



GIDALARIN BESLEYİCİLİK ÖZELLİKLERİNİ DEĞERLENDİREN İNDEKSLER

Özge Özer*, Sibel Karakaya, Sedef Nehir El

Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Beslenme Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

Geliş / *Received*: 24.08.2021; Kabul / *Accepted*: 23.12.2021; Online baskı / *Published online*: 02.02.2022

Özer, Ö., Karakaya, S., El, S.N. (2021). Gıdaların besleyicilik özelliklerini değerlendiren indeksler. *GIDA* (2022) 47 (1) 78-90 doi: 10.15237/ gida.GD21109.

Özer, Ö., Karakaya, S., El, S.N. (2021). *Indexes evaluate the nutritional properties of foods. GIDA* (2022) 47 (1) 78-90 doi: 10.15237/ gida.GD21109.

ÖZ

Gıdaların içerdiği besin öğelerinin beslenme açısından önemi ve sağlık üzerine olumlu/olumsuz etkileri çeşitli yöntemlerle değerlendirilmektedir. Literatürde gıdaların ve diyetin genel olarak besleyici özelliğinin değerlendirildiği indeksler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıdaların besin öğesi içeriklerine göre sıralanması ve/veya sınıflandırılması ile besin öğesi profilinin oluşturulması ve gıdaların besleyicilik özelliklerinin ölçülmesinde kullanılması gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Gıdaların besleyicilik özelliğinin içerdikleri yağ asitleri, protein veya karbonhidrat vb. besin öğelerinden herhangi biri açısından değerlendirilmesi bütünsel bir yaklaşım sağlamamaktadır. Bu derlemede, bu bütünsel yaklaşımı sağlayacak nitelikte, gıdaların makro ve mikro besin öğeleri ile besleyicilik özelliklerinin değerlendirildiği, literatürde indeks veya puan olarak tanımlanmış ve kullanılmakta olan geçerli yöntemler incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Besleyicilik kalite indeksi, besin öğesi profili, besleyici gıda

INDEXES EVALUATE THE NUTRITIONAL PROPERTIES OF FOODS

ABSTRACT

The nutritional importance of the nutrients contained in foods and their positive/negative effects on health are evaluated by various methods. In the literature, indexes that evaluate the nutritional properties of foods and diet in general are widely used. Sorting and/or classifying foods according to their nutrient content, forming a nutrient profile and measuring the nutritional properties of foods are gaining importance day by day. Evaluating the nutritional properties of foods in terms of either fatty acids, protein or carbohydrates does not provide a holistic approach. In this review, in order to provide this holistic approach, methods that evaluate the nutritional properties of foods by macro and micro nutrients, defined as index or score in the literature, are examined.

Keywords: Nutritional quality index, nutrient profile, nutritious food

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*

✉: ozge.ege@gmail.com

☎: (+90) 232 311 3001

☎: (+90) 232 311 4831

Özge Özer; ORCID no:0000-0001-7751-1800

Sibel Karakaya; ORCID no: 0000-0001-5514-9521

Sedef Nehir El; ORCID no: 0000-0002-2996-0537

GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, FAO, dünya nüfusunun 2050 yılında 10 milyara ulaşmasını öngörmektedir. Özellikle insan sağlığının temel unsuru olması nedeniyle gıdanın birçok boyutu ile daha büyük önem kazanacağı ve artan nüfusun gıda gereksinimini karşılama konusunda ciddi zorlukların yaşanacağı bilinmektedir. Bugün küresel nüfusun yaklaşık %10'u yetersiz beslenme ve açlık boyutunda, çok az enerji ve yetersiz gıda almaktadır. Bunun yanı sıra, gelişmiş ülkelerde, besleyici değeri düşük, enerji değeri yüksek gıdaların aşırı tüketiminden kaynaklanan yetersiz beslenme sorunları ve obezitenin yanı sıra kronik hastalıklardaki artış ile tipik "Batı" tipi beslenme modeli gelişmiştir (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2018). EAT-Lancet Komisyonu tarafından 2019 yılında küresel politikalar ve düzenlemeler ile ele alınması gerektiği bildirilen "Gezeganimizde Sağlıklı Beslenme ve Siz" başlıklı kapsamlı bir rapor yayınlanmıştır. Komisyonunda, bugüne kadar yapılan çalışmaların kanıtlarına dayanarak sağlıklı beslenme ve sürdürülebilir gıda üretimi için global düzeyde bilimsel hedef geliştirmek üzere insan sağlığı, tarım, siyasal bilimler, çevre ve sürdürülebilirlik konularında 16 ülkenin katılımcıları bir araya gelmiştir. Raporunda, kırmızı et ve nişastalı sebze tüketiminde %60'lık bir azalma ile birlikte sebze, meyve, tam tane tahıl, kuru baklagil ve kuruyemiş tüketiminde önemli bir artış sağlanması durumunda dünyada her yıl diyabet, kardiyovasküler ve diğer beslenme kaynaklı hastalıklar nedeniyle gerçekleşen yaklaşık 11 milyon ölümün önlenebileceği vurgulanmaktadır (Willett vd., 2019). Tüm bu nedenlerle gıdaların içerdiği besin öğelerinin beslenme ve sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesinin artık daha geniş yaklaşımlar ile ele alınması gerektiği açıktır. Diyetin genel olarak besleyici özelliğinin değerlendirildiği indeksler ile ilgili çalışmalar mevcutken (Sonesson vd., 2019; Bianchi vd. 2020; Bullock vd. 2021; Santos vd. 2021), gıdaları besin ögesi içeriklerine göre sıralama ve/veya sınıflandırarak, besin profili oluşturma konusu Avrupa Birliği'nde ve ülkemizde Gıda Kodeksi çalışmalarında ele alınan ve yayınlanan tebliğlerdeki beslenme ve sağlık iddiaları ile önem kazanmıştır. Bu tebliğler çerçevesinde sağlık üzerine olumlu etkileri

kanıtlanmış besin öğelerinin ve biyoaktif bileşiklerin gıdalardaki varlığı ve miktarı ile ilgili sağlık iddialarının yapılabilmesinin ön koşulu yine aynı gıdanın besin ögesi temelinde sahip olması gereken kriterler mevcuttur. Sağlık iddialarının yapıldığı gıdaların toplam yağ, doymuş yağ, ilave şeker, kolesterol ve sodyum gibi diyetle sınırlandırılması gereken besin öğelerine ait belirli kriterlere uyması gerekirken, örneğin A vitamini, C vitamini, kalsiyum, demir, protein ve diyet lifi gibi diyetle arttırılması gereken besin öğelerinin sağlanması da öngörülmektedir (TGK, 2017; FDA, 2016). Özellikle, gıda endüstrisi üretim süreçlerinin, yeme alışkanlıklarımızın ve gıda seçimlerimizin önemli çevresel etkileri olduğu göz önüne alındığında, sürdürülebilir bir beslenme modeli için karbon ayak izi ve beslenme kalitesindeki ilişkiyi ortaya koyan çalışmalar da önem kazanacaktır (Nemecek vd., 2016; Hallström vd., 2018; González-García vd., 2019)

Bir gıdanın besleyiciliğini bütün özellikleriyle değerlendirmek kolay değildir. Örneğin protein açısından zengin bir gıdayı içerdiği amino asitler yönüyle değerlendirirken, bu gıda yağ asitleri açısından da zengin bir gıda ise zorunlu yağ asitleri için de iyi bir kaynak olabilir ancak ateroskleroz özelliklere de sahip olabilir. Bir gıdanın veya diyetin birden fazla besin ögesinin veya biyoaktif bileşiğinin ulusal ve uluslararası beslenme rehberlerinde verilen önerileri karşılayacak düzeyde değerlendirilmesinde birden fazla algoritmanın geliştirilmesi konusunda çalışmalara gereksinim vardır (Bianchi vd., 2020). Bu derlemede, gıdaların makro ve mikro besin öğeleri ile besleyicilik özelliklerinin değerlendirildiği, literatürde indeks veya puan olarak tanımlanmış ve kullanılmakta olan geçerli yöntemler incelenmiştir. Bu besleyicilik kalite indeksleri ve ilişkilendirilen besin öğeleri Şekil 1'de verilmiştir.

