

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİ VE FARKLI YAĞ
TÜRLERİ KULLANIMININ PATATESLERİN
TAHMİNİ GLİSEMİK İNDEKS DEĞERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

Dyt. Feyza KAYA

**Toplu Beslenme Sistemleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ANKARA

2024

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİ VE FARKLI YAĞ TÜRLERİ
KULLANIMININ PATATESLERİN
TAHMİNİ GLİSEMİK İNDEKS DEĞERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Dyt. Feyza KAYA

**Toplu Beslenme Sistemleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN**

**ANKARA
2024**

**FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİ VE FARKLI YAĞ TÜRLERİ KULLANIMININ
PATATESLERİN TAHMİNİ GLİSEMİK İNDEKS DEĞERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Öğrenci: Feyza Kaya

Danışman: Doç. Dr. Mercan Merve Tengilimoğlu Metin

Bu tez çalışması 02.01.2024 tarihinde jürimiz tarafından "Toplu Beslenme Sistemleri Programı" nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: *Prof.Dr.Gül Kızıltan*
(Başkent Üniversitesi)

Tez Danışmanı: *Doç.Dr.Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN*
(Hacettepe Üniversitesi)

Üye: *Prof.Dr.Zehra BÜYÜKTUNCER DEMİREL*
(Hacettepe Üniversitesi)

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Müge YEMİŐCİ ÖZKAN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

02 /01/2024

Feyza KAYA

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.**
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir. * Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

* Tez **danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.**

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Dyt. Feyza KAYA

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde hiçbir bilgisini ve desteğini esirgemeyen, değerli katkıları ile bana yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN'e,

Yüksek lisans eğitim sürecimin her aşamasında bana katkı sağlayan değerli hocalarıma,

Tez çalışmamın hiçbir aşamasında desteklerini esirmeden yol gösteren, nişasta türlerinin tayini ve eGI tayinin yapılmasında katkı sağlayan ve çok değerli hocam Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde görev yapan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Berat Aytül HAMZALIOĞLU'na,

Hiçbir zaman manevi desteğini esirmeyen ve laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan arkadaşım Aylin İŞLER'e,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında vermiş olduğu katkılar ve yardımları nedeniyle Namık YİĞİT'e,

Çalışmalarım sırasında manevi desteklerini esirmeyen, bana gösterdikleri inanç ile ışık olan değerli hocam Prof. Dr. Mendane SAKA'ya ve sevgili aileme

Teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Bap Koordinasyon Birimi (proje Numarası: THD-19904-2022) tarafından desteklenmiştir.

Ayrıca yüksek lisans öğrencisi, Nisan 2021 tarihinden itibaren TUBİTAK BİDEB 2210-A Genel Yurt İçi Yüksek Lisans Eğitim Bursu almıştır.

ÖZET

Kaya F., Farklı Pişirme Yöntemleri ve Farklı Yağ Türleri Kullanımının Patateslerin Tahmini Glisemik İndeks Değeri Üzerine Etkisi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Toplu Beslenme Sistemleri Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2024. Gıda ve Tarım Örgütü/ Dünya Sağlık Örgütü (FAO/WHO) Uzman Danışma Kurulu, sağlığın korunması ve çeşitli hastalıkların tedavisi için karbonhidrat içeren besinlerin seçiminde glisemik indeks (Gİ) kavramının yararlı bir araç olduğunu belirtmektedir. Besinlerin Gİ değeri, besinin botanik kökeninin yanı sıra farklı pişirme ve hazırlama yöntemlerinden etkilenmektedir. Patates, dünya çapında en önemli karbonhidrat kaynaklarından biridir. Yüksek miktarda kızarmış besinlerin tüketimi olumsuz sağlık sonuçları ile ilişkilendirilmektedir. Alternatif pişirme yöntemleri ve farklı yağ türleri kullanılarak hazırlanan patateslerin Gİ değerine dair yeterli kanıt bulunmamaktadır. Bu çalışmada, farklı pişirme yöntemleri ve farklı yağ türleri kullanımının patatesin Gİ değeri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Patatesler, ayçiçek yağı (AY), kanola yağı (KY), zeytinyağı (ZY), tereyağı (TY) kullanılarak derin yağda kızartılarak (190°C'de 12dk), airfryer (200°C'de 30 dk) ve fırında pişirilerek (180°C'de 30 dk) hazırlanmıştır. Trigliseritlerin hidrolize olabilmesi nedeniyle derin yağda kızartılan örneklerde tereyağı kullanılmamıştır. Pişmiş patateslerin nişasta türleri (hızlı sindirilen nişasta (HSN), yavaş sindirilen nişasta (YSN), toplam sindirilebilir nişasta (TSN), dirençli nişasta (DN), toplam nişasta (TN)) ve tahmini Gİ (eGI) değeri değerlendirilmiştir. AY, KY, ZY ile derin yağda kızartılan patateslerin glukozaya göre eGI değerleri sırası ile 65,37; 65,53; 68,92 olarak saptanmıştır (p=0,124). AY, KY, ZY, TY ile airfryer ile pişirilen örneklerin glukozaya göre eGI değerleri sırası ile 59,91; 67,24; 65,67; 66,91 olarak saptanmıştır (p=0,009). AY, KY, ZY, TY ile fırında pişirilen patateslerin glukozaya göre eGI değerleri sırası ile 63,47; 70,00; 72,64; 74,96 olarak saptanmıştır (p=0,000). Airfryer ile ve fırında pişirilen örnekler içerisinde ayçiçek yağı kullanılan patateslerin diğer yağ türlerine kıyasla daha düşük eGI değerine sahip olduğu saptanmıştır (p<0,05). KY hariç diğer yağ türleri kullanıldığında, airfryer ile pişirme diğer pişirme yöntemlerine kıyasla daha düşük eGI değeri ile sonuçlanmıştır (p<0,05). Örneklerdeki HSN, YSN ve DN içeriklerinin derin yağda kızartılan patateslerde sırayla %50,02-64,32; %4,05-17,33; %1,49-2,45; airfryer ile pişirilen patateslerde sırayla %49,15-61,81; %4,38-18,79; %1,83-3,08; fırında pişirilen patateslerde sırayla %51,07-66,05; %1,38-14,43; %0,81-2,39 arasında değiştiği tespit edilmiştir (p<0,05). Test besinlerinin eGI değerlerinin HSN ile pozitif ilişkili, YSN ve DN içeriği ile negatif ilişkili olduğu saptanmıştır (p<0,05). Tüm test besinleri kıyaslandığında, en düşük eGI değeri AY ilave edilerek airfryer ile pişirilen patateslerde ve en yüksek eGI değeri TY ilave edilerek fırınlanan patateslerde gözlemlenmiştir. AY ilave edilerek airfryer ile pişirilen ve TY ilave edilerek fırınlanan patateslerin eGI değerleri arasında 15 birimlik fark saptanmıştır. Düşük Gİ'li diyetlerde kızarmış patates hazırlığında yağ türü olarak ayçiçek yağı ilavesi ve airfryer ile pişirme önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: airfryer, glisemik indeks, patates, pişirme yöntemi, yağ ilavesi

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Bap Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: THD-19904-2022).

ABSTRACT

Kaya F., The Effect of Different Cooking Methods and Use of Different Fat Types on the Estimated Glycemic Index Value of Potatoes, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Food Service Systems Programme M.Sc. Thesis, Ankara, 2024. Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO) Expert Advisory states that the concept of glycemic index (GI) is a useful tool for selecting carbohydrate-containing foods to maintain health and treat various diseases. The GI value of foods is affected by different cooking and preparation methods as well as the botanical origin of the food. Potatoes are one of the most important sources of carbohydrates worldwide. High consumption of fried foods is associated with negative health outcomes. There is not enough evidence regarding the GI value of potatoes prepared with the alternative methods and by added to different types of oil. This study aimed to investigate the effect of using different cooking methods and different fat types on the GI value of potatoes. The potatoes were prepared by deep-fried (12 min at 190°C), cooked with an airfryer (30 min at 200°C) and baked in an oven (30 min at 180°C), using sunflower oil (SO), canola oil (CL), olive oil (OO), and butter (B). Butter was not used in deep-fried samples due to the hydrolysis of triglycerides. Starch types (rapid digestible starch (RDS), slow digestible starch (SDS), total digestible starch (TDS), resistant starch (RS), total starch (TS)) and estimated GI (eGI) of cooked potatoes were evaluated. The according to glucose eGI values of the samples deep-fried with SO, CO, OO were respectively 65,37; 65,53; 68,92 (p=0,124). The according to glucose eGI values of the samples air fried with SO, CO, OO, B were respectively 59,91; 67,24; 65,67; 66,91 (p=0,009). The according to glucose eGI values of the samples baked with SO, CO, OO, B were respectively 63,47; 70,00; 72,64; 74,96 (p=0,000). It was determined that the potatoes using sunflower oil had a lower eGI value compared to other oil types in the air fried and oven-baked samples (p<0.05). When other oil types except CO were used, air frying resulted in lower eGI values compared to other cooking methods (p<0.05). It was found that the RDS, SDS and RS contents of the samples were between 50,02-64,32%, 4,05-17,33%, 1,49-2,45% in deep-fried potatoes; 49,15-61,81%, 4,38-18,79%, 1,83-3,08% in potatoes cooked with airfryer; 51,07-66,05%, 1,38-14,43%, 0,81-2,39% in oven-baked potatoes, respectively (p<0,05). It was determined that the eGI values of the test foods significantly correlated with positively the RDS content, and negatively the SDS and RS contents (p<0.05). When all test foods were compared, the lowest eGI value was observed in potatoes cooked with an airfryer by adding SO, and the highest eGI value was observed in potatoes baked by adding B. A difference of 15 units was detected between the eGI values of potatoes cooked in an airfryer with the addition of SO and those baked in the oven with the addition of B. In low GI diets, adding sunflower oil as the oil type and cooking with an airfryer may be recommended when preparing fried potatoes.

Key words: airfryer, glycemic index, potatoes, cooking method, fat addition

Supported by Hacettepe University Scientific Research Projects (BAP) Coordination Unit (Project Number: THD-19904-2022).

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN SAYFASI	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgi ve Kapsam	1
1.2. Amaç ve Varsayım	2
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Patates	4
2.1.1. Besinsel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkisi	5
2.1.2. Tüketim Öncesi Patatese Uygulanan İşlemler	7
2.2. Nişasta	9
2.2.1. Patates Nişastasının Genel Özellikleri	12
2.2.2. Pişirmenin Nişasta Üzerindeki Etkisi	12
2.2.3. Nişastanın Sindirilebilirliği ve Sağlık Üzerine Etkisi	14
2.2.4. Amiloz-Lipid Kompleksinin Oluşumu ve Sindirilebilirliği	18
2.2.5. Tüketimden Önce Besine Uygulanan Pişirme ve Diğer İşlemlerin Nişasta Sindirimine Etkisi	21
2.3. Glisemik indeks	23
2.3.1. Glisemik İndeks ve Sağlık Sonuçları	25
2.3.2. Glisemik İndeksi Etkileyen Faktörler	27
2.3.3. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Patatesin Glisemik İndeks Değerine Etkisi	34
2.3.4. İlave Edilen Yağın Besinin Glisemik İndeks Değerine Etkisi	35

3. GEREÇ VE YÖNTEM	36
3.1. Materyal	36
3.2. Kimyasallar	36
3.3. Örneklerin Hazırlanması ve Pişirme süreci	36
3.4. Analizler	40
3.4.1. Proksimet Tayini	40
3.4.2. Nişasta Tayini	40
3.4.3. Nişasta Hidrolizi ve Tahmini Glisemik İndeks (eGI) Tayini	40
3.4.4. Patateslerin Tahmini Yağ Asidi Kompozisyon İçeriklerinin Hesaplanması	41
3.5. Verilerin İstatistiksel Değerlendirmesi	41
4. BULGULAR	43
4.1. Pişmiş Patateslerin Proksimet İçerikleri	43
4.2. Pişmiş Patateslerin Nişasta İçerikleri	44
4.3. Pişmiş Patateslerin Nişasta Hidrolizi ve Tahmini Glisemik İndeksi	48
4.4. Patateslere İlave Edilen Yağların Tahmini Yağ Asidi Kompozisyonu ile Nişasta Türleri ve eGI Arasındaki İlişki	54
5. TARTIŞMA	55
5.1. Pişmiş Patateslerin Proksimet İçerikleri	55
5.2. Pişmiş Patateslerin Nişasta Fraksiyonları ve Tahmini Glisemik İndeksi	56
5.3. Pişmiş Patateslerin Nişasta Fraksiyonları ve Tahmini Glisemik İndeksinde İlave Edilen Yağların Yağ Asidi Kompozisyonunun Etkisi	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
6.1. Sonuçlar	67
6.2. Öneriler	69
7. KAYNAKLAR	70
8. EKLER	
EK-1: Analizler	
EK-2: Çalışmada Kullanılan Yağların Yağ Asidi Kompozisyonu	
EK-3: Pişirme Yöntemlerinin Belirlenmesi ve Pimiş Çubuk Patateslerin Ağırlık ve Nem Miktarının Değişimi	

EK-4: Farklı Pişirme Yöntemleri ile Pişirilen Patateslerde İlave Edilen Farklı Yağ Türlerinin Zamana Bağlı Toplam Nişasta Hidrolizine Etkisi

EK-5: Farklı Yağ Türleri İlave Edilerek Pişirilen Patateslerde Pişirme Yöntemlerinin Zamana Bağlı Toplam Nişasta Hidrolizine Etkisi

EK-6: Tez Çalışması Orijinallik Raporu

9. ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER ve KISALTMALAR

ALK	Amiloz-Lipid Kompleksi
AMG	Amiloglukosidaz
AOAC	Resmi Tarımsal Kimyagerler Derneği (Association of Official Agricultural Chemists) (AOAC International)
AY	Ayçiçek Yağı
ALA	α -linolenik asit
ANOVA	Tek Yönlü Varyans Analizi
ÇDYA	Çoklu Doymamış Yağ Asidi
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (Differential Scanning Calorimetry)
DN	Dirençli Nişasta
EPIC	Avrupa Prospektif Kanser ve Beslenme Araştırması (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition)
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)
GI	Glisemik İndeks
eGI	Tahmini Glisemik İndeks
eGI (ekmek)	Ekmeğe Göre Tahmini Glisemik İndeks
eGI (glukoz)	Glukoza Göre Tahmini Glisemik İndeks
GLP-1	Glukagon Benzeri Peptid-1(Glucagon Like Peptide-1)
GOPOD	Glikoz Oksidaz/Peroksidaz
GY	Glisemik Yük
HbA1	Glikozile Hemoglobin
HI	Hidroliz İndeksi (Hydrolysis Index)
HI90	Besinin 90. Dakikadaki Hidroliz İndeksi
HSN	Hızlı Sindirilen Nişasta
IAUC	Kan Şekeri Yanıt Eğrisi Altındaki Artan Alan (Incremental Area Under the Curve)

ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization)
JECFA	Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)
KVH	Kardiyovasküler Hastalık
KY	Kanola Yağı
MCT	Orta Zincirli Yağ Asidi
MRÜ	Maillard Reaksiyon Ürünleri
PAA/AMG	Pankreatik α -amilaz/amiloglukosidaz
RDA	Diyetle Alınması Öngörülen Miktar (Recommended Dietary Allowance)
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscopy)
SN	Sindirilebilir nişasta
T2DM	Tip 2 Diabetes Mellitus
TBSA	Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması
TSN	Toplam Sindirilebilir Nişasta
TN	Toplam Nişasta
TDYA	Tekli Doymamış Yağ Asidi
TY	Tereyağı
USDA	ABD Tarım Bakanlığı (US Department of Agriculture)
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
XRD	X Işını Kırınımı (X-ray Diffraction)
YSN	Hızlı Sindirilen Nişasta
ZY	Zeytinyağı

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Nişasta granülünün hiyerarşik yapısı	11
3.1.	Ayçiçek yağı kullanılarak farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin görüntüleri	37
4.1.	Farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen patateslerde ilave edilen farklı yağ türlerinin zamana bağlı toplam nişasta hidrolizine etkisi	52
4.2.	Farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen patateslerde pişirme yöntemlerinin zamana bağlı toplam nişasta hidrolizine etkisi	53

TABLULAR

Tablo		Sayfa
2.1.	Patatesin 100 gramı için enerji ve besin ögesi bileşimi	6
2.2.	Dirençli nişasta türlerinin sınıflandırılması	17
2.3.	Bazı karbonhidratların ve karbonhidrat kaynaklarının GI değeri	28
3.1.	Farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin renk değerleri	38
3.2.	Farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin hazırlanması	39
4.1.	Pişmiş patateslerin proksimet değerleri	43
4.2.	Farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen patateslerde ilave edilen farklı yağ türlerinin nişasta fraksiyonları üzerine etkisi	46
4.3.	Farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen patateslerde pişirme yöntemlerinin nişasta fraksiyonları üzerine etkisi	46
4.4.	Farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen patateslerde ilave edilen farklı yağ türlerinin glisemik indeks değeri üzerine etkisi	47
4.5.	Farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen patateslerde pişirme yöntemlerinin glisemik indeks değeri üzerine etkisi	51
4.6.	Patateslere ilave edilen yağların tahmini yağ asidi kompozisyonu ile nişasta türleri ve eGI arasındaki ilişki	54

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgi ve Kapsam

Patates, dünya çapında mısır buğday ve pirinçten sonra en önemli karbonhidrat kaynağıdır (1). Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA) 2019 verilerine göre, 15 yaş ve üzerindeki bireyler günde 38,7 gram patates tüketmektedir. Türkiye genelinde bireylerin %29.6'sı haftada 1-2 kez, %22.5'i haftada 3-4 kez patates kızartması tüketmektedir (2). Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), verimliliği ve besin değeri sebebiyle 2008 yılını patates yılı ilan etmiş ve gıda güvencesi kapsamında "geleceğin gıdası" olarak nitelendirmiştir (3). Lezzetli, doyurucu ve pişirme kolaylığına sahip olmasının yanı sıra, uygun fiyatlı ve yıl boyunca kolayca bulunabilir bir besin olması, patatesi dünyadaki en önemli besinlerden biri haline getirmiştir (4, 5). Patates, nişastaca zengin bir sebze olduğundan diyetin önemli bir karbonhidrat kaynağı olarak kabul edilir (4). Bunun yanı sıra lif, birçok vitamin ve mineral, karotenoidler ve fenolikleri barındırmaktadır (5). Patatesin insan sağlığına potansiyel etkileri, patates türü; uygulanan pişirme yöntemi, saklama koşulları ve birlikte tüketilen besinlerden etkilenmektedir (4). Patates temel besin maddesi olarak önemli olsa da, patates kızartması gibi bazı ısıl işlemde geçen formları ve yüksek tüketim miktarları sağlık açısından endişe yaratmaktadır (5-7). Patates kızartması akrilamid gibi sağlık üzerine zararlı bileşikler ve yüksek miktarda yağ içermektedir (4). Patates kızartması tüketimi, obezite, tip II diyabet (T2DM), kardiyovasküler hastalıklar (KVH) gibi hastalıklarla ve ölüm oranında artışla ilişkilendirilmektedir (8, 9). Bu nedenle kızartma yöntemine alternatif patates pişirme yöntemleri, güncel çalışmaların konusu olmuştur (6).

1997 yılında FAO/WHO (Gıda ve Tarım Örgütü/ Dünya Sağlık Örgütü) Uzman Danışma Kurulu, sağlığın korunması ve çeşitli hastalıkların tedavisi için uygun karbonhidrat içeren besinlerin seçiminde glisemik indeks (Gİ) kavramının yararlı bir araç olduğunu belirtmiştir (10). Kanada Diyabet Birliği (11), Birleşik Krallık Diyabet Komitesi (12) ve Diyabet Diyetisyenliği Derneği (13), T2DM ve gestasyonel diyabetin tıbbi beslenme tedavisi kapsamında düşük Gİ değerine sahip karbonhidrat kaynaklarının yüksek Gİ değerine sahip olanlarla değiştirilmesini önermektedir. Ancak düşük Gİ değerine sahip bazı besinlerin yüksek miktarda yağ içeriği nedeniyle tüketimi iyi bir seçim olmayabilir (10). Diğer yandan, besine yağ ilavesi öğün sonrası

glisemik yanıtın ve besinin Gİ değerinin azalmasına ve bununla ilişkilendirilen nişasta sindirim parametrelerinde değişime neden olabilir. İlave edilen yağ türü ise bu değişimin miktarını etkileyebilmektedir (14-16). Ancak besine ilave edilen yağ türünün etkisini araştıran çalışmaların sonuçları karmaşıktır (16, 17).

Pişirme yöntemlerinin patatesin Gİ değeri ve bununla ilişkilendirilen nişasta sindirim parametreleri üzerine etkisi olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (18-23). Yapılan çalışmalarda, derin yağda kızartma yöntemi ile pişirilen patateslerin Gİ değerinin haşlama ve fırınlama gibi diğer pişirme yöntemlerine kıyasla daha düşük olduğu gösterilmiştir (18, 21). Mevcut literatüre göre airfryer ile kızartılan patateslerin Gİ değeri bilinmemektedir. Yağ ilave edilerek fırınlanan patatesin Gİ değerinin tanımlandığı yalnızca bir çalışma bulunmakta olup (20) fırınlanan patateslerin ilave edilen yağ türünün etkisi çalışılmamıştır.

Derin yağda kızartılan, yağ ilave edilerek airfryer ile ve fırında pişirilen patateslerde pişirme aracının ve yağ türünün Gİ değerine etkisini kıyaslayan bir veri bulunmamaktadır. Bu nedenle, mevcut çalışmanın gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

1.2. Amaç ve Varsayım

Bu çalışmanın amacı, farklı yağ türleri ve farklı pişirme yöntemleri ile hazırlanan patateslerin tahmini *in vitro* Gİ değerleri ve nişasta fraksiyonları oluşumlarının belirlenmesi ve karşılaştırmalarının yapılmasıdır.

Bu çalışmanın hipotezleri:

1. Yağ ilave edilerek derin yağda kızartma, airfryer ile kızartma ve fırınlama yöntemleriyle pişirilen patateslerin *in vitro* Gİ değeri, uygulanan pişirme yöntemlerine göre farklıdır.
2. Yağ ilave edilerek derin yağda kızartma, airfryer ile kızartma ve fırınlama yöntemleriyle pişirilen patateslerin nişasta türlerinin miktarı, uygulanan pişirme yöntemlerine göre farklıdır.
3. Farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen patateslerin *in vitro* Gİ değeri, ilave edilen yağdaki yağ asitlerinin doymuşluğuna göre farklıdır.

4. Farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen patateslerin nişasta türlerinin miktarı, ilave edilen yağdaki yağ asitlerinin doymuşluğuna göre farklıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Patates

Kökeni Güney Amerika olan patates (*Solanum tuberosum* L.), Solanaceae (patlıcangiller) familyasına ait olan tek yıllık bir kültür bitkisidir (5, 24). Son 5 yüzyılda Avrupa, Afrika ve Asya'ya yayılmıştır ve şu anda 160'tan fazla ülkede yetiştirilmektedir (25). Türkiye'de ise ilk kez on dokuzuncu yüzyıl sonlarında kültüre alındığı bilinmektedir (24). Dünya çapında yaklaşık 5000 patates çeşidi olup, popüler olgun patates çeşitleri için Russet Burbank, White Rose ve Katahdin; olgunlaşmadan hasat edilen yeni patates çeşitleri için Red LeSoda ve Red Pontiac türleri örnek olarak gösterilebilir. Mor-gri kabuklu ve koyu menekşe rengi ete sahip başka çeşitlerin de bulunması ile birlikte, çeşitlilik coğrafi bölgelere göre değişmektedir (5). Türkiye'deki ticari üretimde kullanılan yerli bir çeşit bulunmamakta olup, başta Hollanda olmak üzere Almanya, Fransa, İngiltere ve ABD'de ıslah edilmiş çeşitler kullanılmaktadır (26). Ancak günümüzde Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından tescillenmiş Onaran 2015, Nam, Leventbey, Fatih, Ünlünen, Çağlı, Muratbey gibi yerli çeşitler de bulunmakta olup tohumluk üretimi ve sertifikasyon çalışmaları devam etmektedir (27).

Patates, daha sert iklimlerde diğer mahsullere göre daha verimli ve daha besleyici gıda üretimini mümkün kılmaktadır. Bunun yanı sıra, birçok mahsule göre daha düşük karbon ve su ayak izine sahiptir ve kilogram (kg) başına üretilen mahsul için daha az arazi gerektirmektedir. Enerjiden zengin ve besleyici bir besin olduğu göz önüne alındığında, artan dünya nüfusunun beslenmesinde gıda güvencesi açısından önemli bir rolü olacağı düşünülmektedir. Patates, kaliteli bir nişasta kaynağı olması, düşük üretim maliyetleri ve birçok tüketim şekline sahip olması sebebiyle dünyadaki en popüler sebzelerden biridir (28). Patates, doğrudan ve işlenerek mutfaklarda tüketildiği gibi; lezzet artırıcı ve bayatlamayı geciktirici olarak ekmek ununa belirli oranda eklenmekte; yüksek oranda nişasta kullanılan endüstrilerde hammadde (un, nişasta, alkol gibi) olarak ve bir kısmı da hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (26). Dünyada patates arzı yaklaşık 88 gram/gün ve Türkiye'de 128 gram/gündür (29). Tüketim miktarı bölgelere göre farklılık göstermekte olup, bazı bölgelerde bir öğünde tek başına besin olarak büyük miktarlarda tüketilebilmektedir (30). Ayrıca daha genç

nüfusun, eğitim düzeyi daha yüksek olan bireylerin ve gelir düzeyi daha yüksek olan toplumların daha az sofralık patates tükettiği bilinmektedir (28). Ancak, bölgelerin patates tüketimi zamana bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin FAO, 1961-2013 yılları arasında Avrupa'da patates tüketimi istikrarlı bir şekilde azalırken, Afrika ve Asya'da belirgin bir artış olduğunu bildirmiştir (31).

2.1.1. Besinsel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkisi

Patatesin besin bileşimi, çeşitlilik, hasat öncesi (çevre, kültürel uygulamalar, olgunluk, biyotik ve abiyotik stres) ve hasat sonrası (işleme, depolama, nakliye) koşullardan etkilenmektedir (7, 30). Tablo 2.1.'de patatesin enerji içeriği ve besin ögesi bileşimi gösterilmiştir. 100 gram haşlanmış patates 68 kkal enerjiye sahiptir ve ortalama bir yetişkinin enerji ihtiyacının yaklaşık %4-6'sına katkıda bulunmaktadır (30, 32). Patateslerin enerjiden yoğun bir besin olarak kabul edilmesinin nedeni, kuru ağırlığının yaklaşık %75'ini oluşturan ve toplam enerjisinin %90'ına katkıda bulunan karbonhidrat içeriğine sahip olması ve genellikle patates hazırlama sırasında yağ gibi enerji kaynaklarının eklenmesidir (25). Patatesin karbonhidrat içeriğinin büyük bir kısmı nişastadan oluşmakla birlikte, basit şekerler ve lif içermektedir (33). Avrupa Prospektif Kanseri ve Beslenme Araştırması (EPIC) verilerine göre, Avrupa ülkelerinde patates tüketimi ile sağlanan nişasta, günlük enerji alımının %7-20'sini oluşturmaktadır (34). Patates eti, diğer karbonhidrat kaynaklarına kıyasla genellikle daha az lif içermekte (%1-2) olup; kabuğu liften zengindir. Bu nedenle, kabuğu ile tüketilirse iyi bir lif kaynağı olduğu bilinmektedir (35). İşlenmemiş patatesin yağ miktarı yaklaşık %0,23 iken, derin yağda kızarmış patatesin enerjisinin yarısından fazlası yağdan sağlanmaktadır (25, 32). Patatesin yağ içeriği başlıca fosfolipidler, galaktolipidler ve nötral lipidlerden oluşmakta; yapısındaki yağ asitlerinin çoğunluğunu linoleik asit ve α -linolenik asit oluşturmaktadır (30). Patatesin protein içeriği değişkenlik göstermekle birlikte (1-2,1 g/100 g), USDA (ABD Tarım Bakanlığı) veri tabanına göre 1,48 g/100 g protein içermektedir (25, 30, 32). Protein içeriği mısır ve fasulye gibi temel mahsullere göre daha düşük olsa da sindirilebilirliği ve elzem aminoasitleri içermesi nedeniyle biyolojik değeri daha yüksektir. Çeşitlilikten etkilenmekle birlikte patates proteinlerinin biyolojik değeri 90 ile 100 arasındadır (30). Başlıca patatinler, proteaz inhibitörleri, diğer protein ve peptidleri

içermektedir. Patatinlerin, antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve DNA'daki radikallerin neden olduğu hasarı engellediği bilinmektedir. Patates proteinlerinin %50'sini oluşturan proteaz inhibitörleri antinutrient olarak kabul edilse de antikanser ve antiobezite aktivitesine sahip olduğu ve kolesistokinin salınımını uyararak tokluk hissini artırdığı bilinmektedir. Patatesin yapısındaki peptidler ise antikanser, antiobezite, antihiperlipidemik, antibiyotik aktivite göstermektedir (36).

Patates, C vitamini, B6 vitamini, magnezum ve potasyumdan zengindir. 100 gram patates, önerilen günlük C vitamini alım miktarının (RDA) %10'unu sağlamaktadır. Ayrıca, diğer B grubu vitaminler, karotenoidler ve fenolik bileşikler içermektedir (5).

Tablo 2.1. Patatesin 100 gramı için enerji ve besin ögesi bileşimi (Değerler, USDA (32) ve TürKomp (37)'dan alınmıştır).

Bileşen	Ortalama Değer	Bileşen	Ortalama Değer
Enerji (kkal)	68,00	Potasyum (mg)	417,00
Su (g)	81,68	Sodyum (mg)	5,00
Toplam karbonhidrat (g)	14,37	Çinko	0,29
Protein (g)	1,48	Bakır (mg)	0,10
Yağ (g)	0,23	Manganez (mg)	0,15
Kül (g)	0,80	Selenyum (µg)	0,40
Toplam diyet lifi (g)	1,44	C vitamini (mg)	5,70
Suda çözünür lif (g)	0,38	Tiamin (mg)	0,08
Suda çözünmeyen diyet lifi (g)	1,06	Riboflavin (mg)	0,03
Nişasta (g)	11,62	Niasin (mg)	1,04
Sindirilebilir karbonhidrat (g)	12,93	Pantotenik asit (mg)	0,30
Sükroz (g)	0,17	B6 vitamini (mg)	0,34
Glukoz (g)	0,35	Folat (µg)	14,00
Fruktoz (g)	0,27	Beta-karoten (µg)	73,00
Kalsiyum (mg)	13,00	Vitamin A, IU	1,00
Demir (mg)	0,86	Lutein (µg)	44,00
Magnezyum (mg)	23,00	E vitamini (mg)	0,01
Fosfor (mg)	55,00	K vitamini (µg)	1.80

Patateste bulunan C vitamini, karotenoidler, polifenoller ve bazı mineraller antioksidan savunma sistemine katkıda bulunmaktadır (5). Bu antioksidanlar, bazı kanserler, KVH ve T2DM dahil olmak üzere yaşa bağlı kronik hastalıkların

başlangıcını yavaşlatabilir (35). Sarı etli patateslerde yüksek seviyelerde lutein ve zeaksantin bulunduğundan dejeneratif ve yaşa bağlı hastalıkların önlenmesine katkıda bulunabilecek bir antioksidan kaynağı olduğu rapor edilmiştir (30). Bu antioksidanların yanı sıra, yüksek dozlarda toksik etkiye sahip, fakat düşük dozlarda antikanser etkisi bulunan glikoalkaloidlerden olan solanin ve kanoninin diyetdeki ana kaynağıdır. Patatesteki glikoalkaloidlerin çoğu patatesin kabuğunda bulunmakta ve pişirmeyle yok olmamaktadır (38, 39). Mekanik hasar, güneş ışığı, filizlenme, depolama gibi faktörler patatesteki glikoalkaloid seviyesini artırmaktadır. Uygun şekilde yetiştirilip saklanan patateslerde glikoalkoloid seviyesi 20-100 mg/kg'dir. JECFA (Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi), yüksek miktarda tüketilmedikçe bu seviyelerin endişe oluşturmadığını belirtmiştir (39). Sağlık endişesi oluşturmayan düzeylerin, antikanser aktivite göstermek için yeterli olabileceği rapor edilmiştir (38).

2.1.2. Tüketim Öncesi Patatese Uygulanan İşlemler

Patatesler, sezon dışında da tüketilebilmesi açısından hasattan kullanıma kadar geçen süreçte depolanmalıdır. Depolama koşulları, solanin oluşumuyla ilişkili olan yeşillenmeyi, ağırlık ve kalite kayıplarını önlemeyi amaçlar. Patateslerin, yüksek bağıl nemin (%85-90) olduğu, karanlık, iyi havalandırılan bir ortamda, 6-8°C sıcaklıkta tutulması gerekmektedir (3). Uygun depolama yapılmadığı zaman, glikoalkoloid düzeyi güvenli olduğu öngörülen aralığı aşabilir ve yumruda indirgen şekerler birikerek pişirme sırasında daha fazla akrilamid oluşumu ve kararma ile sonuçlanabilir. Patates tüketilmeden önce soyma, kesme ve pişirme gibi bir dizi işlemden geçmektedir (33). Bu işlemler, patatesin besin bileşimini etkilemektedir. Örneğin, patatesin etinden ziyade kabuğu liften zengindir; bu nedenle soyma işlemi lif içeriğini önemli ölçüde azaltmaktadır (25, 35). Geleneksel ve en popüler patates pişirme yöntemleri, kaynatma, buharda pişirme, kızartma ve fırınlamayı içerir (33, 40). Bunun yanı sıra, mikrodalga fırında, airfryer, sous-vide yöntemleri ile pişirme de kullanılmaktadır (6, 41). Patateslerin fiziksel ve duyuşsal özellikleri ısı işlemlerden büyük ölçüde etkilenir. Doku ve renk, pişmiş patatesin kalitesinde önemli parametreler olarak kabul edilir. Bu parametreler, bireylerin patates tüketim şeklini belirleyebilir (40).

Uygulanan pişirme yöntemleri, farklı ısı transfer davranışları göstermektedir. Kızartmada yağ ve kaynatmada sıvı aracılığıyla konveksiyonla ısı transferi gerçekleşir; fırınlama yönteminde ise iletim, nemli hava ile konveksiyon ve fırın duvarından ışıma ile gerçekleşmektedir (42). Pişirme besinde nem kaybına neden olmaktadır. Çalışmalarda kaynatmanın en düşük, fırınlama ve mikrodalga fırında pişirmenin en yüksek nem kaybına neden olduğu gösterilmiştir (42, 43). Pişirme ile patates nişastasının sindirilebilirliği artmakta, genellikle C ve B6 vitaminleri önemli ölçüde azalmakta, diğer B grubu vitaminler, mineraller, karotenoidler ve antosiyaninler ise daha yüksek geri kazanım göstermektedir (30, 33). Patatesi fırında ve mikrodalga fırında pişirmenin kızartma ve özellikle kaynatma yöntemine göre daha yüksek C vitamini ve diğer bazı antioksidan öğelerin tutulumunu sağladığı gösterilmiştir (44). Bir çalışma ise patatesleri daha küçük parçalara ayırmanın kaynatma sonrası mineral tutulumunu daha fazla azalttığını göstermiştir. Mineral tutulumunu artırmak için patatesin bütün olarak kaynatılması veya fırınlama, mikrodalgada pişirme, kavurma gibi yöntemlerin kullanılması önerilmektedir (45).

Kızartma yöntemi için kullanılan sıcaklıklar 150–200°C aralığındadır (46). Kızartma sırasında sıcak yağa daldırılan besinde içten dışa doğru su kaybı gerçekleşir. Su kaybı sırasında kılcal gözenekler genişler ve hücreler parçalanır. Yüzey yağı, besin fritözden çıkarıldıktan sonra oluşan boşluklara nüfuz eder. Yağ girişinin bir kısmı ise kızartma sırasında gerçekleşir. Daha yüksek sıcaklıkla birlikte daha kısa kızartma süreleri patateslerin daha az yağ çekmesine neden olmaktadır (47). Belirtilen faktörlerden etkilenmekle birlikte derin yağda kızartma yöntemi ile pişirilen patateslerin yağ içeriği kuru ağırlık temelinde %20 ile %60 arasında geniş bir dağılım göstermektedir (47, 48).

Patatesler 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda pişirildiğinde "insanlar için olası kanserojen" olduğu rapor edilen akrilamid gibi maillard reaksiyon ürünlerinin (MRÜ) oluşuma ihtimali artmaktadır. Akrilamid gibi MRÜ, kızarmış patates ürünlerinde asparagin ve indirgeyici şekerlerin reaksiyonu yoluyla oluşmaktadır (44). Akrilamid oluşumu, pişirme yöntemi ve sıcaklığına göre değişmektedir. Palazoğlu ve ark. (49), 170°C'de fırınlanmış patateslerin 170°C yağ ile kızartılanlara kıyasla daha düşük akrilamid seviyesine sahip olduğunu, ancak 180°C'de fırınlanan patateslerin 180°C yağ ile kızartılanlara kıyasla daha yüksek akrilamid seviyesine sahip olduğunu rapor

etmiştir. MRÜ oluşumunda nem önemli bir faktör olduğundan kaynatma ile MRÜ oluşumunun diğer pişirme yöntemlerine göre oldukça düşük olduğu bulunmuştur (43).

Patates, olumlu sağlık etkilerine sahip olan ve bazı kronik hastalıkların gelişimini önleyebilecek besin öğelerinden zengindir (7, 35, 38). Ancak patates kızartması tüketimi, yüksek yağ ve enerji içeriği, MRÜ oluşumu ve patatesteki fenolik bileşenlerin kaybı nedeniyle T2DM ve obezite ile ilişkilendirilmektedir (8, 50). Geleneksel kızartma yöntemi ile pişirilen besinler yüksek miktarda yağ içerdiği ve olumsuz sağlık sonuçları ile ilişkilendirildiğinden vakumlu kızartma, airfryer ve actifry ile kızartma gibi derin yağda kızartma yöntemine alternatif teknolojiler popüler hale gelmiştir (6, 47, 51). Airfryer ile pişirme, sürekli dolaşım halindeki hava sayesinde sıcak yağ damlacıklarının besine homojen olarak temas etmesi ile gerçekleşir. Bu yöntemin, derin yağda kızartmaya benzer duyuşal özellikler sergilediği ve geleneksel kızartmaya kıyasla kızartma yağında daha az istenmeyen değişimlere neden olduğu gösterilmiştir (52). Santos ve ark. (51) airfryer ile kızartılan patateslerin derin yağda kızartmaya göre %70 daha az yağ ve daha fazla toplam fenolik bileşik içerdiğini göstermiştir. Diğer yandan, airfryer ile ve derin yağda kızartılan patateslerin akrilamid düzeylerinin belirli bir eğilim göstermeyip yağ türüne göre üstünlüklerinin değişebileceği rapor edilmiştir. Ancak Sansano ve ark. (53) airfryer ile kızartma ile patateslerde %90 daha düşük akrilamid seviyesi saptamıştır. Yağ ilave edilerek fırında ve mikrodalga fırında pişirilen patateslerin derin yağda kızartmaya kıyasla hem daha düşük yağ ve akrilamid miktarına hem de daha fazla toplam fenolik bileşik miktarına sahip olduğu gösterilmiştir (54).

