasıyla $6,7 \pm 1,4$, $6,1 \pm 1,6$, $6,3 \pm 1,7$ ve $5,3 \pm 1,8$ olduğunu belirtmiştir. Kontrol (sükroz) grubunun genel kabul edilebilirlik puanının ise $7,0 \pm 1,2$ olduğu rapor edilmiştir. Farklı oranlarda kullanılan D-alluloz ile üretilen keklerde D-alluloz oranı arttıkça ürünün kabul edilebilirlik puanının azaldığı görülmektedir. Üretilen keklerin tatlılık değerlerine bakıldığında ise kontrol, %25, %50, %75 ve %100 gruplarının sırasıyla $7,2 \pm 1,1$, $7,0 \pm 1,3$, $6,3 \pm 1,5$, $6,3 \pm 1,7$ ve $5,3 \pm 2,0$ olduğu bildirilmiştir. D-Alluloz oranı ile beraber tatlılık değerlerindeki azalmanın D-allulozun sükroza göre tatlılık hissinin düşük olması ile açıklanmıştır. Çalışma

sonunda %25 oranında D-alluloz içeren keklerin diğer gruplara kıyasla daha kabul edilebilir olduğu rapor edilmiştir.

Bolger ve ark. (2021) 20°C’de pişirilen kapkeklerde D-allulozun sükroz ve fruktoz ile karşılaştırdığı çalışmada D-allulozun fruktoz ve sukroz kadar fiziksel ve tekstürel özellik gösterdiği bildirilmiştir. D-Allulozun unlu mamul sanayinde, daha uzun pişirme süreçleri kullanılarak veya daha düşük nem içeriği ile daha az hacim geliştirme gerektiren diğer ürünlerde de kullanım potansiyeli olduğunu rapor etmiştir.

Yapılan bu çalışmada %50 ve %100 oranında şeker ikamesi olarak kullanılan D-alluloz ile üretilen keklerin duyuşal analizleri muhafazanın 1., 4. ve 8. günlerinde değerlendirilmiştir. Duyusal analizin 1. gününde kontrol grubunun genel kabul edilebilirlik değeri ortalaması $7,8 \pm 1,5$ ’tir. AL50 grubunun genel kabul edilebilirlik ortalaması $7,9 \pm 1,2$, AL100 grubunun genel kabul edilebilirlik ortalaması ise $7,3 \pm 1,0$ ’dır. 1. gün duyuşal analizlerinde genel kabul edilebilirlik ortalamaları arasında AL100 grubu en düşük puanı almış olmakla beraber, kontrol grubu ve AL50 grubu ile kıyaslandığında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Aynı zamanda genel kabul edilebilirlik ortalamasında alınan en düşük puanın ($7,3 \pm 1,0$) bile yüksek puan olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 1.gün yapılan duyuşal analiz sonrasında hacim (kabarma), elastikiyet, gözenek yapısı, sertlik-yumuşaklık değerleri ortalamalarında AL100 grubu keklerin daha düşük puan aldığı ve bu durumun istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. Keklerde 4. günde yapılan duyuşal analiz sonuçlarına bakıldığında kontrol grubunun genel kabul edilebilirlik ortalamasının $8,2 \pm 0,8$ olduğu görülmektedir. AL50 ve AL100 gruplarının genel kabul edilebilirlik ortalamaları ise $8,2 \pm 0,8$ ve $7,4 \pm 0,9$ olduğu bulunmuştur. Üretilen keklerin 4. günde aldıkları genel kabul edilebilirlik ortalamaları 1. güne kıyasla istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$) ve genel kabul edilebilirlik puanları 1. günden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Panelistlerin 8. günde kek gruplarına verdikleri puanlar değerlendirildiğinde kabuk kalınlığı, iç görünüm, hacim (kabarma), elastikiyet, gözenek yapısı, sertlik-yumuşaklık, çiğnenebilirlik, tatlılık-acılık ve genel kabul edilebilirlik puanları arasında istatistiksel açıdan anlamlı ($p < 0,05$) farklılık bulunmaktadır. Kontrol, AL50 ve AL100 gruplarının 8. gündeki sırasıyla genel kabul edilebilirlik ortalamaları

8,5±0,8, 7,8±1,3 ve 6,7±1,4'tür. Kontrol grubunun genel kabul edilebilirlik puanı ortalamaları 7,8±1,5'ten 8,5±0,8'e çıkarken, AL50 grubunun 1. günde 7,9±1,2 olan ortalaması 4. günde 8,2±0,8'e çıkmış, 8. günde tekrar 7,8±1,3'e düşmüştür. AL100 grubunun 1., 4. ve 8. gündeki genel kabul edilebilirlik puanları 7,3±1,0, 7,4±0,9 ve 6,7±1,4 olarak saptanmıştır. Günler arasında AL100 grubundaki düşen puan ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p<0,05$) (Çizelge 3.10.).

Palamutoğlu ve ark. (2018) stevia ilaveli keklerde yaptığı çalışmada üretilen keklerin genel kabul edilebilirlik puanlarının kontrol grubu, 3,93, 7,87 ve 11,8 oranlarında stevia içeren keklerde sırasıyla 6,0±1,0, 7,7±0,9, 6,2±1,4 ve 7,2±1,1 olduğu bildirilmiştir. Üretilen keklerin tat aromasından aldıkları puanlar ise sırasıyla 5,5±1,4, 7,3±1,5, 5,8±1,7 ve 6,9±1,8 olduğu rapor edilmiştir. Diğer duyuşal parametreler incelendiğinde kabuk rengi, kabuk kalınlığı, yapışkanlık, tekstür ve ağızda bıraktığı his yönünden anlamlı farklılıklar olduğu görölmektedir.

Şeker'in (2020) meyan şerbeti ilave ettiğı keklerde duyuşal değeriendirme sonuçlarına göre farklı oranlarda meyan şerbeti ilave edilmiş keklerin genel kabul edilebilirlik puanları kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuş, fakat istatistiksel açıdan fark olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca gözenek yapısı, tekstür, koku, çiğneme, tatlılık ve aroma yönünden de farklı oranlarda meyan şerbeti içeren keklerin kontrol grubuna kıyasla daha düşük puan aldığı rapor edilmiştir.

Baltacıoğlu ve ark. (2020) farklı oranlarda trabzon hurması ilave edilmiş keklerde yapmış olduğu çalışmada ise genel kabul edilebilirlik puanının kontrol, %10, %20 ve %30 oranında trabzon hurması ilave edilen keklerde sırasıyla 6,1±2,3, 6,9±1,8, 7,1±1,3 ve 7,3±1,4 olduğu rapor edilmiştir. Üretilen keklerin kabuk rengi, iç rengi, gözenek yapısı parametreleri açısından önemli farklılıklar olmamakla beraber farklı oranlarda ilave edilen trabzon hurması örneklerinde koku, tat, yumuşaklık parametrelerinin daha yüksek puan aldığı bildirilmiştir.

Demir ve Kılıç'ın (2019) bal tozu ikamesinin keklerin duyuşal parametrelere etkisini inceledikleri çalışmada, %25 ve %50 bal tozu ikamesinin %100 şeker ile

üretilecek kek örneklerine göre daha çok beğenildiği bildirilmiştir. Tatlılık parametresinde en yüksek puanlama değerinin %50 bal tozu-%50 sükroz karışımı içeren keklerde olduğu; renk, koku ve görünüş parametrelerinde ise en yüksek puanın %25 bal ikameli keklerde olduğu rapor edilmiştir. Kinoa ve stevia ilave edilerek geliştirilen bisküvi keklerde yapılan bir araştırmada toplam puanlar değerlendirildiğinde kontrol grubunun duyusal olarak en çok beğenilen kek olduğu rapor edilmiştir (Giritlioğlu, 2017).

Yapılan bu çalışmada 1.günde AL100 grubunun hacim (kabarma), elastikiyet, gözenek yapısı, sertlik-yumuşaklık puan ortalamalarının kontrol (sükroz) grubuna kıyasla düşük olması, D-allulozun hamur viskozitesini arttırmış olması ve böylelikle kekin kabarmasını engellemesi ile açıklanabilir. Aynı zamanda sükroza göre %70 daha az tatlılık içermesine rağmen kek üretiminin birinci gününde panelistlerin vermiş olduğu tatlılık-acılık ve genel kabul edilebilirlik puan ortalamalarındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olmaması D-allulozun fonksiyonel etkili kek üretiminde kullanılabileceğini düşündürmektedir. %100 D-alluloz ile üretilen keklerin 8. günde panelistlerden aldığı duyusal analiz puanların düştüğü görülmektedir. Bu durum D-allulozun keklerin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin uzun sürelerde panelistlerin tercihini olumsuz yönde etkilemesi ve panelistlerin kek tatlarına alışmış olmalarıyla birlikte alışık olmadıkları bir tada karşı olumsuz tepki vermeleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. D-Allulozun kontrol grubuna göre düşük puan alması farklı şeker ikameleri ile yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar göstermektedir. Bu da panelistlerin alışmış olduğu tatlara daha olumlu bakması düşüncesini desteklemektedir. Panelistlere üretilen kek gruplarının maliyeti ve satış fiyatı, sağlık üzerine etkilerinin de belirtilmiş olması, keklerin genel kabul edilebilirlik yönünden daha yüksek puan almasını sağlayabilir. Bu durum bu çalışmanın sınırlılıklarından biri olarak söylenebilir.

Türk Standartları (TS) 13375 Hazır kekler (sade, çeşnili ve dolgulu) standardında (TSE, 2008) ‘keklerin kendine özgü bir renkte olması, görünüşlerinde herhangi bir topaklaşma, ezilme, dağılma ve küflenme olmaması, kendine özgü görünüşte olması; az pişmiş, iyi kabarmamış ve yanık olmaması, tat bakımından

kendine özgü tatta olması, ekşime, küflenme, kokuşma ve bozulma sonucu yabancı koku içermemesi ve gözle görülebilir yabancı madde bulunmaması' belirtilmiştir. Bu çalışmada şeker ikamesi olarak D-alluloz ile üretilen keklerin TSE'nin kriterleri ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

4.11. Bir Porsiyon Kekin Enerji ve Makro Besin Ögesi Değeri

Alınan enerjinin harcanan enerjiden fazla olması sonucu ortaya çıkan pozitif enerji dengesi ile obezite ve obeziteye ilişkin hastalıklar arasında pozitif bir korelasyon görülmektedir (Luger ve ark., 2017). Batı tarzı beslenme alışkanlıklarının yanında yüksek miktarda ilave şeker tüketimi de bu duruma katkıda bulunmaktadır (Kopp, 2019; Ramne ve ark., 2019). Bu nedenle DSÖ, serbest veya ilave şeker tüketiminin günlük alınan enerjinin %10'unu geçmemesi gerektiğini belirtmiştir (WHO, 2015). Yapılan bir çalışmada keklerde kullanılan şeker miktarının dolayısıyla da tüketiminin artışı, kadınlarda ağırlık artışı ve gestasyonel diyabet ile ilişkilendirilmiştir (Başkurt, 2020). Bu nedenle besin sanayinde bu sonuçlara ve tavsiyelere dikkat edilerek serbest ya da ilave şeker içeren ürünlerin yeniden düzenlenmesi yönünde talepler artmıştır (Bolger ve ark., 2021).

Keklerin unlu mamul ürünleri arasında 3. sırada en çok üretilen ve tüketilen ürün olması nedeniyle kek ürünlerinde şeker miktarının düşürülmesine yönelik doğal ve yapay tatlandırıcı içeren şeker ikamelerinin kullanıldığı görülmektedir (Palamutoğlu ve ark., 2018; Psimouli ve Oreopoulou, 2012 ve Yüksel, 2019). Bunun yanında ilave şeker yerine fruktoz içeren meyvelerin de şeker ikamesi olarak kullanıldığı kek örnekleri bulunmaktadır (Mildner-Szkudlarz ve ark., 2015; Lee, 2014 ve Walker ve ark., 2014).