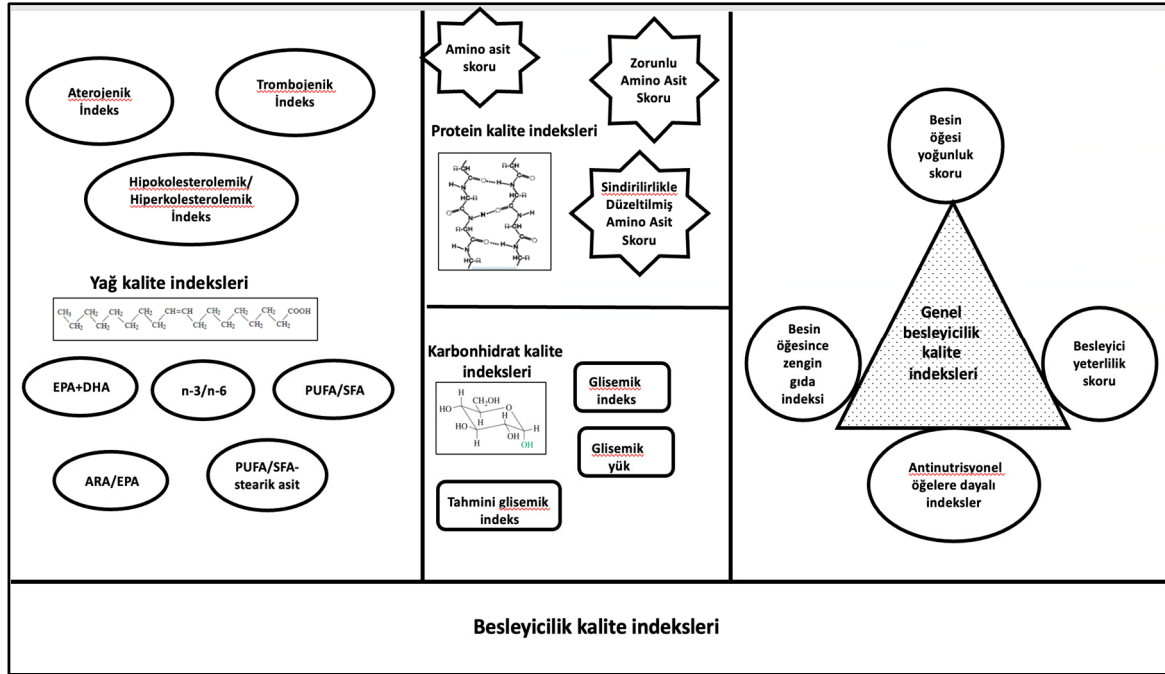
BESLEYİCİLİK KALİTE İNDEKSLERİ

Yağ Kalite İndeksleri

Gıdalarda bulunan yağların beslenme açısından önemi, vücudumuzda sentezlenemeyen ve gıdalar ile almak zorunda olduğumuz zorunlu yağ asitleri ve karbon zincirindeki çift bağların sayısına bağlı olarak doymuş yağ asitleri (DYA), tekli doymamış yağ asitleri (TDYA) ve çoklu doymamış yağ

asitleri (ÇDYA) olarak sınıflandırılmasına dayanmaktadır (Woloszyn vd., 2020). Bu önemden yola çıkılarak, yağ asitleri ile ilgili geliştirilen indekslerde de bu özellikler temel alınmıştır. Çoklu doymamış yağ asitlerinden, linoleik asit C18: 2 (n-6) ve linolenik asit C18: 3 (n-3) zorunlu yağ asitleri olmalarının yanı sıra aynı zamanda linoleik asitten araşidonik asidin (ARA), linolenik asitten eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asidin (DHA) sentezlenmesi bu yağ asitlerini önemli kılmaktadır. Ancak bu sentezlerin çok yavaş olması, normal gelişme ve büyüme için zorunlu olan ve kalp hastalıkları, hipertansiyon ve kanserden korunmada etkili EPA ve DHA'nın balık ve balık ürünleri gibi

kaynaklardan alınmasını önemli kılmaktadır (Petenuci vd., 2016, Zhang vd., 2020; Sroy, 2021). Gıdaların içerdiği yağ asitlerinin beslenme açısından değerlendirilmesinde, TDYA'nın sistemik dolaşımdaki yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) veya düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyeleri üzerine etkileri ile kalp-damar hastalıkları riski arasındaki ilişki dikkate alınan özelliklerdir. Yağ asitlerinin sağlık üzerine kanıtlanmış olumlu ve olumsuz etkileri nedeniyle, besleyicilik özelliklerinin değerlendirilmesi için geliştirilen indekslerin yağ asidi profili ve biyolojik fonksiyonlarına dayandırılması esastır. Bu indeksler ayrı başlıklar altında incelenmiştir.



Şekil 1. Besleyicilik kalite indeksleri

Aterojenik İndeks (AI) ve Trombojenik İndeks (TI)

Ulbricht ve Southgate 1991 yılında, DY A'nın LDL'nin yükselmesi üzerine olan etkilerini göz önünde bulundurarak yağ asitlerinin besleyicilik kalitelerini değerlendirmek üzere, laurik asit (C12:0), miristik asit (C14:0) ve palmitik asidi (C:16:0) aterojenik; miristik asit (C14:0), palmitik asit (C:16:0) ve stearik asidi (C18:0) trombojenik kabul ederek AI ve TI'yı geliştirmişler ve bu indeksler pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır

(Hosseini vd., 2014; Petenuci vd., 2016; Saini ve Keum, 2018; Zhang vd., 2020; Sroy vd., 2021; Pretorius ve Schönfeldt, 2021).

Aterojenik İndeksin hesaplanmasında kullanılan formülde (1) miristik asit, laurik asit ve palmitik aside göre 4 kat daha fazla aterojenik olarak kabul edildiği için 4 katsayısı ile çarpılmaktadır. Trombojenik İndeksin hesaplanmasında kullanılan formülde (2) ise tekli doymamış yağ asitleri ve n-6 yağ asitleri, n-3 yağ asitlerine göre

daha zayıf anti-aterojenik oldukları için tekli doymamış yağ asitleri ve n-6 yağ asitleri 0.5 katsayısı ile çarpılırken n-3 yağ asitleri 3 katsayısı ile çarpılmaktadır (Hosseini vd., 2014; Saini and Keum, 2018; Araujo vd., 2021).

$$\text{Aterojenik İndeks (AI)} = \frac{C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0}{\Sigma n-3 + \Sigma n-6 + \Sigma MUFA} \quad (1)$$

$$\text{Trombojenik İndeks (TI)} = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0.5 \times C18:1 + 0.5 \times \text{otherMUFA} + 0.5 \times \Sigma n-6 + 3 \times \Sigma n-3 + \Sigma n-3 / \Sigma n-6} \quad (2)$$

Her iki indeksin düşük değerleri gıdanın veya yağın besleyicilik kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir. Örneğin farklı deniz ürünleri için yapılan hesaplamalarda AI 0.33-2.37 aralığında, TI ise 0.01-1.18 arasında saptanmıştır (Hosseini vd., 2014).

