

Besinlerin Glisemik İndeks Değerinin Hesaplanmasında Kullanılan Beş Farklı Yöntemin Değerlendirilmesi

Evaluation of Five Different Methods for Calculating Glycemic Index Values of Foods

Seda Çiftçi¹, Hülya Gökmen Özel¹

¹Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye

ÖZET

Amaç: Bu araştırmanın amacı farklı pişirme yöntemleri kullanarak pişirilen patateslerin, farklı hesaplama yöntemleri ile glisemik indeks değerlerinin hesaplanarak karşılaştırılmasıdır. **Bireyler ve Yöntem:** Çalışmaya yaşları 19-35 yıl arasında değişen (24 ± 3.81 yıl), Beden Kütle İndeksleri normal ($18.0-24.99$ kg/m²) olan 12 metabolik ve endokrin hastalığı olmayan, sağlıklı birey (4 erkek, 8 kadın) katılmıştır. Bireyler 10-12 saatlik gece açlığına takiben test (kabuksuz 35 dakika kaynayan suda haşlanmış küp şeklinde patates ve kabuksuz kaynayan suda 35 dakika haşlandıktan sonra +4°C'de 24 saat bekletilmiş patates) ve referans besinleri (glukoz ve beyaz ekmekek) tüketmişlerdir. Bireylerden 0., 15., 30., 45., 60., 90., ve 120. dakikalarda duplika olarak kapiller kan ölçümü yapılmıştır. Test ve referans besinlerin hem beyaz ekmeğe hem de glukozu göre glisemik indeks değerleri eğri altında kalan toplam alan (EAKA_{toplam}), eğri altında kalan kesilmiş alan (EAKA_{kesilmiş}), eğri altında kalan artan alan (EAKA_{artan}), eğri altında kalan minimum alan (EAKA_{min}) ve eğri altında kalan net alan (EAKA_{net}) hesabı kullanılarak saptanmıştır. **Bulgular:** Test ve referans besinlerin beş farklı eğri altında kalan alan hesaplamaları yapılmıştır. Test ve referans besinler için hesaplanan eğri altında kalan artan alan değerleri glukoz için 2214.1, beyaz ekmekek için 1669.9, 35 dakika haşlanmış patates için 1204.8, 35 dakika haşlanmış ve 24 saat +4 derecede bekletilmiş patates için 1533.7 bulunmuştur. **Tartışma:** Karbonhidrat içeren besinlerin sınıflandırılmasında kullanılan besinin Glisemik İndeks (GI) değeri, test veya referans besin tüketiminden sonra oluşan kan glukoz eğrisi altında kalan farklı alanların hesaplanması ile bulunabilir. Kullanılan hesaplama yöntemine bağlı olarak besinin glisemik indeks değeri değişmektedir. Dolayısıyla besinlerin glisemik indeks değerinin doğru hesaplanması için doğru yöntemin tercih edilmesi gerekmektedir. FAO/WHO uzmanlar komitesi tarafından besinlerin glisemik indeks değerinin hesaplanması için en uygun yöntemin eğri altında kalan artan alan hesabı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Glisemik indeks, eğri altında kalan alan, patates

ABSTRACT

Aim: The purpose of this study was to compare the glycemic index values of potatoes, cooked with different methods and calculated by using different calculation methods. **Subjects and Methods:** This study was conducted over 12 healthy adult (4 male, 8 female) volunteers aged between 19 and 35 years (24 ± 3.81) with a normal body mass index ($18.0-24.99$ kg/m²) and without any metabolic and endocrine disease. Individuals consumed reference (glucose and white bread) and test foods after an average of 10-12 hours of night fasting. Duplicate capillary blood glucose measurements were taken at 0., 15., 30., 45., 60., 90., and 120. minutes. Volunteers consume 35 min. boiled potato and 35min. boiled than cooled for 24 hours at +4°C potato. Tests and reference foods area under curve values were calculated for total area under curve, Incremental area until first return to baseline (incremental AUC_{cuş}), The area over the baseline under the curve, ignoring area beneath the curve (incremental AUC), Incremental area using the lowest blood glucose as the baseline (incremental AUC_{min}), The net incremental AUC (apply trapezoid rule for all increments positive and negative) (net incremental AUC). **Results:** The five different areas under curves for the test and reference foods were calculated. The incremental area values under the curve calculated for the test and reference nutrients were 2214.1 for glucose, 1669.9 for white bread, 1204.8 for 35 minutes boiled potatoes, 1533.7 for 35 minutes boiled and stored at +4°C for 24 hours. **Conclusion:** Glycemic index of the foods can be calculated by different areas under curve which seen after glucose containing food consumption. Depending on the calculation method used, the glycemic index value of the food changes. Therefore, the correct method should be preferred in order to calculate accurate glycemic index value of foods. It has been determined by FAO / WHO committee of experts that the most appropriate method for calculating the glycemic index value of foods is the incremental area under the curve.