Yüksel (2019), farklı oranlarda stevia yaprak tozu ve ticari stevia tozu kullanarak ürettiği keklerin 356,8-418,9 kkal/100 g enerji içerdiğini bildirmiştir. Palamutoğlu ve ark. (2018) yaptığı çalışmada da farklı oranlarda stevia eklenmiş keklerin yaklaşık 354-400 kkal/ 100 g enerji içerdiği, kontrol grubunun enerji içeriğinin ise 425 kkal/

100 g olduğu görülmüştür. Lee ve ark. (2020) ise potansiyel farklı şeker ikameleri ile ürettiği muffin keklerde bir porsiyonun enerji değerini belirtmemiş olsa da D-alluloz ve izomaltoz ile ürettiği keklerin sükroz (kontrol) grubuna kıyasla daha düşük enerji içerdiğini rapor etmiştir. Yapılan başka bir çalışmada da farklı kurutma teknikleri ile elde edilen kamkat meyvesinden elde edilen keklerin 429,4-449,4 kkal/100 g enerji içerdiği saptanmıştır (Olçay, 2019).

Şeftaliden elde edilen diyet posasının kek örneklerine eklenmesi üzerine yapılan çalışmada, %0, 2, 3, 4, 5 ve 10 oranlarında diyet posa ikamesi ile üretilen keklerin enerji değerleri sırasıyla 428,1, 387,2, 386,6, 383,6, 372,0, 378,9 kkal/100 g olarak saptanmıştır (Miguel ve ark., 1999). Alloush (2015) ise %0, 10, 20 ve 30 oranlarında tatlı patates unu ikamesi ile üretmiş olduğu keklerde enerji değerlerini, sırasıyla 404,9, 384,8, 378,9, 375,6 363,4, 337,1, 327,8 kkal/100 g olarak belirlemiştir.

Bu çalışmada keklerin enerji ve makro besin ögesi analizlerinin BEBİS programı ile yapılmıştır. Buna göre kontrol (sükroz), AL50 ve AL100 olarak üretilen keklerin bir porsiyonun enerji içeriği sırasıyla 174,0, 152,0 ve 130,0 kkal/45 g olarak bulunmuştur (Çizelge 3.11.). Üretilen keklerin 100 g'nın içerdiği enerji miktarları hesaplandığında ise yaklaşık olarak sırasıyla 386,7, 337,8 ve 288,9 kkal/ 100 g'dır. Enerji ve makro besin ögesi analizlerinde toplam azot/protein ve toplam yağ analizleri ile toplam posa analizlerinin yapılmamış olması bu çalışmanın sınırlılıkları arasında gösterilebilir. Yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında bu çalışmada şeker ikamesi olarak kullanılan D-alluloz ile elde edilen keklerin daha düşük enerji içerdiği görülmektedir. Aynı zamanda antidiyabetik (Shintani ve ark., 2017) etkileri de gösterilen düşük glisemik indekse sahip D-allulozun düşük enerjili kek üretiminde kullanılabileceği düşünülmektedir. Panelistlerin üretilen keklere vermiş oldukları puanlar ile de D-allulozun kek üretiminde kullanıldığında tüketici tarafından tercih edilebilir olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Dünya genelinde obezite prevalansının değişen beslenme alışkanlıklarına ve yaşam standartlarına bağlı olarak arttığı bilinen bir gerçektir. Obezite ile ilintili hastalıklar da bu duruma paralel olarak artmaktadır. Hem obezite hem de neden olduğu hastalıkların prevalansındaki artış diyetle yer alan ilave ve işlenmiş şeker ürünlerinin, aynı zamanda yapay tatlandırıcı kullanımından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle sağlıkla ilgili otoriteler diyetle eklenmiş şeker oranının azaltılması gerektiğini daha sık vurgulamaktadır. Bu otoritelerinin bu önerileri doğrultusunda besin sanayinde hem şeker oranının azaltılmasına hem de sağlıklı alternatiflerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Doğal tatlandırıcı ürünlerin yapay tatlandırıcıların yerine kullanılması bunların başında gelmektedir.

Özellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde tahıl kaynakları diyetle yer alan temel besin kaynaklarıdır. Bu kaynaklardan un kullanılarak üretilen ürünler unlu mamuller olarak adlandırılmaktadır. Unlu mamuller içerisinde kek tüketimi ekmek ve bisküviden sonra en sık tüketilen üründür. Belirli bir standart üretim prosedürü olmayan kekler, yüksek oranda şeker içeren bir üründür. Çok sık tüketilmeleri ve yüksek oranda şeker içermeleri nedeniyle bu alanda yapılan çalışmalarda şeker oranının azaltılması, şeker ikamelerinin kullanılması ve keklere fonksiyonellik kazandırılması çalışmalarına sıklıkla rastlanmaktadır.

D-Alluloz besinlerde çok nadir olarak bulunan ve çeşitli yöntemlerle bitkilerden ve bakterilerden izole edilen doğal bir tatlandırıcıdır. D-Allulozun sindirilemediği için düşük enerjili veya enerji içermeyen özellikte olması, aynı zamanda antidiyabetik, antihiperlipidemik ve antioksidan gibi sağlık üzerine olumlu özellikler göstermesi nedeniyle son yıllarda sıklıkla araştırılmasına yol açmıştır. Sağlık üzerine gösterdiği bu olumlu etkiler ile beraber kullanıldığı besinin fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal

özelliklerini de iyileştirmesiyle birlikte bu alanda daha fazla çalışma yapılacağı tahmin edilmektedir.

Bu çalışmada da D-allulozun, şeker ikamesi olarak kullanıldığı keklerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada D-allulozun ve kontrol grubu olarak sükrözün çözücü tutma kapasitesi, kek hamurunda viskoziteye etkisi, pişirilen keklerde hacim, yoğunluk, kuru madde, kül, su aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, renk analizi, tekstür profil analizi, antioksidan aktivite analizi, toplam indirgen şeker analizi ve duyuşal analizleri yapılmıştır. Üretilen ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan toplam protein, toplam yağ, akrilamid, hidroksi metil furfurol ve diyet posası gibi diğer bazı analizler ise çalışmanın yürütüldüğü kurumdaki teknik alt yapının uygun olmaması nedeniyle yapılamamıştır. Bu analizlerin olmaması bu çalışmanın sınırlılıkları olarak gösterilebilir. Yapılan analizler sonucunda D-allulozun fonksiyonel kek üretiminde kullanılabilir olduğu düşünülmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Çalışmada kontrol grubu olarak kullanılan sükrözün çözücü tutma kapasitesi D-alluloz ve diğer çözücülere kıyasla en yüksek düzeyde bulunmuştur. Sükrözün ÇTK'sı $129,7 \pm 10,1$ olarak bulunmuştur. AL50 ve AL100 grubunun ise ÇTK'ları ise sırasıyla $115,5 \pm 8,5$ ve $101,4 \pm 4,7$ 'dir.
- Çalışmada sükröz (kontrol) ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $2,60 \pm 0,1$ cm, %50 D-alluloz ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $1,75 \pm 0,1$ cm ve %100 D-alluloz ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $1,50 \pm 0,0$ cm olarak saptanmıştır.
- Üretilen keklerin hacim değerlerine bakıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olmadığı ($p > 0,05$), hacim değeri ortalaması en yüksek olan kekin AL50 grubu olduğu saptanmıştır. Kontrol grubunun ortalama hacim

değeri $1084 \pm 19,8$ mL, AL50 grubunun ve AL100 grubunun ortalama hacim değeri ise sırasıyla $1106 \pm 129,4$ ve $1036 \pm 13,43$ mL'dir.

- Keklerin spesifik hacim ortalamaları incelendiğinde kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $1,13 \pm 0,1$, $1,13 \pm 0,2$ ve $1,12 \pm 0,0$ mL/g'dır.
- Keklerin yoğunluk ortalamasına bakıldığında kontrol grubunun $1,01 \pm 0,07$, AL50 grubunun $1,03 \pm 0,14$ ve AL 100 grubunun $1,01 \pm 0,0$ olduğu saptanmıştır.
- Üretilen keklerin kek verimleri ortalamaları kontrol, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $87,22 \pm 1,94$, $86,2 \pm 4,07$ ve $87,6 \pm 3,21$ 'dir.
- Aynı spindle hızlarda AL100 grubunun viskozite değerleri kontrol ve AL50 grubuna kıyasla daha yüksektir.
- Üretilen keklerin 1. gündeki su aktivitesi değerlerinde kontrol grubunun $0,83 \pm 0,3$, AL50 grubunun $0,82 \pm 0,1$ ve AL100 grubunun $0,81 \pm 0,5$ olduğu belirlenmiştir. 4. gündeki su aktivitesi değerlerinde ise gruplar arasında sırasıyla $0,83 \pm 0,3$, $0,84 \pm 0,0$ ve $0,86 \pm 0,1$ su aktivitesi belirlenmiştir. Grupların su aktivitesi değerleri 8. günde sırasıyla $0,86 \pm 0,1$, $0,87 \pm 0,2$ ve $0,85 \pm 0,0$ 'dır.
- Keklerin 1. günde yapılan pH analizlerinde kontrol grubunun $7,5 \pm 0,1$, AL50 grubunun $6,9 \pm 0,0$ ve AL100 grubunun $6,7 \pm 0,0$ olduğu saptanmıştır. 4. gündeki grupların pH değerlerine bakıldığında ise kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $7,1 \pm 0,1$, $6,8 \pm 0,4$ ve $6,7 \pm 0,2$ olduğu görülmektedir. 8. gün yapılan pH analizlerinde ise grupların sırasıyla $7,2 \pm 0,0$, $6,8 \pm 0,0$ ve $6,7 \pm 0,0$ pH değeri gösterdiği belirlenmiştir.
- Keklerin 1. gündeki titrasyon asitliği değeri ortalamaları sırasıyla $0,076 \pm 0,02$, $0,094 \pm 0,06$ ve $0,175 \pm 0,02$ 'dir. Bu değerler 4. günde sırasıyla $0,048 \pm 0,0$,

0,116±0,0 ve 0,122±0,0; 8. günde ise sırasıyla 0,084±0,0, 0,139±0,0 ve 0,208±0,0'dir.