Hipokolesterolemik/ Hiperkolesterolemik oranı (HH)

Yağ asitlerinin kolesterol metabolizması üzerindeki etkileri dikkate alınarak oluşturulan Hipokolesterolemik/Hiperkolesterolemik yağ asidi oranı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır. (3)

$$HH = \frac{(C18:1cis - 9 + C18:2n - 6 + C20:4n - 6 + C18:3n - 3 + C20:5n - 3 + C22:5n - 3 + C22:6n - 3)}{(C14:0 + C16:0)} \quad (3)$$

Yüksek HH değerlerine sahip gıdaların insan sağlığı üzerine olumlu etkileri nedeniyle daha besleyici olduğu kabul edilmiştir (Hosseini vd., 2014; Zhang vd. 2020, Sroy vd. 2021, Araujo vd., 2021).

Çoklu doymamış yağlar/doymuş yağlar oranı (ÇDYA/DYA)

Doymamış yağ asitlerinin sağlık üzerine olumlu etkisi ve DY A'nın bazı hastalıkların riskini artırıcı etkisi nedeniyle bu yağ asitlerinin oranlanması ile geliştirilen bu indeksin gıdalarda minimum 0.45 olması ve olabildiğince yüksek olması gerektiği belirlenmiştir (Zhang vd., 2020; Sroy vd., 2021, Araujo vd., 2021).

Çoklu doymamış yağlar/stearik asit dışındaki doymuş yağ asitleri oranı (ÇDYA/DYA-stearik asit)

Stearik asit kolesterol seviyesi üzerinde doymuş yağ asidi gibi davranmadığı için bazı çalışmalarda kalite indeksi hesaplanırken, doymuş yağ asitleri içeriğine dahil edilmemektedir (Hosseini vd., 2014). Bu yaklaşım ile sağlık üzerine olumlu etkileri olan yağ asitleri için çoklu doymamış yağ asitleri (DYA) ve stearik asit miktarı toplamına (4) dayalı "İstenilen Yağ Asitleri (Desirable Fatty Acids-DFA)" kavramı ortaya çıkmıştır (Werenska vd., 2021).

$$DFA = UFA + C18:0 \quad (4)$$

Omega-3 yağ asitleri/ Omega-6 yağ asitleri oranı (n-3/n-6)

Günlük alınması gereken n-3/n-6 oranı ile ilgili belirlenmiş tam bir değer olmamakla beraber WHO tarafından bu oranının 1:5 veya daha yüksek olması önerilmekte, bu oranın düştükçe kalp-damar hastalıkları riskinin arttığı bildirilmektedir (Zhang vd., 2020). Chen ve Liu (2020), Araujo vd. (2021), Sroy vd. (2021)'nin çalışmalarında yağ asitlerinin besleyicilik özelliklerini belirlerken kullandıkları n-3/n-6 oranı aşağıdaki formülle (5) hesaplanmaktadır.

$$n - 3 / n - 6 = \frac{C18:3n-3+C20:3n-3,+C20:5n-3,+C22:6n-3}{C18:2n-6,+C18:3n-6+ C20:2n-6+C20:4n-6+ C22:2n-6} \quad (5)$$

Hosseini vd. (2014) balık çeşitlerinde n-3/n-6 oranının 0.24 ile 4.1 arasında değiştiğini belirtmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde WHO'nun önerilerinin tek bir gıdada sağlanması mümkün olmamakla birlikte bir gıdada n-3/n-6 oranı arttıkça o gıdanın daha besleyici olarak nitelendirilebileceği görülmektedir.

Araşidonik asit / Eikosapentaenoik asit (ARA/EPA)

Bazı araştırmacılar ARA/EPA oranının yağ asitleri ile bunların sağlık etkileri arasındaki ilişkiyi daha iyi tanımlayabileceğini öne sürmüşler ve n-3/n-6 oranının yanı sıra ARA/EPA oranının da iyi bir besleyicilik kalite indeksi olduğunu belirtmişlerdir (Hosseini vd., 2014; Norambuena vd. 2016; Magalhaes vd., 2020). Hosseini

vd.(2014) yapmış oldukları çalışmada ARA/EPA değerini çiğ balıkta ve farklı pişirme yöntemleri sonucunda değerlendirmiş, çiğ balıkta 0.59 olan bu değer fırında pişirme sonucu 0.91'e mikrodalga ile pişirme sonucu ise 1.03'e yükseldiğini belirlemişlerdir. ARA/EPA oranının artması ile balık yağının besleyicilik değerinin azaldığı belirtilmiştir (Hosseini vd., 2014).

Eikosapentaenoik asit + Dokosaheksaenoik asit (EPA + DHA)

EPA ve DHA, vücuttaki biyolojik süreçlerde önemli rol oynayan eikosanoidler olarak bilinen hormonların öncüleri olan uzun zincirli n-3 yağ asitleridir. Amerikan Kalp Derneği'ne göre, haftada yaklaşık 1.0 g EPA + DHA veya iki porsiyon yağlı balık, koroner kalp hastalığından ölüm riskini azaltmaktadır. Beslenme Rehberlerinde, EPA ve DHA içeriği toplamı 80 mg/100 g veya 80 mg/100 kcal üzerinde olan gıdalar, n-3 yağ asitleri bakımından zengin kabul edilmektedir (Bucchini vd., 2019; Sroy vd. 2021). Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği'ne (TGK, 2017) göre ise 100 g'da veya 100 kcal bir gıdada EPA ve DHA miktarları toplamının en az 40 mg olması durumunda o gıda "omega-3 kaynağı", en az 80 mg olması durumunda da "yüksek omega-3 içerikli" olarak beyan edilebilmektedir.

Protein Kalite İndeksleri

Proteinlerin beslenmemizdeki önemi gıdadaki proteinin insan vücudundaki fonksiyonu için doğrudan vücut proteinine dönüşebilmesi ile ilişkilendirilmektedir. Vücudun kendi doku proteini sentezini yapabilmesi için diyetle yer alan gıdaların gerekli tüm amino asitleri yeterli miktarlarda içermesi gerekir. Bir gıdanın içerisinde bulundurduğu protein miktarından ziyade içerdiği proteinlerin kalitesi önemlidir. Herhangi bir gıda proteininin besleyicilik kalitesi; proteinin miktarı, zorunlu amino asitlerin sayısı, bileşimi, miktarı ve emilme oranlarıyla birlikte değerlendirilmektedir (Azi vd., 2019). Proteinlerin kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan indeksler, gıdadaki proteinin yapısında bulunan amino asitlerin vücutun amino asit gereksinimini karşılama oranına dayanmaktadır. Amino Asit Skoru (Amino Acid Scores, AAS), Sindirilirlikle

Düzeltilmiş Amino Asit Skoru (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score-PDCAAS) ve Zorunlu Amino Asit İndeksi (Essential Amino Acid Index, EAAI) en yaygın kullanılan indekslerdir (Azi vd., 2019; Yang vd. 2018; Benhammouche vd., 2021; Felix-Medina vd. 2021).