Keywords: Glycemic index, area under curve (AUC), potato

İletişim/Correspondence:

Prof. Dr. Hülya Gökmen Özel

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, D Blokları, Samanpazarı, Ankara, Türkiye

E-posta: hgokmen@hacettepe.edu.tr

Geliş tarihi/Received: 28.08.2017

Kabul tarihi/Accepted: 25.12.2017

GİRİŞ

Glisemik indeks (Gİ), ilk olarak 1981 yılında Jenkins ve arkadaşları tarafından karbonhidrat içeren besinlerin sınıflandırılmasında kullanılmak için önerilmiştir (1). Gıda ve Tarım Örgütü [Food and Agriculture Organization (FAO)]/ Dünya Sağlık Örgütü [World Health Organization (WHO)] Uzmanlar Komitesi 1997 yılında, sağlığın korunmasında ve birçok hastalığın tedavisinde özellikle karbonhidrat içeren besin seçiminde Gİ kavramının yararlı olabileceğini belirtmiştir (2). Glisemik indeks, belirli miktarda (25 g veya 50 g) sindirilebilir karbonhidrat içeren test besin tüketildikten sonra oluşan kan glukoz alanının, aynı miktarda sindirilebilir karbonhidrat içeren referans besin tüketildikten sonra oluşan kan glukoz alanına olan oranının yüzde olarak ifade edilmesidir. Besinin Gİ değeri hesaplanırken referans besin olarak glukoz veya beyaz ekmek kullanılmaktadır (3). Test ve referans besin tüketildikten sonra oluşan Eğri Altında Kalan Alan (EAKA) farklı yöntemler kullanılarak hesaplanabilmektedir (4). Bunlar, eğri altında kalan toplam alan, eğri altında kalan kesilmiş alan, eğri altında kalan artan alan, eğri altında kalan minimum alan ve eğri altında kalan net alan yöntemleridir. Besinin glisemik indeks değeri hesaplanırken kullanılan alan hesaplama yöntemi besinin glisemik indeks değerini doğrudan etkilemektedir. Dünya Sağlık Örgütü besinlerin glisemik indeks değerlerinin hesaplanmasında standartlaştırılmış yöntemin yani eğri altında kalan artan alan hesaplama yönteminin kullanılmasını uygun bulmaktadır (5,6). Bu yöntem, 2003 yılında yedi merkezin ve 2008 yılında 28 merkezin katıldığı uluslararası çalışmalarda test edilmiş olup %95 güven aralığında önemli bir varyasyona neden olmadığı için kabul edilmiştir (7,8). Daha sonra bu yöntem 2011 yılında ILSI [International Life Sciences Institute (Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü)] Avrupa tarafından yeniden değerlendirilmiş ve 26642 no'lu ISO [International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı tarafından)] standartı olarak basılmıştır. Böylece besinin glisemik indeks değerinin belirlenmesinde hesaplamaya bağlı farklılıkların oluşması engellenmiştir (9,10). Ancak literatürde farklı yöntemler kullanılarak

da besinlerin glisemik indeks değerlerinin belirlendiği çalışmalar mevcuttur (11,12). Bu araştırma besinlerin Gİ değerinin beş farklı yöntem kullanarak hesaplanması ve WHO tarafından önerilen eğri altında kalan artan alan yöntemiyle diğer yöntemler arasındaki farkın belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

BİREYLER ve YÖNTEM

Çalışmaya sağlıklı, Beden Kütle İndeksi (BKİ= kg/m^2) normal aralıkta (18.5-24.9 kg/m^2) olan, herhangi bir sağlık sorunu olmayan, 19-35 yaş arasında (ortalama yaş 24 ± 3.81 yıl), 12 erişkin (4 erkek ve 8 kadın) birey katılmıştır. Bireylerin çalışmaya başlamadan önce genel muayeneleri hekim tarafından yapılmıştır. Bireylerin açlık kan glukoz, açlık insülin, toplam kolesterol, trigliserit, HDL kolesterol, LDL kolesterol, VLDL kolesterol, TSH, ALT, toplam protein, albümin, kreatinin ve tam kan sayımı değerleri, oral glukoz tolerans testi (75 g) sonucu elde edilen kan glukoz değerleri ve HOMA-IR değerleri [Homeostasis Model Assessment-Insulin Resistance= $\text{AKŞ}(\text{g}/\text{dL})\times\text{açlık insülin değeri (IU/L)}/405$] hekim tarafından değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın etik kurul izni GO 13/549 proje numarası ile 11.12.2013 tarihinde, karar numarası GO 13/549-10 olarak T.C Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan alınmıştır. Ayrıca bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bireysel Araştırmalar Birimi tarafından (Proje No:724-Proje ID: 014 D09 401 002) desteklenmiştir.

Test ve Referans Besinler

Referans besin olarak glukoz ve beyaz ekmek, test besini olarak ise iki farklı yöntemle hazırlanmış patates kullanılmıştır. Bunlar:

- 2.5×2.5 cm ebadında, kabuksuz 35 dakika kaynayan suda haşlanmış küp şeklinde patates
- 2.5×2.5 cm ebadında, kabuksuz kaynayan suda 35 dakika haşlandıktan sonra +4°C'de 24 saat bekletilmiş soğuk küp şeklinde patatestir.

Test ve referans besinler 10-12 saat açlıktan sonra sabah saat 10.00'dan önce tüketilmiştir. Tüm bireyler randomize olarak hem referans hem de test besinleri tüketmişlerdir. Referans besinleri üçer kez tüketirken, test besinleri de birer kez tüketmişlerdir. Bireylerden referans ve test besinlerin tüketiminden önce 0. dk'da ve tüketimden 15 dk, 30 dk, 45dk, 60 dk, 90 dk, ve 120 dk sonra iki farklı parmaktan duplike olarak kapiller kan örneği alınarak ortalama kan glukoz değerleri hesaplanmıştır.

Glisemik İndeks Hesaplama Yöntemleri

Eğri altında kalan alanın hesaplanmasında beş farklı yöntem kullanılmıştır. Şekil 1'de besinin tüketiminden sonra oluşan eğri altında kalan alanların hesaplanmasında kullanılan yöntemler gösterilmiştir (13). Bunlar:

a. Eğri Altında Kalan Toplam Alan ($EAKA_{toplam}$): Eğri altında kalan toplam alan X ekseninin sıfır noktasından itibaren bireyin ölçülen kan glukoz değerleri arasında kalan alandır. Açlık kan glukoz değeri besin alımından bağımsızdır (Şekil 1-a) (13).

