

BESLENME BİLİMİ, METABOLİZMA
VE SAĞLIK İÇİN BİYOKİMYASAL YAKLAŞIM

SAĞLIKLI BESLENME

Makrobesinler • Vitaminler • Metabolik Süreçler
ve İnsan Sağlığı



DOC.DR. TEKİN SANCAR



KARBONHİDRATLAR



LİPİTLER



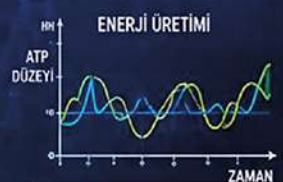
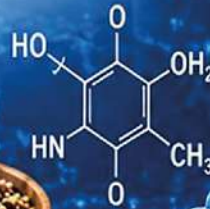
PROTEİNLER



VİTAMİNLER



ENERJİ
METABOLİZMASI



BIYOKİMYASAL
TEMELLER



METABOLİK
SÜREÇLER



DENGE VE
HOMEOSTAZ



SAĞLIK VE
HASTALIK İLİŞKİSİ

ÖZGÜR
YAYINLARI

Sağlıklı Beslenme

Doç. Dr. Tekin Sancar



Published by
Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.
Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep
☎ +90.850 260 09 97
📞 +90.532 289 82 15
🌐 www.ozgurayinlari.com
✉ info@ozgurayinlari.com

Sağlıklı Beslenme

Doç. Dr. Tekin Sancar

Language: Turkish
Publication Date: 2026
Cover design by Mehmet Çakır
Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0
Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (Paperback): 978-625-8998-95-5

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1329>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Sancar, T. (2026). *Sağlıklı Beslenme*. Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1329>.
License: CC-BY-NC 4.01

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgurayinlari.com/>



İçindekiler

1. Beslenme Biliminde Makrobesinler: Karbonhidrat, Lipit ve Protein	1
1.1. Karbonhidratlar	2
1.1.1. Monosakkaritler:	3
1.1.2. Disakkaritler:	4
1.1.3. Polisakkaritler:	4
1.2. Lipitler (Yağlar)	6
1.3. Proteinler	7
1.4. Makrobesinlerin Dengeli Tüketimi	8
2. Vitaminler	10
2.1. Vitamin Çeşitleri	11
2.1.1. Yağda Çözünen Vitaminler	11
2.1.2. Suda Çözünen Vitaminler	13
2.2. Vitaminde Neler Bulunur	15
2.2.1. Bitkisel Kaynaklarda Vitaminler	16
2.2.2. Hayvansal Kaynaklarda Vitaminler	17
2.3. Vitamin Eksikliğinde Kişide Görülen Belrtiler	18
2.3.1. Yağda Çözünen Vitamin Eksiklikleri ve Klinik Bulgular	18
2.3.2. Suda Çözünen Vitamin Eksiklikleri ve Klinik Bulgular	19
2.4. Vitamin Eksikliğinde Görülen Hastalıklar Nelerdir	20
2.4.1. Yağda Çözünen Vitamin Eksikliklerine Bağlı Hastalıklar	21
2.4.2. Suda Çözünen Vitamin Eksikliklerine Bağlı Hastalıklar	22
2.5. Vitamin Yararları	23
2.6. Fazla Vitamin Alınca Sakıncaları Nelerdir	25

3. İnsan Beslenmesinin Biyokimyasal Temelleri	28
3.1. Sindirim ve Emilimin Biyokimyasal Boyutu	28
3.2. Enerji Metabolizması ve ATP Üretimi	29
3.3. Enzimler ve Metabolik Düzenleme	31
3.4. Beslenme ve Hücreyel Yapı	32
3.5. Metabolik Denge ve Homeostaz	32
4. Makrobesin Metabolizması ve Sağlık İlişkisi	34
5. Besin Öğelerinin Yapısı, İşlevi ve Metabolik Etkileri	38
5.1. Karbonhidratların Yapısı ve Metabolik İşlevleri	39
5.2. Lipitlerin Yapısı ve Fizyolojik Rolü	40
5.3. Proteinlerin Yapısı ve Biyolojik İşlevleri	41
5.4. Makrobesinler ve Metabolik Denge	41
6. Karbonhidratlardan Proteinlere: Beslenmenin Moleküler Temeli	43
7. Beslenme Fizyolojisi ve Metabolik Süreçler	47
8. Temel Beslenme Biyokimyası ve Klinik Yansımalar	50
9. Enerji Metabolizması ve Makrobesin Dengesi	54
10. Beslenme, Metabolizma ve Hastalık İlişkisi	57
11. Makrobesinler ve İnsan Sağlığı: Kuramsal ve Uygulamalı Yaklaşım	61
12. Metabolik Enerji Sistemleri ve Besin Bileşimi Analizi	64
13. İnsan Enerji Metabolizması ve Besin Teknolojisine Giriş	67
14. Enerji Fizyolojisi ve Fonksiyonel Beslenme Yaklaşımları	70
15. Biyokimyasal Temelde Enerji Dönüşümü ve Besin Değeri	73
16. Enerji Dengesi, Metabolik Regülasyon ve Besin Bilimi	76
17. Beslenme Fizyolojisi ve Enerji Ekonomisi	79
18. Metabolik Adaptasyonlar ve Besin Öğeleri Etkileşimi	83
19. Enerji Metabolizması: Ölçüm, Hesaplama ve Klinik Yansımalar	87
20. Besin Kompozisyonu, Enerji Yoğunluğu ve Sağlık İlişkisi	91
20.1. Makrobesinler ve Enerji Yoğunluğu	93
20.2. Mikrobesinler ve Fonksiyonel Bileşenler	94
20.3. Enerji Yoğunluğu ve Metabolik Yanıt	95
20.4. Klinik ve Halk Sağlığı Perspektifi	96
20.5. Metabolik Adaptasyon ve Bireysel Farklılıklar	97
20.6. Modern Yaklaşımlar ve Fonksiyonel Beslenme	98

21. İnsan Metabolizmasında Enerji Akışı ve Besin Kaynakları	99
21.1. Enerji Metabolizmasının Temel Kaynakları	101
21.1.1. Karbonhidratlar:	101
21.1.2. Lipitler:	102
21.1.3. Proteinler:	103
21.2. Enerji Akışının Metabolik Yolları	103
21.2.1. Glikoliz:	104
21.2.2. Sitrik Asit Döngüsü (Krebs Döngüsü):	104
21.2.3. Oksidatif Fosforilasyon:	105
21.2.4. Glukoneogenez ve Amino Asit Katabolizması:	106
21.3. Enerji Akışında Düzenleyici Mekanizmalar	107
21.3.1. İnsülin:	108
21.3.2. Glukagon:	108
21.3.3. Adrenalin ve Kortizol:	109
21.3.4. Tiroid Hormonları:	110
21.4. Besin Kaynakları ve Enerji Dengesi	110
21.4.1. Dengeli enerji alımı:	111
21.4.2. Enerji fazlası:	112
21.4.3. Enerji eksikliği:	112
21.5. Klinik Yansımalar	113
21.5.1. Obezite ve metabolik sendrom	114
21.5.2. Kronik hastalıklar:	114
21.5.3. Yoğun bakım ve cerrahi sonrası:	115
21.6. Modern Yaklaşımlar ve Araştırmalar	116
22. Kaynakça	119

1. Beslenme Biliminde Makrobesinler: Karbonhidrat, Lipit ve Protein

Beslenme bilimi, insan vücudunun yaşamını sürdürülebilmesi, büyümesi, gelişmesi ve metabolik faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi için gerekli olan besin öğelerini inceleyen disiplinler arası bir alandır. Bu çerçevede besin öğeleri genel olarak **makrobesinler (macronutrients)** ve **mikrobesinler (micronutrients)** şeklinde sınıflandırılır¹. Makrobesinler, vücudun enerji üretimi ve yapısal gereksinimleri açısından yüksek miktarlarda ihtiyaç duyduğu besin öğelerini ifade eder. Karbonhidratlar, lipitler (yağlar) ve proteinler makrobesinler grubunu oluşturur. Bu üç temel besin grubu, metabolik süreçlerin yürütülmesinde farklı fakat birbirini tamamlayan işlevlere sahiptir².



kaynak³

¹ Gizem Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (EĞİTİM YAYINEVİ, 2021).

² Kübra Derya İpek ve Hande Ögün Yılmaz, "Diyetin ve karbonhidrat içeriğinin mikrobiyotaya etkisi", *Institute of Health Sciences Journal* 3, sy 2 (2018): 29-39.

³ "Google NotebookLM | Note Taking & Research Assistant Powered by AI", erişim 04 Nisan 2026, <https://notebooklm.google.com/>.

1.1. Karbonhidratlar

Karbonhidratlar, organizmanın enerji üretiminde birincil rol oynayan temel organik bileşiklerdir ve kimyasal yapıları karbon, hidrojen ve oksijen atomlarının belirli oranlarda birleşmesinden oluşur. Bu moleküller, hızlı enerji gereksiniminin karşılanmasında merkezi bir işlev üstlenirken,⁴ aynı zamanda metabolik esnekliği artırarak organizmanın farklı fizyolojik koşullara uyum sağlamasına yardımcı olur. İnsan metabolizmasında karbonhidratların en önemli işlevlerinden biri, hücrelerin enerji ihtiyacını karşılamak üzere glikoz üretimidir.⁵ Glikoz, özellikle beyin ve merkezi sinir sistemi için vazgeçilmez bir enerji kaynağıdır; bu dokular, enerji üretimi için glikoz dışındaki substratları sınırlı ölçüde kullanabilir ve dolayısıyla glikozun sürekli temini hayati öneme sahiptir.⁶

Karbonhidratlar, yapılarına göre monosakkaritler, disakkaritler ve polisakkaritler olarak sınıflandırılır ve her bir form, metabolik süreçlerde farklı roller üstlenir. Monosakkaritler (glikoz, fruktoz, galaktoz) hızlı bir şekilde kana karışarak kısa süreli enerji sağlar ve hücresel ATP üretimine doğrudan katkıda bulunur.⁷ Disakkaritler (sükroz, laktoz, maltoz) sindirim enzimleri aracılığıyla monosakkaritlere parçalanır ve böylece enerji kaynağı olarak kullanılabilir hale gelir. Polisakkaritler (nişasta, glikojen, selüloz) ise hem depolama hem de uzun süreli enerji sağlama işlevi görür; glikojen, kas ve karaciğer depolarında bulunarak enerji ihtiyacı arttığında hızla mobilize edilebilir.⁸

Metabolik açıdan, karbonhidratlar glikoliz, glikojenoliz ve glukoneogenez gibi yollarla enerji üretiminde merkezi rol oynar. Glikoliz yoluyla glikoz pirüvata dönüştürülür ve mitokondriyal oksidatif fosforilasyon aracılığıyla yüksek verimli ATP üretimi sağlanır.⁹ Enerji gereksinimi düşük olduğunda, fazla glikoz glikojen olarak depolanırken; uzun süreli açlık veya yoğun enerji harcaması durumunda glikojen depoları parçalanarak kana glikoz salınımı

⁴ Recep Gürsoy vd., “Beslenme ve besinsel ergojenler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler”, *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 1, sy 2 (2001).

⁵ Vedat Çınar vd., “KARBONHİDRATLAR VE SPORCULARDA KULLANIMI/CARBONHYRATES AND THEIR AND SPORTSMAN USAGE”, *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 6, sy 2 (2010).

⁶ Vedat Çınar vd., “KARBONHİDRATLAR VE SPORCULARDA KULLANIMI/CARBONHYRATES AND THEIR AND SPORTSMAN USAGE”, *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 6, sy 2 (2010).

⁷ Ayhan DAĞ ve Nursena NAHYA, “Sağlıklı Beslenmede Karbonhidrat ve Posa Alımının Önemi”, *Türkiye Klinikleri Nutrition and Dietetics-Special Topics* 10, sy 1 (2024): 1-8.

⁸ Kübra Derya İpek ve Hande Ögün Yılmaz, “Diyetin ve karbonhidrat içeriğinin mikrobiyotaya etkisi”, *Institute of Health Sciences Journal* 3, sy 2 (2018): 29-39.

⁹ Selim Arıkan ve Nazal Bardak Perçinci, “Karbonhidratların kronik hastalıklarla ilişkisi ve tıbbi beslenme tedavisindeki rolü”, *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi* 2, sy 2 (2021): 36-50.

gerçekleşir. Ayrıca, karbonhidratlar sadece enerji kaynağı olarak değil, aynı zamanda biyosentez yolları için temel karbon iskeleti sağlayarak amino asit, nükleik asit ve bazı lipidlerin sentezinde de kritik rol oynar¹⁰. Bu bağlamda, karbonhidratların enerji sağlama kapasitesi ve metabolik etkisi, bireysel fizyolojik durum, beslenme alışkanlıkları ve hormonal düzenlemelerle yakından ilişkilidir. İnsülin, glukagon ve adrenal hormonlar gibi düzenleyici faktörler, glikozun hücreler tarafından kullanımı ve depolanmasını koordine ederek enerji dengesinin korunmasını sağlar. Bu kapsamda, karbonhidratlar yalnızca organizmanın enerji ihtiyacını karşılayan bir yakıt değil, aynı zamanda metabolik esnekliği ve homeostazı sürdüren merkezi bir molekül grubu olarak değerlendirilir.

1.1.1. Monosakkaritler:

En basit karbonhidrat formu olan monosakkaritler, tek bir şeker biriminden oluşan ve doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılabilen moleküllerdir. Bu grup, organizmada hızlı enerji üretimi için temel substratları sağlar ve sindirime gerek duymadan hücreler tarafından kullanılabilir.¹¹ Glikoz, fruktoz ve galaktoz, monosakkaritlerin en yaygın örnekleri arasında yer alır. Glikoz, kan şekeri seviyelerinin korunmasında ve merkezi sinir sistemi ile kırmızı kan hücrelerinin enerji ihtiyacının karşılanmasında kritik rol oynar.¹² Fruktoz, meyve ve bal gibi gıdalarda bulunur ve karaciğerde glikoza veya glikojene dönüştürülerek enerji üretiminde kullanılır. Galaktoz ise süt ve süt ürünlerinde yer alır ve özellikle beyin ve sinir dokularında enerji sağlamak için glikoza dönüştürülür¹³.

Monosakkaritler, metabolik süreçlerde sadece enerji kaynağı olarak görev yapmakla kalmaz, aynı zamanda nükleik asitler, amino asitler ve bazı lipidlerin sentezi için karbon iskeleti sağlar. Bu özellikleri nedeniyle monosakkaritler, hem kısa vadeli enerji gereksinimlerini karşılayan hem de hücre biyosentez süreçlerinde kritik bir role sahip moleküller olarak değerlendirilir. Ayrıca bu basit şekerlerin metabolik yolları, hormonal düzenleyiciler (insülin, glukagon)

¹⁰ Selim Arıkan ve Nazal Bardak Perçinci, "Karbonhidratların kronik hastalıklarla ilişkisi ve tıbbi beslenme tedavisindeki rolü", *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi* 2, sy 2 (2021): 36-50.

¹¹ Devran Uysal, *Bazı altı karbonlu monosakkaritlerin anomer miktarlarının çözeltilerinde deneysel ve hesapsal yöntemlerle tespit edilmesi*, 2015.

¹² Ayşe Damla Düşünsel ve Gül Eda Kılınç, "İrritabl Bağırsak Sendromunda Düşük Fermente Edilebilir Oligosakkaritler, Disakkaritler, Monosakkaritler, Polioller Diyet Tedavisi", *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 12, sy 2 (2023): 417-24.

¹³ Ayşe Damla Düşünsel ve Gül Eda Kılınç, "İrritabl Bağırsak Sendromunda Düşük Fermente Edilebilir Oligosakkaritler, Disakkaritler, Monosakkaritler, Polioller Diyet Tedavisi", *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 12, sy 2 (2023): 417-24.

ve dokuların enerji talebine göre dinamik biçimde kontrol edilir, böylece enerji homeostazı korunur¹⁴.

1.1.2. Disakkaritler:

İki monosakkarit biriminin birleşmesiyle oluşan disakkaritler, organizmada kısa süreli enerji sağlayan ve sindirim enzimleri aracılığıyla monosakkaritlere ayrılarak kullanılabilen karbonhidrat bileşikleridir. Bu grup, hem besin kaynaklarından hızlı enerji elde edilmesini sağlar hem de bazı fizyolojik işlevlerde spesifik roller üstlenir.¹⁵ Sakkaroz, laktoz ve maltoz, disakkaritlerin en yaygın örneklerindedir. Sakkaroz, glikoz ve fruktoz birimlerinden oluşur ve bitkisel gıdalarda yaygın olarak bulunur; sindirim sırasında su ve suya bağlı enzimler aracılığıyla glikoz ve fruktoza ayrılarak enerji üretiminde kullanılır. Laktoz, süt şekeri olarak da bilinir ve glikoz ile galaktozdan meydana gelir; özellikle bebeklik döneminde enerji kaynağı olarak kritik rol oynar ve bağırsak florasının gelişimine katkı sağlar. Maltoz ise iki glikoz molekülünden oluşur ve nişasta sindirimi sırasında geçici olarak ortaya çıkar; özellikle karbohidrat metabolizmasının başlangıç aşamalarında enerji sağlamak için önemlidir¹⁶.

Disakkaritlerin metabolik değeri, monosakkaritlere ayrılma hızına ve kullanılan dokuların enerji ihtiyacına göre değişiklik gösterir. Sindirim enzimleri ve hormonal düzenleyiciler, disakkaritlerin kana geçiş hızını ve glikoz kullanımını optimize ederek kan şekeri dengesi ve enerji homeostazının korunmasına katkıda bulunur. Ayrıca, disakkaritlerin farklı türleri, glisemik yanıt ve insülin salınımını değişik biçimlerde etkileyerek metabolik süreçler üzerinde doğrudan etki yaratır; bu nedenle dengeli tüketimleri hem kısa vadeli enerji temini hem de uzun vadeli metabolik sağlık açısından önemlidir¹⁷.

1.1.3. Polisakkaritler:

Çok sayıda monosakkaritin birbirine bağlanmasıyla oluşan kompleks karbonhidratlar, polisakkaritler olarak adlandırılır ve organizmada hem enerji depolama hem de yapısal işlevler açısından merkezi bir rol oynar. Bu moleküller, sindirime ve metabolik kullanıma göre farklı özellikler gösterir; bazıları hızlı

¹⁴ Mustafa Altınışik, "Biochemical Approach to Carbohydrate Metabolism Disorders", *Meandros Medical And Dental Journal* 11, sy 1 (2010): 51-59.

¹⁵ Ayşe Damla Düşünsel ve Gül Eda Kılınç, "İrritabl Bağırsak Sendromunda Düşük Fermente Edilebilir Oligosakkaritler, Disakkaritler, Monosakkaritler, Polioller Diyet Tedavisi", *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 12, sy 2 (2023): 417-24.

¹⁶ Mustafa ALTINIŞIK, *KARBONHİDRAT METABOLİZMASI BOZUKLUKLARINA BİYO-KİMYASAL YAKLAŞIM*, t.y.

¹⁷ Mustafa Altınışik, "Biochemical Approach to Carbohydrate Metabolism Disorders", *Meandros Medical And Dental Journal* 11, sy 1 (2010): 51-59.

enerji sağlarken, bazıları uzun süreli depolama veya yapısal destek sunar. Nişasta, glikojen ve selüloz, polisakkaritlerin en bilinen örneklerindedir¹⁸.

Nişasta, bitkilerde enerji depolama görevi gören bir polisakkarittir ve glikoz birimlerinin alfa bağlarıyla birbirine bağlanmasıyla oluşur. İnsan beslenmesinde temel enerji kaynaklarından biri olan nişasta, sindirim enzimleri (amilaz) tarafından daha küçük şeker birimlerine parçalanarak glikoza dönüştürülür ve hücreler enerji üretiminde kullanılır. Glikojen ise hayvanlarda ve insanlarda kısa vadeli enerji depolama için en önemli polisakkarittir¹⁹. Karaciğer ve kas dokusunda depolanan glikojen, enerji gereksinimi arttığında hızlı bir şekilde glikoza dönüştürülerek kan şekeri seviyesinin korunmasını ve kas kasılmalarının devamını sağlar. Selüloz ise bitkisel hücre duvarlarının yapısal elemanı olarak görev yapar ve beta bağlarıyla bağlı glikoz birimlerinden oluştuğu için insan sindirim sisteminde doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılamaz. Bununla birlikte, selüloz, bağırsak sağlığını destekleyen lif kaynağı olarak metabolik denge ve tokluk mekanizmalarında önemli bir rol oynar.²⁰

Polisakkaritlerin metabolik önemi, yalnızca enerji sağlama kapasitesiyle sınırlı değildir. Nişasta ve glikojen, enerji depolama ve serbest bırakma mekanizmaları aracılığıyla metabolik esnekliği artırırken, selüloz gibi sindirilemeyen polisakkaritler bağırsak mikrobiyotası aracılığıyla kısa zincirli yağ asitlerinin üretimine katkıda bulunur. Bu metabolitler, enerji metabolizması, inflamasyon yanıtı ve glikoz-hormon dengesi üzerinde dolaylı fakat önemli etkiler gösterir. Ayrıca polisakkaritlerin yapısal ve depolama özellikleri, bireylerin enerji yoğunluğu, tokluk hissi ve besin kompozisyonuna bağlı metabolik yanıtlarını optimize eden kritik bir rol üstlenir²¹.

Beslenme açısından karbonhidratların bir diğer önemli yönü **basit ve kompleks karbonhidratlar** şeklindeki ayrımıdır. Basit karbonhidratlar hızlı sindirilip emilerek kan şekerinde ani yükselmelere yol açabilirken, kompleks karbonhidratlar daha yavaş sindirilir ve daha dengeli bir enerji sağlar. Tam tahıllar, baklagiller ve lif bakımından zengin bitkisel kaynaklar bu açıdan sağlıklı karbonhidrat kaynakları olarak kabul edilir²².

¹⁸ Seval Dağbaşı ve Yekta Göksungur, "MİKROBİYAL POLİSAKKARİTLER", *Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Güncel Teknikler*, t.y., 113.

¹⁹ Ali Soyucok vd., "Ekzopolisakkaritlerin özellikleri ve gıda sanayindeki önemi", *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5 (2016): 332-44.

²⁰ Özlem Bıçak ve Zafir Ekmekçi, "POLİSAKKARİTLERİN FLOTASYONDA BASTIRICI OLARAK KULLANIMI VE SOĞURUM MEKANİZMALARI", *Bilimsel Madencilik Dergisi* 44, sy 1 (2005): 19-31.

²¹ Osman Eren ve Halis Şakiroğlu, "Ekzopolisakkaritlerin Gıda Teknolojisinde Kullanımı", *Journal of the Institute of Science and Technology* 15, sy 4 (2025): 1371-82.

²² Meltem Demir vd., *MİKROALGAL POLİSAKKARİTLER*, t.y.

Karbonhidratlar yalnızca enerji üretiminde değil, aynı zamanda proteinlerin enerji amacıyla kullanılmasını önleyerek **protein tasarrufu** sağlaması bakımından da önemlidir. Ayrıca bazı karbonhidrat türleri bağırsak sağlığını destekleyen **diyet lifleri** olarak sindirim sisteminde işlev görür²³.

1.2. Lipitler (Yağlar)

Lipitler, su içinde çözünmeyen fakat organik çözücülerde çözünebilen biyolojik moleküller grubunu ifade eder. Günlük beslenmede yağlar, yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle önemli bir makrobesin kaynağıdır. Gram başına yaklaşık **9 kilokalori enerji** sağlamaları, lipitleri karbonhidrat ve proteinlere göre daha yoğun bir enerji kaynağı hâline getirir²⁴.

Lipitler kimyasal yapılarına göre farklı alt gruplara ayrılır:

Trigliseritler: Besinlerde en yaygın bulunan yağ formudur ve üç yağ asidi ile bir gliserol molekülünden oluşur.

Fosfolipitler: Hücre zarlarının temel yapı taşlarından biridir.

Steroller: Kolesterol bu gruba girer ve hücre zarının yapısal bütünlüğü ile hormon sentezinde rol oynar²⁵.

Lipitlerin organizmadaki işlevleri oldukça çeşitlidir. Öncelikle enerji depolama işlevi görürler ve uzun süreli enerji gereksinimlerinde metabolik yakıt olarak kullanılırlar. Bunun yanında yağ dokusu, vücudu fiziksel darbelerden koruyan ve ısı yalıtımı sağlayan bir tampon görevi üstlenir. Ayrıca yağda çözünen **A, D, E ve K vitaminlerinin** emilimi lipitlerin varlığına bağlıdır²⁶.

Beslenme biliminde lipitlerin sağlık üzerindeki etkileri özellikle yağ asitlerinin türüne bağlı olarak değerlendirilir. **Doymuş yağ asitleri, doymamış yağ asitleri** ve **trans yağlar** bu bağlamda en çok tartışılan kategorilerdir. Bitkisel yağlar ve balık gibi kaynaklarda bulunan doymamış yağ asitleri genellikle kardiyovasküler sağlık açısından daha olumlu kabul edilirken, aşırı doymuş

²³ Nefise Akçelik ve Mustafa Akçelik, "Bakteriyel biyofilmler ve konakçı savunma sistemi ile etkileşimleri", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 33, sy 1 (2017): 15-28.

²⁴ Gülsüm BALÇIK Mısıır, "Balıklarda lipitler, yağ asitleri ve bunların bazı önemli metabolik fonksiyonları", *Aquaculture Studies* 2014, sy 1 (2014): 51-61.