Amino Asit Skoru (AAS)

Amino Asit Skoru, proteindeki sınırlayıcı amino asit içeriğinin, aynı amino asidin WHO/FAO/UNU (2007) tarafından önerilen referans proteindeki içeriği ile karşılaştırılmasına dayalı bir skordur ve aşağıdaki formülle (6) hesaplanır.

$$\text{Amino Asit Skoru (AAS)} = \frac{1 \text{ g test proteindeki amino asit miktarı (mg)}}{1 \text{ g referans proteindeki amino asit miktarı (mg)}} \quad (6)$$

Gıda ile alınan protein yapısındaki amino asitlerin vücut protein sentezinde kullanılması zorunlu amino asitlerin sayısına ve miktarına bağlıdır. Sentez sırasında en az miktardaki amino asit sınırlayıcı amino asit olarak tanımlanmaktadır. Lisin, metiyonin, treonin ve triptofan genellikle gıdalarda bulunan sınırlayıcı amino asitlerdir (WHO/FAO/UNU, 2007).

Sindirilirlikle Düzeltilmiş Amino Asit Skoru (PDCAAS)

Sindirilirlikle düzeltilmiş amino asit skoru, amino asit skorunun (WHO/FAO/UNU, 2007) *in vitro* koşullarda saptanmış protein sindirilirliği yüzdesi (AOAC, 2000; Felix-Medina vd. 2021) ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır (7).

$$\text{PDCAAS} = \text{Protein sindirilirliği} \times \text{AAS} \quad (7)$$

Zorunlu Amino Asit Skoru (EAA Score)

Zorunlu Amino Asit Skoru, gıdadaki zorunlu amino asit miktarının Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından belirlenen zorunlu amino asit günlük referans alım miktarına bölünmesi ile hesaplanmaktadır (8) (FAO/WHO/UNU, 1985; Azi vd., 2019, Yang vd. 2018). FAO/WHO/UNU (1985) tarafından okul öncesi çağındaki çocuklar için önerilen amino asit puanlama modeli, bebekler hariç tüm

yaş grupları için diyet protein kalitesini değerlendirmek için kullanılmaktadır.

$$\text{Zorunlu Amino Asit Skoru (EAA)} = \frac{\text{Gıdadaki zorunlu amino asit miktarı, \%}}{\text{FAO'nun önerdiği zorunlu amino asit miktarı, \%}} \quad (8)$$

Zorunlu amino asit skoru, <0.70 (0.7) ise proteinin besleyicilik kalitesinin tam olmadığını, >0.90 (0.9) ise proteinin besleyicilik kalitesinin yüksek olduğunu göstermektedir (Azi vd., 2019).

Karbonhidrat Kalite İndeksleri

Karbonhidratlar (basit şekerler, nişasta ve diyet lifi) beslenmemizde temel enerji kaynağı olan makro besin öğeleridir. Günlük enerji gereksiniminin %55-65'inin karbonhidratlardan sağlanması beklenir. Karbonhidratlar, beslenme açısından sağlık üzerine gösterdikleri potansiyel etkiye dayalı olarak besleyicilik özelliklerine göre de sınıflandırılabilir (Ludwig vd., 2018; Reynolds vd., 2019; Lal vd., 2021). Enerji metabolizması için glukoz sağlayan monosakkaritler, disakkaritler ve nişasta, glisemik etki ile değerlendirilirken, nişastanın dirençli formu, nişasta olmayan polisakkaritler ve oligosakkaritler sindirilmeyen karbonhidratlar olarak sağlık üzerine farklı etkileri ile değerlendirilirler (Reynolds vd., 2019; Nanclares vd., 2020). Gıdaların içerdiği karbonhidratların miktarından ziyade sindirime bağlı olarak beslenmedeki etkileri obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar gibi çok sayıda kronik hastalık ve bazı kanserlerin oluşum riski ile ilişkilendirilmektedir (Ludwig vd., 2018; Reynolds vd., 2019). Gıdaları kan şekeri üzerindeki etkilerine göre sınıflandırmak için geliştirilen iki deneysel ölçüt olan Glisemik İndeks (GI) ve Glisemik Yük (GL) aynı zamanda başlıca karbonhidrat kalite indeksleridir.

Glisemik İndeks kavramı, ilk kez Jenkins vd. (1981) tarafından karbonhidratların sınıflandırılması amacıyla karbonhidratlara karşı vücudun glisemik yanıtını ölçmek için önerilmiştir. Bir gıdanın GI'sı, o gıda tüketildikten sonra kandaki glukoz seviyesinin ne kadar hızla yükseldiği ve insülin hormonu salgılanması ile hangi hızla normal seviyelere indiğine ilişkin bir değerlendirmedir (Ludwig vd., 2018). Glisemik İndeks hesaplamasında, belirli miktarda (25 g veya

50 g) sindirilebilir karbonhidrat içeren test gıda tüketildikten sonra bireylerin kan glüköz değerlerini saptamak için 0, 15, 30, 45, 60, 90, ve 120. dakikalarda kapiller kan ölçümü yapılır. Sonrasında kan glüköz değerlerine göre çizilen grafikteki kan glüköz alanı, aynı miktarda sindirilebilir karbonhidrat içeren referans gıda tüketildikten sonraki kan glüköz alanına oranlanarak yüzde olarak ifade edilir. Gıdanın GI değeri hesaplanırken referans gıda olarak glüköz veya beyaz ekme (GI=100) kullanılır. Test ve referans gıdaların GI değerleri, Dünya Sağlık Örgütü'nün standart yöntemi ile hesaplanmaktadır (Çiftçi ve Özel, 2017; Lal vd. 2021). Glisemik İndeksi 55 ve altı olanlar düşük GI'lı gıdalar, 56-69 arasındakiler orta GI'lı gıdalar, 70 ve üstü olanlar ise yüksek GI'lı gıdalar olarak sınıflandırılır.

Glisemik Yük (GL) ise GI'nın porsiyon bazında değerlendirilmesidir ve aşağıdaki formülle (9) hesaplanır. Gıdanın glisemik etkisinin daha gerçekçi bir şekilde karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır (Penlioglou vd., 2021).

$$\text{Glisemik Yük (GL)} = \frac{\text{GI} \times \text{Karbonhidrat miktarı (g)}}{100} \quad (9)$$

Glisemik İndeksin *in vivo* olarak değerlendirilemediği koşullarda *in vitro* olarak saptanan Tahmini Glisemik İndeks (Estimated Glycemic Index, eGI) kullanılmaktadır. Tahmini Glisemik İndeksin saptanması, gıdanın nişasta hidroliz hızının ölçülmesi prensibine dayanmaktadır (Goni vd., 1997). Buna göre öncelikle beyaz ekme ve test edilecek gıdanın Englyst ve diğerleri (1992) tarafından önerilen yöntemle göre enzimatik hidrolizi gerçekleştirilir ve 20, 60, 90, 120 ve 180. dakikalarda alınan örneklerdeki glüköz miktarı kullanılarak yapılan hesaplamaya göre nişasta hidroliz eğrileri (0-180 dakika) oluşturulur. Elde edilen hidroliz eğrileri ile t anındaki glüköz konsantrasyonu Goni vd. (1997) tarafından non-lineer olarak modellenen ve aşağıda verilen formülle hesaplanmaktadır (10).

$$C = C_{\infty} (1 - e^{-kt}) \quad (10)$$

C: t anındaki konsantrasyon; C_{∞} : denge anındaki konsantrasyon; k: kinetik sabit; t: seçilen süre

Hidroliz derecesini gösteren hidroliz eğrisi altındaki alan ise aşağıda verilen formülle (11) hesaplanmaktadır.

$$\text{Hidroliz Derecesi (HD)} = C_{\infty} (t_f - t_0) - \frac{C_{\infty}}{k} (1 - e^{-k(t_f - t_0)}) \quad (11)$$

C_{∞} : denge anındaki konsantrasyon (t_{180}); t_f : analiz bitiş süresi (180), t_0 : analiz başlangıç zamanı (0); k : kinetik sabit.