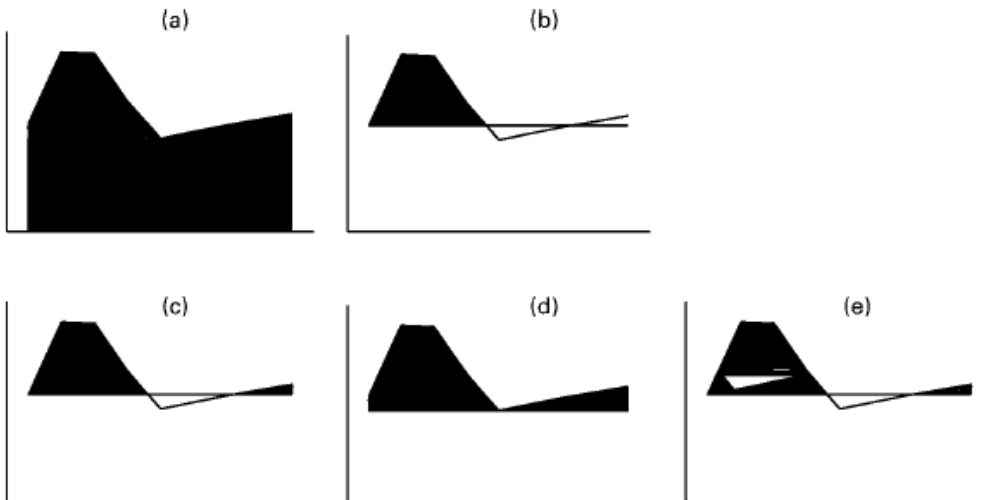
b. Eğri Altında Kalan Başlangıç Noktasından Kesilerek Hesaplanan Artan Alan ($EAKA_{kesilmiş}$): Eğri altında kalan alan açlık kan glukoz değerinden itibaren hesaplanır (Şekil 1-b) (13).

c. Eğri Altında Kalan ve Başlangıç Noktasının Altında Kalan Alanın Dahil Edilmediği Artan Alan ($EAKA_{artan}$): FAO/WHO uzmanlar komitesi tarafından 1998 yılında besinlerin glisemik indeks değerinin hesaplanması için en uygun yöntem olarak belirlenmiştir (6). Glisemik artış, referans ve test besin tüketimini takiben bazal kan glukoz değerinin en yüksek kan glukoz değerine ulaşması olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla bireylerin test ve referans besini tüketmeden önce 0. dakikada ve tüketimini takiben 30., 60., 90. ve 120. dakika arasında ölçülen kan glukoz değerlerinin oluşturduğu eğrinin altında kalan aynı zamanda 0. dakika kan glukoz değerinin de üzerinde kalan alan olarak hesaplanmaktadır (Şekil 1-c) (14).

d. En Düşük Değerin Başlangıç Noktası Olarak Alındığı Eğri Altında Kalan En Küçük Alan ($EAKA_{min}$): Bu yöntem en küçük kan glukoz değerinin üzerinde kalan alanın hesaplanmasıyla elde edilir (Şekil 1-d) (14).

e. Eğri Altında Kalan Net Alan ($EAKA_{net}$): Bu yöntemde açlık kan glukoz değerinin altında kalan alanı çıkarılır (Şekil 1-d) (14).

Herhangi bir yöntemle hesaplanan test besinine ait eğri altında kalan alan yine aynı yöntemle hesaplanan referans besine ait eğri altında kalan alanın değerine bölünerek yüz ile çarpılmış,



Şekil 1. Eğri altında kalan alanın hesaplanması için kullanılan yöntemler

daha sonra tüm bireyler için bulunan değerlerin ortalaması alınarak besinin glisemik indeks değeri hesaplanmıştır (Formül 1) (15).

$$GI = \frac{\text{Test Besin İçin Hesaplanan Eğri Altında Kalan Alan}}{\text{Referans Besin İçin Hesaplanan Eğri Altında Kalan Alan}} \times 100$$

İstatistiksel Analizler

Verilerin analizi IBM SPSS Statistics 23 programı kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel olarak 0.05'lik alfa hatası anlamlı kabul edilmiştir. Elde edilen veriler normal dağılım göstermediği için, gruplar arasındaki farklılıkları test etmek amacıyla Friedman analizi kullanılmıştır. Arasında fark bulunan gruplarda ikili karşılaştırmalar Wilcoxon Signed Testi kullanılarak yapılmıştır (16).

BULGULAR

Test besinlerin ve referans besinlerin tüketiminden sonra oluşan kan glukoz değerlerinin aritmetik ortalamaları Şekil 2'de görülmektedir.

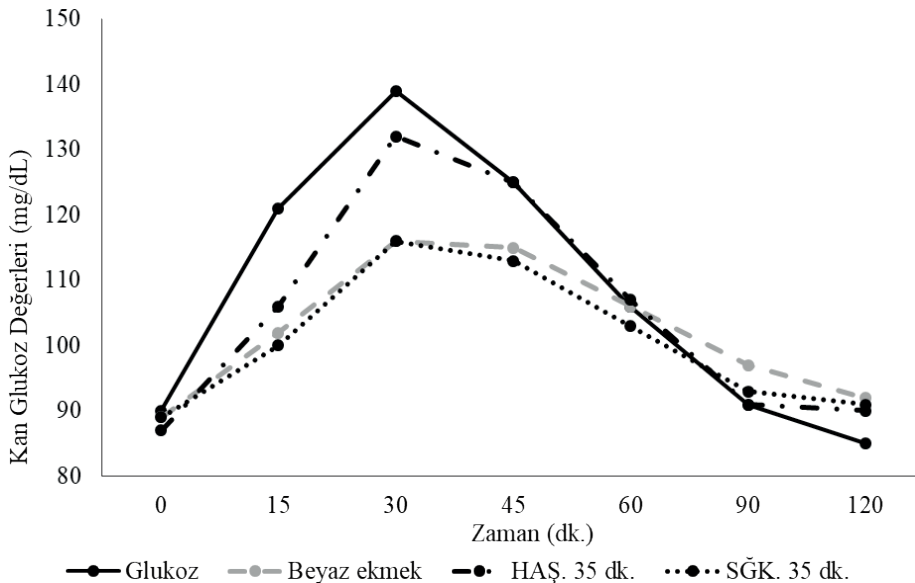
Test ve referans besinlerin oluşturduğu kan glukoz artış alanları, eğri altında kalan alan hesaplama yöntemine göre farklılık göstermektedir (Tablo 1). Referans besin olan glukoz için hesaplanan eğri altında kalan toplam alan ($EAKA_{\text{toplam}}$) değeri ve eğri altında kalan minimum alan ($EAKA_{\text{min}}$)