- Kontrol grubunun toplam kuru madde oranı 76,1±3,0, AL50 grubunun 76,4±4,6 ve AL100 grubunun 75,0±2,6 olduğu saptanmıştır.
- Keklerin toplam kül oranları kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla 1,2±0,0, 1,3±0,0 ve 1,4±0,0 olduğu saptanmıştır.
- Kontrol grubunun kabuk kısmının L*, a*, b* değerleri ortalaması sırasıyla 57,5±0,4, 18,1±0,3 ve 38,5±0,6 bulunmuştur. AL50 grubunun kabuk kısmının L*, a*, b* değerleri ortalaması ise sırasıyla 53,6±0,7, 20,6±0,2 ve 40,6±2,4 olarak belirlenmiştir. AL100 grubunda ise bu değerler sırasıyla 47,9±1,3, 21,9±0,2 ve 35,9±1,4'tür. Toplam renk farkını gösteren ΔE değeri ortalamasına bakıldığında ise kontrol, AL50 ve AL100 gruplarında sırasıyla 54,7±0,6, 59,6±1,1 ve 61,4±0,3 olduğu saptanmıştır.
- Üretilen keklerin iç renk analizlerine bakıldığında kontrol grubunun L*, a* ve b* değerleri ortalaması sırasıyla 84,4±0,5, -2,6±0,3 ve 26,1±0,6 olduğu saptanmıştır. AL50 grubunun iç renk değerleri ortalaması sırasıyla 77,8±1,5, 0,98±0,6 ve 30,5±0,3 iken; AL100 grubunun iç renk değerleri ortalaması sırasıyla 65,4±2,7, 6,3±0,8 ve 33,3±1,7'dir. Grupların ΔE değerleri ortalaması sırasıyla 25,6±0,7, 32,5±1,1 ve 42,8±3,1 olduğu belirlenmiştir.
- Keklerin kahverengileşme indeksleri ortalaması kabuk kısmı için kontrol, AL50 ve AL100 için sırasıyla 28,2±0,1, 33,6±0,3 ve 38,1±0,9'dur. İç kısımların kahverengileşme indeksleri ortalaması sırasıyla 0,8±0,3, 4,8±0,7 ve 11,8±1,6'dır.
- Kontrol, AL50 ve AL100 olarak üretilen keklerin tekstür profil analiz sonucunda sertlik değerleri ortalamaları sırasıyla 1657,2±157,3 g,

2486,4±122,8 g ve 3721,8±244,1 g'dır. Keklerin sakızimsılık değerleri ortalamaları kontrol grubunun 251,6±9,1, AL50 grubunun 403,6±34,1 ve AL100 grubunun 481,5±31,9'dır. Grupların çiğnenebilirlik değeri ortalamalarında kontrol grubunun 87,8±45,1, AL50 grubunun 89,0±37,5 ve AL100 grubunun 299,6±11,0 olduğu saptanmıştır.

- Üretilen kek gruplarında kontrol grubunun 1. gündeki RSA ortalaması %26,1±5,8, AL50 grubunun %51,6±1,3 ve AL100 grubunun %53,9±1,2'dir. Keklerin 4. gündeki RSA ortalamaları sırasıyla %32,8±7,7, %47,0±2,2 ve %47,9±0,6; 8. gündeki RSA ortalamaları %53,9±1,2, %57,6±2,0 ve %58,5±1,0'dır.
- Kontrol grubunun indirgen şeker oranları %0,46, AL grubunun %4,20 ve AL100 grubunun %7,0 olduğu bulunmuştur. Kontrol grubu ile AL50 grubunun toplam şeker oranları sırasıyla %22,7 ve %15,8 olduğu bulunmuştur.
- Duyusal analizin 1. gününde kontrol grubunun kabuk görünümü ortalaması 7,6±1,6, iç görünüm ortalaması 7,6±1,7, iç renk ortalaması 7,6±1,7, dış renk ortalaması 7,5±1,7, elastikiyet ortalaması 8,5±0,6, çiğnenebilirlik değeri ortalaması 8,4±1, tatlılık-acılık değeri ortalaması 7,8±1,3 ve genel kabul edilebilirlik değeri ortalaması 7,8±1,5'tir. AL50 grubunun kabuk görünüm ortalaması 7,9±1,1, iç görünüm ortalaması 7,8±1,1, iç renk ortalaması 7,9±0,9, dış renk ortalaması 8,0±0,9, elastikiyet ortalaması 7,8±1,1, çiğnenebilirlik ortalaması 7,8±1,3, tatlılık-acılık ortalaması 7,5±1,3 ve genel kabul edilebilirlik ortalaması 7,9±1,2'dir. AL100 grubunun kabuk görünüm ortalaması 7,5±1,2, iç görünüm ortalaması 7,3±1,1, iç renk ortalaması 7,2±1,1, dış renk ortalaması 7,3±1,1, elastikiyet ortalaması 7,3±1,5, çiğnenebilirlik ortalaması 7,7±1,2, tatlılık-acılık ortalaması 7,1±1,4 ve genel kabul edilebilirlik ortalaması 7,3±1,0'dır.

- Keklerde 4. günde yapılan duyusal analiz sonuçlarında kontrol grubunun iç görünüm ortalaması $8,0\pm1,1$, dış renk ortalaması $7,9\pm1,1$, elastikiyet ortalaması $8,2\pm0,6$, gözenek yapısı ortalaması $8,2\pm0,8$, sertlik-yumuşaklık ortalaması $8,3\pm0,8$, tatlılık-acılık ortalaması $8,1\pm0,9$ ve genel kabul edilebilirlik ortalamasının $8,2\pm0,8$ 'dir. AL50 ve AL100 gruplarının iç görünüm ortalamaları sırasıyla $7,9\pm0,9$ ve $7,2\pm1,0$, hacim (kabarma) ortalamaları $8,1\pm0,7$ ve $7,1\pm1,0$, elastikiyet ortalamaları $7,7\pm1,0$ ve $7,2\pm1,2$, gözenek yapısı ortalamaları $7,9\pm0,9$ ve $7,4\pm1,0$, sertlik-yumuşaklık ortalamaları $7,9\pm0,8$ ve $7,4\pm0,9$, tatlılık-acılık ortalamaları $7,9\pm0,9$ ve $7,2\pm1,2$ ve genel kabul edilebilirlik ortalamaları $8,2\pm0,8$ ve $7,4\pm0,9$ 'dır.
- Üretilen keklerin 8. gün duyusal analizlerinde kontrol, AL50 ve AL100 gruplarının kabuk kalınlığı ortalamaları $8,3\pm1,1$, $8,0\pm1,0$ ve $6,9\pm1,5$, iç görünüm ortalamaları $8,1\pm1,2$, $7,8\pm0,9$ ve $6,7\pm1,6$, hacim (kabarma) ortalamaları $8,7\pm0,7$, $7,7\pm1,2$ ve $6,5\pm1,4$, elastikiyet ortalamaları $8,5\pm0,9$, $7,6\pm1,2$ ve $6,9\pm1,6$, sertlik-yumuşaklık ortalamaları $8,6\pm0,9$, $7,8\pm1,1$ ve $6,6\pm1,9$, çiğnenebilirlik ortalamaları $8,7\pm0,7$, $8,3\pm1,0$ ve $7,3\pm1,4$, tatlılık-acılık ortalamaları $8,4\pm0,9$, $8,0\pm1,2$ ve $6,6\pm1,8$ ve genel kabul edilebilirlik ortalamaları $8,5\pm0,8$, $7,8\pm1,3$ ve $6,7\pm1,4$ 'tür.
- Üretilen keklerin bir porsiyonunun enerji değerleri kontrol, AL50 ve AL100 grubunda sırasıyla 174,0, 152,0 ve 130,0 kkal/45 g'dır. kontrol, AL50 ve AL100 gruplarının bir porsiyonunun karbonhidrat, protein ve yağ miktarları ise sırasıyla 22,3, 2,8 ve 8,1 g'dır.

5.2. Öneriler

Çalışmada yapılan analiz sonuçlarına göre D-allulozun keklerde göstermiş olduğu fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özellikler, bu alanda yeni ürünlerin geliştirilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. Kek kalite özellikleri üzerindeki bu etkilerin yanında, tüketildiğinde antidiyabetik, antihiperlipidemik, antioksidan

etkiler gibi olumlu sağlık etkileri ile de standart kek örneklerine göre avantajlı görünmektedir. D-Allulozun besin sanayinde çok daha fazla üründe kullanılması, sağlık etkilerinin deney hayvanlarında ve insan çalışmalarında gösterilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda bu çalışmanın sınırlılıkları olarak belirtilen analizlerin dahil edildiği çalışmaların da yapılması ile besin sanayinde D-allulozun daha sıklıkla kullanılması düşünülmektedir. Sonuç olarak D-alluloz sağlık üzerine olumlu etkileri gösterilen ve kullanıldığı besinin kalitesini arttıran doğal tatlandırıcıdır. Unlu mamullerden olan kekler, eklenen şeker oranının %10'u geçmediği diyetlerde ara öğünlerde önerilebilir. Eklenen şeker oranının %10'u geçtiği diyetlerde ya da günlük ilave şeker tüketiminin sınırlandırıldığı bireylerde şeker ikamesi olarak D-alluloz kullanılarak üretilen kekler alternatif ara öğün olarak kullanılabilir. D-Alluloz, besin sanayinde hem unlu mamullerde hem de şeker ikamesi olarak şekerin tatlandırıcı olarak kullanıldığı bütün ürünlerde kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir.

ÖZET

Şeker İkamesi Olarak Kullanılan D-Allulozun Keklerin Bazı Fizikokimyasal, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkileri

D-Alluloz monosakkaritler ve monosakkaritlerin doğada nadir bulunan türevleri olarak adlandırılan şekerler grubundan bir monosakkarittir. Sükroza kıyasla %70 nispi tatlılığa sahip olan D-alluloz, kullanıldığı besinin kalite özelliklerini arttırmakta ve tüketildiğinde sağlık üzerine pozitif etkiler göstermektedir. Bu çalışmada şeker ikamesi olarak kullanılan D-allulozun keklerin bazı fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özellikleri üzerine etkilerini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmada, keklerle ilave edilen D-alluloz oranları daha önce yapılan çalışmalara göre belirlenmiş ve üç farklı kek üretimi gerçekleştirilmiştir. Kek hamurunda yapılan analizler (hamur yoğunluğu, hacmi ve viskozitesi), çözücü su tutma kapasitesi analizi ile kül, kuru madde, tekstür, renk ve indirgen şeker analizleri tek analiz gününde, su aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, antioksidan aktivite analizi ile kekin duyusal analizleri 1., 4. ve 8. günlerde 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada sükroz (kontrol) ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $2,60 \pm 0,1$, %50 D-alluloz ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $1,75 \pm 0,1$ ve %100 D-alluloz ile üretilen keklerin yükseklik ortalaması $1,50 \pm 0,0$ olarak saptanmıştır. Keklerin spesifik hacim ortalamaları incelendiğinde kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $1,13 \pm 0,1$, $1,13 \pm 0,2$ ve $1,12 \pm 0,0$ mL/g olduğu ve gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olmadığı bulunmuştur ($p > 0,05$). Viskozite analizi sonuçlarına bakıldığında bütün gruplarda spindle hızının artması ile viskozite değerlerinin azaldığı; aynı spindle hızlarında ise AL100 grubunun viskozite değerlerinin kontrol ve AL50 grubuna kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Grupların 1., 4. ve 8. günlerdeki su aktivitesi değerleri ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmazken ($p > 0,05$), AL50 grubunun günler arasında su aktivitesi oranları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) bulunmuştur. Kontrol grubunun toplam kuru madde oranı $76,1 \pm 3,0$, AL50 grubunun $76,4 \pm 4,6$ ve AL100 grubunun $75,0 \pm 2,6$ olduğu; toplam kül oranlarının ise kontrol grubu, AL50 ve AL100 grubu için sırasıyla $1,2 \pm 0,0$, $1,3 \pm 0,0$ ve $1,4 \pm 0,0$ olduğu saptanmıştır. Kontrol grubunun 1. gündeki radikal süpürücü aktivitesi (RSA) ortalaması $26,1 \pm 5,8$, AL50 grubunun $51,6 \pm 1,3$ ve AL100 grubunun $53,9 \pm 1,2$ olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$). Keklerin 4. gündeki RSA ortalamaları sırasıyla $32,8 \pm 7,7$, $47,0 \pm 2,2$ ve $47,9 \pm 0,6$; 8. gündeki RSA ortalamaları $53,9 \pm 1,2$, $57,6 \pm 2,0$ ve $58,5 \pm 1,0$ 'dır. Kek gruplarının 1., 4. ve 8. gündeki RSA ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Kontrol grubunun indirgen şeker oranları %0,46, AL50 grubunun %4,20 ve AL100 grubunun %7,0 olduğu bulunmuştur. Üretilen keklerin bir porsiyonunun enerji değerleri ise sırasıyla 174,0, 152,0 ve 130,0 kkal/45 g olduğu saptanmıştır. Çalışmada yapılan analiz sonuçlarına göre D-alluloz keklerde göstermiş olduğu fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özellikleri ile bu alanda yeni ürünlerin geliştirilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: D-Alluloz, duyusal analiz, fizikokimyasal analiz, kek, şeker ikamesi