²⁵ Fevzi UÇKAN vd., "Apanteles Galleriae Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae) ve Parazitlenmiş Konağı Galleria Mellonella L.(Lepidoptera: Pyralidae)'nin Toplam Lipit ve Yağ Asidi Bileşimleri", *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 2, sy 2 (2009): 93-99.

²⁶ UÇKAN vd., "Apanteles Galleriae Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae) ve Parazitlenmiş Konağı Galleria Mellonella L.(Lepidoptera: Pyralidae)'nin Toplam Lipit ve Yağ Asidi Bileşimleri".

yağ ve trans yağ tüketiminin çeşitli metabolik hastalıklarla ilişkilendirildiği bilinmektedir²⁷.

1.3. Proteinler

Proteinler, amino asitlerin belirli bir düzen içinde peptid bağları aracılığıyla bağlanmasıyla oluşan yüksek moleküler yapıya sahip biyomoleküllerdir. Karbonhidrat ve lipitlerin aksine, proteinler yalnızca enerji sağlamakla kalmaz, aynı zamanda hücre yapısının korunması, enzimatik reaksiyonların katalizlenmesi, hormon ve sinyal moleküllerinin taşınması, bağışıklık sisteminin düzenlenmesi ve dokuların onarımı gibi çok çeşitli fonksiyonlarda merkezi bir rol üstlenir. İnsan vücudunda kas dokusu, organlar, enzimler, hormonlar, antikorlar ve hücre membranları başta olmak üzere birçok yapısal ve fonksiyonel bileşen proteinlerden meydana gelir²⁸.

Proteinler, yaklaşık yirmi farklı amino asidin değişik dizilim ve kombinasyonlarıyla oluşur. Bu amino asitlerin bir kısmı vücut tarafından sentezlenebilirken (non-esansiyel amino asitler), bazıları besin yoluyla dışarıdan alınmak zorundadır (esansiyel amino asitler). Bu nedenle amino asitler, hem protein sentezi hem de enerji metabolizması açısından temel öneme sahiptir. Vücut, esansiyel amino asitleri yeterli miktarda alamadığında, protein sentezi sınırlanır ve kas dokusunda kayıplar veya enzimatik fonksiyonlarda aksaklıklar meydana gelebilir²⁹.

Ayrıca amino asitler, sadece protein yapısına katılmakla kalmaz; glukoneogenez ve enerji üretimi gibi metabolik yollarda da kullanılırlar. Örneğin, açlık veya uzun süreli egzersiz sırasında belirli amino asitler karaciğerde glikoza dönüştürülerek enerji sağlanmasına katkıda bulunur. Bazı amino asitler aynı zamanda nörotransmitterlerin ve hormonların öncülleri olarak işlev görür; triptofan serotoninin, tirozin ise dopamin ve adrenalin gibi katekolaminlerin sentezinde rol alır. Bu özellikler, amino asitlerin sadece yapısal bir bileşen değil, aynı zamanda metabolik ve fizyolojik süreçlerde merkezi düzenleyici moleküller olduğunu gösterir³⁰.

²⁷ Fatih HATIPOĞLU, SAĞLIK BİLİMLERİNDE ÖNCÜ VE YENİLİKÇİ ÇALIŞMALAR, t.y.

²⁸ O. Küplülü, "Proteinler", *Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi. Konu*, 2020.

²⁹ Recep Gürsoy vd., "Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler", *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 1, sy 2 (2001).

³⁰ Gizem Işıl Bektaş ve Arif Altuntaş, "Antifriz proteinler", *Etilik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi* 18, sy 1-2 (2007): 27-32.

Esansiyel (temel) amino asitler

Esansiyel olmayan amino asitler

şeklinde sınıflandırılır.³¹

Beslenme açısından protein kaynakları genellikle **hayvansal** ve **bitkisel** olmak üzere iki gruba ayrılır. Et, balık, yumurta ve süt ürünleri yüksek biyolojik değere sahip proteinler içerirken; baklagiller, tahıllar ve bazı yağlı tohumlar bitkisel protein kaynaklarıdır. Protein kalitesi çoğu zaman içerdiği esansiyel amino asitlerin dengesi ve biyoyararlanım düzeyiyle değerlendirilir.³²

Proteinlerin metabolizmadaki işlevleri oldukça geniştir. Enzimlerin büyük bir bölümü protein yapısındadır ve metabolik reaksiyonların gerçekleşmesini sağlar. Ayrıca hormonların bir kısmı protein veya peptid yapısındadır. Bağışıklık sisteminde görev alan antikorlar da proteinlerden oluşur. Bu nedenle proteinler yalnızca büyüme ve doku onarımında değil, aynı zamanda organizmanın savunma mekanizmalarında da temel rol oynar.³³

1.4. Makrobesinlerin Dengeli Tüketimi

Beslenme biliminde temel yaklaşım, makrobesinlerin tek başına değil, dengeli ve bütüncül bir dağılım içinde tüketilmesidir. Karbonhidratlar, günlük enerji ihtiyacının karşılanmasında genellikle en büyük paya sahip olurken, lipitler ve proteinler de yalnızca enerji sağlamakla kalmaz, aynı zamanda hücre fonksiyonlarının sürdürülebilmesi, hormon ve enzim sentezi, dokuların onarımı ve immün sistemin işleyişi için gerekli oranlarda alınmalıdır.³⁴ Bu makrobesin dengesi, bireyin yaşı, cinsiyeti, fiziksel aktivite düzeyi, mevcut sağlık durumu, metabolik özellikleri ve yaşam tarzı gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin, sporcular ve büyüme çağındaki çocuklar, artan enerji ve protein ihtiyacı nedeniyle farklı makrobesin dağılımlarına ihtiyaç duyarken, yaşlı bireylerde protein alımı kas kütlelerinin korunması açısından daha kritik bir rol oynar.³⁵

Günümüzde beslenme araştırmaları, yalnızca makrobesinlerin miktarına değil, aynı zamanda besin kaynaklarının kalitesine de yoğun bir şekilde

³¹ Şinasi Aşkar ve Tünay Konaş Aşkar, "ANTİMİKROBİYEL PROTEİNLER VE BAĞIŞIKLIKTA Kİ ÖNEMİ", *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 2 (2017): 82-86.

³² Şinasi Aşkar ve Tünay Konaş Aşkar, "ANTİMİKROBİYEL PROTEİNLER VE BAĞIŞIKLIKTA Kİ ÖNEMİ", *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 2 (2017): 82-86.

³³ Azmi Yerkaya ve Harun Dokudur, *Protein yıkımının önemi*, 2009.

³⁴ Zeliha Uçar ve Hande Ongün Yılmaz, "Laktasyon döneminde beslenme: Enerji ve makro besin öğeleri", *Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi* 2, sy 1 (2017): 37-46.

³⁵ MUSTAFA Karagöz ve Nevin Şanlier, "Egzersizde Makro Besin Öğelerinin Planlanması", *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 23, sy 1 (2017).

odaklanmaktadır. Kompleks karbonhidratlar açısından zengin tam tahıllar, lif ve mikronutrientler bakımından zengin olup, glisemik yanıtın dengelenmesine ve uzun süreli tokluk hissinin sağlanmasına katkıda bulunur. Sağlıklı yağ kaynakları, özellikle tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri içeren zeytinyağı, avokado ve yağlı balıklar, kardiyovasküler sağlığın desteklenmesi ve inflamatuvar yanıtların azaltılmasında önemli rol oynar. Protein kaynakları açısından ise, kaliteli ve dengeli bir alım, esansiyel amino asitlerin yeterli düzeyde sağlanmasını garanti ederek kas dokusu, enzim ve hormon sentezini destekler.³⁶

Ayrıca besinlerin mikrobiyota üzerindeki etkisi de modern beslenme biliminin odak noktalarından biridir. Lif ve prebiyotik içeren besinler, bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliğini ve metabolik aktivitesini artırarak enerji metabolizması, bağışıklık yanıtları ve inflamasyon süreçleri üzerinde doğrudan etkiler yaratır. Bu bağlamda, makrobesinlerin kalitesi ve kaynak seçimi, yalnızca enerji temini değil, aynı zamanda metabolik esneklik, homeostaz ve kronik hastalıkların önlenmesi açısından da kritik bir öneme sahiptir.³⁷

³⁶ Nurefşan KONYALIGİL ÖZTÜRK, “BESLENME VE SAĞLIK İLİŞKİSİ”, *Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları*, 2024, 27.

³⁷ Turgay Coşkun, “Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri”, *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 48, sy 1 (2005): 69-84.

2. Vitaminler

Vitaminler, insan metabolizmasının sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için gerekli olan, organizmada yeterli miktarda sentezlenemeyen ve bu nedenle dışarıdan besinler yoluyla alınması zorunlu olan organik bileşiklerdir. Enerji verici besin öğeleri arasında yer almamakla birlikte, metabolik reaksiyonların düzenlenmesinde koenzim veya kofaktör olarak görev yapmaları nedeniyle yaşamsal öneme sahiptirler. Beslenme bilimi açısından vitaminlerin yeterli ve dengeli alımı, büyüme, gelişme, bağışıklık fonksiyonları ve hastalıkların önlenmesi bakımından kritik bir rol oynamaktadır.³⁸

Bununla birlikte vitaminler, hücresel düzeyde gerçekleşen biyokimyasal süreçlerin etkinliğini artırarak enzim sistemlerinin düzenli çalışmasına katkı sağlar ve metabolik dengenin korunmasında temel bir işlev üstlenir. Özellikle antioksidan özellik gösteren vitaminler, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresi azaltarak hücre hasarını önlemekte ve yaşlanma sürecini yavaşlatıcı etki göstermektedir. Ayrıca bazı vitaminler hormon benzeri etkiler oluşturarak gen ekspresyonunun düzenlenmesinde rol almakta, böylece hücre yenilenmesi ve doku onarım süreçlerine katkıda bulunmaktadır.³⁹

Vitamin yetersizlikleri ise yalnızca klasik eksiklik hastalıklarıyla sınırlı kalmayıp, bağışıklık sisteminin zayıflaması, bilişsel fonksiyonların gerilemesi ve kronik hastalıklara yatkınlığın artması gibi geniş kapsamlı sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle bireylerin günlük vitamin gereksinimlerini karşılayacak şekilde çeşitli ve dengeli beslenmesi, toplum sağlığının korunması ve hastalık yükünün azaltılması açısından önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir.⁴⁰

³⁸ Gazanfer Bingöl, *Vitaminler ve enzimler*, 1977.

³⁹ Canan İriş ve Miyase Çınar, "Antioksidan vitaminler ve ağır metal toksisitesi üzerine etkileri", *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni* 10, sy 3 (2019): 135-51.

⁴⁰ Betül Mazlum, "Antioksidan vitaminler ve psikiyatride kullanımı", *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar* 4, sy 4 (2012): 486-505.

2.1. Vitamin Çeşitleri

Vitaminler, biyokimyasal özellikleri ve vücut içindeki emilim, taşınma ve depolanma mekanizmaları dikkate alınarak çözünebilirlik özelliklerine göre iki temel grupta sınıflandırılmaktadır: yağda çözünen vitaminler ve suda çözünen vitaminler. Bu sınıflandırma, vitaminlerin organizmadaki metabolik işlevlerini, depolanma kapasitelerini ve eksiklik ya da fazlalık durumlarında ortaya çıkabilecek fizyolojik etkileri anlamak açısından önemli bir bilimsel temel sunmaktadır⁴¹.

2.1.1. Yağda Çözünen Vitaminler

Yağda çözünen vitaminler; A, D, E ve K vitaminlerini kapsayan, lipofilik özellik gösteren mikrobeyin öğeleridir. Bu vitaminler, ince bağırsakta diyetle alınan yağlar ve safra asitlerinin yardımıyla emilmekte ve dolaşıma katıldıktan sonra başta karaciğer ve yağ dokusu olmak üzere çeşitli dokularda depolanabilmektedir. Depolanabilme özellikleri, bu vitaminlerin düzenli alınmasının yanı sıra aşırı tüketim durumunda toksisite riskini de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle yağda çözünen vitaminlerin metabolizması ve vücuttaki dengesi, beslenme bilimi açısından dikkatle değerlendirilmesi gereken önemli bir konudur.⁴²

2.1.1.1. A Vitamini (Retinol)

A vitamini (retinoidler), görme fonksiyonlarının sürdürülmesi, epitel dokuların bütünlüğünün korunması ve bağışıklık sisteminin etkinliğinin artırılması açısından temel bir role sahiptir. Özellikle retina fotoreseptörlerinde rodopsin sentezine katılarak düşük ışık koşullarında görmeyi sağlanmasına katkıda bulunur⁴³. Bunun yanı sıra epitel hücrelerinin farklılaşma ve yenilenme süreçlerinde görev alarak deri ve mukozal yüzeylerin korunmasında etkili olmaktadır.⁴⁴

A vitamini yetersizliği, başta gece körlüğü (niktalopi) olmak üzere görme bozukluklarına, epitel dokularda keratinizasyon artışına ve enfeksiyonlara karşı duyarlılığın yükselmesine neden olabilmektedir. Besinsel kaynakları arasında karaciğer, süt ve süt ürünleri gibi hayvansal gıdalar ile beta-karoten içeren havuç, kabak ve koyu yeşil yapraklı sebzeler önemli yer tutmaktadır.

⁴¹ Murat KÖSEDAĞ ve Mehmet Nuri KOÇAK, *VİTAMİN B1 (TİAMİN)*, t.y.

⁴² Özge AŞKIN ve Defne ÖZKOCA, "Yağda Çözünen Vitaminler: A, D, E, K", *Türkiye Klinikleri Cosmetic Dermatology-Special Topics* 15, sy 2 (2022): 14-18.

⁴³ L. Rask vd., "The retinol-binding protein.", *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation. Supplementum* 154 (1980): 45-61.

⁴⁴ Yasutoshi Muto vd., "Regulation of retinol-binding protein metabolism by vitamin A status in the rat", *Journal of Biological Chemistry* 247, sy 8 (1972): 2542-50.

Bu yönüyle A vitamini, hem doğrudan retinol formunda hem de provitamin karotenoidler aracılığıyla diyetle alınabilen önemli bir mikrobesein ögesidir⁴⁵.

2.1.1.2. D Vitamini (Kalsiferol)

D vitamini (kalsiferoller), kalsiyum ve fosfor homeostazının düzenlenmesinde merkezi bir rol üstlenerek kemik mineralizasyonunun sağlanmasına ve iskelet sisteminin bütünlüğünün korunmasına katkıda bulunur. İnce bağırsakta kalsiyum emilimini artırması ve kemik dokuda mineral depolanmasını desteklemesi, bu vitaminin fizyolojik önemini ortaya koymaktadır.⁴⁶

D vitamini yetersizliği, çocukluk döneminde kemiklerin yeterince mineralize olamaması sonucu raşitizme, yetişkinlerde ise kemik dokunun yumuşamasıyla karakterize osteomalaziye yol açmaktadır. Bununla birlikte, uzun süreli eksiklik durumları osteoporoz riskinin artmasıyla da ilişkilendirilmektedir.⁴⁷

Bu vitaminin diğer vitaminlerden ayrılan en belirgin özelliği, ultraviyole B (UVB) ışınlarının etkisiyle deride 7-dehidrokolesterolden sentezlenebilmesidir. Bu nedenle D vitamini, yalnızca besinlerle değil, aynı zamanda yeterli güneş ışığına maruz kalma yoluyla da karşılanabilen özgün bir mikrobesein ögesi olarak değerlendirilmektedir.⁴⁸

2.1.1.3. E Vitamini (Tokoferol)

E vitamini (tokoferoller ve tokotrienoller), güçlü antioksidan özellikleri sayesinde hücre zarlarında bulunan çoklu doymamış yağ asitlerini serbest radikallerin neden olduğu oksidatif hasara karşı koruyan önemli bir mikrobesein ögesidir. Lipid peroksidasyonunu engelleyerek hücresel bütünlüğün sürdürülmesine katkı sağlamakta ve özellikle hücre membranlarının stabilitesinin korunmasında kritik bir rol üstlenmektedir.⁴⁹

E vitamini yetersizliği nadir görülmekle birlikte, uzun süreli eksiklik durumlarında nöromusküler bozukluklar, periferik nöropati ve kas zayıflığı gibi sinir sistemiyle ilişkili patolojiler ortaya çıkabilmektedir. Bu bağlamda E vitamini, yalnızca antioksidan savunma sisteminin bir parçası olarak değil,

⁴⁵ Selma Çivi ve Mehmet Akman, "A Vitamini Eksikliği ve Korunma", *Beslenme ve Diyet Dergisi* 16, sy 1 (1987): 93-100.

⁴⁶ Tijen Acarkan, "D vitamini", *Bilimsel Tamamlayıcı Tıp Regülasyon ve Nöral Terapi Dergisi* 9, sy 3 (2015): 5-8.

⁴⁷ Şükrü Hatun vd., "Günümüzde D vitamini yetersizliği ve nütrisyonel rikets", *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 46, sy 3 (2003): 224-41.

⁴⁸ Gazanfer Bingöl, *Vitaminler ve enzimler*, 1977.

⁴⁹ Aysen Altuner vd., "Bir antioksidan olarak E vitamini", *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 3 (2017): 149-57.

aynı zamanda sinir sistemi sağlığının korunmasında da önemli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir⁵⁰.

2.1.1.4. K Vitamini (Filokinon ve Menakinon)

K vitamini (filokinon ve menakinon formları), kan pıhtılaşma mekanizmasında görev alan protrombin ve diğer pıhtılaşma faktörlerinin sentezi için gerekli olan temel bir mikrobesein ögesidir. Karaciğerde gerçekleşen bu sentez sürecinde, K vitamini bağımlı proteinlerin aktif hale gelmesini sağlayarak hemostazın düzenlenmesinde kritik bir rol üstlenmektedir⁵¹.

Bu vitaminin yetersizliği durumunda pıhtılaşma faktörlerinin etkinliği azalmakta, buna bağlı olarak kanama süresi uzamakta ve bireylerde spontan kanama eğilimi artmaktadır. Özellikle yenidoğan döneminde görülebilen K vitamini eksikliği, ciddi hemorajik tablolara yol açabileceğinden klinik açıdan özel önem taşımaktadır. Ayrıca son yıllarda K vitamininin kemik metabolizması ve vasküler sağlık üzerindeki etkileri de araştırılmakta olup, bu vitaminin fizyolojik işlevlerinin yalnızca pıhtılaşma ile sınırlı olmadığı anlaşılmaktadır⁵².

2.1.2. Suda Çözünen Vitaminler

Suda çözünen vitaminler; B grubu vitaminleri ile C vitaminini kapsayan ve hidrofilik özellik gösteren mikrobesein ögeleridir. Bu vitaminler, gastrointestinal sistemde kolaylıkla emildikten sonra doğrudan dolaşıma katılmakta ve vücutta yağda çözünen vitaminlere kıyasla sınırlı düzeyde depolanabilmektedir. Bu nedenle düzenli ve yeterli alımları, metabolik süreçlerin sürekliliği açısından büyük önem taşımaktadır⁵³.

Suda çözünen vitaminlerin fazlası genellikle böbrekler aracılığıyla idrarla atıldığından, organizmada birikim gösterme olasılıkları düşüktür. Ancak bu durum, yetersiz alım koşullarında eksiklik belirtilerinin daha kısa sürede ortaya çıkabilmesine neden olabilmektedir. Bu bağlamda söz konusu vitaminler, enerji metabolizması, sinir sistemi fonksiyonları ve bağışıklık yanıtı gibi pek çok fizyolojik süreçte etkin rol oynayan ve günlük diyetle düzenli olarak karşılanması gereken temel besin ögeleri arasında yer almaktadır⁵⁴.

⁵⁰ Erdal Karaöz ve Süreyya Karaöz, "E Vitaminin Biyolojik Sistemlerdeki Rolü", *Beslenme ve Diyet Dergisi* 21, sy 1 (1992): 101-16.

⁵¹ Zeynep Bengisu Ejder ve Emine Merve Ekici, "K Vitamini ve bilişsel performans: mini bir derleme", *Avrasya Sağlık Bilimleri Dergisi* 7, sy 1 (2024): 61-67.

⁵² Siber Emine Namıdır ve Mehmet Tarakçıoğlu, "K vitamini ve osteoporoz", *Gaziantep Medical Journal* 17, sy 1 (2011): 1-7.

⁵³ Okan ONBAŞI ve Kevser ONBAŞI, "Suda Çözünen Vitaminler", *Türkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sciences* 2, sy 35 (2006): 24-29.

⁵⁴ Rabia Melda Karaağaç ve Çağla Pınarlı, "Suda Çözünen Vitaminlerin Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri", *Hitit Sağlık Dergisi*, sy 1 (2023): 32-44.

2.1.2.1. B Grubu Vitaminleri

B grubu vitaminleri, enerji metabolizmasının düzenlenmesi ve sinir sistemi fonksiyonlarının sağlıklı bir şekilde sürdürülmesinde kritik rol üstlenen, birbirini tamamlayıcı nitelikteki mikrobesein öğeleridir. Bu vitaminler, özellikle karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmasında koenzim olarak görev alarak besin öğelerinin enerjiye dönüştürülmesini kolaylaştırmakta ve hücrel enerji üretim süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır⁵⁵.

Ayrıca B vitaminleri, nörotransmitter sentezi, sinir iletimi ve merkezi sinir sisteminin işlevsel bütünlüğünün korunmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Bu bağlamda, yeterli düzeyde B vitamini alımı; bilişsel fonksiyonların sürdürülmesi, sinir sistemi hastalıklarının önlenmesi ve genel metabolik dengenin korunması açısından büyük önem taşımaktadır⁵⁶.

Enerji metabolizması, hücrel fonksiyonlar ve genetik materyalin sentezi gibi temel biyolojik süreçlerde görev alan, birbirleriyle ilişkili mikrobesein öğeleridir. Aşağıda bu gruba ait temel vitaminlerin fizyolojik işlevleri akademik bir çerçevede özetlenmiştir:

- **B1 Vitamini (Tiamin):** Karbonhidrat metabolizmasında özellikle pirüvatın asetil-CoA'ya dönüşümünde koenzim olarak görev alarak enerji üretim süreçlerinin devamlılığını sağlar. Tiamin eksikliği, sinir sistemi ve kardiyovasküler sistemi etkileyen beriberi hastalığı ile ilişkilendirilmekte olup, ileri düzey eksikliklerde nörolojik bozukluklar da görülebilmektedir.
- **B2 Vitamini (Riboflavin):** Flavin koenzimleri (FAD ve FMN) aracılığıyla hücrel oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarında rol alarak enerji üretiminde temel bir işlev üstlenir. Hücrel metabolizmanın sürdürülebilirliği ve oksidatif reaksiyonların düzenlenmesi açısından önemli bir vitamindir.
- **B3 Vitamini (Niasin):** NAD ve NADP koenzimlerinin yapısına katılarak hem enerji metabolizmasında hem de DNA onarım mekanizmalarında görev alır. Niasin eksikliği, dermatit, diyare ve demans triadı ile karakterize pellegra hastalığına yol açabilmektedir.
- **B6 Vitamini (Piridoksin):** Amino asit metabolizmasında, özellikle transaminasyon ve dekarboksilasyon reaksiyonlarında koenzim olarak görev yaparak protein metabolizmasının düzenlenmesinde kritik rol oynar. Ayrıca nörotransmitter sentezinde de etkin bir bileşendir.

⁵⁵ Fatma Çelik ve Aylin Ayaz, "Fenilketonüri ve B Grubu Vitaminler", *Beslenme ve Diyet Dergisi* 40, sy 1 (2012): 50-58.

⁵⁶ Melike Doğan ve Serpil Demirci, "Vitamin B12 ve nörolojik hastalıklardaki etkisi", *SD Ü Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 1, sy 1 (2010): 23-29.

- **B12 Vitamini (Kobalamin):** DNA sentezi, eritrosit oluşumu ve sinir sistemi miyelin kılıfının korunmasında görev alarak hematolojik ve nörolojik sağlık açısından vazgeçilmezdir. Eksikliği megaloblastik anemi ve çeşitli nörolojik bozukluklara neden olabilmektedir.
- **Folik Asit (B9 Vitamini):** Tek karbon metabolizmasında görev alarak DNA ve RNA sentezinde, hücre bölünmesi ve doku gelişiminde kritik bir rol üstlenir. Özellikle hızlı hücre çoğalmasının gerçekleştiği dönemlerde (gebelik gibi) yeterli alımı büyük önem taşımaktadır.⁵⁷

2.1.2.2. C Vitamini (Askorbik Asit)

C vitamini (askorbik asit), bağışıklık sisteminin fonksiyonel kapasitesini artıran, kolajen sentezinde kofaktör olarak görev alan ve güçlü antioksidan özelliklere sahip temel bir suda çözünen vitamindir. Bağ dokusunun yapısal bütünlüğünün korunmasında önemli rol oynayarak özellikle deri, damar duvarı, kemik ve diş dokularının sağlıklı yapısının sürdürülmesine katkıda bulunmaktadır⁵⁸.

Ayrıca C vitamini, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresi azaltarak hücresel hasarın önlenmesinde etkili olmakta ve demir emilimini artırarak hematolojik süreçlere dolaylı katkı sağlamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle hem immün yanıtın düzenlenmesinde hem de doku onarım mekanizmalarında kritik bir mikrobesein ögesi olarak değerlendirilmektedir⁵⁹.

C vitamini eksikliği durumunda kolajen sentezinin bozulmasına bağlı olarak bağ dokusunda zayıflama meydana gelmekte ve bu tablo klinik olarak skorbüt hastalığı ile kendini göstermektedir. Skorbüt, diş eti kanamaları, yara iyileşmesinde gecikme ve genel halsizlik gibi semptomlarla karakterize ciddi bir beslenme yetersizliği hastalığıdır⁶⁰.