değeri, önerilen yöntem olan eğri altında kalan artan alan ($EAKA_{\text{artan}}$) değerinden yüksek çıkarken (sırasıyla $p=0.002$ ve $p=0.003$), eğri altında kalan net alan ($EAKA_{\text{net}}$) ve eğri altında kalan kesilmiş alan ($EAKA_{\text{kesilmiş}}$) değerleri ise önerilen yöntemle göre düşük bulunmuştur (sırasıyla $p=0.002$ ve $p=0.035$).

Tablo 2'de test ve referans besinlerin, farklı alan hesaplama yöntemleri kullanılarak hem glukoz hem de beyaz ekmeğe göre hesaplanan glisemik indeks değerleri görülmektedir.

Glukozun beyaz ekmeğe göre glisemik indeks değeri, WHO tarafından önerilen yöntem olan eğri altında kalan artan alan ($EAKA_{\text{artan}}$) hesaplamasında 135.8 bulunmuştur. Eğri altında kalan toplam alan yöntemi ($EAKA_{\text{toplam}}$) ve eğri altında kalan net alan yöntemi ($EAKA_{\text{net}}$) kullanılarak hesaplanan glisemik indeks değerleri (104.1 ve 123.7), önerilen yöntemle göre daha düşük çıkmıştır (sırasıyla $p=0.019$ ve $p=0.004$). Eğri altında kalan kesilmiş alan ($EAKA_{\text{kesilmiş}}$) ve eğri altında kalan minimum alan ($EAKA_{\text{min}}$) alan yöntemine göre hesaplanan glisemik indeks değerleri (141.1 ve 164.9), önerilen yöntemle elde edilen glisemik indeks değerinden farklı bulunmamıştır (sırasıyla $p=0.310$ ve $p=0.084$).

Beyaz ekmeğin glukozla göre glisemik indeks



Şekil 2. Referans (glukoz ve beyaz ekme) ve test besinlerinin kan glukoz ölçüm değerlerinin aritmetik ortalaması grafiği
HAŞ. 35 dk. haşlanmış patates 35 dk.
SĞK. 35 dk. soğuk patates 35 dk. haşlanmış ve 24 saat +4 °C'de bekletilmiş

Tablo 1. Test (glukoz ve beyaz ekmekek) ve referans besinler için farklı yöntemler kullanılarak hesaplanan eğri altında kalan alan değerleri

	EAKA _{toplam}	EAKA _{kesilmiş}	EAKA _{artan}	EAKA _{min}	EAKA _{net}	P
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	
Glukoz	12833.4±855.3 ^a	2208.2±897.4 ^b	2214.1±893.1 ^c	3098.4±1073.1 ^d	1987.8±938.5 ^e	0.001
Beyaz ekmekek	12321.7±630.9 ^a	1632.8±542.1 ^b	1669.9±510.1 ^c	1883.3±494.4 ^d	1647.3±518.8 ^b	0.001
HAŞ. 35 dk.	12545.6±882.3 ^a	2196.5±1227.0 ^b	2231.6±1204.8 ^c	2480.6±1170.8 ^d	2168.9±1239.8 ^b	0.001
SĞK 35 dk.	12076.3±587.9 ^a	1528.9±1342.6 ^b	1533.7±1336.8 ^b	1841.3±1137.6 ^b	1454.2±1416.6 ^b	0.001

HAŞ. 35 dk. haşlanmış patates 35 dk.

SĞK. 35 dk. soğuk patates 35 dk. haşlanmış ve 24 saat +4 °C'de bekletilmiş

a-e: Farklı harfler istatistiksel farkı gösterir (p<0.05)

değeri, WHO tarafından önerilen yöntem için 79.9 olarak bulunmuştur. EAKA_{toplam} ve EAKA_{net} yöntemine göre hesaplanan glisemik indeks değerleri (96.2 ve 91.0), önerilen yöntemle göre daha yüksektir (sırasıyla p=0.019 ve p=0.004). EAKA_{min} alan yöntemine göre hesaplanan glisemik indeks değeri (64.4), önerilen yöntemle elde edilen glisemik indeks değerine göre daha düşük iken (p=0.015), EAKA_{kesilmiş} alan yöntemine göre hesaplanan glisemik indeks değerleri (78.5), önerilen yöntemle elde edilen glisemik indeks değerinden farklı bulunmamıştır (p=0.866).