Hidroliz İndeksi (HI) ise, test örneğine ait Hidroliz Derecesinin standart referans gıda olarak kabul edilen beyaz ekmeğin Hidroliz Derecesine oranı olarak tanımlanmaktadır. *In vivo* olarak belirlenen GI'nın *in vitro* yöntemle tahminlenmesine dayalı olan "Tahmini Glisemik İndeks" (tGI) değeri ise aşağıdaki formülle (12) göre hesaplanmaktadır (Goni vd., 1997).

$$\text{tGI} = 39,71 + 0,549 (\text{HI}) \quad (12)$$

Glisemik İndeksin karbonhidratların kalitesinin değerlendirilmesinde bazı sınırlamaları olduğu öne sürülmektedir. Karbonhidratların kalitesinin belirlenmesinde GI ve GL başlıca indeksler olmakla birlikte, epidemiyolojik çalışmalar ile obezite ve metabolik hastalıklarla yakından ilişkilendirilen tam tahıl ve diyet lifi alımının da dahil olduğu modellerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır (Zazpe vd. 2016; Kim vd., 2018; Nanclares, 2021). Örneğin kepekli tahıllar ve nişastalı sebzeler gibi birçok yüksek GI'li gıdanın sağlık üzerine olumlu etkileri bulunurken, şekerli içecekler ve fruktoz gibi düşük GI'li gıdaların sağlık üzerine olumsuz etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Nanclares, 2021). Özellikle, gıdaların tam tahıl içeriğinin, beslenme ve sağlık iddialarının temelini oluşturan besin ögesi profili (NP) modelleriyle daha iyi değerlendirilebileceği bildirilmiştir (Drewnowski vd., 2021). Diyet lifinin ise glisemik kontrolü düzenleyerek sağlık üzerine çeşitli yararlar sağladığı bilinmektedir (Kim vd., 2018; Nanclares, 2021). Ancak tam tane tahıl ürünleri ve düşük GI'li gıdalar, farklı hastalık risk faktörleri üzerine faydalı etkilere sahip olmaları nedeniyle gerçekte sinerjistik etki gösterirler. Yüksek lif içeren gıdaların sağlık üzerine olumlu etkisi lifin glisemik tepkileri azaltan etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu açıdan gıdaların

karbonhidrat açısından besleyicilik özellikleri değerlendirilirken, gıdanın tam tane tahıl formunda içerdiği diyet lifi, GI ve GL değerleri ile birlikte değerlendirilmelidir.

Gıdanın Genel Besleyicilik Kalite İndeksleri

Gıdaların içerdiği bir veya birkaç besin ögesine göre değerlendirilmesi kısa bir sürede Avrupa Birliği'nde beslenme ve sağlık iddialarına ait yasal düzenlemeler ile daha geniş uygulama alanı bulmuştur (Drewnowski ve Fulgoni, 2008; Santos vd., 2021). Avrupa Birliği'nin 1924/2006 sayılı EC tebliğine göre, besin ögesi profilleri, sağlıklı beslenmeye katkılarına göre gıdaların sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Tüketicilerin, sağlıklı seçimler yapmak üzere karar almalarında ambalaj üzerinde yazılmasına izin verilen beslenme ve sağlık iddiaları giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu iddialara sahip olan gıdaların, besleyicilik kalitesinin değerlendirilmesinde Avrupa Birliği (The European Parliament and the Council of the European Union-EC, 2006) bazı düzenleyici kararlar almıştır. Gıdaların besleyicilik kalitesini nicel olarak değerlendirmek için kullanılan yöntemlerin genel ismi Besin Ögesi Profili (Nutrient Profiling, NP) olarak tanımlanmıştır (Drewnowski vd., 2019). Gıdaların besin ögesi içeriklerinin referans miktarlarına oranlanarak sıralanması ve/veya sınıflandırılması bilimi olarak tanımlanan NP çeşitli uygulamalarla gıdaları kategorilere ayıran veya gıdalara puanlar veren birçok yöntemi kapsamaktadır (WHO, 2010, Drewnowski vd., 2019; Santos vd., 2021). Besin ögesi profili (NP) oluşturma modelleri, gıdaların besin ögesi yoğunluğu hakkında bilgi verirken daha sağlıklı gıda seçeneklerine ulaşılmasını sağlamaktadır (Drewnowski vd., 2021). Gıda endüstrisi tarafından ürün geliştirme ve yeniden formülasyon için bilimsel bir temel sağlayan, halihazırda kullanılan birçok NP modeli, temel besin öğeleri (protein, lif, vitaminler ve mineraller) açısından zengin gıdalar ile yüksek miktarda doymuş yağ, ilave şeker ve sodyum içeren gıdaları ayırt etmeyi amaçlamaktadır (Bullock vd. 2021; Sroy vd., 2021). Besin ögesi profilinde; bazı modeller gıda gruplarını dikkate alırken, çoğu besin ögesi temelinde dayanmaktadır (WHO, 2010; Drewnowski vd., 2019). Literatürde çok sayıda

NP modeli bulunmakla birlikte bazıları daha aktif olarak kullanılmakta, bazıları geliştirilerek güncellenmektedir (Drewnowski vd., 2021). Günümüzde çalışmalarda sıklıkla kullanılan NP modelleri aşağıda daha detaylı incelenmiştir.

Besin Ögesi Yoğunluk Skoru (Nutrient Density Score-NDS)

Besin ögesi profilini belirlemek amacıyla kullanılan sağlık üzerinde yararlı etkileri olduğu bilinen (pozitif besin ögesi) 23 besin ögesine dayalı Besin Ögesi Yoğunluk Skoru (NDS), enerji gereksinimine (8 MJ veya 1913 kcal) dayalı olarak tüketilen gıda grubundaki her besin ögesinin referans alım miktarlarına oranlanarak elde edilen yüzdelere ortalaması olarak hesaplanmaktadır (13) (Darmon vd., 2005; Maillot vd., 2007).

$$NDS = \left[\left(\sum_{p=1}^{P=23} \left(\frac{\text{Besin Ögesi}_{ikp}}{RA_p} \right) / 23 \right) \times 100 \right] \times 8 / EI_{ik} \quad (13)$$

Besin Ögesi, ikp = kişiye (i) gıdadan (veya gıda gruplarından) (k) sağlanan besin ögesinin (p) günlük miktarı (g, mg veya µg)

RA, p = Besin ögesinin (p) referans alım miktarı
EI, ik = Gıda grubunun (k) kişiye (i) sağladığı enerji miktarı (MJ)

NDS değerinin 100 olması, herhangi bir gıda grubu veya alt gruplarından 8 MJ (1913 kcal) enerji sağlayacak miktarlar tüketildiğinde 23 besin ögesi için Referans Alım değerinin %100'ünün karşılandığı anlamına gelmektedir. Günlük referans alım miktarları erkek ve kadınlara göre farklılık göstermektedir.