2.2. Vitaminde Neler Bulunur

Vitaminler, insan organizmasının normal fizyolojik fonksiyonlarını sürdürebilmesi için gerekli olan ve büyük ölçüde dışarıdan besinlerle alınması zorunlu mikrobesein öğeleri arasında yer almaktadır. Metabolik

⁵⁷ Melike Doğan ve Serpil Demirci, "Vitamin B12 ve nörolojik hastalıklardaki etkisi", *SD Ü Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 1, sy 1 (2010): 23-29.

⁵⁸ Burhan Budak ve Erhan Dinçkaya, "L-Askorbik asit (C vitamini) tayinine yönelik kalem grafit elektrot-askorbat oksidaz temelli yeni bir biyosensör geliştirilmesi", *International Journal of Life Sciences and Biotechnology* 5, sy 3 (2022): 611-26.

⁵⁹ Abdulsamet Kubat vd., "C vitamini bakımından zengin sebze ve meyvelerin beyaz kan hücreleri artışı üzerine etkilerinin araştırılması", *AVKAE dergisi* 3, sy 1 (2013): 31-37.

⁶⁰ Ali TÜRKER ve Oğuzhan YÜKSEL, "Beslenmede Vitaminlerin Önemi", *Beslenme ve Obezite* 7 (2019).

süreçlerde doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılmamakla birlikte, enzimatik reaksiyonların düzenlenmesinde koenzim veya kofaktör olarak görev alarak hücrese düzeyde yaşamsal fonksiyonların devamlılığını sağlamaktadır. Bu nedenle vitaminlerin hangi besin gruplarında bulunduğu bilinmesi, bireylerin günlük beslenme düzenlerinin bilimsel temellere dayalı olarak planlanması ve beslenme yetersizliklerinin önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir⁶¹.

Vitamin içeriği, besinlerin doğal yapısına ek olarak üretim, işleme, depolama ve pişirme süreçlerinden de doğrudan etkilenmektedir. Özellikle ısıya, ışığa ve oksijene duyarlı vitaminler, uygun olmayan saklama ve hazırlama koşullarında önemli oranda kayba uğrayabilmektedir. Bu durum, aynı besinin farklı tüketim biçimlerine bağlı olarak vitamin değerinin değişkenlik göstermesine neden olmaktadır⁶². Bu çerçevede vitaminler, hem hayvansal hem de bitkisel kaynaklı gıdalarda farklı yoğunluk ve biyoyararlanım düzeylerinde bulunmakta olup insan beslenmesinde birbirini tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir. Bitkisel kaynaklar özellikle suda çözünen vitaminler ve provitaminler açısından öne çıkarken, hayvansal kaynaklar yağda çözünen vitaminler ve B12 vitamini gibi bazı özgül bileşenler bakımından daha zengin bir içerik sunmaktadır. Bu durum, dengeli ve çeşitli beslenmenin vitamin yeterliliği açısından vazgeçilmez bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır.

2.2.1. Bitkisel Kaynaklarda Vitaminler

Bitkisel kaynaklı besinler, özellikle suda çözünen vitaminler ile bazı provitaminler açısından zengin bir içerik profiline sahip olup, insan beslenmesinde önemli bir mikrobesein kaynağı oluşturmaktadır. Bu grupta yer alan yeşil yapraklı sebzeler, turunçgiller, tam tahıllar, baklagiller ve yağlı tohumlar, farklı vitamin bileşenleri açısından tamamlayıcı nitelikte bir dağılım göstermektedir. Bitkisel gıdaların vitamin içeriği, hem türlerine hem de yetiştirilme ve tüketim biçimlerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir⁶³.

Özellikle ıspanak, marul ve brokoli gibi koyu yeşil yapraklı sebzeler, folik asit (B9) bakımından önemli bir kaynak oluşturarak DNA sentezi, hücre çoğalması ve doku yenilenmesi gibi temel biyolojik süreçlere katkı sağlamaktadır. Buna ek olarak havuç, kabak ve tatlı patates gibi sebzeler, beta-karoten içeriği sayesinde

⁶¹ ÖZ Şerife Gül ve Alpaslan KILIÇARSLAN, *Vitaminlerin Yaşamımızdaki Yeri Nedir, Ne Oldu?*, t.y.

⁶² Esra Dogu Baykut, "Bazı tahıl benzeri ürünlerin besin içeriği ve gıda endüstrisinde kullanımı", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, sy 23 (2021): 89-98.

⁶³ Gülşah Çobanoğlu, "D Vitamininin Biyolojisi ve Doğal Kaynakları", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 11, sy Ek (Suppl.) 1 (2020): 380-91.

A vitamininin öncül formunu (provitamin A) sağlayarak görme fonksiyonları ve epitel doku bütünlüğü üzerinde dolaylı bir etki göstermektedir⁶⁴.

Turunçgiller grubu (portakal, mandalina, limon ve greyfurt) ise C vitamini açısından oldukça zengin olup bağışıklık sisteminin desteklenmesi, kollajen sentezinin düzenlenmesi ve antioksidan savunma mekanizmalarının güçlendirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Bunun yanı sıra tam tahıllar ve baklagiller, B grubu vitaminleri bakımından dikkate değer bir kaynak oluşturarak özellikle enerji metabolizmasının düzenlenmesine katkıda bulunmaktadır. Tahıl ürünlerinde bulunan B1 (tiamin), B2 (riboflavin) ve B3 (niasin) vitaminleri, karbonhidrat ve enerji dönüşüm süreçlerinde aktif rol oynarken, rafine edilmemiş tahılların beslenme değerini artıran temel unsurlar arasında yer almaktadır⁶⁵.

2.2.2. Hayvansal Kaynaklarda Vitaminler

Besinlerin vitamin içeriği, yalnızca doğal bileşimlerine bağlı olarak değil, aynı zamanda üretimden tüketime kadar geçen süreçte uygulanan işleme, pişirme ve depolama yöntemlerinden de doğrudan etkilenmektedir. Özellikle ısıya, ışığa ve oksidasyona duyarlı vitaminler, uygun olmayan koşullarda önemli düzeyde kayba uğrayabilmektedir. Bu bağlamda uzun süreli ısı işlem uygulamaları, yüksek sıcaklıkta kaynatma ve yanlış depolama teknikleri, başta C vitamini olmak üzere bazı B grubu vitaminlerinin biyoyararlanımını azaltmakta ve besinlerin besleyici değerinde düşüşe neden olmaktadır⁶⁶.

Bu nedenle besinlerin mümkün olduğunca taze tüketilmesi, vitamin kayıplarını azaltacak şekilde buharda pişirme gibi daha düşük ısıya dayalı yöntemlerin tercih edilmesi ve gıdaların uygun ışık, sıcaklık ve nem koşullarında muhafaza edilmesi, beslenme kalitesinin korunması açısından önemli bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir⁶⁷.

Öte yandan modern gıda teknolojileri, besinlerin vitamin içeriğini desteklemek ve toplum düzeyinde mikrobeyin yetersizliklerini azaltmak amacıyla çeşitli zenginleştirme (fortifikasyon) uygulamalarını da içermektedir. Bu kapsamda özellikle süt ve süt ürünlerine D vitamini ilavesi ile tahıl ürünlerinin

⁶⁴ Mervenur Gökçen vd., “Vegan beslenme tarzına genel bakış”, *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi* 1, sy 2 (2019): 50-54.

⁶⁵ Melih Güzel ve Özlem Akpınar, “Turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi”, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 7, sy 2 (2017): 153-67.

⁶⁶ Önder Canbolat ve Ali Karabulut, “HAYVANSAL YAĞLARIN RUMINANT BESLEME-DE KULLANILMASI”, *Gıda ve Tem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, sy 3 (2014).

⁶⁷ Mervenur Gökçen vd., “Vegan beslenme tarzına genel bakış”, *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi* 1, sy 2 (2019): 50-54.

B grubu vitaminleriyle zenginleştirilmesi, halk sağlığını korumaya yönelik yaygın stratejiler arasında yer almaktadır. Bu tür uygulamalar, besinlerin besleyici değerini artırarak özellikle risk gruplarında vitamin eksikliklerinin önlenmesine katkı sağlamaktadır⁶⁸.

2.3. Vitamin Eksikliğinde Kişide Görülen Belirtiler

Vitaminler, insan organizmasında enerji üretiminde doğrudan görev almamakla birlikte, metabolik süreçlerin düzenlenmesi, hücresel onarım mekanizmalarının sürdürülmesi ve fizyolojik dengenin korunması açısından hayati öneme sahip mikrobesein öğeleridir. Bu nedenle vitaminlerden herhangi birinin yetersiz alımı, organizmanın farklı sistemlerinde çok yönlü bozukluklara yol açabilmektedir⁶⁹. Vitamin eksiklikleri, yalnızca spesifik hastalık tabloları ile sınırlı kalmayıp, genel sağlık durumunda belirgin bir gerilemeye neden olan geniş kapsamlı klinik belirtilerle kendini göstermektedir. Bu belirtiler, eksikliği bulunan vitaminin türüne, eksikliğin süresine ve bireyin genel beslenme durumuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir⁷⁰.

Vitamin eksikliklerinin erken dönem belirtileri çoğu zaman özgül olmayan semptomlarla ortaya çıkmakta ve bu durum tanı sürecini güçleştirebilmektedir. Yorgunluk, halsizlik, iştahsızlık, konsantrasyon güçlüğü ve genel enerji düşüklüğü gibi semptomlar, birçok vitamin eksikliğinde ortak olarak gözlenebilen erken uyarı bulguları arasında yer almaktadır. Ancak eksikliğin ilerlemesiyle birlikte daha spesifik ve sistemik belirtiler ortaya çıkmakta, bu durum klinik tablonun belirginleşmesine neden olmaktadır⁷¹.

2.3.1. Yağda Çözünen Vitamin Eksiklikleri ve Klinik Bulgular

Yağda çözünen vitaminler (A, D, E ve K), vücutta depolanabilmeleri nedeniyle eksiklik belirtileri genellikle daha yavaş gelişen ancak uzun vadede ciddi sonuçlar doğurabilen bir grubu oluşturmaktadır⁷².

A vitamini eksikliğinde en erken belirti gece görüşünde azalma olup, bu durum gece körlüğü (niktalopi) olarak tanımlanmaktadır. İleri düzey

⁶⁸ Şeyma Nur ERCAN vd., “HAYVANSAL KAYNAKLI FONKSİYONEL BESİNLER”, *Sağlık Antropolojisi ve Sosyolojisi*, t.y., 1.

⁶⁹ Ali TÜRKER ve Oğuzhan YÜKSEL, “Beslenmede Vitaminlerin Önemi”, *Beslenme ve Obezite* 7 (2019).

⁷⁰ Merve Hafızoğlu, “B12 Vitamini Eksikliğinin Depresyon İle İlişkinin Değerlendirilmesi”, *Journal of Uludağ University Medical Faculty* 46, sy 1 (2020): 71-76.

⁷¹ Demet Dankı vd., “B 12 Vitamini Eksikliğine Bağlı Psikotik Bozukluk.”, *Klinik Psikiyatri Bülteni* 16, sy 2 (2006).

⁷² Rabia Melda Karaağaç ve Çağla Pınarlı, “Yağda Çözünen Vitaminler ve Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri”, *Avrasya Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 3 (2023): 116-22.

eksikliklerde göz kuruluğu, kornea hasarı ve epitel dokularda keratinizasyon artışı görülebilmektedir. Ayrıca bağışıklık sisteminin zayıflaması, enfeksiyonlara yatkınlığı artıran önemli bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır⁷³.

D vitamini eksikliği, özellikle kalsiyum ve fosfor metabolizmasının bozulmasına bağlı olarak iskelet sistemi üzerinde belirgin etkiler oluşturmaktadır. Çocuklarda rağitizm, yetişkinlerde osteomalazi ve uzun vadede osteoporoz gelişimi bu eksiklikle ilişkilendirilmektedir. Kas güçsüzlüğü ve kemik ağrıları da sık görülen klinik bulgular arasındadır⁷⁴.

E vitamini eksikliği nadir görülmesine rağmen, uzun süreli yetersizlik durumlarında nöromüsküler bozukluklar, kas zayıflığı ve periferik nöropati gibi sinir sistemi ile ilişkili belirtiler ortaya çıkabilmektedir. Antioksidan savunma mekanizmasının zayıflaması, hücresele düzeyde oksidatif hasarın artmasına neden olmaktadır⁷⁵.

K vitamini eksikliği ise özellikle kanama eğiliminin artması ile karakterizedir. Pıhtılaşma faktörlerinin sentezindeki bozulma nedeniyle dış eti kanamaları, burun kanamaları ve uzun süren kanama epizodları görülebilmektedir. Yenidoğanlarda ise bu durum hayati risk oluşturabilecek hemorajik komplikasyonlara yol açabilmektedir⁷⁶.

2.3.2. Suda Çözünen Vitamin Eksiklikleri ve Klinik Bulgular

Suda çözünen vitaminlerin (B grubu vitaminleri ve C vitamini) vücutta sınırlı depolanması nedeniyle eksiklik belirtileri genellikle daha hızlı ortaya çıkmakta ve erken müdahale gerektirebilmektedir⁷⁷.

B1 vitamini (tiamin) eksikliğinde beriberi hastalığı gelişmekte olup, bu tablo nörolojik ve kardiyovasküler sistem bozuklukları ile karakterizedir. Kas güçsüzlüğü, sinir iletiminde yavaşlama ve kalp yetmezliği belirtileri görülebilmektedir⁷⁸.

⁷³ Ali MEŞEN vd., "D Vitamini Eksikliğinde Retinal ve Koroidal Vasküler Yapıların Değerlendirilmesi.", *MN Ophthalmology/MN Oftalmoloji* 31, sy 4 (2024).

⁷⁴ Dilek Çalışkan Öçelik, "D vitamini", *Turkish Medical Journal* 6, sy 2 (2012): 61-67.

⁷⁵ Ayşen Altınar vd., "Bir antioksidan olarak E vitamini", *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 3 (2017): 149-57.

⁷⁶ Ayşen Önalđı, "K Vitamini Tanımı Etkinliği", *Beslenme ve Diyet Dergisi* 9 (1980): 84-88.

⁷⁷ Hümevra Aslaner, "Vitamin B12 Eksikliği ve Tedavisi", *Klinik Tıp Aile Hekimliği* 10, sy 6 (2018): 18-24.

⁷⁸ Murat KÖSEDAĞ ve Mehmet Nuri KOÇAK, *VİTAMİN B1 (TİAMİN)*, t.y.

B2 vitamini (riboflavin) eksikliğinde ağız çevresinde çatlaklar, dil iltihabı ve cilt lezyonları gibi mukokutanöz belirtiler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca gözlerde ışığa hassasiyet ve görme problemleri de gözlenebilmektedir⁷⁹.

B3 vitamini (niasin) eksikliği pellegra hastalığına neden olmakta ve bu durum “üç D” (dermatit, diyare, demans) ile karakterize edilmektedir. İleri vakalarda nörolojik bozukluklar ve zihinsel gerileme görülebilmektedir⁸⁰.

B6 vitamini eksikliği, sinir sistemi fonksiyonlarında bozulma, iritabilite ve anemi gibi hematolojik ve nörolojik belirtilerle kendini gösterebilmektedir⁸¹.

B12 vitamini eksikliği, megaloblastik anemi ve nörolojik dejenerasyon ile ilişkilidir. Hafıza bozuklukları, denge problemleri ve uyuşma hissi gibi belirtiler sık görülmektedir⁸².

Folik asit (B9) eksikliği ise DNA sentezinin bozulmasına bağlı olarak megaloblastik anemiye yol açmakta ve özellikle gebelik döneminde nöral tüp defekti riskini artırmaktadır⁸³.

C vitamini eksikliği, bağ dokusu sentezinin bozulmasına bağlı olarak skorbut hastalığı ile sonuçlanmaktadır. Diş eti kanamaları, yara iyileşmesinde gecikme ve genel halsizlik en belirgin klinik bulgular arasında yer almaktadır⁸⁴.

2.4. Vitamin Eksikliğinde Görülen Hastalıklar Nelerdir

Vitaminler, insan organizmasında enerji metabolizmasına doğrudan katkı sağlamamakla birlikte, hücresel düzeyde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonların düzenlenmesinde kritik rol oynayan temel mikrobesein öğeleridir. Bu nedenle vitaminlerin yetersiz alımı, yalnızca biyokimyasal dengesizliklere değil, aynı zamanda klinik düzeyde belirgin hastalık tablolarının ortaya çıkmasına da neden olmaktadır. Vitamin eksikliğine bağlı gelişen hastalıklar, eksikliği bulunan vitaminin türüne göre farklı organ ve sistemleri etkileyebilmekte; bu durum klinik çeşitliliği artırmaktadır⁸⁵. Beslenme yetersizliklerine bağlı bu hastalıklar,

⁷⁹ Buket Küçük Ataman, *B12 Vitamin Eksikliğinde Transkobalamin II Gen Polimorfizmlerinin Araştırılması*, 2019.

⁸⁰ Emine Karataş Koçberber ve Haberler Yazarlar, *BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ: A VE B VİTAMİNLERİ*, t.y.

⁸¹ Emine Karataş Koçberber ve Haberler Yazarlar, *BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ: A VE B VİTAMİNLERİ*, t.y.

⁸² Fatih Mehmet Azık vd., “B12 vitamini ve/veya folik asit eksikliğinde hematolojik belirtiler olmadan nörolojik bozukluklar ortaya çıkar mı”, *Pamukkale Tıp Dergisi* 8, sy 2 (2015): 166-70.

⁸³ Ayşe Dila Yerli, *Hücre Bölünmesinden Yaşama Folik Asit Yolculuğu*, t.y.

⁸⁴ Hayriye ÇAKIR Atabek ve Filiz Özdemir, “C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisi”, *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 5, sy 2 (2010): 60-69.

⁸⁵ Ali TÜRKER ve Oğuzhan YÜKSEL, “Beslenmede Vitaminlerin Önemi”, *Beslenme ve Obezite* 7 (2019).

özellikle uzun süreli dengesiz beslenme, malabsorpsiyon sendromları ve artmış metabolik ihtiyaç durumlarında daha sık görülmektedir.

Vitamin eksikliklerine bağlı hastalıklar genel olarak yağda çözünen ve suda çözünen vitaminlere bağlı hastalıklar şeklinde sınıflandırılabilir. Yağda çözünen vitamin eksiklikleri genellikle daha yavaş gelişmekte ve vücutta depolanma özellikleri nedeniyle uzun süreli yetersizlik sonucunda klinik bulgu vermektedir. Suda çözünen vitamin eksiklikleri ise daha hızlı ortaya çıkmakta ve kısa sürede sistemik etkiler oluşturabilmektedir⁸⁶.

2.4.1. Yağda Çözünen Vitamin Eksikliklerine Bağlı Hastalıklar

Yağda çözünen vitaminler A, D, E ve K vitaminlerinden oluşmakta olup, bu vitaminlerin eksiklikleri çeşitli sistemik hastalıklarla ilişkilidir⁸⁷.

A vitamini eksikliği, başta gece körlüğü (niktalopi) olmak üzere kseroftalmi ve keratomalazi gibi ciddi göz hastalıklarına yol açabilmektedir. Epitel dokunun bütünlüğünün bozulması nedeniyle solunum ve sindirim sistemlerinde enfeksiyonlara yatkınlık artmakta, bağışıklık sistemi zayıflamaktadır. Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkelerde önemli bir halk sağlığı problemi olarak değerlendirilmektedir⁸⁸.

D vitamini eksikliği, kalsiyum ve fosfor metabolizmasının bozulmasına bağlı olarak iskelet sistemi hastalıklarına neden olmaktadır. Çocuklarda raşitizm, kemiklerin yumuşaması ve deformasyonları ile karakterize bir hastalık olarak ortaya çıkarken, yetişkinlerde osteomalazi ve uzun vadede osteoporoz gelişebilmektedir. Bu hastalıklar, kemik yoğunluğunun azalması ve kırık riskinin artması ile sonuçlanmaktadır⁸⁹.

E vitamini eksikliği nadir görülmeyle birlikte, özellikle prematüre bebeklerde ve yağ emilim bozukluğu olan bireylerde nöromusküler hastalıklara yol açabilmektedir. Periferik nöropati, kas zayıflığı ve koordinasyon bozuklukları bu eksiklikle ilişkili klinik tablolar arasında yer almaktadır.

K vitamini eksikliği ise kanama bozuklukları ile karakterize hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Pıhtılaşma faktörlerinin sentezindeki bozulma sonucu hemorajik diyatez gelişmekte, diş eti kanamaları, burun kanamaları ve iç kanamalar görülebilmektedir. Yenidoğanlarda görülen

⁸⁶ Tuğçe Torun ve Hicran Çavuşoğlu, "D vitamini eksikliğine bağlı rikets ve hemşirelik bakımı", *Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi* 5, sy 2 (2018): 169-76.

⁸⁷ Karaağaç ve Pınarlı, "Yağda Çözünen Vitaminler ve Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri".

⁸⁸ Bingöl, *Vitaminler ve enzimler*, 1977.

⁸⁹ AŞKIN ve ÖZKOCA, "Yağda Çözünen Vitaminler: A, D, E, K".

K vitamini eksikliği kanamaları, yaşamı tehdit edebilecek düzeyde ciddi komplikasyonlara yol açabilmektedir⁹⁰.

2.4.2. Suda Çözünen Vitamin Eksikliklerine Bağlı Hastalıklar

Suda çözünen vitaminler B grubu vitaminleri ve C vitaminini kapsamakta olup, bu vitaminlerin eksiklikleri genellikle daha hızlı gelişen hastalık tablolarına neden olmaktadır.

B1 vitamini (tiamin) eksikliği, beriberi hastalığına yol açmaktadır. Bu hastalık kuru ve yaş beriberi olarak iki klinik formda görülmektedir. Kuru beriberi nörolojik sistem üzerinde etkili olup periferik sinir hasarı, kas güçsüzlüğü ve refleks kaybı ile karakterizedir. Yaş beriberi ise kardiyovasküler sistemi etkileyerek kalp yetmezliği ve ödem gelişimine neden olmaktadır⁹¹.

B2 vitamini (riboflavin) eksikliği ariboflavinoz olarak bilinen bir hastalığa yol açmaktadır. Bu durum ağız köşelerinde çatlaklar (keilozis), dilde iltihaplanma (glossit) ve cilt lezyonları ile karakterizedir. Ayrıca gözlerde ışığa duyarlılık ve görme bozuklukları da görülebilmektedir⁹².

B3 vitamini (niasin) eksikliği pellegra hastalığı ile ilişkilidir. Pellegra, dermatit, diyare ve demans triadı ile karakterize olup ileri vakalarda ölümle sonuçlanabilmektedir. Bu hastalık özellikle mısır ağırlıklı beslenme düzenine sahip toplumlarda daha sık görülmektedir⁹³.

B6 vitamini (piridoksin) eksikliği, sinir sistemi bozuklukları, irritabilite ve sideroblastik anemi gibi hematolojik hastalıklarla ilişkilidir. Bu durum özellikle protein metabolizmasının bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır⁹⁴.

B12 vitamini (kobalamin) eksikliği, megaloblastik anemi ve nörolojik dejenerasyon ile karakterizedir. Denge kaybı, hafıza problemleri ve periferik nöropati bu hastalıkta sık görülen klinik bulgulardır. Uzun süreli eksikliklerde kalıcı sinir sistemi hasarı gelişebilmektedir⁹⁵.

Folik asit (B9 vitamini) eksikliği de megaloblastik anemiye yol açmakta ve özellikle gebelik döneminde nöral tüp defektleri riskini artırmaktadır. Bu nedenle gebelik öncesi ve gebelik sürecinde folik asit alımı büyük önem taşımaktadır⁹⁶.

⁹⁰ Önaldı, "K Vitamini Tanımı Etkinliği".

⁹¹ Dankı vd., "B 12 Vitamini Eksikliğine Bağlı Psikotik Bozukluk."

⁹² Koçberber ve Yazarlar, *BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ: A VE B VİTAMİNLERİ*, t.y.

⁹³ Koçberber ve Yazarlar, *BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ: A VE B VİTAMİNLERİ*, t.y.

⁹⁴ TÜRKER ve YÜKSEL, "Beslenmede Vitaminlerin Önemi", 2019.

⁹⁵ Hafızoğlu, "B12 Vitamini Eksikliğinin Depresyon İle İlişkinin Değerlendirilmesi".

⁹⁶ ÖZTÜRK, "BESLENME VE SAĞLIK İLİŞKİSİ".

C vitamini eksikliği ise skorbut hastalığına neden olmaktadır. Bu hastalık bağ dokusu sentezinin bozulmasına bağlı olarak diş eti kanamaları, yara iyileşmesinde gecikme, ciltte morarma ve genel halsizlik ile karakterizedir⁹⁷.

2.5. Vitamin Yararları

Vitaminler, insan vücudunda enerji kaynağı olarak doğrudan kullanılmamakla birlikte, metabolik süreçlerin düzenlenmesinde, hücre fonksiyonlarının sürdürülmesinde ve genel fizyolojik dengenin korunmasında kritik rol oynayan organik bileşiklerdir. Bu mikro besin öğeleri, enzim sistemlerinin etkinliğini artıran koenzim veya kofaktör olarak görev yaparak karbonhidrat, protein ve yağ metabolizmasının sağlıklı biçimde yürütülmesine katkı sağlar. Bu nedenle vitaminlerin yeterli ve dengeli düzeyde alınması, yalnızca büyüme ve gelişme süreçleri açısından değil, aynı zamanda bağışıklık sistemi, sinir sistemi ve endokrin sistem başta olmak üzere birçok biyolojik sistemin işlevselliği açısından da temel bir gerekliliktir⁹⁸.