Test besinlerinden 35 dakika haşlanmış patatesin beyaz ekmeğe göre WHO tarafından önerilen yöntem için glisemik indeks değeri 133.0 bulunmuştur. EAKA_{toplam} yöntemi ile elde edilen glisemik indeks değeri (101.8), önerilen yöntemle göre hesaplanan glisemik indeks değerinden düşüktür (p=0.023). EAKA_{kesilmiş}, EAKA_{min}, EAKA_{net} ve yöntemleri ile elde edilen glisemik indeks değerleri (sırasıyla 133.8, 131.1 ve 131.0) önerilen yöntemden farklı değildir (sırasıyla p=0.735, p=0.534 ve p=0.859). Test besinlerinden 35 dakika haşlanmış ve 24 saat +4°C'de bekletilmiş soğuk patatesin beyaz ekmeğe göre glisemik indeks değeri, WHO tarafından önerilen

yöntemle hesaplandığında 83.4'dür. EAKA_{toplam}, EAKA_{kesilmiş}, EAKA_{net} ve EAKA_{min} yöntemi kullanılarak hesaplanan glisemik indeks değerleri (sırasıyla 98.1, 84.9, 79.7 ve 95.6) önerilen yöntemle hesaplanan glisemik indeks değerinden farklı değildir (sırasıyla p=0.182, p=0.465, p=0.721 ve p=0.508).

Test besinlerin glukozu göre glisemik indeks değerleri değerlendirildiğinde ise, 35 dakika haşlanmış patatesin WHO tarafından önerilen eğri altında kalan alan hesaplama yöntemine göre glisemik indeks değeri 100.9 ve 35 dakika haşlanmış ve 24 saat +4°C'de bekletilmiş soğuk patatesin 64.7 olarak bulunmuştur. EAKA_{kesilmiş} ve EAKA_{min} yöntemi ile elde edilen glisemik indeks değerleri (99 ve 81.4), 35 dakika haşlanmış patates için önerilen yöntemle göre hesaplanan glisemik indeks değerinden düşük (p=0.046 ve p=0.023) ve EAKA_{net} ile elde edilen glisemik indeks değeri (113.4) daha yüksek çıkmıştır (p=0.019). EAKA_{toplam} yöntemleri ile elde edilen glisemik indeks değeri (97.9) önerilen yöntemden farklı değildir (sırasıyla p=0.638). 35 dakika haşlanmış ve 24 saat +4°C'de bekletilmiş soğuk patates için ise sadece EAKA_{toplam} yöntemi ile hesaplanan glisemik indeks değeri (94.3), önerilen

Tablo 2. Test besinlerin beyaz ekmeğe ve glukozu göre farklı hesaplama yöntemleriyle elde edilen glisemik indeks değerleri

	EAKA _{toplam}	EAKA _{kesilmiş}	EAKA _{artan}	EAKA _{min}	EAKA _{net}	P
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	
Beyaz ekmeğe göre GI						
Glukoz	104.1±5.4 ^a	141.1±48.3 ^{b,c,d}	135.8±39.3 ^{c,d}	164.9±40.2 ^{d,e}	123.7±43.8 ^{a,e}	0.030
HAŞ. 35 dk.	101.8±5.4 ^a	133.8±42.9 ^b	133.0±43.2 ^b	131.1±41.9 ^b	131.0±46.1 ^b	0.038
SĞK 35 dk.	98.1±5.7 ^a	84.9±50.4 ^a	83.4±50.0 ^a	95.6±41.0 ^a	79.7±55.5 ^a	0.257
Glukozu göre GI						
Beyaz ekmekek	96.2±4.8 ^a	78.5±25.9 ^{b,c}	79.9±24.4 ^c	64.4±17.3 ^d	91.0±32.3 ^a	0.001
HAŞ. 35 dk.	97.9±6.8 ^{a,b,d}	99.0±32.6 ^{a,c}	100.9±32.1 ^b	81.4±25.2 ^c	113.4±44.5 ^d	0.001
SĞK 35 dk.	94.3±6.2 ^a	64.5±37.7 ^b	64.7±37.3 ^b	59.9±22.3 ^b	66.5±46.1 ^{a,b}	0.004

HAŞ. 35 dk. haşlanmış patates 35 dk.

SĞK. 35 dk. soğuk patates 35 dk. haşlanmış ve 24 saat +4 °C'de bekletilmiş

a-e: Farklı harfler istatistiksel farkı gösterir (p<0.05)

yönteme göre yüksek çıkarken ($p=0.023$), $EAKA_{kesilmiş}$, $EAKA_{min}$ ve $EAKA_{net}$ yöntemlerine göre hesaplanan glisemik indeks değerleri (sırasıyla 59.9, 64.5 ve 66.5), önerilen yöntemden farklı çıkmamıştır (sırasıyla $p=0.345$, $p=0.480$ ve $p=0.158$).

TARTIŞMA

Bu çalışmada aynı veriler (test ve referans besinler) kullanılarak elde edilen referans besinlerin (glukoz ve beyaz ekmeğe) glisemik indeks değerleri, farklı hesaplama yöntemleri ($EAKA_{toplam}$, $EAKA_{kesilmiş}$, $EAKA_{artan}$, $EAKA_{min}$, $EAKA_{net}$) ile farklı bulunmuştur. Test besinlerinden 35 dakika kaynayan suda haşlanmış patatesin beyaz ekmeğe göre farklı hesaplama yöntemleri ile elde edilen glisemik indeks değerleri arasında fark saptanmamıştır.