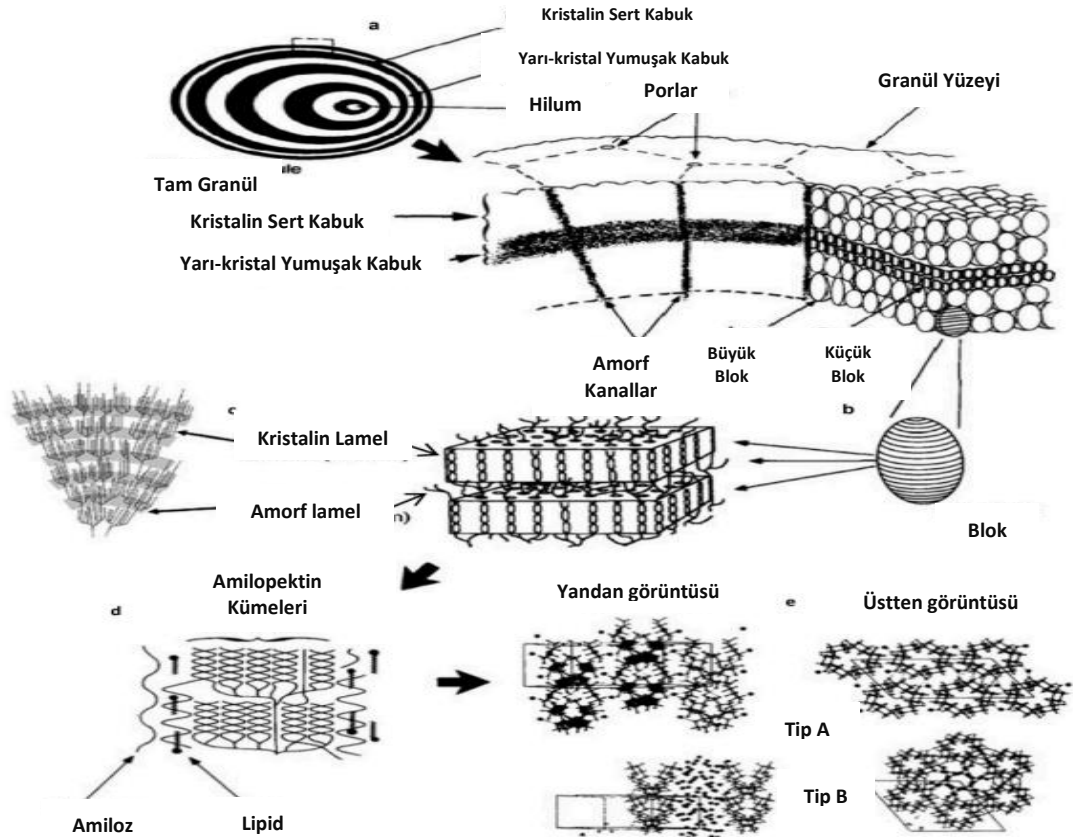
2.2. Nişasta

Günlük karbonhidrat alımı, FAO/WHO önerisine göre günlük enerji alımının %50-75'ini oluşturabilir (55). Türkiye Beslenme Rehberi'ne göre ise bu oran %45-60'tır (56). Karbonhidratlar polimerizasyon derecesine göre şekerler, oligosakkaritler ve polisakkaritlerden oluşur (10). Bir polisakkarit olan nişasta ise tahıllar, kök sebzeler ve baklagillerin depo karbonhidratı ve çoğu diyetin başlıca karbonhidrat kaynağıdır (57). Diyetle nişasta alımı, tüketilen karbonhidrat kaynağının çeşit ve miktarına göre değişmektedir. Tipik bir batı diyeti ile günlük nişasta alımı 120-150 gr iken dünyanın

farklı bölgelerinde 99-349 gr arasında değişmektedir ve diyetin enerjisinin %16.3-53,1'ini oluşturmaktadır (10, 58).

Nişasta molekülleri, tipik olarak birinden farklı ve bağımsız granüllerde, hilumdan uzanan eşmerkezli yarı kristal ve amorf katmanlar halinde biriktirilen susuz glikoz polimerini içerir (59, 60). Bu granüller genellikle kök, tohum ve yumrulara bulunmakta olup ayrıca yaprak, gövde, bitkinin meyvesinde ve polenlerde de bulunabilir. Granüllerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, nişastanın kaynağına göre değişir (59). Nişasta genellikle %15-35 amiloz ve %65-85 amilopektinden oluşur (61). %10'dan daha az amiloz içeren nişastalar mumsu nişasta, %40'dan daha fazla amiloz içeren nişastalar yüksek amilozlu nişasta olarak adlandırılmaktadır (62). Amiloz, α -1,4 bağları ile glukoz birimlerinden oluşan amorf ve genellikle doğrusal yapıdaki nişasta bileşenidir (61, 63). Molekül ağırlığı yaklaşık 10^6 Da olup, polimerizasyon derecesi 200 ile 10.000 birim arasında değişebilir (61, 64). Amilopektin ise, α -1,4 bağlarından oluşan glikan omurgaya ve α -1,6 bağları ile dallanma noktalarına sahip olan yarı kristal yapıda bir moleküldür (63). Amilopektin 18-25 glukoz birimi polimerizasyon derecesine sahip olan çok sayıdaki kısa glikan zincirinin birleşiminden oluşur ve amilozdan daha yüksek moleküler ağırlığa sahiptir (10^7 - 10^8 Da). Nişastanın hidrofobik özelliğinin amilopektinin yapısındaki sıkı ve kümelenmiş α -1,6 bağlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (61). Bu nedenle amiloz, sert jel oluşturma ve retrograde olma eğilimine sahipken; amilopektin daha kararlı olup, suda dağıldığı zaman zayıf filmler ve yumuşak bir jel oluşturmaktadır (59).

Nişasta granülünün fizikokimyasal oluşumu karmaşık bir hiyerarşik yapıya sahiptir (Bkz. Şekil 2.1.) (61, 64). Mikroskop altında incelendiğinde, çoğu granül, hilum etrafında "büyüme halkaları" olarak adlandırılan düzenli koyu (yarı kristal) ve açık (amorf) halkalar içeren çift kırılma modeli sergiler (60, 64). Bu halkalar ise amorf (daha az yoğun) ve kristal (yoğun) lamellerden oluşur (64). Kristal lameller, dallanmış amilopektin zincirlerinin oluşturulduğu yoğun çift sarmalları içerirken; amorf lamellerin amilopektinin dallanma noktalarını ve amiloz sarmallarını içerdiği varsayılmaktadır (61, 64).



Şekil 2.1. Nişasta granülünün hiyerarşik yapısı (Cornejo-Ramirez ve ark. (60)'dan alınmıştır).

Nişastanın temel yapısal ve morfolojik bilgileri optik mikroskopi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak elde edilir. Termal davranışı diferansiyel tarama kalorimetri (DCS) ile incelenirken, kristallik derecesi X ışını kırınımı (XRD) ile belirlenmektedir. Kimyasal bileşimini belirlemek için ise Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) kullanılır. Nişasta granülleri içindeki kristal yapıların derecesi, XRD desenlerine göre 3 tip düzen gösterir. A tipi düzene sahip granüllerde, glikoz sarmalları sıkıca paketlenmiştir ve tahıllarda bu tip düzen görülmektedir. Yumru köklerin granülleri, daha gevşek paketlenmiş sarmallara sahip olan ve bu nedenle su molekülleri için yer bulunan B tipi düzene sahiptir. Kurubaklagil nişastası ise, bu iki kristalitlere de sahip olup C tipi desen gösterilmektedir (65).

Nişasta granülleri tüm granülün ağırlıkça yüzde birkaçını oluşturabilen lipidler, mineraller ve proteinler gibi diğer küçük bileşenleri de içerir (61). Amiloz ve amilopektin sarmalları, proteinler ve lipidler gibi bileşenler ile birlikte kompleks oluşturabilir ve bu durum nişastanın botanik kaynağına bağlı olarak nişastanın fizikokimyasal özelliklerini farklı derecelerde etkileyebilir (59, 66). Nişasta dışı

bileşenlerin oluşturduğu kompleksler artan hidrofobikliğe bağlı olarak, sindirim enzimleri ve nişasta arasındaki teması azaltır. Ayrıca granülün şişmesini, jelatinizasyonunu ve dolayısıyla sindirimini engelleyebilir (67).

2.2.1. Patates Nişastasının Genel Özellikleri

Patatesin kuru ağırlığının (%20) yaklaşık %60-80'i nişastadır. Nişastanın %70-80'ini amilopektin ve %20-30'unu amiloz oluşturur (68, 69). Patatesin amilopektin ve amiloz içeriği, patatesin genotipi ve yetiştiği çevreden etkilenmektedir (68). Patates nişastası granülleri yuvarlak veya ovaldir. Optik mikroskop altında incelendiğinde granül boyutu 50-110 µm arasında değişir. Diğer nişasta kaynaklarına göre granül boyutu daha büyük ve granüllerin yüzey alanı daha dardır (62, 70). Bu nedenle sindirime daha dayanıklı olduğu bilinmektedir (65). Unlu patatesler, mumsu patateslerden daha fazla amiloz içerdiğinden daha kuru ve unlu bir dokuya sahiptir. Mumsu patatesler, yüksek oranda amilopektin ile daha düşük miktarda amiloz içerir (33).

Patates nişastası diğer nişasta kaynaklarına göre yüksek miktarda fosfat içerir (61). Bu fosfatlar genellikle granüllerin amorf bölgesinde olmak üzere amilopektine kovalent olarak bağlıdır (61, 67). Bu yapının, nişastanın su alarak şişmesini ve dolayısıyla sindirimi engelleyebileceği düşünülmektedir (63, 67, 70). Diğer yandan, kristal bölgede bulunan negatif yüklü fosfat-monoester grupları, amilopektin bağlarının birbirini itmesine ve çift sarmalların yapısını bozarak amilopektinin kararsızlığına neden olmaktadır. Bu durumun şişmeyi, jelatinizasyonu ve amilolitik aktiviteyi kolaylaştırdığı rapor edilmiştir (61, 63, 70, 71).

2.2.2. Pişirmenin Nişasta Üzerindeki Etkisi

Nişasta granülleri, oda sıcaklığında gözle görülür şekilde şişmeden ağırlıklarının %30'una kadar su emebilmektedir. Ancak ısıtma, nişasta granüllerinin çok daha fazla su ile şişmesine neden olarak jelatinizasyon sürecini başlatır (67, 70). Jelatinizasyon, su ve ısı varlığında nişasta molekülleri arasındaki bağların kırılması ve daha fazla suyun hidrojen bağlama bölgelerine girmesine izin verilmesini ifade eder (65). Jelatinizasyon sırasında nişasta granüllerinin su alarak şişmesi amorf bölgelerde meydana gelirken kristalin bölgelerde olmaz. Bu durum, amorf ve kristalin bölgeler

arasında strese neden olur ve ısı işlemin süresi ilerledikçe kristalin bölgelerdeki çift sarmallar kırılarak jelatinleşme başlar (67, 71). Bu nedenle, granül şişmesi esas olarak amilopektine atfedilir ve amiloz tarafından inhibe edilir. Eksojen lipidlerin nişasta granüllerinin şişmesi üzerindeki etkisi, eklenen lipidin tipine ve sıcaklığına bağlıdır. Patates nişastalarında amiloz-lipid komplekslerinin (ALK) olmaması şişme gücüne katkıda bulunur (70). Pişirme ile meydana gelen jelatinizasyon, kristal yapıyı bozarak ve amilolitik bozunma duyarlılığını artırarak besinin sindirimini etkiler (65, 67).

Jelatinizasyonun seyri amiloz/amilopektin oranı, granül boyutu, amilopektinin zincir uzunluğu ve dağılımı gibi granüle ait özelliklerin yanı sıra ısıtma sıcaklığı ve süresi, nem içeriği, işleme ve hazırlama koşullarından etkilenmektedir (62). Jelatinleşme yeteri miktarda su varlığında genellikle 50-70°C'de başlar (67). Ortamdaki su miktarının azalması, jelatinleşme sıcaklığının yükselmesine ve jelatinizasyonun daha geniş bir sıcaklık aralığında gerçekleşmesine neden olur (67, 70). Patates nişastasının jelatinizasyonu, ortamdaki su oranına göre 57-66°C'de başlar (70). ALK'nin varlığı, şişmeyi geciktirerek jelatinleşme sıcaklığını artırabilmektedir (62). Büyük nişasta granülleri, küçük nişasta granüllerinden daha kolay jelatinleşmektedir (67). Yüksek miktarda kısa amilopektin zincirlerinin varlığı, jelatinleşme sıcaklığını düşürürken daha uzun amilopektin zincirleri yüksek kristal düzeni nedeniyle jelatinleşme sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (70). Patates nişastasının amilopektin zincir uzunluğu (30, 35) diğer nişastalardan (24) daha yüksek olmasına rağmen jelatinleşme sıcaklığı daha düşüktür. Bu durum, patates granüllerindeki fosfat monoesterlerin varlığı ve B tipi kristal yapının daha açık düzene sahip olması ile ilişkilendirilmektedir (70, 71).

Nişasta jeli, kararsız bir termodinamik sistemdir ve jelatinizasyondan sonra düzensiz bir durumda olan nişasta zincirleri daha kararlı düzen oluşturmak için tekrar polimerize olma eğilimindedir (72). Bu nedenle, nişasta jeli soğutulduğunda nişasta molekülleri toplanır, çift sarmallar halinde paketlenir ve daha düzenli bir yapıya sahip bir jel oluşturmak üzere yeniden düzenlenir (65, 72). Retrogradasyon olarak adlandırılan bu süreç, unlu mamullerin bayatlaması ve gevrekliği gibi dokusal özelliklerini etkiler (65). Ayrıca ince bağırsaktan zayıf bir şekilde emilen enzime dirençli nişasta miktarının artmasına neden olur. Amilozun doğrusal yapısı nedeniyle çift sarmal ve kristal oluşturması daha kolaydır. Bu nedenle, nişastanın saatler içindeki

regrogradasyonu amilozla ilişkilendirilirken daha uzun süredeki regrogradasyonu amilopektine atfedilir (72). Yüksek amiloz/amilopektin oranı, yüksek miktarda kısa ve orta zincir uzunluğuna sahip amilozun varlığı ve yüksek amilopektin dal zincir uzunluğu retrogradasyon oranının artışı ile ilişkilendirilmektedir (65, 72). Patatesin retrogradasyon oranı, nispeten uzun amilopektin dallanmaları nedeniyle tahıl nişastalarından daha yüksektir. Retrogradasyonun kapsamı nişastanın yapısal özelliklerinin yanı sıra nişasta konsantrasyonuna, besinin nem miktarına, depolama süresi ve sıcaklığına bağlıdır (70).

2.2.3. Nişastanın Sindirilebilirliği ve Sağlık Üzerine Etkisi

Nişasta, enzimler tarafından birkaç aşamada glikoza hidrolize edilir. Nişastanın önemli bir kısmı vücuttaki α -amilazlar tarafından amiloz ve amilopektindeki α -1,4 glikosidik bağlarının hidrolize edilmesi ile gerçekleşir (73). Tükürük bezleri tarafından üretilen tükürük amilazı, amilaz salgısının bir kısmını oluşturmakla birlikte toplam nişasta sindirimi üzerindeki önemi net değildir (74). Tükürük amilazı ağız boşluğunda amilolitik süreci başlatır ve midede artan asitlik nedeniyle gastrik fazın başlangıcında inaktive olur (75). In vitro kanıtlara göre tükürük α -amilazı, ince bağırsağa geçişte yeniden aktive olabilir (76). Tükürük amilazının oral fazdaki ve gastrik fazın erken aşamasındaki etkinliğinin nişastanın glisemik yanıtında önemli etkisi olduğunu gösteren kanıtlar ile birlikte (75) toplam nişasta sindirimi üzerinde önemli etkisi olmadığını gösteren çalışmalar da rapor edilmiştir (74). Nişasta hidrolizinin çoğu pankreas kanalı yoluyla ince bağırsağa dökülen pankreatik α -amilaz tarafından gerçekleştirilir. α -amilaz amilopektin içindeki α -1,6 dal bağlantısı için spesifikliğe sahip olmadığından nişastanın pankreatik α -amilazla hidrolizi sonucu maltoz ve dallı yapıdaki bazı oligosakkaritler (maltotrioz ve a-dekstrinler) oluşur (73). Bu hidroliz ürünlerinin α -1,4 ve α -1,6 bağları, bağırsaktaki fırça kenar enzimleri (maltaz, amiloglukosidaz, sükröz-izomaltaz) tarafından glikoza hidrolize edilir ve portal kana emilir (77, 78).

Nişastanın sindirim hızı, α -amilazın nişasta granülleri üzerindeki etkinliğine bağlıdır (79, 80). Nişastanın sindirimi, granüle özgü faktörler, besin matrisinde nişasta dışındaki besin öğelerinin varlığı ve hücre duvarı gibi besine özgü etmenler ve bunları etkileyen besin işleme gibi dış faktörlerden etkilenmektedir (80-82). Besinlerdeki

yüksek amiloz/amilopektin oranı, daha yavaş sindirim ile ilişkilendirilmektedir (83). Amiloz zincirleri arasındaki nispeten yüksek miktarda bulunan hidrojen bağları enzimatik direnç yaratmaktadır (73). Küçük granül boyutu ve büyük partikül yüzey alanı, bitkinin botanik kökeninden bağımsız olarak granülün artan enzimatik duyarlılığı ile ilişkilidir (67, 84). Örneğin, nispeten büyük granül boyutuna sahip olan patates nişastasını tahıl nişastalarına kıyasla daha düşük sindirim hızı ile ilişkilendirilmiştir (65). Kristalit düzen, sindirimi etkileyen diğer bir etmendir. A tipi nişastalardaki daha kısa çift sarmallar, B tipi nişastalara kıyasla daha kolay sindirilebilir. Artan amilopektin zincir uzunluğu, hidrojen bağları ile stabilize olan kararlı uzun sarmalları içerdiğinden sindirilebilirliğin azalması ile ilişkilendirilmektedir. Belirtilen faktörler nedeniyle yumru nişastalar, tahıl nişastalarına göre sindirilebilirlik açısından daha dirençlidir (84). Granül yüzeyinde bulunan bazı maddelerin varlığı, enzime karşı duyarlılığın azalmasına neden olabilir. Granül yüzey proteinleri ve lipitler, enzimin granüle tutunmasını engelleyerek yüzey erişilebilirliğini azaltabilir ve bu nedenle sindirimi engelleyebilir (73). Bu durum lifler için de geçerlidir. Örneğin, patatesin hücre duvarındaki selüloz ve hemiselülozun α -amilazın aktivitesini engellediği bilinmektedir (80). Ayrıca çözünür lifler, ortamdaki suyu çekerek nişastanın jelatinizasyonu için gerekli olan suyun varlığını sınırlaması nedeniyle de sindirilebilirliği azaltabilir (79). Nişastanın yapısındaki fosfolipidler amilolitik aktivitenin azalmasına, şişmiş nişastadaki fosfat gruplarının ise artmasına neden olur (73).

Nişastanın sindirim hızı, öğün sonrası kan glukoz yanıtının önemli bir belirleyicisidir (79, 80). Besinlere verilen glisemik yanıt, bireyler arasında ve bireyler içerisinde günden güne farklılık göstermektedir (85). Bu nedenle, *in vitro* nişasta sindirilebilirliği, nişastalı besinlerin glisemik yanıtı tahmin etmede büyük ilgi görmektedir. 1992 yılında Englyst ve ark. (86)'nın nişasta sindirimi için önerdiği yöntem 37°C'de pankreatin, amiloglukosidaz ve invertazdan oluşan bir enzim karışımı ile besinin hidrolizi yoluyla ince bağırsakta nişasta sindiriminin simülasyonunu içermektedir. Englyst ve ark.'nın yöntemi, besinlerdeki nişastanın *in vitro* sindirilebilirliğini analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (87-90).

Sindirilebilir nişasta (SN), *in vitro* sindirim hızı açısından iki fraksiyon halinde incelenmektedir. Sindirimin ilk 20 dakikası içinde tamamen glikoza dönüşen nişasta

fraksiyonu, hızlı sindirilen nişasta (HSN) olarak, sonraki 100 dakika içinde tamamen glikoza dönüşen nişasta fraksiyonu ise yavaş sindirilebilen nişasta (YSN) olarak adlandırılmaktadır (86). Taze pişmiş besinlerde jelatinizasyon sebebiyle HSN, çoğu çığ tahılda ise YSN nispeten yüksek miktar bulunmaktadır (64, 86). 1980’li yıllara kadar nişastanın tamamen hidrolize olduğu ve ince bağırsakta emildiği varsayıyordu. 20. yüzyılın sonlarına doğru Englyst ve ark. (86, 91)’nın, polisakaritlerin in vitro ölçümü hakkında yürüttüğü çalışmalar, sindirim sürecine katılan nişastanın bir kısmının hidrolize olmadığını ve sindirime dirençli olduğunu ortaya koymuştur. Enzime dirençli olan bu nişasta fraksiyonu dirençli nişasta (DN) adlandırılmakta ve 120 dakika içinde ince bağırsaktan emilmeyen nişastayı temsil etmektedir. Besinlerin sindirim modelleri hakkında çalışmalar yürüten INFOGEST (92), çoğu besin ögesinin emiliminin duodenum ve jejunumda gerçekleşmesi nedeniyle in vitro intestinal sindirim fazının 2 saat sürmesini, ancak ileumdaki sindirimin de inceleneceği durumlarda besinin intestinal fazdaki sindiriminin 4 saat sürmesini önermektedir. Bu nedenle, McCleary ve ark. (93) intestinal fazda sindirilebilen nişastayı tanımlamak amacıyla 240 dakika içerisinde sindirilen nişasta miktarını temsil eden “toplam sindirilebilir nişasta (TSN)” terimini önermiş ve DN’nin 240 dakika içinde ince bağırsaktan emilmeyen nişastayı temsil ettiğini belirtmiştir. DN, oluşum nedenlerine göre 5 kategoride tanımlanmaktadır (Tablo 2.2.). DN, besinin doğal yapısında bulunabileceği gibi pişirme sonrası soğutma, kimyasal modifikasyonlar ve yağ ile işleme gibi besin hazırlama sürecinde de oluşabilir (86, 94). Bu fraksiyonlar, SN’nin aksine ince bağırsakta sindirimden kaçmakta ve kolona ulaşarak bazı mikroorganizmalar tarafından fermente edilmektedir (94).

İnce bağırsakta yavaş fakat tam hidrolize olan YSN fraksiyonunun olumlu yönleri birçok araştırmanın konusu olmuştur (84, 95-97). Sağlıklı bireylerde yapılan bir çalışmada, HSN tüketiminin YSN tüketimine kıyasla öğün sonrası plazma glukoz yanıtı, serum esterleşmemiş yağ asidi ve insülin konsantrasyonlarında daha hızlı ve büyük değişimlere neden olduğu gösterilmiş, YSN kaynaklarının tüketiminin glisemik kontrolü iyileştirebileceği ve metabolik sendromun komplikasyonlarının önlenmesi ve tedavisinde etkili olabileceği rapor edilmiştir (95). YSN’nin postprandiyal glisemi ve insülinemi üzerindeki olumlu etkisi T2DM’li bireylerde de gözlenmiştir (97). Ayrıca, düzenli YSN tüketiminin diyetle indüklenen obez sıçanlarda oreksijenik peptidlerin

ekspresyonunu azaltarak ve anoreksijenik hormonların ekspresyonunu artırarak besin alımını baskılayabileceği gösterilmiştir (98).

Tablo 2.2. Dirençli nişasta türlerinin sınıflandırılması (86, 94, 99, 100).

Nişasta Türleri	Enzime Karşı Direncin Nedeni	Kaynakları
Tip 1 DN	Tahıl kabuğu gibi nişastaya erişimi engelleyen fiziksel bariyer	Kısmen öğütülmüş ve bütün taneli tahıllar
Tip 2 DN	B tipi kristalliğin varlığı nedeniyle sindirime direnen doğal nişasta granülleri	Çiğ muz ve patates
Tip 3 DN	Jelatinizasyonu takiben soğutulan nişastanın kristal yapıya dönüşümü (retrogradasyon)	Pişmiş ve soğutulmuş besinler (puding, patates, ekmek gibi)
Tip 4 DN	Sindirime karşı direnç yaratan kimyasal modifikasyonlar (genellikle çapraz bağlama yolu ile oluşturulur)	Kimyasal olarak modifiye edilmiş nişastalar
Tip 5 DN	Amiloz-lipid kompleksi	Yağ ile işlenen/pişirilen besinler

Kolona ulaşan DN, bağırsak mikrobiyotası tarafından fermente edilerek kısa zincirli yağ asitlerine (asetat, propiyonat ve bütirat) dönüşmektedir (94). Bu yağ asitleri kolonositlerin enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamakla birlikte birtakım sağlık yararı ile ilişkilendirilmektedir (101, 102). Özellikle bütirat, immün ve antiinflamatuvar yanıtları ve bağırsak fonksiyonunu modüle etmekte olup azalmış kolon kanseri riski ile ilişkilendirilmektedir (94, 101). Diyetteki DN'nin glisemik kontrol, hiperlipidemi, inflamatuvar biyobelirteçler ve iştah üzerine etkisi üzerine yakın zamanda birçok randomize kontrollü klinik çalışma yürütülmüştür (103-108). Bir meta analizde, metabolik sendrom ve ilgili sağlık sorunları olan bireylerde diyetle ve takviye yoluyla DN alımının açlık plazma glukozu, glikozile hemoglobin (HbA1c), insülinemi, kan lipidleri ve TNF- α seviyeleri üzerinde yararlı etkilerini olabileceği gösterilmiştir (103). Başka bir meta analizde, T2DM'li bireylerde DN alımının HbA1C değerinde önemli ölçüde azalmaya neden olurken açlık plazma glukozu ve insülin direnci seviyesinde anlamlı bir farklılık olmadığı gösterilmiştir (106). T2DM'li ve obez bireylerde hem HbA1C hem de açlık plazma glukozu ve insülin direnci seviyesinde iyileşme olduğunu gösterilmiştir (108). Sağlıklı ve metabolik sendrom belirteçlerine sahip olan bireylerde DN alımının etkisini inceleyen çalışmaların meta analizi, 4 haftadan daha uzun süre DN alımının serum total kolesterolü ve LDL

kolesterol düzeylerini düşürebileceğini göstermiştir (104). İnsülin direnci ve lipid metabolizması üzerindeki olumlu etkiler, hayvan çalışmalarında gözlenen kısa zincirli yağ asidi üretimi, artan glukagon benzeri peptid-1 (GLP-1) üretimi ve bağırsak mikrobiyotasındaki değişim; karaciğer ve pankreastaki glikoz ve lipid metabolizmasında rol oynayan birtakım genlerin modülasyonu ile açıklanmaktadır (100, 109). Ayrıca T2DM, prediyabet, metabolik sendrom ve renal yetmezliği olan bireylerde DN tüketiminin serum IL-6 ve TNF- α seviyelerinde önemli düzeyde azalmaya neden olabileceği rapor edilmiştir (105).

2.2.4. Amiloz-Lipid Kompleksinin Oluşumu ve Sindirilebilirliği

Amiloz, lipidler ve iyot gibi diğer bileşiklerle kristal yapıda tek sarmal kompleksler oluşturabilir (110, 111). Sarmal amiloz komplekslerinin yapıları ve fizikokimyasal özellikleri, ligandların yapılarına göre değişir (110). Bu kompleksler, nişastanın diğer kristal formlarından farklı karakteristik bir X-ışını kırınım modeline sahip olan V-tipi kristal form (V-amiloz) olarak tanımlanan kısmen düzenli bir yapı halinde organize olabilirler (112). V-amiloz, kristal bileşenlerin erime sıcaklığına bağlı olarak tip I veya tip II olarak sınıflandırılır. Tip I V-amiloz, genellikle 94-104°C arasında erime sıcaklıklarına sahiptir ve belirgin kristal bölgeleri olmayan kısmen düzenli bir yapıdan oluşmaktadır. Tip II V-amiloz ise 115-121°C arasındaki sıcaklıklarda eriyen, kristal veya yarı kristal yapılardan oluşmaktadır (111). Glukan sarmallarında α -1,4 sarmalının hidrofilik hidroksil grupları dış yüzeyde düzenlenmektedir. İçeride bulunan metilen grupları ve glukosidik bağların oksijenleri ise hidrofobik bir boşluk oluşturarak lipidler gibi hidrofobik bileşenlerin sarmalın içine yerleşmesine izin verir. Böylece, amiloz ve lipidlerin varlığında merkezde serbest yağ asidi bulunan ve dışarıda dönüş başına 6 glukozil birimi içeren ALK oluşmaktadır (111, 112). Isıl işlem, ALK oluşumunu artırabilmektedir (89). Komplekslerin oluşumu ve stabilizasyonu, hidrojen bağları, hidrofobik çekimler ve van der Waals kuvvetleri dahil olmak üzere kovalent olmayan etkileşimleri içermektedir (112).

Amiloz, lipidler ve diğer bileşiklerle kompleks oluşturduğunda amilolize karşı direnç göstermektedir (110). Amilozun diğer bileşiklerle oluşturduğu kompleks pişirme sırasında nişasta granülünün şişmesini ve jelatinizasyonunu sınırlamaktadır. Jelatinizasyonun daha düşük seviyede gerçekleşmesi sindirim enzimlerinin nişasta

granülünün içerisine ulaşmasını engellemektedir. Ayrıca kompleksleşmiş amiloz moleküllerinin sergilediği kristal düzen, nişasta moleküllerinin sindirimini sterik olarak engellemektedir (89, 113). ALK, genellikle tip 5 DN olarak kabul edilse de kompleksin bir kısmının tamamen sindirilebilirliği gösterilmiştir (114, 115). Bu durum, V-amilozun farklı kristallik derecesine sahip olan iki formu (tip I ve tip II) ile açıklanmaktadır. Yüksek kristal yapıya sahip olan tip II kompleks tip I'e göre enzimatik sindirme karşı daha dayanıklıdır (115). Tip I V-amilozun düşük ayrışma sıcaklığına sahip olan kısmen kristal yapısı nedeniyle YSN fraksiyonuna neden olduğu düşünülmektedir (116). Kahverengi mercimek nişastasına mısır yağı, soya yağı, zeytinyağı ve hidrojenize ayçiçek yağı ilave edildiğinde nişasta örneklerinin YSN ve DN içeriğinin arttığı, ancak ısı işlem uygulanan nişasta-yağ karışımlarının ısı işlem uygulanmayan nişasta-yağ karışımlarına kıyasla daha fazla DN ve daha az YSN içeriği gösterilmiştir (89).

ALK'ler, zayıf sindirilebilirlikleri nedeniyle diyet lifine benzer fizyolojik etkilere sahip olabileceğinden beslenme açısından büyük ilgi görmektedir (111). Bunun yanı sıra, potansiyel bir yağ ikamesi olması, bayatlamayı engelleyerek besinin raf ömrünü uzatması, termal işlem sırasında doymamış yağ asitlerini stabilize etmesi ve biyoaktif bileşiklerin vücuttaki biyoyararlanımı için taşıyıcı işleve sahip olması nedeniyle gıda endüstrisinde popüler hale gelmiştir (111, 114, 117-119). ALK, sulu ısı ve çözücü ilavesini içeren klasik yöntem, enzimatik yöntemler, buharda pişirme ve ekstrüzyon gibi mekanik yöntemler ile üretilebileceği gibi nişasta ve lipid içeren besinlerin işlenmesi sırasında doğal yolla da oluşabilmektedir (114).

ALK oluşumu ve sindirilebilirliği, ısı işlemin süresi ve sıcaklığından, nişastanın polimerizasyon derecesi ve amiloz konsantrasyonu gibi nişastaya özgü faktörlerden ve lipidlerin yapısından (zincir uzunluğu ve doymamışlık derecesi) etkilenmektedir (112, 117). Yang ve ark. (117), derin yağda kızartılan buğday nişastalarında kızartma sıcaklığının artışının ALK oluşumu ve kristalliğini artırdığını, kızartma süresinin artışının başlangıçta kompleks oluşumunu artırdığı ve zaman ilerledikçe tekrar azalttığını göstermiştir. Zhou ve ark. (120), kısa süreli ısı işlemin amiloz-monogliserit karışımının tip I ve II kompleks oluşumuna neden olduğunu ve uzun süreli ısı işlemin sadece tip II kompleksin oluşumu ile daha stabil ve kristal yapıya sahip komplekslerin oluşumuna yol açtığını rapor etmiştir. Nişastanın

amiloz/amilopektin oranının artışı, ALK oluşumunu artırmaktadır. Thachil ve ark. (121), %45 amiloz içeren mısır unun %25 amiloz içeren mısır ununa kıyasla daha fazla ALK oluşturduğunu göstermiştir. Amiloz zincir uzunluğunun kompleksin oluşumunu ve hidrolize direncini etkileyebileceği bilinmektedir (120, 122). Monoglisericit-amiloz kompleksi oluşumunun incelendiği bir çalışmada, küçük amiloz zincirlerinin daha kolay fakat daha düşük kistalliğe sahip ALK oluşumuna neden olurken uzun amiloz zincirlerinin daha kararlı komplekslere yol açtığı gösterilmiştir (120). Ayrıca, artan polimerizasyon derecesinin neden olduğu kararlı komplekslerin daha düşük enzimatik hidrolizle sonuçlandığı rapor edilmiştir (122).

ALK oluşumu, ilave edilen lipidin miktarı, yağ asidinin zincir uzunluğu, doymuşluk derecesi ve esterleşme derecesinden etkilenir (112). Artan lipid konsantrasyonu, belirli bir konsantrasyona kadar ALK oluşumunu artırmakta ve nişasta sindirilebilirliğini azaltmakla birlikte (123, 124) ALK oluşumu için gereken optimal lipid miktarı, lipidin türüne göre değişebilmektedir (125). Serbest yağ asitleri ve monoglisericitler ALK oluşturabilmektedir (112). Ancak triglisericit ve diglisericitler için çelişkili sonuçlar elde edilmiştir (110, 126-129). Örneğin, Chao ve ark. (126) farklı derecelerde esterleşmiş lipidlerin kompleks oluşturma özelliklerini incelendiğinde, monoglisericitlerin daha fazla miktarda fakat az stabil ALK'lere yol açtığını, triglisericit ve diglisericitlerin sterik engelleme ve düşük suda çözünürlükleri nedeniyle kompleks oluşturmadığını göstermiştir. Ancak farklı mısır nişastasası türleri, patates, tapyoka ve kahverengi mercimek nişastasası ile yapılan çalışmalarda, triglisericit formundaki yağların ALK oluşturduğu ve nişastanın sindirimini sınırladığı gösterilmiştir (89, 110, 129, 130). Örneğin, kahverengi mercimek nişastasasına farklı lipidlerin ilave edildiği (hidrojenize ayçiçek yağı, palmitik asit, soya yağı, stearik asit, mısır yağı ve sızma zeytinyağı) bir çalışmada, hidrojenize ayçiçek yağının palmitik ve stearik asitten daha fazla ALK oluşturduğu ve nişasta sindirilebilirliğini daha fazla azalttığı gösterilmiştir (89).

Yağ asidi karbon zincirinin uzunluğu ve doymamış bağ sayısının ALK oluşumu ve sindirilebilirliğine etkisi pek çok çalışmada incelenmiştir. Nişasta ve yağ asidi içeren model sistemlerde, yağ asitlerinin artan doymamış bağ sayısı daha az miktarda ALK oluşumuna neden olmakta, ancak oluşan kompleksin enzimatik direnci daha fazla olmaktadır (88, 123, 131-137). Doymuş yağ asitlerinin daha yüksek ALK

verimi, yağ asidinin lineer yapısının amilozla etkileşime girmek için daha yüksek afiniteye sahip olması ile açıklanmaktadır (136). Daha kısa karbon zincirine sahip yağ asitleri ise daha uzun zincirli yağ asitlerine kıyasla daha hidrofildir. Bu nedenle, daha kısa zincir uzunluğu daha fazla fakat daha az kararlı ALK oluşturmakta ve oluşan kompleksin enzimatik direnci daha fazla olmaktadır (88, 123-125, 129, 131, 134, 137-140). Model sistemler, bireylerin günlük normal besin alımını yansıtmamaktadır. Bu nedenle, ALK oluşumu ve stabilitesi gerçek besinden farklı olabilmektedir (141).

2.2.5. Tüketimden Önce Besine Uygulanan Pişirme ve Diğer İşlemlerin Nişasta Sindirimine Etkisi

Piştirme öncesi uygulanan işlemler ve piştirme işlemi, nişastanın sindirilebilirliğini etkilemektedir (22). Granül boyutunun azalması, amilolitik aktiviteyi kolaylaştırdığından öğütme işlemi besinlerdeki nişastanın enzimatik duyarlılığını artırmaktadır (73). Tahıllar ve kurubaklagillerin kabuğunu ayırma, ıslatma ve filizlendirme, α -amilaz aktivitesini inhibe eden fitik asit ve tanen kaybına neden olması daha yüksek nişasta sindirilebilirliği ile ilişkilendirilmektedir (73, 103). Hem piştirme öncesi hem de sonrası besinin daha küçük parçalara ayrılması da nişasta sindirilebilirliğini artıran bir işlemdir (22).