Vitaminlerin en önemli yararlarından biri bağışıklık sisteminin güçlendirilmesidir. Özellikle A, C, D ve E vitaminleri, bağışıklık hücrelerinin üretimi, aktivasyonu ve patojenlere karşı savunma mekanizmalarının düzenlenmesinde önemli görevler üstlenir. A vitamini epitel dokuların bütünlüğünü koruyarak mikroorganizmaların vücuda girişini engellerken, C vitamini lökosit fonksiyonlarını destekleyerek enfeksiyonlara karşı direnci artırır⁹⁹. D vitamini ise hem doğal hem de kazanılmış bağışıklık yanıtını düzenleyerek inflamatuvar süreçlerin dengelenmesine katkıda bulunur. Bu bağlamda vitaminler, enfeksiyon hastalıklarına karşı koruyucu bir kalkan oluşturur.

Metabolik süreçler açısından değerlendirildiğinde vitaminler, enerji üretiminde dolaylı ancak vazgeçilmez bir role sahiptir. B grubu vitaminleri özellikle karbonhidratların glikoza, yağların yağ asitlerine ve proteinlerin amino asitlere dönüştürülmesinde görev alan enzim sistemlerinin etkinliğini sağlar. Tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin (B3) ve kobalamin (B12) gibi vitaminler, hücre düzeyinde ATP üretiminin gerçekleştiği enerji metabolizmasının temel bileşenlerindedir. Bu vitaminlerin eksikliği durumunda enerji üretim süreçleri yavaşlamakta, yorgunluk, halsizlik ve performans düşüklüğü gibi belirtiler ortaya çıkmaktadır¹⁰⁰.

⁹⁷ Atabek ve Özdemir, "C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisi".

⁹⁸ Çobanoğlu, "D Vitamininin Biyolojisi ve Doğal Kaynakları".

⁹⁹ Çivi ve Akman, "A Vitamini Eksikliği ve Korunma".

¹⁰⁰ Bingöl, *Vitaminler ve enzimler*, 1977.

Vitaminler aynı zamanda sinir sistemi sağlığı üzerinde de belirleyici bir etkiye sahiptir. Özellikle B1, B6 ve B12 vitaminleri sinir hücrelerinin yapısal bütünlüğünü koruyarak sinir iletim süreçlerinin düzenli bir şekilde gerçekleşmesine katkı sağlar. B12 vitamini miyelin kılıfın korunmasında kritik rol oynarken, B6 vitamini nörotransmitter sentezinde görev alır. Bu süreçlerin sağlıklı işlemesi, bilişsel fonksiyonların korunması, hafıza süreçlerinin güçlendirilmesi ve duygudurum dengesinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla vitaminler, nörolojik hastalıkların önlenmesinde de dolaylı bir koruyucu faktör olarak değerlendirilmektedir¹⁰¹.

Kemik ve diş sağlığı açısından vitaminlerin rolü oldukça belirgindir. D vitamini, kalsiyum ve fosfor metabolizmasını düzenleyerek kemik mineralizasyonunu destekler. Bu süreç, özellikle çocukluk döneminde raşitizm riskinin azaltılması ve ileri yaşlarda osteoporozun önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. K vitamini ise kemik proteinlerinin sentezinde görev alarak kemik yoğunluğunun korunmasına katkıda bulunur. A vitamini de kemik gelişimi ve büyüme süreçlerinde düzenleyici bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle vitaminler, iskelet sisteminin sağlıklı gelişimi ve devamlılığı açısından vazgeçilmezdir¹⁰².

Antioksidan özellikleri sayesinde bazı vitaminler, hücreleri oksidatif stresin zararlı etkilerinden korur. Özellikle C ve E vitaminleri, serbest radikallerin neden olduğu hücresel hasarı azaltarak yaşlanma sürecini yavaşlatır ve kronik hastalıkların oluşum riskini düşürür. Oksidatif stres, kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve nörodejeneratif hastalıklar gibi birçok patolojik durumun temel mekanizmalarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda antioksidan vitaminler, hücresel düzeyde koruyucu bir savunma sistemi oluşturarak genel sağlık durumunun korunmasına katkıda bulunur¹⁰³.

Cilt sağlığı ve doku onarımı açısından da vitaminlerin önemli etkileri bulunmaktadır. A vitamini cilt hücrelerinin yenilenmesini desteklerken, C vitamini kolajen sentezinde görev alarak cilt elastikiyetinin korunmasına yardımcı olur. E vitamini ise cilt bariyerini güçlendirerek çevresel faktörlere karşı koruyucu bir etki sağlar. Bu özellikleri sayesinde vitaminler, yara iyileşme süreçlerinin hızlanmasına ve cilt bütünlüğünün korunmasına katkıda bulunur¹⁰⁴.

Bunun yanı sıra vitaminler, hormonal denge üzerinde de düzenleyici bir etkiye sahiptir. Özellikle D vitamini, insülin salgısı ve tiroid fonksiyonları

¹⁰¹ Doğan ve Demirci, "Vitamin B12 ve nörolojik hastalıklardaki etkisi", 2010.

¹⁰² Namıduru ve Tarakçıoğlu, "K vitamini ve osteoporoz".

¹⁰³ Budak ve Dinckaya, "L-Askorbik asit (C vitamini) tayinine yönelik kalem grafit elektrot-askorbat oksidaz temelli yeni bir biyosensör geliştirilmesi".

¹⁰⁴ Atabek ve Özdemir, "C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisi".

üzerinde etkili olup endokrin sistemin dengeli çalışmasına katkı sağlar. Bu durum, metabolik hastalıkların önlenmesi ve hormonal dengenin korunması açısından önemlidir. Ayrıca bazı vitaminler üreme sağlığı üzerinde de etkili olup, fertilité süreçlerinin düzenlenmesine katkıda bulunmaktadır¹⁰⁵. Bu bağlamda; vitaminler, insan vücudunun hemen her sisteminde çok yönlü ve vazgeçilmez görevler üstlenen mikro besin öğeleridir. Bağışıklık sisteminden sinir sistemine, kemik sağlığından enerji metabolizmasına kadar geniş bir etki alanına sahip olan vitaminler, sağlıklı yaşamın sürdürülebilmesi için yeterli ve dengeli beslenmenin ayrılmaz bir parçasıdır. Vitaminlerin eksikliği kadar aşırı alımı da çeşitli sağlık sorunlarına yol açabileceğinden, beslenme planlamasında bilimsel temellere dayalı bir yaklaşım benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

2.6. Fazla Vitamin Alınca Sakıncaları Nelerdir

Vitaminler, insan sağlığının sürdürülmesi için gerekli olan temel mikro besin öğeleri arasında yer almakla birlikte, bu bileşiklerin yararlı etkileri belirli bir fizyolojik denge sınırı içinde ortaya çıkmaktadır. Bu sınırın aşılması durumunda, özellikle yağda çözünen vitaminlerde (A, D, E ve K) birikim meydana gelmekte ve bu durum çeşitli toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Suda çözünen vitaminler (B grubu ve C vitamini) genellikle idrar yoluyla atılabilmekle birlikte, aşırı ve uzun süreli alımlarında onlar da bazı sistemik bozukluklara yol açabilmektedir. Bu nedenle vitaminlerin “ne kadar fazla o kadar faydalı” şeklinde değerlendirilmesi bilimsel açıdan doğru değildir; aksine, vitamin dengesinin korunması homeostatik düzen açısından kritik öneme sahiptir¹⁰⁶.

Aşırı A vitamini alımı, hipervitaminoz A olarak adlandırılan klinik tabloya yol açabilmektedir. Bu durumda karaciğer fonksiyon bozuklukları, baş ağrısı, bulantı, kusma, ciltte kuruluk ve saç dökülmesi gibi belirtiler ortaya çıkabilmektedir. Uzun süreli yüksek doz A vitamini kullanımı özellikle karaciğer üzerinde toksik etki oluşturarak hepatomegali ve fibrozis riskini artırabilmektedir. Ayrıca gebelik döneminde aşırı A vitamini alımı, fetüs üzerinde teratojenik etkilere yol açarak doğumsal anomalilere neden olabilmektedir. Bu durum, vitaminlerin özellikle risk gruplarında dikkatli kullanılması gerektiğini göstermektedir¹⁰⁷.

D vitamini fazlalığı da önemli sağlık sorunlarına yol açan bir diğer durumdur. Bu na Hipervitaminoz D denir. Hipervitaminoz D sonucunda kalsiyum düzeylerinde aşırı artış (hiperkalsemi) meydana gelir. Bu durum

¹⁰⁵ Çobanoğlu, “D Vitamininin Biyolojisi ve Doğal Kaynakları”.

¹⁰⁶ TÜRKER ve YÜKSEL, “Beslenmede Vitaminlerin Önemi”, 2019.

¹⁰⁷ Çivi ve Akman, “A Vitamini Eksikliği ve Korunma”.

böbrek taşları, böbrek fonksiyon bozuklukları, damar sertliği ve yumuşak doku kalsifikasyonları gibi ciddi komplikasyonlara neden olabilmektedir. Ayrıca yüksek kalsiyum düzeyleri sinir sistemi üzerinde de olumsuz etki oluşturarak kas güçsüzlüğü, bilinç bulanıklığı ve ritim bozuklukları gibi klinik tablolara yol açabilmektedir. Bu nedenle D vitamini takviyeleri mutlaka tıbbi kontrol altında kullanılmalıdır¹⁰⁸.

E vitamini, antioksidan özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir vitamin olmakla birlikte, aşırı alımı durumunda kanama eğilimini artırabilmektedir. E vitamininin yüksek dozları, K vitamini ile etkileşime girerek pıhtılaşma mekanizmasını baskılamakta ve özellikle antikoagülan ilaç kullanan bireylerde kanama riskini artırmaktadır. Bunun yanı sıra bazı çalışmalar, uzun süreli yüksek doz E vitamini kullanımının bağışıklık sistemi dengesini bozabileceğini ve bazı kronik hastalık risklerini artırabileceğini göstermektedir.

K vitamini fazlalığı, diğer yağda çözünen vitaminlere göre daha nadir görülmekle birlikte, özellikle sentetik formlarının aşırı kullanımı durumunda hemolitik anemi ve karaciğer toksisitesi gibi yan etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bu durum özellikle yenidoğanlarda daha belirgin olup, dikkatli doz kontrolü gerektirmektedir.

Suda çözünen vitaminler genellikle idrar yoluyla atıldığı için toksisite riski daha düşük kabul edilmekle birlikte, yüksek dozlarda uzun süreli kullanımda çeşitli yan etkiler görülebilmektedir. Örneğin B6 vitamini (piridoksin) aşırı alındığında periferik nöropatiye yol açarak el ve ayaklarda uyuşma, karıncalanma ve duyu kaybı gibi nörolojik sorunlara neden olabilmektedir. B3 vitamini (niasin) yüksek dozlarda kullanıldığında ise karaciğer hasarı, ciltte kızarma (flushing) ve gastrointestinal rahatsızlıklar ortaya çıkabilmektedir¹⁰⁹.

C vitamini fazlalığı ise genellikle ciddi toksisite oluşturmasa da, yüksek dozlarda böbrek taşı oluşum riskini artırabilmekte ve gastrointestinal sistemde ishal, mide krampları gibi sorunlara yol açabilmektedir. Özellikle böbrek hastalığı olan bireylerde C vitamini alımının kontrolsüz şekilde artırılması, oksalat birikimine bağlı komplikasyonlara neden olabilmektedir¹¹⁰.

Vitaminlerin aşırı alımına bağlı bir diğer önemli risk, besin takviyelerinin kontrolsüz kullanımınıdır. Günümüzde bilinçsiz vitamin takviyesi kullanımı, özellikle internet üzerinden kolay erişim nedeniyle yaygınlaşmış durumdadır.

¹⁰⁸ Öçelik, "D vitamini".

¹⁰⁹ HATİPOĞLU, *SAĞLIK BİLİMLERİNDE ÖNCÜ VE YENİLİKÇİ ÇALIŞMALAR*.

¹¹⁰ Kubat vd., "C vitamini bakımından zengin sebze ve meyvelerin beyaz kan hücreleri artışı üzerine etkilerinin araştırılması".

Bu durum, bireylerin kendi sağlık durumlarını değerlendirmeden yüksek doz vitamin kullanımına yönelmesine neden olmakta ve toksisite riskini artırmaktadır. Oysa vitamin gereksinimi bireyin yaşı, cinsiyeti, fizyolojik durumu ve sağlık koşullarına göre değişiklik göstermektedir¹¹¹.

Bunun yanı sıra bazı vitaminlerin aşırı alımı, diğer mikro besin öğeleri ile etkileşime girerek mineral dengesizliklerine yol açabilmektedir. Örneğin yüksek doz çınko alımı bakır emilimini azaltırken, aşırı kalsiyum alımı magnezyum dengesini bozabilmektedir. Bu tür etkileşimler, uzun vadede metabolik dengenin bozulmasına ve çeşitli sistemik hastalıklara zemin hazırlayabilmektedir. Bu bağlamda; vitaminler, insan sağlığı için vazgeçilmez mikro besin öğeleri olmakla birlikte, gereğinden fazla alındıklarında ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Özellikle yağda çözünen vitaminlerin vücutta birikme özelliği nedeniyle toksisite riski daha yüksektir. Bu nedenle vitamin kullanımı, bilimsel veriler ışığında, bireysel ihtiyaçlara göre ve mümkün olduğunca doğal besin kaynakları üzerinden sağlanmalıdır. Gerektiğinde ise hekim kontrolünde takviye kullanımı tercih edilmeli, kontrolsüz ve yüksek doz uygulamalardan kaçınılmalıdır. Bu yaklaşım, hem vitamin eksikliğinin hem de fazlalığının oluşturabileceği sağlık risklerini en aza indirmek açısından büyük önem taşımaktadır.

¹¹¹ Atabek ve Özdemir, “C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisi”.

3. İnsan Beslenmesinin Biyokimyasal Temelleri

İnsan beslenmesi yalnızca enerji ihtiyacının karşılanmasına indirgenemeyecek kadar karmaşık bir biyolojik süreçtir. Bu süreç, hücresele düzeyde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlar aracılığıyla besin öğelerinin metabolize edilmesi, enerjiye dönüştürülmesi ve organizmanın yapısal gereksinimlerinin karşılanmasını kapsar. Besinlerle alınan organik ve inorganik bileşikler, sindirim sistemi aracılığıyla daha küçük moleküllere ayrılır ve ardından metabolik yollar üzerinden hücrelerin kullanımına sunulur. Bu nedenle insan beslenmesi, biyokimya ile doğrudan ilişkili olan metabolik süreçler temelinde anlaşılabilir¹¹².

Biyokimyasal açıdan beslenme; besin öğelerinin **sindirim, emilim, metabolizma ve depolanma** süreçleriyle organizmaya kazandırılması olarak tanımlanabilir. Bu süreçler, başta karbonhidratlar, lipitler ve proteinler olmak üzere makrobesinlerin ve vitaminler ile mineraller gibi mikrobesinlerin metabolik işlevleriyle yakından ilişkilidir. Besin öğeleri yalnızca enerji sağlamaz; aynı zamanda hücresele yapıların oluşumu, enzimatik reaksiyonların yürütülmesi ve fizyolojik düzenin korunması gibi hayati işlevlerde rol oynar¹¹³.

3.1. Sindirim ve Emilimin Biyokimyasal Boyutu

Beslenmenin biyokimyasal temelleri sindirim süreci ile başlar. Sindirim, kompleks besin moleküllerinin enzimatik reaksiyonlar yoluyla daha küçük ve emilebilir birimlere ayrılmasıdır. Bu süreç ağızda mekanik ve kimyasal parçalanma ile başlar, mide ve ince bağırsakta devam eder. Sindirim sisteminde salgılanan enzimler, makromoleküllerin parçalanmasında belirleyici rol oynar¹¹⁴.

¹¹² “ART/icle: Journal of Art and Design » Submission » Fonksiyonel Gıdaların Gastronomideki Önemi”, erişim 05 Nisan 2026, <https://dergipark.org.tr/en/pub/stdarticle/article/1035071>.

¹¹³ “Kültür ve İletişim » Makale » Popüler Bir Konu Olarak Paleo Diyete Eleştirel Bakmak”, erişim 05 Nisan 2026, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kulturveiletisim/article/1431307>.

¹¹⁴ Melisa Kırnapçı ve Müzeyyen Berkel Kaşıkçı, “Antosiyeninler Gıda Matrisindeki Diğer Bileşenlerle Etkileşimlerinin Antosiyeninlerin Sindirim ve Emilimlerinin Üzerine Etkileri”, *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi* 9, sy 2 (2025): 144-55, <https://doi.org/10.47137/usufedbid.1730491>.

Karbonhidratlar sindirim sırasında monosakkaritlere, proteinler amino asitlere, lipitler ise yağ asitleri ve gliserole ayrılır. Bu küçük moleküller ince bağırsak mukozasından emilerek kan dolaşımına veya lenf sistemine geçer. Emilim sonrası besin öğeleri karaciğer başta olmak üzere çeşitli dokulara taşınır ve burada metabolik süreçlere katılır¹¹⁵.

Karaciğer, besin metabolizmasında merkezi bir organdır. Glikoz metabolizmasının düzenlenmesi, amino asitlerin dönüştürülmesi ve lipit metabolizmasının kontrol edilmesi gibi birçok biyokimyasal süreç karaciğer aracılığıyla gerçekleşir. Bu yönüyle karaciğer, beslenme ile metabolizma arasındaki en önemli bağlantı noktalarından biridir¹¹⁶.

3.2. Enerji Metabolizması ve ATP Üretimi

Beslenmenin biyokimyasal temelinde yer alan en önemli süreçlerden biri **enerji metabolizmasıdır**. Hücrelerin yaşamlarını sürdürebilmesi için enerjiye ihtiyaç vardır ve bu enerji çoğunlukla **adenozin trifosfat (ATP)** molekülü biçiminde kullanılır. Besinlerden elde edilen kimyasal enerji metabolik yollar aracılığıyla ATP'ye dönüştürülür¹¹⁷.

¹¹⁵ Mustafa Altınışık, "Biochemical Approach to Carbohydrate Metabolism Disorders", *Meandros Medical And Dental Journal* 11, sy 1 (2010): 51-59.

¹¹⁶ "Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute » Submission » Kanatlı ve Memeli Karaciğerinde Karbonhidrat ve Yağ Metabolizmasının Karşılaştırılması", erişim 05 Nisan 2026, <https://dergipark.org.tr/en/pub/maeusabed/article/356417>.

¹¹⁷ "Erzincan Binali Yıldırım University Journal of Health Sciences Institute » Submission » Kalbin Enerji Metabolizması: Kalp Yetmezliğinde ve Kardiyomiyopatide Enerji Metabolizmasında Görülen Değişikler", erişim 05 Nisan 2026, <https://dergipark.org.tr/en/pub/ebyusbed/article/1658843>.

İnsan Beslenmesinin Biyokimyasal Temelleri: Gıdadan HücreSEL Enerjiye

Makro Besin Öğeleri ve Kimyasal Yapıları

Karbonhidratlar: Birleşik Enerji Kaynağı



C, H ve O elementlerinden oluşan karbonhidratlar, glikoz gibi monosakkaritlerden oluşan şeker kompleksleri olan oligosakkaritler kadar şekerli glikozlar ve enzimler 500-600'ye ulaşır.

Karbonhidrat	H	O
4 kcal (1g)	C, H, O	Nitrojenli (Dizakar)

Proteinler: Yaşamın Yapı Taşları



Amino asitler polimer formuyla oluşan proteinler, yapıtaşlarıdır. 20'den fazla amino asit ile oluşturulmuş proteinler, hücrenin en önemli yapı taşlarıdır.

Protein	H	O
4 kcal (1g)	C, H, O, N	Amino Asit

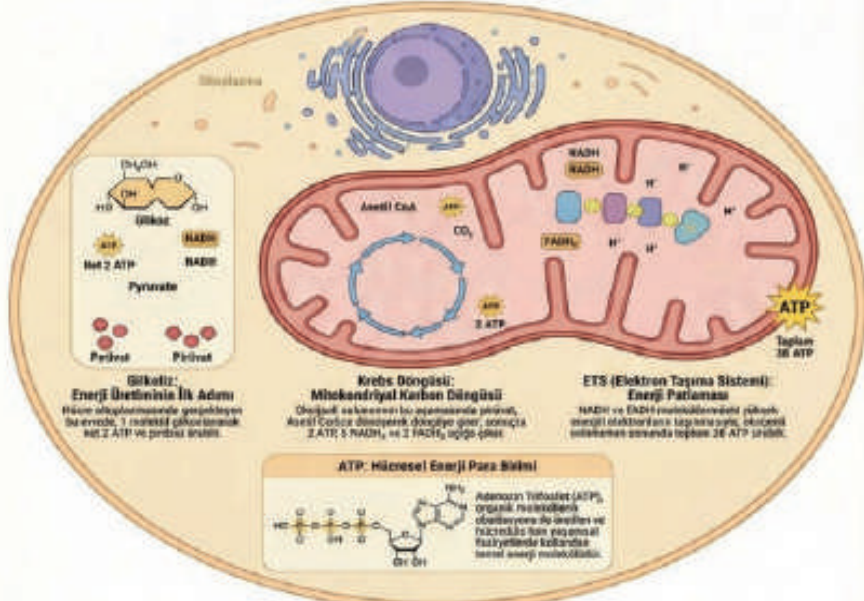
Lipitler: Yüklük Enerji Deposu



Suda çözünmeyen bu organik bileşikler, en yüksek enerji verir. Hücrelerin rezervuarı ve yağda enzimler (A, D, E, K) depolanır.

Lipit (Yağ)	H	P
9 kcal (1g)	C, H, O (N, P)	Yağ Asit ve Glicerol

HücreSEL Solunum ve ATP Üretim Süreci



Glikoliz: Enerji Üretiminin İlk Adımı

Hücre sitoplazmasında gerçekleşen bu süreç, 1 molekül glukozu 2 molekül pirüvat ve net 2 ATP'ye dönüştürür.

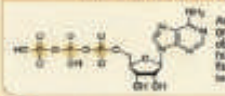
Krebs Döngüsü: Mitokondriyal Karbon Döngüsü

Özellikle yağ asitleri bu aşamada pirüvat, Asetil CoA'ya dönüştürülür. Bu süreçte toplam 3 ATP, 5 NADH ve 2 FADH₂ üretilir.

ETS (Elektron Taşıma Sistemi): Enerji Patlaması

NADH ve FADH₂ mitokondriyal membran üzerindeki elektron taşıyıcılar aracılığıyla oksijenle reaksiyona girer ve toplamda net 26 ATP üretir.


ATP: HücreSEL Enerji Para Birimi




Adenosin Triphosfat (ATP), organik moleküllerin oksidasyonu ile üretilen ve hücrenin tüm enzimsel faaliyetlerinde kullanılan temel enerji molekülüdür.

Metabolik Regülasyon: İnsülin ve Glukagon Dengesi

İnsülin: Depolama Hormonu




Glukozu ve Lipidleri hücreye sokarak depolama sağlar. İnsülin, glukozun hücreye girip, glikojen sentezi (glukozun yağ depolanmasını) sağlar.



Metabolik Tehterevelli

Vücut, yüksek düzeyde anabolik (yapıcı) süreç durumunda ise katabolik (yıkıcı) yollar arasında bir dengeyi sağlar.

Glukagon: Enerji Serbestleştirme Hormonu



Glukozu ve Lipidleri hücreden çıkararak serbestleştirir. Glukagon, glukozun hücreden çıkmasını sağlar ve proteinlerin glikojene dönüşümünü sağlar.

Mikro Besinler ve Yaşam İçin Önemi

Vitaminler: Organik Düzenleyiciler



Yağda eriyen (A, D, E, K) ve suda eriyen (B grubu, C) vitaminler, en önemli enzimlerin ve metabolik süreçlerin düzenlenmesinde önemli rol alır.

Mineraller ve Su



Mineraller, elektrolit dengesi ve sodyum iyonları için önemlidir. En önemli mineraller şunlardır: sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, iyot, selenyum.

kaynak ¹¹⁸

Karbonhidrat metabolizmasında glikozun parçalanmasıyla başlayan **glikoliz** süreci, enerji üretiminin ilk aşamasıdır. Glikolizi takiben oluşan ara ürünler sitrik asit döngüsüne (Krebs döngüsü) girerek daha fazla enerji üretimine katkı sağlar. Bu süreçlerin sonunda elektron taşıma zinciri aracılığıyla oksidatif fosforilasyon gerçekleşir ve hücresel enerji üretiminin büyük bölümü burada sağlanır¹¹⁹.

Lipitler ise özellikle uzun süreli enerji gereksinimlerinde önemli bir yakıt kaynağıdır. Yağ asitleri mitokondride gerçekleşen **β -oksidasyon** süreci ile parçalanarak enerji üretimine katılır. Proteinler ise esas olarak yapısal ve fonksiyonel görevler üstlenmekle birlikte, enerji gereksiniminin arttığı durumlarda amino asitlerin de metabolik yollara katıldığı bilinmektedir¹²⁰.