Besinlerin glisemik indeks değeri hesaplanırken göz önünde bulundurulması gereken en önemli konu hangi hesaplama yönteminin kullanılacağıdır. Besinlerin glisemik indeks değerlerinin saptanmasında eğri altında kalan alanın yanlış hesaplanması oldukça yaygındır (7). Trapezoid Kuralının (x eksenini ile y eksenini arasında eğri altında kalan alanın yamuk, kare ve dikdörtgenlere bölünerek alanlarının hesaplanması-WHO tarafından önerilen eğri altında kalan alan hesaplama yöntemi) veya diğer yöntemlerin kullanılması (üçüncü ve dördüncü derece polinom interpolasyonu, Simpson entegrasyonu veya kübik interpolasyonlu spline) sonucu az da olsa etkileyebilmektedir (17). Yapılan çalışmalar eğri altında kalan alan hesaplaması için Trapezoid Kuralı'nın kullanımının kolay ve uygun olduğunu önermektedir (14,18). Ayrıca Trapezoid Kuralı ile elde edilen sonuçlar arasında %2'den yüksek bir varyasyon olmadığı ve sonuçların birbirleriyle korelasyonlarının yüksek olduğu saptanmıştır (14). İkinci önemli nokta ise eğri altında kalan hangi alanın hesaplanması gerektiğidir. Eğri altında kalan alanın hesaplanmasında farklı yöntemler olduğu için aynı verilerden elde edilen sonuçların yorumlanmasında kullanılacak hesaplama yöntemine bağlı olarak büyük farklılıklar oluşabilir (19,20).

Beyaz ekmeğe göre glukozun, eğri altında kalan artan alan yöntemiyle hesaplanan glisemik indeks değeri ile $EAKA_{net}$ yöntemiyle hesaplanan glisemik indeks değerlerinden yüksek çıkmıştır. Bu fark postprandiyal kan glukoz değerinin, bazı bireylerde özellikle 120. dakika civarında açlık kan glukoz değerinin altına düşmesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla $EAKA_{net}$ hesaplaması, glukozun tüketimi sonrasında oluşan glisemik yanıtı ölçmek için uygun değildir (14,21). Otuzbeş dakika haşlanmış patatesin eğri altında kalan artan alan hesaplamasıyla belirlenen glisemik indeks değerleri, $EAKA_{toplam}$ değerinden yüksek çıkmıştır. $EAKA_{toplam}$ hesaplaması yapılırken açlık kan glukozunun altında kalan alan test besininden bağımsızdır. Bu nedenle test besini sadece açlık kan glukoz değerinin üzerindeki alanı etkileyebilir. Açlık kan glukoz değerinin üzerinde kalan alan, $EAKA_{toplam}$ sadece küçük bir parçası olduğu için toplam $EAKA$ glukoz yükseltici etkisi farklı olan besinlerin ayırt edilmesinde hassas değildir (13,22). Eğri altında kalan artan alan, toplam alanın %14-%38'ini oluşturmaktadır (23). Bu çalışmada eğri altında kalan artan alan, toplam alanın (test ve referans besinler için) %12.6-%17.9'unu oluşturduğu bulunmuştur. Wolever bu yöntem ile hesaplanan alanın, yine aynı veriler kullanılarak eğri altında kalan ve başlangıç noktasının altında olan alanın dahil edilmediği artan alandan sağlıklı bireylere 3-10 kat, diyabetli bireylerde ise 2-5 kat daha fazla çıktığını göstermiştir (24). Sağlıklı bireyler üzerinde yapılan bu çalışmada ise 5-7 kat fazla bulunmuştur. Dolayısıyla $EAKA_{toplam}$ bazal kan glukoz değeriyle ilişkili tanımlayıcı bir etmen olup, zaman içindeki ortalama kan glukoz düzeyini yansıtabilirken, eğri altında kalan artan alan besinlerle oluşan glisemik yanıtın zaman içindeki değişimini daha doğru olarak tanımlamaktadır. Eğri altında kalan kesilmiş alan hesabı kullanılarak elde edilen glisemik indeks değeri, önerilen yöntem ile elde edilen glisemik indeks değerinden yüksek çıkarken, minimum ve net alan hesabı kullanılarak elde edilen glisemik indeks değerleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Soğuk tüketilen patatesin beyaz ekmeğe göre WHO tarafından önerilen yöntem kullanılarak belirlenen glisemik indeks değeri, $EAKA_{toplam}$ ve $EAKA_{kesilmiş}$ yöntemleri ile elde edilen Gİ değerlerinden düşük,

$EAKA_{net}$ yöntemi ile elde edilen Gİ değerinden yüksek çıkmıştır. Ancak önerilen yöntemle diğer yöntemler arasında istatistiksel fark saptanmaması patatesin pişirilmiş-soğutulmuş olması böylece yapısındaki dirençli nişastanın ince bağırsakta sindirilmeyip kan glukoz yanıtına belirgin katkıda bulunmamasından kaynaklanabilir.

Glukoza göre besinlerin glisemik indeks değerlendirilmesinde, beyaz ekmeğin $EAKA_{net}$ ve $EAKA_{toplam}$ yöntemi ile elde edilen glisemik indeks değerleri WHO tarafından önerilen yöntemle hesaplanan glisemik indeks değerinden yüksek çıkarken $EAKA_{min}$ değerinden düşük çıkmıştır. Bunun nedeni, bazı bireylerde beyaz ekmeğin tüketimini takiben postprandiyal kan glukoz değerinin, açlık kan glukoz değerinin altına düşmesinden kaynaklanmaktadır. $EAKA_{net}$ hesabı birçok çalışmada kullanılmıştır (25,26) ancak eğri altında kalan ve başlangıç noktasının altında kalan alanın dahil edilmediği artan alan hesabından farkı sadece postprandiyal kan glukoz değeri açlık kan glukoz değerinin altına düştüğünde gözlenecektir (4). Ayrıca $EAKA_{net}$ hesaplaması, normal bir öğün sonrasında azalan serbest yağ asitleri gibi değişkenlerin öğün sonrası oluşturduğu yanıtı ölçmek için daha uygun olabilir. Çünkü $EAKA_{net}$ negatif bir değer alabilirken buna karşılık eğri altında kalan artan alanın minimum değeri sıfırdır ve negatif değer alamaz (21). Bu çalışmada $EAKA_{artan}$ hesaplamasında, bazı bireylerde test ve referans besinleri tüketilmesini takiben 90-120. dakika arasında oluşan alanın değeri sıfır bulunmuştur. $EAKA_{toplam}$ ve $EAKA_{min}$ hesaplama yöntemleri bazal kan glukoz değeriyle ilişkili olup glisemik yanıtın zaman içindeki değişimini artan alan hesabıyla eşdeğer doğrulukta tanımlayamayabilir. Ayrıca $EAKA_{kesilmiş}$ yöntem ile elde edilen glisemik indeks değeri ile $EAKA_{artan}$ değeri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Elde edilen değerlerin arasındaki benzerlik test besininin postprandiyal tüketimi sonrasındaki 90-120. dakikada bazı bireylerin kan glukoz eğrisinin, açlık kan glukoz değerini geçmemesinden kaynaklanabilir.