Nişastalı besinlerin piştirme ile HSN içeriğinin arttığı, DN ve YSN içeriğinin azaldığı gösterilmiştir (22, 142). Bu etki, nişasta granüllerinin jelatinizasyonu, amilaz inhibitörlerinin inaktivasyonu ve nişasta granüllerini çevreleyen proteinlerin denatürasyonu, dolayısıyla amilazın nişasta moleküllerine erişme ve hidrolize etme yeteneğini artırması ile açıklanmaktadır (143). Piştirme ile nişastanın sindirilebilirliğindeki değişim, besinin ısı işleme maruz kaldığı sıcaklık, süre ve nemden etkilenmektedir (143-145). Kısa süreli ısı işlemlerin mikroyapının yeterince tahrip olmasına izin vermediğinden, daha yüksek piştirme sıcaklığı ve süresinin daha yüksek nişasta sindirilebilirliği ile sonuçlandığı gösterilmiştir. Optimal piştirme süresinden daha uzun süre pişirmenin ise nişasta sindirilebilirliğini değiştirmedığı rapor edilmiştir (144, 145). Patateslerin airfryer ile pişirildiği bir çalışmada ise artan piştirme süresi ve sıcaklığının besinin YSN içeriğini azalttığı ve DN içeriğinin artışına neden olduğu gösterilmiştir (90).

Isıl işlem uygulamalarının nişastanın moleküler düzeni ve sindirilebilirliği üzerindeki etkisi, ısı ve kütle transfer davranışlarından etkilenmektedir. Sulu ortamda

pişirme (buğulama, kaynatma) nişastanın nem içeriğinin artışına neden olurken kuru ısıda pişirme (fırında ve mikrodalga fırında pişirme, derin yağda kızartma ve tavada kızartma) su kaybına neden olmaktadır (143, 145). Yüksek miktarda nem ve hücre duvarının parçalanması nedeniyle sulu ortamda pişirmenin kuru ısıl işlemlere göre daha yüksek nişasta jelatinizasyon derecesine ve sindirim hızına neden olduğu gösterilmiştir (18, 145). Bu etki, ortamdaki nem oranının daha da fazla olduğu kaynatma yönteminde buğulamaya kıyasla daha belirgindir (145). Ancak buğulamanın basınçlı ortamda gerçekleştirilmesi, daha yüksek sıcaklığa maruziyet nedeniyle kaynatma yöntemi ile aynı düzeyde jelatinizasyon ve nişasta sindirim hızına neden olabilmektedir (142). Kuru ısıda pişirme sırasında sulu ısıl işlemlere kıyasla nişasta granülleri daha az şişmekte ve pişmiş nişastanın enzimatik direnci daha fazla olmaktadır (82, 145, 146). Uygulanan kuru ısıl işlemin çeşidi, farklı düzeylerde nişasta sindirilebilirliğine neden olabilmektedir (18, 40). Yang ve ark. (40), fırınlanmış patatesin mikrodalgada pişirmeye kıyasla daha yavaş jelatinize olduğunu ve önemsiz düzeyde olmakla birlikte daha fazla miktarda DN içerebileceğini göstermiştir. Yağ ilave edilerek veya yağ içerisinde pişirilen besinlerin hem sulu hem de diğer kuru ısıl işlemlerle pişirilen besinlere kıyasla daha düşük nişasta sindirimine sahip olduğu rapor edilmiştir (18, 21, 22, 145). Pişirme sırasında ortamdaki yağın besine geçmesi, hem nişasta granülünün etrafında jelatinizasyon ve sindirim için fiziksel bir bariyer oluşturmakta hem de amilozun yağ asitleri ile kompleks oluşturması sonucu granül içindeki nişastanın enzimatik direncini artırmaktadır (18, 21, 22, 145). Az yağda karıştırarak kızartmaya kıyasla derin yağda kızartılmış besinler, daha düşük nem içeriğine ve nişasta jelatinizasyonuna sahip olabilmektedir. Az yağda karıştırarak kızartmanın, besinin yüzeyindeki nişastanın pişirme aracına yapışarak hızla jelatinize olmasına yol açtığı ancak daha az hücre duvarı hasarına neden olduğu gösterilmiştir. Derin yağda kızartılmış besinlerin enzimatik direncinin az yağda karıştırarak kızartılanlara kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir (18, 145).

Piştirilen besinler tüketilmeden önce bir süre bekletildiğinde veya depolandığında besindeki nişasta retrograde olmakta ve enzimatik direnci artmaktadır. Depolama süresi, depolama sıcaklığı ve tüketimden önce tekrar ısıtma enzimatik direncin derecesini belirlemektedir (70, 146). Erişte ve buğday ekmeği ile yapılan çalışmalar (147, 148), besinleri oda sıcaklığında 3-4 gün depolamanın en yüksek DN

oluşumuna yol açtığını göstermiştir. Ayrıca pişirme sonrası eriştinin DN içeriğindeki anlamlı artışın ilk 4 saatte gerçekleştiği, ısıtılma yöntemine bağlı daha yüksek nem içeren eriştelerde daha yüksek DN miktarı saptandığı rapor edilmiştir (147). Raatz ve ark. (146) haşlanmış ve fırınlanmış patateslerin sıcak (65°C), soğutulmuş (4°C'de 6 gün depolama) ve yeniden ısıtılmış (4°C'de 6 gün depolanmış; 65 °C'ye yeniden ısıtılmış) formlarının DN içeriğini analiz etmiş ve 4°C'de depolanan patateslerin DN içeriğinin diğer formlara kıyasla önemli ölçüde arttığını, yeniden ısıtılan patateslerin DN içeriğinin sıcak servis edilen patateslere benzer olduğunu göstermiştir.

2.3. Glisemik İndeks

1980'li yıllara kadar diyabetli bireylerin kan glukoz kontrolü için yalnızca karbonhidrat değişim listeleri kullanılmaktaydı (149). Ancak yapılan çalışmalar, karbonhidrat türünün ve diğer besin öğeleri varlığının glisemik yanıtı etkileyebileceğini ortaya koymuştur (150-153). Jenkins ve ark. (149), glisemik yanıtın kontrolü için yalnızca mevcut karbonhidrat miktarının dikkate alınmasının besinin glisemik yanıtını yansıtmak için yetersiz olduğunu göstermiş ve besinlerdeki karbonhidratın fizyolojik tepkisini ölçmek için "glisemik indeks" kavramını önermiştir. Aynı bitkisel kökene sahip bitkilerden elde edilen besinlerde (örn. kepekli ekmek ve kepekli spagetti) dahi, glisemik yanıtın oldukça değişken olduğu ve diyabetli bireylerin kan glukoz kontrolü için diyetlerinde düşük glisemik indeksli besinlere yer verilmesinin önemi gösterilmiştir (149). Gİ metodolojisi ve düşük Gİ değerine sahip besinlerin metabolik etkileri hakkında çok sayıda çalışma yürütülmüştür (154-156). 1997 yılında FAO/WHO Uzman Danışmanlığı (10), sağlığın korunması ve çeşitli hastalıkların tedavisi için uygun karbonhidrat içeren besinlerin seçiminde Gİ kavramının yararlı bir araç olduğunu belirtmiştir. FAO/WHO raporuna göre Gİ, "aynı birey tarafından alınan standart bir besin ile aynı miktardaki karbonhidrata verdiği yanıtın yüzdesi olarak ifade edilen 50 gramlık kısmının kan glukoz eğrisinin altındaki artan alan" olarak tanımlanmaktadır. Bu rapora göre, 10-12 saat açlık sonrası 7 bireyden her biri 3 kez standart besini (beyaz ekmek veya glikoz) ve birer kez test edilen besinlerin 50 gram glisemik (mevcut) karbonhidrat içeren porsiyonunu tüketir ve ardından bireylerin 0., 15., 30., 45., 60., 90., 120. dakikalarda kapiller kan şekeri ölçülür. Her birey için elde edilen sonuçlar, açlık konsantrasyonunun altındaki alan

göz ardı edilerek kan şekeri yanıt eğrisi altındaki artan alan (IAUC) olarak hesaplanır (10).

Gİ metodolojisindeki farklılıklar nedeniyle 2010'da Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından standart bir Gİ ölçüm protokolü için resmi yöntem yayınlanmıştır (157). Farklı laboratuvarlarda gerçekleştirilen Gİ tayinlerini kıyaslayan bir çalışma, 2010 ISO yönteminin yüksek ve düşük Gİ değerine sahip besinleri %97-99 olasılıkla ayırt edebildiğini göstermiştir (158). Ancak Gİ, glisemik yanıtın önemli bir belirleyicisi olan tüketilen karbonhidrat miktarını göz ardı etmektedir. Belirli miktarda karbonhidrat içeren bir besinin alımı ile mevcut kan glukozunun değişimi, glisemik yük (GY) ile hesaplanmaktadır. GY, besinin Gİ değeri ile tüketilen mevcut karbonhidrat miktarının çarpılarak 100'e bölünmesi ile elde edilmektedir (80).

Besinlerin Gİ değerinin in vivo yöntemlerle incelenmesi, pahalı ve uzun süreçleri içermekle birlikte günler ve bireyler arasındaki varyasyondan etkilenmektedir (80, 85, 159). Bu varyasyonlar, bireylerin fizyolojik ve genetik özellikleri ve mikrobiyomlarındaki farklılıklarına atfedilmektedir (85). Bu nedenle 1980'lerden itibaren bir öğünün fizyolojik etkilerinin bir göstergesi olarak kabul edilen birtakım in vitro hidroliz prosedürleri önerilmiştir (86, 160). In vitro hidroliz yöntemleri sindirim organlarında meydana gelen reaksiyonları simüle etmektedir (80). Genellikle Englyst ve ark. (86), Goni ve ark. (160), Granfelt ve ark. (161), Magaletta ve ark. (159) yöntemleri kullanılmakta olup standardize edilmiş tek bir yöntem bulunmamaktadır. Ağızdaki sindirim öğütme, çiğneme ve homojenizasyon gibi prosedürler ile simüle edilmektedir (160). Midedeki sindirim ise mide ortamına benzer koşullarda ve pepsin varlığında besinin proteolizini içermekte olup bağırsak fazında pankreatin kullanılan çalışmalarda genellikle bu aşama uygulanmamaktadır (86, 162). Bağırsak evresinde, bağırsak ortamına benzer koşullarda besinlerin hidrolizi için amiloglukozidaz, pankreatin, pankreatik α -amilaz, invertaz enzimlerinin çeşitli kombinasyonları kullanılmaktadır (86, 159-161). 180 dakikalık hidroliz boyunca test besininin bağırsaktaki sindirimi simüle edilmekte ve belirli zaman noktalarında sindirilen besinden örnekler çıkarılmaktadır. Sindirilen örnekteki glukoz miktarı, glikoz oksidaz/peroksidaz (GOPOD) yöntemi ile belirlenmektedir. Farklı sürelerdeki glukoz konsantrasyonları grafiğe geçirilerek test besini ve referans besin için in vivo

yöntemdeki gibi hidroliz eğrisinin altında kalan alan hesaplanmaktadır (160). Test besini ve referans besinin hidroliz eğrisinin altında kalan alanın yüzdesel ifadesi ile hidroliz indeksi (HI) elde edilmekte ve HI ile genellikle Goni ve ark. (160) tarafından belirlenen denkleme göre in vitro (tahmini) Gİ değeri belirlenmektedir. İn vitro çalışmalarda, genellikle referans olarak beyaz ekmek veya glukoz kullanmakta olup maltoz veya farklı besinlerin kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (160, 163-165).

İN vitro ve in vivo Gİ tayin yöntemleri birçok çalışmada karşılaştırılmıştır (160, 162-168). Ferrer-Marial ve ark. (164), besinin in vitro Gİ değerinin in vivo Gİ değerinden daha yüksek olduğunu ve ikisi arasında güçlü bir korelasyon olmadığını, ancak iki yöntemin de aynı eğilime sahip olduğunu rapor etmiştir. Buna benzer sonuçlar, birkaç çalışmada daha rapor edilmiştir (162, 167). Diğer çalışmalarda ise in vitro ve in vivo yöntem arasında güçlü korelasyon bulunmuştur (160, 163, 165, 166, 168). Gİ tahmini için kullanılan in vitro yöntemin daha hızlı ve kesin olmasının yanı sıra bireyler arasındaki metabolik farklılıkların neden olduğu varyasyonları dışladığı varsayılmaktadır. Bu nedenle, nişastalı karbonhidrat içeren besinlerin taranması için hızlı bir yöntem olarak oldukça faydalı olduğu düşünülmektedir (80). Besin etiketlemede Gİ değerini belirlemek için in vivo yöntem gerekli olsa da bir ürünün geliştirilmesinde ve ürünün in vivo yöntemle test edilebilirliğinin belirlenmesinde in vitro metodolojinin kullanılabileceği bildirilmektedir (159, 164).

2.3.1. Glisemik İndeks ve Sağlık Sonuçları

Glisemik yanıtlarının kıyaslanması amacıyla besinler, düşük (≤ 55), orta (56–69) ve yüksek (≥ 70) glisemik indeksli olmak üzere üç guruba ayrılmaktadır (169). Yüksek Gİ değerine sahip karbonhidratlar, bağırsakta hızlı bir şekilde sindirilmekte ve emilmektedir (170). Glukozun hızlı emilimi, kandaki glukoz seviyesinin hızlı ve nispeten fazla miktarda artmasına ve yüksek insülin yanıtına neden olmaktadır. Yüksek insülin yanıtı, bir süre sonra tokluk kan glukoz düzeyini aniden azaltmakta ve dolaşımdaki serbest yağ asidi düzeyleri artırmaktadır. (171, 172). Sonuç olarak, yüksek Gİ'li besin tüketimi, düşük Gİ'li besinlere kıyasla kan glukoz düzeyinde dalgalanmaya ve besin alımından kısa bir süre sonra doyumluk hissinin kaybolmasına neden olmaktadır (171, 173). Düşük Gİ'li besinlerin yavaş emilimi, besinin ince bağırsağın distaline ulaşmasına neden olmakta ve böylece hem insülin salınımını

uyaran hem de besin alımını azaltan glukagon benzeri peptid-1 (GLP-1) salınımını artırmaktadır (172). Düşük Gİ'li besinlerdeki glukozun yavaş emilimi, besin alımından sonra daha uzun süreler boyunca tokluk hissinin sürdürülmesi ile ilişkilendirilmiştir (173).

Yüksek kan şekeri dalgalanmaların mitokondriden serbest radikal kaçıışı sonucu, oksidatif strese neden olduğu ve bu durumun insülin direnci, T2DM ve KVH'nin altında yatan patojenik mekanizma olabileceği düşünülmektedir. Postprandiyal hipergliseminin yönetimi ile oksidatif stres, endotel disfonksiyon, trombozla ilişkili faktörler ve düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonun azaltılabileceği rapor edilmiştir (170). Gözlemsel çalışmaların meta analizleri, Gİ ve GY değeri daha yüksek diyetleri diyet lifi alımından bağımsız olarak artan T2DM riski ile ilişkilendirmiştir (174-176). Yüksek Gİ değerine sahip sağlıklı besinlerin (tam tahıl, sebze, meyve) tüketiminin düşük Gİ değerine sahip besinlere kıyasla T2DM riskinde 4 kata kadar artışa neden olabileceği bildirilmiştir (174). Kilolu veya obez bireylerde karbonhidrat alımının yüksek lifli tahıllarla ikame edilmesi T2DM riskini azaltmasına rağmen yüksek GY'nin bu etkiyi ortadan kaldıracabileceği rapor edilmiştir (175). Gİ yüksek bir diyet, T2DM'nin yanı sıra metabolik sendrom (177), KVH (178), safra kesesi hastalıkları; meme, kolorektal (176), endometriyum (179), karaciğer (180) ve akciğer (181) kanseri ve aknegenez (182) ile ilişkilendirilmektedir. Yüksek Gİ içeren diyetlerinin lipogenezde rol oynayan asetil-CoA karboksilaz ve yağ asidi sentazın ekspresyonunu düzenleyerek serum trigliseritlerini, vücut yağ kütlelerini ve karaciğerdeki yağ miktarını attırdığı ve yağ asidi oksidasyonunu baskıladığı bilinmektedir (183).

Metabolik hastalıklara (obezite, metabolik sendrom, diyabet, KVH) sahip bireylerde uzun vadeli düşük Gİ'li beslenme planının açlık kan şekeri, HbA1c düzeyi ve gün içerisinde glisemik dalgalanmada önemli düzeyde azalmaya neden olduğu ve genellikle diğer diyet modellerine (yüksek Gİ diyeti ve diyabetik diyet gibi) kıyasla daha üstün etkiye sahip olabileceği gösterilmiştir (176, 184-186). Ayrıca, düşük Gİ ve GY diyet kalıpları, orta derecede kontrollü tip 1 ve tip 2 diyabette kan lipidleri, adipozite ve inflamasyon hedeflerini iyileştirebilir (185, 187). Randomize kontrollü çalışmalar, gestasyonel diyabetli hastalarda düşük Gİ'li diyetin yenidoğan sonuçları üzerinde olumsuz etkiye sahip olmadan 2 saatlik tokluk glukozunu önemli ölçüde

azalttığını göstermiştir (188, 189). Kanada Diyabet Birliği (11), Birleşik Krallık Diyabet Komitesi (12) ve Diyabet Diyetisyenliği Derneği (13), T2DM ve gestasyonel diyabetin tıbbi beslenme tedavisi kapsamında düşük Gİ değerine sahip karbonhidrat kaynaklarının yüksek Gİ değerine sahip olanlarla değiştirilmesini önermektedir (11-13). Düşük Gİ'li diyetin vücut ağırlığı üzerindeki etkisine dair bulgular yetersiz olmakla birlikte glukoz intoleransı olmayan bireylerde ağırlık kaybı için faydalı olabileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır (185, 190). Ayrıca, sağlıklı bireylerde daha düşük kan basıncının sürdürülmesi (191) ve non-alkolik yağlı karaciğer hastalığı (NAYKH) olan bireylerde NAYKH puanlarının azalması (192) ve polikistik over sendromunun klinik ve biyokimyasal sonuç riskinin azalması veya iyileştirilmesinde (193) etkili olabileceği rapor edilmiştir.

2.3.2. Glisemik İndeksi Etkileyen Faktörler

Besinlerin glisemik yanıtı, besinin kaynağı (194), pişirme ve depolama dahil uygulanan işlemler (147), besin tüketim hızı (195) ve mide boşalma hızı gibi bireysel faktörler (196) ve Gİ ölçüm yönteminden (194) etkilenmektedir. Ayrıca, besine uygulanan işlemler, besinin matrisi (197), nişastanın yapısı (147), amilolitik aktivite (197) gibi besine özgü birçok faktörü değiştirmektedir. Bu nedenle, haşlanmış ve fırınlanmış patatesler gibi aynı besin kaynağından farklı işlemlerle elde edilen son ürünlerin Gİ değerleri önemli farklılıklar gösterebilmektedir (198).

Besinin Kaynağı

Karbonhidratın türü ve nişasta yapısının diyet lifi, yağ, protein ve fenolik bileşenlerin çeşit ve miktarının besinler arasında farklılık göstermesi nedeniyle besinin botanik kaynağı Gİ değerini etkilemektedir (194). Süt ürünleri, baklagiller, sebze ve meyveler genellikle düşük Gİ değerine sahiptir. Tahıl ürünlerinin Gİ değeri ise işleme yöntemine göre düşük, orta veya yüksek olabilmektedir (198). Aynı besinin farklı çeşitleri dahi farklı Gİ değerine sahip olabilir. Örneğin, aynı yöntemle hazırlanan ve analiz edilen pirinç çeşitlerinin Gİ değeri 57,5-76,4, patates çeşitlerinin ise 72,8-83,1 arasında değişebildiği rapor edilmiştir (199, 200). Diğer yandan, hasat edilen bitkinin stres faktörlerine (sıcaklık, nem, ışık, CO₂ ve tuzluluk oranı) maruziyet derecesinin besinin nişasta miktarı, morfolojisi ve amilolitik aktivitesini ve sonuç olarak mahsulün

Gİ değerini etkileyebileceği düşünülmektedir (80). İklim değişikliği sonucu meydana gelen kuraklık stresinin pirinç tanelerindeki amiloz ve DN içeriğini azaltarak pirinçlerin Gİ değerinde artışa neden olduğu gösterilmiştir (201).

Karbonhidrat Türü

Besinin Gİ değeri, besinlerdeki karbonhidratın bileşiminden etkilenmektedir. Sükroz ve laktozun Gİ değeri, glikoza kıyasla daha düşüktür (Tablo 2.3.) (202). Diğer yandan, besinlerdeki serbest şeker miktarı, HSN ve Gİ değeri ile pozitif ilişkilidir (203). Meyvelerin olgunlaşması sırasında nişasta enzimatik hidrolizle sükroz ve indirgen şekerlere (glikoz ve fruktoz) parçalanır. Bu nedenle, olgunlaşmış muza kıyasla ham muzun DN içeriğinin daha fazla ve Gİ değerinin daha düşük olduğu bilinmektedir (204, 205). İlave şeker miktarının Gİ ile ilişkisini inceleyen bir çalışma, sükroz miktarının besinin Gİ değerini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermiştir (149).

Tablo 2.3. Bazı karbonhidratlar ve kaynaklarının Gİ değeri (202, 206).

Karbonhidrat Türü	Gİ	Karbonhidrat Türü	eGI
Glikoz	142	Mısır nişastası, çiğ	48
Fruktoz	86	Pirinç nişastası, çiğ	61
Laktoz	61	Buğday nişastası, çiğ	59
Sükroz	83	Patates nişastası, çiğ	44

Besinlerin ekmeğe göre Gİ ve eGI değerleri belirtilmiştir.

Nişasta sindirilebilirliği, besinin Gİ değeri ile ilişkilendirilmektedir. HSN ile Gİ arasında güçlü pozitif korelasyon gözlenirken YSN ve DN ile Gİ arasında güçlü negatif korelasyon gözlenmiştir (207). DN varlığı, bu fraksiyonun ince bağırsakta sindirilememesinin yanı sıra nişastanın moleküler yapısında sterik engellemeye neden olarak sindirilebilir nişastayı da etkileyebilmekte ve besinin Gİ değerinin azalmasına neden olabilmektedir (194). Nişasta granüllerinin boyutu, amiloz oranı, kristal düzeni ve granülleri çevreleyen besin bileşenleri nişastanın sindirilebilirliğinden sorumludur (73, 84). Besinin amiloz içeriği ve kristallik derecesinin Gİ değeri ile negatif ilişkili olduğu pirinç ve fasulye çeşitlerinde gösterilmiştir (199, 208). Farklı botanik kökene sahip çiğ nişastalarla yapılan bir çalışmada, artan granül boyutunun daha düşük HSN içeriği ve daha yüksek kristal düzeninin artan DN içeriği ile ilişkili olduğu saptanmış ve büyük granül boyutu ve B tipi kristal düzenine sahip patates nişastasının diğer nişasta

kaynaklarına kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük Gİ değerine sahip olduğu rapor edilmiştir (Tablo 2.3.) (206).

Posa

Besinin diyet lifi içeriği ile Gİ değerinin negatif ilişkiye sahip olduğu meta analiz çalışmalarında vurgulanmıştır (194, 209). Çözünen ve çözünmeyen diyet lifleri besinin viskozitesini artırarak mide boşalma ve bağırsak geçiş süresini uzatmakta, nişasta granüllerini sararak amilolitik aktiviteyi engellemekte ve sonuçta emilen karbonhidrat miktarını azaltmaktadır (194, 209-211). Bu nedenle, tahılların saflaştırılması ve kök sebzelerin kabuğunun uzaklaştırılması gibi işlemler, lif içeriğinin azalmasına neden olacağından besinin Gİ değerini artırabilmektedir (212, 213). Sebze gibi lifli bir besinin öğüne ilave edilmesi veya besin hazırlık sürecinde saf diyet lifi ilavesi, besinin Gİ değerini azaltabilmektedir (211, 214).

Protein ve Yağ

Besindeki protein ve yağın varlığı, daha düşük Gİ değeri ile ilişkilendirilmektedir (215). Protein ve yağ mide boşalma hızını yavaşlatmakta (209), granül etrafında sterik bir engel oluşturarak jelatinizasyon ve amilolitik aktiviteyi engellemekte (215), inkretin hormonları ve dolayısıyla insülin sekresyonunu uyarmaktadır (199, 216). Ayrıca, lipid veya protein-lipid ile nişasta arasında oluşan kompleksler amilolitik enzimlerin nişastaya erişimini engellemektedir (112). Örneğin, pirinçten endojen protein ve lipidlerin uzaklaştırılmasının çığ ve pişmiş pirincin eGI değerini anlamlı düzeyde artırdığı rapor edilmiştir (215). Proteinden zengin besinlerin veya yağların hazırlık aşamasında besine ilave edilmesinin doza bağlı olarak besinin glisemik yanıtını ve Gİ değerini azaltabileceği gösterilmektedir (199, 214, 217).

Antinutrientler

Fenolik bileşenlerin α -amilaz ve α -glukosidaz enzimini inhibe ederek nişasta sindirimini azalttığı (194) ve akarboza kıyasla daha güçlü inhibitör etkiye sahip olabileceği bilinmektedir (218). Patates (219) ve pirinç çeşitleri (220) ile yapılan çalışmalarda fenolik bileşenler ile Gİ arasında önemli negatif kolerasyon gösterilmiştir. Baklagiller ve tahıllarda bulunan lektin, fitat ve tanenlerin amilolitik aktiviteyi engelleyerek besinlerin glisemik yanıtını azaltabileceği bildirilmiştir (221-

224). Islatma, filizlendirme, fermentasyon ve pişirme gibi işlemlerin antinutrientlerin düzeyini azaltarak amilolitik aktiviteyi ve besinlerin Gİ değerini artırabileceği gösterilmiştir (221, 223, 225).

Asidite

İn vivo ve in vitro çalışmaların sistematik derlemesinde ekşi maya ilavesinin ekmeğin Gİ değerini yüksekten ortaya düşürebildiği vurgulanmıştır (226). Ekşi hamur fermentasyonu, maya ve laktik asit bakterileri yardımıyla gerçekleşmekte ve başlatıcı kültürün çeşidi Gİ değerindeki azalmayı etkileyebilmektedir (227, 228). Glisemik yanıt üzerindeki olumlu etkiler, ekşi mayadaki organik asitler ile açıklanmaktadır (227). Asetik asit, gecikmiş mide boşalması ve α -amilazın inhibisyonu ile ilişkilendirilirken (229) laktik asidin pişirme sırasında nişasta ve gluten arasındaki etkileşimleri artırdığı ve nişasta sindirilebilirliğini azalttığı düşünülmektedir (227). Öğünün parçası olarak tüketilen sirkenin sağlıklı yetişkinlerde postprandiyal glisemik yanıt üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir (229, 230). Liatis ve ark. (231) ise T2DM'li bireylerde sirke ilavesinin yüksek Gİ'li öğünlerin glisemik yanıtını azaltırken düşük Gİ'li öğünleri önemli ölçüde etkilemediğini göstermiştir.

Uygulanan İşlemler

Nişastadan zengin besinler, tüketimden önce öğütme, soyma, kesme, ıslatma, çimlendirme, fermentasyon ve pişirme gibi birtakım işlemlere maruz bırakılır. Bu işlemler, amilolitik enzimlerin aktivitesini, nişasta granüllerinin morfolojisini ve dolayısıyla sindirilebilirliğini etkileyerek besinin glisemik yanıtını etkileyebilir (223, 225, 232). Tahılların parlatılması (kabuklarının ayrılması) kepek tabakasını uzaklaştırır, tahılların öğütülmesi ise yüzey alanını artırarak nişasta granüllerinin şişmesini kolaylaştırır (225). Bu nedenle, parlatma ve öğütme daha yüksek postprandiyal glisemik yanıtı neden olmaktadır (220, 233). Bununla birlikte, parlatma derecesinin Gİ değeri üzerindeki etkisinin önemli olmayabileceği bildirilmiştir (220). Baklagillerin ıslatılması, antinutrientlerin α -amilaz inhibitör etkisini engelleyerek baklagillerin Gİ değerini artırmaktadır (223). Bir çalışmada, pirincin sıcak suda ıslatmanın daha düşük Gİ değerine neden olduğu gösterilmiştir. Islatmanın etkisi, sıcak suyun endojen lipidler ve nişasta arasında ALK oluşumunu teşvik etmesi ve

oluşan kompleksin pişirme sırasında nişastanın jelatinizasyonunu sınırlaması ile açıklanmıştır (232). Filizlendirme, besinlerin tanen ve fitik asit gibi antinutrient düzeyini azaltmakta fenolik bileşikler, diyet lifi ve diğer biyoaktif bileşiklerin düzeyini ise artırmaktadır (225). Baklagillerin filizlendirilmesi, azalan antinutrient düzeyleri nedeniyle besinin Gİ değerini artırabilmektedir (225, 234). Tahılların filizlendirilmesi ise fenolik içeriğinin artışına bağlı α -amilaz ve α -amiloglukosidaz aktivitesini inhibe etmekte ve besinin Gİ değerini azaltabilmektedir (197, 235). Meyvelerin kurutulması, meyvenin Gİ değerini azaltabilmektedir (236). T2DM'li bireylerde kuru üzümün çekirdeksiz taze üzüme göre daha düşük glisemik yanıtı neden olduğu gösterilmiştir (237). Ayrıca, sıcak havada daha yüksek sıcaklıkta kurutmanın güneşte kurutmaya kıyasla daha düşük Gİ değerine neden olduğu gösterilmiştir (238). Kök sebzelerin kabuğu etine kıyasla daha düşük Gİ değerine sahiptir. Bu nedenle, soyma işlemi Gİ değerinde artışa neden olabilmektedir (213, 239). Ezme, doğrama veya şekil verme işlemlerinin besinin Gİ değerinde genellikle bir önemli değişime neden olmadığı rapor edilmiştir (150, 239, 240). Ancak patates ile yapılan çalışmalar, püre haline getirmenin ve patates çubuklarına kıyasla cips formunda kızartmanın daha yüksek Gİ değerine neden olduğunu göstermiştir (22, 236).

Pişirme

Pişirme, nişastanın jelatinizasyonuna ve diğer yapısal değişimlerine neden olarak nişastanın sindirilebilirliğini artırmaktadır (22, 143). Bu nedenle, pişmiş besinlerin Gİ değeri daha yüksektir ve jelatinizasyon derecesi glisemik yanıtla ilişkilidir (200). Pişirme ortamının nemi, besine uygulanan sıcaklık ve süre uygulanan pişirme yöntemine göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, farklı ısıl işlemler nişasta sindirilebilirliğini ve dolayısıyla besinin Gİ değerini etkileyebilmektedir (145, 241). Örneğin, pirinç (241) ve glutensiz kurabiyelerin (242) daha düşük sıcaklıkta ve daha uzun süre pişirilmesinin daha düşük Gİ değeri ile sonuçlanabileceği gösterilmiştir. Bir çalışmada, aynı sıcaklıkta artan pişirme süresinin artan jelatinizasyon nedeniyle daha yüksek Gİ değerine neden olabileceği gösterilirken başka bir çalışmada, daha uzun süre pişirmenin önemli farklılığa neden olmadığı gösterilmiştir (150, 243).

Farklı pişirme yöntemlerinin besinin glisemik yanıtı üzerindeki etkisine dair kanıtlar çelişkilidir. Acı baklagil unu ilave edilmiş cipsler (244), yam çeşitleri (245, 246), tatlı patates (213), mercimek (247), muz (248) ve pirince (249) uygulanan kuru ve nemli ısıtma işlemlerinin besinin Gİ değerinde önemli farklılıklara neden olmadığı gösterilmiştir. Patates, tatlı patates, pirinç, amarant ve erişte gibi besinlerin incelendiği çalışmalar ise pişirme yönteminin önemli düzeyde farklı Gİ değerine neden olduğunu göstermiştir (18, 145, 250-254).

Farklı nişasta kaynakları ile yapılan çalışmalar, fırınlama ve odun kömüründe pişirmenin derin yağda kızartma ve haşlamaya kıyasla daha yüksek Gİ değerine neden olduğunu ve haşlamanın en düşük Gİ değerine sahip olduğunu göstermiştir (250-252, 255). Kaynatmanın daha düşük Gİ değeri ile sonuçlanması, kaynatma sırasında ısıtma işlemi sonucu serbest şekere parçalanan nişastanın suya sızması ile açıklanmaktadır (250, 251). Ancak bu bulguların aksine, derin yağda kızartılmış ve az yağda karıştırarak kızartılmış besinlerin sulu ısıtma işlemleri ve mikrodalgada ısıtma ve kavurma gibi kuru ısıtma işlemlere kıyasla daha düşük Gİ değerine neden olduğunu gösteren çalışmalar da vardır (145, 253). Kızartılmış besinlerin daha düşük Gİ değerine sahip olması besindeki yağ ve ALK oluşumu ile ilişkilendirilmektedir (251). Kaynatma, buharda pişirme, mikrodalgada pişirme, az yağda karıştırarak kızartma ve derin yağda kızartma yöntemleri ile pişirilen eriştelerde karıştırarak kızartılmış örneklerin diğer yöntemlere kıyasla daha fazla DN içerdiği, ancak mikrodalgada pişirme ve derin yağda kızartmaya kıyasla daha yüksek Gİ değerine sahip olduğu gösterilmiştir. Besinin DN içeriği ve tahmini Gİ değeri arasındaki ilişki hakkında bildirilen çelişkili sonuçlar, analiz prosedürlerinin farklılığı ile açıklanmıştır (145).

Pişirme yöntemleri fenolik madde içeriğinde farklılığa neden olarak besinin glisemik yanıtını etkileyebilmektedir (205, 254). Kaynatılan ve kızartılan ekmek meyveleri incelendiğinde, kızartılmış örnekte daha yüksek miktarda DN saptanmasına rağmen daha yüksek eGI değerine sahip olduğu gösterilmiş, kaynatma ile toplam fenolik maddenin daha fazla arttığı ve artan toplam fenolik madde içeriğinin besinin α -amilaz aktivitesinin inhibe ettiği rapor edilmiştir (254). Sunitra ve ark. (205) ise, haşlanmış muzların kömür ateşinde kavrulmuş muzlara kıyasla daha fazla tanen içerdiği ve tanen içeriğinin amilolitik aktiviteyi sınırlayarak daha düşük Gİ değerine neden olduğunu göstermiştir.

Depolama ve Servis Sıcaklığı

Piştirilen besinlerin depolanması, nişastanın retrogradasyonuna, tip 3 DN içeriğinin artışına ve Gİ değerinin azalmasına neden olmaktadır (147). Artan saklama süresi (256) ve buzdolabı yerine oda sıcaklığında depolama (147), Gİ değerinin daha fazla azalması ile sonuçlanabilmektedir. Teff ekmeklerinin incelendiği bir çalışmada, 1-2 gün depolamanın ekmeklerin Gİ değerini düşük veya orta sınıfa düşürmek için yeterli olduğu gösterilmiştir (256). Depolanan patateslerin yeniden ısıtılmasının patatesin Gİ değerini artırdığı, ancak taze pişmiş besine göre önemli ölçüde daha düşük Gİ değerine neden olduğu gösterilmiştir (239). Besinin çeşidi ve uygulanan diğer işlemler, retrogradasyonun kapsamını ve Gİ değeri üzerindeki etkisini değiştirebilmektedir (200, 256).

Besin Tüketim Hızı

İn vitro sindirim modelleri, besinin artan partikül boyutunun nişasta sindirilebilirliğini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (257). Bu nedenle, artan çiğneme süresi ve sayısı, alınan besinin partikül boyutunu küçülterek ilk 30 dakikada daha yüksek glisemik yanıtı neden olabilmektedir (258, 259). Diğer yandan, artan çiğneme ve oral maruziyet süresinin artan erken glikoz emilimi ile daha fazla insülin ve tokluk tepkilerini destekleyebileceği gösterilmiştir (260). Bireylerin elle, çubukla ve kaşıkla pirinç tüketiminin kıyaslandığı bir çalışmada, çubuk kullanımının diğer yöntemlere kıyasla lokma başına çiğneme süresi ve sayısını azalttığı, porsiyon başına tüketim süresini artırdığı ve kaşığa göre daha düşük Gİ değerine neden olduğu rapor edilmiştir (261).

Bireysel Faktörler

Bireylerin fizyolojik ve genetik özellikleri ve mikrobiyomlarındaki farklılıklar, besine verilen postprandiyal glisemik yanıtta varyasyonlara neden olabilmektedir (85). Daha genç bireylerin ve kadınların tokluk glikoz yanıtı, daha yaşlı bireylere ve erkeklere kıyasla daha düşük olabilmektedir (262, 263). Ancak, genç bireyler arasında cinsiyetin önemli bir rolü olmadığı bildirilmiştir (263). Etnik köken, glukoz tolerans durumu ve beden kütle indeksinin ise besinin glisemik yanıtında genellikle önemli bir etkisi olmadığı bilinmektedir (166, 264, 265). Artan mide boşalma hızının erken

glukoz yanıtını ve 120 dakika içindeki kan glukoz eğrisinin altında kalan artan alanı artırdığı bilinmektedir. Mide boşalma hızının glisemik yanıt üzerindeki etkisinin glukoz intoleransı olan ve T2DM'li bireylerde daha belirgin olduğu bildirilmiştir (196). Fiziksel egzersizin ertesi gün kas glikoz alımını artırarak ve 48 saat boyunca insülin duyarlılığını iyileştirerek daha düşük tokluk glukoz yanıtına neden olduğu bilinmektedir (166, 266). Alkol tüketimi, test besinin tüketiminden önceki gün alınan besinlerin DN, karbonhidrat ve yağ miktarı, stres durumu gibi diğer bireysel faktörler de besinin glisemik yanıtını etkileyebilmektedir (166).