3.3. Enzimler ve Metabolik Düzenleme

Beslenmenin biyokimyasal temelleri yalnızca metabolik yolların varlığıyla değil, bu yolların düzenlenmesiyle de ilişkilidir. Hücresel metabolizma, büyük ölçüde **enzimler** tarafından kontrol edilir. Enzimler, biyokimyasal reaksiyonların hızını artıran protein yapılarıdır ve metabolik süreçlerin düzenli biçimde gerçekleşmesini sağlar¹²¹.

Metabolik yolların düzenlenmesinde hormonların da önemli bir rolü vardır. Örneğin **insülin** ve **glukagon**, karbonhidrat metabolizmasının düzenlenmesinde temel hormonlar arasında yer alır. İnsülin, hücrelerin glikozu kullanmasını ve depolamasını teşvik ederken; glukagon, kan şekeri düzeyinin düşmesi durumunda depolanmış glikozun serbest bırakılmasını sağlar. Bu hormonlar sayesinde organizma enerji dengesini koruyabilir.

Ayrıca vitaminler ve mineraller birçok enzimatik reaksiyonun gerçekleşmesi için **koenzim** veya **kofaktör** olarak görev yapar. Bu nedenle mikrobislerin eksikliği metabolik süreçlerin aksamasına ve çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına yol açabilir.

¹¹⁹ Mehmet Esen, "Farklı meme kanseri hücre tiplerinin (MCF-7, MDA-MB-231, CRL-4010) organik asit profilinin incelenmesi / Investigation of the organic acid profile of different breast cancer cell types (MCF-7, MDA-MB-231, CRL-4010)" (Thesis, 2019), <http://acikerisim.har-ran.edu.tr:8080/xmlui/handle/11513/2211>.

¹²⁰ Kübra Güler, "Adölesan Dönem Sporcu ve Sedanter Bireylerde Somatotip Yapı ve Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Parametrelerin Karşılaştırılması" (masterThesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2024), <https://earsiv.odu.edu.tr/xmlui/handle/11489/5443>.

¹²¹ Mehtap Şahin ve Özlem Yıldırım, "ACC Enziminin Metabolik Hastalıklarda Terapötik Hedef Olarak Değerlendirilmesi", *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi* 3, sy 2 (2022): 70-82.

3.4. Beslenme ve Hücresel Yapı

Besin öğeleri yalnızca enerji üretiminde değil, aynı zamanda hücresel yapıların oluşumunda ve sürdürülebilirliğinde de merkezi bir rol oynar. Proteinler, kas dokusu, bağ dokusu, enzimler ve çeşitli organel yapılarının temel yapı taşlarını oluştururken, hücre içi sinyal iletimi ve metabolik süreçlerin düzenlenmesinde de işlevsel roller üstlenir. Bu bağlamda, yeterli ve kaliteli protein alımı, hem dokusal bütünlüğün korunması hem de metabolik aktivitelerin sürdürülebilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Lipitler, hücre zarlarının başlıca bileşenleri olan fosfolipitler, kolesterol ve diğer sterollerin yapısında bulunur. Hücre zarının akışkanlığı, geçirgenliği ve işlevselliği büyük ölçüde bu lipit bileşimine bağlıdır. Özellikle doymamış yağ asitleri, membran esnekliğini artırırken, kolesterol hücre zarının stabilitesini sağlar ve membran proteinlerinin işlevini destekler. Bu durum, beslenme ile hücresel yapı ve fonksiyonlar arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Lipitlerin ayrıca enerji depolama, hormon sentezi ve inflamatuvar yanıtların düzenlenmesi gibi metabolik süreçlerde de kritik roller üstlendiği bilinmektedir.

Buna ek olarak, nükleik asitlerin sentezinde görev alan bazı besin öğeleri, hücresel çoğalma, genetik bilginin doğru aktarımı ve DNA onarımı açısından kritik bir öneme sahiptir. Folat, B12 vitamini ve çeşitli mineraller, DNA ve RNA sentezinde kofaktör veya öncü molekül olarak görev yapar. Bu besin öğelerinin eksikliği, hücresel çoğalma ve dokusal yenilenme süreçlerini olumsuz etkileyebilir, metabolik ve genetik düzenlemelerde aksamalara yol açabilir.

3.5. Metabolik Denge ve Homeostaz

İnsan organizması, karmaşık biyokimyasal süreçlerin hassas ve dengeli bir şekilde yürütülmesi sayesinde homeostaz olarak adlandırılan iç dengeyi korur. Bu denge, sıcaklık, pH, kan şekeri seviyeleri, iyon konsantrasyonları ve enerji durumu gibi birçok parametrenin belirli sınırlar içinde tutulmasını içerir. Beslenme, bu homeostatik mekanizmaların sürdürülmesinde temel bir faktör olarak öne çıkar. Yeterli ve dengeli bir besin alımı, metabolik yolların verimli çalışmasını sağlar, hücresel enerji üretimini optimize eder ve organ sistemlerinin koordineli işleyişine katkıda bulunur¹²².

Öte yandan, yetersiz veya dengesiz beslenme, karbonhidrat, protein veya lipit eksikliği ya da aşırı alımı gibi durumlar, metabolik süreçlerin düzenini

¹²² "Aksaray Üniversitesi Tıp Bilimleri Dergisi » Submission » TİP 2 DİABETES MELLİTUSTA KETOJENİK DİYETİN ETKİLERİ", erişim 05 Nisan 2026, <https://dergipark.org.tr/en/pub/asujms/article/1256943>.

bozarak homeostazın bozulmasına yol açabilir. Bu durum, insülin direnci, obezite, kardiyometabolik hastalıklar, mikronutrient eksiklikleri ve bağışıklık sistemi zayıflığı gibi pek çok sağlık sorununa zemin hazırlar. Özellikle kronik yetersiz beslenme veya aşırı enerji alımı, hormon seviyelerini, enzimatik aktiviteleri ve hücrel sinyal yollarını etkileyerek uzun vadeli metabolik bozukluklara neden olabilir¹²³.

Modern beslenme bilimi ise yalnızca besin öğelerinin miktarına odaklanmakla kalmaz; aynı zamanda bu öğelerin metabolik süreçler üzerindeki etkilerini ayrıntılı olarak incelemektedir. Enerji dengesi, hormonal düzenleme ve hücrel metabolizma arasındaki karşılıklı ilişkiler, beslenme araştırmalarının temel konularını oluşturur. Örneğin, insülin, glukagon, leptin ve ghrelin gibi hormonlar, enerji alımı, depolanması ve tüketimi süreçlerini düzenlerken, besinlerin kalitesi ve bileşimi bu hormonların salınımını doğrudan etkiler. Ayrıca, karbonhidrat, lipid ve proteinlerin metabolik yollardaki dönüşüm hızları, dokuların enerji ihtiyacı ve besinlerin sindirilebilirliği, bireysel metabolik yanıtları belirleyen kritik faktörler arasında yer alır. Buna ek olarak, modern yaklaşımlar enerji harcaması ve besin alımı arasındaki dengeyi sadece kısa vadeli değil, uzun vadeli sağlık sonuçlarıyla ilişkilendirir. Metabolik adaptasyonlar, oksidatif stres yanıtları ve inflamatuvar süreçler, beslenme ile metabolizma arasındaki etkileşimin klinik ve moleküler düzeyde nasıl şekillendiğini anlamada önemli parametrelerdir. Bu bağlamda, dengeli ve kaliteli beslenme, hem homeostazın korunması hem de kronik hastalıkların önlenmesi için stratejik bir öneme sahiptir¹²⁴.

¹²³ Aliye Özenoğlu, *Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları* (Eğitim Yayınevi, 2024).

¹²⁴ Fatma ÇAYCI ATALAY, *Beslenme ve Sağlık* (Efe Akademi Yayınları, 2024).

4. Makrobesin Metabolizması ve Sağlık İlişkisi

Beslenme bilimi, insan sağlığının korunması ve hastalıkların önlenmesi açısından besin öğelerinin metabolik süreçlerdeki rolünü inceleyen önemli bir bilim alanıdır. Bu bağlamda makrobesinler olarak adlandırılan karbonhidratlar, lipitler ve proteinler, organizmanın enerji gereksiniminin karşılanması ve yapısal bütünlüğünün korunmasında temel işlevler üstlenir. Makrobesin metabolizması, bu besin öğelerinin sindirim, emilim ve hücresele düzeyde metabolik dönüşümlerini kapsayan karmaşık bir biyokimyasal süreçtir. Bu süreçlerin dengeli bir şekilde yürütülmesi, metabolik sağlığın korunmasında belirleyici bir rol oynar¹²⁵.

Makrobesin metabolizmasının temel amacı, besinlerle alınan kimyasal enerjinin organizma tarafından kullanılabilir forma dönüştürülmesidir. Bu dönüşüm sürecinde hücrelerin enerji ihtiyacı büyük ölçüde **adenozin trifosfat (ATP)** üretimi yoluyla karşılanır. Karbonhidratlar hızlı enerji kaynağı olarak metabolize edilirken, lipitler uzun süreli enerji depolanmasında ve proteinler ise daha çok yapısal ve fonksiyonel süreçlerde rol oynar. Bu farklı işlevler, makrobesinlerin metabolik sistem içindeki tamamlayıcı rolünü ortaya koyar.¹²⁶

Karbonhidrat metabolizması, organizmanın enerji dengesinin düzenlenmesinde merkezi bir konuma sahiptir. Sindirim sürecinde glikoza dönüştürülen karbonhidratlar, hücrelerde çeşitli metabolik yollar aracılığıyla enerji üretimine katılır. Glikozun parçalanmasıyla başlayan metabolik süreçler, hücresele enerji üretiminin temel basamaklarını oluşturur. Ancak karbonhidrat metabolizmasının dengesizliği, özellikle kan glikoz düzeylerinin kontrolünde sorunlara yol açarak çeşitli metabolik hastalıkların ortaya çıkmasına neden

¹²⁵ Tuba Tekin vd., "İNTESTİNAL MİKROBİYOTA VE OBEZİTE İLİŞKİSİ", *Sağlık Bilimleri Dergisi* 27, sy 1 (2018): 95-99.

¹²⁶ Gökçe Sueda Aydoğdu ve Eda Köksal, "HEDONİK AÇLIK VE MAKRO BESİN ÖĞELERİ İLE İLİŞKİSİ", *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi* 7, sy 1 (2022): 154-63, <https://doi.org/10.52881/gsbdergi.958923>.

olabilir. Bu nedenle karbonhidrat alımının miktarı ve niteliği, metabolik sağlığın korunması açısından önem taşır¹²⁷.

Lipit metabolizması ise organizmanın enerji depolama ve enerji kullanım mekanizmalarında önemli bir role sahiptir. Yağ asitleri, özellikle uzun süreli enerji gereksinimlerinde metabolik yakıt olarak kullanılır. Lipitlerin metabolik süreçlerdeki işlevi yalnızca enerji üretimi ile sınırlı değildir. Hücre zarlarının yapısında yer alan fosfolipitler ve bazı hormonların sentezinde rol oynayan steroller, lipit metabolizmasının fizyolojik önemini göstermektedir. Bununla birlikte aşırı lipit alımı veya lipit metabolizmasındaki bozukluklar, kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmektedir¹²⁸.

Protein metabolizması ise diğer makrobesinlerden farklı olarak daha çok organizmanın yapısal ve fonksiyonel ihtiyaçlarını karşılamaya yöneliktir. Proteinler amino asitlere ayrıldıktan sonra vücutta yeni proteinlerin sentezinde kullanılır. Kas dokusu, enzimler, hormonlar ve bağışıklık sistemi bileşenleri proteinlerin biyolojik işlevleri arasında yer alır. Protein metabolizması aynı zamanda azot dengesinin korunması açısından da önemlidir. Yetersiz protein alımı büyüme ve gelişme süreçlerini olumsuz etkileyebilirken, aşırı protein tüketimi de bazı metabolik yükler oluşturabilir¹²⁹.

Makrobesin metabolizması ile sağlık arasındaki ilişki, özellikle enerji dengesi kavramı üzerinden değerlendirilmektedir. Organizmanın aldığı enerji ile harcadığı enerji arasındaki denge, metabolik sağlığın korunmasında temel bir faktördür. Enerji alımının harcamadan fazla olması durumunda lipit depolanması artmakta ve bu durum obezite riskini yükseltmektedir. Obezite ise diyabet, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok kronik hastalıkla ilişkili önemli bir risk faktörüdür. Son yıllarda yapılan araştırmalar, makrobesinlerin yalnızca miktarının değil, aynı zamanda besin kaynaklarının kalitesinin de sağlık üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Örneğin rafine karbonhidratların aşırı tüketimi metabolik bozukluklarla ilişkilendirilirken, lif açısından zengin kompleks karbonhidratların daha olumlu metabolik etkiler gösterdiği bilinmektedir. Benzer şekilde doymamış yağ

¹²⁷ “Kafkas Journal of Medical Sciences » Submission » Diyabet ve Aterosklerozda İnflamasyon: Makro ve Mikro Besin Öğeleri ile NLRP3 İnflamasyonu İlişkisi”, erişim 05 Nisan 2026, <https://dergipark.org.tr/en/pub/kaftbd/article/989740>.

¹²⁸ Burak Can Ayan ve Dünya Yavuzoğlu, “TİROİD HORMONLARININ METABOLİZMA ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE DEİYODİNAZ ENZİMLERİNİN ROLÜ”, *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni* 15, sy 3 (2024): 113-19, <https://doi.org/10.38137/vftd.1529416>.

¹²⁹ Esen, “Farklı meme kanseri hücre tiplerinin (MCF-7, MDA-MB-231, CRL-4010) organik asit profilinin incelenmesi / Investigation of the organic acid profile of different breast cancer cell types (MCF-7, MDA-MB-231, CRL-4010)”.

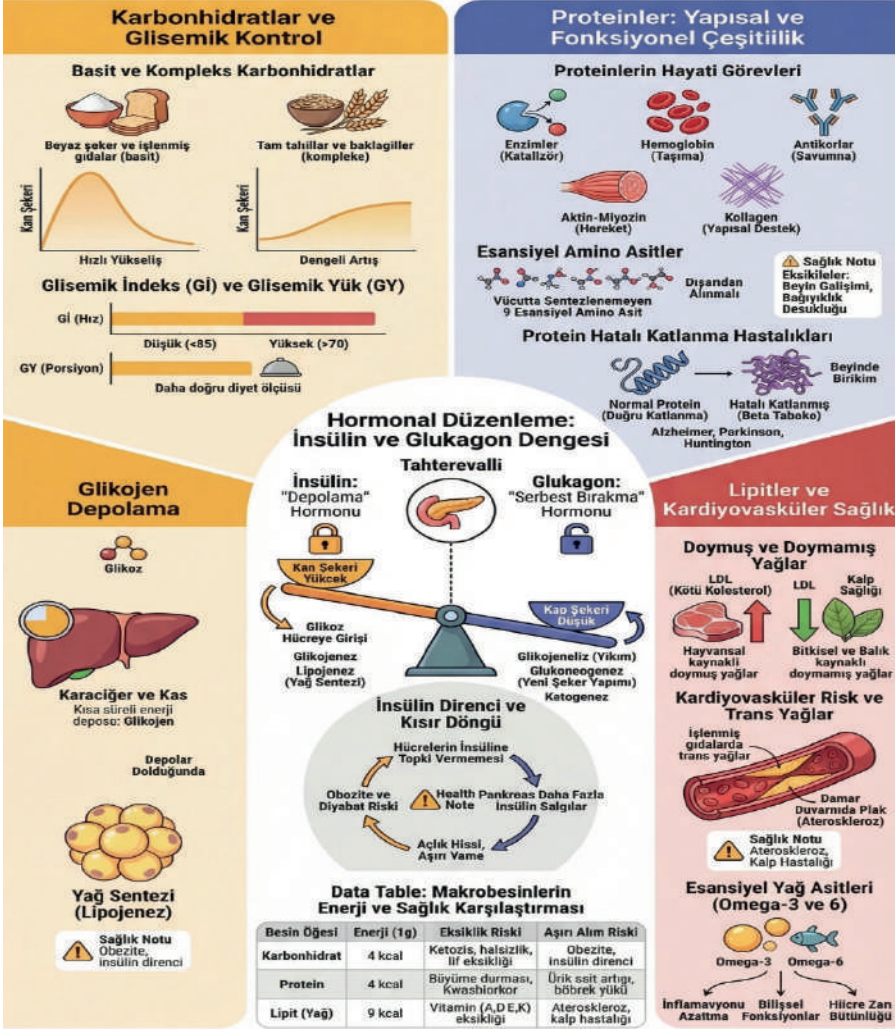
asitlerinin kalp sağlığı açısından daha yararlı olduğu yönünde güçlü bilimsel bulgular bulunmaktadır¹³⁰.

Makrobesin metabolizması ayrıca hormonal düzenleme mekanizmalarıyla da yakından ilişkilidir. İnsülin, glukagon ve bazı diğer hormonlar, enerji metabolizmasının düzenlenmesinde önemli rol oynar. Bu hormonal denge sayesinde organizma değişen enerji ihtiyaçlarına uyum sağlayabilir. Ancak hormonal düzenlemenin bozulması durumunda metabolik süreçler de olumsuz etkilenmekte ve çeşitli hastalıkların gelişme riski artmaktadır¹³¹. Bu bağlamda, makrobesin metabolizması, insan sağlığının korunmasında temel biyokimyasal süreçlerden biridir. Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler farklı metabolik işlevlere sahip olmakla birlikte, organizmanın enerji üretimi, yapısal bütünlüğü ve fizyolojik düzeni açısından birbirini tamamlayan roller üstlenir. Bu nedenle sağlıklı bir beslenme düzeni, makrobesinlerin dengeli dağılımını ve kaliteli besin kaynaklarının tercih edilmesini gerektirir. Makrobesin metabolizmasının doğru anlaşılması, hem bireysel sağlık yönetimi hem de toplum sağlığı açısından önemli bir bilimsel temel oluşturmaktadır.

¹³⁰ Kadriye Elif İmre ve Aslı Akyol Mutlu, “Epigenetik Mekanizmalar: Maternal Makro Besin Ögesi Alımının Etkileri”, *Beslenme ve Diyet Dergisi* 50, sy 1 (2022): 92-100, <https://doi.org/10.33076/2022.BDD.1534>.

¹³¹ “Turkish Journal of Sports Science » Submission » Enerji Metabolizması, Obezite ve Hormonlar”, erişim 05 Nisan 2026, <https://dergipark.org.tr/en/pub/tusbid/article/719671>.

Makrobesinlerin Dünyası: Enerji, Yapı ve Hormonal Denge



Kaynak¹³²:

5. Besin Öğelerinin Yapısı, İşlevi ve Metabolik Etkileri

Beslenme bilimi, insan organizmasının yaşamını sürdürebilmesi, büyüme ve gelişme süreçlerini gerçekleştirebilmesi ve metabolik faaliyetlerini sağlıklı biçimde devam ettirebilmesi için gerekli olan besin öğelerini inceleyen disiplinler arası bir araştırma alanıdır. Bu bağlamda besin öğeleri genel olarak **makrobesinler** ve **mikrobesinler** şeklinde iki ana kategoriye ayrılır. Makrobesinler; organizmanın enerji gereksinimini karşılayan ve hücre yapısının oluşumunda rol oynayan temel besin bileşenleridir. Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler bu grubun temel unsurlarını oluşturur. Bu üç besin öğesi yalnızca enerji sağlamakla kalmayıp aynı zamanda metabolik düzenleme, hücre yapısının oluşumu ve fizyolojik süreçlerin devamlılığı açısından kritik işlevler üstlenir¹³³.

Makrobesinlerin biyolojik önemi, onların kimyasal yapıları ile metabolik süreçlerde üstlendikleri işlevler arasındaki ilişki üzerinden anlaşılabilir. Her bir makrobesin türü farklı moleküler özelliklere sahiptir ve bu özellikler, organizmadaki metabolik yolların işleyişini doğrudan etkiler. Bu nedenle besin öğelerinin yapısı, işlevi ve metabolik etkileri beslenme biliminin temel inceleme alanlarından biridir¹³⁴.

¹³³ Ayla Ünsal, "Beslenmenin Önemi ve Temel Besin Öğeleri", *Kırşehir Abi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2, sy 3 (2019): 1-10.

¹³⁴ Ünsal, "Beslenmenin Önemi ve Temel Besin Öğeleri".

Beslenme Biyokimyası: Besin Öğeleri ve Hücresel Enerji Rehberi

MAKRO VE MİKRO BESİN ÖĞELERİ

KARBONHİDRATLAR: BİRİNCİL ENERJİ DEPOSU



C, N ve O elementlerinden oluşur; günlük enerjinin %25-60'ını sağlar ve 1 gramı 4 kcal enerji sağlar.
Temel İşlev: Yalıt / Beyin fonksiyonu
Yapı Yaşu Glikos (Monosakkarit).

PROTEİNLER: HÜCRENİN YAPI MALZEMESİ



Amino asitlerin peptid bağlarıyla birleşmesinden oluşur; büyüme, doku onarımı, ensin ve hormon yapımı için esastır (1g = 4 kcal).
Temel İşlev: Yapı / Onarım / Enzim.
Yapı Yaşu Amino Asit.

LİPİTLER (YAĞLAR): EN YOĞUN ENERJİ KAYNAĞI



Hücre membran yapısına kabılır, ısı yalıtımı sağlar ve 1 gramı 8 kcal enerji ile en yüksek verim sağlar.
Temel İşlev: Depo Enerji / İzolasyon.
Yapı Yaşu Yağ Asidi / Gliserol.

MİKRO BESİN ÖĞELERİ VE SU (DÜZENLEYİCİLER)

VİTAMİNLER: METABOLİK KATALİZÖRLER



Yağda eriyen (A, D, E, K) ve suda eriyen (B grubu, C) olarak ikiye ayrılır; enerji vermezler ancak enerji üretimi ve bağışıklıkta rol alırlar.

MİNERALLER: İNORGANİK ELZEM ELEMENTLER



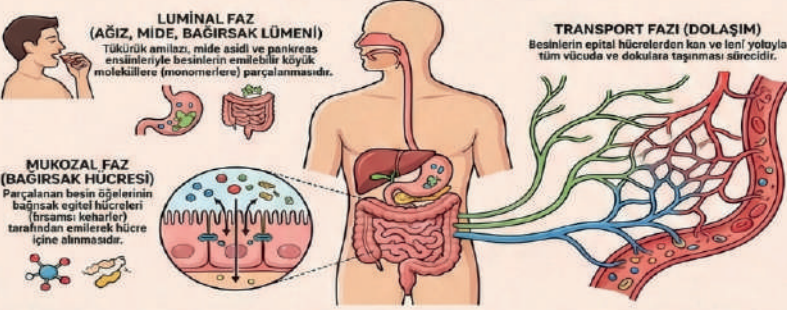
Kemik yapısı (Kalsiyum), kan yapımı (Demir) ve elektrolit dengesi (Sodyum, Potasyum) gibi hayati fonksiyonlarda katalizör görevi görürler.

SU: YAŞAMIN TEMEL ORTAMI

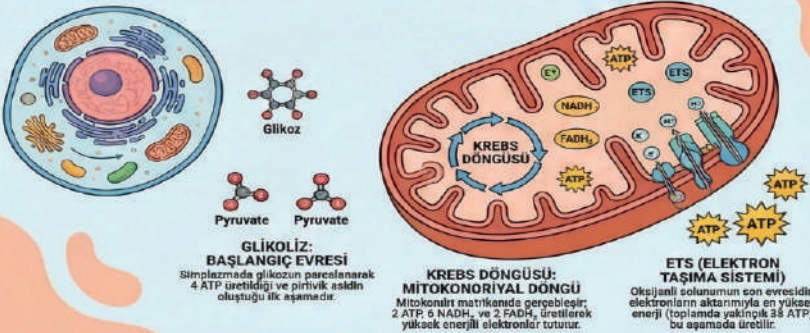


Vücut ağırlığının %42-71'ini oluşturur; besin taşınması, vücut ısı regülasyonu ve biyokimyasal reaksiyonlar için vazgeçilmezdir.

SİNDİRİM VE EMİLİM SÜRECİ



HÜCRESEL ENERJİ METABOLİZMASI (ATP ÜRETİMİ)



5.1. Karbonhidratların Yapısı ve Metabolik İşlevleri

Karbonhidratlar, karbon, hidrojen ve oksijen atomlarından oluşan organik bileşiklerdir ve insan beslenmesinde en temel enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilir. Kimyasal yapıları bakımından karbonhidratlar

monosakkaritler, disakkaritler ve polisakkaritler olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Monosakkaritler en basit karbonhidrat formunu oluştururken, polisakkaritler çok sayıda monosakkarit biriminin birleşmesiyle oluşan daha karmaşık yapılardır¹³⁵.

Beslenme açısından karbonhidratların temel işlevi organizmaya enerji sağlamaktır. Sindirim sürecinde glikoza dönüştürülen karbonhidratlar, hücrelerde gerçekleşen metabolik reaksiyonlar aracılığıyla enerji üretimine katılır. Bu süreç, hücresel metabolizmanın temel basamaklarını oluşturan çeşitli biyokimyasal yollar üzerinden gerçekleşir. Özellikle merkezi sinir sistemi ve beyin dokusu için glikoz, temel enerji kaynağıdır. Karbonhidratların metabolik etkileri yalnızca enerji üretimi ile sınırlı değildir. Karbonhidratlar, proteinlerin enerji amacıyla kullanılmasını önleyerek **protein koruyucu etki** gösterir. Ayrıca bazı karbonhidrat türleri, özellikle diyet lifleri, sindirim sistemi sağlığının korunmasında önemli rol oynar. Lifli gıdalar bağırsak hareketlerini düzenler ve metabolik sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratır¹³⁶.