Test besinlerinden 35 dakika haşlanmış patatesin glukozu göre WHO tarafından önerilen hesaplama yöntemi ile bulunan glisemik indeks değeri,

$EAKA_{kesilmiş}$ ve $EAKA_{min}$ ile hesaplanan glisemik indeks değerlerinden yüksek çıkarken, $EAKA_{net}$ alan yöntemi ile elde edilen Gİ değerinden düşük çıkmıştır. Wolever ve arkadaşlarının (8) yaptığı çalışmada, eğri altında kalan ve başlangıç noktasının altında kalan alanın dahil edilmediği artan alan hesaplaması ile eğri altında kalan başlangıç noktasından kesilerek hesaplanan artan alan yöntemleri karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemde de benzer sonuçlar elde edilmiş, ancak standart sapma değerleri $EAKA_{kesilmiş}$ yönteminde istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek çıkmıştır. Bu çalışmada $EAKA_{artan}$ ve $EAKA_{kesilmiş}$ arasındaki fark anlamlı olup standart sapma değerleri benzer bulunmuştur. En düşük değerin başlangıç noktası olarak alındığı $EAKA_{min}$ hesaplamasında, glukoz kullanıldığında sağlıklı bireylerin çoğunda yaklaşık olarak 90. dakikada keskin yükseliş olduğu için hipoglisemik yanıtı neden olduğu ancak yavaş emilen karbonhidratlı besin tüketildiğinde bu durumun gözlenmediği belirtilmiştir. Böylece sağlıklı bireylerde hipoglisemi veya kan glukoz yanıtı değerleri açlık kan glukoz yanıtı değerinden aşağıda olabilir. Eğri altında kalan başlangıç noktasından kesilerek hesaplanan artan alan yöntemi bunu yok saydığı için doğru değildir. Ayrıca bu yöntemle göre hipoglisemi de hiperglisemi gibi fizyolojik olarak istenmeyen durum olarak tanımlanmaktadır. Eğer kan glukoz değerleri açlık kan glukoz değerinin üzerinde kalırsa diyabetli bireylerde gözlenen durum gibi bu yöntem “Eğri altında kalan ve başlangıç noktasının altında kalan alanın dahil edilmediği artan alan” ile aynı sonucu verecektir (4,24). Ayrıca 35 dakika haşlanmış patatesin glukozu göre eğri altında kalan toplam alan hesabı kullanılarak elde edilen glisemik indeks değeri önerilen yöntem ile elde edilen glisemik indeks değerinden düşük çıkmıştır. Ancak $EAKA_{toplam}$ hesaplama yöntemi glisemik yanıtın zaman içindeki değişimini her zaman artan alan hesabıyla eşdeğer doğrulukta tanımlayamayabilir. 35 dakika haşlanmış ve 24 saat +4°C’de bekletilmiş soğuk patatesin glukozu göre WHO tarafından önerilen $EAKA_{artan}$ yöntemi elde edilen Gİ değeri, $EAKA_{toplam}$ ile elde edilen glisemik indeks değerlerinden düşük bulunmuştur. Bu farklılık glisemik cevabın zaman içindeki değişimini $EAKA_{artan}$ yönteminin daha doğru yansıtmasından kaynaklanabilir (14). $EAKA_{artan}$

yöntemi, $EAKA_{kesilmiş}$ ve $EAKA_{min}$ yöntemleri ile elde edilen $G\dot{I}$ değerinden yüksek, $EAKA_{net}$ alan ile elde edilen $G\dot{I}$ değerinden düşük bulunmuştur. Ancak bu farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu durum, besin tüketiminden sonra oluşan glisemik yanıt eğer başlangıçtaki açlık kan glukoz değerinin altına düşmezse kesilmiş alan hesaplaması ile artan alan hesaplaması arasında farkın gözlenmemesi ile açıklanabilir.

Bu çalışmada, referans besin olarak glukoz ve beyaz ekmek, test besini olarak ise iki farklı yöntemle hazırlanmış patateslerin (kabuksuz 35 dakika kaynayan suda haşlanmış küp şeklinde patates ve kabuksuz kaynayan suda 35 dakika haşlandıktan sonra $+4^{\circ}C$ 'de 24 saat bekletilmiş soğuk küp şeklinde patates) glisemik indeks değerleri beş farklı eğri altında kalan alan yöntemi ($EAKA_{toplaml}$, $EAKA_{kesilmiş}$, $EAKA_{artan}$, $EAKA_{min}$, $EAKA_{net}$) kullanılarak hesaplanmıştır.