2.3.3. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Patatesin Glisemik İndeks Değerine Etkisi

Farklı hazırlama ve pişirme yöntemlerine bağlı olarak patatesin Gİ değeri in vivo analizlere göre 63-114 (18-20) ve in vitro analizlere göre 56-108 (21-23) arasında değişmektedir. Diğer bir deyişle, pişmiş patatesler orta ve yüksek Gİ değerine sahiptir. Patatesle yapılan çalışmalar, en düşük glisemik yanıtın kızartma yöntemlerinde, en yüksek glisemik yanıtın ise haşlama gibi sulu ısıtma işlemleri ile elde edildiğini göstermiştir (18-23, 267). Tian ve ark. (18), kaynatılmış patatesin farklı yöntemlerle kızartılan patateslere kıyasla daha yüksek hücre duvarı hasarı, nişasta jelatinizasyonu ve Gİ değerine sahip olduğunu göstermiştir, derin yağda ve az yağda karıştırılarak kızartılan patateslerin SEM görüntülerinde hücre duvarı bileşenlerinin (selüloz, pektin gibi) parçalanmadığı ve nişasta granüllerinin çevresinde bal peteğine benzer yapıların bulunduğu göstermiş ve bu yapıların Gİ değerini azalttığını ortaya koymuştur. Singh ve ark. (21), mikrodalgada pişirilen patateslerin haşlananlara benzer Gİ değerine sahip olduğunu; Soh ve ark.(240) ise mikrodalgada ve fırında pişirmenin veya haşlamanın patatesin Gİ değerini değiştirmediğini ortaya koymuştur. Haase ve ark. (23) ise farklı pişirme yöntemlerinin neden olduğu glisemik yanıtın kullanılan patates türünden etkilenebileceğini bildirmiştir. Isıtma işlemi öncesi yağ ilavesinin ise fırınlanmış patateslerin glisemik yanıtını düşürdüğü ve patates kızartmasına benzer bir Gİ değerine neden olduğu gösterilmiştir (20). Yeni bir yöntem olan airfryer ile kızartılmış patateslerin glisemik yanıtına yönelik veriler ise sınırlıdır. Feng ve ark. (268), karışık bir öğünün parçası olarak tüketilen airfryer ile pişirilmiş tavuk ve patates karışımının 7 saatlik kan glukoz yanıtının derin yağda kızartılan tavuk ve patates tüketimine benzer

olduğunu göstermiştir, ancak çalışmada pişirilen patateslerin Gİ değeri belirlenmemiştir.

2.3.4. İlave Edilen Yağın Besinin Glisemik İndeks Değerine Etkisi

Piştirme öncesinde, sırasında veya sonrasında yağ ilavesinin besinin glisemik yanıtını düşürdüğü bilinmektedir (199, 269, 270). Bu etki, mide boşalma zamanının uzaması, ALK oluşumu ve inkretin hormonların artışı ile açıklanmaktadır (199, 271). Ancak insüline bağımlı olmayan T2DM'li bireylerde insülin direncinin varlığı, yağ ilavesi sonucu inkretin hormonlarının neden olduğu hipoglisemik etkiyi gösteremeyebilir. Bu nedenle, insüline bağımlı olmayan T2DM'li bireylerin tükettiği besinlere yağ ilave edilmesi besinin glisemik yanıtını düşürmede önemli bir etkiye sahip olmayabilir (151).

İlave edilen yağ türünün glisemik yanıt üzerindeki etkisine dair veriler çelişkilidir. Bazı çalışmalar, farklı yağ türlerinin glisemik yanıt üzerinde önemli bir etkisi olmadığını gösterirken (14, 272-275) diğer çalışmalarda, ilave edilen yağ türünün içerdiği yağ asitlerinin zincir uzunluğu ve doymamışlık derecesinden önemli ölçüde etkilendiği gösterilmiştir (17, 199, 269, 276-279). Dahası, yağ türünün glisemik yanıt üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu gösteren çalışmaların sonuçları da çelişkilidir. İn vivo ve in vitro çalışmalarda, zeytinyağı, tereyağı ve ghee yağı kullanımının besinin glisemik yanıtını benzer düzeyde azalttığı ve bu yağların çoklu doymamış yağ asitlerinden (ÇDYA) ve orta zincirli yağ asitlerinden zengin yağlara kıyasla tokluk kan glukoz yanıtını daha fazla azalttığı gösterilmiştir (17, 269, 276, 277, 280). Diğer yandan, pirinç ve patates püresi içeren öğünlere ÇDYA'dan zengin yağ ilavesinin tekli doymamış yağ asitlerinden (TDYA) zengin yağlara kıyasla glisemik yanıtı daha fazla azaltabileceği gösterilmiş, başka bir çalışmada ise ÇDYA ve TDYA'nın glisemik yanıt üzerinde benzer etkilere sahip olabileceği rapor edilmiştir (278, 279). Çalışmalar arasındaki farklılıkların kullanılan metodolojiden kaynaklandığı düşünülmektedir (273). Diğer yandan, yağın ilave edildiği aşama glisemik yanıt üzerinde önemli olabilmektedir. Bulgular net olamamakla birlikte piştirme sırasında pirince yağ ilavesinin piştirme öncesinde ve piştirme sonrasında ilave edilmesine kıyasla besinin Gİ değerini daha fazla düşürdüğü gösterilmiştir (199, 269).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Araştırma Laboratuvarlarında Eylül 2022- Ağustos 2023 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir.

3.1. Materyal

Patates türü olarak kızartılmaya uygun olan Agria türü patatesler bir üreticiden temin edilmiş ve tüm test besinleri aynı tarla ve hasat zamanına ait patatesler ile hazırlanmıştır. Ayçiçek yağı, kanola yağı, zeytinyağı ve tereyağı yerel bir marketten temin edilmiştir. Satın alınan sıvı yağlar ve patatesler, oda sıcaklığında kuru ve karanlık bir ortamda muhafaza edilmiştir. Tereyağı ise, +4°C’de depolanmıştır.

Farklı pişirme yöntemleri için çelik fritöz (Tefal, Principio), fırın (Beko, 4701E) ve airfryer (Kiwi, KAF 5515) kullanılmıştır. Analizlerde başlıca çalkalamalı su banyosu (Mommert, Schuzart, Germany), santrifüj (Nuve, NF 12000 R), vorteks (MX-S, Dragon lab), UV spektrofotometre (Synergy HTX, Biotek), nem tayin cihazı (Sartorius MA 150) ve kül fırını kullanılmıştır.

3.2. Kimyasallar

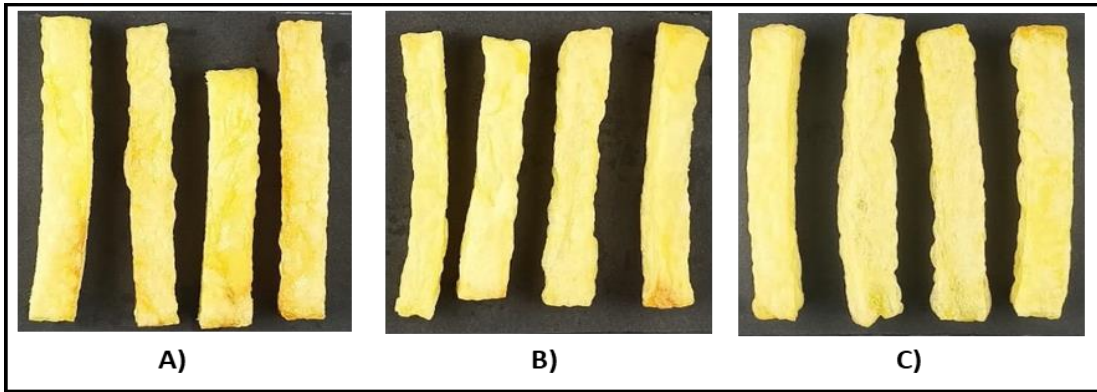
Analizler sırasında pankreatin (Sigma Aldrich), invertaz (Sigma Aldrich), amiloglukosidaz (Megazyme, 3300 U/L), AMG/PAA karışımı (Megazyme, K-DSTRS), GOPOD enzimi ve tamponu (Megazyme, K-GLUC), etanol (Isolab, Germany), glasiyel asetat (Isolab, Germany), kalsiyum klorür dihidrat (Sigma Aldrich), kalsiyum klorür anhidroz (Merck, Germany), sodyum asetat trihidrat (Sigma Aldrich), sülfürik asit (Merck, Germany), sodyum hidroksit (Merck, Germany), maleik asit (Sigma Aldrich), toluen (Isolab, Germany), Zn parçası (Merck, Germany), sodyum tiyosülfat (Merck, Germany), sodyum sülfat (Isolab, Germany), dietil eter (Emsure, Merck), Kjeldahl katalizörü (Merck, Germany) ve borik asit (Merck, Germany) kullanılmıştır.

3.3. Örneklerin Hazırlanması ve Pişirme Süreci

Airfryer ve fırında pişirme yöntemleri, derin yağda kızartmaya alternatif yöntemler olarak incelenmiştir. Airfryer ile pişirme, besinin yağa daldırılması yerine, besinin etrafında dolaşım halinde olan sıcak hava ve yağ parçacıklarının yardımı ile

patateslerin eşit düzeyde az miktarda yağ ile pişmesini ve kızarmasını sağlamaktadır (90).

Farklı yöntemlerle benzer duyu özelliklere sahip kızarmış patateslerin elde edilmesi amacıyla ön denemeler yapılmıştır. Derin yağda kızartma yöntemi için kullanılan fritözün (Tefal, Principio) kullanım talimatlarına uygun olarak 190°C’de 12 dakika boyunca kızartma yapılması planlanmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar dikkate alınmış, airfryer ve fırında pişirme yöntemleri için patateslerin 180°C sıcaklığa ulaşan cihazda 30 dk boyunca pişirme yapılması planlanmıştır (90, 251, 281, 282). Pişirme derecelerinin benzerliği Gökmen ve ark. (283) tarafından belirtilen bilgisayarla görme tabanlı görüntü analizi ile renk ölçümleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca, patateslerin görüntüsü ve dokusu (renk, pişirmenin homojenliği ve kabuk oluşumu) subjektif olarak incelenmiştir. Pişirilen patateslerin görüntüsü ve dokusu incelendiğinde airfryer ile pişirme yöntemi için planlanan sıcaklık ve sürenin diğer yöntemlere benzer patateslerle sonuçlanmadığı saptanmış ve airfryer ile pişirme protokolü değiştirilmiştir (Ek-2’de pişirilen patateslerin görüntüsü ve dokusu gösterilmiştir). Patateslerin renk ölçümleri, görüntüsü ve dokusuna göre 200 °C’de 30 dakika airfryer ile pişirmenin diğer pişirme yöntemlerine (190°C’de 12 dk derin yağda kızartma; 180°C fırında 30 dk pişirme) benzer pişme derecesine sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 3.1., Tablo 3.1., Ek-2).



Şekil 3.1. Ayçiçek yağı kullanılarak farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin görüntüleri: A) Derin yağda kızartma, B) Airfryer ile pişirme, C) Fırında pişirme.

Tablo 3.1. Farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin renk değerleri.

Piştirme yöntemi	L	a*	b*
Derin yağda kızartma	91	-7	49
Fırında piştirme	94	-9	42
Airfryer ile piştirme	92	-8	47

L değerinin 0'dan 100'e doğru artışı rengin siyahtan beyaza geçişini; a* değerinin artışı rengin yeşilden kırmızıya ve b* değerinin artışı rengin maviden sarıya geçişini temsil etmektedir.

Tüm patatesler akan su altında yıkanıp kabukları soyulmuş ve peçete ile kurulanmıştır. Bir patates dilimleyicisi ile $5,5\pm 0,5$ cm uzunlukta ve 1x1 cm kalınlıkta çubuklar şeklinde dilimlenmiştir.

Tüm piştirme yöntemleri ayçiçek yağı, kanola yağı, zeytinyağı ve tereyağı ile denenmiştir.

Kızartma yöntemlerinde yağ seçimini etkileyen faktörlerden biri olan dumanlanma noktası, tereyağı için yaklaşık 177°C 'dir (284). Yağın dumanlanma noktası üzerindeki piştirme yöntemleri trigliseritlerin hidrolizine, akrolein oluşumuna ve akciğer toksisitesi gibi sağlık sonuçlarıyla ilişkilendirilen ince partikül maddeler oluşumuna neden olmaktadır (285-287). Bu nedenle dumanlanma noktası 200°C 'den daha az olan yağlar derin yağda kızartma için uygun değildir (285). Diğer yandan, tereyağı Türkomp Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı'na göre %15.62 su içermektedir (288). Trigliseritlerin daha hızlı hidrolize olmasına neden olacağından %0.1'den daha yüksek neme sahip yağların derin yağda kızartma için uygun olmadığı bildirilmektedir (289). Bu nedenle, derin yağda kızartma yönteminde tereyağı kullanılmamıştır.

Patatesler, aşağıda belirtildiği gibi hazırlanmıştır.

Derin Yağda Kızartılmış Patatesler: Dilimlenmiş patatesler, önceden yağ sıcaklığı 190°C 'ye ulaşan (cihazın sensörü kullanılmıştır) fritöze 12 dk boyunca daldırılmıştır. Kullanılan yağ miktarı piştirme aracının kullanım talimatlarına göre belirlenmiştir. Pişmiş patatesler, yağdan alınarak fazla yağın giderilmesi amacıyla 5 dakika boyunca fritöz sepeti içerisinde tutulmuştur.

Fırında Pişirilmiş Patatesler: Dilimlenmiş patatesler, fırça yardımıyla yağ ile (5 ml/100 g) kaplanmıştır, yağlı kağıt serilmiş bir tepsiye eşit aralıklarla dizilmiş ve 15 dakika boyunca önceden ısıtılan 180°C fırında 30 dk pişirilmiştir. Tüm patateslerin eşit düzeyde pişmesini sağlamak amacı ile patatesler tepsiye eşit aralıklarla dizilmiş

ve turbo mod ile pişirme yapılmıştır. Pişen patatesler, yağlı kağıt ile tepsiden ayrılarak 5 dakika boyunca bekletilmiştir.

Airfryer ile Pişirilmiş Patatesler: Dilimlenmiş patatesler, fırça yardımıyla yağ ile (5 ml/100 g) kaplanmıştır. Sıcaklığı önceden 200°C'ye ulaşan (cihazın sensörü kullanılmıştır) airfryer haznesine yerleştirilerek 30 dk boyunca pişirilmiştir. Pişmenin homojen olabilmesi için belirli aralıklarla (10., 20. dk ve pişirme sonunda) airfryer haznesi çıkarılarak sallanmıştır. Pişen patatesler, airfryerden alınarak 5 dakika boyunca airfryer haznesinde bekletilmiştir.

Tablo 3.2. Farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin hazırlanması.

Test besini	İlave edilen yağ türü	Kullanılan yağ miktarı	Çiğ çubuk patates miktarı	Sıcaklık	Süre
Derin yağda kızartma	AY/KY/ZY	275 ml/100 g	400 g	190°C	12 dk
Fırında pişirme	AY/KY/ZY/TY	5 ml/100 g	300 g	180°C	30 dk
Airfryer ile pişirme	AY/KY/ZY/TY	5 ml/100 g	300 g	200°C	30 dk

AY: Ayçiçek yağı, KY: Kanola yağı, ZY: Zeytinyağı, TY: Tereyağı

Her bir yöntemle pişirilen patateslerin ağırlığı 10. dakikada bir mutfak terazisi ile tartılmıştır. Nişasta fraksiyonları ve tahmini glisemik indeks tayini için örneklerin bir kısmı -18°C'de dondurularak liyofilize edilmiş ve daha sonra endüstriyel bir karıştırıcı ile toz haline gelene kadar öğütülmüştür. Sindirim uygulanacak örneklerin tamamının eşit düzeyde retrograde olmasını sağlamak için tüm örnekler pişirildikten sonra 15. dakikada dondurucuya yerleştirilmiştir. Örneklerin bir kısmı ise proksimet analizler için homojenize edilerek (nem tayini için ayrılan örnek hariç) -18°C'ye kaldırılmıştır. Tüm patatesler 2x2 tekrarlı pişirilmiştir (bir günde 2 tekrarlı pişirilen patatesler karıştırılmış ve 2 farklı günün örnekleri analiz edilmiştir).

Gİ tayini için beyaz ekmek referans besin olarak kullanılmıştır. Yerel bir marketten (Halk Ekmek, Ankara) 3 adet beyaz ekmek üretildiği sabah satın alınıp dilimlenerek dondurulmuştur. Diğer örneklerle birlikte liyofilize ve homojenize edilmiştir.

3.4. Analizler

3.4.1. Proksimet Tayini

Test besinlerinin proksimet analizleri homojenize edilmiş yaş örneklerle 4 tekrarlı çalışılmış ve elde edilen değerler ağırlık/ağırlık bazında % olarak ifade edilmiştir. Nem tayini, test besinleri pişirildikten sonra 15. dakikada, Sartorius MA150 nem tayin cihazı ile yapılmıştır (290). Kül miktarı, Resmi Tarımsal Kimyagerler Derneği (AOAC) 923.03 yöntemine göre test besinleri kül fırınında 550 °C’de 4 saat yakılarak belirlenmiştir (290). Yağ miktarı, Soxhlet metodu ve toplam protein analizi Kjeldahl metodu ile gerçekleştirilmiştir. AOAC 960.52 Nitrogen-Micro Kjeldahl Methodu ile test besinlerinin azot miktarı belirlenmiş ve azot miktarı üzerinde dönüşüm faktörü uygulanarak (6,25) protein miktarı tayin edilmiştir (290).

3.4.2. Nişasta Tayini

Nişasta türlerinin tayini için Megazyme Sindirilebilir ve Dirençli Nişasta Analiz Kit’i (K-DSTRS) ve önerilen protokolü (93) kullanılmıştır. Liyofilize ve homojenize edilmiş örneklerdeki nişasta, PAA/AMG çözeltisi ile 37 °C’de 240 dk boyunca sindirilmiştir. Sindirilebilir nişasta fraksiyonlarının tayini için 20. dk, 120. dk ve 240. dk örnekleri toplanmıştır. Enzime dirençli nişastanın tayini için ise 240. dk’da inkübe edilen örnek çıkarılarak etanolla yıkanmış ve sindirilmiş nişastadan arındırılmıştır. Sindirilebilir ve dirençli nişasta örneklerindeki maltoz kalıntıları AMG çözeltisi ile parçalanmıştır. Elde edilen hidrolizatlardaki glukoz GOPOD solüsyonu içeren çözelti ile okside edilmiş ve oluşan renk spektrofotometrede glukoz standardına karşı okunmuştur. Elde edilen absorbanslar ile nişasta fraksiyonları yağsız kuru ağırlık bazında % glikoz olarak hesaplanmıştır. Her test besini 4 kez analiz edilmiş (dublike hazırlanan örneklerin her biri dublike analiz edilmiştir) (93) ve ortalaması değerlendirilmiştir. Analiz protokolü Ek-1’de detaylı olarak belirtilmiştir.

HSN: 20.dk’da sindirilen glukoz miktarı (%)

YSN: 20. dk ve 120.dk arasında sindirilen glukoz miktarı (%)

TSN: 240.dk’da sindirilen glukoz miktarı (%)

DN: 240.dk’da glukozla sindirilmeyen enzime dirençli nişastadaki glukoz miktarı (%)

TN: Besinde bulunan toplam nişastadaki glukoz miktarı (%)

3.4.3. Nişasta Hidrolizi ve Tahmini Glisemik İndeks (eGI) Tayini

eGI tayini için referans besin olarak beyaz ekmek kullanılmıştır. Test besinleri ve referans besin Englyst ve ark. (86) tarafından önerilen protokole göre sindirilmiştir. 100 mg örnek pankreatin, AMG ve invertaz içeren bir solüsyonla 180 dk inkübe edilmiştir. 0., 10., 20., 30., 60., 90., 120. ve 180. dakikada sindirilen örnekler GOPOD reaktifi ile inkübe edilmiştir. Oluşan renk spektrofotometrede glukoz karşı okunmuştur. Elde edilen glukoz konsantrasyonları ile, Goni ve ark. (160) tarafından belirtilen denklikler kullanılarak, HI90 (90. Dakikadaki hidroliz indeksi) ve ekmeğe göre Gİ (eGI (ekmek)) değerleri hesaplanmıştır. eGI (ekmek) değeri 0,7 ile çarpılarak, glukoz göre Gİ (eGI (glukoz)) değerleri elde edilmiştir (236). Her test besini 4 kez analiz edilmiş (dublike hazırlanan örneklerin her biri dublike analiz edilmiştir) ve ortalaması değerlendirilmiştir. Analiz protokolü Ek-1’de detaylı olarak belirtilmiştir.

3.4.4. Patateslerin Tahmini Yağ Asidi Kompozisyon İçeriklerinin Hesaplanması

İlave edilen yağların yağ asidi kompozisyonu, yağların sağlandığı firmalardan temin edilmiştir. Tereyağının yağ asidi kompozisyonu, satın alınan firmanın bilgilerine ulaşamadığından Türkiye’de piyasada bulunan besinlerin veri tabanını içeren Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı’ından (291) elde edilmiştir. Yağların yağ asidi kompozisyonu Ek-2’de verilmiştir. Pişmiş patateslerin tahmini yağ asidi miktarları, besinin kuru maddedeki yağ miktarı (%) üzerinden aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmıştır (Eşitlik 3.4).

Test besinin tahmini yağ asidi miktarı (%) =

$$\frac{\text{ilave edilen yağdaki yağ asidi miktarı (\%)} \times \text{kuru maddedeki yağ miktarı (\%)}}{100} \quad (3.4.)$$

$$\text{Kuru maddedeki yağ miktarı (\%)} = \frac{100 * \text{kuru madde miktarı (\%)}}{\text{test besinin toplam yağ miktarı (\%)}}$$

3.5. Verilerin İstatistiksel Değerlendirmesi

Elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for Social Sciences) paket programına girilmiştir. Yapılan normallik analizlerine göre parametrik veya parametrik olmayan testler kullanılmıştır. İki farklı besin bağımsız örneklem t-testi ile

karşılaştırılmıştır. İki'den fazla besin, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılmış ve post-hoc analizleri Duncan çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır. Yağ asidi kompozisyonu ile nişasta sindirilebilirliği arasındaki ilişki spearman's korelasyon katsayısı ile hesaplanmıştır. Anlamlılığın sınıanmasında p değeri %95 güven aralığı ile 0,05 olarak temel alınmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Pişmiş Patateslerin Proksimet İçerikleri

Farklı yöntemlerle hazırlanan patateslerin proksimet içerikleri Tablo 4.1.'de verilmiştir. Derin yağda kızartılan patateslerin nem içeriği %44,08-%45,82; kül içeriği %1,98-%2,12; protein içeriği %2,92-%3,42; yağ içeriği %8,63-%8,97 arasında değişmektedir. Airfryer ile pişirilen patateslerin nem içeriği %51,74-%52,95; kül içeriği %1,83-%1,96; protein içeriği %2,66-%3,36; yağ içeriği %3,45-%3,88 arasında değişmektedir. Fırında pişirilen patateslerin nem içeriği %39,65-%43,97; kül içeriği %2,42-%2,59; protein içeriği %3,53-%4,09; yağ içeriği %3,67-%4,74 arasında değişmektedir.

Tablo 4.1. Pişmiş patateslerin proksimet değerleri.

	Nem (%) ($\bar{x} \pm SS$)	Kül (%) ($\bar{x} \pm SS$)	Protein (%) ($\bar{x} \pm SS$)	Yağ (%) ($\bar{x} \pm SS$)
AD	45,82±0,54 ^{aA}	1,98±0,29 ^{bA}	2,92±0,13 ^{aA}	8,97±0,13 ^{bA}
KD	45,26±0,75 ^{bA}	2,08±0,07 ^{aA}	3,42±0,23 ^{aB}	8,63±0,19 ^{bA}
ZD	44,08±1,60 ^{bA}	2,12±0,06 ^{bA}	3,07±0,18 ^{aAB}	8,89±0,27 ^{cA}
AA	52,95±0,84 ^{bA}	1,83±0,01 ^{aA}	2,66±0,02 ^{aA}	3,74±0,14 ^{aA}
KA	52,78±0,38 ^{cA}	1,96±0,08 ^{aA}	3,15±0,15 ^{aBC}	3,55±0,27 ^{aA}
ZA	51,74±1,30 ^{cA}	1,83±0,11 ^{aA}	3,36±0,15 ^{aC}	3,88±0,20 ^{aA}
TA	56,50±0,59 ^{bB}	1,86±0,54 ^{bA}	2,79±0,13 ^{aAB}	3,45±0,13 ^{aA}
AF	43,97±1,30 ^{aA}	2,42±0,03 ^{cA}	3,57±0,09 ^{bA}	3,67±0,15 ^{aA}
KF	40,09±0,95 ^{aA}	2,59±0,05 ^{bA}	4,09±0,07 ^{bA}	4,23±0,19 ^{aA}
ZF	39,65±0,51 ^{aA}	2,58±0,09 ^{cA}	3,53±0,76 ^{aA}	4,74±0,19 ^{bA}
TF	43,70±2,02 ^{aA}	2,45±0,09 ^{aA}	3,71±0,04 ^{bA}	4,47±0,13 ^{bA}

AD: Ayçiçek yağı ile derin yağda kızartılmış patates, KD: Kanola yağı ile derin yağda kızartılmış patates, ZD: Zeytinyağı ile derin yağda kızartılmış patates, AA: Ayçiçek yağı ile airfryer ile kızartılmış patates, KA: Kanola yağı ile airfryer ile kızartılmış patates, ZA: Zeytinyağı ile airfryer ile kızartılmış patates, TA: Tereyağı ile airfryer ile kızartılmış patates, AF: Ayçiçek yağı ile fırınlanmış patates, KF: Kanola yağı ile fırınlanmış patates, ZF: Zeytinyağı ile fırınlanmış patates, TF: Tereyağı ile fırınlanmış patates

Gruplar arasındaki fark tek yönlü ANOVA ile test edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir.

Aynı sütun içerisinde farklı küçük harflerle (a-c) gösterilen değerler aynı yağ türü kullanılan örnekler içerisinde pişirme yöntemi açısından Duncan testine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılığı tanımlar.

Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle (A-C) gösterilen değerler aynı pişirme yöntemi uygulanan örnekler içerisinde yağ türü açısından Duncan testine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılığı tanımlar.

En yüksek nem içerikleri airfryer ile pişirilen patateslerde, en düşük nem içerikleri fırınlanan patateslerde gözlenmiştir. Derin yağda kızartılmış patateslerin, airfryer ve fırında pişirilene kıyasla daha yüksek miktarda yağ içeriğine sahip

olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). En yüksek kül ve protein oranlarının fırınlanmış örneklerde olduğu saptanmıştır. Pişirme ile çubuk patateslerde meydana gelen ağırlık ve nem miktarının değişimi EK-3'te gösterilmiştir.

4.2. Pişmiş Patateslerin Nişasta İçerikleri

Farklı yağ türleri ilave edilerek farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin nişasta fraksiyonlarının (HSN, YSN, TSN, DN, TN) yağsız kuru maddedeki miktarı (%) Tablo 4.2. ve 4.3.'te verilmiştir. Aynı pişirme yöntemleri içerisinde ilave edilen farklı yağ türlerinin nişasta fraksiyonlarına etkisi Tablo 4.2.'de, aynı yağ türü ilave edilen örnekler içerisinde farklı pişirme yöntemlerinin nişasta fraksiyonlarına etkisi Tablo 4.3.'te gösterilmiştir.

Derin yağda kızartılan patateslerin HSN, YSN ve DN içerikleri sırasıyla %50,02-%64,32; %4,05-%17,33; %1,49-%2,45 arasında değişmektedir. Airfryer ile pişirilen patateslerin HSN, YSN ve DN içerikleri sırasıyla %49,15-%61,81; %4,38-%18,79; %1,83-%3,08 arasında değişmektedir. Fırında pişirilen patateslerin HSN, YSN ve DN içerikleri sırasıyla %51,07-%66,05; %1,38-%14,43; %0,81-%2,39 arasında değişmektedir. Bütün pişirme yöntemlerinde YSN, HSN ve DN miktarı, kullanılan yağ türünden önemli düzeyde etkilenmiştir ($p<0,01$). Her pişirme yöntemi içerisinde ayçiçek yağı kullanılan örnekler, diğer yağ türlerinin kullanıldığı örneklerle kıyasla daha düşük miktarda HSN, daha yüksek miktarda YSN ve DN içermektedir ($p<0,05$). Yalnızca fırınlanan örnekler içerisinde ayçiçek yağı ilavesi, tereyağı ilavesine benzer DN miktarına sahiptir ($p>0,05$). Airfryer ile pişirilen patateslerde kanola yağı ilavesi tereyağı ilavesinden daha yüksek YSN içeriğine neden olurken derin yağda kızartılan örnekler içerisinde kanola yağı ilavesi zeytinyağına kıyasla daha yüksek HSN ve YSN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$). Fırında pişirilen patatesler arasında zeytinyağı ilavesine kıyasla kanola yağı ilavesi ile anlamlı düzeyde daha düşük HSN miktarına sahip patatesler elde edilmiştir ($p<0,05$). Fırında pişirilen patatesler arasında tereyağı ilavesi, ayçiçek yağı ilave edilen örnekler hariç, ilave edilen diğer yağlardan daha yüksek DN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$). Derin yağda kızartılan patateslerin TSN ve TN içerikleri sırasıyla %60,92-%72,01; %62,58-%73,49 arasında değişmektedir. Airfryer ile pişirilen patateslerin TSN ve TN içerikleri sırasıyla %66,39-%72,00; %68,46-%75,08 arasında değişmektedir. Fırında pişirilen

patateslerin TSN ve TN içerikleri sırasıyla %66,31-%70,26; %67,62-%72,64 arasında değişmektedir. Aynı yöntemle ve farklı yağ türleri ile pişirilen patateslerin TSN ve TN içeriklerinin benzer olduğu saptanmıştır ($p>0,05$).

Ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan patateslerin HSN, YSN ve DN içerikleri sırasıyla %49,15-%51,07; %14,43-%18,79; %2,39-%3,08 arasında değişmektedir. Kanola yağı kullanılarak hazırlanan patateslerin HSN, YSN ve DN içerikleri sırasıyla %59,25-%64,32; %7,62-%8,48, %0,81-%2,07 arasında değişmektedir. Zeytinyağı kullanılarak hazırlanan patateslerin HSN, YSN ve DN içerikleri sırasıyla %58,63-%66,05; %1,38-%6,29; %1,12-%2,25 arasında değişmektedir. Tereyağı kullanılarak hazırlanan patateslerin HSN, YSN ve DN içerikleri sırasıyla %57,63-%62,98, %3,42-%4,38; %1,83-%1,85 arasında değişmektedir. Ayçiçek yağı ve zeytinyağı kullanılan örneklerde airfryer ile pişirme, fırında pişirmeye kıyasla daha yüksek YSN ve DN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$). Kanola yağı kullanılan örneklerde airfryer ile pişirme, fırında pişirmeye kıyasla daha yüksek DN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$). Ayrıca ayçiçek yağı kullanılan örneklerde airfryer ile pişirme derin yağda kızartmaya kıyasla daha fazla miktarda DN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$). Tereyağı ilave edilen örneklerde airfryer ile pişirme, fırınlamaya kıyasla düşük miktarda HSN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$). Zeytinyağı kullanılan örnekler hariç, derin yağda kızartılan patateslerin diğer pişirme yöntemlerine benzer HSN ve YSN içeriğine sahip olduğu saptanmıştır ($p>0,05$). Zeytinyağı ilave edilen örneklerde derin yağda kızartma, fırında pişirmeden daha düşük HSN miktarına neden olmuştur ($p<0,05$). Ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan patateslerin TSN ve TN içerikleri sırasıyla %67,14-%72,00; %69,58-%75,08 arasında değişmektedir. Kanola yağı kullanılarak hazırlanan patateslerin TSN ve TN içerikleri sırasıyla %66,39-%72,01; %67,62-%73,49 arasında değişmektedir. Zeytinyağı kullanılarak hazırlanan patateslerin TSN ve TN içerikleri sırasıyla %60,92-%68,43; %62,58-%70,11 arasında değişmektedir. Tereyağı kullanılarak hazırlanan patateslerin TSN ve TN içerikleri sırasıyla %66,31-%66,84; %68,16-%68,67 arasında değişmektedir. Ayçiçek yağı ile pişirilen örnekler dışında, aynı yağ türü kullanılarak hazırlanan patateslerin TSN ve TN içerikleri benzerdir ($p>0,05$).

Tablo 4.2. Farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen patateslerde ilave edilen farklı yağ türlerinin nişasta fraksiyonları üzerine etkisi.

Piştirme yöntemleri	İlave edilen yağ türleri	HSN (%) ($\bar{x}\pm SS$)	YSN (%) ($\bar{x}\pm SS$)	TSN (%) ($\bar{x}\pm SS$)	DN (%) ($\bar{x}\pm SS$)	TN (%) ($\bar{x}\pm SS$)
Derin yağda kızartma	AY	50,02±1,88 ^a	17,33±3,34 ^c	67,14±1,46	2,45±0,26 ^b	69,58±1,29
	KY	64,32±1,20 ^c	8,48±0,82 ^b	72,01±11,99	1,49±0,06 ^a	73,49±11,97
	ZY	58,63±1,31 ^b	4,05±1,02 ^a	60,92±3,17	1,66±0,25 ^a	62,58±2,94
	p	0,000	0,000	0,149	0,000	0,147
Airfryer ile piştirme	AY	49,15±0,33 ^a	18,79±0,45 ^c	72,00±3,19	3,08±0,10 ^b	75,08±3,29
	KY	59,25±3,67 ^b	7,90±2,16 ^b	66,39±4,53	2,07±0,83 ^a	68,46±3,89
	ZY	61,81±5,25 ^b	6,29±2,90 ^{ab}	67,86±8,74	2,25±0,33 ^a	70,11±9,06
	TY	57,63±1,05 ^b	4,38±1,49 ^a	66,84±2,64	1,83±0,26 ^a	68,67±2,78
p	0,001	0,000	0,462	0,013	0,314	
Fırında piştirme	AY	51,07±2,16 ^a	14,43±2,19 ^b	70,26±1,70	2,39±0,51 ^b	72,64±1,40 ^b
	KY	59,34±4,34 ^b	7,62±7,48 ^a	66,81±3,17	0,81±0,10 ^a	67,62±3,24 ^a
	ZY	66,05±2,63 ^c	1,38±1,24 ^a	68,43±1,03	1,12±0,59 ^a	69,54±0,78 ^{ab}
	TY	62,98±2,76 ^{bc}	3,42±2,04 ^a	66,31±2,15	1,85±0,25 ^b	68,16±2,99 ^a
p	0,000	0,003	0,090	0,001	0,021	

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Gruplar arasındaki fark tek yönlü ANOVA ile test edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir.

Her piştirme yöntemi için aynı sütun içerisinde farklı harflerle (a-c) gösterilen değerler Duncan testine göre birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılığı tanımlar.

AY: Ayçiçek yağı, KY: Kanola yağı, ZY: Zeytinyağı, TY: Tereyağı, HSN: Hızlı Sindirilebilir Nişasta, YSN: Yavaş Sindirilebilir Nişasta, TSN: Toplam Sindirilebilir Nişasta, DN: Dirençli Nişasta, TN: Toplam Nişasta

Tablo 4.3. Farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen patateslerde pişirme yöntemlerinin nişasta fraksiyonları üzerine etkisi.

İlave edilen yağ türleri	Piştirme yöntemleri	HSN (%) ($\bar{x}\pm SS$)	YSN (%) ($\bar{x}\pm SS$)	TSN (%) ($\bar{x}\pm SS$)	DN (%) ($\bar{x}\pm SS$)	TN (%) ($\bar{x}\pm SS$)
AY	Derin yağda kızartma	50,02±1,88	17,33±3,34 ^{ab}	67,14±1,46 ^a	2,45±0,26 ^a	69,58±1,29 ^a
	Airfryer ile piştirme	49,15±0,33	18,79±0,45 ^b	72,00±3,19 ^b	3,08±0,10 ^b	75,08±3,29 ^b
	Fırında piştirme	51,07±2,16	14,43±2,19 ^a	70,26±1,70 ^{ab}	2,39±0,51 ^a	72,64±1,40 ^{ab}
p		0,312	0,049	0,038	0,029	0,020
KY	Derin yağda kızartma	64,32±1,20	8,48±0,82	72,01±11,99	1,49±0,06 ^{ab}	73,49±11,97
	Airfryer ile piştirme	59,25±3,67	7,90±2,16	66,39±4,53	2,07±0,83 ^b	68,46±3,89
	Fırında piştirme	59,34±4,34	7,62±7,48	66,81±3,17	0,81±0,10 ^a	67,62±3,24
p		0,100	0,963	0,534	0,016	0,514
ZY	Derin yağda kızartma	58,63±1,31 ^a	4,05±1,02 ^{ab}	60,92±3,17	1,66±0,25 ^{ab}	62,58±2,94
	Airfryer ile piştirme	61,81±5,25 ^{ab}	6,29±2,90 ^b	67,86±8,74	2,25±0,33 ^b	70,11±9,06
	Fırında piştirme	66,05±2,63 ^b	1,38±1,24 ^a	68,43±1,03	1,12±0,59 ^a	69,54±0,78
p		0,042	0,017	0,146	0,013	0,155
TY	Airfryer ile piştirme	57,63±1,05	4,38±1,49	66,84±2,64	1,83±0,26	68,67±2,78
	Fırında piştirme	62,98±2,76	3,42±2,04	66,31±2,15	1,85±0,25	68,16±2,99
p		0,011	0,476	0,762	0,885	0,775

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Gruplar arasındaki fark tek yönlü ANOVA ile test edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir. Tereyağı ilave edilen patatesler ise bağımsız örneklem t-testi ile kıyaslanmıştır.

Her yağ türü satırında aynı sütun içerisinde farklı harflerle (a-b) gösterilen değerler Duncan tesine göre birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılığı tanımlar.

AY: Ayçiçek yağı, KY: Kanola yağı, ZY: Zeytinyağı, TY: Tereyağı, HSN: Hızlı Sindirilebilir Nişasta, YSN: Yavaş Sindirilebilir Nişasta, TSN: Toplam Sindirilebilir Nişasta, DN: Dirençli Nişasta, TN: Toplam Nişasta

4.3. Pişmiş Patateslerin Nişasta Hidrolizi ve Tahmini Glisemik İndeksi

Farklı yağ türleri ilave edilerek farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin sindirimi sonucu elde edilen glukoz konsantrasyonlarından 90. dakikadaki hidroliz indeksi (HI90), (eGI (ekmek)) ve (eGI (glukoz)) değerleri hesaplanmıştır. Aynı pişirme yöntemi içerisinde ilave edilen farklı yağ türlerinin patateslerin Gİ değerine etkisi Tablo 4.4.'te, aynı yağ türü ilave edilen örnekler içerisinde farklı pişirme yöntemlerinin patateslerin Gİ değerine etkisi ise Tablo 4.5.'te gösterilmiştir.