SUMMARY

Effects of D-Allulose Used as a Sugar Substitute on Some Physicochemical, Textural and Sensory Properties of Cakes

D-Allulose is a monosaccharide from the group of sugars rarely found in nature, called rare derivatives of monosaccharides in nature. D-Allulose, which has 70% relative sweetness compared to sucrose, increases the quality characteristics of the food it is used in and shows positive effects on health when consumed. In this study, it was aimed to examine the effects of D-allulose, which is used as a sugar substitute, on some physicochemical, textural and sensory properties of cakes. In the study, the ratios of D-allulose added to the cakes were determined according to previous studies and three different cakes were produced. Analysis of cake dough (dough density, volume and viscosity), solvent water holding capacity analysis, ash, dry matter, texture, color and reducing sugar analysis on a single analysis day, water activity, pH, titration acidity, antioxidant activity analysis and sensory analysis of the cake. It was carried out in 2 duplications on the 1st, 4th and 8th days. In the study, It was found to be the mean height of the cakes produced with sucrose (control) was 2.60 ± 0.1 , the mean height of the cakes produced with 50% D-allulose was 1.75 ± 0.1 , and the mean height of the cakes produced with 100% D-allulose was 1.50 ± 0.0 . When the specific volume averages of the cakes were examined, it was found that it was 1.13 ± 0.1 , 1.13 ± 0.2 and 1.12 ± 0.0 mL/g for the control group, AL50 and AL100 groups, respectively, and there was no statistically significant difference between the groups ($p > 0.05$). Considering the results of the viscosity analysis, it was found that the viscosity values decreased with the increase in spindle speed in all groups; At the same spindle speeds, the viscosity values of the AL100 group were found to be higher than the control and AL50 groups. While there was no statistically significant difference between the mean water activity values of the groups on the 1st, 4th and 8th days ($p > 0.05$), the difference between the water activity rates of the AL50 group between days was statistically significant ($p < 0.05$). The total dry matter rate of the control group was $76.1 \pm 3.0\%$, the AL50 group was $76.4 \pm 4.6\%$, and the AL100 group was $75.0 \pm 2.6\%$; the total ash ratios were found to be 1.2 ± 0.0 , 1.3 ± 0.0 and $1.4 \pm 0.0\%$ for the control group, AL50 and AL100 groups, respectively. The mean radical scavenging activity (RSA) of the control group on first day was 26.1 ± 5.8 , 51.6 ± 1.3 in the AL50 group and 53.9 ± 1.2 in the AL100 group. The mean RSA of the cakes on fourth were 32.8 ± 7.7 , 47.0 ± 2.2 , and 47.9 ± 0.6 , respectively; The mean RSA on eight day were 53.9 ± 1.2 , 57.6 ± 2.0 , and 58.5 ± 1.0 . The difference between the mean RSA of the cake groups on the 1st, 4th and 8th days was statistically significant ($p < 0.05$). The reducing sugar ratios of the control group were 0.46%, the AL50 group was 4.20% and the AL100 group was 7.0%. The energy values of one portion of the cakes produced were found to be 174.0, 152.0 and 130.0 kcal/45 g, respectively. According to the results of the analysis made in the study, it is thought that D-allulose can be used in the development of new products in this field with its physicochemical, textural and sensory properties in cakes.

Keywords: D-Allulose, cake, physicochemical analysis, sensory analysis, sugar substitutes

KAYNAKLAR

- AACC (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, Method 56-11. MN: Author St Paul
- ACUN S, GÜL H (2021). Mikroenkapsüle çam propolisinin top kek üretiminde kullanılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, **11**(2): 1205-1217.
- ALLOUSH SA (2015). Chemical, physical and sensory properties of sweet potato cake, *Egyptian Journal of Agricultural Research*, **93**(1): 101-115.
- ALP H (2006). Yağsız süt tozu ve soya ürünleri ile zenginleştirilmiş kek özelliklerine transglutaminaz enziminin etkisi üzerine bir araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- AMIN T, NAIK HR, HUSSAIN SZ, RATHER SA, MAKROO HA, DAR BN, BASHIR O (2021). Functional cake from rice flour subjected to starch hydrolyzing enzymes: Physicochemical properties and in vitro digestibility. *Food Bioscience*, **42**: 101072.
- ANONİM (2008). TS 13375, Türk Standardı, Kabul Tarihi: 30.04.2008, Mamul Gıdalar İhtisas Grubu; Hazır kekler - Sade, çeynili ve dolgulu.
- AOAC (2005). Official methods of analysis (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC Intl. Washington, DC., USA
- AOAC (2019). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 21st Edition. Association Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA
- ASHWINI A, JYOTSNA R, INDRANI D (2009). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, **23**: 700-707.
- ATAMAN Ç, GÜL H (2020). Leblebi üretiminde yan ürün olarak açığa çıkan kırık leblebi ununun mufin kalitesi üzerine etkisi. *Black Sea Journal of Agriculture*, **3**(4): 308-316.
- ATEŞ G, ELMACI Y (2018). Coffee silverskin as fat replacer in cake formulations and its effect on physical, chemical and sensory attributes of cakes. *LWT*, **90**: 519-525.
- AYDIN Ö, ÖNEY B, KOÇAK B (2022). Doğal ve yapay tatlandırıcıların sağlık üzerine etkileri. *Atlas Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, **3**: 30-39.
- AYERS BJ, HOLLINSHEAD J, SAVILLE AW, NAKAGAWA S, ADACHI I, KATO A, IZUMORI K, BARTHOLOMEW B, FLEET GWJ, NASH RJ (2014). Iteamine, the first alkaloid isolated from *Itea virginica* L. inflorescence. *Phytochemistry*, **100**: 126-131.

- BACKHOLER K, VANDEVIJVERE S, BLAKE M, TSENG M (2018). Sugar-sweetened beverage taxes in 2018: a year of reflections and consolidation. *Public health nutrition*, **21**(18): 3291-3295.
- BALTACIOĞLU C, TEMZİSOY B, KANBUR M, DOĞAN M, İBİLİ S (2020). Hindiba (Cichorium İntybus L.) Kökü Ekstraktı Ve Trabzon Hurması (Diospyros Kaki L.) Tozunun Kek Üretiminde Kullanılması ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **9**(1): 297-307.
- BALTACIOĞLU C, UYAR M (2017). Kabak (Cucubita pepo L.) Tozunun Kek Üretiminde Potansiyel Kullanımı ve Kek Kalite Parametrelerine Etkisi. *Akademik Gıda*, **15**(3): 274-280.
- BARTOLOZZO J, BORNEO R, AGUIRRE A (2016). Effect of triticale-based edible coating on muffin quality maintenance during storage, *Food Measure*, **10**: 88-95.
- BAŞKURT S (2020). Gebelerin besinlerle tükettikleri şekerin beden kütle indeksi ve gestasyonel diyabet üzerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- BAYSAL A (2020). Beslenme. Hatipoğlu yayıncılık. Ankara, 20.Baskı
- BEKAR E (2017). Üzüm çekirdeği ilavesinin keklerin kalite özelliklerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BERKTAŞ S, ÇAM M (2020). Nane (Mentha piperita L.) distilasyonundan arta kalan hidrosolün kek üretiminde değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, **24**(1): 17-25.
- BERNASCONI M (2011). The Influence of Water Activity in Meat. *Fleischwirtschaft International: Journal for Meat Production and Meat Processing*, **(3)**: 41-42.
- BİLGİCLİ N, AKBULUT M (2009). Effects of different pekmez (fruit molasses) types on chemical, nutritional content and storage stability of cake. *Journal of Food Quality*, **32**(1): 96-107.
- BLUHER M (2019). Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nature Reviews Endocrinology*, **15**(5): 288.
- BOLGER AM, RASTALL RA, ORUNA-CONCHA MJ, RODRİGUEZ-GARCÍA J (2021). Effect of D-allulose, in comparison to sucrose and D-fructose, on the physical properties of cupcakes. *LWT*, **150**: 111989.
- BORGES MC, LOUZADA ML, DE SÁ TH, LAVERTY AA, PARRA DC, GARZILLO JM, MILLETT C (2017). Artificially sweetened beverages and the response to the global obesity crisis. *PLoS Medicine*, **14**(1): e1002195.

- BRAND-MILLER JC, BARCLAY AW (2017). Declining consumption of added sugars and sugar-sweetened beverages in Australia: a challenge for obesity prevention. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **105**(4): 854-863.
- BRAND-WILLIAMS W, CUVELIER ME, BERSET CLWT (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, **28**(1): 25-30.
- BURDURLU HS, KARADENİZ F (2002). Gıdalarda Maillard reaksiyonu. *Gıda*, **27**(2): 77-83.
- CAROCHO M, MORALES P, FERREIRA IC (2017). Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology*, **107**: 302-317.
- CEMEROĞLU B (1992). Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları. Biltav Yayınları, Ankara, Türkiye.
- CHEN J, HUANG W, ZHANG T, LU M, JIANG B (2019). Anti-obesity potential of rare sugar D-psicose by regulating lipid metabolism in rats. *Food & Function*, **10**(5): 2417-2425.
- CHOOI YC, DING C, MAGKOS F (2019). The epidemiology of obesity. *Metabolism Clinical and Experimental*, **92**: 6-10.
- ÇELİK C (2021). Karpuz kabuğu tozunun glutensiz kekde kullanım potansiyeli (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DANIEL H, HAUNER H, HORNEF MW, CLAVEL T (2021). Allulose in human diet: the knowns and the unknowns. *British Journal of Nutrition*, 1-18.
- DAVIS EA (1995). Functionality of sugars: Physicochemical interactions in foods. *American Journal of Clinical Nutrition*, **62**(1): 170S-177S.
- DEMİR MK, KILINÇ M (2019). Bal Tozu İkamesinin Kek Kalitesi Üzerine Etkisi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **1**(1): 53-58.
- DİZLEK H (2003). Farklı Kabartma Tozlarının Değişik Oranlarda Kullanılmasının ve Kek Hamurunun Pişme Öncesinde Bekletilmesinin Pandispanya Nitelikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DİZLEK H (2011). Gluten oluşumu ve bunu sınırlayan-engelleyen etmenler. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **6**(3): 14-22.