Gıdaların Besleyici Yeterlilik Skorları (Score of Nutritional Adequacy of Individual Foods, SAIN- Disqualifying Nutrients to Limit-Nutrient to be Limited, LIM)

Besin Ögesi Yoğunluk Skoru ile 23'e kadar farklı besin ögesi değerlendirilebilirken daha sonra geliştirilen ve SAIN olarak adlandırılan Besleyici Yeterlilik Skoru (SAIN), daha sınırlı sayıda besin ögesini dikkate almaktadır (Thabet vd., 2021; Sroy vd., 2021). Beslenme açısından yararlı besin öğelerine (pozitif besin öğeleri) dayalı SAIN ve sınırlandırılması gereken besin öğelerine (negatif besin öğeleri) dayalı LIM skorunun (Darmon, 2005; Maillot, 2007; Fulgoni vd., 2009; Tharrey

vd., 2017) birlikte kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Fransız Gıda Standart Ajansı (French Food Standard Agency, AFFSA) tarafından önerilen bu değerlendirmede gıdalar besin öğeleri profiline göre 4 grupta sınıflandırılmıştır (Çizelge 1) (Sroy vd., 2021).

SAIN skorunda; proteinler, lif, C vitamini, kalsiyum ve demir olmak üzere 5 besin ögesi dikkate alınmakta ve referans alım (RA) miktarını karşılama yüzdelere aritmetik ortalamasının enerji değerine oranlanması ile hesaplanmaktadır (14).

$$SAIN = \frac{\frac{C \text{ vit.}}{RA C \text{ vit.}} + \frac{Demir}{RA Demir} + \frac{Kalsiyum}{RA Kalsiyum} + \frac{Protein}{RA Protein} + \frac{Lif}{RA Lif}}{5} \times 100 \quad (14)$$

RA = Referans alım değeri

Enerji = 100 g gıdanın enerji değeri (kcal)

Nispeten az sayıda besin ögesi içermesine rağmen, SAIN skorunun gıdalardaki önemli sayıda besin ögesi ile yüksek korelasyon gösteren bir indeks olduğu saptanmıştır. Beş besin ögesine ek olarak, gıdaların yağ içeriklerine göre farklılık gösterecek şekilde besin öğeleri de isteğe bağlı kullanılabilir. Örneğin enerjinin %97' si lipitlerden sağlanan gıdalarda D vitamini, E vitamini, α-linolenik asit ve tekli doymamış yağ asitleri olmak üzere 4 besin ögesi daha skor hesaplamalarına eklenebilmektedir. (Kone vd., 2016; Sroy vd., 2021).

LIM skoru ise, alımlarının sınırlandırılması gereken 3 besin ögesinin (sodyum, ilave şeker ve doymuş yağ asitleri) tavsiye edilen maksimum günlük alım değerlerine göre hesaplanmaktadır (15).

$$LIM = \frac{\frac{Sodyum}{MRA Sodyum} + \frac{SFA}{MRA SFA} + \frac{İlave Şeker}{MRA İlave Şeker}}{3} \times 100 \quad (15)$$

MRA = Maksimum referans alım değeri

LIM skorunun hesaplanmasında yer alan besin öğelerinin sayısı, gıda çeşidine ve sınırlandırılması gereken diğer besin öğelerine göre uyarlanabilmektedir. Örneğin alkolsüz içecekler için LIM, 2,5 ile çarpılmaktadır (Sroy vd., 2021).

Çizelge 1. Besleyicilik yeterliliği grup sınıflandırması

Gruplar	Skor	Sınıflandırma	Gıdalar
Grup 1	SAIN > 5- LIM < 7.5	Tüketilmesi önerilen gıdalar	Meyve ve sebzeler, yumurta, süt (sade süt, az yağlı, az şekerli süt ürünleri), balık, kabuklu deniz hayvanlarının %70'i, rafine edilmemiş karbonhidrat ve tahıllar (patates, baklagil ve tam tahıl ekmeği vb.).
Grup 2	SAIN < 5- LIM < 7.5	Nötr gıdalar	Bazı rafine edilmiş tahıl ürünleri ve beyaz ekmekek, makul miktarlarda SFA içeren tahıl bazlı ürünler, şeker ve tuz içeren gıdalar, bazı işlenmiş meyvelerle birlikte kuru meyveler ve kuruyemişler, meyve suyu, şuruplu konserve meyveler, kuru üzüm ve badem.
Grup 3	SAIN > 5- LIM > 7.5	Az miktarlarda tüketilecek gıdalar	Çoğu peynir, bazı şarküteri et ürünleri (jambon), tuzlanmış/ tütsülenmiş yağlı balıklar ve orta yağlı etler ve çoğu bitkisel yağlar.
Grup 4	SAIN < 5 – LIM > 7.5	Kaçınılması veya sınırlandırılması gereken gıdalar	Tatlılar ve tuzlu atıştırmalıklar, hayvansal yağlar, alkolsüz içecekler, bazı peynirler, şarküteri et ürünleri, yağlı etlerin ve yüksek miktarda yağ veya ilave şeker içeren süt ürünlerinin büyük çoğunluğu, zeytin, yer fıstığı yağı ve çoğu kuruyemiş.

Besin Ögesince Zengin Gıda İndeksi (Nutrient Rich Food Index-NRF)

Besin Ögesince Zengin Gıda İndeksi, beslenme açısından yararlı besin öğelerinin artırılmasını (pozitif besin öğeleri) ve 3 besin ögesinin (doymuş yağlar, şekerler ve sodyum) sınırlandırılmasını teşvik etmek için oluşturulmuş bir NP modelidir. Değerlendirilen pozitif besin ögesi sayısına göre 6 (NRF 6.3) ile 15 (NRF 15.3) arasında değişen çeşitli puanlama sistemleri oluşturulmuştur (Çizelge 2) (Visser vd., 2021).

NRF modelleri için hesaplamalar, referans alım değerlerine oranlanan pozitif besin öğeleri toplanarak ve maksimum referans alım değerine oranlanan negatif besin öğeleri çıkarılarak yapılmaktadır (Fulgoni vd., 2009). Örneğin; NRF

9.3 modeli, 100 kcal başına Çizelge 2'de verilen 9 pozitif besin ögesi ve 3 negatif besin ögesinin referans alım değerlerine dayalıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (16).

$$\text{NRF 9.3} = (\text{protein g} / 50 \text{ g} + \text{diyet lifi g} / 25 \text{ g} + \text{vitamin A IU} / 5000 \text{ IU} + \text{vitamin C mg} / 60 \text{ mg} + \text{E vitamini IU} / 30 \text{ IU} + \text{kalsiyum mg} / 1000 \text{ mg} + \text{demir mg} / 18 \text{ mg} + \text{magnezyum mg} / 400 \text{ mg} + \text{potasyum mg} / 3500 \text{ mg} - \text{doymuş yağ g} / 20 \text{ g} - \text{ilave şeker g} / 50 \text{ g} - \text{sodyum mg} / 2400 \text{ mg}) \times 100 \quad (16)$$

NRF indeksi, tek tek gıdalara veya diyetin tamamına uygulanabilir. Bu yöntemin beslenme bilimi ile birlikte güncellenmeye uygun olduğu bildirilmiştir (Drewnowski vd., 2019).