Derin yağda kızartılan patateslerin eGI (ekmek) değeri 93,39-98,45; eGI (glukoz) değeri 65,37-68,92 arasında değişmektedir. Airfryer ile pişirilen patateslerin eGI (ekmek) değeri 85,58-96,05; eGI (glukoz) değeri 59,91-67,24 arasında değişmektedir. Fırında pişirilen patateslerin eGI (ekmek) değeri 90,67-107,09; eGI (glukoz) değeri 63,47-74,96 arasında değişmektedir. eGI (ekmek) ve eGI (glukoz) değerleri, HI90 değerinden hesaplandığından, örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklar tüm parametrelerde aynıdır (Bkz. Tablo 4.4., Tablo 4.5.). Bu nedenle kıyaslamalar yalnızca “eGI” ifadesi ile yapılmıştır.

Airfryer ve fırında pişirilen örneklerin eGI değeri kullanılan yağ türünden önemli ölçüde etkilenirken ($p < 0,01$), derin yağda kızartılmış örneklerde farklı yağ türleri arasında önemli fark olmadığı saptanmıştır ($p > 0,05$). Derin yağda kızartılan örneklerde ayçiçek yağı kullanımı en düşük eGI değerine neden olmuş, ancak örnekler arasındaki farklılığın önemli olmadığı saptanmıştır. Airfryer ile pişirilen patatesler arasında ayçiçek yağı kullanılan örneklerin, diğer yağ türlerinin kullanıldığı örneklerden daha düşük eGI değerine sahip olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Fırında pişirilen patatesler içerisinde, ayçiçek yağı ilavesi diğer yağ türlerine kıyasla ($p < 0,05$); kanola yağı ilavesi tereyağına kıyasla daha düşük eGI değerine sahip patateslere neden olmuştur ($p < 0,05$).

Ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan patateslerin eGI (ekmek) değeri 85,58-93,9; eGI (glukoz) değeri 59,91-65,37 arasında değişmektedir. Kanola yağı kullanılarak hazırlanan patateslerin eGI (ekmek) değeri 93,61-100,00; eGI (glukoz) değeri 65,53-70,00 arasında değişmektedir. Zeytinyağı kullanılarak hazırlanan patateslerin eGI (ekmek) değeri 93,81-103,77; eGI (glukoz) değeri 65,67-72,64 arasında değişmektedir. Tereyağı kullanılarak hazırlanan patateslerin eGI (ekmek) değeri 95,59-107,09; eGI (glukoz) değeri 66,91-74,96 arasında değişmektedir. Kanola

yağı kullanılan patatesler hariç, farklı pişirme yöntemleri farklı düzeyde eGI değerine sahip patateslerle sonuçlanmıştır ($p<0,05$). Ayçiçek yağı kullanılan örnekler içinde airfryer ile pişirme derin yağda kızartmaya kıyasla daha düşük eGI değerine neden olmuştur ($p<0,05$). Zeytinyağı ve tereyağı kullanılan örneklerde ise airfryer ile pişirme, fırında pişirmeye kıyasla daha düşük eGI değeri ile sonuçlanmıştır ($p<0,05$).

Kullanılan yağ türünün ve pişirme yöntemlerinin pişmiş patateslerin nişasta hidrolizi üzerine etkisi sırayla Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Pişirilen patateslerin 180. dakikada toplam sindirilen nişasta miktarı %54,09 ile %69,21 arasında değişmektedir. Ayçiçek yağı kullanılan örneklerin diğer yağların kullanımına kıyasla, airfryer ile pişirilen örneklerin diğer pişirme yöntemlerine kıyasla bazı zaman noktalarında daha düşük hidroliz eğrisine sahip olduğu görülmüştür. Genellikle örnekler arasında nişasta hidrolizi açısından önemli farklılıklar ilk 90 dakika içerisinde gerçekleşmiştir ve 180. dakikada önemli farklılık saptanmamıştır. Yalnızca airfryer ile pişirilen örnekler içerisinde 180. dakikada farklı yağ türü kullanımının farklı düzeyde nişasta hidrolizine neden olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Bütün pişirme yöntemlerinde ayçiçek yağı kullanılan patatesler, bazı zaman noktalarında (derin yağda kızartılan örnekler için 10. ve 20. dk; airfryer ile pişirilen örnekler için 10., 20. ve 180. dk; fırınlanan örnekler için 10., 20., 30., 90. ve 120. dk) diğer yağların kullanımına kıyasla daha düşük nişasta hidrolizi sergilemiştir ($p<0,05$). Kanola yağı ilave edilerek airfryer ile pişirilen patateslerin 20. ve 30. dakikadaki nişasta hidrolizi, zeytinyağı ilave edilen patateslere kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir. Fırınlanan örneklerde tereyağı kullanımı, ayçiçek yağı ve kanola yağı kullanımına kıyasla 60. dakikada daha yüksek nişasta hidrolizine neden olmuştur ($p<0,05$). Airfryer ile pişirme, bazı zaman noktalarında (ayçiçek yağı ve zeytinyağı kullanılan örnekler için 10. ve 20. dakikalarda; tereyağı kullanılan örnekler için 120. dk hariç tüm zamanlarda) diğer iki pişirme yönteminden daha düşük nişasta hidrolizine neden olmuştur ($p<0,05$). Bazı zaman noktalarında ise airfryer ile pişirme (ayçiçek yağı kullanılan örnekler için 30. ve 90. dk; kanola yağı kullanılan örnekler için 10. dk), yalnızca derin yağda kızartmaya kıyasla daha düşük nişasta hidrolizi sergilemiştir ($p<0,05$). Fırında pişirme, bazı zaman noktalarında (kanola yağı kullanılan örnekler için 90. dk; zeytinyağı kullanılan örnekler için 30. ve 120. dk) derin yağda pişirmeden daha yüksek nişasta hidrolizine neden olmuştur ($p<0,05$).

Tablo 4.4. Farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen patateslerde ilave edilen farklı yağ türlerinin glisemik indeks değeri üzerine etkisi.

Piştirme yöntemleri	İlave edilen yağ türleri	eGI (ekmek) ($\bar{x}\pm SS$)	eGI (glukoz) ($\bar{x}\pm SS$)	HI90 ($\bar{x}\pm SS$)
Derin yağda kızartma	AY	93,39±4,11	65,37±2,88	87,84±7,09
	KY	93,61±2,11	65,53±1,48	91,48±3,63
	ZY	98,45±3,05	68,92±2,14	97,33±5,26
p		0,124	0,124	0,124
Airfryer ile piştirme	AY	85,58±1,90 ^a	59,91±1,34 ^a	75,15±3,28 ^a
	KY	96,05±4,17 ^b	67,24±2,93 ^b	93,21±7,19 ^b
	ZY	93,81±5,54 ^b	65,67±3,88 ^b	89,33±9,54 ^b
	TY	95,59±3,39 ^b	66,91±2,38 ^b	92,40±5,84 ^b
p		0,009	0,009	0,009
Fırında piştirme	AY	90,67±3,41 ^a	63,47±2,39 ^a	83,92±5,87 ^a
	KY	100,00±4,00 ^b	70,00±0,80 ^b	100,00±6,89 ^b
	ZY	103,77±4,72 ^{bc}	72,64±3,31 ^{bc}	106,28±8,13 ^{bc}
	TY	107,09±3,35 ^c	74,96±2,36 ^c	111,90±5,79 ^c
p		0,000	0,000	0,000

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Gruplar arasındaki fark tek yönlü ANOVA ile test edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ise duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir.

Her piştirme yöntemi için aynı sütun içerisinde farklı harflerle (a-c) gösterilen değerler Duncan testine göre birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılığı tanımlar.

AY: Ayçiçek yağı, KY: Kanola yağı, ZY: Zeytinyağı, TY: Tereyağı, eGI (ekmek): Ekmeğe göre tahmini glisemik indeks, eGI (glukoz): Glukoza göre tahmini glisemik indeks, HI90: 90. dakikaya ait hidroliz indeksi

Tablo 4.5. Farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen patateslerde pişirme yöntemlerinin glisemik indeks değeri üzerine etkisi.

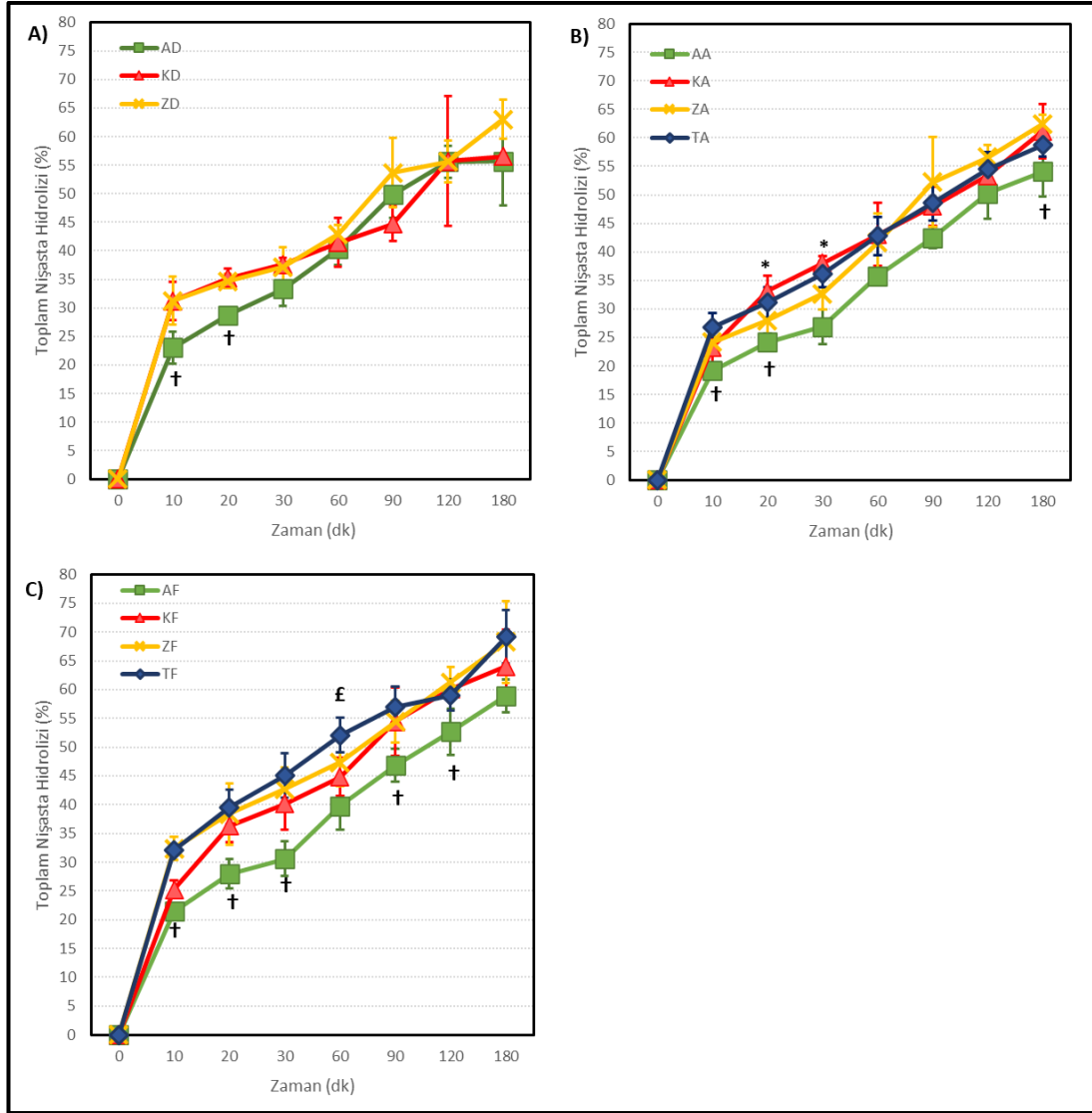
İlave edilen yağ türleri	Pişirme yöntemleri	eGI (ekmek) (\bar{x}±SS)	eGI (glukoz) (\bar{x}±SS)	HI90 (\bar{x}±SS)
AY	Derin yağda kızartma	93,39±4,11 ^b	65,37±2,88 ^b	87,84±7,09 ^b
	Airfryer ile pişirme	85,58±1,90 ^a	59,91±1,34 ^a	75,15±3,28 ^a
	Fırında pişirme	90,67±3,407 ^{ab}	63,47±2,39 ^{ab}	83,92±5,87 ^{ab}
p		0,023	0,023	0,023
KY	Derin yağda kızartma	93,61±2,11	65,53±1,48	91,48±3,63
	Airfryer ile pişirme	96,05±4,17	67,24±2,93	93,21±7,19
	Fırında pişirme	100,00±4,00	70,00±0,80	100,00±6,89
p		0,305	0,305	0,305
ZY	Derin yağda kızartma	98,45±3,05 ^{ab}	68,92±2,14 ^{ab}	97,33±5,26 ^{ab}
	Airfryer ile pişirme	93,81±5,54 ^a	65,67±3,88 ^a	89,33±9,54 ^a
	Fırında pişirme	103,77±4,7 ^b	72,64±3,30 ^b	106,28±8,13 ^b
p		0,038	0,038	0,038
TY	Airfryer ile pişirme	95,59±3,39	66,91±2,38	92,40±5,83
	Fırında pişirme	107,09±3,36	74,96±2,36	111,90±5,79
p		0,003	0,003	0,003

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Gruplar arasındaki far tek yönlü ANOVA ile test edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir. Tereyağı ilave edilen patatesler ise bağımsız örneklem t-testi ile kıyaslanmıştır.

Her yağ türü satırında aynı sütun içerisinde farklı harflerle (a-b) gösterilen değerler Duncan tesine göre birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılığı tanımlar.

AY: Ayçiçek yağı, KY: Kanola yağı, ZY: Zeytinyağı, TY: Tereyağı, eGI (ekmek): Ekmeğe göre tahmini glisemik indeks, eGI (glukoz): Glukoza göre tahmini glisemik indeks, HI90: 90. dakikaya ait hidroliz indeksi



Şekil 4.1. Farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen patateslerde ilave edilen farklı yağ türlerinin zamana bağlı toplam nişasta hidrolizine etkisi.

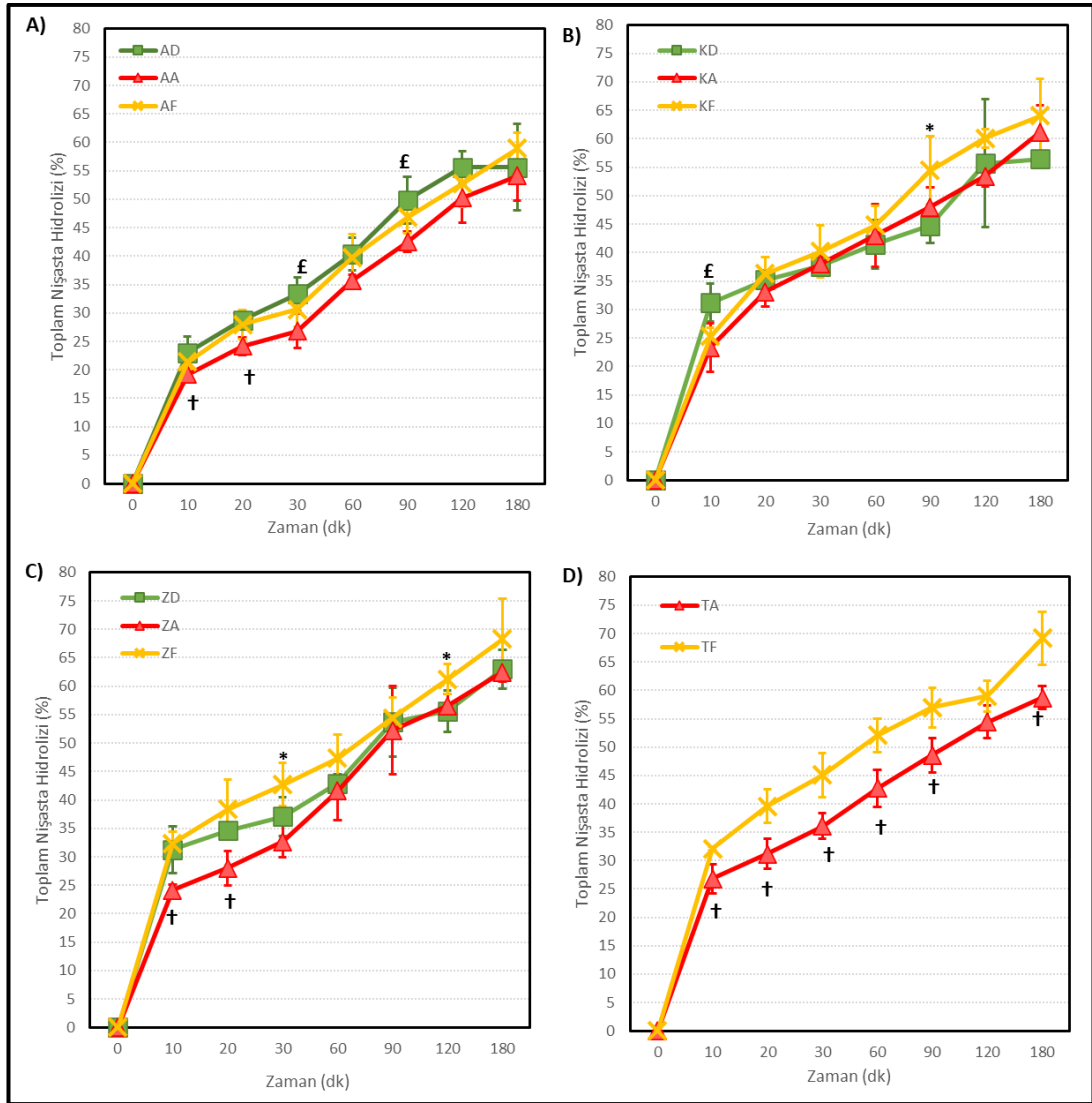
A) Derin yağda kızartılmış patates arasında, B) Airfryer ile pişirilen patatesler arasında, C) Fırında pişirilen patatesler arasında farklı yağ türlerinin zamana bağlı toplam nişasta hidroliz yüzdesine etkisini gösterir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplar arasındaki farklılık şekillerle ifade edilmiştir. Nişasta hidrolizine ait tüm istatistiksel değerlendirmeler verilmemiştir (tüm istatistiksel analizler için Ek-4'e bakınız).

AD: Ayçiçek yağı ile derin yağda kızartılmış patates, KD: Kanola yağı ile derin yağda kızartılmış patates, ZD: Zeytinyağı ile derin yağda kızartılmış patates, AA: Ayçiçek yağı ile airfryer ile kızartılmış patates, KA: Kanola yağı ile airfryer ile kızartılmış patates, ZA: Zeytinyağı ile airfryer ile kızartılmış patates, TA: Tereyağı ile airfryer ile kızartılmış patates, AF: Ayçiçek yağı ile fırınlanmış patates, KF: Kanola yağı ile fırınlanmış patates, ZF: Zeytinyağı ile fırınlanmış patates, TF: Tereyağı ile fırınlanmış patates

“†” ile işaretlenen zamanlarda ayçiçek yağı ilavesi diğer yağ türlerine kıyasla daha düşük hidroliz yüzdesine neden olmuştur ($p < 0,05$).

“£” ile işaretlenen zamanlarda tereyağı ilavesi ayçiçek yağı ve kanola yağına kıyasla daha yüksek hidroliz yüzdesine neden olmuştur ($p < 0,05$).

“*” ile işaretlenen zamanlarda kanola yağı ilavesi zeytinyağına kıyasla daha yüksek hidroliz yüzdesine neden olmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 4.2. Farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen patateslerde pişirme yöntemlerinin zamana bağlı toplam nişasta hidrolizine etkisi.

A) Ayçiçek yağı ilave edilen patatesler arasında, B) Kanola yağı ilave edilen patatesler arasında, C) Zeytinyağı ilave edilen patatesler arasında, D) Zeytinyağı ilave edilen patatesler arasında farklı yağ türlerinin zamana bağlı toplam nişasta hidroliz yüzdesine etkisini gösterir. Duncan çoklu karşılaştırma testine ve bağımsız örneklem t-testine göre gruplar arasındaki farklılık şekillerle ifade edilmiştir. Nişasta hidrolizine ait tüm istatistiksel değerlendirmeler verilmemiştir (tüm istatistiksel analizler için Ek-5'e bakınız).

AD: Ayçiçek yağı ile derin yağda kızartılmış patates, KD: Kanola yağı ile derin yağda kızartılmış patates, ZD: Zeytinyağı ile derin yağda kızartılmış patates, AA: Ayçiçek yağı ile airfryer ile kızartılmış patates, KA: Kanola yağı ile airfryer ile kızartılmış patates, ZA: Zeytinyağı ile airfryer ile kızartılmış patates, TA: Tereyağı ile airfryer ile kızartılmış patates, AF: Ayçiçek yağı ile fırınlanmış patates, KF: Kanola yağı ile fırınlanmış patates, ZF: Zeytinyağı ile fırınlanmış patates, TF: Tereyağı ile fırınlanmış patates

“†” ile işaretlenen zamanlarda airfryer ile pişirme diğer yöntemlere kıyasla daha düşük hidroliz yüzdesine neden olmuştur ($p < 0,05$).

“£” ile işaretlenen zamanlarda airfryer ile pişirme derin yağda kızartmaya kıyasla düşük yüksek hidroliz yüzdesine neden olmuştur ($p < 0,05$).

“*” ile işaretlenen zamanlarda derin yağda kızartma fırında pişirmeye kıyasla daha düşük hidroliz yüzdesine neden olmuştur ($p < 0,05$).

4.4. Patateslere İlave Edilen Yağların Tahmini Yağ Asidi Kompozisyonu ile Nişasta Türleri ve eGI Arasındaki İlişki

Pişmiş patateslerin eGI değeri, kuru ağırlık bazındaki yağ asidi miktarı ve nişasta türlerinin içeriği arasındaki ilişki Tablo 4.6.'da gösterilmiştir. Hem HSN hem de eGI'nin, YSN ve DN ile güçlü negatif ilişkiye sahip olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). HSN ile eGI arasında ve YSN ile DN arasında güçlü pozitif ilişki bulunmuştur ($p<0,05$). Pişmiş patateslerde kuru maddede bulunan ÇDYA miktarı ile eGI arasında güçlü negatif ilişki ($-0,75$ $p<0,01$), YSN miktarı ile önemli düzeyde güçlü pozitif ilişki saptanmıştır ($0,91$ $p<0,01$). Pişmiş patateslerde kuru maddedeki linoleik asit (C 18:2) konsantrasyonları ile HSN ve eGI arasında güçlü negatif ilişki (sırayla $-0,61$ $p<0,05$ ve $-0,77$ $p<0,01$), YSN arasında önemli güçlü pozitif ilişki saptanmıştır ($0,86$ $p<0,01$). α -linolenik asit (ALA, C 18:3) ve HSN arasında güçlü pozitif ilişki ($0,65$ $p<0,05$), ALA ve DN arasında güçlü negatif ilişki ($0,71$ $p<0,05$) gözlenmiştir. Palmitik asit (C 16:0) ile YSN arasında güçlü negatif ilişki ($-0,62$ $p<0,05$) bulunmuştur. Diğer yağ asitleri ile nişasta türleri ve eGI arasında anlamlı veya güçlü bir ilişki bulunmamıştır.

Tablo 4.6. Patateslere ilave edilen yağların tahmini yağ asidi kompozisyonu, nişasta türleri ve eGI arasındaki ilişki.

	HSN	YSN	DN	eGI
HSN	1	-0,67*	-0,72*	0,68*
YSN	-0,67*	1	0,65*	-0,88**
DN	-0,72*	0,65*	1	-0,72*
eGI	0,68*	-0,88**	-0,72*	1
ÇDYA	-0,52	0,91**	0,48	-0,75**
TDYA	0,33	-0,07	-0,27	-0,01
DYA	0,06	-0,40	-0,01	0,19
Linoleik asit	-0,61*	0,86**	0,53	-0,77**
α -linolenik asit	0,65*	-0,31	-0,71*	0,46
Oleik asit	0,25	-0,01	-0,20	-0,06
Miristik asit	0,01	-0,06	-0,08	0,08
Palmitik asit	0,16	-0,62*	-0,14	0,37
Stearik asit	-0,24	-0,13	0,27	0,01

Spearman korelasyon kat sayıları kutu içinde belirtilmiştir.

“*” $p<0,05$; “**” $p<0,01$ 'i ifade eder.

YSN: Hızlı Sindirilebilir Nişasta, YSN: Yavaş Sindirilebilir Nişasta, DN: Dirençli Nişasta, eGI: Tahmini Glisemik İndeks, ÇDYA: Çoklu Doymamış Yağ Asidi, TDYA: Tekli Doymamış Yağ Asidi, DY A: Doymuş Yağ Asidi

5. TARTIŞMA

5.1. Pişmiş Patateslerin Proksimet İçerikleri

Derin yağda kızartılan ve airfryer ile pişirilen patateslerin nem içerikleri (sırasıyla %44,08-%45,82 ve %51,74-%52,95) Tian ve ark. (6)'nin çalışması ile benzerdir. Skog ve ark. (292), 6 parçaya dilimlenerek fırınlanan patateslerin nem içeriğini bu çalışmaya kıyasla (%39,65-43,97) daha yüksek (%61-70) bulmuştur. Bu çalışmada kullanılan patatesler 1x1 cm kalınlıkta dilimlenmiştir ve patateslerin yüzey alanı Skog ve ark'nin kullandığı patateslere kıyasla fazladır. Yüzey alanı daha fazla olan besinlerin pişirme sırasında daha fazla nem kaybettiği bilinmektedir (293). Bu çalışmada derin yağda kızartılan ve fırınlanan patateslerde (%2,92-%3,42 ve %3,53-%4,09) saptanan protein içerikleri Murniece ve ark.(294)'nın (sırayla % 1,69-%2,74 ve %2,11-%4,67) çalışmasına benzerdir. Airfryer ile pişirilen patateslerin proksimet değerlerine dair veriler ise sınırlıdır.

Bu çalışmada hazırlanan derin yağda kızartılmış patateslerdeki yağ miktarının (%8,63-%8,97) literatüre kıyasla (6, 295, 296) daha düşük olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, Tian ve ark. (6) ve Shaker ve ark. (296) çalışmalarına kıyasla daha yüksek kızartma sıcaklığı kullanmıştır ve daha yüksek kızartma ortamı sıcaklığının patateslerin daha az miktarda yağ çekmesine neden olduğu bilinmektedir (297). Airfryer ile pişirilen patateslerin yağ miktarının (%3,45-3,88) Tian ve ark. (6) tarafından bildirilenden daha düşük olduğu saptanmıştır ve çalışmada ilave edilen yağın ve pişmiş patateslerin nem miktarının bizim çalışmamız ile benzer olmasına rağmen iki çalışmanın bulguları farklıdır.

Bu çalışmada, derin yağda kızartılmış patateslerin yağ içeriğinin diğer pişirme yöntemlerine kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır (Bkz. Tablo 4.1.). Derin yağda kızartma sırasında patatesteki su merkezden yüzeye doğru yer değiştirmekte ve patatesten dışarı çıkarak yüzeyde porlar oluşturmaktadır. Patatesin yüzeyinde oluşan porlardan merkeze doğru sıcak yağın transferi gerçekleşmekte ve patates nem kaybederek yağ çekmektedir (47). Derin yağda kızartma sırasında patatesin içine çektiği yağ miktarı, kızartma sıcaklığından etkilenmektedir (297). Bu çalışmada, airfryer ve fırında pişirilen patateslere yağ ilavesi kontrollü olarak yapılmış ve bu yöntemlerle derin yağda kızartmaya kıyasla daha az yağlı elde edilmiştir.

5.2. Pişmiş Patateslerin Nişasta Fraksiyonları ve Tahmini Glisemik İndeksi

Yapılan çalışmalar, in vitro yöntemlerle elde edilen Gİ değerlerinin in vivo Gİ değerlerini tahmin etmek amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir (160, 298). Bu çalışmada, farklı yağ türleri ve pişirme araçları kullanılarak hazırlanan kızarmış patateslerin nişasta türlerinin miktarı ve Gİ değeri in vitro yöntemlerle belirlenmiştir. Pişmiş patateslerin farklı zaman noktalarında nişasta hidrolizinden elde edilen glukoz miktarı beyaz ekmeğe göre kıyaslanarak eGI değerleri elde edilmiş ve literatürle kıyaslayabilmek amacıyla glukozu göre eGI değerleri hesaplanmıştır (236). Bu çalışmada, hazırlanan kızarmış patateslerin eGI değerinin orta (56-69) ve yüksek (≥ 70) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Airfryer ile pişirilen ve derin yağda kızartılan patateslerin tümü orta eGI'ye sahip olmakla birlikte ayçiçek yağı ilave edilerek fırınlanan örnek hariç fırında pişirilen tüm patateslerin yüksek Gİ değerine sahip olduğu saptanmıştır. Ayçiçek yağı ile airfryerde pişirilen ve tereyağı ilave edilerek fırınlanan örnekler kıyaslandığında kullanılan pişirme aracı ve yağ türünün kızarmış patatesin Gİ değerini 15 birime kadar etkileyebileceği belirlenmiştir.

Literatürde derin yağda kızartılan patateslerin DN içeriği kuru ağırlık bazında yaklaşık %2-7 (21, 22, 41, 299) aralığında değişmekle birlikte bizim çalışmamızda saptanandan (%1,49-2,45) daha fazla bulunmuştur. Bu farklılık, uygulanan pişirme sıcaklık ve süresi, patates türünün ve uygulanan analiz yöntemlerindeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir. Yapılan çalışmalarda derin yağda kızartılan patateslerin kuru ağırlık bazında TSN içeriği %50-61 ve TN içerikleri %53-65 arasında değişmekle birlikte bu çalışmanın sonuçları (sırasıyla %60,92-72,01 ve %62,58-%73,49) ile benzerdir (22, 41, 300). Derin yağda kızartılmış patateslerin glukozu göre Gİ değeri, in vivo ve in vitro çalışmaların sonuçlarına göre 62 ile 80 arasında değişmektedir (18, 20, 21, 251) ve bu çalışmanın sonuçları (65,37-68,92) ile benzerdir. Dong ve ark. (90)'nın ayçiçek yağı ilave edilerek farklı sıcaklık ve sürelerde airfryer ile pişirilen patateslerde saptadığı nişasta türlerinin içeriği (total nişastada %18,04-22,12 HSN; %48,54-58,42 YSN; %20,08-29,34 DN) bizim çalışmamızda ayçiçek yağı ilave edilerek ve airfryer ile pişirilerek hazırlanan patateslerde saptanandan (100 g TN'de sırasıyla 71,88 g HSN; 24,91g YSN; 3,52 g DN) daha düşük bulunmuştur. Patateslerin çeşidi ve uygulanan analiz yöntemlerinin besinin nişasta sindirilebilirliğini etkilediği

bilinmektedir (162, 167, 301). Pinhero ve ark. (301), patates çeşidinin pişmiş patateslerin RDS ve eGI değerini etkileyebileceğini göstermiştir. Yağ ilave edilerek fırınlanan patateslerin nişasta fraksiyonlarının içeriğine dair veri ise literatürde bulunamamıştır. Fernandes ve ark. (20)'nın yağ ilave edilerek fırınlanan patatesin sağlıklı bireylerde glukozaya göre 62,72 olarak bulunduğu Gİ değeri, bu çalışmanın bulguları (63,47-74,96) ile benzerdir. Literatürde fırınlanmış patatesin nişasta sindirilebilirliği ve glisemik yanıtına dair pek çok veri bulunmakla birlikte Fernandes ve ark. (20) dışındaki araştırmacılar, yağ ilave edilmeden kabuğu ile bütün halde fırınlanan patatesleri incelemiştir (240, 251, 282). Pişirme sırasında nem kaybının nispeten düşük olması ve nişastanın kompleks yapacağı harici bir lipid kaynağı olmaması nedeniyle bütün halde yağ ilave edilmeden ve yağ edilerek fırınlanan çubuk patateslerin glisemik yanıtları farklılık gösterir (301).

Pişirme sırasında nişastanın jelatinizasyonu meydana gelmekte, nişastanın sindirilebilirliğini engelleyen kristal yapı bozulmakta ve besinin Gİ değeri artmaktadır (59, 65, 200). Bazı besinlerin farklı pişirme yöntemleri ile hazırlanması, pişirme yöntemine özgü ısı-kütle transfer davranışları nedeniyle nişastanın farklı düzeylerde jelatinize olmasına ve amilolitik aktivite göstermesine neden olabilmektedir (6, 41, 90). Örneğin, tatlı patates, mercimek ve yam çeşitlerine uygulanan kuru ve nemli ısı işlemlerin besinin Gİ değerinde farklılığa neden olmadığı gösterilmiştir. Patates, erişte ve amarantla yapılan çalışmalarda ise kuru ısı işlemlerin nemli ısı işlemlere kıyasla daha yüksek Gİ değerine neden olabileceği gösterilmiştir(252). Pişirme yöntemlerinin Gİ değeri üzerinde etkisi olmadığını gösteren çalışmalardaki besinler genellikle orta ve düşük Gİ değerine sahipken (213, 244, 245, 247-249) pişirme yöntemlerinin önemli etkiye sahip olduğunu gösteren çalışmalardaki besinlerin genellikle yüksek ve orta Gİ değerine sahip olması dikkat çekicidir (145, 250-254). Isıl işlem ile nişasta sindirilebilirliği kolayca artabilen patates gibi besinler için postprandiyal kan glukoz yanıtının kontrolünde pişirme yönteminin etkisi önemli olabilir (21). Bu çalışmada, airfryer ile pişirilen patateslerin fırında pişirilene kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek YSN ve DN içeriğine ve daha düşük eGI değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.3. ve 4.5.). Ayrıca, airfryer ile pişirilerek hazırlanan patateslerin nem içeriğinin fırınlanan patateslere kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Nispeten yüksek nem içeriğinin nişastanın jelatinizasyonunu artırdığı gösterilmiştir (302). Artan

jelatinizasyon düzeyinin nişastanın amilolitik aktivitesini artırmasının yanı sıra (302) yağ içeren ortamda ALK oluşum verimini de artırdığı rapor edilmiştir (145, 303). Kale ve ark. (232), basmati pirincini sıcak suda ıslatmanın nişasta jelatinizasyonunu ve ALK oluşumunu teşvik ettiğini ve pişmiş pirincin eGI değerini azalttığını göstermiştir.

Bu çalışmada, derin yağda kızartılan patateslerin, airfryer ve fırında pişirilen patateslere benzer düzeyde nişasta fraksiyonlarına ve eGI değerine sahip olduğu gösterilmiştir (Bkz. Tablo 4.3. ve 4.5.). Ancak, ayçiçek yağı kullanılan örneklerde derin yağda kızartılan patateslerin airfryer ile pişirilenlere kıyasla daha düşük DN içeriği ve daha yüksek eGI değeri gözlenmiştir. Airfryer ile pişirmenin diğer pişirme yöntemlerine kıyasla besinlerdeki nişasta sindirilebilirliği üzerine etkisine dair veriler literatürde sınırlıdır. Yalnızca birkaç çalışma, airfryer ile pişirmenin derin yağda kızartmaya kıyasla etkisini karşılaştırmıştır (90, 268). Feng ve ark. (268), lif ve tavuk içeren bir öğünün parçası olarak tüketilen kızarmış patateslerde airfryer ile pişirmenin derin yağda kızartmaya kıyasla daha düşük kan glukoz yanıtına neden olduğunu, ancak aralarındaki farkın anlamlı olmadığını rapor etmiştir. Tian ve ark. (6), derin yağda kızartılan ve yağ ilave edilerek airfryer ile pişirilen patateslerin 120 dakikalık in vitro nişasta hidroliz oranını, nişasta granüllerinin SEM görüntülerini ve DSC termogramlarını incelemiş ve airfryer ile pişirilen örneklerin 120. dakikadaki nişasta hidroliz yüzdesinin anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Ancak airfryer ile pişirmenin SEM altında daha düşük hücre hasarına ve düşük jelatinizasyon derecesine sahip olduğu ve ilk 15 dakikalık sindirim sırasında daha düşük nişasta hidrolizine neden olduğu gösterilmiştir. Dong ve ark. (90) ise yağ ilave etmeden airfryer ile patates pişirmenin derin yağda kızartmaya benzer HSN, daha yüksek YSN ve daha düşük DN içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Besindeki yağın hem jelatinizasyon ve sindirim sırasında yağın nişasta granüllerine oluşturduğu sterik engel hem de ALK oluşumunu nedeniyle besinin daha düşük sindirilebilirliğine neden olabileceği bilinmektedir. Bu nedenle pişirme yöntemlerinin etkisi değerlendirilirken ortamda harici bir lipid kaynağının bulunma durumu sorgulanmalıdır. (6, 87). Besinin diyet lifi içeriği ile Gİ değeri negatif ilişkilidir (194, 209). Tian ve ark. (295), mor patateslere uygulanan nemli (haşlama, buğulama) ve kuru ısı işlemlerin patatesleri kıyaslamış (fırında ve mikrodalga fırında pişirme, derin yağda kızartma, karıştırarak

kızartma, airfryer ile pişirme), airfryer ile pişirilen patateslerin diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek düzeyde diyet lifi içerdiğini göstermiştir.

Bu çalışmada, yalnızca zeytinyağı ilave edilen örneklerde derin yağda kızartmanın fırında pişirmeye kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük HSN içeriğine neden olduğu, diğer yağ türlerinin kullanıldığı örneklerde iki yöntemin benzer nişasta türleri içeriğine ve eGI değerine sahip olduğu saptanmıştır (Bkz. Tablo 4.3. ve 4.5.). Fernandes ve ark. (20) ise yağ ilave edilerek fırınlanan ve derin yağda kızartılan patateslerin beyaz ekmeğe göre Gİ değerlerinin benzer olduğunu göstermiş ve kullanılan yağ türünü belirtmemiştir.

Yağ ilavesi, besinin glisemik yanıtını düşüren bir faktör olarak çalışmalarda yer almakla birlikte besindeki nispeten yüksek yağ içeriğinin glisemik yanıt üzerinde daha olumlu etkilere sahip olmadığı gösterilmektedir (270, 271). Owen ve ark. (271), 100 gram beyaz ekmeğe birlikte 0, 5, 10, 20 ve 40 g yağ tüketiminin sağlıklı bireylerdeki etkisini incelemiş ve yağ ilavesinin glisemik yanıtı önemli ölçüde azalttığını ancak artan yağ miktarı ile glisemik yanıtın önemli ölçüde azalmadığını, 5 gram yağ ilavesinin beyaz ekmeğin glisemik yanıtını azaltmak için yeterli olduğunu göstermiştir. Randomize kontrollü bir çalışmada ise 75 gr glukoz eşdeğeri karbonhidrata yüksek miktarda (40 gram) yağ ilavesinin 15 gr yağ ilavesine kıyasla daha düşük glisemik yanıtı neden olabileceği, ancak öğün sonrası insülin duyarlılığının azalabileceği gösterilmiştir (270). Bu çalışma, derin yağda kızartılmış patates yerine airfryer veya fırında pişirilen patates tercihinin önemli düzeyde daha düşük yağ alımını sağlamakla birlikte airfryer yöntemi için derin yağda kızartılanlardan daha düşük ve fırınlama için derin yağdan kızartılanlara benzer glisemik yanıtla sonuçlanabileceğini göstermektedir.