- DİZLEK H, GİRİTLİOĞLU E (2018). Sakaroz ikamesi olarak farklı tip ve düzeylerde şeker otu (*stevia rebaudiana bertonii*) bazlı tatlandırıcı kullanılması bisküvi nitelikleri üzerine etkileri. *Gıda*, **43**(1): 21-33.
- DİZLEK H, ALTAN A (2021). ‘The Impacts of Batter and Baking Temperatures and Baking Time on Sponge Cake Characteristics, *Elec Lett Sci Eng*, **17**(2): 89-95.
- DO GY, KWON EY, KIM YJ, HAN Y, KIM SB, KIM YH, CHOI MS (2019). Supplementation of non-dairy creamer-enriched high-fat diet with D-allulose ameliorated blood glucose and body fat accumulation in C57BL/6J mice. *Applied Sciences*, **9**(13): 2750.
- DOĞAN İS (1998). Factors Affecting Cookie Quality. *Gıda Teknolojisi Dergisi*, **3**(3): 72-76.
- DOĞAN İS, YILDIZ Ö (2004). Düşük Kalorili Kek Üretimi: I. Formül Optimizasyonu. *Gıda*, **29**(1): 17-23.
- EL-BAKI A, MAGDA R (2008). Effect of using sweet potato and potato flours on physical, chemical and sensory properties of sponge cake. *Fayoum Journal of Agricultural Research and Development*, **22**(2): 165-180.
- EMLEK BO, ÇEVİK K, ALAŞALVAR H, ERİNÇ H, YALÇIN H, YILDIRIM Z, ÖZBEY A (2021). Effect of Hazelnut Oil and Microencapsulated Hazelnut Oil Usage on Physicochemical and Textural Properties of Cake. *Journal of the Institute of Science and Technology*, **11**(1): 281-289.
- ERTAŞ N, ÇOKLAR H (2008). Farklı pekmez çeşitlerinin doğal şeker kaynağı olarak kek hamuru ve kek özelliklerine etkisi. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, **22**(46): 51-54.
- FAO (2015). Food And Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Erişim adresi: [<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>]. Erişim Tarihi: 15/01/2022.
- FARAHMAND S (2014). Utilization of Inulin As Fat Replacer in Cake and Mayonnaise (Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- FAYDAOĞLU E, SÜRÜCÜOĞLU MS (2013). Tıbbi ve aromatik bitkilerin antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve kullanım olanakları. *EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **6**(2): 233-265.
- FONTANA AJ (2000). Understanding the importance of water activity in food. *Cereal Foods World*, **45**(1): 7-10.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (2011). No Calories. Sweet. Erişim adresi: [http://www.fda.gov/fdac/features/2006/406_sweeteners.html]. Erişim tarihi: 20/04/2022.

- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (2022). Gras Notices. Erişim adresi: [https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=GRASNotices&sort=GRN_No&order=DESC&startrow=1&type=basic&search=Psicose] Erişim tarihi: 21/04/2022.
- FRANCIS FJ, CLYDESDALE FM (1975). Food colorimetry: Theory and applications. Westport, CT, USA: The Avi Publishing Company, Inc.
- FUKADA K, ISHII T, TANAKA K, YAMAJI M, YAMAOKA Y, KOBASHI KI, IZUMORI K (2010). Crystal structure, solubility, and mutarotation of the rare monosaccharide D-psicose. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **83**(10): 1193-1197.
- GAO J, BRENNAN MA, MASON SL, BRENNAN CS (2016). Effect of Sugar Replacement with Stevianna and Inulin on the Texture and Predictive Glycaemic Response of Muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, **51**(9): 1979-1987.
- GARDNER C, WYLIE-ROSETT J, GIDDING SS (2012). Nonnutritive sweeteners: current use and health perspectives—A scientific statement from the American Heart Association and the American Diabetes. *Circulation*, **126**(4): 509-519.
- GİRİTLİOĞLU E (2017). Kinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) ve şeker otu (*Stevia rebaudiana bertonii*) kullanılarak yeni bisküvi ve kek formülleri geliştirme üzerine bir araştırma (Yüksek Lisans Tezi). Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GODEFROIDT T, OOMS N, PAREYT B, BRIJS K, DELCOUR JA (2019). Ingredient functionality during foam-type cake making: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **18**(5): 1550-1562.
- GÓMEZ M, RONDA F, BLANCO CA, CABALLERO PA, APESTEGUÍA A (2003). Effect of Dietary Fibre on Dough Rheology And Bread Quality. *European Food Research and Technology*, **216**(1): 51-56.
- GORANOVA Z, PETROVA T, BAEVA M, STEFANOV S (2020). Effect of natural sugar substitutes—mesquite (*Prosopis alba*) flour and coconut (*Cocos nucifera* L.) sugar on the quality properties of sponge cakes. *Ukrainian Food Journal*, **9**(3): 561-729.
- GOSWAMI D, GUPTA RK, MRIDULA D, SHARMA M, TYAGI SK (2015). Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. *Food Science and Technology*, **64**(1): 374-380.
- GOYAL A, SINGH NP (2007). Consumer perception about fast food in India: An exploratory study. *British Food Journal*, **109**(2): 182-195.
- GÖKÇE C (2019). The Use of Carob Flour and Stevia as Sugar Substitutes for Cake Production and Enrichment with Wheat Germ (Master's Thesis). Gaziantep University.

- GÖZÜKARA Öİ (2013). Balkabağı tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikleri üzerine kurutma metotlarının etkisi ve balkabağı tozunun kek üretiminde kullanımı (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GREMBECKA M (2015). Natural sweeteners in a human diet. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, **66**(3): 195-202.
- HADINEZHAD M, BUTLER F (2010). Effect of flour type and baking temperature on cake dynamic height profile measurements during baking. *Food Bioprocess Technology*, **3**(4): 594-602.
- HADIPERNATA M, OGAWA M, HAYAKAWA S (2016). Effect of D-allulose on rheological properties of chicken breast sausage. *Poultry science*, **95**(9): 2120-2128.
- HAMMED AM, OZSİSLİ B, OHM JB, SİMSEK S (2015). Relationship between solvent retention capacity and protein molecular weight distribution, quality characteristics, and breadmaking functionality of hard red spring wheat flour. *Cereal Chemistry*, **92**(5): 466-474.
- HAO Y, WANG F, HUANG W, TANG X, ZOU Q, LI Z, OGAWA A (2016). Sucrose substitution by polyols in sponge cake and their effects on the foaming and thermal properties of egg protein. *Food Hydrocolloids*, **57**: 153-159.
- HAYASHI N, IIDA T, YAMADA T, OKUMA K, TAKEHARA I, YAMAMOTO T, YAMADA K, TOKUDA M (2010). Study on the postprandial blood glucose suppression effect of D-psicose in borderline diabetes and the safety of long-term ingestion by normal human subjects. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **74**(3): 510-519.
- HAYNES LC, BETTGE AD, SLADE L (2009). Soft wheat and flour products methods review: Solvent retention capacity equation correction. *Cereal Foods World*, **54**(4): 174-175.
- HOJJATOLESLAMI M, AZIZI MH (2015). Impact of Tragacanth and Xanthan Gums on the Physical and Textural Characteristics of Gluten-free Cake. *Nutrition and Food Sciennces Research*, **2**(2): 29-37.
- HOSSAIN A, YAMAGUCHI F, MATSUO T, TSUKAMOTO I, TOYODA Y, OGAWA M, TOKUDA M (2015). Rare sugar D-allulose: Potential role and therapeutic monitoring in maintaining obesity and type 2 diabetes mellitus. *Pharmacology & Therapeutics*, **155**: 49-59.
- HOSSAIN MA, KITAGAKI S, NAKANO D, NISHIYAMA A, FUNAMOTO Y, MATSUNAGA T (2011). Rare sugar D-psicose improves insulin sensitivity and glucose tolerance in type 2 diabetes Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) rats. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **405**: 7-12.

- HUI YH (2005). Handbook of food science, technology and engineering- 4 volume set. CRC Press, USA. 40-148.
- IIDA T, HAYASHI N, YAMADA T, YOSHIKAWA Y, MIYAZATO S, KISHIMOTO Y, IZUMORI K (2010). Failure of D-psicose absorbed in the small intestine to metabolize into energy and its low large intestinal fermentability in humans. *Metabolism*, **59**: 206-214.
- IIDA T, KISHIMOTO Y, YOSHIKAWA Y, OKUMA K, YAGI K, MATSUO T, IZUMORI K (2007). Estimation of maximum non-effective level of D-allulose in causing diarrhea in human subjects. *J Advanced Food Ingrid.*, **10**: 15-19.
- ILHAN E, POCAN P, OGAWA M, OZTOP MH (2020). Role of 'D-allulose' in a starch based composite gel matrix. *Carbohydr. Polym.*, **228**: 10–16.
- ISO (2016). Sensory analysis—Methodology—General guidance for establishing a sensory profile. ISO standard 13299:2016. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- IŞIK F, URGANCI Ü, TURAN F (2017). Yaban Mersini İlaveli Muffin Keklerin Bazı Kimyasal, Fiziksel ve Duyusal Özellikleri. *Akademik Gıda*, **15**: 130-138.
- ITOH H, OKAYA H, KHAN AR, TAJIMA S, IZUMORI SHK (1994). Purification and characterization of D-tagatose 3-epimerase from *Pseudomonas* sp. ST-24. *J. Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **58**: 2168–2171.
- HÜSBF BESLENME VE DİYETETİK BÖLÜMÜ. (2015). Türkiye'ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi, Yenilenmiş 1. Baskı, Ankara, Merdiven Reklam Tanıtım.
- JAMES CS (2013) Analytical Chemistry of Foods, 1stedn, New York, Springer US. 35-171.
- JIA M, MU WM, CHU FF, ZHANG XM, JIANG B, ZHOU LL, ZHANG T (2014). A D-psicose 3-epimerase with neutral pH optimum from *Clostridium bolteae* for D-psicose production: cloning, expression, purification, and characterization. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **98**: 717-725.
- JIANG S, XIAO W, ZHU X, YANG P, ZHENG Z, LU S, JIANG S, ZHANG G, LIU J (2020). Review on D-Allulose: In vivo Metabolism, Catalytic Mechanism, Engineering Strain Construction, Bio-Production Technology. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **8**: 26.
- JING H, KITTS DD (2004). Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **429**: 154-163.
- KAKLEAS K, CHRISTODOULI F, KARAVANAKI K (2020). Non-alcoholic fatty liver disease, insulin resistance and sweeteners: a literature review. *Expert Review of Endocrinology & Metabolism*, **15**: 83-93.