Beslenme biliminde karbonhidratların niteliği de büyük önem taşır. Kompleks karbonhidratlar ve lif açısından zengin besinler metabolik açıdan daha dengeli enerji sağlarken, rafine karbonhidratların aşırı tüketimi metabolik bozukluklarla ilişkilendirilmektedir¹³⁷.

5.2. Lipitlerin Yapısı ve Fizyolojik Rolü

Lipitler, su içinde çözünmeyen fakat organik çözücülerde çözünebilen biyolojik moleküller grubudur. Kimyasal yapı bakımından oldukça çeşitli olan lipitler, başlıca trigliseritler, fosfolipitler ve steroller gibi alt gruplardan oluşur. Trigliseritler besinlerde en yaygın bulunan yağ türüdür ve enerji depolama açısından önemli bir rol oynar.

Lipitlerin en belirgin özelliği, yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmalarıdır. Bir gram yağ yaklaşık dokuz kilokalori enerji sağlar ve bu özellik lipitleri organizma için önemli bir enerji deposu hâline getirir. Özellikle uzun süreli enerji gereksinimlerinde lipit metabolizması devreye girerek organizmanın enerji ihtiyacını karşılar. Lipitlerin metabolik işlevleri yalnızca enerji depolamakla sınırlı değildir. Hücre zarlarının yapısında bulunan fosfolipitler, hücresel bütünlüğün korunmasında temel rol oynar. Ayrıca bazı hormonların sentezinde görev alan steroller de lipit grubuna dâhildir. Bunun yanı sıra lipitler, yağda

¹³⁵ Selim Arıkan ve Nazal Bardak Perçinci, "Karbonhidratların Kronik Hastalıklarla İlişkisi ve Tıbbi Beslenme Tedavisindeki Rolü", *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi* 2, sy 2 (2021): 36-50.

¹³⁶ Gizem Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

¹³⁷ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

çözünen vitaminlerin emilimini kolaylaştırarak besin metabolizmasının önemli bir parçası hâline gelir¹³⁸.

Beslenme araştırmaları, lipitlerin sağlık üzerindeki etkilerinin büyük ölçüde yağ asitlerinin türüne bağlı olduğunu göstermektedir. Doymuş ve doymamış yağ asitleri arasındaki denge, özellikle kardiyovasküler sağlık açısından önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir.

5.3. Proteinlerin Yapısı ve Biyolojik İşlevleri

Proteinler, amino asitlerin belirli bir düzen içinde birbirine bağlanmasıyla oluşan kompleks biyomoleküllerdir. İnsan vücudunda yaklaşık yirmi farklı amino asit proteinlerin yapı taşı oluşturur. Bu amino asitlerin bir kısmı vücut tarafından sentezlenebilirken, bazıları besinler aracılığıyla dışarıdan alınmak zorundadır. Bu nedenle amino asitler **esansiyel** ve **esansiyel olmayan** olmak üzere iki gruba ayrılır¹³⁹.

Proteinler organizmada çok çeşitli biyolojik işlevler üstlenir. Kas dokusu, bağ dokusu ve birçok hücre sel yapı proteinlerden oluşur. Ayrıca metabolik reaksiyonların gerçekleşmesini sağlayan enzimlerin büyük çoğunluğu protein yapısındadır. Bunun yanında hormonlar, taşıyıcı moleküller ve bağışıklık sistemi bileşenleri de proteinlerden meydana gelir. Protein metabolizması, organizmanın büyüme ve doku onarım süreçleri açısından büyük önem taşır. Özellikle gelişme döneminde yeterli protein alımı, sağlıklı büyümenin gerçekleşmesi için gereklidir. Proteinlerin metabolik süreçlerdeki bir diğer önemli yönü ise azot dengesinin korunmasına katkıda bulunmalarıdır. Proteinler gerektiğinde enerji kaynağı olarak kullanılabilse de bu durum genellikle metabolik zorunluluk hâlinde ortaya çıkar. Normal koşullarda proteinlerin temel görevi enerji üretimi değil, organizmanın yapısal ve fonksiyonel ihtiyaçlarını karřılamaktır¹⁴⁰.

5.4. Makrobesinler ve Metabolik Denge

Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler, insan metabolizmasında birbirini tamamlayan ve karşılıklı etkileşim içinde çalışan makrobesinlerdir. Bu üç besin grubunun dengeli bir şekilde tüketilmesi, enerji üretimi, hücre sel fonksiyonlar ve metabolik homeostazın sürdürülmesi açısından kritik öneme sahiptir. Karbonhidratlar hızlı ve doğrudan enerji sağlar, lipitler uzun süreli enerji

¹³⁸ Atabek ve Özdemir, "C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisi".

¹³⁹ Abdulkadir Hurşit, "Besinsel Lipit Bileşenlerinin Emilimi", *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 3, sy 10 (2015): 796-805, <https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i10.796-805.447>.

¹⁴⁰ Aşkar ve Aşkar, "ANTİMİKROBİYEL PROTEİNLER VE BAĞIŞIKLIKTAKİ ÖNEMİ", 2017.

depolama ve hücre zarı bütünlüğü için gereklidir, proteinler ise yapısal ve fonksiyonel roller üstlenir; enzim, hormon ve bağışıklık sistemi bileşenlerinin sentezinde kullanılır. Enerji metabolizması, hormonların düzenleyici etkileri ve hücresel biyokimyasal süreçler, bu makrobesinlerin birbirine olan oranları ve kullanılabilirliklerine bağlı olarak şekillenir¹⁴¹.

Beslenme bilimi açısından sadece makrobesinlerin miktarı değil, aynı zamanda kaynaklarının kalitesi de büyük önem taşır. Tam tahıllar gibi kompleks karbonhidratlar, yavaş sindirilen yapıları sayesinde glisemik yanıtı dengeler ve uzun süreli enerji sağlar. Sağlıklı yağ kaynakları, özellikle tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri, hücre membranlarının akışkanlığını ve hormonal düzenlemeyi desteklerken, kardiyovasküler sağlığı da olumlu etkiler. Proteinler ise esansiyel amino asitleri sağlayarak kas dokusunun korunmasını, enzim ve hormon sentezini ve hücresel onarım süreçlerini destekler. Buna karşılık, makrobesinlerin dengesiz veya aşırı tüketimi metabolik dengeyi bozarak obezite, insülin direnci, dislipidemi ve inflamatuvar yanıtların artması gibi metabolik hastalıkların ortaya çıkmasına zemin hazırlar. Özellikle yüksek şekerli ve işlenmiş karbonhidratların, doymuş yağların ve dengesiz protein kaynaklarının yoğun tüketimi, enerji homeostazının bozulmasına, hormon sinyallerinin dengesizleşmesine ve dokuların metabolik stres altında kalmasına yol açar¹⁴². Modern beslenme yaklaşımları, bu nedenle yalnızca makrobesin miktarına odaklanmakla kalmaz; besinlerin biyoyararlanımı, metabolik etkileri, glisemik indeksi, yağ asidi profili ve amino asit kompozisyonu gibi kalite göstergelerini de dikkate alır. Dengeli ve kaliteli bir beslenme modeli, hem kısa vadeli enerji gereksinimlerini karşılamaya hem de uzun vadeli metabolik sağlık ve kronik hastalık riskinin azaltılmasına katkıda bulunur.

¹⁴¹ Arıkan ve Perçinci, “Karbonhidratların Kronik Hastalıklarla İlişkisi ve Tıbbi Beslenme Tedavisindeki Rolü”.

¹⁴² Çınar vd., “KARBONHİDRATLAR VE SPORCULARDA KULLANIMI/CARBONHYRATES AND THEIR AND SPORTSMAN USAGE”, 2010.

6. Karbonhidratlardan Proteinlere: Beslenmenin Moleküler Temeli

Beslenme bilimi, organizmanın yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan besin öğelerinin kimyasal yapısını, metabolik dönüşümlerini ve fizyolojik etkilerini inceleyen disiplinler arası bir araştırma alanıdır. İnsan beslenmesinin moleküler temeli, besinlerle alınan organik moleküllerin hücresel düzeyde gerçekleşen biyokimyasal süreçler aracılığıyla enerji üretimine, yapısal bileşenlerin sentezine ve metabolik düzenlemelere katılmasıyla açıklanır. Bu bağlamda karbonhidratlar, lipitler ve proteinler beslenmenin moleküler yapısını oluşturan temel makrobesinlerdir. Bu moleküllerin kimyasal özellikleri, organizmadaki metabolik yolların işleyişini doğrudan etkileyerek hücresel fonksiyonların sürdürülmesinde belirleyici rol oynar¹⁴³.

Beslenmenin moleküler temeli, besin öğelerinin sindirim sisteminde daha küçük yapı birimlerine ayrılması ve ardından metabolik süreçlere dâhil edilmesiyle başlar. Bu süreçte kompleks biyomoleküller enzimatik reaksiyonlar aracılığıyla parçalanarak emilebilir formlara dönüşür. Karbonhidratlar monosakkaritlere, proteinler amino asitlere ve lipitler yağ asitleri ile gliserole ayrılır. Bu küçük moleküller ince bağırsaktan emildikten sonra dolaşım sistemi aracılığıyla hücrelere taşınır ve metabolik faaliyetlerde kullanılır¹⁴⁴.

Karbonhidratlar, beslenmenin moleküler temelinde enerji metabolizmasının başlangıç noktasını oluşturur. Sindirim sürecinde glikoza dönüştürülen karbonhidratlar, hücre içinde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlar aracılığıyla enerji üretimine katılır. Hücresel metabolizmada glikozun parçalanmasıyla başlayan metabolik süreçler, enerji üretiminin ilk aşamasını oluşturur. Bu süreçler sonucunda ortaya çıkan kimyasal enerji, hücrelerin metabolik faaliyetlerinde kullanılmak üzere enerji taşıyıcı moleküller biçiminde depolanır. Özellikle

¹⁴³ Gürsoy vd., "Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler", 2001.

¹⁴⁴ Yerlikaya ve Dokudur, *Protein yıkımının önemi*.

merkezi sinir sistemi ve beyin dokusu için glikoz temel enerji kaynağı olarak kabul edilir.¹⁴⁵

Lipitler, beslenmenin moleküler düzeyde enerji depolama ve hücre yapısının korunması açısından önemli bileşenleridir. Lipit molekülleri yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmaları nedeniyle organizma için önemli bir enerji rezervi oluşturur. Ayrıca hücre zarlarının yapısında bulunan fosfolipitler ve bazı biyolojik düzenleyici moleküllerin sentezinde rol oynayan steroller, lipitlerin biyolojik önemini ortaya koyar. Hücre zarlarının yapısal bütünlüğü ve geçirgenliği büyük ölçüde lipit moleküllerinin özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle lipitler yalnızca enerji kaynağı değil, aynı zamanda hücre organizasyonunun sürdürülmesinde önemli rol oynayan moleküllerdir. Proteinler ise beslenmenin moleküler temelinde yapısal ve fonksiyonel açıdan en karmaşık makromoleküller arasında yer alır. Amino asitlerden oluşan proteinler, hücre metabolizmasının birçok aşamasında görev alan biyolojik bileşiklerin temelini oluşturur. Enzimler, hormonlar, taşıyıcı proteinler ve bağışıklık sistemi bileşenleri protein yapısına sahiptir. Bu nedenle proteinler, organizmanın metabolik faaliyetlerinin düzenlenmesinde merkezi bir role sahiptir¹⁴⁶.

Proteinlerin moleküler yapısı, amino asitlerin belirli bir dizilim ve üç boyutlu yapı içinde birleşmesiyle oluşur. Bu yapı, proteinlerin biyolojik işlevlerini belirleyen en önemli faktördür. İnsan organizmasında protein sentezi, genetik bilginin hücre mekanizmalar aracılığıyla amino asit dizilerine dönüştürülmesi sonucunda gerçekleşir. Bu süreç, beslenme ile genetik mekanizmalar arasındaki ilişkiyi ortaya koyan önemli bir biyolojik örnektir¹⁴⁷.

Beslenmenin moleküler temeli yalnızca makrobesinlerin metabolizmasıyla sınırlı değildir. Vitaminler ve mineraller gibi mikrobeseinler, metabolik reaksiyonların gerçekleşmesinde kofaktör veya koenzim olarak görev yapar. Bu moleküller birçok enzimatik reaksiyonun düzenlenmesine katkıda bulunarak metabolik süreçlerin verimli biçimde yürütülmesini sağlar. Dolayısıyla beslenmenin moleküler düzeydeki etkileri, makro ve mikro besin öğelerinin birlikte oluşturduğu kompleks bir metabolik ağ üzerinden değerlendirilmelidir.

Karbonhidratlardan proteinlere uzanan bu moleküler süreçler, organizmanın enerji üretimi, büyüme, doku onarımı ve metabolik düzenleme gibi temel biyolojik işlevlerini destekler. Bu süreçler aynı zamanda metabolik homeostazın korunmasında önemli rol oynar. Besin öğelerinin yetersiz veya dengesiz alımı, metabolik yolların işleyişini bozarak çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına

¹⁴⁵ Gürsoy vd., “Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler”, 2001.

¹⁴⁶ Mısır, “Bahıklarda lipitler, yağ asitleri ve bunların bazı önemli metabolik fonksiyonları”.


¹⁴⁷ Küplülü, “Proteinler”.

neden olabilir. Bu nedenle beslenmenin moleküler temellerinin anlaşılması, sağlıklı beslenme stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşır¹⁴⁸. Bu bağlamda, beslenmenin moleküler temeli, besinlerle alınan organik moleküllerin hücrel metabolizma içerisinde enerji üretimi, yapısal bileşenlerin sentezi ve biyokimyasal düzenleme süreçlerine katılmasıyla açıklanabilir. Karbonhidratlar enerji metabolizmasının merkezinde yer alırken, lipitler enerji depolama ve hücrel yapıların korunmasında rol oynar; proteinler ise metabolik faaliyetlerin düzenlenmesinde ve organizmanın yapısal bütünlüğünün sağlanmasında temel işlevler üstlenir. Bu moleküler etkileşimlerin bütüncül biçimde anlaşılması, beslenme biliminin teorik ve uygulamalı boyutları açısından önemli bir bilimsel çerçeve sunmaktadır.


¹⁴⁸ Arıkan ve Perçinci, “Karbonhidratların Kronik Hastalıklarla İlişkisi ve Tıbbi Beslenme Tedavisindeki Rolü”.

BESLENMENİN MOLEKÜLER TEMELİ: MAKRO BESİN ÖĞELERİ BİYOKİMYASI


Karbonhidrat, protein ve lipitlerin moleküler yapılarını, kimyasal bağlarını ve vücuttaki hayati işlevlerini biyokimyasal bir perspektifte açıklamak.



KARBONHİDRATLAR
(ENERJİ MIMARLARI)



PROTEİNLER
(YAŞAMIN MAKİNELERİ)



LİPİTLER
(ENERJİ DEPOLARI VE KÖMÜYÜCULARI)

Moleküler Yapı ve Formül
($(CH_2O)_n$)

● Carbon
● Hydrogen
● Organik Bileşik

Monosakkarit: Glüköz
Fruktöz

Şeker Ünitelerine Göre Sınıflandırma

Monosakkarit: Glüköz
Disakkarit: Sakkaroz, Laktoz

Polisakkarit: Nişasta, Glikojen, Selüloz

Glikozidik Bağ
Bir monosakkaritin karbonil grubu ile diğerinin hidroksil grubu arasındaki asetal bağlardır; bu bağlar polisakkarit zincirlerini oluşturur.

Temel İşlev: Hücreyel Yakıt

Vücudun günlük enerji ihtiyacının %55-60'ını sağlarlar; beyin ve eritrositler birincil enerji kaynağı olarak glüközü kullanır.

Amino Asitler: Temel Yapı Taşları

Peptid Bağı (C-N)
Bir amino asidin karboksil (-COOH) grubu ile diğerinin amino (-NH₂) grubu arasından su çıkışıyla oluşan kovalent bağıdır.

3 Boyutlu Konformasyon Seviyeleri

Birincil (Dizi)

İkincil
(α -sarmal, β -tabaka)

Üçüncül
(3D katlanma)

Dördüncül
(Monomer salkımları)

Çeşitli Biyolojik Görevler

Enzim olarak katalizör
Hemoglobin olarak taşıma
Kollajen olarak mekanik destek
Antikor olarak savunma

Trigliserit Yapısı
Bir gliserol molekülünün üç yağ asidi ile esterleşmesi sonucu oluşan "nötr yağlar", vücuttaki temel yağ formudur.

Ester Bağı

Doymuş ve Doymamış Yağ Asitleri

Doymuş Yağlar (Hayvansal/Katı)
Doymamış Yağlar (Bitkisel/Sıvı)
Karbon atomları arasında çift bağ içermeyen doymuş yağlar, çift bağ içeren doymamış yağlar olarak ayrılır.

Yüksek Enerji Yoğunluğu

4 9
Karbonhidrat ve proteinler gram başına 4 kalori verirken, yağlar 9 kalori ile en yüksek enerji içeriğine sahip besin grubudur.

Hücre Zarı ve İzolasyon

Fosfolipitler hücre zarının ana bileşenidir; aynı yağlar organları korur ve A, D, E, K vitaminleri için taşıyıcı görevi görür.

Kaynak :¹⁴⁹

7. Beslenme Fizyolojisi ve Metabolik Süreçler

Beslenme fizyolojisi, organizmanın yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan besin öğelerinin vücuda alınması, sindirilmesi, emilmesi, taşınması ve metabolize edilmesi süreçlerini inceleyen bilimsel bir alandır. Bu disiplin, beslenmenin yalnızca diyetle alınan besinlerin miktarıyla değil, aynı zamanda bu besinlerin organizmada nasıl kullanıldığıyla da yakından ilişkili olduğunu ortaya koyar. İnsan vücudu, enerji üretimi, hücre yenilenme ve fizyolojik düzenin sağlanması için karmaşık metabolik mekanizmalar aracılığıyla besin öğelerini kullanır. Bu nedenle beslenme fizyolojisi, biyokimya, metabolizma ve fizyoloji bilimlerinin kesişim noktasında yer alır¹⁵⁰.

Beslenme fizyolojisinin temelini oluşturan süreçlerden biri sindirimdir. Sindirim sistemi, kompleks besin moleküllerinin enzimatik reaksiyonlar aracılığıyla daha küçük ve emilebilir bileşenlere ayrılmasını sağlar. Bu süreç ağızda başlar ve mide ile ince bağırsakta devam eder. Karbonhidratlar monosakkaritlere, proteinler amino asitlere ve lipitler yağ asitleri ile gliserole ayrılarak emilime hazır hâle gelir. Sindirim sürecinde görev alan enzimler, besin öğelerinin biyokimyasal dönüşümünü mümkün kılarak metabolik süreçlerin başlangıcını oluşturur¹⁵¹.

Sindirimden sonra gerçekleşen emilim süreci, besin öğelerinin ince bağırsak mukozası aracılığıyla kan dolaşımına veya lenf sistemine aktarılmasını kapsar. Bu aşamada bağırsak epitel hücreleri, besin moleküllerinin vücuda alınmasını sağlayan seçici bir bariyer görevi görür. Emilim sonucunda elde edilen besin bileşenleri dolaşım sistemi aracılığıyla karaciğer başta olmak üzere çeşitli organ ve dokulara taşınır. Karaciğer, metabolik süreçlerin düzenlenmesinde merkezi bir rol oynayan organlardan biridir ve besin öğelerinin işlenmesi, depolanması ve yeniden dağıtılması gibi işlevleri yerine getirir. Beslenme fizyolojisinin bir diğer önemli boyutu enerji metabolizmasıdır. İnsan vücudu,

¹⁵⁰ TÜRKER ve YÜKSEL, “Beslenmede Vitaminlerin Önemi”, 2019.

¹⁵¹ ÖZTÜRK, “BESLENME VE SAĞLIK İLİŞKİSİ”.

besinlerden elde edilen kimyasal enerjiyi hücrenel faaliyetlerde kullanılabilir formaya dönüştürür. Bu süreçte hücrelerin temel enerji birimi olan **adenozin trifosfat (ATP)** sentezlenir. Enerji üretimi, başta karbonhidratlar olmak üzere lipitler ve belirli koşullarda proteinler aracılığıyla gerçekleştirilen metabolik reaksiyonlar sayesinde sağlanır. Bu reaksiyonlar hücre içerisinde birbirine bağlı biyokimyasal yollar üzerinden gerçekleşir¹⁵².

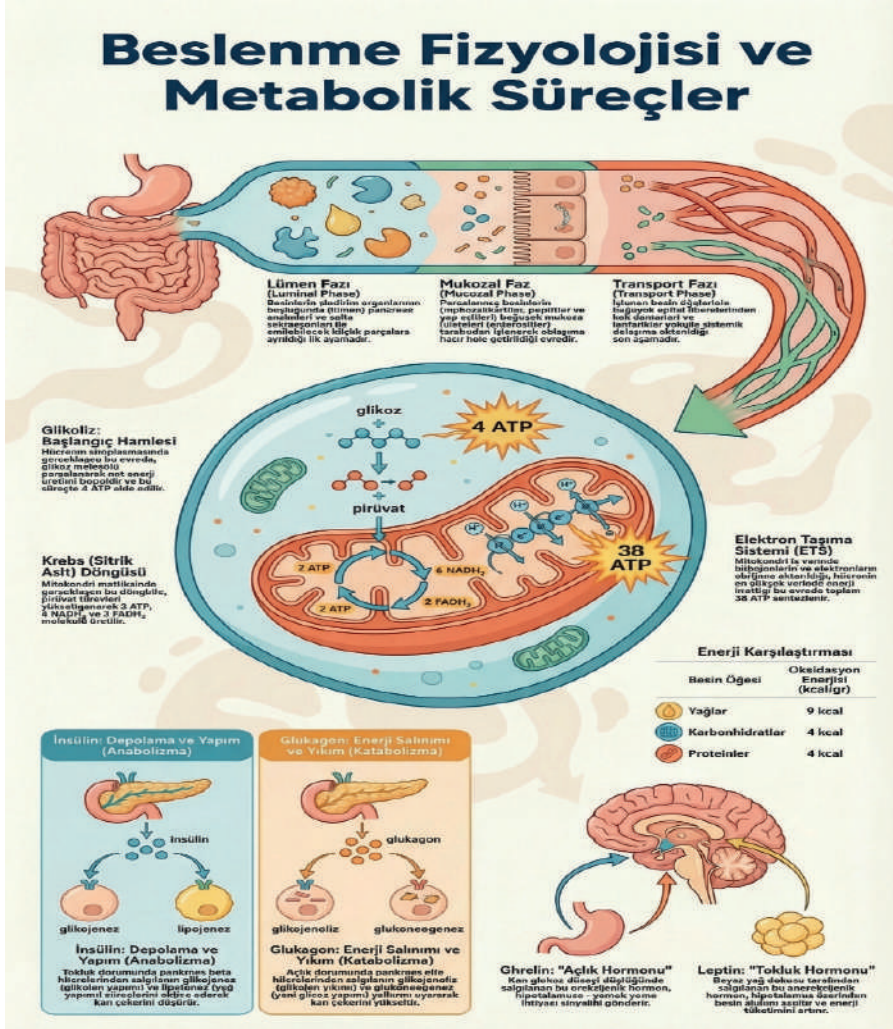
Karbonhidrat metabolizması enerji üretiminin en hızlı ve erişilebilir yollarından birini oluşturur. Karbonhidratların sindirim sonrası glikoza dönüşmesi ve hücre içinde çeşitli metabolik süreçlere katılması, organizmanın enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynar. Lipit metabolizması ise özellikle uzun süreli enerji gereksinimlerinde devreye girerek yağ dokusunda depolanan enerjinin kullanılmasını sağlar. Proteinler ise öncelikle yapısal ve fonksiyonel görevler üstlenmekle birlikte, enerji ihtiyacının arttığı durumlarda metabolik süreçlere katılabilir¹⁵³.

Metabolik süreçlerin düzenlenmesi büyük ölçüde hormonal mekanizmalar tarafından kontrol edilir. Özellikle pankreas tarafından salgılanan hormonlar, enerji metabolizmasının dengede tutulmasında önemli rol oynar. Bu hormonal düzenleme sayesinde organizma değişen enerji ihtiyaçlarına uyum sağlayabilir. Ayrıca sinir sistemi ve endokrin sistem arasındaki etkileşim, metabolik faaliyetlerin koordineli bir biçimde yürütülmesini mümkün kılar. Beslenme fizyolojisi aynı zamanda organizmanın **metabolik homeostazını** koruma kapasitesi ile yakından ilişkilidir. Homeostaz, iç ortamın dengede tutulmasını ifade eder ve besin öğelerinin metabolik dönüşümleri bu dengenin sağlanmasında önemli bir rol oynar. Enerji alımı ile enerji harcaması arasındaki denge, metabolik sağlığın korunmasında belirleyici faktörlerden biridir. Enerji dengesinin bozulması durumunda obezite, metabolik sendrom ve diyabet gibi çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkabilir. Besin öğelerinin metabolik süreçler üzerindeki etkisi yalnızca enerji metabolizmasıyla sınırlı değildir. Vitaminler ve mineraller birçok enzimatik reaksiyonun gerçekleşmesi için kofaktör görevi görür. Bu nedenle mikrobislerin yeterli düzeyde alınması metabolik faaliyetlerin sağlıklı biçimde yürütülmesi açısından önem taşır. Besin öğeleri arasındaki bu biyokimyasal etkileşimler, organizmanın bütünsel metabolik işleyişini belirleyen temel faktörlerden biridir. Bu bağlamda, beslenme fizyolojisi ve metabolik süreçler, insan organizmasının enerji üretimi, büyüme, doku onarımı ve fizyolojik düzenin korunması gibi temel işlevlerini açıklayan önemli bir bilimsel çerçeve sunar. Sindirim, emilim, metabolizma ve enerji dönüşümü

¹⁵² Gökçen vd., “Vegan beslenme tarzına genel bakış”, 2019.