Piştirme sırasında besine yağ ilave edilmesi veya yağ ile pişirilmesi farklı mekanizmalar aracılığı ile besinin sindirilebilirliğini ve glisemik yanıtını azaltabilir (215, 269, 280). Bu çalışmada, bütün piştirme yöntemleri içerisinde ayçiçek yağı kullanılarak pişirilen patateslerin diğer yağ türleri kullanılarak pişirilen patateslere kıyasla daha düşük HSN ve daha yüksek YSN ve DN içeriğe sahip olduğu, yalnızca tereyağı veya ayçiçek yağı kullanılarak fırınlanan patateslerin DN içeriğinin benzer olduğu saptanmıştır (Bkz. Tablo 4.2.). Ayrıca, farklı yöntemlerle pişirilen patateslerde kanola yağı, zeytinyağı veya tereyağı kullanılmasının patateslerin DN içeriğinde

farklılığa neden olmadığı, yalnızca fırında pişirilen örneklerde tereyağı ilavesinin ayçiçek yağı hariç diğer ilave edilen yağlardan daha yüksek DN içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Ayçiçek yağı, yüksek miktarda linoleik asit ve ÇDYA barındıran bir yağ türüdür (32). Krishan ve ark. (300), kırmızı ve beyaz pirince ÇDYA'dan zengin pirinç kepeği yağı ilavesinin orta ve uzun zincirli doymuş yağ asitlerden zengin hindistancevizi yağı ve ghee yağına kıyasla daha yüksek DN içeriğine neden olduğu göstermiştir. Okumuş ve ark. (89) ise, ısıtma işlemi öncesinde kahverengi mercimek ununa ÇDYA'dan zengin olan mısır yağı ilavesinin zeytinyağına kıyasla daha düşük HSN, daha yüksek YSN ve benzer DN düzeylerine neden olduğunu göstermiştir. Chen ve ark. (87) ise pirinç eriştmesine linoleik asit ilavesinin zeytinyağında yüksek miktarda bulunan oleik aside kıyasla daha düşük HSN, daha yüksek YSN ve DN içeriğine neden olduğunu, ayrıca linoleik asit ilavesinin tereyağında nispeten yüksek miktarda bulunan palmitik asit ve stearik aside kıyasla daha yüksek YSN ve DN değerlerine neden olduğunu göstermiştir. Bu çalışmaların aksine, liyofilize edilmiş patateslerin yağ varlığında kaynatıldığı bir model sistem ile yapılan çalışmada, ayçiçek yağı ilavesinin ghee ve zeytinyağına kıyasla daha düşük DN içeriğine neden olduğu gösterilmiştir (276). Başka bir çalışmada ise model sistem içerisinde pirinç tozuna ilave edilen yağ türlerinden ghee ve soya yağı ilavesinin pirincin DN içeriğini ayçiçek yağına kıyasla daha fazla artırdığı rapor edilmiştir (199).

Bu çalışmada, airfryer ve fırında pişirilen patatesler içerisinde ayçiçek yağı kullanılan örneklerin diğer yağ türlerine kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük Gİ değerine sahip olduğu bulunmuştur (Bkz. Tablo 4.4.). Joannic ve ark. (278), sağlıklı yetişkinlerde farklı yağ çeşitleri ilave edilerek hazırlanan pirinç ve patates püresi içeren öğünlerden ÇDYA'dan zengin yağ karışımı (ayçiçek yağı ve soya yağı) ilavesinin TDYA'dan zengin yağ karışımına (yüksek oleik asitli ayçiçek yağı ve pirinç kepeği yağı) kıyasla glisemik yanıtı ve insülin yanıtını düşürmede daha etkili olduğu göstermiştir. Ancak, kan glukoz yanıtlarının in vitro ve in vivo olarak incelendiği diğer çalışmalarda farklı sonuçlar rapor edilmiştir. Bazı çalışmalarda (272, 273, 304) besine ilave edilen yağ türünün besinin Gİ değerinde anlamlı farklılığa neden olmadığı gösterilmiştir. Lau ve ark. (272), ekmeğe tereyağı, hindistancevizi yağı, üzüm çekirdeği yağı veya zeytinyağı ilavesinin postprandiyal glisemik yanıt üzerindeki etkisini incelemiş ve ÇDYA'dan zengin bir yağ türü olan üzüm çekirdeği yağı

ilavesinin diğerk yağ türlerine kıyasla glisemik yanıt üzerinde bir üstünlüğü olmadığını rapor etmiştir. Clegg ve ark. (17) ise krep yapımı sırasında ayçiçek yağı ilavesinin zeytinyağına kıyasla daha yüksek ve tereyağına kıyasla daha düşük glisemik yanıtı neden olduğunu göstermiştir. Diğerk yandan, Kumar ve ark. (199, 269) tarafından yürütölen çalışmalar, pirinçlere ilave edilen ÇDYA'nın ghee yağına kıyasla daha yüksek eGI değerine sahip olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, fırında pişirilen patateslerde kanola yağı kullanımının tereyağı kullanımına kıyasla daha düşük eGI değerine sahip olduğunu, diğerk pişirme yöntemlerinde kanola yağı, zeytinyağı veya tereyağı kullanımının pişmiş patateslerin glisemik indeks değerini önemli düzeyde etkilemediğini saptanmıştır (Bkz. Tablo 4.4.). Zeytinyağı ve kanola yağı TDYA'dan, tereyağı ise doymuş yağ asitlerinden zengin yağlardır (305, 306). Doymuş yağ asitlerinden ve TDYA'dan zengin yağların kullanımının nişasta sindirilebilirliği ve kan glukoz yanıtına etkisinin incelendiği çalışmaların bir kısmı kendi içinde ve çalışmamızın sonuçları ile farklılık göstermektedir (17, 199, 269, 276, 277, 280). Bozzetto ve ark. (280), tip 1 diyabetli bireylerde bir öğünün parçası olarak öğüne ilave edilen zeytinyağının tereyağı kullanımına kıyasla daha düşük glisemik yanıtla sonuçlandığını göstermiştir. Clegg ve ark. (17), zeytinyağı ilave edilen tava ekmeklerinin tereyağı ilave edilenlere kıyasla daha düşük birikimli kan glukoz yanıtına neden olduğunu rapor etmiştir. Rasmussen ve ark. (277), patates püresine tereyağı ilavesinin zeytinyağına kıyasla daha düşük glisemik yanıtı neden olabileceğini göstermiştir. Kumar ve ark. (199, 269), ghee yağı kullanımının ÇDYA'dan zengin olan soya yağına kıyasla daha düşük eGI değerine neden olduğunu göstermiştir. Lal ve ark. (276) ise liyofilize edilmiş patateslerde ghee veya zeytinyağı kullanımının pişmiş örneklerin eGI değerinde önemli farklılığa neden olmadığını göstermiştir. Benzer şekilde Lau ve ark. (272), ekmeğe tereyağı veya zeytinyağı ilave edilmesinin besinin glisemik yanıtı üzerinde önemli farklılığa neden olmadığını bildirmiştir.

5.3. Pişmiş Patateslerin Nişasta Fraksiyonları ve Tahmini Glisemik İndeksinde İlave Edilen Yağların Yağ Asidi Kompozisyonunun Etkisi

Pişmiş patateslerdeki nişasta türlerinin (HSN, YSN, DN) içeriği ve eGI değerleri kıyaslanmış ve nişasta türleri ve eGI değerlerinin birbirileri ile önemli

düzyeyde ilişkilili olduğu saptanmıştır (Bkz. Tablo 4.6.). Pişmiş patateslerin eGI değerinin HSN içeriği ile pozitif, YSN ve DN içeriği ile negatif olarak ilişkilili bulunmuştur. Ayrıca HSN miktarının YSN ve DN miktarı ile negatif ilişkiye sahip olduğu saptanmıştır. HSN ve eGI nişastanın bağırsaklarda hızlı sindirilebilirliği ile ilişkilili iken YSN sindirimi yavaş olan nişastayı ve DN bağırsaktan geçiş süresi boyunca (yaklaşık 4 saat) sindirilemeyen nişastayı temsil etmektedir (86, 93). Elde edilen veriler, literatür ile benzerdir (199, 300, 301, 307). Krishan ve ark. (300), farklı yağ türleri ilave edilerek pişirilen pirinçlerde HSN ile YSN arasında anlamlı düzyeyde güçlü negatif ilişki bulurken DN içeriği ile HSN veya YSN içeriği arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır. Yapılan alışmalar (199, 307), bu çalışma ile benzer olarak DN içeriğinin eGI değeri ile önemli düzyeyde negatif ilişkiye sahip olduğu bildirmiştir. Pinhero ve ark. (301), farklı yöntemlerle pişirilen patateslerin glisemik eGI değerleri ile HSN düzyeleri arasında pozitif ile ilişki saptarken eGI değerinin YSN ve DN içerikleri ile anlamlı veya güçlü korelasyon göstermediğini bildirmiştir.

Besinlere pişirme öncesi, sırasında veya sonrasında ilave edilen yağlar, besinin sindirilebilirliğini ve glisemik yanıtını etkilemektedir (17, 269). Bu etki karmaşık mekanizmalara sahip olup tek bir faktörle açıklanamamaktadır. Besine ilave edilen yağ, hem nişastanın jelatinizasyonunu hem de sindirim enzimlerinin nişasta zincirlerine ulaşmasını engellemekte (136, 215), ayrıca mide boşalma zamanını geciktirmekte ve inkretin hormonların aracılığı ile insülin salınımını uyarmaktadır (280). Yağ varlığı, hem nişasta granülleri etrafında sterik engel oluşturarak hem de nişastanın dallanmamış sarmal zincirleri ile kovalent olmayan bağlarla ALK oluşturarak nişasta zincirlerinin amilolitik aktivitesini engelleyebilmektedir (136, 215). Yağ asitlerinin farklı düzyelerde doymamışlık derecesine ve karbon zincirinin uzunluğuna sahip olması ise ALK oluşum verimini ve sindirilebilirliğini etkileyebilmektedir (300). ALK oluşumu, besinin YSN ve DN düzyelerinde artışla sonuçlanabilmekte ve kan glukoz yanıtını azaltabilmektedir (272). Bu çalışmada, pişmiş patateslerdeki linoleik asit ve ÇDYA düzyelerinin eGI ile negatif ve YSN ile pozitif ilişkilili olduğu gösterilmiştir (Bkz. Tablo 4.6.). HSN ile linoleik asit içeriği arasında anlamlı düzyeyde negatif ilişki bulunmuştur. ALA miktarının ise HSN ile pozitif ve DN ile negatif ilişkilili olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan ayçiçek yağı %58,53 ÇDYA içermektedir ve bunun neredeyse tamamı linoleik asittir. Kanola

yağı %64,12 TDYA ve %27,62 ÇDYA içermektedir ve ÇDYA'nın yaklaşık dörtte biri ALA'dır. Zeytinyağının %71,64'ü TDYA, tereyağının ise %54,08'i DY A olup; DY A'nın yaklaşık yarısı palmitik asittir. Bu çalışmada, linoleik asitten zengin ayçiçek yağı diğer yağ türlerine göre nişasta sindirimini sınırlandırırken başlıca TDYA içeren ve patateslerde gözlenen nispeten yüksek ALA içeriğinden sorumlu olan kanola yağı ilavesinin ayçiçek yağına kıyasla amilolitik aktiviteyi daha az engellediği görülmüştür.

Yağ türlerinin ALK oluşumuna ve oluşan kompleksin nişasta sindirilebilirliği üzerine etkisi birkaç farklı mekanizma ile açıklanabilir (88, 136, 300). Doymamışlık derecesi yüksek yağ asitlerinin nişasta zincirleri ile kompleks oluşturma veriminin doymuş yağ asitlerine kıyasla daha düşük olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (88, 136, 308). Doymamış yağ asitlerinin içerdiği çift bağlar, karbon zincirinin eğimini artırarak yağ asidinin amiloz sarmallarına yerleşmesini engelleyebilir (136). Diğer yandan, doymamış bağlara sahip yağ asitlerinin eğimli karbon zincirlerinin doymuş yağ asitlerine kıyasla amilozu daha fazla kaplayacak biçimde nişasta ile kompleksleşebileceği ve böylece daha fazla α -amilaza dirençli glukoz biriminin oluşabileceği rapor edilmiştir (123, 309). Bu durumun nişastanın daha yavaş sindirilmesine ve bir kısmının ince bağırsaktan geçiş sırasında sindirilemeyip kolona ulaşmasına neden olabileceği gösterilmiştir (88, 310). Model sistem ile yapılan çalışmalarda doymamışlık derecesi yüksek olan yağ asidi ilavesinin doymuş yağ asitlerine kıyasla ALK oluşum veriminin düşük olması nedeniyle nişastanın amilolitik aktivitesini nispeten az etkilediği gösterilmiştir (138, 308). Doymamış yağ asitleri içerisinde oleik asidin linoleik aside kıyasla amilolitik aktiviteyi daha fazla baskılayabileceği gösterilmiştir (133). İlave edilen yağ türünün nişasta sindirimine etkisinde yağ asidine özgü ALK oluşum veriminin yanı sıra besinin kaynağı ve lipidlerin nişasta ile oluşturduğu kompleksin modelinin belirleyici olabileceği rapor edilmiştir (133, 300). Krishnan ve ark. (300), siyah pirince pişirme sırası veya sonrasında ilave edilen yağların oleik asit içeriğinin linoleik asit içeriğine kıyasla ve kırmızı pirince pişirme sırasında ilave edilen yağın linoleik asit içeriğinin yağların oleik asit içeriğine kıyasla ALK oluşumunu ve DN içeriğini daha fazla artırdığı göstermiş ve doymamış yağ asitlerinin kıvrımlı yapısının amiloz zincirlerinin hizalanmasını bozduğu ve amiloz sarmalları arasında polifenol ve protein gibi yapıların komplekse katılmasını mümkün kılan boşluklar oluşturduğunu bildirmiştir.

Nişasta ve lipidlerin protein gibi yapılarla oluşturduğu üçlü komplekslerin daha yüksek sterik engel oluşturarak ikili nişasta komplekslerine kıyasla nişasta sindirimini daha fazla azaltabileceği rapor edilmiştir (134).

Bu çalışmada ÇDYA'dan zengin olan ayçiçek yağı ilavesinin TDYA ve DYA'dan zengin diğer yağ türlerine kıyasla in vitro nişasta sindirimini daha fazla sınırlayabileceği saptanmıştır. Çalışmadan edilen bulgular ile literatürdeki bazı çalışmalar arasındaki farklılığın birkaç nedeni olabilir. Besine ilave edilen yağ türünün kan glukoz yanıtı üzerindeki etkisi hem ALK oluşum verimi hem de oluşan ALK'nin enzimatik direncinden ve ayrıca mide boşalma hızı gibi fizyolojik faktörlerden etkilenmektedir (17, 123, 136, 309). Kullanılan ısıl işlem jelatinizasyon sürecini etkileyeceğinden dolayı ALK oluşum verimi ve kompleksin amilolize karşı stabilitesi uygulanan ısıl işlemin türünden de etkilenebilir (145, 303). Bu durum, ilave edilen yağ türünün nişasta sindirimi ve glisemik yanıtta etkisinde farklılık göstermesinin bir nedeni olabilir. Diğer yandan, in vitro Gİ tayinin in vivo sonuçlara benzer olduğu gösterilse de in vitro ve in vivo yöntemler arasında farklılık görülebileceği rapor edilmiştir (80, 162, 164, 167). Literatürde kullanılan in vitro Gİ ve nişasta türleri tayini yöntemlerinin standardize edilmemesi in vitro sonuçlar arasındaki farklılığın nedeni olabilir (86, 159-161).

Bu çalışmada, airfryer ve fırında pişirme öncesi patateslere ayçiçek yağı ilave edilmesinin diğer yağ türlerine kıyasla daha düşük nişasta sindirilebilirliğine neden olduğu saptanmıştır. Ayçiçek yağı n-6 yağ asidi serisine ait olan linoleik asitten zengindir ve geleneksel bir görüş olarak diyetin inflamatuvar yükünün azaltılması amacıyla n-6/n-3 alım oranının düşürülmesi hedeflenmektedir (32, 311). Ancak Amerikan Kalp Derneği kardiyovasküler hastalık riski ve inflamatuvar yük endişesi ile diyetle linoleik asit dahil n-6 yağ asitlerinin alımının sınırlanmamasını önermektedir (312). Ayrıca, Avrupa Komisyonu'nun beslenme ve sağlık beyanına göre (313) ağırlık bakımından %3'ten daha az yağ içeren besinler "düşük yağlı" olarak nitelendirilmektedir. Ayçiçek yağı ilave edilerek airfryer ve fırında hazırlanan patateslerin içerdeği yağ miktarı sırasıyla %3,74 ve %3,67'dir. Bu nedenle fırında ve airfryer ile pişirilen patateslerin diyetle n-6 alımına katkısının fazla olmaması beklenmektedir. Dolayısıyla, glisemik yanıtı düşürmek amacıyla airfryer ve fırında

patates pişirme öncesinde ayçiçek yağı kullanımının tavsiye edilmesi, diyet inflamatuvar yükü açısından bir endişe kaynağı olmamalıdır.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları vardır. İn vitro nişasta sindirilebilirliğinin in vivo kan glukoz yanıtlarını tahmin etmek amacıyla kullanılabilmesi rapor edilmiştir. Ancak in vitro çalışmalar bireysel varyasyonları engellemekle birlikte fizyolojik koşullarının tamamını taklit edememektedir. İn vitro Gİ tayininin besinin neden olduğu gecikmiş mide boşalma hızı ve artan insülin yanıtını yansıtmadığı düşünülmektedir (160, 165, 166). Ayrıca, Gİ kavramı glisemik yanıtı etkileyen bir faktör olan karbonhidrat alım miktarını göz ardı etmesi nedeniyle besinlerin kan glukoz yanıtlarının değerlendirilmesinde GY değerinin yorumlanması önemlidir. Besinin GY değerinin belirlenebilmesi için ise besinin lif ve mevcut karbonhidrat miktarının tayin edilmesi gerekmektedir (80). Bu çalışmada lif ve mevcut karbonhidrat miktarı tayin edilmediğinden pişmiş patateslerin GY değeri belirlenememiştir. Besine ilave edilen yağın yağ asidinin doymuşluk derecesinin mide boşalma hızını etkileyebileceği rapor edilmiştir (17). Diğer yandan, yağ kaynaklarında bulunan fenolik bileşiklerin nişasta ile kompleksleşerek nişastanın yapısını etkileyebilmesinin (300) yanı sıra fizyolojik yollarla da postprandiyal kan glukoz sonuçlarını etkileyebileceği bildirilmiştir (314). Reboredo ve ark. (315), gastrointestinal sistemde ekstra sızma zeytinyağında bulunan polifenollerin metabolizması sonucu oluşan metabolitlerin yağda bulunan polifenollere kıyasla α -glukosidaz üzerinde gösterdiği inhibisyonun daha fazla olabileceğini göstermiştir. Zeytinyağında bulunan fenolik bileşenlerin düzenli tüketiminin inflamatuvar adipokin seviyelerini düzenleyerek kan glukoz yanıtlarını olumlu etkileyebileceği bilinmektedir (314). Sanchez ve ark. (316), yüksek düzeyde polifenol içeren 30 ml zeytinyağının karbonhidrat kaynağı ile birlikte tüketiminin daha düşük düzeyde polifenol içeren zeytinyağına kıyasla akut postprandiyal insülin yanıtı ve duyarlılığını artırarak besinin kan glukoz yanıtını daha fazla azalttığını göstermiştir. Violi ve ark. (317), bir öğünün parçası olarak ekstra sızma zeytinyağı tüketiminin mısır yağı tüketimine kıyasla inkretin hormon düzeylerini daha fazla artırarak daha düşük kan glukoz yanıtına neden olduğunu ortaya koymuştur ve zeytinyağının glisemi üzerine etkisini polifenol içeriği ile ilişkilendirmekle birlikte altında yatan mekanizmayı açıklamamıştır. Pişirme sırasında kullanılan yağın besinin glisemik yanıt üzerindeki etkisi fizyolojik faktörlerin yanı sıra

yağ asitleri ve fenolik bileşenlerin nişasta ile oluşturduğu kompleksin yapısı ve miktarı, nişastanın jelatinizasyon derecesi ve granül hasarı ile de açıklanmaktadır (6, 272, 300). Farklı yöntemlerle hazırlanan besinlerde nişasta davranışlarını anlamak amacıyla, oluşan nişasta komplekslerinin kristallikleri XRD ile ve nişastanın termal davranışları ve jelatinizasyon derecesi DCS ile belirlenmekte, kompleks miktarı iyot bağlama kapasitesi ile tespit edilebilmekte ve pişirme yöntemlerine bağlı olarak nişasta granülleri ve bitkinin hücre duvarında meydana gelen granül ve hücre duvarı hasarı SEM altında değerlendirilmektedir (6, 65, 87-89, 272). Bu çalışma kapsamında hazırlanan patateslerin kan glukoz yanıtına etkisi sağlıklı bireylerde de incelenmelidir. Kullanılan yağ türü ve uygulanan pişirme yönteminin patatesin glisemik yanıtına etkisinde mide boşalma hızı, inkretin hormonların rolü ve yağlarda bulunan polifenollerin rolünün incelenmesi değerlidir. Ayrıca patatese ilave edilen yağ türlerinin ve uygulanan pişirme yöntemlerinin amilolitik aktivite üzerindeki fizikokimyasal engelinin anlaşılması amacıyla test besinlerinin ALK oluşum verimi ve stabilitesi, nişasta jelatinizasyon derecesi ve hücre hasarı incelenebilir. *In vitro* GI tayini yapılan çalışmalarda referans olarak beyaz ekmek kullanıldığından, bu çalışmada da eGI tayininde referans besin olarak yalnızca beyaz ekmek kullanılmış ve glukozu göre eGI değeri formül ile hesaplanmıştır (22, 160, 318). Pişmiş patateslerin eGI değerinin belirlenmesi amacıyla referans besin olarak hem beyaz ekmek hem de glukoz kullanılması, glukozu göre eGI değerinin de doğrudan hesaplanmasını sağlayabilirdi. Bu çalışmada, test besinlerinin diyet lifi miktarı tayin edilerek kullanılabilir karbonhidrat içeriği saptanabilirdi. Böylece pişmiş patateslerin kullanılabilir karbonhidrat içeriği ile GY değerleri saptanarak tüketilen patateslerin glisemik yanıtı daha iyi değerlendirilebilirdi. Son olarak, bu çalışmada pişmiş patateslerin yağ asidi kompozisyonu, yağın tedarik edildiği firmalardan temin edilen bilgiler kullanılarak yorumlanmıştır. Pişmiş patateslere gaz kromatografisi-kütle spektrometresi uygulanarak yağ asidi profillerinin belirlenmesi önemli olabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

1. Derin yağda kızartma, airfryer ile ve fırında pişirmeye kıyasla daha yüksek yağ içeriğine neden olmuştur.
2. Pişmiş patateslerde en yüksek nem içeriği airfryer ile pişirilen patateslerde, en düşük nem içeriği fırında pişirilen patateslerde gözlenmiştir.
3. Ayçiçek yağı kullanımı diğer yağ türlerinin kullanımına kıyasla derin yağda kızartılan, airfryer ile pişirilen ve fırında pişirilen örneklerde daha düşük HSN ($p<0,05$); daha yüksek YSN ve DN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$).
4. Kanola yağı, zeytinyağı ve tereyağı kullanımı tüm pişirme yöntemlerinde benzer DN içeriğine neden olmuştur ($p>0,05$).
5. Airfryer ile pişirme, ayçiçek yağı ve zeytinyağı kullanılan örneklerde fırında pişirmeye kıyasla önemli ölçüde daha yüksek YSN ve DN içeriği ile sonuçlanmıştır ($p<0,05$).
6. Airfryer ile pişirme, tereyağı kullanılan örneklerde fırınlamaya kıyasla düşük miktarda HSN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$).
7. Airfryer ile pişirme, kanola yağı kullanılan örneklerde fırında pişirmeye daha yüksek DN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$).
8. Ayçiçek veya kanola yağı kullanıldığında derin yağda kızartılan patateslerde airfryer ile ve fırında pişirmeye benzer HSN, YSN ve DN içeriği saptanmıştır ($p>0,05$).
9. Zeytinyağı ilave edilen örneklerde derin yağda kızartma, fırında pişirmeden daha düşük HSN içeriğine neden olmuştur ($p<0,05$).
10. Farklı yağ türleri ve pişirme araçları kullanılarak hazırlanan kızarmış patateslerin glukoza göre eGI değerleri orta (GI 56-69) ve yüksek (≥ 70) arasında değişmektedir.
11. Derin yağda kızartılan, airfryer ile pişirilen, ayçiçek yağı ilave edilerek fırılan patateslerin orta GI değerine, ayçiçek yağı ilave edilen örnek hariç fırında pişirilen tüm patateslerin yüksek GI değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.
12. En düşük GI değeri ayçiçek yağı ilave edilerek airfryer ile pişirilen örneklerde ($59,91 \pm 1,34$ eGI (glukoz)) ve en yüksek GI değeri tereyağı ilave edilerek fırınlanan

örneklerde ($74,96 \pm 2,36$ eGI (glukoz)) gözlenmiştir. Patates pişirme sırasında kullanılan pişirme aracı ve yağ türünün kızartmış patatesin eGI değerini yaklaşık 15 birime kadar etkileyebileceği saptanmıştır.

13. Airfryer ile ve fırında pişirilen örneklerin eGI değeri kullanılan yağ türünden önemli ölçüde etkilenirken ($p < 0,01$), derin yağda kızartılmış örnekler etkilenmemiştir ($p > 0,05$).
14. Airfryer ile ve fırında pişirilen patateslerde ayçiçek yağı kullanımı, diğer yağ türlerine kıyasla daha düşük eGI değeri ile sonuçlanmıştır ($p < 0,05$).
15. Fırında pişirilen patateslerde kanola yağı ilavesinin tereyağına kıyasla daha düşük eGI değeri ile sonuçlandığı tespit edilmiştir ($p < 0,05$).
16. Airfryer ile pişirme, kanola yağı dışındaki yağ türlerinin kullanıldığı örneklerde, diğer pişirme yöntemlerine kıyasla önemli düzeyde daha düşük eGI değerine neden olmuştur ($p < 0,05$).
17. Pişmiş patateslerdeki HSN, YSN ve DN içerikleri ve patateslerin eGI değeri arasında anlamlı ve güçlü bir ilişki saptanmıştır ($p < 0,05$).
18. Farklı yöntemlerle hazırlanan kızarmış patateslerde ayçiçek yağında yüksek miktarda bulunan linoleik asit ve ÇDYA düzeylerinin eGI ile negatif (sırayla $-0,75$; $p < 0,01$ ve $-0,77$; $p < 0,01$), YSN ile pozitif (sırayla $0,91$; $p < 0,01$ ve $0,86$; $p < 0,01$) ilişki içerisinde olduğu saptanmıştır.
19. Pişmiş patateslerin linoleik asit ile HSN içeriği negatif ilişkilidir ($0,61$; $p < 0,05$).
20. Pişmiş patateslerdeki ALA düzeyleri HSN içeriği ile pozitif ve DN içeriği ile negatif ilişkilidir (sırayla $0,65$; $p < 0,05$; $-0,71$; $p < 0,05$).
21. Pişmiş patateslerdeki palmitik asit düzeyleri YSN ile negatif ilişkilidir ($-0,62$; $p < 0,05$).

6.2. Öneriler

1. Bu çalışma, kızarmış patates hazırlığı sırasında kullanılan pişirme aracı ve yağ türünün kızartmış patatesin GI değerini yaklaşık 15 birime kadar etkileyebileceğini göstermiştir. Düşük GI'li diyetlerde kızarmış patates hazırlığında yağ türü olarak ayçiçek yağı ilavesi ve airfryer ile pişirme önerilebilir.
2. Literatüre göre düşük GI'li diyetlerin T2DM, insülin direnci ve KVH gibi metabolik sendrom belirteçlerinin önlenmesi ve tedavisinde etkili olması nedeniyle besinlerin GI değerinin düşürülmesi amacıyla besin hazırlama ve pişirme sırasında yağ, protein ve lif gibi nişasta sindirimi engelleyen besin kaynakları ilave edilebilir.
3. Besin işleme sırasında ilave edilen yağın türü, postprandiyal glisemiye kontrol altına almayı hedefleyen bireyler için önemli olabilir.
4. Derin yağda kızartma yağ ve karsinojenik bileşik içeriği yüksek besinlere neden olabileceğinden dolayı besin hazırlığında bu yöntem yerine yağ ilave ederek fırında veya airfryer ile pişirme gibi alternatif yöntemler kullanılabilir.
5. Hem duyuşsal özellikleri derin yağda kızartılanlara benzer, hem de düşük miktarda yağ içeren ve kan glukoz yanıtı düşük tariflerin oluşturulması amacıyla diğer nişasta kaynaklarında da airfryer kullanımının etkisi incelenmelidir.
6. Bu çalışmanın sonuçları in vitro ortamda elde edildiğinden kızarmış patates hazırlama yöntemlerinin bireylerin kan glukoz yanıtına ve glisemik yanıt ile ilişkili parametrelere etkisi incelenebilir.
7. İleri çalışmalarda, kızarmış patates hazırlama yöntemlerinin nişasta sindirilebilirliğine olan etkisinin anlaşılması amacıyla patateslerdeki ALK'nin oluşum verimi ve amilolitik direnci değerlendirilebilir.

7. KAYNAKLAR

1. FAO. World Food and Agriculture Statistical Yearbook 2021. Rome: FAO; 2021. 368. Report No.: 978-92-5-134332-6.
2. T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Hacettepe Üniversitesi, Başkent Üniversitesi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi. Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA). Ankara: Sağlık Bakanlığı; 2019. 461. Rapor No: 1132.
3. FAO. International Year of the Potato [Internet]. 2008 [Erişim Tarihi 10 Mart 2022]. Erişim adresi: <https://www.fao.org/potato-2008/en/aboutiyp/index.html>.
4. Jansky S, Navarre R, Bamberg J. Introduction to the special issue on the nutritional value of potato. Springer; 2019. p. 95-7.
5. Zaheer K, Akhtar MH. Potato production, usage, and nutrition—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2016;56(5):711-21.
6. Tian J, Chen S, Shi J, Chen J, Liu D, Cai Y, et al. Microstructure and digestibility of potato strips produced by conventional frying and air-frying: An in vitro study. *Food structure*. 2017;14:30-5.
7. Andre CM, Legay S, Iammarino C, Ziebel J, Guignard C, Larondelle Y, et al. The potato in the human diet: a complex matrix with potential health benefits. *Potato Research*. 2014;57:201-14.
8. Borch D, Juul-Hindsgaul N, Veller M, Astrup A, Jaskolowski J, Raben A. Potatoes and risk of obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular disease in apparently healthy adults: a systematic review of clinical intervention and observational studies. *The American journal of clinical nutrition*. 2016;104(2):489-98.
9. Veronese N, Stubbs B, Noale M, Solmi M, Vaona A, Demurtas J, et al. Fried potato consumption is associated with elevated mortality: an 8-y longitudinal cohort study. *The American journal of clinical nutrition*. 2017;106(1):162-7.
10. FAO. Carbohydrates in Human Nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation (FAO Food and Nutrition Paper 66). Rome: FAO;1998. Report No: 92-5-104114-8.
11. Sievenpiper JL, Chan CB, Dworatzek PD, Freeze C, Williams SL, Committee DCCPGE. Nutrition therapy. *Canadian journal of diabetes*. 2018;42:S64-S79.
12. Dyson P, Twenefour D, Breen C, Duncan A, Elvin E, Goff L, et al. Diabetes UK evidence-based nutrition guidelines for the prevention and management of diabetes. *Diabetic medicine*. 2018;35(5):541-7.
13. Diyabet Diyetisyenliği Derneği D. Diyabetin Önlenmesi ve Tedavisinde Kanıta Dayalı Beslenme Tedavisi Rehberi. İstanbul; 2019. Report No.: 978-605-031-034-4.
14. Henry CJK, Lightowler HJ, Newens KJ, Pata N. The influence of adding fats of varying saturation on the glycaemic response of white bread. *International journal of food sciences and nutrition*. 2008;59(1):61-9.

15. Kim JS, Nam K, Chung S-J. Effect of nutrient composition in a mixed meal on the postprandial glycemic response in healthy people: a preliminary study. *Nutrition research and practice*. 2019;13(2):126-33.
16. Kaur B, Ranawana V, Teh AL, Henry CJK. The glycemic potential of white and red rice affected by oil type and time of addition. *Journal of food science*. 2015;80(10):H2316-H21.
17. Clegg ME, Pratt M, Markey O, Shafat A, Henry CJK. Addition of different fats to a carbohydrate food: Impact on gastric emptying, glycaemic and satiety responses and comparison with in vitro digestion. *Food research international*. 2012;48(1):91-7.
18. Tian J, Chen S, Chen J, Liu D, Ye X. Cooking methods altered the microstructure and digestibility of the potato. *Starch-Stärke*. 2018;70(5-6):1700241.
19. Çiftçi S. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Patateslerin Glisemik İndeks Değeri Üzerine Etkisi [Yüksek lisans tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2015.
20. Fernandes G, Velangi A, Wolever TM. Glycemic index of potatoes commonly consumed in North America. *Journal of the American Dietetic Association*. 2005;105(4):557-62.
21. Singh A, Raigond P, Lal MK, Singh B, Thakur N, Changan SS, et al. Effect of cooking methods on glycemic index and in vitro bioaccessibility of potato (*Solanum tuberosum* L.) carbohydrates. *Lwt*. 2020;127:109363.
22. García-Alonso A, Goni I. Effect of processing on potato starch: in vitro availability and glycaemic index. *Food/Nahrung*. 2000;44(1):19-22.
23. Haase N. The in vitro digestibility of carbohydrates in boiled and processed potatoes. *Potato research*. 2015;58:91-102.
24. Abed MM, Demirhan B. Patates bitkisine (*Solanum tuberosum* L.) genel bir bakış. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*. 2018;1(1):1-9.
25. King JC, Slavin JL. White potatoes, human health, and dietary guidance. *Advances in nutrition*. 2013;4(3):393S-401S.
26. Arıoğlu H, Çalışkan M, Onaran H. Türkiye’de patates üretimi, sorunları ve çözüm önerileri2006.
27. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Önemli Araştırma Çıktıları [Internet]. 2021 [Erişim Tarihi 19 Mart 2022]. Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/patates/Menu/23/Onemli-Arastirma-Ciktilari>.
28. Gustavsen GW. Sustainability and potato consumption. *Potato Research*. 2021;64(4):571-86.
29. FAO. FAO statistical databases FAOSTAT [Internet]. 2022 [Erişim Tarihi 19 Mart 2022]. Erişim adresi: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.
30. Burgos G, Zum Felde T, Andre C, Kubow S. The potato and its contribution to the human diet and health. *The potato crop: Its agricultural, nutritional and social contribution to humankind*. 2020:37-74.

31. Wijesinha-Bettoni R, Mouillé B. The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets. *American Journal of Potato Research*. 2019;96:139-49.
32. USDA, FoodData Central. FoodData Central Search Results. 2018 [Erişim tarihi 19.03.2022]. Erişim adresi: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170027/nutrients>.
33. Furrer AN, Chegeni M, Ferruzzi MG. Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals, and human health. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018;58(1):146-68.
34. Cust A, Skilton M, Van Bakel M, Halkjaer J, Olsen A, Agnoli C, et al. Total dietary carbohydrate, sugar, starch and fibre intakes in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *European journal of clinical nutrition*. 2009;63(4):S37-S60.
35. Camire ME, Kubow S, Donnelly DJ. Potatoes and human health. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2009;49(10):823-40.
36. Visvanathan R, Jayathilake C, Chaminda Jayawardana B, Liyanage R. Health-beneficial properties of potato and compounds of interest. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016;96(15):4850-60.
37. Tabanı TUKV. Gıda Kompozisyon Veri Kitabı TürKomp; 2013 [Available from: <http://www.turkomp.gov.tr/food-patates-sofralik-sari-marfona-granola-marabel-282>].
38. Friedman M. Chemistry and anticarcinogenic mechanisms of glycoalkaloids produced by eggplants, potatoes, and tomatoes. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2015;63(13):3323-37.
39. JECFA (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Evaluation of Certain Food Additives and Naturally Occurring Toxicants. Geneva: JECFA; 1992. 60. Report No: 828.
40. Yang Y, Achaerandio I, Pujolà M. Effect of the intensity of cooking methods on the nutritional and physical properties of potato tubers. *Food Chemistry*. 2016;197:1301-10.
41. Muñoz S, Achaerandio I, Yang Y, Pujolà M. Sous vide processing as an alternative to common cooking treatments: Impact on the starch profile, color, and shear force of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Food and Bioprocess Technology*. 2017;10:759-69.
42. Romano A, D'Amelia V, Gallo V, Palomba S, Carputo D, Masi P. Relationships between composition, microstructure and cooking performances of six potato varieties. *Food Research International*. 2018;114:10-9.
43. Oruna-Concha MJ, Bakker J, Ames JM. Comparison of the volatile components of two cultivars of potato cooked by boiling, conventional baking and microwave baking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002;82(9):1080-7.
44. Jayanty SS, Diganta K, Raven B. Effects of cooking methods on nutritional content in potato tubers. *American Journal of Potato Research*. 2019;96:183-94.