- KARAMAN EE, ÇETİNKAYA N (2020). Gıda Tercihinde Duyuların Rolü: Tat Duyusunun Tat Testi ile Demografik Özelliklere Göre Farklılığının Tespiti. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **24**: 883-898.
- KARAOĞLU MM, BEDİR Y (2020). Kısmi Pişirme Yönteminin Kek Kalitesi Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, **18**: 256-263.
- KARTIOSUO N, RAMAKRISHNAN R, LEMESHOW S, JUONALA M, BURNS TL, WOO JG, URBINA EM (2019). Predicting overweight and obesity in young adulthood from childhood body-mass index: comparison of cutoffs derived from longitudinal and cross-sectional data. *The Lancet Child & Adolescent Health*, **3**: 795-802.
- KHAN S, SHAH H, KAMAL S, REHMAN A, SHEHZAD Q, KARAMAT U, XIA W (2022). Preparation and quality attributes of egg-reduced pound cake incorporating grass carp (*Ctenopharyngodonidella*) protein concentrate. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 1-17.
- KIM H, PARK C, SA S, CASE I, LI C, GAO Y, WANG H, TIAN J (2019). A study of D-allulose associated reproductive toxicity in rats. *Food Chem Toxicol*, **131**: 110548.
- KIM HJ, HAN MJ (2019). The fermentation characteristics of soy yogurt with different content of d-allulose and sucrose fermented by lactic acid bacteria from Kimchi. *Food Science and Biotechnology*, **28**: 1155-1161.
- KIM JN, PARK S, SHIN WS (2014). Textural and sensory characteristics of rice chiffon cake formulated with sugar alcohols instead of sucrose. *Journal of Food Quality*, **37**: 281-290.
- KIM KH, LEE GH (2016). Characteristics of sponge cake prepared with yacon concentrates as sugar substitute. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **45**: 1453-1459.
- KIM KS, KIM HJ, OH DK, CHA SS, RHEE SK (2006). Crystal structure of D-psicose 3-epimerase from *Agrobacterium tumefaciens* and its complex with true substrate D-fructose: a pivotal role of metal in catalysis, an active site for the non-phosphorylated substrate, and its conformational changes. *J. Mol. Biol.*, **361**: 920-931.
- KIMOTO-NIRA H, MORIYA N, HAYAKAWA S, KURAMASU K, OHMORI H, YAMASAKI S, OGAWA M (2017). Effects of rare sugar D-allulose on acid production and probiotic activities of dairy lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, **100(7)**: 5936-5944.
- KIVANÇ SÖ (2013). Süne-Kımlı (Eurygaster spp. ve/veya Aelia spp.) Zararı Görmüş Unların Kek, Bisküvi ve Ekmeklerde Akrilamid ve Hidroksimetilfurfural (HMF) Oluşumuna Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KONAK Üİ (2009). Farklı pişirme yöntemleri ve morötesi ışınlamanın kek kalitesi üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- KOPP W (2019). How western diet and lifestyle drive the pandemic of obesity and civilization diseases. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, **12**: 2221.
- KOTANCILAR HG, KARAOĞLU MM, ÇELİK İ (2001). Bazı gam katkılarının kek kalitesi üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **32**: 461-467.
- KRAUSE S, KELLER S, HASHEMI A, DESCHARLES N, BONAZZI C, REGA B (2022). From flours to cakes: Reactivity potential of pulse ingredients to generate volatile compounds impacting the quality of processed foods. *Food Chemistry*, **371**: 131379.
- KRUPA-KOZAK U, DRABIŃSKA N, ROSELL CM, PIŁAT B, STAROWICZ M, JELIŃSKI T, SZMATOWICZ B (2020). High-Quality Gluten-Free Sponge Cakes without Sucrose: Inulin-Type Fructans as Sugar Alternatives. *Foods*, **9**: 1735.
- KWEON M, SLADE L, LEVINE H (2011). Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding—A review. *Cereal Chemistry*, **88**: 537-552.
- KWEON M, SLADE L, LEVINE H (2016). Potential sugar reduction in cookies formulated with sucrose alternatives. *Cereal Chemistry*, **93**: 576-583.
- LAMOTHE LM, LÊ KA, SAMRA RA, ROGER O, GREEN H, MACÉ K (2019). The scientific basis for healthful carbohydrate profile. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **59**: 1058-1070.
- LEE CC, WANG HF, LIN SD (2008). Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. *Cereal Chemistry*, **85**: 515-521.
- LEE HJ (2014). Antioxidant activity and properties characteristics of pound cakes prepare using freeze dried maqui berry (*Aristotelia chilensis* [Mol.]) powder. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, **27**: 1067-1077.
- LEE JW, THOMAS LC, JERRELL J, FENG H, CADWALLADER KR, SCHMIDT SJ (2011). Investigation of thermal decomposition as the kinetic process that causes the loss of crystalline structure in sucrose using a chemical analysis approach (part II). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**: 702-712.
- LEE P, OH H, KM SY, KIM YS (2020). Effects of d-allulose as a sucrose substitute on the physicochemical, textural, and sensorial properties of pound cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, **44**: e14472.
- LIM YR, OH DK (2011). Microbial metabolism and biotechnological production of D-allose. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **91**: 229-235.
- LI X, ZHU Y, ZENG Y, ZHANG T (2013). Overexpression of D-psicose3-epimerase from *Clostridium cellulolyticum* H10 in *Bacillus subtilis* and its prospect for D-psicose production. *Adv J Food Sci Technol*, **5**: 264-269.

- LU TM, LEE CC, MAU JL, LIN SD (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*, **119**: 1090-1095.
- LUGER M, LAFONTAN M, BES-RASTROLLO M, WINZER E, YUMUK V, FARPOUR-LAMBERT N (2017). Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review from 2013 to 2015 and a comparison with previous studies. *Obesity Facts*, **10**: 674-693.
- LUPTON JR, BROOKS J, BUTTE NF, CABALLERO B, FLATT JP, FRIED SK (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. *National Academy Press: Washington, DC, USA*, **5**: 589-768.
- MANISHA G, SOUMYA C, INDRANI D (2012). Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocolloids*, **29(2)**: 363-373.
- MATHEW S, ABRAHAM TE (2006). Studies on the antioxidant activities of cinnamon bark extracts through various in vitro models. *Journal Food Chemistry*, **94**: 520-528.
- MATHLOUTHI M, REISER P (Eds.) (1995). Sucrose: properties and applications. Springer Science & Business Media.
- MATSUO T, BABA Y, HASHIGUCHI M, TAKESHITA K, IZUMORI K, SUZUKI H (2001). Dietary D-psicose, a C-3 epimer of D-fructose, suppresses the activity of hepatic lipogenic enzymes in rats. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, **10**: 233-237.
- MATSUO T, IZOMURI K (2009). d-Psicose Inhibits Intestinal alpha-Glucosidase and Suppresses the Glycemic Response after Ingestion of Carbohydrates in Rats. *J Clin Biochem Nutr*, **45**: 202-206.
- MATSUO T, SUZUKI H, HASHIGUCHI M, IZUMORI K (2002). D-Psicose is a rare sugar that provides no energy to growing rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, **48**: 77-80.
- MATSUO T, TANAKA T, HASHIGUCHI M, IZUMORI K, SUZUKI H (2003). Metabolic effects of D- sicose in rats: studies on faecal and urinary excretion and caecal fermentation. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, **12(2)**: 225-231.
- MATTES RD (2016). Low calorie sweeteners: science and controversy. *Physiol Behav*, **164**: 429-431.
- MATTES RD, POPKIN BM (2009). Nonnutritive sweetener consumption in humans: effects on appetite and food intake and their putative mechanisms. *Am J Clin Nutr*, **89(1)**: 1-14.
- MENG LW, KIM SM (2020). Effects of different carbohydrases on the physicochemical properties of rice flour, and the quality characteristics of fermented rice cake. *Food Science and Biotechnology*, **29**: 503-512.

- MERCAN N, BOYACIOĞLU MH (1999). Kek üretim teknolojisi: Kekin tanımı, sınıflandırılması ve üretimi. *Dünya Gıda Dergisi*, **45**: 36-39.
- MERCAN N, BOYACIOĞLU MH, BOYACIOĞLU D (2000). Kek kalitesi üzerine bazı emülgatörlerin etkilerinin araştırılması. *Dünya Gıda Dergisi*, **57**: 75-81.
- MEZA BE, CHESTERTON AK, VERDINI RA, RUBIOLO AC, SADD PA, MOGGRIDGE GD, WILSON DI (2011). Rheological characterisation of cake batters generated by planetary mixing: comparison between untreated and heat-treated wheat flours. *Journal of food Engineering*, **104**: 592-602.
- MIGUEL NG, BOLADERAS EC, BELLOSO OM (1999). Development of high-fruit dietary-fibre muffins. *European Food Research and Technology*, **210**: 123-128.
- MILDNER-SZKUDLARZ S, SIGER A, SZWENGIEL A, BAJERSKA J (2015). Natural compounds from grape by-products enhance nutritive value and reduce formation of CML in model muffins. *Food Chemistry*, **172**: 78-85.
- MILNER L, KERRY JP, O'SULLIVAN MG, GALLAGHER E (2020). Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar-replacing alternative ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **59**: 102235.
- MISRA A (2012). Artificial Sweeteners. Dietary Considerations in Diabetes-ECAB, 44.
- MOLLER DE, BERGER JP (2003). Role of PPARs in the regulation of obesity-related insulin sensitivity and inflammation. *International Journal of Obesity*, **27**: 17-21.
- MU W, ZHANG W, FANG D, ZHOU L, JIANG B, ZHANG T (2013). Characterization of a D-psicose-producing enzyme, D-psicose 3-epimerase, from *Clostridium* sp. *Biotechnol. Lett.*, **35**: 1481-1486.
- MU W, ZHANG W, FENG Y, JIANG B, ZHOU L (2012). Recent advances on applications and biotechnological production of D-psicose. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **94**: 1461-7.
- MU WM, XING QC, YU SH, ZHOU L, JIANG B (2011). Cloning, expression, and characterization of a D-psicose 3-epimerase from *Clostridium cellulolyticum* H10. *J. Agric. Food Chem.*, **59**: 7785-7792.
- MURATA A, SEKIYA K, WATANABE Y, YAMAGUCHI F, HATANO N, IZUMORI K, TOKUDA M (2003). A novel inhibitory effect of D-allose on production of reactive oxygen species from neutrophils. *J. Biosci. Bioeng.*, **96**: 89-91.
- NATSUME Y, YAMADA T, IIDA T, OZAKI N, GOU Y, OSHIDA Y, KOIKE T (2021). Investigation of d-allulose effects on high-sucrose diet-induced insulin resistance via hyperinsulinemic-euglycemic clamps in rats. *Heliyon*, **7**: e08013.

- NIP WK (2014). Sweeteners. Bakery Products: Science and Technology (ed: W. Zhou & Y.H. Hui). 137-160.
- NISHII N, NOMIZO T, TAKASHIMA S, MATSUBARA T, TOKUDA M, KITAGAWA H (2016). Single oral dose safety of D-allulose in dogs. *J Vet Med Sci.*, **78**: 1079-1083.
- NOĞAY O (2014). Farklı Yöntemlerle Elde Edilen Nar Çekirdek Tozlarının Muffin Kek Kalite Özelliklerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- O'CHAROEN S, HAYAKAWA S, MATSUMOTO Y, OGAWA M (2014). Effect of d-psicose used as sucrose replacer on the characteristics of meringue. *Journal of Food Science*, **79**: E2463-E2469.
- OECD (2017). Health At A Glance. *Health Statistics*. Erişim adresi: [http://dx.doi.org/10.1787/888933602956].
- OFEI F (2005). Obesity-a preventable disease. *Ghana Medical Journal*, **39**: 98.
- OKU T, OKAZAKI M (1996). Laxative threshold of sugar alcohol erythritol in human subjects. *Nutrition Research*, **16**: 577-589.
- OLCAY N (2019). Farklı teknikler ile kurutulmuş kamkat meyvesinin, bisküvi ve kek üretiminde kullanım imkânları (Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- OSHIMA H, KIMURA I, IZUMORI K (2006). Psicose contents in various food products and its origin. *Food Science and Technology Research*, **12**: 137-143.
- OSHIMA H, KIMURA I, KITAKUBO Y, HAYAKAWA S, IZUMORI K (2014). Factors affecting psicose formation in food products during cooking. *Food Science and Technology Research*, **20**: 423-430.
- ÖLMEZ MB, Öner C. Birinci basamakta takip edilen hastaların beslenme ihtiyaçları. TAMER İ, editör. Aile Hekimliğinde Her Yönüyle Beslenme. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. p.10-6.
- ÖZCEBE H, BOSI AT, ÖZKAN S, YARDIM N (2014). Türkiye Çocukluk Çağı (7-8 Yaş) Şişmanlık Araştırması (COSI-TUR). Ankara: Sistem Ofset.
- ÖZCEBE H, BOSI TB, YARDIM N (2017). Türkiye Çocukluk Çağı (İlkokul İkinci Sınıf Öğrencileri) Şişmanlık Araştırması (COSI-TUR). Ankara: Sağlık Bakanlığı.
- ÖZGÜR M, UÇAR A (2019). Karbonhidrat ve Yağ Metabolizmasında D-alluloz (D-psikoz). *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **9**:187-194.