Çizelge 2. Çeşitli NRF değerlendirme modelleri

NRF Modeli	Makro Besin Öğeleri	Vitaminler	Mineraller	Sınırlanması gereken besin öğeleri
NRF 6.3	Protein, diyet lifi	A, C	Ca, Fe	Doymuş yağ, ilave şeker, sodyum
NRF 9.3	Protein, diyet lifi	A, C, E	Ca, Fe, Mg, K	Doymuş yağ, ilave şeker, sodyum
NRF 11.3	Protein, diyet lifi	A, C, E, B ₁₂	Ca, Fe, Mg, Zn, K	Doymuş yağ, ilave şeker, sodyum
NRF 15.3	Protein, diyet lifi, tekli doymamış yağ asitleri	A, C, D, E, B ₁ , B ₂ , B ₁₂ , folat	Ca, Fe, Zn, K	Doymuş yağ, ilave şeker, sodyum

SONUÇ

Gıdaların besleyicilik özelliğinin değerlendirilmesinde, gıdalarda bulunan yağ asitleri, protein, karbonhidrat gibi makro besin öğelerinin içeriğini veya beslenme rehberlerinde artırılması öngörülen lif, vitamin, mineral vb. veya sınırlandırılması gereken doymuş yağ, şeker ve sodyum gibi besin öğelerinin içeriğini ya da bunların kombinasyonlarını dikkate alan sınıflandırmalar kullanılmaktadır. Ancak, gelecekte, tüm bu değerlendirme yöntemlerinde besin öğelerinin miktarına dayalı yaklaşımın, aynı zamanda bu besin öğelerinin sindirim sistemindeki biyoerişebilirliği/biyoyararlılığı gibi özellikleri ile birlikte değerlendirilmesi ve bu sınıflandırmaları dikkate alan modelleme sistemlerinin araştırıldığı çalışmalara önem verilmesi gerekmektedir. Ayrıca genel besleyicilik kalitesi yüksek olan bir gıdanın antinutrisyonel faktörleri ya da toksik bileşikleri de beraberinde içerebileceği durumda bu faktörlerin de göz önüne alınması ile her gıdanın kendi bileşimine uygun bir değerlendirme yapılması da önemlidir. Böylece bir gıdanın beslenme ve sağlık üzerine olumlu etkilerinin yanı sıra olumsuz etkilerinin de kanıtlara dayalı ve ölçülebilir olarak ifade edilmesi daha bütünsel bir yaklaşımla mümkün olacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar makalenin yapılmasında, yazılmasında ve yayınlanmasında eşit katkı

sağlamışlardır. Makalenin hazırlanmasında başka kişi ve/veya kurumların katkısı yoktur.

KAYNAKLAR

Araujo, P., Truzzi, C., Belghit, I., Antonucci, M. (2021). The impact of seawater warming on fatty acid composition and nutritional quality indices of *Trematomus bernacchii* from the Antarctic region. *Food Chem*, 365: 130500.

Azi, F., Njokua, H. A., David, E.I., Odo, M.O., Nwobasi, V.N., Tu, C., Dong, M. (2019). Effect of processing aid on the chemical composition and metagenomics of T fermented African oil bean seed (*Pentaclethra macrophylla*, Benth). *LWT - Food Sci Techno*, 111: 429–435.

Benhammouche T., Melo, A., Martins, Z., Miguel A. Faria, M.A., Pinho, S.C.M., Ferreira, I. M.L.P.V.O., Zaidi, F. (2021). Nutritional quality of protein concentrates from *Moringa Oleifera* leaves and in vitro digestibility. *Food Chem*, 348: 128858.

Bianchi M., Strid, A., Winkvist, A., Lindroos, A.K., Sonesson, U., Hallström, E. (2020). Systematic Evaluation of Nutrition Indicators for Use within Food LCA Studies. *Sustainability*, 12: 8992.

Bucchini, L. (2019). Nutrition and health claims in Europe: oils & fats related claims, regulatory and labeling challenges. *OCL*, 26: 48.

Bullock, S.L., Miller, H.M., Ammerman, A.S., Viera, A.J. (2021). Comparisons of Four Diet Quality Indexes to Define Single Meal Healthfulness. *J Acad Nutr Diet*, 1-10.

- Çiftçi, S., Özel Gökmen, H. (2017). Besinlerin Glisemik İndeks Değerinin Hesaplanmasında Kullanılan Beş Farklı Yöntemin Değerlendirilmesi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 45(3): 225-233.
- Chen J.; Liu H. (2020). Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. *Int J Mol Sci*, 21:16, 5695.
- Darmon, N., Darmon, M., Maillot, M., Drewnowski, A. (2005). A nutrient density standard for vegetables and fruits: nutrients per calorie and nutrients per unit cost. *J Am Diet Assoc*, 105: 1881-7.
- Drewnowski, A., Dwyer, J., King, J.C., Weaver, C.M. (2019). A proposed nutrient density score that includes food groups and nutrients to better align with dietary guidance. *Nutr Rev*, 77(6): 404-416.
- Drewnowski, A., Fulgoni, V. (2008). Nutrient profiling of foods: creating a nutrient-rich food index. *Nutr Rev*, 66: 23-9.
- Drewnowski, A., McKeown, N., Kissock, K., Beck, E., Mejborn, H., Vieux, F., Smith, J., Masset, G., Seal, C.J. (2021). Perspective: Why Whole Grains Should Be Incorporated into Nutrient-Profile Models to Better Capture Nutrient Density. *Adv Nutr*, 00: 1-9.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M., Cummings, J.H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nutr*, 46(29): 33-50.
- FAO/WHO/UNU (1985). Energy and protein requirement. WHO Technical Report Series 724 Geneva: WHO.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO (2018). The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome, FAO.
- Félix-Medina, J.V., Gutiérrez-Dorado, R., López-Valenzuela, J.A., López-Ángulo, G., Quintero-Soto, M.F., Perales-Sánchez, J.X.K., Montes-Ávila, J. (2021) Nutritional, antioxidant and phytochemical characterization of healthy ready-to-eat expanded snack produced from maize/common bean mixture by extrusion. *LWT- Food Sci Techno*, 142: 111053.
- Fulgoni V. L. III, Drewnowski, A., Keast, D. R. (2009). Development and Validation of the Nutrient-Rich Foods Index: A Tool to Measure Nutritional Quality of Foods. *J Nutr*, 139 (8): 1549-1554.
- FDA (2016). Guidance for Industry: Use of the Term "Healthy" in the Labeling of Human Food Products. Office of Nutrition and Food Labeling Nutrition Program Staff, HFS-830 Center for Food Safety and Applied Nutrition Food and Drug Administration.
- Goni, I., Garcia-Alonso, A., Saura-Calixto, F. A. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr Res*, 17: 427-437.
- González-García, S., Esteve-Llorens, X., Moreira, M.T., Feijbo, G. (2018). Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Sci. Total Environ*, 644: 77-94.
- Hallström, E., Davis, J., Woodhouse, A., Sonesson, U. (2018). Using dietary quality scores to assess sustainability of food products and human diets: A systematic review. *Ecol Indic*, 93: 219-230.
- Hosseini, H., Mahmoudzadeh, M., Rezaei, M., Mahmoudzadeh, L., Khaksar, R., Khosroshahi; N.D., Babakhani, A. (2014). Effect of different cooking methods minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum roach (*Rutilus frisii kutum*). *Food Chem*, 148: 86-91.
- Jenkins, D.J., Wolever, T. M., Taylor, R. H. (1981). Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr*, 34: 362- 366.
- Kim, D.-Y., Kim, S.H., Lim, H. (2018). Association between dietary carbohydrate quality and the prevalence of obesity and hypertension. *J Hum Nutr Diet*, 31: 587-596.
- Kone, M.B., Traore, S., Brou, K. (2016). Use of SAIN and LIM System for Determination of Nutritional Profile of Foods Consumed by Under-five Children in the District of Abidjan, Ivory Coast. *J.B.A.H.S.*, 5(1): 1-6.