¹⁵³ Arıkan ve Perçinci, “Karbonhidratların kronik hastalıklarla ilişkisi ve tıbbi beslenme tedavisindeki rolü”, 2021.

gibi süreçlerin birbiriyle bağlantılı şekilde çalışması, organizmanın yaşamını sürdürebilmesi için gereklidir. Bu süreçlerin anlaşılması, sağlıklı beslenme stratejilerinin geliştirilmesi ve metabolik hastalıkların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır¹⁵⁴.



Kaynak: ¹⁵⁵

¹⁵⁴ ÖZTÜRK, "BESLENME VE SAĞLIK İLİŞKİSİ".

¹⁵⁵ "Google NotebookLM | Note Taking & Research Assistant Powered by AI".

8. Temel Beslenme Biyokimyası ve Klinik Yansımalar

Beslenme biyokimyası, besin öğelerinin kimyasal yapısını, metabolik dönüşümlerini ve bu süreçlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini inceleyen bilimsel bir araştırma alanıdır. İnsan organizması, yaşamını sürdürebilmek için besinlerle alınan molekülleri hücresel düzeyde biyokimyasal reaksiyonlara tabi tutarak enerji üretimi, doku sentezi ve fizyolojik düzenleme gibi temel işlevleri yerine getirir. Bu nedenle beslenme biyokimyası, yalnızca temel bilimler açısından değil, aynı zamanda klinik tıp ve halk sağlığı açısından da büyük önem taşır. Besin öğelerinin metabolik süreçlerdeki rolü, çeşitli hastalıkların gelişimi ve tedavi süreçleri üzerinde doğrudan etkili olabilmektedir¹⁵⁶.

Temel beslenme biyokimyası, başta karbonhidratlar, lipitler ve proteinler olmak üzere makrobesinlerin metabolizması ile vitaminler ve mineraller gibi mikrobeseinlerin biyolojik işlevlerini kapsamaktadır. Bu besin öğeleri organizmanın enerji üretiminden hücresel yapıların korunmasına kadar birçok biyolojik süreçte rol oynar. Sindirim sistemi aracılığıyla alınan besin molekülleri enzimatik reaksiyonlar sonucunda daha küçük bileşenlere ayrılır ve emilim sürecinin ardından dolaşım sistemi aracılığıyla dokulara taşınır. Bu aşamadan sonra metabolik yollar aracılığıyla enerji üretimi veya biyosentetik süreçlerde kullanılmak üzere işlenir¹⁵⁷.

Karbonhidrat metabolizması, beslenme biyokimyasında enerji üretiminin temel mekanizmalarından biridir. Karbonhidratların sindirim sonucunda glikoza dönüşmesi ve hücresel metabolizmaya katılması, organizmanın hızlı enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynar. Hücre içerisinde gerçekleşen metabolik süreçler sayesinde glikoz çeşitli biyokimyasal reaksiyonlara girerek

¹⁵⁶ Korkut Y, "Obez Kadınlarda Metabolik Sendrom ve Lipid Profilinin Değerlendirilmesi", *Ko-nuralp Medical Journal* 7, sy 1 (2015): 40-44, <https://doi.org/10.18521/ktd.08555>.

¹⁵⁷ Hasan Basri Savaş vd., *Beslenme Biyokimyası* (Nobel Akademik Yayıncılık, t.y.).

enerji üretimine katkıda bulunur. Bu metabolik süreçlerin düzenlenmesi ise büyük ölçüde hormonal mekanizmalar tarafından kontrol edilir. Özellikle kan glikoz düzeyinin dengede tutulması, metabolik sağlığın korunması açısından kritik bir faktördür¹⁵⁸.

Lipit metabolizması ise enerji depolanması ve hücre yapısının korunması açısından önemli biyokimyasal süreçleri içerir. Lipitler yüksek enerji yoğunluğuna sahip moleküller olmaları nedeniyle organizmada önemli bir enerji rezervi oluşturur. Ayrıca hücre zarlarının yapısında bulunan fosfolipitler ve bazı biyolojik düzenleyici moleküllerin sentezinde görev alan steroller, lipitlerin fizyolojik önemini ortaya koymaktadır. Lipit metabolizmasının bozulması, özellikle kardiyovasküler hastalıkların gelişimiyle ilişkilendirilen metabolik değişimlere yol açabilmektedir¹⁵⁹.

Protein metabolizması ise organizmanın büyüme, gelişme ve doku onarım süreçlerinde merkezi bir rol oynar. Proteinler amino asitlerden oluşan kompleks moleküllerdir ve birçok biyolojik yapının temel bileşenini oluşturur. Enzimler, hormonlar, bağışıklık sistemi proteinleri ve çeşitli taşıyıcı moleküller protein yapısına sahiptir. Bu nedenle protein metabolizması, hücre fonksiyonlarının düzenlenmesinde önemli bir biyokimyasal süreçtir. Amino asitlerin metabolik dönüşümleri aynı zamanda azot dengesinin korunmasında da belirleyici rol oynar. Beslenme biyokimyasında mikrobeyinler de önemli bir yer tutar. Vitaminler ve mineraller birçok enzimatik reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli olan kofaktörler veya koenzimler olarak görev yapar. Bu nedenle mikrobeyin eksiklikleri metabolik süreçlerin aksamasına ve çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Örneğin bazı vitaminlerin yetersiz alımı metabolik reaksiyonların verimliliğini azaltarak klinik belirtilerin ortaya çıkmasına yol açabilir¹⁶⁰.

Beslenme biyokimyasının klinik yansımaları özellikle metabolik hastalıkların anlaşılması ve tedavisinde belirgin şekilde ortaya çıkar. Metabolik süreçlerde meydana gelen bozukluklar, çeşitli hastalıkların gelişimine zemin hazırlayabilir. Enerji metabolizmasının dengesizliği obezite ve metabolik sendrom gibi durumların ortaya çıkmasına neden olurken, karbonhidrat metabolizmasındaki bozukluklar kan glikoz düzeyinin düzenlenmesini etkileyebilir. Benzer şekilde lipit metabolizmasındaki değişiklikler kardiyovasküler hastalık riskini artırabilir¹⁶¹.

¹⁵⁸ “Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute » Submission » Kanatlı ve Memeli Karaciğerinde Karbonhidrat ve Yağ Metabolizmasının Karşılaştırılması”.

¹⁵⁹ Hurşit, “Besinsel Lipit Bileşenlerinin Emilimi”.

¹⁶⁰ Savaş vd., *Beslenme Biyokimyası*.

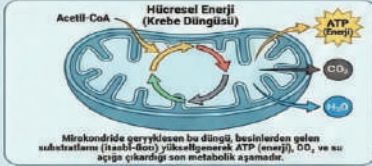
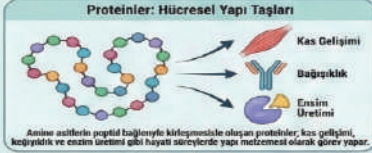
¹⁶¹ Gürsoy vd., “Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler”, 2001.

Klinik beslenme uygulamaları, beslenme biyokimyası alanında elde edilen bilimsel bilgilerden yararlanarak hastalıkların önlenmesi ve tedavi süreçlerinin desteklenmesini amaçlar. Bu yaklaşımda bireyin metabolik özellikleri, enerji gereksinimi ve sağlık durumu dikkate alınarak beslenme planları oluşturulur. Böylece besin öğelerinin metabolik etkileri dikkate alınarak bireyselleştirilmiş beslenme stratejileri geliştirilebilir¹⁶². Bu bağlamda, temel beslenme biyokimyası, besin öğelerinin moleküler düzeydeki etkilerini ve metabolik süreçlerdeki rollerini açıklayan önemli bir bilimsel çerçeve sunmaktadır. Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler enerji üretimi ve hücre yapısının korunmasında temel işlevler üstlenirken; vitaminler ve mineraller metabolik reaksiyonların düzenlenmesinde kritik rol oynar. Bu biyokimyasal süreçlerin anlaşılması, yalnızca beslenme biliminin teorik gelişimi açısından değil, aynı zamanda klinik uygulamaların etkinliği ve metabolik hastalıkların önlenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır.

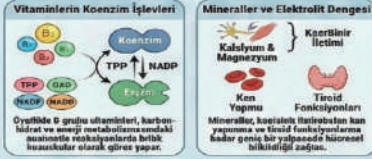
¹⁶² ATALAY, *Beslenme ve Sağlık*.

Temel Beslenme Biyokimyası: Hücreden Kliniğe Sağlık Rehberi

MAKROBESİNLERİN BİYOKİMYASAL ROLLERİ VE ENERJİ



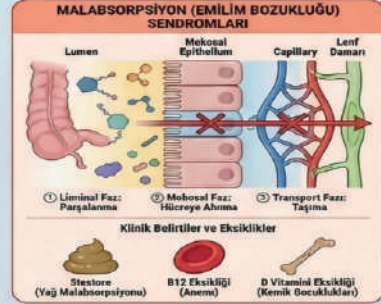
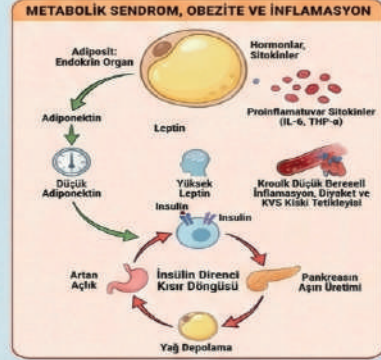
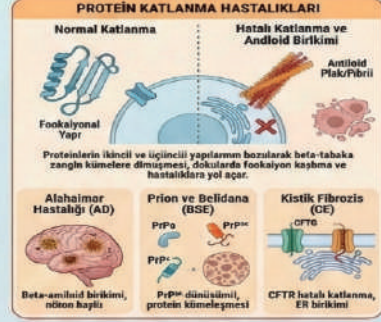
MİKROBESİNLER: METABOLİZMANIN GÖRÜNMEZ YARDIMCILARI



BESİNLERİN ENERJİ VE KLİNİK KARŞILIKLARI

Besin Ögesi	Enerji Değeri	Eksiklik/Bozukluk Sonucu
Karbonhidrat	4 kcal/g	Ketozis, Dehidrasyon, Hipoglisemi
Protein	4 kcal/g	Kas atrofi, Ödem, Hastab katlanma hastalıkları
Yağ (Lipit)	9 kcal/g	Stazoz, Yağda eriyen vitamin eksikliği
Vitamin/Mineral	Enerji vermez	Koenzim eksikliği, Metabolik yavaşlama

KLİNİK YANSIMALAR



Kaynak: 163

9. Enerji Metabolizması ve Makrobesin Dengesi

Enerji metabolizması, insan organizmasının yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan biyokimyasal süreçlerin temelini oluşturur. Hücrel faaliyetlerin devamlılığı, doku yenilenmesi, büyüme, hareket ve fizyolojik işlevlerin düzenlenmesi gibi birçok biyolojik süreç enerjiye bağımlıdır. İnsan vücudu bu enerjiyi besinlerle alınan organik moleküllerin metabolik dönüşümü sonucunda elde eder. Bu bağlamda enerji metabolizması, besin öğelerinin hücrel düzeyde parçalanarak kullanılabilir enerjiye dönüştürülmesini ifade eder. Bu süreçte özellikle makrobesinler olarak adlandırılan karbonhidratlar, lipitler ve proteinler merkezi bir rol oynar¹⁶⁴.

Enerji metabolizmasının temel amacı, besinlerden elde edilen kimyasal enerjinin hücrel faaliyetlerde kullanılacak biçime dönüştürülmesidir. Hücreler enerji ihtiyaçlarını büyük ölçüde **adenozin trifosfat (ATP)** molekülü aracılığıyla karşılar. Besin moleküllerinin metabolik yollar aracılığıyla parçalanması sonucu açığa çıkan enerji, ATP sentezi için kullanılır. Bu nedenle enerji metabolizması, organizmanın metabolik faaliyetlerinin sürdürülebilmesi açısından hayati bir öneme sahiptir. Makrobesinler enerji metabolizmasının farklı aşamalarında görev alır. Karbonhidratlar genellikle hızlı ve erişilebilir enerji kaynağı olarak metabolize edilir. Sindirim sürecinde monosakkaritlere ayrılan karbonhidratlar, dolaşım sistemi aracılığıyla hücrelere taşınır ve metabolik süreçlere katılır. Bu süreçte karbonhidratların metabolik dönüşümü hücrel enerji üretiminin temel basamaklarını oluşturur. Özellikle merkezi sinir sistemi için karbonhidratlar önemli bir enerji kaynağıdır¹⁶⁵.

Lipitler ise organizmanın enerji depolama mekanizmasında önemli bir role sahiptir. Yağ dokusunda depolanan lipitler, enerji gereksiniminin arttığı

¹⁶⁴ Büşra Meltem Ecertaş ve Nihal Zekiye Erdem, "Bariatrik Cerrahide Enerji ve Makro Besin Öğeleri Gereksinimi", *Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 9, sy 1 (2026): 1-11, <https://doi.org/10.48124/husagbildet.1699368>.

¹⁶⁵ Gülcan Arusoğlu ve Gülden Köksal, "Besin Alımı ve Enerji Dengesi", *Beslenme ve Diyet Dergisi* 43, sy 1 (2015): 51-58.

durumlarda metabolik süreçler aracılığıyla parçalanarak enerji üretimine katkıda bulunur. Lipitlerin yüksek enerji yoğunluğuna sahip olması, onları uzun süreli enerji gereksinimleri açısından önemli bir metabolik kaynak hâline getirir. Ayrıca lipitler hücre zarlarının yapısında yer alarak hücresel bütünlüğün korunmasına katkı sağlar. Proteinler ise makrobesinler arasında daha çok yapısal ve fonksiyonel görevleri ile öne çıkar. Proteinler amino asitlerden oluşur ve organizmanın birçok biyolojik yapısının temel bileşenlerini oluşturur. Kas dokusu, enzimler, hormonlar ve bağışıklık sistemi bileşenleri protein yapısına sahiptir. Bununla birlikte proteinler belirli metabolik koşullar altında enerji üretiminde de kullanılabilir. Ancak proteinlerin temel işlevi enerji sağlamak değil, organizmanın yapısal ve metabolik gereksinimlerini karşılamaktır¹⁶⁶.

Enerji metabolizması ile makrobesin dengesi arasındaki ilişki, organizmanın metabolik homeostazının korunmasında önemli bir rol oynar. Enerji alımı ile enerji harcaması arasındaki denge, sağlıklı metabolik işleyişin temelini oluşturur. Günlük beslenmede makrobesinlerin dengeli bir dağılım içinde alınması, hem enerji metabolizmasının düzenli çalışmasını hem de metabolik hastalık riskinin azaltılmasını sağlar¹⁶⁷.

Makrobesin dengesinin bozulması, çeşitli metabolik sorunların ortaya çıkmasına neden olabilir. Özellikle enerji alımının harcanandan fazla olması durumunda fazla enerji lipit biçiminde depolanır ve bu durum obezite riskini artırır. Obezite ise diyabet, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok kronik hastalıkla ilişkilendirilen önemli bir sağlık sorunudur. Benzer şekilde yetersiz enerji alımı da metabolik süreçlerin verimli biçimde yürütülmesini engelleyebilir. Enerji metabolizmasının düzenlenmesinde hormonal mekanizmalar da önemli rol oynar. Endokrin sistem tarafından salgılanan bazı hormonlar, besin öğelerinin metabolik süreçlere katılımını ve enerji kullanımını düzenler. Bu hormonal düzenleme sayesinde organizma değişen enerji ihtiyaçlarına uyum sağlayabilir ve metabolik dengeyi koruyabilir¹⁶⁸.

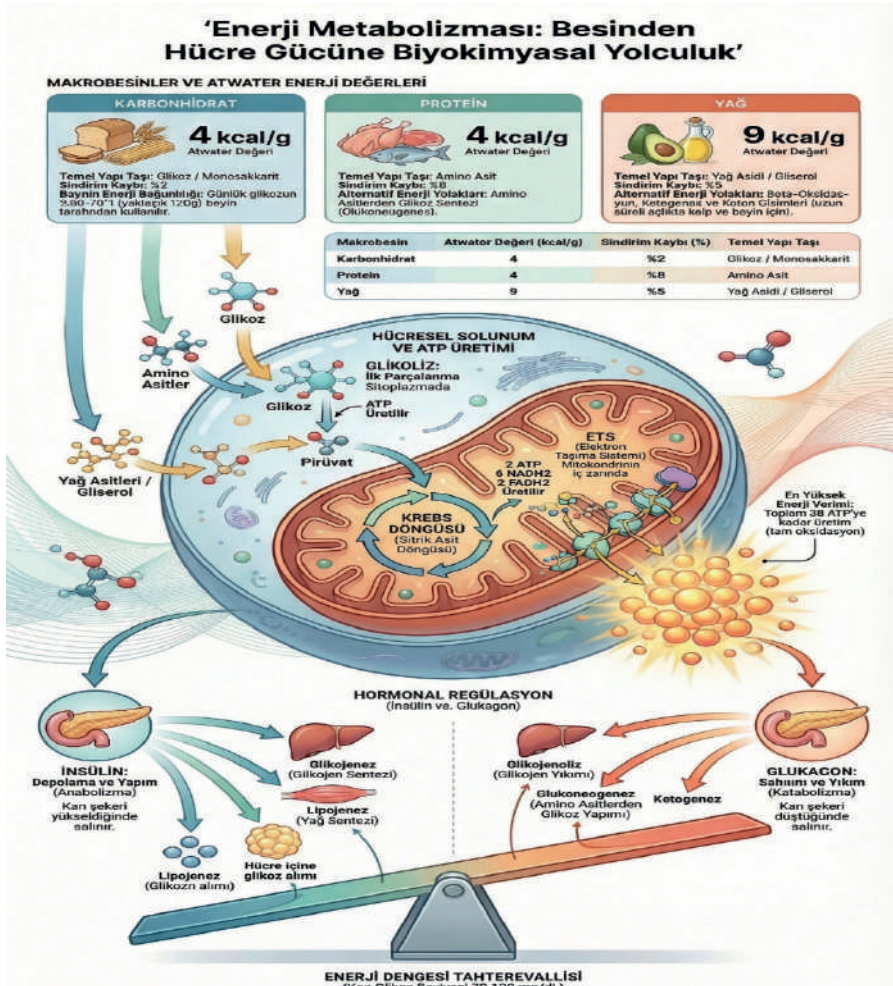
Beslenme biliminde enerji metabolizmasının değerlendirilmesi yalnızca makrobesinlerin miktarıyla değil, aynı zamanda besinlerin kalitesiyle de ilişkilidir. Kompleks karbonhidratlar, sağlıklı yağ kaynakları ve yeterli protein alımı içeren bir beslenme düzeni, metabolik sağlığın korunmasında önemli bir rol oynar. Bu nedenle makrobesinlerin dengeli ve bilinçli bir şekilde tüketilmesi, enerji metabolizmasının sağlıklı biçimde sürdürülmesi açısından önem taşır. Bu bağlamda, enerji metabolizması, besin öğelerinin biyokimyasal

¹⁶⁶ Mısır, “Balıklarda lipitler, yağ asitleri ve bunların bazı önemli metabolik fonksiyonları”.

¹⁶⁷ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

¹⁶⁸ “Erzincan Binali Yıldırım University Journal of Health Sciences Institute » Submission » Kalbin Enerji Metabolizması: Kalp Yetmezliğinde ve Kardiyomyopati de Enerji Metabolizmasında Görülen Değişikler”.

dönüşümü aracılığıyla organizmanın enerji gereksinimlerini karşılayan temel bir fizyolojik süreçtir. Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler farklı metabolik işlevlere sahip olmakla birlikte enerji üretimi, depolanması ve hücresel yapıların korunması açısından birbirini tamamlayan roller üstlenir. Makrobesinler arasındaki dengenin korunması, metabolik homeostazın sürdürülmesi ve kronik hastalık riskinin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle enerji metabolizmasının anlaşılması, sağlıklı beslenme stratejilerinin geliştirilmesi ve toplum sağlığının korunması açısından temel bir bilimsel çerçeve sunmaktadır¹⁶⁹.



Kaynak: ¹⁷⁰

¹⁶⁹ ÖZTÜRK, "BESLENME VE SAĞLIK İLİŞKİSİ".

¹⁷⁰ "Google NotebookLM | Note Taking & Research Assistant Powered by AI".

10. Beslenme, Metabolizma ve Hastalık İlişkisi

Beslenme, insan organizmasının yaşamını sürdürebilmesi, büyüme ve gelişmesini tamamlayabilmesi ve fizyolojik faaliyetlerini düzenli bir biçimde sürdürebilmesi için gerekli olan besin öğelerinin alınması ve kullanılması sürecidir. Bu süreç yalnızca besin tüketimi ile sınırlı değildir; aynı zamanda alınan besin öğelerinin sindirim, emilim, taşınma ve metabolik dönüşüm aşamalarını da kapsar. Metabolizma ise hücrelerde gerçekleşen tüm biyokimyasal reaksiyonların bütünüdür. Bu nedenle beslenme ile metabolizma arasında doğrudan ve karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır. Besin öğelerinin metabolik süreçler üzerindeki etkileri, insan sağlığının korunması ve çeşitli hastalıkların gelişimi açısından önemli bir belirleyici faktör olarak kabul edilmektedir¹⁷¹.

Metabolizma genel olarak **anabolizma** ve **katabolizma** olmak üzere iki temel süreçten oluşur. Katabolizma, kompleks moleküllerin daha basit bileşiklere parçalanarak enerji açığa çıkardığı biyokimyasal reaksiyonları ifade ederken; anabolizma ise hücresel yapıların oluşumu ve yeni biyomoleküllerin sentezi için enerji kullanılan yapım süreçlerini kapsar. Besin öğeleri bu iki metabolik süreçte hem enerji kaynağı hem de yapı taşı olarak görev yapar. Bu nedenle metabolik faaliyetlerin sağlıklı biçimde sürdürülebilmesi, dengeli ve yeterli beslenme ile doğrudan ilişkilidir¹⁷².

Beslenme ile metabolizma arasındaki ilişkinin en belirgin yönlerinden biri enerji metabolizmasıdır. İnsan vücudu günlük yaşam aktivitelerini sürdürebilmek için sürekli enerji üretmek zorundadır. Bu enerji, besinlerle alınan karbonhidratlar, lipitler ve proteinler gibi makrobesinlerin metabolik dönüşümü sonucunda elde edilir. Hücrelerde gerçekleşen biyokimyasal süreçler

¹⁷¹ TÜRKER ve YÜKSEL, “Beslenmede Vitaminlerin Önemi”, 2019.

¹⁷² Esen, “Farklı meme kanseri hücre tiplerinin (MCF-7, MDA-MB-231, CRL-4010) organik asit profilinin incelenmesi / Investigation of the organic acid profile of different breast cancer cell types (MCF-7, MDA-MB-231, CRL-4010)”.

sayesinde besin moleküllerinin içerdiği kimyasal enerji, hücrenel faaliyetlerde kullanılabilir formda dönüştürülür. Enerji metabolizmasının düzenli işleyişi, organizmanın fizyolojik dengesinin korunmasında temel rol oynar¹⁷³.

Besin öğelerinin metabolik süreçler üzerindeki etkisi yalnızca enerji üretimiyle sınırlı değildir. Proteinler hücrenel yapıların oluşumunda ve enzimlerin sentezinde rol oynarken, lipitler hücre zarlarının yapısında bulunur ve bazı biyolojik düzenleyici moleküllerin sentezinde görev alır. Karbonhidratlar ise organizmanın hızlı enerji ihtiyacını karşılayan temel metabolik yakıtlardan biridir. Vitaminler ve mineraller ise birçok metabolik reaksiyonun gerçekleşebilmesi için gerekli olan kofaktörler veya koenzimler olarak görev yapar. Beslenme ile metabolizma arasındaki bu biyokimyasal ilişki, hastalıkların ortaya çıkmasında veya önlenmesinde önemli bir rol oynar. Yetersiz veya dengesiz beslenme metabolik süreçlerin işleyişini bozarak çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilir. Özellikle enerji dengesinin bozulması, modern toplumlarda yaygın olarak görülen metabolik hastalıkların gelişiminde önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Enerji alımının enerji harcamasından fazla olması durumunda fazla enerji yağ dokusunda depolanır ve bu durum obezite riskini artırır¹⁷⁴.

Obezite, yalnızca vücut ağırlığının artışı ile sınırlı olmayan, aynı zamanda birçok kronik hastalığın gelişimi ile ilişkili önemli bir sağlık sorunudur. Metabolik süreçlerde meydana gelen değişiklikler, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve metabolik sendrom gibi çeşitli hastalıkların ortaya çıkmasına zemin hazırlayabilir. Bu durum, beslenme alışkanlıklarının metabolik sağlık üzerindeki belirleyici rolünü açıkça ortaya koymaktadır. Beslenmenin hastalıklarla ilişkisi yalnızca aşırı beslenme ile sınırlı değildir. Yetersiz beslenme de metabolik süreçleri olumsuz etkileyebilir. Özellikle protein, vitamin veya mineral eksiklikleri organizmanın metabolik işlevlerini aksatarak bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve çeşitli fizyolojik sorunların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle yeterli ve dengeli beslenme, hem metabolik sağlığın korunması hem de hastalıkların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır¹⁷⁵.