- ÖZHAN NB (2008). Depolama Süresince Keçiboynuzu Pekmezinde Enzimatik Olmayan Esmerleşme Reaksiyonlarının Kinetiği (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÖZYİĞİT E, EREN İ, KUMCUOĞLU S, TAVMAN Ş (2020). Large amplitude oscillatory shear (Laos) analysis of gluten-free cake batters: the effect of dietary fiber enrichment. *GIDA-Journal of Food*, **45**: 356-368.
- PALAMUTOĞLU R, KASNAK C, MORAL B (2018). Şeker ikamesi olarak stevya ekstraktı kullanımının keklerin bazı fiziksel ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, **8**: 98-108.
- PALOU E, LÓPEZ-MALO A, BARBOSA-CÁNOVAS GV, WELTI-CHANES J, SWANSON BG (1999). Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. *J. Food Sci.*, **64**: 42-45.
- PARK CS, PARK CS, SHIN KC, OH DK (2016). Production of d-psicose from d-fructose by whole recombinant cells with high-level expression of d-psicose 3-epimerase from *Agrobacterium tumefaciens*. *J Biosci Bioeng*, **121**: 186-190.
- PARK YS, SHIN S, SHIN GM (2008). Quality characteristics of pound cake prepared with mandarin powder. *Korean Journal of Food Preservation*, **15**: 662-668.
- PLOYPETCHARA T, GOHTANI S (2018). Effect of sugar on starch edible film properties: plasticized effect. *Journal of Food Science and Technology*, **55**: 3757-3766.
- PLOYPETCHARA T, SUWANNAPORN S, PECHYEN C, GOHTANI S (2015). Retrogradation of rice flour gel and dough: plasticization effects of some food additives. *Cereal Chem*, **92**: 198-203.
- POCAN P, ILHAN E, OZTOP MH (2019). Effect of D-psicose substitution on gelatin based soft candies: A TD-NMR study. *Magnetic Resonance in Chemistry*, **57**: 661-673.
- POONPERM W, TAKATA G, ANDO Y, SAHACHAISAREE V, LUMYONG P (2007). Efficient conversion of allitol to D-psicose by *Bacillus pallidus* Y25. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **103**: 282-5.
- PSIMOULI V, OREOPOULOU V (2012). The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **92**(1): 99-105.
- QUILES A, LLORCA E, SCHMIDT C, REIßNER AM, STRUCK S, ROHM H, HERNANDO I (2018). Use of berry pomace to replace flour, fat or sugar in cakes. *International Journal of Food Science & Technology*, **53**: 1579-1587.

- RAMNE S, ALVES DIAS J, GONZÁLEZ-PADILLA E, OLSSON K, LINDAHL B, ENGSTROM G, ERICSON U, JOHANSSON I, SONESTEDT E (2019). Association between added sugar intake and mortality is nonlinear and dependent on sugar source in 2 Swedish population-based prospective cohorts. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **109**: 411-423.
- RIPPE JM, ANGELOPOULOS TJ (2016). Added sugars and risk factors for obesity, diabetes and heart disease. *International Journal of Obesity*, **40**: S22-S27.
- SAHİN S (2008). Cake batter rheology. Food engineering aspects of baking sweet goods, CRC press. 99-119.
- SAKURABA H, YONEDA K, SATOMURA T, KAWAKAMI R, OHSHIMA T (2009). Structure of a D-tagatose 3-epimerase-related protein from the hyperthermophilic bacterium *Thermotoga maritima*. *Acta Crystallogr. Sec. F Struc. Biol. Cryst. Commun.*, **65**: 199-203.
- SAMIHA AA (2015). Chemical, physical and sensory properties of sweet potato cake. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, **93**: 101-115.
- SARDOĞAN M (2016). Badem iç kabuğunun unlu mamullerde değerlendirilme imkânları (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- SEGUNDO C, ROMÁN L, LOBO M, MARTINEZ MM, GÓMEZ M (2017). Ripe banana flour as a source of antioxidants in layer and sponge cakes. *Plant Foods for Human Nutrition*, **72**: 365-371.
- SEOHYUN M, KIM YH, KYUNGOH C (2020). Inhibition of 3T3-L1 Adipocyte Differentiation by D-allulose. *Biotechnology and Bioprocess Engineering: BBE*, **25**: 22-28.
- SEYHAN SA (2019). DPPH Antioksidan Analizinin Yeniden Değerlendirilmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, **9**: 125-135.
- SHAHIDI B, KALANTARI M, BOOSTANI S (2017). Effect of date syrup as a sugar replacement on the rheological and physical properties of sponge cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, **14**: 63-72.
- SHEVKANI K, SINGH N (2014). Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. *International Journal of Food Science & Technology*, **49**: 2237-2244.
- SHINTANI T, YAMADA T, HAYASHI N, IIDA T, NAGATA Y, OZAKI N, TOYODA Y (2017). Rare sugar syrup containing D-allulose but not highfructose corn syrup maintains glucose tolerance and insulin sensitivity partly via hepatic glucokinase translocation in Wistar rats. *J Agric Food Chem*, **65**: 2888-2894.

- SHONKOFF ET, DUNTON GF, CHOU CP, LEVENTHAL AM, BLUTHENTHAL R, PENTZ MA (2017). Direct and indirect effects of parent stress on child obesity risk and added sugar intake in a sample of Southern California adolescents. *Public Health Nutrition*, **20**: 3285-3294.
- SMITH C, MARKS AD, LIEBERMAN M (2007). Marks' temel tıbbi biyokimyası, klinik yaklaşım. İkinci basıktan çeviri. İNAL ME, ATİK U, AKSOY N, HAŞİMİ A, çeviri editörleri. GüneşTıp Kitabevleri, Ankara, 473-577.
- STRUCK S, JAROS D, BRENNAN CS, ROHM H (2014). Sugar replacement in sweetened bakery goods. *International Journal of Food Science and Technology*, **49**(9): 1963-1976.
- SUEZ J, SHAPIRO H, ELINAV E (2016). Role of the microbiome in the normal and aberrant glycemic response. *Clin Nutr Exp*, **6**: 59-73.
- SUN Y, HAYAKAWA S AND IZUMORI K (2004). Modification of ovalbumin with a rare ketohexose through the Maillard reaction: effect on protein structure and gel properties. *J Agric Food Chem*, **52**: 1293-1299.
- SUN Y, HAYAKAWA S, JIANG H, OGAWA M, IZUMORI K (2006). Rheological characteristics of heat-induced custard pudding gels with high antioxidative activity. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **70**(12): 2859-2867.
- SUN Y, HAYAKAWA S, OGAWA M, FUKADA K, IZUMORI K (2008). Influence of a rare sugar, d-psicose, on the physicochemical and functional properties of an aerated food system containing egg albumen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**(12): 4789-4796
- SUNA S, YAMAGUCHI F, KIMURA S, TOKUDA M, JITSUNARI F (2007). Preventive effect of D-psicose, one of rare ketohexoses, on di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)-induced testicular injury in rat. *Toxicol. Lett.*, **173**: 107-117.
- SUNGUR S, İŞGÖREN A (2019). Tatlandırıcılar. *Lectio Scientific*, **3**: 19-32.
- ŞEKER İT (2020). Meyan Şerbeti ile Yapılan Sünger Keklerin Fiziksel ve Duyusal özellikleri. *Physical and. Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, **8**: 1196-1205.
- ŞEKER İT, GÖKBULUT İ, ÖZTÜRK S, ÖZBAŞ ÖÖ (2006). Kayısı lifinin kek üretiminde kullanımı. *In Proceedings of the Turkey 9th Food Congress*.
- TAKATA MK, YAMAGUCHI F, NAKANOSE K, WATANABE Y, HATANO N, TSUKAMOTO I, NAGATA M, IZUMORI K, TOKUDA M (2005). Neuroprotective effect of D-psicose on 6-hydroxydopamine-induced apoptosis in rat pheochromocytoma (PC12) cells. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **100**: 511-516.
- TANDEL KR (2011). Sugar substitutes: Health controversy over perceived benefits. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, **2**: 236-243.

- TERZİ E, BİLGİNTÜRK M, GÜNDOĞAN R, KARAÇA AC (2020). Fasulye Proteini İzolatının Çeşitli Gıda Ürünlerinin Kalite Özelliklerine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20): 152-161.
- THAIPONG K, BOONPRAKOB U, CROSBY K, CISNEROS-ZEVALLOS L, BYRNE DH (2006). 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.
- TOPKAYA C (2017). Nar kabuğu tozu ilavesinin keklerin besinsel, duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TSE (2008). TS 13375 Hazır Kekler – Sade, Çeşnili ve Dolgulu Standardı.
- TUNCEL BN, DEMİRCİ M (2006). Farklı Sıcaklık Derecelerinde Depolanan Hamurların Kek Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu*, 521-522.
- TÜRKİYE BESLENME VE SAĞLIK ARAŞTIRMASI (TBSA) (2010). Erişim adresi: [<https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>]. Erişim tarihi: 10/01/2022.
- TÜRKİYE BESLENME VE SAĞLIK ARAŞTIRMASI (TBSA) (2017). Erişim adresi: [https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/TBSA_RAPOR_KITAP_20.08.pdf]. Erişim tarihi: 10/01/2022.
- TÜRKİYE BESLENME REHBERİ 2015 (TÜBER). (2016). 1. Baskı, Merdiven Reklam Tanıtım, Ankara.
- UÇAR B (2011). Pandispanya kek kalitesi üzerine yabancı meyvelerin fonksiyonel etkileri (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- URAL B, ALPHAN ME (2019). Diyabetlilerde tatlandırıcı ve diyet/diyabetik ürün kullanım durumu. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1: 19-23.
- VAN DER SMAN RGM, BROEZE J (2014). Effects of salt on the expansion of starchy snacks: a multiscale analysis. *Food & Function*, 5: 3076-3082.
- VAN DER SMAN RGM, RENZETTI S (2021). Understanding functionality of sucrose in cake for reformulation purposes. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 61: 2756-2772.

- VAN OPSTAL AM, HAFKEMEIJER A, VAN DEN BERG-HUYSMANS AA, HOEKSMAM, MULDER TP, PIJL H, ROMBOUTS SA, VAN DER GROND J (2021). Brain activity and connectivity changes in response to nutritive natural sugars, non-nutritive natural sugar replacements and artificial sweeteners. *Nutritional Neuroscience*, **24**(5): 395-405.
- WADDEN TA, BRAY GA (Eds.) (2018). *Handbook of Obesity Treatment*. New York: Guilford Publications.
- WALKER R, TSENG A, CAVENDER G, ROSS A, ZHAO Y (2014). Physicochemical, nutritional, and sensory qualities of wine grape pomace fortified baked goods. *Journal of Food Science*, **79**: S1811-S1822.
- WEE M, TAN V, FORDE C (2018). A comparison of psychophysical dose-response behaviour across 16 sweeteners. *Nutrients*, **10**: 1–16.
- WHO (2015). Sugars intake for adults and children: Guideline. Retrieved from https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/en/ WHO. Key facts. Noncommunicable Diseases. 2021. Erişim adresi: [<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>]. Erişim Tarihi: 10/01/2022.
- WHO (2017). WHO fact sheet on overweight and obesity. Erişim adresi: [<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>]. Erişim tarihi: 10/01/2022.
- WHO (2020a). Controlling the global obesity epidemic. World Health Organization-Nutrition. Erişim adresi: [<https://www.who.int/nutrition/topics/obesity/en/>]. Erişim tarihi: 02/01/2022.
- WHO (2020b). Obesity and overweight. World Health Organization- Obesity and Overweight. Erişim adresi: [<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>]. Erişim tarihi: 02/01/2022.
- WHO (2022a). Nutrition. Erişim adresi: [<https://www.who.int/health-topics/nutrition>] Erişim tarihi: 21/04/2022
- WHO (2022b). Noncommunicable diseases. Erişim adresi: [https://www.who.int/health-topics/noncommunicable-diseases#tab=tab_1]. Erişim tarihi: 21/04/2022
- WILDERJANS E, LUYTS A, BRIJS K, DELCOUR JA (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science and Technology*, **30**: 6–15.
- WILDERJANS E, LUYTS A, GOESAERT H, BRIJS K, DELCOUR JA (2010). A model approach to starch and protein functionality in a pound cake system. *Food Chemistry*, **120**(1): 44–51.
- YAGI K, MATSUO T (2009). The study on long-term toxicity of D-psicose in rats. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, **45**: 271-277.