45. Bethke P, Jansky S. The effects of boiling and leaching on the content of potassium and other minerals in potatoes. *Journal of food science*. 2008;73(5):H80-H5.
46. Gertz C. Fundamentals of the frying process. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2014;116(6):669-74.
47. Lumanlan JC, Fernando WMADB, Jayasena V. Mechanisms of oil uptake during deep frying and applications of predrying and hydrocolloids in reducing fat content of chips. *International Journal of Food Science & Technology*. 2020;55(4):1661-70.
48. Durán M, Pedreschi F, Moyano P, Troncoso E. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Journal of food Engineering*. 2007;81(1):257-65.
49. Palazoğlu TK, Savran D, Gökmen V. Effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips. *Journal of food science*. 2010;75(1):E25-E9.
50. Quan W, Jiao Y, Xue C, Li Y, Wang Z, Zeng M, et al. Processed potatoes intake and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of nine prospective cohort studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022;62(5):1417-25.
51. Santos CS, Cunha SC, Casal S. Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2017;119(6):1600375.
52. Shaker MA. Air frying a new technique for produce of healthy fried potato strips. *J Food Nutr Sci*. 2014;2(4):200-6.
53. Sansano M, Juan-Borrás M, Escriche I, Andrés A, Heredia A. Effect of pretreatments and air-frying, a novel technology, on acrylamide generation in fried potatoes. *Journal of food science*. 2015;80(5):T1120-T8.
54. Santos CS, Cunha SC, Casal S. Domestic low-fat “frying” alternatives: Impact on potatoes composition. *Food Science & Nutrition*. 2018;6(6):1519-26.
55. Mann J, Cummings J, Englyst H, Key T, Liu S, Riccardi G, et al. FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *European journal of clinical nutrition*. 2007;61(1):S132-S7.
56. Sağlık Bakanlığı. Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER)-2015. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı; 2016. Rapor No: 1031, Ankara.
57. Cummings J, Stephen A. Carbohydrate terminology and classification. *European journal of clinical nutrition*. 2007;61(1):S5-S18.
58. Mathers J WTM. Digestion and metabolism of carbohydrates. In: Gibney MJ L-NS, Cassidy A, Vorster HH, editor. *Introduction to Human Nutrition*. 2th edition ed. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing; 2009.
59. Zia-ud-Din, Xiong H, Fei P. Physical and chemical modification of starches: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017;57(12):2691-705.

60. Cornejo-Ramírez YI, Martínez-Cruz O, Del Toro-Sánchez CL, Wong-Corral FJ, Borboa-Flores J, Cinco-Moroyoqui FJ. The structural characteristics of starches and their functional properties. *CyTA-Journal of Food*. 2018;16(1):1003-17.
61. Tetlow IJ, Bertoft E. A review of starch biosynthesis in relation to the building block-backbone model. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(19):7011.
62. Schirmer M, Höchstötter A, Jekle M, Arendt E, Becker T. Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. *Food hydrocolloids*. 2013;32(1):52-63.
63. Blennow A, Bay-Smidt AM, Olsen CE, Møller BL. The distribution of covalently bound phosphate in the starch granule in relation to starch crystallinity. *International journal of biological macromolecules*. 2000;27(3):211-8.
64. Wang K, Henry RJ, Gilbert RG. Causal relations among starch biosynthesis, structure, and properties. *Springer Science Reviews*. 2014;2:15-33.
65. Govindaraju I, Chakraborty I, Baruah VJ, Sarmah B, Mahato KK, Mazumder N. Structure and morphological properties of starch macromolecule using biophysical techniques. *Starch-Stärke*. 2021;73(1-2):2000030.
66. Svihus B. Nutritive and digestive effects of starch and fiber in whole wheat. *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health*: Elsevier; 2014. p. 81-7.
67. Svihus B, Uhlen AK, Harstad OM. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2005;122(3-4):303-20.
68. Robertson TM, Alzaabi AZ, Robertson MD, Fielding BA. Starchy carbohydrates in a healthy diet: the role of the humble potato. *Nutrients*. 2018;10(11):1764.
69. Raigond P, Atkinson FS, Lal MK, Thakur N, Singh B, Mishra T. Potato carbohydrates. *Potato: Nutrition and Food Security*. 2020:13-36.
70. Waterschoot J, Gomand SV, Fierens E, Delcour JA. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch-Stärke*. 2015;67(1-2):14-29.
71. Ai Y, Jane JL. Gelatinization and rheological properties of starch. *Starch-Stärke*. 2015;67(3-4):213-24.
72. Chang Q, Zheng B, Zhang Y, Zeng H. A comprehensive review of the factors influencing the formation of retrograded starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021;186:163-73.
73. Singh J, Dartois A, Kaur L. Starch digestibility in food matrix: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2010;21(4):168-80.
74. Svihus B, Hervik AK. Digestion and metabolic fates of starch, and its relation to major nutrition-related health problems: A review. *Starch-Stärke*. 2016;68(3-4):302-13.

75. Freitas D, Le Feunteun S. Oro-gastro-intestinal digestion of starch in white bread, wheat-based and gluten-free pasta: unveiling the contribution of human salivary α -amylase. *Food chemistry*. 2019;274:566-73.
76. Brownlee IA, Gill S, Wilcox MD, Pearson JP, Chater PI. Starch digestion in the upper gastrointestinal tract of humans. *Starch-Stärke*. 2018;70(9-10):1700111.
77. Warren FJ, Zhang B, Waltzer G, Gidley MJ, Dhital S. The interplay of α -amylase and amyloglucosidase activities on the digestion of starch in in vitro enzymic systems. *Carbohydrate polymers*. 2015;117:192-200.
78. Zhang B, Dhital S, Gidley MJ. Synergistic and antagonistic effects of α -amylase and amyloglucosidase on starch digestion. *Biomacromolecules*. 2013;14(6):1945-54.
79. Regand A, Chowdhury Z, Tosh SM, Wolever TM, Wood P. The molecular weight, solubility and viscosity of oat beta-glucan affect human glycemic response by modifying starch digestibility. *Food chemistry*. 2011;129(2):297-304.
80. Lal MK, Singh B, Sharma S, Singh MP, Kumar A. Glycemic index of starchy crops and factors affecting its digestibility: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021;111:741-55.
81. Simonato B, Curioni A, Pasini G. Digestibility of pasta made with three wheat types: A preliminary study. *Food chemistry*. 2015;174:219-25.
82. Raigond P, Parmar V, Thakur A, Lal MK, Changan SS, Kumar D, et al. Composition of different carbohydrate fractions in potatoes: effect of cooking and cooling. *Starch-Stärke*. 2021;73(7-8):2100015.
83. Barling PM, Shyam S, Selvathevan MD, Misra S. Anomalous association of salivary amylase secretion with the postprandial glycaemic response to starch. *BMC Nutrition*. 2016;2(1):1-10.
84. Lehmann U, Robin F. Slowly digestible starch—its structure and health implications: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2007;18(7):346-55.
85. Mendes-Soares H, Raveh-Sadka T, Azulay S, Edens K, Ben-Shlomo Y, Cohen Y, et al. Assessment of a personalized approach to predicting postprandial glycemic responses to food among individuals without diabetes. *JAMA network open*. 2019;2(2):188102.
86. Englyst HN, Kingman S, Cummings J. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European journal of clinical nutrition*. 1992;46:S33-50.
87. Chen J, Cai H, Yang S, Zhang M, Wang J, Chen Z. The formation of starch-lipid complexes in instant rice noodles incorporated with different fatty acids: Effect on the structure, in vitro enzymatic digestibility and retrogradation properties during storage. *Food Research International*. 2022;162:111933.
88. Sun S, Jin Y, Hong Y, Gu Z, Cheng L, Li Z, Li C. Effects of fatty acids with various chain lengths and degrees of unsaturation on the structure,

physicochemical properties and digestibility of maize starch-fatty acid complexes. *Food Hydrocolloids*. 2021;110:106224.

89. Okumus BN, Tacer-Caba Z, Kahraman K, Nilufer-Erdil D. Resistant starch type V formation in brown lentil (*Lens culinaris* Medikus) starch with different lipids/fatty acids. *Food chemistry*. 2018;240:550-8.
90. Dong L, Qiu C-y, Wang R-c, Zhang Y, Wang J, Liu J-m, et al. Effects of Air Frying on French Fries: The Indication Role of Physicochemical Properties on the Formation of Maillard Hazards, and the Changes of Starch Digestibility. *Frontiers in Nutrition*. 2022;9:889901.
91. Englyst H. Classification and measurement of plant polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology*. 1989;23(1-3):27-42.
92. Mulet-Cabero A-I, Egger L, Portmann R, Ménard O, Marze S, Minekus M, et al. A standardised semi-dynamic in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & function*. 2020;11(2):1702-20.
93. McCleary BV, McLoughlin C, Charmier LM, McGeough P. Measurement of available carbohydrates, digestible, and resistant starch in food ingredients and products. *Cereal Chemistry*. 2020;97(1):114-37.
94. DeMartino P, Cockburn DW. Resistant starch: impact on the gut microbiome and health. *Current opinion in biotechnology*. 2020;61:66-71.
95. Ells LJ, Seal CJ, Kettlitz B, Bal W, Mathers JC. Postprandial glycaemic, lipaemic and haemostatic responses to ingestion of rapidly and slowly digested starches in healthy young women. *British Journal of Nutrition*. 2005;94(6):948-55.
96. Sands AL, Leidy HJ, Hamaker BR, Maguire P, Campbell WW. Consumption of the slow-digesting waxy maize starch leads to blunted plasma glucose and insulin response but does not influence energy expenditure or appetite in humans. *Nutrition Research*. 2009;29(6):383-90.
97. Seal CJ, Daly ME, Thomas LC, Bal W, Birkett AM, Jeffcoat R, Mathers JC. Postprandial carbohydrate metabolism in healthy subjects and those with type 2 diabetes fed starches with slow and rapid hydrolysis rates determined in vitro. *British Journal of Nutrition*. 2003;90(5):853-64.
98. Hasek LY, Phillips RJ, Zhang G, Kinzig KP, Kim CY, Powley TL, Hamaker BR. Dietary slowly digestible starch triggers the gut–brain axis in obese rats with accompanied reduced food intake. *Molecular nutrition & food research*. 2018;62(5):1700117.
99. Higgins JA, Brown IL. Resistant starch: a promising dietary agent for the prevention/treatment of inflammatory bowel disease and bowel cancer. *Current opinion in gastroenterology*. 2013;29(2):190-4.
100. Liu H, Zhang M, Ma Q, Tian B, Nie C, Chen Z, Li J. Health beneficial effects of resistant starch on diabetes and obesity via regulation of gut microbiota: a review. *Food & function*. 2020;11(7):5749-67.

101. Fu X, Liu Z, Zhu C, Mou H, Kong Q. Nondigestible carbohydrates, butyrate, and butyrate-producing bacteria. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2019;59(sup1):S130-S52.
102. McNabney SM, Henagan TM. Short chain fatty acids in the colon and peripheral tissues: a focus on butyrate, colon cancer, obesity and insulin resistance. *Nutrients*. 2017;9(12):1348.
103. Halajzadeh J, Milajerdi A, Reiner Ž, Amirani E, Kolahdooz F, Barekat M, et al. Effects of resistant starch on glycemic control, serum lipoproteins and systemic inflammation in patients with metabolic syndrome and related disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;60(18):3172-84.
104. Yuan H, Meng Y, Bai H, Shen D, Wan B, Chen L. Meta-analysis indicates that resistant starch lowers serum total cholesterol and low-density cholesterol. *Nutrition research*. 2018;54:1-11.
105. Vahdat M, Hosseini SA, Khalatbari Mohseni G, Heshmati J, Rahimlou M. Effects of resistant starch interventions on circulating inflammatory biomarkers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition journal*. 2020;19:1-10.
106. Wang H, Qiu B, Xu T, Zong A, Liu L, Xiao J. Effects of resistant starch on the indicators of glucose regulation in persons diagnosed with type 2 diabetes and those at risk: A meta-analysis. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020;44(8):e14594.
107. Amini S, Mansoori A, Maghsumi-Norouzabad L. The effect of acute consumption of resistant starch on appetite in healthy adults; a systematic review and meta-analysis of the controlled clinical trials. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2021;41:42-8.
108. Gao C, Rao M, Huang W, Wan Q, Yan P, Long Y, et al. Resistant starch ameliorated insulin resistant in patients of type 2 diabetes with obesity: a systematic review and meta-analysis. *Lipids in health and disease*. 2019;18:1-9.
109. Meenu M, Xu B. A critical review on anti-diabetic and anti-obesity effects of dietary resistant starch. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2019;59(18):3019-31.
110. Ai Y, Hasjim J, Jane J-I. Effects of lipids on enzymatic hydrolysis and physical properties of starch. *Carbohydrate Polymers*. 2013;92(1):120-7.
111. Panyoo AE, Emmambux MN. Amylose–lipid complex production and potential health benefits: A mini-review. *Starch-Stärke*. 2017;69(7-8):1600203.
112. Wang S, Chao C, Cai J, Niu B, Copeland L, Wang S. Starch–lipid and starch–lipid–protein complexes: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020;19(3):1056-79.
113. Hasjim J, Ai Y, Jane JI. Novel applications of amylose-lipid complex as resistant starch type 5. *Resistant starch: Sources, applications and health benefits*. 2013:79-94.

114. Li L, Liu Z, Zhang W, Xue B, Luo Z. Production and applications of amylose-lipid complexes as resistant starch: recent approaches. *Starch-Stärke*. 2021;73(5-6):2000249.
115. Nayak B, Berrios JDJ, Tang J. Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products. *Food Research International*. 2014;56:35-46.
116. Chang F, He X, Huang Q. Effect of lauric acid on the V-amylose complex distribution and properties of swelled normal cornstarch granules. *Journal of Cereal Science*. 2013;58(1):89-95.
117. Yang Y, Wang L, Li Y, Qian HF, Zhang H, Wu GC, Qi XG. Investigation the molecular degradation, starch-lipid complexes formation and pasting properties of wheat starch in instant noodles during deep-frying treatment. *Food Chemistry*. 2019;283:287-93.
118. Di Marco AE, Ixtaina VY, Tomás MC. Inclusion complexes of high amylose corn starch with essential fatty acids from chia seed oil as potential delivery systems in food. *Food hydrocolloids*. 2020;108:106030.
119. Lee H-S, Kim K-H, Park S-H, Hur S-W, Auh J-H. Amylose-lipid complex as a fat replacement in the preparation of low-fat white pan bread. *Foods*. 2020;9(2):194.
120. Zhou X, Wang R, Zhang Y, Yoo S-H, Lim S-T. Effects of amylose chain length and heat treatment on amylose–glycerol monocaprate complex formation. *Carbohydrate polymers*. 2013;95(1):227-32.
121. Thachil MT, Chouksey MK, Gudipati V. Amylose-lipid complex formation during extrusion cooking: effect of added lipid type and amylose level on corn-based puffed snacks. *International Journal of Food Science & Technology*. 2014;49(2):309-16.
122. Gelders GG, Duyck JP, Goesaert H, Delcour JA. Enzyme and acid resistance of amylose-lipid complexes differing in amylose chain length, lipid and complexation temperature. *Carbohydrate Polymers*. 2005;60(3):379-89.
123. Kawai K, Takato S, Sasaki T, Kajiwara K. Complex formation, thermal properties, and in-vitro digestibility of gelatinized potato starch–fatty acid mixtures. *Food Hydrocolloids*. 2012;27(1):228-34.
124. Qin R, Yu J, Li Y, Copeland L, Wang S, Wang S. Structural changes of starch–lipid complexes during postprocessing and their effect on in vitro enzymatic digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019;67(5):1530-6.
125. Tang MC, Copeland L. Analysis of complexes between lipids and wheat starch. *Carbohydrate Polymers*. 2007;67(1):80-5.
126. Chao C, Yu J, Wang S, Copeland L, Wang S. Mechanisms underlying the formation of complexes between maize starch and lipids. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2018;66(1):272-8.
127. Liu H, Arntfield SD, Holley RA, Aime DB. Amylose-lipid complex formation in acetylated pea starch-lipid systems. *Cereal Chemistry*. 1997;74(2):159-62.

128. Li X, Luo S, Hou Y, Liu Y, Hu X, Liu C. Effect of triglyceride on complexation between starch and fatty acid. *International journal of biological macromolecules*. 2020;155:1069-74.
129. Liu P, Kang X, Cui B, Wang R, Wu Z. Effects of glycerides with different molecular structures on the properties of maize starch and its film forming capacity. *Industrial Crops and Products*. 2019;129:512-7.
130. Włodarczyk-Stasiak M. Use of K₂CO₃ to Obtain Products from Starch-Oil Mixtures by Extrusion. *Foods*. 2023;12(20):3835.
131. Meng S, Ma Y, Cui J, Sun DW. Preparation of corn starch–fatty acid complexes by high-pressure homogenization. *Starch-Stärke*. 2014;66(9-10):809-17.
132. Zabar S, Lesmes U, Katz I, Shimoni E, Bianco-Peled H. Studying different dimensions of amylose–long chain fatty acid complexes: Molecular, nano and micro level characteristics. *Food Hydrocolloids*. 2009;23(7):1918-25.
133. Annor GA, Marcone M, Corredig M, Bertoft E, Seetharaman K. Effects of the amount and type of fatty acids present in millets on their in vitro starch digestibility and expected glycemic index (eGI). *Journal of Cereal Science*. 2015;64:76-81.
134. Zheng M, Chao C, Yu J, Copeland L, Wang S, Wang S. Effects of chain length and degree of unsaturation of fatty acids on structure and in vitro digestibility of starch–protein–fatty acid complexes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018;66(8):1872-80.
135. Zhang G, Maladen M, Campanella OH, Hamaker BR. Free fatty acids electronically bridge the self-assembly of a three-component nanocomplex consisting of amylose, protein, and free fatty acids. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2010;58(16):9164-70.
136. Cervantes-Ramírez JE, Cabrera-Ramírez AH, Morales-Sánchez E, Rodríguez-García ME, de la Luz Reyes-Vega M, Ramírez-Jiménez AK, et al. Amylose-lipid complex formation from extruded maize starch mixed with fatty acids. *Carbohydrate polymers*. 2020;246:116555.
137. Kitahara K, Sukanuma T, Nagahama T. Susceptibility of amylose-lipid complexes to hydrolysis by glucoamylase. *Cereal Chem*. 1996;73(4):428-32.
138. Eliasson A-C, Krog N. Physical properties of amylose-monoglyceride complexes. *Journal of Cereal Science*. 1985;3(3):239-48.
139. Tufvesson F, Wahlgren M, Eliasson AC. Formation of amylose-lipid complexes and effects of temperature treatment. Part 1. Monoglycerides. *Starch-Stärke*. 2003;55(2):61-71.
140. Tufvesson F, Wahlgren M, Eliasson AC. Formation of amylose-lipid complexes and effects of temperature treatment. Part 2. Fatty acids. *Starch-Stärke*. 2003;55(3-4):138-49.
141. De Pilli T, Derossi A, Talja RA, Jouppila K, Severini C. Study of starch-lipid complexes in model system and real food produced using extrusion-cooking technology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2011;12(4):610-6.

142. Dupuis JH, Lu ZH, Yada RY, Liu Q. The effect of thermal processing and storage on the physicochemical properties and in vitro digestibility of potatoes. *International Journal of Food Science & Technology*. 2016;51(10):2233-41.
143. Wang Y, Chen L, Yang T, Ma Y, McClements DJ, Ren F, et al. A review of structural transformations and properties changes in starch during thermal processing of foods. *Food Hydrocolloids*. 2021;113:106543.
144. He M, Qiu C, Liao Z, Sui Z, Corke H. Impact of cooking conditions on the properties of rice: Combined temperature and cooking time. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018;117:87-94.
145. Tian Y, Li M, Tang A, Jane J-L, Dhital S, Guo B. RS content and eGI value of cooked noodles (I): effect of cooking methods. *Foods*. 2020;9(3):328.
146. Raatz SK, Idso L, Johnson LK, Jackson MI, Combs Jr GF. Resistant starch analysis of commonly consumed potatoes: Content varies by cooking method and service temperature but not by variety. *Food Chemistry*. 2016;208:297-300.
147. Tian Y, Li M, Liu X, Jane J-l, Guo B, Dhital S. Storage temperature and time affect the enzyme resistance starch and glycemic response of cooked noodles. *Food Chemistry*. 2021;344:128702.
148. Amaral O, Guerreiro CS, Gomes A, Cravo M. Resistant starch production in wheat bread: effect of ingredients, baking conditions and storage. *European Food Research and Technology*. 2016;242:1747-53.
149. Jenkins DJ, Wolever T, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *The American journal of clinical nutrition*. 1981;34(3):362-6.
150. Wolever T, Jenkins D, Kalmusky J, Giordano C, Giudici S, Jenkins A, et al. Glycemic response to pasta: effect of surface area, degree of cooking, and protein enrichment. *Diabetes Care*. 1986;9(4):401-4.
151. Gannon MC, Ercan N, Westphal SA, Nuttall FQ. Effect of added fat on plasma glucose and insulin response to ingested potato in individuals with NIDDM. *Diabetes care*. 1993;16(6):874-80.
152. Crapo PA, Kolterman OG, Waldeck N, Reaven GM, Olefsky JM. Postprandial hormonal responses to different types of complex carbohydrate in individuals with impaired glucose tolerance. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1980;33(8):1723-8.
153. Bantle JP, Laine DC, Castle GW, Thomas JW, Hoogwerf BJ, Goetz FC. Postprandial glucose and insulin responses to meals containing different carbohydrates in normal and diabetic subjects. *New England Journal of Medicine*. 1983;309(1):7-12.
154. Jenkins D, Wolever T, Collier GR, Ocana A, Rao AV, Buckley G, et al. Metabolic effects of a low-glycemic-index diet. *The American journal of clinical nutrition*. 1987;46(6):968-75.
155. Jenkins DJ, Wolever TM, Jenkins AL. Starchy foods and glycemic index. *Diabetes care*. 1988;11(2):149-59.

156. Wolever TM, Jenkins D, Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodology and clinical implications. *The American journal of clinical nutrition*. 1991;54(5):846-54.
157. International Organization for Standardization. ISO 26642:2010: Food Products—Determination of the Glycaemic Index (GI) and Recommendation for Food Classification. Geneva: ISO; 2010.
158. Wolever TM, Meynier A, Jenkins AL, Brand-Miller JC, Atkinson FS, Gendre D, et al. Glycemic index and insulinemic index of foods: an interlaboratory study using the ISO 2010 method. *Nutrients*. 2019;11(9):2218.
159. Magaletta RL, DiCataldo SN, Liu D, Li HL, Borwankar RP, Martini MC. In vitro method for predicting glycemic index of foods using simulated digestion and an artificial neural network. *Cereal chemistry*. 2010;87(4):363-9.
160. Goñi I, Garcia-Alonso A, Saura-Calixto F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition research*. 1997;17(3):427-37.
161. Granfeldt Y, Björck I, Drews A, Tovar J. An in vitro procedure based on chewing to predict metabolic response to starch in cereal and legume products. *Eur J Clin Nutr*. 1992;46(9):649-60.
162. Fujiwara N, Hall C, Jenkins AL. Development of low glycemic index (GI) foods by incorporating pulse ingredients into cereal-based products: Use of in vitro screening and in vivo methodologies. *Cereal Chemistry*. 2017;94(1):110-6.
163. Gibson N, Schönfeldt HC, Pretorius B. Development of a rapid assessment method for the prediction of the glycemic index. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011;24(4-5):750-4.
164. Ferrer-Mairal A, Peñalva-Lapuente C, Iglesia I, Urtasun L, De Miguel-Etayo P, Remón S, et al. In vitro and in vivo assessment of the glycemic index of bakery products: Influence of the reformulation of ingredients. *European journal of nutrition*. 2012;51:947-54.
165. Edwards CH, Cochetel N, Setterfield L, Perez-Moral N, Warren FJ. A single-enzyme system for starch digestibility screening and its relevance to understanding and predicting the glycaemic index of food products. *Food & function*. 2019;10(8):4751-60.
166. Brouns F, Björck I, Frayn K, Gibbs A, Lang V, Slama G, Wolever T. Glycaemic index methodology. *Nutrition research reviews*. 2005;18(1):145-71.
167. Srikaeo K, Sangkhiaw J. Effects of amylose and resistant starch on glycaemic index of rice noodles. *LWT-Food Science and Technology*. 2014;59(2):1129-35.
168. Argyri K, Athanasatou A, Bouga M, Kapsokefalou M. The potential of an in vitro digestion method for predicting glycemic response of foods and meals. *Nutrients*. 2016;8(4):209.
169. Wolever T. Glycemic index claims on food labels: review of Health Canada's evaluation. *European journal of clinical nutrition*. 2013;67(12):1229-33.

170. Augustin LS, Kendall CW, Jenkins DJ, Willett WC, Astrup A, Barclay AW, et al. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: an International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrition, Metabolism and cardiovascular diseases*. 2015;25(9):795-815.
171. Jenkins DJ, Kendall CW, Augustin LS, Franceschi S, Hamidi M, Marchie A, et al. Glycemic index: overview of implications in health and disease. *The American journal of clinical nutrition*. 2002;76(1):266S-73S.
172. Pfeiffer AF, Keyhani-Nejad F. High glycemic index metabolic damage—a pivotal role of GIP and GLP-1. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2018;29(5):289-99.
173. Anderson GH, Woodend D. Effect of glycemic carbohydrates on short-term satiety and food intake. *Nutrition reviews*. 2003;61(5):S17-S26.
174. Livesey G, Taylor R, Livesey HF, Buyken AE, Jenkins DJ, Augustin LS, et al. Dietary glycemic index and load and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and updated meta-analyses of prospective cohort studies. *Nutrients*. 2019;11(6):1280.
175. Hardy DS, Garvin JT, Xu H. Carbohydrate quality, glycemic index, glycemic load and cardiometabolic risks in the US, Europe and Asia: A dose–response meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2020;30(6):853-71.
176. Jayedi A, Soltani S, Jenkins D, Sievenpiper J, Shab-Bidar S. Dietary glycemic index, glycemic load, and chronic disease: an umbrella review of meta-analyses of prospective cohort studies. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2022;62(9):2460-9.
177. Askari M, Dehghani A, Abshirini M, Raeisi T, Alizadeh S. Glycemic index, but not glycemic load, is associated with an increased risk of metabolic syndrome: Meta-analysis of observational studies. *Wiley Online Library*; 2021. p. e14295.
178. Dwivedi AK, Dubey P, Reddy SY, Clegg DJ. Associations of glycemic index and glycemic load with cardiovascular disease: updated evidence from meta-analysis and cohort studies. *Current cardiology reports*. 2022;24(3):141-61.
179. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research (WCRF/AICR). *Diet, Nutrition, Physical Activity and Cancer: A Global Perspective; Continuous Update Project Expert Report*. Washington: WCRF/AICR; 2018. Report no: 978-1-912259-5.
180. Yang L-S, Meng G-X, Ding Z-N, Yan L-J, Yao S-Y, Li H-C, et al. The Correlation of Glycemic Index, Glycemic Load, and Carbohydrates with the Risk of Hepatocellular Carcinoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2021.
181. Zhu L, Shu Y, Liu C, Zhu Y, Xiao Y, Ran J, Zhang C. Dietary glycemic index, glycemic load intake, and risk of lung cancer: A meta-analysis of observational studies. *Nutrition*. 2022;99:111676.

182. Meixiong J, Ricco C, Vasavda C, Ho BK. Diet and acne: A systematic review. *JAAD international*. 2022;7:95-112.
183. Shin WK, Shin S, Lee Jk, Kang D, Lee JE. Carbohydrate intake and hyperlipidemia among population with high-carbohydrate diets: The Health Examinees Gem Study. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2021;65(3):2000379.
184. Ni C, Jia Q, Ding G, Wu X, Yang M. Low-glycemic index diets as an intervention in metabolic diseases: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2022;14(2):307.
185. Zafar MI, Mills KE, Zheng J, Regmi A, Hu SQ, Gou L, Chen L-L. Low-glycemic index diets as an intervention for diabetes: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*. 2019;110(4):891-902.
186. Bergia RE, Giacco R, Hjorth T, Biskup I, Zhu W, Costabile G, et al. Differential glycemic effects of low-versus high-glycemic index mediterranean-style eating patterns in adults at risk for type 2 diabetes: the MEDGI-Carb randomized controlled trial. *Nutrients*. 2022;14(3):706.
187. Chiavaroli L, Lee D, Ahmed A, Cheung A, Khan T, Mejia SB, et. al. Low Glycemic Index/Load Dietary Patterns and Glycemia and Cardiometabolic Risk Factors in Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Current Developments in Nutrition*. 2021; 5(2):1018-1018.
188. Zhang R, Han S, Chen G-C, Li Z-N, Silva-Zolezzi I, Parés GV, et al. Effects of low-glycemic-index diets in pregnancy on maternal and newborn outcomes in pregnant women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *European journal of nutrition*. 2018;57:167-77.
189. Xu J, Ye S. Influence of low-glycemic index diet for gestational diabetes: A meta-analysis of randomized controlled trials. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. 2020;33(4):687-92.
190. Gaesser GA, Miller Jones J, Angadi SS. Perspective: does glycemic index matter for weight loss and obesity prevention? Examination of the evidence on “fast” compared with “slow” carbs. *Advances in Nutrition*. 2021;12(6):2076-84.
191. Evans CE, Greenwood DC, Threapleton DE, Gale CP, Cleghorn CL, Burley VJ. Glycemic index, glycemic load, and blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*. 2017;105(5):1176-90.
192. Misciagna G, Del Pilar Díaz M, Caramia D, Bonfiglio C, Franco I, Noviello M, et al. Effect of a low glycemic index Mediterranean diet on non-alcoholic fatty liver disease. A randomized controlled clinical trial. *The journal of nutrition, health & aging*. 2017;21:404-12.
193. Saadati N, Haidari F, Barati M, Nikbakht R, Mirmomeni G, Rahim F. The effect of low glycemic index diet on the reproductive and clinical profile in women with polycystic ovarian syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*. 2021;7(11).

194. Afandi FA, Wijaya CH, Faridah DN, Suyatma NE, Jayanegara A. Evaluation of various starchy foods: A systematic review and meta-analysis on chemical properties affecting the glycemic index values based on in vitro and in vivo experiments. *Foods*. 2021;10(2):364.
195. Goh AT, Chatonidi G, Choy M, Ponnalagu S, Stieger M, Forde CG. Impact of individual differences in eating rate on oral processing, bolus properties and post-meal glucose responses. *Physiology & Behavior*. 2021;238:113495.
196. Marathe CS, Horowitz M, Trahair LG, Wishart JM, Bound M, Lange K, et al. Relationships of early and late glycemic responses with gastric emptying during an oral glucose tolerance test. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2015;100(9):3565-71.
197. Pradeep P, Sreerama YN. Impact of processing on the phenolic profiles of small millets: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia. *Food chemistry*. 2015;169:455-63.
198. Atkinson FS, Brand-Miller JC, Foster-Powell K, Buyken AE, Goletzke J. International tables of glycemic index and glycemic load values 2021: a systematic review. *The American journal of clinical nutrition*. 2021;114(5):1625-32.
199. Kumar A, Panda PA, Lal MK, Ngangkham U, Sahu C, Soren KR, et al. Addition of pulses, cooking oils, and vegetables enhances resistant starch and lowers the glycemic index of rice (*Oryza sativa* L.). *Starch-Stärke*. 2020;72(9-10):1900081.
200. Lal MK, Kumar A, Raigond P, Dutt S, Changan SS, Chourasia KN, et al. Impact of starch storage condition on glycemic index and resistant starch of cooked potato (*Solanum tuberosum*) tubers. *Starch-Stärke*. 2021;73(1-2):1900281.
201. Kumar A, Dash GK, Barik M, Panda PA, Lal MK, Baig MJ, Swain P. Effect of Drought stress on Resistant starch content and Glycemic index of rice (*Oryza sativa* L.). *Starch-Stärke*. 2020;72(11-12):1900229.
202. Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes care*. 2008;31(12):2281-3.
203. Yaman M, Sargin HS, Mızrak ÖF. Free sugar content, in vitro starch digestibility and predicted glycemic index of ready-to-eat breakfast cereals commonly consumed in Turkey: An evaluation of nutritional quality. *International journal of biological macromolecules*. 2019;135:1082-7.
204. Li M-C, Chou C-F, Hsu S-C, Lin J-S. Physicochemical characteristics and resistant starch of different varieties of banana from Taiwan. *International Journal of Food Properties*. 2020;23(1):1168-75.
205. Chaipai S, Kriangsinyot W, Srichamnong W. Effects of ripening stage and cooking methods on available glucose, resistant starch and estimated glycemic index of bananas (*Musa sapientum*; Nam-wa variety). *Malaysian Journal of Nutrition*. 2018;24(2).
206. Romano A, Mackie A, Farina F, Aponte M, Sarghini F, Masi P. Characterisation, in vitro digestibility and expected glycemic index of commercial starches as

- uncooked ingredients. *Journal of Food Science and Technology*. 2016;53:4126-34.
207. Giri S, Banerji A, Lele S, Ananthanarayan L. Starch digestibility and glycaemic index of selected Indian traditional foods: Effects of added ingredients. *International Journal of Food Properties*. 2017;20(sup1):S290-S305.
 208. Chung H-J, Liu Q, Hoover R, Warkentin TD, Vandenberg B. In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. *Food Chemistry*. 2008;111(2):316-21.
 209. Romão B, Falcomer AL, Palos G, Cavalcante S, Botelho RBA, Nakano EY, et al. Glycemic index of gluten-free bread and their main ingredients: A systematic review and meta-analysis. *Foods*. 2021;10(3):506.
 210. Klunklin W, Savage G. Physicochemical, antioxidant properties and in vitro digestibility of wheat–purple rice flour mixtures. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018;53(8):1962-71.
 211. Alongi M, Melchior S, Anese M. Reducing the glycemic index of short dough biscuits by using apple pomace as a functional ingredient. *LWT*. 2019;100:300-5.
 212. Sivakamasundari S, Priyanga S, Moses J, Anandharamakrishnan C. Impact of processing techniques on the glycemic index of rice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022;62(12):3323-44.
 213. Allen JC, Corbitt AD, Maloney KP, Butt MS, Truong VD. Glycemic index of sweet potato as affected by cooking methods. 2012.
 214. Kameyama N, Maruyama C, Matsui S, Araki R, Yamada Y, Maruyama T. Effects of consumption of main and side dishes with white rice on postprandial glucose, insulin, glucose-dependent insulinotropic polypeptide and glucagon-like peptide-1 responses in healthy Japanese men. *British journal of nutrition*. 2014;111(9):1632-40.
 215. Ye J, Hu X, Luo S, McClements DJ, Liang L, Liu C. Effect of endogenous proteins and lipids on starch digestibility in rice flour. *Food Research International*. 2018;106:404-9.
 216. Zhang K, Dong R, Hu X, Ren C, Li Y. Oat-based foods: Chemical constituents, glycemic index, and the effect of processing. *Foods*. 2021;10(6):1304.
 217. Graça C, Raymundo A, de Sousa I. Yoghurt and curd cheese addition to wheat bread dough: Impact on in vitro starch digestibility and estimated glycemic index. *Food chemistry*. 2021;339:127887.
 218. An JS, Bae IY, Han S-I, Lee S-J, Lee HG. In vitro potential of phenolic phytochemicals from black rice on starch digestibility and rheological behaviors. *Journal of Cereal Science*. 2016;70:214-20.
 219. Ramdath DD, Padhi E, Hawke A, Sivaramalingam T, Tsao R. The glycemic index of pigmented potatoes is related to their polyphenol content. *Food & function*. 2014;5(5):909-15.

220. Somaratne G, Prasantha B, Dunuwila G, Chandrasekara A, Wijesinghe D, Gunasekara D. Effect of polishing on glycemic index and antioxidant properties of red and white basmati rice. *Food Chemistry*. 2017;237:716-23.
221. Petroski W, Minich DM. Is there such a thing as “anti-nutrients”? A narrative review of perceived problematic plant compounds. *Nutrients*. 2020;12(10):2929.
222. Sparvoli F, Giofré S, Cominelli E, Avite E, Giuberti G, Luongo D, et al. Sensory characteristics and nutritional quality of food products made with a biofortified and lectin free common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour. *Nutrients*. 2021;13(12):4517.
223. Siddhuraju P, Becker K. Nutritional and antinutritional composition, in vitro amino acid availability, starch digestibility and predicted glycemic index of differentially processed mucuna beans (*Mucuna pruriens* var. *utilis*): an under-utilised legume. *Food chemistry*. 2005;91(2):275-86.
224. Li K, Yao F, Du J, Deng X, Li C. Persimmon tannin decreased the glycemic response through decreasing the digestibility of starch and inhibiting α -amylase, α -glucosidase, and intestinal glucose uptake. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2018;66(7):1629-37.
225. Wu W, Qiu J, Wang A, Li Z. Impact of whole cereals and processing on type 2 diabetes mellitus: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2020;60(9):1447-74.
226. Arora K, Ameer H, Polo A, Di Cagno R, Rizzello CG, Gobbetti M. Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021;108:71-83.
227. Demirkesen-Bicak H, Arici M, Yaman M, Karasu S, Sagdic O. Effect of different fermentation condition on estimated glycemic index, in vitro starch digestibility, and textural and sensory properties of sourdough bread. *Foods*. 2021;10(3):514.
228. Wolter A, Hager A-S, Zannini E, Arendt EK. Influence of sourdough on in vitro starch digestibility and predicted glycemic indices of gluten-free breads. *Food & function*. 2014;5(3):564-72.
229. Leeman M, Östman E, Björck I. Vinegar dressing and cold storage of potatoes lowers postprandial glycaemic and insulinaemic responses in healthy subjects. *European journal of clinical nutrition*. 2005;59(11):1266-71.
230. Liljeberg H, Björck I. Delayed gastric emptying rate may explain improved glycaemia in healthy subjects to a starchy meal with added vinegar. *European journal of clinical nutrition*. 1998;52(5):368-71.
231. Liatis S, Grammatikou S, Poulia K-A, Perrea D, Makrilakis K, Diakoumopoulou E, Katsilambros N. Vinegar reduces postprandial hyperglycaemia in patients with type II diabetes when added to a high, but not to a low, glycaemic index meal. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2010;64(7):727-32.
232. Kale S, Jha S, Jha G, Sinha J, Lal S. Soaking induced changes in chemical composition, glycemic index and starch characteristics of basmati rice. *Rice Science*. 2015;22(5):227-36.