Besinlerin glisemik indeks değerlerinin belirlenmesinde eğri altında kalan alan hesaplaması başlıca hata nedeni olabilir (4). Referans ve test besinlerinin glisemik indeks değerleri, hesaplama yapılırken tercih edilen eğri altında kalan alan hesabına göre farklılık göstermektedir. Çünkü besinin oluşturduğu eğri altında kalan alanın değeri, o besinin glisemik indeks değerini doğrudan etkilemektedir (27). Bu nedenle, besinin glisemik indeks değerinin standart hesaplama yöntemi kullanılarak saptanması gerekmektedir. Eğri altında kalan alan hesabının standartlaştırılması (eğri altında kalan artan alan hesabına uyularak besinin glisemik indeks değerinin hesaplanması) besinlerin glisemik indeks değerinin doğru hesaplanması için elzemdir (7,15). Eğri altında kalan toplam alan, eğri altında kalan başlangıç noktasından kesilerek hesaplanan artan alan, en düşük değerin başlangıç noktası olarak alındığı eğri altında kalan en küçük alan ve eğri altında kalan net alan hesabı besinlerin glisemik indeks değerinin doğru hesaplanmasında oluşan glisemik artışın ve/veya değişimin doğrudan göstergesi olmadıkları için uygun değildir (14,21). Besinlerde glisemik indeks değerinin standartlaşmış hesaplaması FAO/WHO uzmanlar komitesi tarafından belirlenerek, glisemik indeks değerinin hesaplanması için

en uygun yönteminin eğri altında kalan artan alan hesabı olduğu belirlenmiştir (6). Artan alan hesaplamasında Trapezoid kuralına bağlı kalınması ve standartlaşmış alan hesabı yapılması besinlerin glisemik indeks değerinin hesaplanmasında oluşabilecek hataların ve/veya istenmeyen farklılıkların oluşmasını önleyebilir (15,17).

Çıkar çatışması/Conflict of interest: Yazarlar ya da yazı ile bildirilen herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

1. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981;34(3):362-366.
2. Mann J, Cummings J, Englyst H, Key T, Liu S, Riccardi G, et al. FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *Eur J Clin Nutr* 2007;61:S132-S137.
3. Ludwig DS. The glycemic index: Physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *JAMA* 2002;287(18):2414-2423.
4. Venter C, Slabber M, Vorster H. Labelling of foods for glycaemic index—advantages and problems. *South Afr J Clin Nutr* 2003;16(4):118-126.
5. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002;76(1):5-56
6. FAO/WHO. 1998. Carbohydrates in human nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, 14-18 April 1997, Rome. FAO Food and Nutrition Paper No: 66.
7. Wolever TM, Brand-Miller JC, Abernethy J, Astrup A, Atkinson F, Axelsen M, et al. Measuring the glycemic index of foods: interlaboratory study. *Am J Clin Nutr* 2008;87(1):247S-257S.
8. Wolever T, Vorster H, Björck I, Brand-Miller J, Brighenti F, Mann J, et al. Determination of the glycaemic index of foods: interlaboratory study. *Eur J Clin Nutr* 2003;57(3):475-482.
9. ISO/TC 34/ISO 26246. International Organization For Standardization. Technical Committee Food Products-Determination of Glycemic Index (GI) and Recommendation for Classification. Switzerland.
10. Sadler M. Food, Glycaemic Response and Health. ILSI Europe Concise Monograph Series. 2011:1-30.
11. Hettiarachchi P, Jiffry MT, Jansz ER, Wickramasinghe AR, Fernando DJ. Glycaemic indices of different varieties of rice grown in Sri Lanka. *Ceylon Med J* 2001;46(1):11-4.
12. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker HM, Fielden H. Exceptionally low blood glucose response to dried beans: comparison with other carbohydrate foods. *BMJ* 1980;281(6240):578-80.
13. Brouns F, Björck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, et al. Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev* 2005;18(01):145-171.

14. Floch J-PL, Escuyer P, Baudin E, Baudon D, Perlemuter L. Blood glucose area under the curve: Methodological aspects. *Diabetes Care* 1990;13(2):172-175.
15. Food and Agriculture Organization. Carbohydrates in human nutrition (FAO Food and Nutrition Paper.66) Chapter 4. The role of the glycemic index in food choice Rome: FAO; 1997.
16. Sheskin D. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC. 2007:845.
17. Wolever TM. The glycaemic index: a physiological classification of dietary carbohydrate: London; 2006: 116.
18. Tai MM. A mathematical model for the determination of total area under glucose tolerance and other metabolic curves. *Diabetes Care* 1994;17(2):152-154.
19. Wolever TM, Jenkins DJ. The use of the glycemic index in predicting the blood glucose response to mixed meals. *Am J Clin Nutr* 1986;43(1):167-172.
20. Wolever TM. How important is prediction of glycemic responses? *Diabetes Care* 1989;12(8):591-593.
21. Wolever TMS. Effect of blood sampling schedule and method of calculating the area under the curve on validity and precision of glycaemic index values. *Br J Nutr* 2007;91(2):295-300.
22. Mikines KJ, Sonne B, Farrell PA, Tronier B, Galbo H. Effect of physical exercise on sensitivity and responsiveness to insulin in humans. *Am J Physiol* 1988;254(3):248-259.23.
23. Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, et al. Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev* 2008;18(1):145-171.
24. Wolever TM, Jenkins DJ, Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 1991;54(5):846-854.
25. Matthan NR, Ausman LM, Meng H, Tighiouart H, Lichtenstein AH. Estimating the reliability of glycemic index values and potential sources of methodological and biological variability. *Am J Clin Nutr* 2016;104(4):1004-1013.
26. Wolever TM. Effect of blood sampling schedule and method of calculating the area under the curve on validity and precision of glycaemic index values. *Br J Nutr* 2004;91(2):295-301.
27. Pi-Sunyer FX. Glycemic index and disease. *Am J Clin Nutr* 2002;76(1):290S-298S.