- YEŞİLKANAT N (2019). Trabzon Hurması (*Diospyros kaki*) Tozunun Glutensiz Kek Üretiminde Şeker İkamesi Olarak Kullanımı (Yüksek Lisans Tezi). Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- YOSHIDA H, YAMADA M, NISHITANI T, TAKADA G, IZUMORI K, KAMITORI S (2007). Crystal structures of D-tagatose 3-epimerase from *Pseudomonas cichorii* and its complexes with D-tagatose and D-fructose. *J. Mol. Biol.*, **374**: 443–453.
- YOSHIDA H, YOSHIHARA A, SUZUKI T, MORIMOTO K, KAMITORI S (2019). Xray structure of a novel ketose 3-epimerase from *Shinella zoogloeods* which is capable of D-allulose production. *FEBS Open Biol.*, **9**: 257–265.
- YOUSIF EI, GADALLAH MGE, SOROUR A (2012). Physico-chemical and rheological properties of modified corn starches and its effect on noodle quality. *Annals of Agricultural Science*, **57**: 19- 27.
- YÜKSEL GN (2019). Şeker otu (*Stevia rebaudiana*) ve ürünlerinin kek ve kurabiyede şeker yerine kullanılabilirliğinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ZENG Y, ZHANG H, GUAN Y, ZHANG L, SUN Y (2013). Comparative study on the effects of d-psicose and d-fructose in the Maillard reaction with β -lactoglobulin. *Food Science and Biotechnology*, **22**: 341-346.
- ZHANG L, MU W, JIANG B, ZHANG T (2009). Characterization of D-tagatose-3-epimerase from *Rhodobacter sphaeroides* that converts D-fructose into D-psicose. *Biotechnology Letters*, **31**: 857-62.
- ZHANG LT, JIANG B, MU WM, ZHANG T (2008). Characterization of D-tagatose 3-epimerase from *Rhodobacter sphaeroides* SK011. *J. Biotechnol.*, **136**: 726–729.
- ZHU Y, MEN Y, BAI W, LI X, ZHANG L, SUN Y, MA Y (2012). Overexpression of D-psicose 3-epimerase from *Ruminococcus* sp. in *Escherichia coli* and its potential application in D-psicose production. *Biotechnol. Lett.*, **34**: 1901–1906.

EKLER

EK-1: Duyusal Değerlendirme Formu

DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Tarih:

Panelist no:

AÇIKLAMA: Kek örneklerine ait özellikleri aşağıda verilen puan sistemine göre (1-9 arası) değerlendiriniz. (9: Çok iyi, 1: Çok kötü)

	Özellik	Örnek		
		A	B	C
GÖRÜNÜM	Kabuk Görünümü			
	Kabuk Kalınlığı			
	İç görünüm			
	Hacmi (kabarma)			
RENK	İç renk			
	Dış renk			
DOKU	Elastikiyet			
	Gözenek yapısı			
	Sertlik-yumuşaklık			
	Çiğnenebilirlik			
AROMA-LEZZET	Tatlılık-acılık			
GENEL KABUL EDİLEBİLİRLİK				

NOT: Her tadımdan sonra su içiniz.

ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı: Mustafa

Soyadı: ÖZGÜR

Doğum yeri ve tarihi:

Medeni durumu:

Askerlik durumu:

İletişim adresi:

II- Eğitimi

Doktora: Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü,
Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı. (Eylül 2017-.....)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü,
Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı. (Eylül 2014-Temmuz
2017)

Lisans: Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi,
Beslenme ve Diyetetik Bölümü. (Eylül 2009- Haziran 2014)

Lise: Kayseri Necdet Taş Anadolu Lisesi. (2005-2009)

III- Mesleki Deneyimi

Araştırma Görevlisi: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu
Beslenme ve Diyetetik Bölümü (Eylül 2014- ...)

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve
Diyetetik Bölümü (Ekim 2014-2019)

VI- Bilimsel İlgil Alanları

Yayınları

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanmış Makaleler

1. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2021). Yaşa Bağlı Makular Dejenerasyonda Makro Besin Öğeleri ve Kolesterolün Etkisi. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 6(3), 165-170. (Yayın No: 7239155)
2. **Özgür Mustafa**, Yılmaz Şemsi Gül, Uçar Aslı, Yılmaz Serkan (2021). Cytotoxic Effects of Bisphenol A as an Endocrine Disruptor on Human Lymphocytes. Iranian Journal of Toxicology, 15(2), 7-7., Doi: 10.32598/IJT.15.2.753.1 (Yayın No: 6958169)
3. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2020). Üniversitede eğitim gören kız öğrencilerde sosyal medya bağımlılığı ve beden algısı ile beslenme bilgi düzeylerinin karşılaştırılması. Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi, 9(2), 46-54. (Yayın No: 6758243)
4. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2018). Ankara’da Yaşayan Üniversite Öğrencilerinde Besin Bağımlılığı ve Gece Yeme Sendromunun Değerlendirilmesi. Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi, 7(1), 10-21. (Yayın No: 4318603)
5. **Özgür Mustafa**, Yabancı Ayhan Nurcan (2016). Yaşa Bağlı Makular Dejenerasyon ve Beslenme. Sağlık Bilimleri Dergisi, 25(3), 161-164. (Yayın No: 6403551)

Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar

1. Uçar Aslı, **Özgür Mustafa**, Yılmaz Serkan. (2017). Safety of Aspartame, GRIN Verlag, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 59, ISBN:9783668511828, İngilizce(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 3711202)

Yazılan ulusal/uluslararası kitaplardaki bölümler

1. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı. (2020). Egzersiz ve Sporda Beslenme ve Yeme Bozuklukları, Bölüm adı:(Direnç sporcularında miyokinlerin vücut yağ yüzdesine etkisi. Türkiye Klinikleri, Editör:Aktaş N, Ersoy G, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 118, ISBN:978-625-401-209-9, Türkçe (Bilimsel Kitap), (Yayın No: 6814817)

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2021). Some metabolic effects of chemerin and relationship with obesity. Current Perspectives on Health Sciences, 2(1), 7-13. (Kontrol No: 7134588)
2. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2019). Karbonhidrat ve yağ metabolizmasında D-alluloz (D-psikoz). Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3), 188-195. (Kontrol No: 5643028)
3. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2018). Yaşa bağlı makular dejenerasyonu olan hastaların beslenme durumlarının değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 9(1), 20-27. Doi: 10.22312/sdusbed.368758 (Kontrol No: 4228079)

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler

1. Rugji Jerina, Çalışkan Zuhal, Dinçoğlu Ahmet Hulusi, Özgür Elif Büşra, Erol Zeki, **Özgür Mustafa** (2021). D-Alluloz ve beta-glukanın prebiyotik etkisinin bifidobacterium animalis’li peynir altı suyu içeceğinde incelenmesi. 9. Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi, 77-78. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:7454371)
2. Erol Zeki, **Özgür Mustafa**, Dinçoğlu Ahmet Hulusi, Rugji Jerina, Özgür Elif Büşra, Çalışkan Zuhal (2021). Geliştirilen fonksiyonel whey içeceğinin bazı sağlık etkilerinin deney hayvanlarında gösterilmesi. 9. Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi, 76-76. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:7454300)
3. **Özgür Mustafa**, Özgür Elif Büşra, Dinçoğlu Ahmet Hulusi (2021). D- Allulozun (D- Psikoz) prebiyotik etkisi. 4. Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yaşam Kongresi, 117 (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:7046208)
4. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2021). Ultra İşlenmiş Besinlerin Çocuklarda Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Üzerine Etkisi. 4. Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yaşam Kongresi, 1, 697-704. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:7046198)
5. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2021). Kemerinin Metabolik Etkileri Ve Obezite İle İlişkisi. 4. Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yaşam Kongresi, 115 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:7046200)
6. **Özgür Mustafa**, Meriç Çağdaş Salih, Yılmaz Hacı Ömer (2021). Rooibos (Aspalathus linearis) Tea and Some Health Effects. International Congress on Biological and Health Sciences, 330 (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:6974314)
7. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2021). The Effects of Myostatin on Glucose and Lipid Metabolism. International Congress on Biological and Health Sciences, 317 (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:6974306)

8. Meriç Çağdaş Salih, Yılmaz Hacı Ömer, **Özgür Mustafa** (2021). Composition, Food Applications and Health Benefits of Carob (*Ceratonia siliqua* L.). International Congress on Biological and Health Sciences, 321 (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:7046291)
9. Yılmaz Hacı Ömer, **Özgür Mustafa**, Meriç Çağdaş Salih (2021). Gynura Procumbens and Its Health Effects. International Congress on Biological and Health Sciences, 343 (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:7046298)
10. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı (2019). 19-45 yaş arası Bireylerin Beslenme Alışkanlıklarının Uyku Kalitesi ile İlişkisi. II. Uluslararası Sağlıklı Beslenme Kongresi, 881-893. (Tam Metin Bildiri/Poster)(Yayın No:5643722)
11. **Özgür Mustafa**, Uçar Aslı, Ölçücü Berdan Muhammed (2019). Kronik ve Akut Böbrek Yetmezliği Olan Hastalarda Biyokimyasal Parametrelerin Değerlendirilmesi. II. Uluslararası Sağlıklı Beslenme Kongresi, 340-341. (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5644266)
12. Duman Emre, **Özgür Mustafa** (2018). Ağız Diş Sağlığı Problemi Olan Bireylerin Şekerli İçecek Tüketimlerinin ve Bazı Antropometrik Ölçümlerinin Değerlendirilmesi. I. Uluslararası Spor, Antropoloji, Beslenme, Anatomi ve Radyoloji Kongresi (SANAR2018), 583-584. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4288557)
13. Alptekin İsmail Mücahit, **Özgür Mustafa** (2018). Gastrointestinal Sistem Sinyalizasyonu: Alfa-Gustducin. 1st International Congress on Sports, Anthropology, Nutrition, Anatomy and Radiology (SANAR2018) (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4294565)
14. Alptekin İsmail Mücahit, **Özgür Mustafa**, Keser Alev (2018). Marketlerde Satılan Patates ve Mısır Cipslerinin Toplam Yağ Miktarının Saptanması. 1st International

Congress on Sports, Anthropology, Nutrition, Anatomy and Radiology, 640-641.
(Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4297913)

15. Özgür Mustafa, Uçar Aslı (2018). The Relationship of Some Risk Factors and BMI in Patients with Age Related Macular Degeneration. International Congresson Multidisciplinary Approach to 2 Elderly Health and Care, 64-64. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4204769)

16. Özdoğan Yahya, Uçar Aslı, **Özgür Mustafa** (2016). Simav yöresinin vazgeçilmezi ev baklavası. International Academic Research Congress, 3991-3996. (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:3012573)

17. Özgür Mustafa, Uçar Aslı, Yılmaz Mustafa Volkan (2016). Üniversite öğrencilerinin kahvaltı yapma alışkanlıklarının BKİ'ye etkisi. International Academic Research Congress, 1758-1765. (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:3012535)

18. Öğren Gül, Dinçoğlu Ahmet Hulusi, **Özgür Mustafa** (2016). The effect of persistent organic pollutants pops on pregnant woman and postnatal term babies. World Congress on Public Health and Nutrition, 6(1), 118. Doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0711.C1.019> (Tam Metin Bildiri/Poster)(Yayın No:2602075)

19. Özgür Mustafa, Uçar Aslı (2016). Attitudes of college students regarding food additives. World Congress on Public Health And Nutrition, 6(1), 104. Doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0711.C1.019> (/)(Yayın No:2602069)

20. Canbolat Eren, Alptekin İsmail Mücahit, **Özgür Mustafa**, Çakıroğlu Funda Pınar (2015). Kadınlarda obezite ile fiziksel aktivite ve diyet bileşenleri ilişkisi. Obeziteye Multidisipliner Yaklaşım Kongresi (Tam Metin Bildiri/Poster)(Yayın No:1675260)