- Lal, M.K., Singh, B., Sharma, S., Singh, M.P., Kumar, A. (2021). Glycemic index of starchy crops and factors affecting its digestibility: A review. *Trends Food Sci Tech*, 111: 741-755.
- Ludwig, D.S., Hu, F.B., Tappy, L., Brand-Miller, J. (2018). Dietary carbohydrates: role of quality and quantity in chronic disease. Science and politics of nutrition. *BMJ*, 361: 2340.
- Magalhães, R., Guerreiro, I., Coutinho, F., Moutinho, S., Sousa, S., Delerue-Matos, C., Domingues, V.F., Olsen, R.E., Peres, H., Oliveira-Teles, A. (2020). Effect of dietary ARA/EPA/DHA ratios on growth performance and intermediary metabolism of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*, 516: 734644.
- Maillot, M., Darmon, N., Darmon, M., Lafay, L., Drewnowski, A. (2007). Nutrient-dense food groups have high energy costs: an econometric approach to nutrient profiling. *J Nutr*, 137: 1815–1820.
- Nanclares, A.R., Gea, A., Martínez-Gonzalez, M.A., Zazpe, I., Gardeazabal, I., Fernandez-Lazaro, C.I., Toledo, E. (2021). Carbohydrate quality index and breast cancer risk in a Mediterranean cohort: The SUN Project. *Clin Nutr*, 40: 137-145.
- Nemecek, T.T., Jungbluth, N.N., I Canals, L.M.M., Schenck, R. (2016). Environmental impacts of food consumption and nutrition: Where are we and what is next? *Int J Life Cycle Assess*, 21: 607–620.
- Norambuena, F., Rombenso, A., Turchini, G.M. (2016). Towards the optimization of performance of Atlantic salmon reared at different water temperatures via the manipulation of dietary ARA/EPA ratio. *Aquaculture*, 450: 48–57.
- Official Methods of Analysis (2000) AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Penlioglou, T., Lambadiari, V., Papanas, N. (2021). The contribution of dietary glycemic index and glycemic load to the development of microvascular complications of diabetes. *Nutrition*, 89: 111234.
- Petenuci, M.E., Rocha, Ido N.A., de Sousa, S.C., Schneider, V.V.A., da Costa, L.A.M.A., Visentainer, J.V. (2016). Seasonal variations in lipid content, fatty acid composition and nutritional profiles of five freshwater fish from the Amazon Basin. *J Am Oil Chem Soc*, 93: 1373–1381.
- Pretorius, B., Schönfeldt, H.C. (2021). Cholesterol, fatty acids profile and the indices of atherogenicity and thrombogenicity of raw lamb and mutton offal. *Food Chem*, 345, 128868.
- Reynolds, A., Mann, J., Cummings, J., Winter, N., Mete, E., Morenga, L. T. (2019). Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet*, 393: 434–45.
- Saini, R.K., Keum, Y.S. (2018). Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance — A review. *Life Sci*, 203: 255-267.
- Santos, M., Rito, A.I., Matias, F. N., Assunção, R., Castanheira, I., Loureiro, I. (2021). Nutrient profile models a useful tool to facilitate healthier food choices: A comprehensive review. *Trends Food Sci Tech*, 110: 120-131.
- Sonesson, U., Davis, J., Hallström, E., Woodhouse, A. (2019). Dietary-dependent nutrient quality indexes as complementary functional unit in LCA: A feasible option? *J Clean Prod*, 211: 620–627.
- Sroy, S., Arnauda, E., Serventa, A., Inb, S., Avallone, S. (2021). Nutritional benefits and heavy metal contents of freshwater fish species from Tonle Sap Lake with SAIN and LIM nutritional score. *J Food Compos Anal*, 96.
- The European Parliament and the Council of the European Union. Regulation (EC) no 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. *Off J Eur Union*, L404:9–25.
- Thabet, M., Fouchali, T., El Ati, J. (2021). Assessing the SAIN, LIM nutrient profile of foods sold by fast food restaurants in Tunisia: Exploring ways for improvement. *Nutr Clin Metab*, 35, 2: 116-122,

- Tharrey, M., Houeto, A., Dubois, C., Vieux, F., Maillot, M., Darmon, N. (2017). Comparaison de la classification de recettes par trois systèmes de profilage nutritionnel: SAIN, LIM, SENS et 5-C. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52, 5: 269-277.
- Türk Gıda Kodeksi (TGK), Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği (2017). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 26 Ocak 2017 tarih ve 29960 sayılı *Resmî Gazete*, Ankara.
- Ulbright, T.L.V., Southgate, D.A.T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, 338: 985–992.
- Visser, M., Van Zyl, T., Hanekom, S.M., Baumgartner, J., Van der Hoeven, M., Taljaard-Krugell, C., Smuts, C.M., Faber, M. (2021). Nutrient density, but not cost of diet, is associated with anemia and iron deficiency in school-age children in South Africa. *Nutrition*, 84: 111096.
- WHO (2010). Nutrient profiling: report of a technical meeting. London, United Kingdom, 4-6 October 2010, ISBN: 978 92 4 150220 7
- WHO/FAO/UNU (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition: Report of a joint World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations/United Nations University expert consultation. WHO Technical Report Series, vol. 935. World Health Organization, Geneva.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., De Clerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S., Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*, 393(10170): 447-492.
- Wereńska, M., Haraf, G., Wołoszyn, J., Goluch, Z., Okruszek A., Teleszko, M. (2021). Fatty acid profile and health lipid indices of goose meat in relation to various types of heat treatment. *Poult Sci J*, 100: 8, 2-12.
- Wołoszyn, J., Haraf, G., Okruszek, A., Wereńska, M., Goluch, Z., Teleszko, M. (2020). Fatty acid profiles and health lipid indices in the breast muscles of local Polish goose varieties. *Poult Sci J*, 99, 2: 1216-1224.
- Yang, F., Xingjian, H., Zhang, C., Zhang, M., Mei, Huang, C., Yang, H. (2018). Amino acid composition and nutritional value evaluation of Chinese chestnut (*Castanea mollissima* Blume) and its protein subunit. *RSC Adv*, 8(5): 2653–2659.
- Zazpe, I., Santiago, S., Gea, A., Ruiz-Canela, M., Carlos, S., Bes-Rastrollo, M. (2016). Association between a dietary carbohydrate index and cardiovascular disease in the SUN (Seguimiento Universidad de Navarra) Project. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 26: 1048-1056.
- Zhang, X., Ning, X., He, X., Sun, X., Yu, X., Cheng, Y., Yu, R.-Q., Wu, Y. (2020). Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary China. *PLoS One*, 15: 1–16.