233. Mete E, Haszard J, Perry T, Oey I, Mann J, Te Morenga L. Effect of wholegrain flour particle size in bread on glycaemic and insulinaemic response among people with risk factors for type 2 diabetes: a randomised crossover trial. *Nutrients*. 2021;13(8):2579.
234. Bravo L, Siddhuraju P, Saura-Calixto F. Effect of various processing methods on the in vitro starch digestibility and resistant starch content of Indian pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998;46(11):4667-74.
235. Kongkachuichai R, Charoensiri R, Meekhrerod A, Kettawan A. Effect of processing conditions on bioactive compounds and glycemic index of the selected landrace rice variety in pre-diabetes. *Journal of Cereal Science*. 2020;94:102994.
236. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American journal of clinical nutrition*. 2002;76(1):5-56.
237. Wilson T, Anderson JA, Andersen KF, Heimerman RA, Larson MM, Freeman MR, Baker SE. Glycemic response of type 2 diabetics to raisins. *Food and Nutrition Sciences*. 2012;3(8):1162.
238. Donlao N, Ogawa Y. Impact of postharvest drying conditions on in vitro starch digestibility and estimated glycemic index of cooked non-waxy long-grain rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017;97(3):896-901.
239. Tahvonen R, Hietanen R, Sihvonen J, Salminen E. Influence of different processing methods on the glycemic index of potato (Nicola). *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006;19(4):372-8.
240. Soh N, Brand-Miller J. The glycaemic index of potatoes: the effect of variety, cooking method and maturity. *European journal of clinical nutrition*. 1999;53(4):249-54.
241. Guillén S, Oria R, Salvador ML. Impact of cooking temperature on in vitro starch digestibility of rice varieties with different amylose contents. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2018;68(4).
242. Olawoye B, Gbadamosi SO, Otemuyiwa IO, Akanbi CT. Gluten-free cookies with low glycemic index and glycemic load: optimization of the process variables via response surface methodology and artificial neural network. *Heliyon*. 2020;6(10).
243. Tamura M, Singh J, Kaur L, Ogawa Y. Impact of the degree of cooking on starch digestibility of rice—An in vitro study. *Food Chemistry*. 2016;191:98-104.
244. Çoban Dİ, Babiker EE, Al Juhaimi F, Uslu N, Özcan MM, Ghafoor K, et al. Fatty acid composition, mineral contents, and glycemic index values of chips produced with different cooking methods and lupine (*Lupinus albus* L.) flour formulations. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021;45(2):e15161.
245. Ampofo D, Agbenorhevi JK, Firempong CK, Adu-Kwarteng E. Glycemic index of different varieties of yam as influenced by boiling, frying and roasting. *Food Science & Nutrition*. 2021;9(2):1106-11.

246. Kouassi NK, Tiahou GG, Abodo JRF, Camara-Cisse M, Amani G. Influence of the variety and cooking method on glycemic index of Yam. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2009;8(7):993-9.
247. Ramdath DD, Wolever TM, Siow YC, Ryland D, Hawke A, Taylor C, et al. Effect of processing on postprandial glycemic response and consumer acceptability of lentil-containing food items. *Foods*. 2018;7(5):76.
248. Ayodele OH, Godwin EV. Glycemic indices of processed unripe plantain (*Musa paradisiaca*) meals. *African Journal of Food Science*. 2010;4(8):514-21.
249. Gunathilaka M, Ekanayake S. Effect of different cooking methods on glycaemic index of Indian and Pakistani basmati rice varieties. 2015.
250. Bahado-Singh PS, Riley CK, Wheatley AO, Lowe HI. Relationship between processing method and the glycemic indices of ten sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars commonly consumed in Jamaica. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2011;2011.
251. Bahado-Singh P, Wheatley A, Ahmad M, Morrison ESA, Asemota H. Food processing methods influence the glycaemic indices of some commonly eaten West Indian carbohydrate-rich foods. *British journal of nutrition*. 2006;96(3):476-81.
252. Capriles V, Coelho K, Guerra-Matias A, Arêas J. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index. *Journal of food science*. 2008;73(7):H160-H4.
253. Anyakudo MMC. Effects of food processing methods on diets proximate nutrient composition and glycemic profile in male type 2 diabetic subjects. *British Journal of Applied Science & Technology*. 2014;4(27):3995.
254. Chinedum E, Sanni S, Theresa N, Ebere A. Effect of domestic cooking on the starch digestibility, predicted glycemic indices, polyphenol contents and alpha amylase inhibitory properties of beans (*Phaseolis vulgaris*) and breadfruit (*Treculia africana*). *International journal of biological macromolecules*. 2018;106:200-6.
255. Itam E, Itam A, Odey M, Ejemot-Nwadiaro R, Asenye M, Ezike N. Effect of processing method on the glycemic index of some carbohydrate staples (*Manihot esculanta*, *Ipomoea batata* and *Dioscorea rotundata*) in both normal and diabetic subjects. *Annals of Biological Research*. 2012;3(12):5507-10.
256. Shumoy H, Van Bockstaele F, Devecioglu D, Raes K. Effect of sourdough addition and storage time on in vitro starch digestibility and estimated glycemic index of tef bread. *Food chemistry*. 2018;264:34-40.
257. Cañas S, Perez-Moral N, Edwards CH. Effect of cooking, 24 h cold storage, microwave reheating, and particle size on in vitro starch digestibility of dry and fresh pasta. *Food & function*. 2020;11(7):6265-72.
258. Ranawana V, Monro JA, Mishra S, Henry CJK. Degree of particle size breakdown during mastication may be a possible cause of interindividual glycemic variability. *Nutrition research*. 2010;30(4):246-54.

259. Zhu Y, Hsu WH, Hollis JH. Increased number of chews during a fixed-amount meal suppresses postprandial appetite and modulates glycemic response in older males. *Physiology & behavior*. 2014;133:136-40.
260. Goh AT, Choy JYM, Chua XH, Ponnalagu S, Khoo CM, Whitton C, et al. Increased oral processing and a slower eating rate increase glycaemic, insulin and satiety responses to a mixed meal tolerance test. *European Journal of nutrition*. 2021:1-15.
261. Sun L, Ranawana DV, Tan WJK, Quek YCR, Henry CJ. The impact of eating methods on eating rate and glycemic response in healthy adults. *Physiology & behavior*. 2015;139:505-10.
262. Niclis C, Prado D, Diaz MdP, Soria EA, Albrecht C. Postprandial glycemic response in different bakery formulations with adequate palatability: Sex-related effects. *Nutrition & Food Science*. 2022;52(2):379-90.
263. Basu R, Dalla Man C, Campioni M, Basu A, Klee G, Toffolo G, et al. Effects of age and sex on postprandial glucose metabolism: differences in glucose turnover, insulin secretion, insulin action, and hepatic insulin extraction. *Diabetes*. 2006;55(7):2001-14.
264. Jenkins D, Wolever T, Jenkins A, Thorne M, Lee R, Kalmusky J, et al. The glycaemic index of foods tested in diabetic patients: a new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes. *Diabetologia*. 1983;24:257-64.
265. Wolever T, Giddens J, Sievenpiper J. Effect of ethnicity on glycaemic index: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition & Diabetes*. 2015;5(7):e170-e.
266. Mettler S, Wenk C, Colombani PC. Influence of training status on glycemic index. *International journal for vitamin and nutrition research*. 2006;76(1):39-44.
267. Leeman M, Östman E, Björck I. Glycaemic and satiating properties of potato products. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2008;62(1):87-95.
268. Feng X, Li M, Liu H, Higgins PB, Tang Y, Cao Y, et al. Reduced postprandial serum triglyceride after a meal prepared using hot air frying: A randomized crossover trial. *NFS journal*. 2020;19:1-8.
269. Kumar A, Sahoo S, Sahu S, Nayak L, Ngangkham U, Parameswaran C, et al. Rice with pulses or cooking oils can be used to elicit lower glycemic response. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2018;71:1-7.
270. Normand S, Khalfallah Y, Louche-Pelissier C, Pachiaudi C, Antoine J-M, Blanc S, et al. Influence of dietary fat on postprandial glucose metabolism (exogenous and endogenous) using intrinsically ¹³C-enriched durum wheat. *British Journal of Nutrition*. 2001;86(1):3-11.
271. Owen B, Wolever TM. Effect of fat on glycaemic responses in normal subjects: a dose-response study. *Nutrition research*. 2003;23(10):1341-7.
272. Lau E, Zhou W, Henry CJ. Effect of fat type in baked bread on amylose–lipid complex formation and glycaemic response. *British Journal of Nutrition*. 2016;115(12):2122-9.

273. MacIntosh CG, Holt SH, Brand-Miller JC. The degree of fat saturation does not alter glycemic, insulinemic or satiety responses to a starchy staple in healthy men. *The Journal of nutrition*. 2003;133(8):2577-80.
274. Burdge GC, Powell J, Calder PC. Lack of effect of meal fatty acid composition on postprandial lipid, glucose and insulin responses in men and women aged 50–65 years consuming their habitual diets. *British Journal of Nutrition*. 2006;96(3):489-500.
275. Brynes AE, Frost GS, Edwards CMB, Ghatei MA, Bloom SR. Plasma glucagon-like peptide-1 (7-36) amide (GLP-1) response to liquid phase, solid phase, and meals of differing lipid composition. *Nutrition*. 1998;14(5):433-6.
276. Lal MK, Singh B, Tiwari RK, Kumar S, Gopalakrishnan S, Gaikwad K, et al. Interactive effect of retrogradation and addition of pulses, cooking oil on predicted glycemic index and resistant starch of potato. *Starch-Stärke*. 2022;74(5-6):2100221.
277. Rasmussen O, Lauszus FF, Christiansen C, Thomsen C, Hermansen K. Differential effects of saturated and monounsaturated fat on blood glucose and insulin responses in subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *The American journal of clinical nutrition*. 1996;63(2):249-53.
278. Joannic J-L, Auboiron S, Raison J, Basdevant A, Bornet F, Guy-Grand B. How the degree of unsaturation of dietary fatty acids influences the glucose and insulin responses to different carbohydrates in mixed meals. *The American journal of clinical nutrition*. 1997;65(5):1427-33.
279. Gatti E, Noe D, Pazzucconi F, Gianfranceschi G, Porrini M, Testolin G, Sirtori C. Differential effect of unsaturated oils and butter on blood glucose and insulin response to carbohydrate in normal volunteers. *European journal of clinical nutrition*. 1992;46(3):161-6.
280. Bozzetto L, Alderisio A, Clemente G, Giorgini M, Barone F, Griffo E, et al. Gastrointestinal effects of extra-virgin olive oil associated with lower postprandial glycemia in type 1 diabetes. *Clinical Nutrition*. 2019;38(6):2645-51.
281. Teruel MdR, Gordon M, Linares MB, Garrido MD, Ahromrit A, Niranjana K. A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science*. 2015;80(2):E349-E58.
282. Pinhero RG, Waduge RN, Liu Q, Sullivan JA, Tsao R, Bizimungu B, Yada RY. Evaluation of nutritional profiles of starch and dry matter from early potato varieties and its estimated glycemic impact. *Food chemistry*. 2016;203:356-66.
283. Gökmen V, Şenyuva H, Dölek B, Çetin AE. Computer vision-based image analysis for the estimation of acrylamide concentrations of potato chips and french fries. *Food Chemistry*. 2007;101(2):791-8.
284. Marcus JB. *Demystified: The Science behind Healthy Foods, Cooking Culinary Nutrition: The Science behind Healthy Foods, Cooking*
285. *and Baking*. San Diego 2013. p. 51-97.

286. Katragadda HR, Fullana A, Sidhu S, Carbonell-Barrachina ÁA. Emissions of volatile aldehydes from heated cooking oils. *Food Chemistry*. 2010;120(1):59-65.
287. Torkmahalleh MA, Goldasteh I, Zhao Y, Udochu NM, Rossner A, Hopke P, Ferro A. PM_{2.5} and ultrafine particles emitted during heating of commercial cooking oils. *Indoor Air*. 2012;22(6):483-91.
288. Zhao Y, Zhang Z, Ji C, Liu L, Zhang B, Huan C. Characterization of particulate matter from heating and cooling several edible oils. *Building and Environment*. 2019;152:204-13.
289. TürKomp, Biringen Löker G, Budaklıer A, Poyrazoğlu O. Gıda Kompozisyon Veri Kitabı [Internet]. 2013 [Erişim tarihi 18.05.2023]. Erişim adresi: <https://turkomp.tarimorman.gov.tr/food-tereyagi-kahvaltilik-pastorize-sut-yagi--82-25>.
290. Choe E, Min D. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of food science*. 2007;72(5):R77-R86.
291. Chemists AoOA, Chemists AoOA. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: The Association; 1925.
292. TürKomp, Biringen Löker G, Budaklıer A, Poyrazoğlu O. Gıda Kompozisyon Veri Kitabı [Internet]. 2013 [Erişim tarihi 18.05.2023]. Erişim adresi: <https://turkomp.tarimorman.gov.tr/food-tereyagi-kahvaltilik-pastorize-sut-yagi--82-25>.
293. Skog K, Viklund G, Olsson K, Sjöholm I. Acrylamide in home-prepared roasted potatoes. *Molecular nutrition & food research*. 2008;52(3):307-12.
294. Kumar S, Aalbersberg B. Nutrient retention in foods after earth-oven cooking compared to other forms of domestic cooking: 1. Proximates, carbohydrates and dietary fibre. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006;19(4):302-10.
295. Murniece I, Karklina D, Galoburda R, Santare D, Skrabule I, Costa HS. Nutritional composition of freshly harvested and stored Latvian potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties depending on traditional cooking methods,. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011;24(4-5):699-710.
296. Tian J, Chen J, Lv F, Chen S, Chen J, Liu D, Ye X. Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*. 2016;197:1264-70.
297. Shaker M. Comparison between traditional deep-fat frying and air-frying for production of healthy fried potato strips. *International Food Research Journal*. 2015;22(4).
298. Krokida M, Oreopoulou V, Maroulis Z. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of food engineering*. 2000;44(1):39-46.
299. Ali A, Waly MI, Bhatt N. Correlation between the in-vitro starch digestibility, predicted glycemic index and in-vivo glycemic index of selected Omani snack foods. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 2022;21:112-9.

300. Vasconcelos NCM, Salgado SM, Livera AVS, Andrade SAC, Oliveira MG, Stamford TLM. Influence of heat treatment on the sensory and physical characteristics and carbohydrate fractions of french-fried potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Food Science and Technology*. 2015;35:561-9.
301. Krishnan V, Mondal D, Bollinedi H, Srivastava S, Ramesh S, Madhavan L, et al. Cooking fat types alter the inherent glycaemic response of niche rice varieties through resistant starch (RS) formation. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020;162:1668-81.
302. Pinhero RG, Liu Q, Sullivan JA, Marcone M, Yada RY. The effect of potato varieties and processing methods on glycemic response. *American Journal of Plant Sciences*. 2020;11(7):1144-62.
303. Guo P, Yu J, Copeland L, Wang S, Wang S. Mechanisms of starch gelatinization during heating of wheat flour and its effect on in vitro starch digestibility. *Food Hydrocolloids*. 2018;82:370-8.
304. Li Q, Shi S, Dong Y, Yu X. Characterisation of amylose and amylopectin with various moisture contents after frying process: Effect of starch–lipid complex formation. *International Journal of Food Science & Technology*. 2021;56(2):639-47.
305. Sun L, Tan KWJ, Lim JZ, Magkos F, Henry CJ. Dietary fat and carbohydrate quality have independent effects on postprandial glucose and lipid responses. *European journal of nutrition*. 2018;57:243-50.
306. USDA, FoodData Central. FoodData Central Search Results. 2018 [Erişim tarihi 19.08.2023]. Erişim adresi: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173410/nutrients>.
307. USDA, FoodData Central. FoodData Central Search Results. 2018 [Erişim tarihi 19.08.2022]. Erişim adresi: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171413/nutrients>.
308. Kumar A, Sahoo U, Baisakha B, Okpani OA, Ngangkham U, Parameswaran C, et al. Resistant starch could be decisive in determining the glycemic index of rice cultivars. *Journal of Cereal Science*. 2018;79:348-53.
309. Wu X, Jiang Y, Wang X, Fang Y, Lin Q, Ding Y. Structural and in vitro starch digestion properties of starch-fatty acid nanocomplexes: effect of chain lengths and degree of unsaturation of fatty acids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2022;102(15):7239-48.
310. Sun S, Hua S, Hong Y, Gu Z, Cheng L, Ban X, et al. Influence of different kinds of fatty acids on the behavior, structure and digestibility of high amylose maize starch–fatty acid complexes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2022;102(13):5837-48.
311. Guo T, Hou H, Liu Y, Chen L, Zheng B. In vitro digestibility and structural control of rice starch-unsaturated fatty acid complexes by high-pressure homogenization. *Carbohydrate Polymers*. 2021;256:117607.
312. Simopoulos AP. The omega-6/omega-3 fatty acid ratio: health implications. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*. 2010;17(5):267-75.

313. Harris WS, Mozaffarian D, Rimm E, Kris-Etherton P, Rudel LL, Appel LJ, et al. Omega-6 fatty acids and risk for cardiovascular disease: a science advisory from the American Heart Association Nutrition Subcommittee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; Council on Cardiovascular Nursing; and Council on Epidemiology and Prevention. *Circulation*. 2009;119(6):902-7.
314. Regulation EC. No1924/2006 Of The European Parliament and of The Council. *Official Journal of the European Union*. 2006; 9-25.
315. Santangelo C, Filesi C, Vari R, Scazzocchio B, Filardi T, Fogliano V, et al. Consumption of extra-virgin olive oil rich in phenolic compounds improves metabolic control in patients with type 2 diabetes mellitus: a possible involvement of reduced levels of circulating visfatin. *Journal of endocrinological investigation*. 2016;39:1295-301.
316. Reboredo-Rodríguez P, Olmo-García L, Figueiredo-González M, González-Barreiro C, Carrasco-Pancorbo A, Cancho-Grande B. Application of the INFOGEST standardized method to assess the digestive stability and bioaccessibility of phenolic compounds from Galician extra-virgin olive oil. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2021;69(39):11592-605.
317. Sanchez-Rodriguez E, Vazquez-Aguilar LA, Biel-Glesson S, Fernandez-Navarro JR, Espejo-Calvo JA, Olmo-Peinado JM, et al. May bioactive compounds from the olive fruit improve the postprandial insulin response in healthy adults? *Journal of Functional Foods*. 2021;83:104561.
318. Violi F, Loffredo L, Pignatelli P, Angelico F, Bartimoccia S, Nocella C, et al. Extra virgin olive oil use is associated with improved post-prandial blood glucose and LDL cholesterol in healthy subjects. *Nutrition & diabetes*. 2015;5(7):e172-e.
319. Luangsakul N, Ritudomphol O. Effect of oil addition on in vitro starch digestibility and physicochemical properties of instant rice. *Int J Agric Technol*. 2018;14:1399-412.

8. EKLER

Ek-1: Analizler

Nişasta Tayini

-Nişasta Hidrolizi:

1. Liyofilize ve homojenize edilmiş 0,5 g 6rneğe 0,5 ml etanol ve 17,5 ml 50 mM sodyum maleat (pH 6,0) ilave edilmiş ve 37°C çalkalamalı su banyosuna (120 vuruş/dk) yatay olarak yerleştirilmiştir.
2. 6rnek 37°C'ye ulaştığında 2,5 ml PAA/AMG solüsyonu (4 KU/5 ml PAA ve 1,7 KU/5 ml AMG) ilave edilip vortekslenmiş ve su banyosuna yerleştirilerek 240 dk boyunca inkübe edilmiştir.
3. Sindirilebilir nişasta tayinleri için 20., 120. ve 240. dakikalarda 1 ml 6rnek çıkarılmış ve 20 mL 50 mM asetik asit çözeltisine aktarılıp vortekslenmiştir.
4. Dirençli nişasta tayini için 240. dakikada 4 ml 6rnek çıkarılarak 4 ml %95 etanol çözeltisine aktarılıp vortekslenmiştir.

-Sindirilebilir Nişasta Tayini:

1. Asetik asitle sindirimi durdurulan 6rnekler 13.000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiştir.
2. 0,1 ml süpernatant ayrılıp, 0,1 ml AMG solüsyonuna (100 U/ml, pH 4,5) ilave edilmiş ve 50°C'de 30 dk inkübe edilmiştir.
3. Sindirilen 6rnelere ve 0,2 ml glukoz çözeltisine (1 mg/ml) 3 ml GOPOD özeltisi ilave edilerek 50°C'de 20 dk inkübe edilmiştir.
4. *Well plate* kuyucuklarına sindirilmiş 6rneklerden ve glukoz çözeltisinden 0,2'şer ml aktarılarak UV-spektrofotometrede 510 nm'de absorbans 6lülmüştür.
5. Kit prosedüründe (K-DSTRS) verilen eşitlikler kullanılarak 6rneklerin absorbansları, glukoz çözeltisinin absorbansına oranlanmıştır.

-DN Tayini:

1. Etanol ile sindirimi durdurulan 6rnekler 4000 rpm'de 10 dk santrifüjlenmiş ve süpernatant boşaltılmıştır.

2. Tüpteki pelete 8 ml %50 etanol eklenerek vortekslenmiş, santrifüjlenmiş ve süpernatant boşaltılmıştır.
3. Aynı işlem bir kez daha tekrar edilmiştir.
4. Pelete manyetik balık ve 2 ml 1,7 M sodyum hidroksit eklenerek 20 dk boyunca buzlu su banyosunda karıştırılmıştır.
5. 20. dakikada 8 mL 1,0 M sodyum asetat tamponu (pH 3,8) ilave edilerek karıştırılmış ve su banyosundan çıkarılmıştır.
6. Tüpe 0,1 ml stok AMG solüsyonu (3300U/ml) ilave edilip vortekslenmiş ve 50°C'de 30 dk boyunca inkübe edilmiştir.
7. İnkübe edilen örneğin 2 ml'si 13000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiştir.
8. 0,1 ml süpernanta 0,1 ml 100 mM sodyum asetat tamponu (pH 4,5) ve 3 ml GOPOD çözeltisi ilave edilerek 50°C'de 20 dk inkübe edilmiştir.
9. *Well plate* kuyucuklarına sindirilmiş örneklerden ve glukoz çözeltisinden 0,2'şer ml aktararak UV-spektrofotometrede 510 nm'de absorban ölçülmüştür.
10. Kit prosedüründe (K-DSTRS) verilen eşitlikler kullanılarak örneklerin absorbanları, glukoz çözeltisinin absorbanına oranlanmıştır.

Nişasta Hidrolizi ve Tahmini Glisemik İndeks Tayini

-Nişasta Hidrolizi:

1. Liyofilize ve homojenize edilmiş 100 mg örneğe 10 adet cam boncuk ve 4 ml 50 mM sodyum asetat (pH 5,2) ilave edilmiş ve 37°C çalkalamalı su banyosuna (120 vuruş/dk) yatay olarak yerleştirilmiştir.
2. Örnek 37°C'ye ulaştığında 1 ml AMG (13,125 U/ml), invertaz (187,5 EU/ml) ve pankreatin (4 USP x 0.006 g/ml) içeren solüsyon ilave edilip vortekslenmiş ve su banyosuna yerleştirilerek 180 dk boyunca inkübe edilmiştir.
3. Enzim ilave edilmeden önce, 10., 20.,30., 60., 90., 120. ve 180. dakikalarda 0,1 ml örnek çıkarılmış ve 1 mL %50 etanol çözeltisine aktarılıp vortekslenmiştir.

-Nişasta Hidroliz Oranı ve eGI Tayini:

1. Etanol ile sindirimi durdurulan örnekler 1500 g'de 10 dk santrifüjlenmiştir.
2. 0,05 ml süpernatant ayrılıp, 0,5 ml 50 mM sodyum asetat (pH 5,2) ve 3 ml GOPOD reaktifi ilave edilerek 50°C'de 20 dk inkübe edilmiştir.

3. Sindirilmiş örneklerden ve glukoz çözeltisinden 0,2'şer ml 96 *well plate* kuyucuklarına aktarılarak UV-spektrofotometrede 510 nm'de absorbanslar ölçülmüştür.
4. Elde edilen absorbans değerlerinden, 0., 10., 20.,30., 60., 90., 120. ve 180. dk örneklerinin glukoz yüzdesi hesaplanmıştır (Eşitlik 9.1.).

$$\text{Toplam nişasta hidrolizi (\%)} = \frac{A_{\text{örnek}}}{W} \times \frac{100 \text{ UL}}{A_{\text{gluc}}} \times \frac{5.0 \text{ ml}}{0.1 \text{ ml}} \times \frac{1,1 \text{ ml}}{0,05 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ mg}}{1000 \text{ } \mu\text{l}} \times 100 \quad (9.1.)$$

$A_{\text{örnek}}$ = test besinin absorbansı

A_{GLUC} = 1.0 mg/ml glukoz standardının absorbansı

W= örnek miktarı (kuru madde esasına göre, mg)

5. Örneklerden elde edilen glukoz konsantrasyonları (%) ile HI(90) ve eGI değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik 9.2. ve Eşitlik 9.3.).

$$HI(90) = \frac{\text{örneğin sindirilebilirlik eğrisi altında kalan alan}}{\text{buğday ekmeğinin sindirilebilirlik eğrisi altında kalan}} \times 100 \quad (9.2.)$$

$$eGI = 39.71 + 0.549 \times HI \quad (9.3.)$$

EK-2 Çalışmada Kullanılan Yağların Yağ Asidi Kompozisyonu (291)

Yağ asitleri	Ayçiçek yağı (%)	Kanola yağı (%)	Zeytinyağı (%)	Tereyağı (%)
Bütirik asit	-	-	-	1,85
Kaproik asit	-	-	-	1,32
Kaprilik asit	-	-	-	0,86
Kaprik asit	-	-	-	2,01
Laurik asit	-	-	-	2,67
Miristik asit	0,06	0,09	0,02	8,87
Pentadesilik asit	-	-	-	0,93
Palmitik asit	5,720	5,87	13,00	25,35
Margarik asit	0,04	0,09	0,1	0,55
Stearik asit	3,14	1,76	2,73	8,98
Araşidik asit	0,14	0,39	0,4	0,67
Behenik asit	0,58	0,17	0,1	-
Lignoserik asit	0,22	0,11	0,07	-
Toplam doymuş YA	9,9	8,48	16,42	54,08
Miristoleik asit	-	-	-	1,00
Palmitoleik asit	0,08	0,35	0,98	1,24
Heptadesenoik asit	0,03	0,13	0,15	-
Oleik asit	31,28	62,69	70,24	18,17
Elaidik asit	-	-	0,04	2,27
Gadoleik asit	0,15	0,95	0,23	-
Erusik asit	-	-	-	-
Nervonik asit	-	-	-	-
Toplam tekli doymamış YA	31,54	64,12	71,64	22.674
Linoleik asit	58,53	21,27	11,31	1,73
α -linolenik asit	0,03	6,35	0,67	0,28
Eikosadienoik asit	-	-	-	2,01
Dokosadienoik asit	-	-	-	-
Trans C 18:2 + 18:3	-	-	0,08	-
Toplam çoklu doymamış YA	58,53	27,62	12,06	4,01

YA: Yağ asidi

EK-3: Pişirme Yöntemlerinin Belirlenmesi ve Pimiş Çubuk Patateslerin Ağırlık ve Nem Miktarının Değişimi

Pişirme yöntemi	Çiğ çubuk patates miktarı	Sıcaklık	Süre	Organoleptik özellikleri			L*, a*, b* değerleri
				Renk	Pişirme	Kabuk oluşumu	
Derin yağda kızartma*	400 g	190 C	12 dk	altın sarısı	homojen	görüldü	L:91 a:-7 b:49
Fırında pişirme*	300 g	180 C	30 dk	altın sarısı	homojen	görüldü	L:94 a:-9 b:42
Airfryer ile pişirme	300 g	180 C	30 dk	açık sarı	heterojen	bir kısmında görüldü	L:94 a:-8 b:45
Airfryer ile pişirme	300 g	200 C	25 dk	altın sarısı	heterojen	bir kısmında görülmedi	L:94 a:-8 b:45
Airfryer ile pişirme *	300 g	200 C	30 dk	altın sarısı	homojen	görüldü	L: 92 a:-8 b:47

“*” ile işaretlenen yöntemler kızarmış patateslerin hazırlığında kullanılmıştır.

Örnekler	Çiğ çubuk patateslerin ağırlığı (g)	Pişişmiş çubuk patateslerin ağırlığı (g)	Pişirme sırasındaki ağırlık kaybı (%)	Patatesin nem miktarı (%)	Pişirme sırasındaki nem kaybı (%)
Çiğ örnek	-	-	-	75,33	-
AD	401,00	185,50	53,74	45,82	39,18
KD	401,00	185,00	53,87	45,26	39,92
ZD	402,00	183,50	54,35	44,08	41,49
AA	301,00	150,50	50,00	52,95	29,71
KA	302,00	148,00	50,99	52,78	29,93
ZA	300,50	146,00	51,41	51,74	31,32
TA	302,50	163,00	46,12	56,50	25,00
AF	303,00	119,00	60,73	43,97	41,64
KF	300,50	113,50	62,23	40,09	46,79
ZF	301,50	111,50	63,02	39,65	47,37
TF	301,00	118,50	60,63	43,70	41,99

Veriler 4 tekrarlı ölçümlerin ortalaması olarak verilmiştir.

AD: Ayçiçek yağı ile derin yağda kızartılmış patates, KD: Kanola yağı ile derin yağda kızartılmış patates, ZD: Zeytinyağı ile derin yağda kızartılmış patates, AA: Ayçiçek yağı ile airfryer ile kızartılmış patates, KA: Kanola yağı ile airfryer ile kızartılmış patates, ZA: Zeytinyağı ile airfryer ile kızartılmış patates, TA: Tereyağı ile airfryer ile kızartılmış patates, AF: Ayçiçek yağı ile fırınlanmış patates, KF: Kanola yağı ile fırınlanmış patates, ZF: Zeytinyağı ile fırınlanmış patates, TF: Tereyağı ile fırınlanmış patates

EK-4: Farklı Pişirme Yöntemleri ile Pişirilen Patateslerde İlave Edilen Farklı Yağ Türlerinin Zamana Bağlı Toplam Nişasta Hidrolizine Etkisi

Piştirme yöntemleri	İlave edilen yağ türleri	10. dk ($\bar{x}\pm SS$)	20. dk ($\bar{x}\pm SS$)	30. dk ($\bar{x}\pm SS$)	60. dk ($\bar{x}\pm SS$)	90. dk ($\bar{x}\pm SS$)	120. dk ($\bar{x}\pm SS$)	180. dk ($\bar{x}\pm SS$)
Derin yağda kızartma	AY	23,06±2,81 ^a	28,75±1,10 ^a	33,31±2,98	40,37±2,91	49,85±4,11	55,59±2,81	55,64±7,67
	KY	31,20±3,28 ^b	35,23±1,72 ^b	37,65±1,12	41,46±4,24	44,71±3,05	55,71±11,30	56,50±0,38
	ZY	31,26±4,14 ^b	34,63±1,23 ^b	37,10±3,42	42,88±1,66	53,67±6,11	55,61±3,63	63,00±3,38
p		*	**	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Airfryer ile piştirme	AY	19,20±0,33 ^a	24,18±1,56 ^a	26,86±2,98 ^a	35,78±0,97	42,51±1,83	50,24±4,43	54,09±4,33 ^a
	KY	23,33±4,29 ^b	33,11±2,65 ^c	38,03±1,17 ^c	43,03±5,54	48,00±3,42	53,43±1,85	61,17±4,75 ^b
	ZY	24,16±0,96 ^b	27,99±2,98 ^{ab}	32,65±2,78 ^b	41,60±5,18	52,26±7,82	56,57±2,13	62,45±1,60 ^b
	TY	26,79±2,51 ^b	31,18±2,62 ^{bc}	36,06±2,29 ^{bc}	42,77±3,29	48,57±3,07	54,46±2,95	58,73±1,99 ^{ab}
p		**	**	**	p>0,05	p>0,05	p>0,05	*
Fırında piştirme	AY	21,43±1,19 ^a	27,98±2,55 ^a	30,57±3,05 ^a	39,78±4,15 ^a	46,81±2,88 ^a	52,71±4,03 ^a	58,92±2,81
	KY	25,27±1,52 ^b	36,33±2,81 ^b	40,20±4,57 ^b	44,83±3,31 ^{ab}	54,44±5,97 ^b	60,13±1,63 ^b	64,07±6,39
	ZY	32,38±2,06 ^c	38,35±5,28 ^b	42,69±3,82 ^b	47,35±4,21 ^{bc}	54,41±3,59 ^b	61,27±2,61 ^b	68,29±7,13
	TY	32,11±0,31 ^c	39,57±2,96 ^b	45,09±3,90 ^b	52,10±2,97 ^c	56,96±3,49 ^b	59,01±2,69 ^b	69,21±4,65
p		**	**	**	**	*	**	p>0,05

Gruplar arasındaki fark tek yönlü ANOVA ile test edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir. “**”ve “***” ANOVA sonucu için sırasıyla p<0,05 p<0,01 değerlerini belirtir.

Her piştirme yöntemi için aynı sütun içerisinde farklı harflerle (a-c) gösterilen değerler duncan testine göre birbirlerinden istatistik olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

AY: Ayçiçek yağı, KY: kanola yağı, ZY: zeytinyağı, TY: tereyağı


Ek-5: Farklı Yağ Türleri İlave Edilerek Pişirilen Patateslerde Pişirme Yöntemlerinin Zamana Bağlı Toplam Nişasta Hidrolizine Etkisi

İlave edilen yağ türleri	Pişirme yöntemleri	10. dk ($\bar{x}\pm SS$)	20. dk ($\bar{x}\pm SS$)	30. dk ($\bar{x}\pm SS$)	60. dk ($\bar{x}\pm SS$)	90. dk ($\bar{x}\pm SS$)	120. dk ($\bar{x}\pm SS$)	180. dk ($\bar{x}\pm SS$)
AY	Derin yağda kızartma	23,06±2,81 ^b	28,75±1,10	33,31±2,98 ^b	40,37±2,91	49,85±4,11 ^b	55,59±2,81	55,64±7,67
	Airfryer ile pişirme	19,20±0,33 ^a	24,18±1,56 ^a	26,86±2,98 ^a	35,78±0,97	42,51±1,83 ^a	50,24±4,43	54,09±4,33
	Fırında pişirme	21,43±1,19 ^{ab}	27,98±2,55 ^b	30,57±3,05 ^{ab}	39,78±4,15	46,81±2,88 ^{ab}	52,71±4,03	58,92±2,81
p		*	*	*	p>0,05	*	p>0,05	p>0,05
KY	Derin yağda kızartma	31,20±3,28 ^b	35,23±1,72 ^b	37,65±1,12	41,46±4,24	44,71±3,05 ^a	55,71±11,30	56,50±0,38
	Airfryer ile pişirme	23,33±4,29 ^a	33,11±2,65	38,03±1,17	43,03±5,54	48,00±3,42 ^{ab}	53,43±1,85	61,17±4,75
	Fırında pişirme	25,27±1,5 ^a	36,33±2,81	40,20±4,57	44,83±3,31	54,44±5,97 ^b	60,13±1,63	64,07±6,39
p		*	p>0,05	p>0,05	p>0,05	*	p>0,05	p>0,05
ZY	Derin yağda kızartma	31,26±4,14 ^b	34,63±1,23	37,10±3,42 ^a	42,88±1,66	53,67±6,11	55,61±3,63 ^a	63,00±3,38
	Airfryer ile pişirme	24,16±0,96 ^a	27,99±2,98	32,65±2,78 ^a	41,60±5,18	52,26±7,82	56,57±2,13 ^a	62,45±1,60
	Fırında pişirme	32,38±2,06 ^b	38,35±5,28	42,69±3,82 ^b	47,35±4,21	54,41±3,59	61,27±2,61 ^b	68,29±7,13
p		**	**	**	p>0,05	p>0,05	*	p>0,05
TY	Derin yağda kızartma	26,79±2,51	31,18±2,62	36,06±2,29	42,77±3,29	48,57±3,07	54,46±2,95	58,73±1,9
	Airfryer ile pişirme	32,11±0,31	39,57±2,96	45,09±3,90	52,10±2,97	56,96±3,49	59,01±2,69	69,21±4,65
p		**	**	**	**	*	**	p>0,05

Gruplar arasındaki fark tek yönlü ANOVA ile test edilmiş, çoklu karşılaştırmalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir. Tereyağı ilave edilen patatesler ise bağımsız örneklem t-testi ile kıyaslanmıştır. “*”ve “**” ANOVA veya bağımsız örneklem t-testi sonucu için sırasıyla p<0,05 p<0,01 değerlerini belirtir. Her yağ türü satırında aynı sütun içerisinde farklı harflerle (a-b) gösterilen değerler duncan tesine göre birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

AY: Ayçiçek yağı, KY: kanola yağı, ZY: zeytinyağı, TY: tereyağı

Ek-6: Tez Çalışması Orijinallik Raporu



Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen:	feyza kaya
Ödev başlığı:	FARKLI PIŞİRME YÖNTEMLERİ VE FARKLI YAĞ TÜRLERİ KULLA...
Gönderi Başlığı:	FARKLI PIŞİRME YÖNTEMLERİ VE FARKLI YAĞ TÜRLERİ KULLA...
Dosya adı:	FEYZA_KAYA_TEZ_SAVUNMA_SONRASI_REV_ZYON_SON_09012...
Dosya boyutu:	1.53M
Sayfa sayısı:	120
Kelime sayısı:	22,696
Karakter sayısı:	154,963
Gönderim Tarihi:	09-Oca-2024 11:22ÖÖ (UTC+0300)
Gönderim Numarası:	2268294611

YÜKSEK ÖĞRETİM ENSTİTÜSÜ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI PIŞİRME YÖNTEMLERİ VE FARKLI YAĞ
TÜRLERİ KULLANIMININ FATURHİLERİN
TARMINI KLİBENİK FİBROSİBİTİ ÜZERİNE
ETKİSİ

Dr. Feyza KAYA

Yüksek Lisans Tezleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA
2024

Copyright 2024 Turnitin. Tüm hakları saklıdır.

FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİ VE FARKLI YAĞ TÜRLERİ KULLANIMININ PATATESLERİN TAHMİNİ GLİSEMİK İNDEKS DEĞERİ ÜZERİNE ETKİSİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 4	% 4	% 1	% 1
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 1
2	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
3	Submitted to Hacettepe University Öğrenci Ödevi	<% 1
4	avesis.hacettepe.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
5	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	<% 1
6	polen.itu.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
8	openaccess.hacettepe.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1

openaccess.hacettepe.edu.tr:8080

9. ÖZGEÇMİŞ