Metabolik süreçlerin düzenlenmesinde hormonal mekanizmalar da önemli rol oynar. Endokrin sistem tarafından salgılanan hormonlar, besin öğelerinin metabolik dönüşümünü ve enerji kullanımını kontrol ederek organizmanın iç dengesini korur. Bu düzenleyici mekanizmalar sayesinde vücut, değişen enerji gereksinimlerine uyum sağlayabilir ve metabolik homeostazı sürdürebilir. Son yıllarda beslenme ve metabolizma arasındaki ilişkinin anlaşılması, klinik

¹⁷³ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

¹⁷⁴ TÜRKER ve YÜKSEL, "Beslenmede Vitaminlerin Önemi", 2019.

¹⁷⁵ Ünsal, "Beslenmenin Önemi ve Temel Besin Öğeleri".

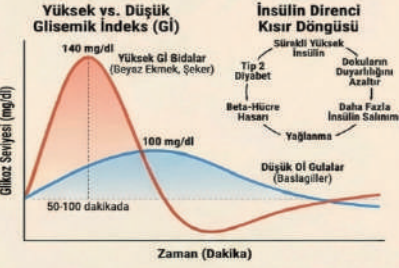
beslenme ve koruyucu sağlık uygulamalarının gelişmesine önemli katkılar sağlamıştır. Beslenme alışkanlıklarının düzenlenmesi, metabolik hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde önemli bir strateji olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda bireylerin metabolik özellikleri ve sağlık durumları dikkate alınarak oluşturulan beslenme programları, modern tıpta giderek daha fazla önem kazanmaktadır¹⁷⁶. Bu bağlamda, beslenme, metabolizma ve hastalık arasındaki ilişki, insan sağlığının korunması açısından temel bir bilimsel çerçeve sunmaktadır. Besin öğelerinin metabolik süreçlerdeki rolü, organizmanın enerji dengesi, hücresel yapıların korunması ve fizyolojik işlevlerin sürdürülmesi açısından büyük önem taşır. Dengeli ve bilinçli bir beslenme düzeni, metabolik dengenin korunmasına katkı sağlayarak birçok hastalığın ortaya çıkma riskini azaltabilir. Bu nedenle beslenme ve metabolizma arasındaki etkileşimin anlaşılması, hem bireysel sağlık yönetimi hem de toplum sağlığı açısından kritik bir öneme sahiptir.

¹⁷⁶ Gürsoy vd., “Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler”, 2001.

Beslenme, Metabolizma ve Hastalıklar: Biyokimyasal Yol Haritası

Karbonhidrat Metabolizması ve Diyabetin Dinamiği

Kandaki glikoz seviyesi yükseldiğinde insülin salgılanarak şekeri hücrelere taşır; düştüğünde ise glukagon Depodan şeker salınmasını sağlar.



Kan Glikoz Seviyeleri (mg/dl)

Durum	Glikoz Seviyesi (mg/dl)	Klinik Sizi
Açlık (Normal)	70 - 100	İdeal denge aralığı
Yemek Sonrası Taze	120 - 140	2.5 saatte normale dönmeli
Hiperglisemi	> 120 (sürekli)	Göz, sinir ve böbrek hasarı
Hipoglisemi	< 40	Hörolojik etkiler başlar

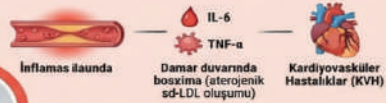
Metabolik Sendrom ve Obezite: İnflamasyon Köprüsü



Adipokinlerin Rolü



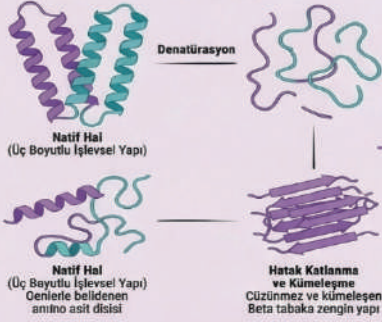
Vasküler Risk ve Sitokinler



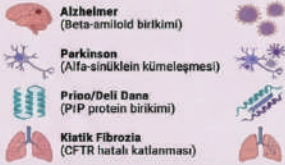
Beslenme-Metabolizma-Hastalık

Protein Katlanma Bozuklukları ve Nörodejenerasyon

Konformasyon Değişimi



Hastalık-Protein Eşleşmesi



Malabsorpsiyon Sendromları: Emilim Yolundaki Engeller

Sindirimin Üç Fazı



Malabsorpsiyon Nedenleri (Fazlara Göre)

Faz	Örnek Hastalık	Etkilenen Mekanizmas
Lüminal Faz	Kronik Pankreatit	Sindirim enzimi eksikliği
	Siroz / Kolestaz	Safta tuzu eksikliği (Yağ sindirimi)
Mukozal Faz	Çölyak Hastalığı	Epitelial transportta yaygın defekt
	Laktöz intoleransı	Fngamsi kanarda hidroliz bosukluğu
Transport Fazı	Lenfoma / Tüberküloz	Lenfatik obstrüksiyon

Kaynak: 177

11. Makrobesinler ve İnsan Sağlığı: Kuramsal ve Uygulamalı Yaklaşım

Beslenme bilimi, insan sağlığının korunması, hastalıkların önlenmesi ve yaşam kalitesinin artırılması açısından temel bir araştırma alanıdır. Bu disiplin, besin öğelerinin kimyasal yapısını, metabolik işlevlerini ve fizyolojik etkilerini inceleyerek organizmanın besinlerle olan ilişkisini bilimsel bir çerçevede ele alır. Bu bağlamda makrobesinler olarak adlandırılan karbonhidratlar, lipitler ve proteinler, insan beslenmesinin temel bileşenlerini oluşturur. Makrobesinler organizmanın enerji gereksiniminin karşılanmasında, hücresel yapıların korunmasında ve metabolik süreçlerin düzenlenmesinde merkezi bir rol oynar. Dolayısıyla makrobesinlerin kuramsal olarak anlaşılması ve uygulamalı beslenme yaklaşımlarında doğru biçimde değerlendirilmesi, insan sağlığı açısından büyük önem taşır¹⁷⁸.

Makrobesinlerin kuramsal temeli, onların kimyasal yapıları ve metabolik işlevleri üzerinden açıklanır. Karbonhidratlar, karbon, hidrojen ve oksijen atomlarından oluşan organik moleküllerdir ve insan metabolizmasında en hızlı enerji sağlayan besin öğeleri arasında yer alır. Sindirim sürecinde daha küçük moleküllere ayrılan karbonhidratlar, dolaşım sistemi aracılığıyla hücrelere taşınarak metabolik reaksiyonlara katılır. Bu süreç sonucunda elde edilen enerji, hücresel faaliyetlerin sürdürülmesi için kullanılır. Özellikle merkezi sinir sistemi ve beyin dokusu için karbonhidratlar önemli bir enerji kaynağıdır¹⁷⁹.

Lipitler ise yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmaları nedeniyle organizma için önemli bir enerji deposu oluşturur. Yağ asitleri ve gliserol bileşenlerinden oluşan lipitler, enerji depolama işlevinin yanı sıra hücre zarlarının yapısında yer alarak hücresel bütünlüğün korunmasına katkı sağlar. Ayrıca bazı

¹⁷⁸ TÜRKER ve YÜKSEL, “Beslenmede Vitaminlerin Önemi”, 2019.

¹⁷⁹ Banu Beyaz Sipahi, “OBEZİTENİN DAVRANIŞ EKONOMİSİ”, *Research Studies Anatolia Journal* 3, sy 3 (2020): 189-98.

biyolojik düzenleyici moleküllerin sentezinde rol oynayan steroller ve yağda çözünen vitaminlerin emiliminde lipitlerin önemli bir işlevi bulunmaktadır. Bu nedenle lipit metabolizması yalnızca enerji üretimi açısından değil, aynı zamanda hücrel organizasyonun sürdürülmesi açısından da büyük önem taşır. Proteinler ise amino asitlerden oluşan kompleks biyomoleküllerdir ve organizmanın yapısal ve fonksiyonel ihtiyaçlarını karşılayan temel bileşenler arasında yer alır. Kas dokusu, bağ dokusu, enzimler, hormonlar ve bağışıklık sistemi proteinleri bu moleküllerin biyolojik önemini ortaya koymaktadır. Proteinlerin metabolik süreçlerdeki rolü yalnızca yapı oluşturmakla sınırlı değildir; aynı zamanda birçok biyokimyasal reaksiyonun düzenlenmesinde de görev alırlar. Proteinlerin yeterli düzeyde alınması, özellikle büyüme, gelişme ve doku onarım süreçleri açısından kritik bir öneme sahiptir¹⁸⁰.

Makrobesinlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri, yalnızca moleküler ve biyokimyasal düzeyde değil, aynı zamanda beslenme alışkanlıkları ve yaşam tarzı ile ilişkili uygulamalı yaklaşımlar çerçevesinde de değerlendirilir. Günlük beslenme düzeninde makrobesinlerin dengeli bir şekilde tüketilmesi, metabolik homeostazın korunması açısından önemli bir faktördür. Enerji alımı ile enerji harcaması arasındaki dengenin sağlanması, metabolik sağlığın sürdürülmesinde temel bir rol oynar. Uygulamalı beslenme yaklaşımlarında makrobesinlerin dağılımı bireyin yaşına, cinsiyetine, fiziksel aktivite düzeyine ve sağlık durumuna göre değişiklik gösterebilir. Dengeli bir beslenme düzeninde karbonhidratlar genellikle temel enerji kaynağı olarak öne çıkarken, lipitler enerji depolanması ve hücrel yapıların korunmasında, proteinler ise organizmanın yapısal ve fonksiyonel gereksinimlerinin karşılanmasında önemli rol oynar. Bu nedenle beslenme planlarının oluşturulmasında makrobesinlerin hem miktarı hem de kalitesi dikkate alınmalıdır¹⁸¹.

Makrobesinlerin dengesiz tüketimi çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Özellikle aşırı enerji alımı obezite riskini artırırken, yetersiz veya dengesiz beslenme metabolik süreçlerin bozulmasına yol açabilir. Modern beslenme araştırmaları, rafine karbonhidratların aşırı tüketiminin metabolik sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini ve sağlıklı yağ kaynaklarının tercih edilmesinin kardiyovasküler sağlık açısından daha yararlı olabileceğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde protein tüketiminin yeterli düzeyde olması, kas kütlelerinin korunması ve metabolik fonksiyonların sürdürülebilmesi açısından önemlidir. Son yıllarda beslenme bilimi, makrobesinlerin sağlık üzerindeki etkilerini daha bütüncül bir yaklaşımla ele almaktadır. Bu yaklaşım, yalnızca

¹⁸⁰ Neriman Morkoç ve Abdülkadir Zorlu, "BESLENME MODELLERİNİN ELEŞTİREL SÖYLEM ANALİZİ: DAMGALANAN BEDENLER VE DAMGALANAN GIDALAR", *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 13, sy 1 (2023): 115-36.

¹⁸¹ TÜRKER ve YÜKSEL, "Beslenmede Vitaminlerin Önemi", 2019.

12. Metabolik Enerji Sistemleri ve Besin Bileşimi Analizi

Metabolik enerji sistemleri, organizmanın biyolojik işlevlerini sürdürebilmesi için gerekli olan enerjiyi sağlayan karmaşık biyokimyasal mekanizmaları ifade eder. İnsan vücudu, yaşam boyunca devam eden enerji taleplerini karşılamak için farklı metabolik yolları kullanır ve bu yollar, besin öğelerinin kimyasal yapısına, metabolik duruma ve enerji ihtiyacının süresine bağlı olarak değişiklik gösterir. Besin bileşimi analizi ise, bir gıda maddesinin içerdiği makrobesinler, mikrobeseinler ve diğer fonksiyonel bileşenlerin kantitatif ve kalitatif değerlendirilmesini sağlayarak enerji metabolizması ile ilişkili bilimsel çıkarımların yapılmasını mümkün kılar. Bu bağlamda metabolik enerji sistemleri ile besin bileşimi analizi arasındaki ilişki, beslenme biliminin hem kuramsal hem de uygulamalı yönlerini birleştiren kritik bir konudur¹⁸⁴.

İnsan organizmasında enerji üretimi, başlıca üç metabolik enerji sistemi aracılığıyla gerçekleşir: fosfajen (ATP-CP) sistemi, laktik asit (anaerobik glikoliz) sistemi ve oksidatif (aerobik) sistem. Fosfajen sistemi, kısa süreli ve yüksek yoğunluklu aktivitelerde hızlı enerji sağlamak üzere ATP ve kreatin fosfat depolarını kullanır. Bu sistemin avantajı enerji üretiminin hızlı olması, dezavantajı ise depoların kısa süreli enerji sağlamakla sınırlı olmasıdır. Laktik asit sistemi, glikozun anaerobik metabolizması sonucu ATP üretir ve özellikle orta süreli yüksek yoğunluklu egzersizlerde devreye girer. Bu süreçte enerji üretimi hızlıdır ancak laktik asit birikimi kas yorgunluğuna yol açabilir. Oksidatif sistem ise karbonhidrat, lipid ve proteinlerin aerobik metabolizmasıyla uzun süreli enerji üretimini sağlar ve düşük-orta yoğunlukta sürdürülebilir enerji

¹⁸⁴ Adile Şahin Kömür ve Ebru Çetin, “Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıta Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri”, *İğdır Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi* 8, sy 2 (2025): 61-76, <https://doi.org/10.48133/igdirsd.1830419>.

sağlar. Bu sistem, enerji üretimi açısından daha verimli olmasına rağmen devreye girmesi daha uzun sürer¹⁸⁵.

Bu enerji sistemlerinin işleyişi, besin bileşimi ile doğrudan ilişkilidir. Karbonhidratlar, özellikle glikojen depoları aracılığıyla hızlı enerji üretimi sağlayarak fosfajen ve laktik asit sistemlerinin etkinliğini artırır. Lipitler, özellikle oksidatif sistemde uzun süreli enerji sağlamak için metabolize edilir ve organizmanın enerji depolama kapasitesini destekler. Proteinler, genellikle enerji üretiminde birincil kaynak olarak kullanılmaz; ancak karbonhidrat ve lipit kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda katabolik süreçlere dahil olabilirler. Bu nedenle besin bileşiminin analiz edilmesi, hangi makrobesinlerin enerji sistemlerine ne ölçüde katkıda bulunduğunu belirlemek açısından kritik öneme sahiptir¹⁸⁶.

Besin bileşimi analizi, yalnızca makrobesinlerin içeriklerini belirlemekle kalmaz; aynı zamanda mikrobeseinlerin, liflerin ve fonksiyonel bileşenlerin metabolik süreçler üzerindeki etkilerini de ortaya koyar. Örneğin bazı vitamin ve mineraller, enerji üretiminde görev alan enzimlerin kofaktörleri olarak işlev görür. B1 vitamini (tiamin), B2 vitamini (riboflavin) ve B3 vitamini (niasin) gibi su çözümlü vitaminler, karbonhidrat metabolizmasının etkinliğinde doğrudan rol oynar. Demir ve magnezyum gibi mineraller ise oksidatif fosforilasyon ve kas kasılması süreçlerinde kritik öneme sahiptir. Bu nedenle besin bileşimi analizi, yalnızca enerji içeriklerinin hesaplanmasını değil, aynı zamanda metabolik yeterliliğin değerlendirilmesini de sağlar.

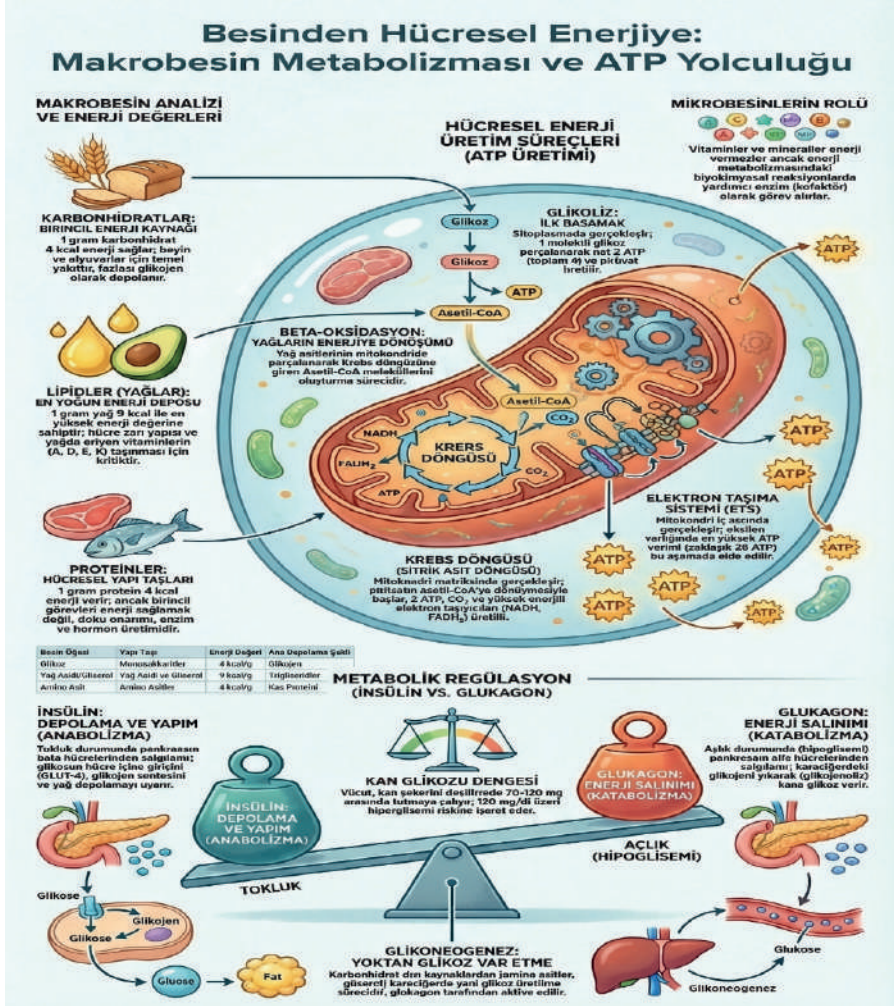
Metabolik enerji sistemleri ile besin bileşimi analizi arasındaki ilişki, klinik ve performans odaklı uygulamalarda da büyük önem taşır. Sporcu beslenmesinde, enerji sistemlerinin özelliklerine uygun makrobesin dağılımı sağlanarak performans artırılabilir ve yorgunluk geciktirebilir. Klinik beslenmede ise metabolik hastalıkların yönetimi için besin bileşimi analizine dayalı enerji planlaması yapılır. Örneğin diyabet, obezite ve metabolik sendrom gibi durumlarda karbonhidrat ve lipit dağılımının metabolik etkileri göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmiş beslenme programları oluşturulabilir¹⁸⁷. Bu bağlamda; metabolik enerji sistemleri ve besin bileşimi analizi, insan sağlığının korunması, metabolik süreçlerin düzenlenmesi ve hastalıkların önlenmesi açısından birbirini tamamlayan bilimsel alanlardır. Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler enerji üretiminde farklı roller üstlenirken,

¹⁸⁵ Yasemin Ertaş ve Nevin Şanlıer, “Beslenme ve Metabolomikler”, *Beslenme ve Diyet Dergisi* 42, sy 1 (2014): 52-58.

¹⁸⁶ İlkay Yılmaz ve Haydar Özpınar, “Beslenme ve Gıda Alanlarında Metabolomik Uygulamalar: Genel Bir Değerlendirme”, *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, sy 8 (Ağustos 2019): 827-39, <https://doi.org/10.38079/igusabder.550904>.

¹⁸⁷ Ünsal, “Beslenmenin Önemi ve Temel Besin Öğeleri”.

mikrobesinler ve fonksiyonel bileşenler metabolik verimliliği artırır. Bu nedenle enerji sistemlerinin anlaşılması ve besin bileşimi analizinin doğru şekilde uygulanması, hem teorik beslenme biliminde hem de klinik ve performans odaklı uygulamalarda temel bir çerçeve sunmaktadır.



Kaynak: 188

13. İnsan Enerji Metabolizması ve Besin Teknolojisine Giriş

İnsan enerji metabolizması, organizmanın yaşamını sürdürebilmesi için gerekli enerjiyi besinlerden elde ettiği kimyasal süreçler aracılığıyla sağlayan karmaşık biyokimyasal mekanizmaları kapsar. Enerji metabolizması yalnızca günlük yaşam aktivitelerini sürdürmek için gerekli enerjiyi temin etmekle kalmaz; aynı zamanda büyüme, doku onarımı, hücre yenilenme ve homeostazın sürdürülmesinde merkezi bir rol oynar. İnsan organizması, enerji ihtiyacını karşılamak için karbonhidrat, lipit ve proteinlerin farklı metabolik yollar aracılığıyla parçalanmasını ve dönüştürülmesini sağlar. Bu bağlamda besin teknolojisi, bu metabolik süreçlerin etkinliğini ve besin öğelerinin biyoyararlanımını artırmak için uygulanan bilimsel ve mühendislik temelli yöntemleri içerir¹⁸⁹.

Enerji metabolizmasının temelini, makrobesinlerin hücresel düzeydeki katabolik ve anabolik reaksiyonları oluşturur. Karbonhidratlar, glikoz ve glikojen gibi depolanabilir formlara dönüştürüldükten sonra hücresel enerji üretimi için hızla metabolize edilir. Lipitler, özellikle uzun zincirli yağ asitleri ve trigliseritler biçiminde depolanarak uzun süreli enerji ihtiyacını karşılar. Proteinler ise öncelikle yapı ve fonksiyonel görevlerde kullanılırken, enerji gereksiniminin arttığı durumlarda metabolik yollar aracılığıyla enerji üretimine katılabilir¹⁹⁰. Bu süreçlerde ATP üretimi, insan enerji metabolizmasının temel enerji taşıyıcısı olarak görev yapar. İnsan enerji metabolizması üç ana sistem üzerinden gerçekleşir: fosfajen (ATP-CP) sistemi, anaerobik glikoliz (laktik asit) sistemi ve aerobik (oksidatif) sistem. Fosfajen sistemi kısa süreli ve yüksek yoğunluklu aktivitelerde hızla enerji sağlar; anaerobik glikoliz orta süreli yoğun egzersizlerde glikozu enerjiye dönüştürür ve laktik asit birikimi ile sınırlı bir süre enerji üretimi sağlar. Aerobik sistem ise karbonhidrat, lipit ve gerektiğinde

¹⁸⁹ TÜRKER ve YÜKSEL, “Beslenmede Vitaminlerin Önemi”, 2019.

¹⁹⁰ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

proteinlerin oksidatif metabolizmasıyla uzun süreli enerji temin eder. Bu sistemlerin etkinliği, besin öğelerinin türü, miktarı ve metabolik duruma göre değişiklik gösterir. Dolayısıyla enerji metabolizmasının anlaşılması, beslenme stratejilerinin ve besin teknolojilerinin tasarlanmasında kritik bir öneme sahiptir¹⁹¹.

Besin teknolojisi, enerji metabolizmasının etkinliğini artırmak ve besin öğelerinin biyoyararlanımını optimize etmek amacıyla geliştirilen uygulamalı bir bilim alanıdır. Bu alanda kullanılan teknolojiler, besinlerin yapısını, saklanabilirliğini, sindirilebilirliğini ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmeye yöneliktir. Örneğin karbonhidrat kaynaklarının kompleks formda işlenmesi, glikoz salınım hızını düzenleyerek enerji metabolizmasını destekleyebilir. Lipitlerin emilim verimliliğini artıran teknolojik uygulamalar, kalp-damar sağlığı açısından olumlu etkiler sağlayabilir. Proteinlerin yapısal bütünlüğünü koruyan işleme yöntemleri ise amino asit biyoyararlanımını artırarak kas kütlesi ve metabolik fonksiyonların desteklenmesini sağlar¹⁹².

Besin teknolojisi ayrıca, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi ve metabolik hastalıkların önlenmesinde önemli bir araç olarak öne çıkar. Probiyotik ve prebiyotik ürünler, enerji metabolizmasını etkileyebilecek bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek metabolik verimliliği artırabilir. Mikroenkapsülasyon, biyoyararlanımı düşük olan vitamin ve minerallerin etkinliğini artırarak enerji metabolizmasına katkı sağlar. Bu nedenle modern besin teknolojileri, insan enerji metabolizmasının biyokimyasal temelleri ile doğrudan ilişkilidir ve metabolik sağlık üzerinde belirleyici etkiler oluşturabilir¹⁹³.

Enerji metabolizması ve besin teknolojisi arasındaki ilişki, klinik ve performans odaklı uygulamalarda da büyük önem taşır. Sporcu beslenmesinde, enerji sistemlerinin özelliklerine uygun makrobesin dağılımı sağlanarak performans artırılabilir ve yorgunluk geciktirilebilir. Klinik beslenmede ise metabolik hastalıkların yönetimi için besin teknolojileri kullanılarak bireyselleştirilmiş beslenme planları oluşturulabilir. Örneğin diyabet ve metabolik sendrom hastalarında karbonhidratların glikemik indeksini kontrol eden işleme yöntemleri, enerji metabolizmasını optimize ederek hastalık yönetimine katkı sağlayabilir¹⁹⁴. Bu bağlamda, insan enerji metabolizması ve besin teknolojisi, birbirini tamamlayan iki bilimsel alan olarak beslenme biliminin hem kuramsal hem de uygulamalı boyutlarını ortaya koyar. Enerji metabolizmasının

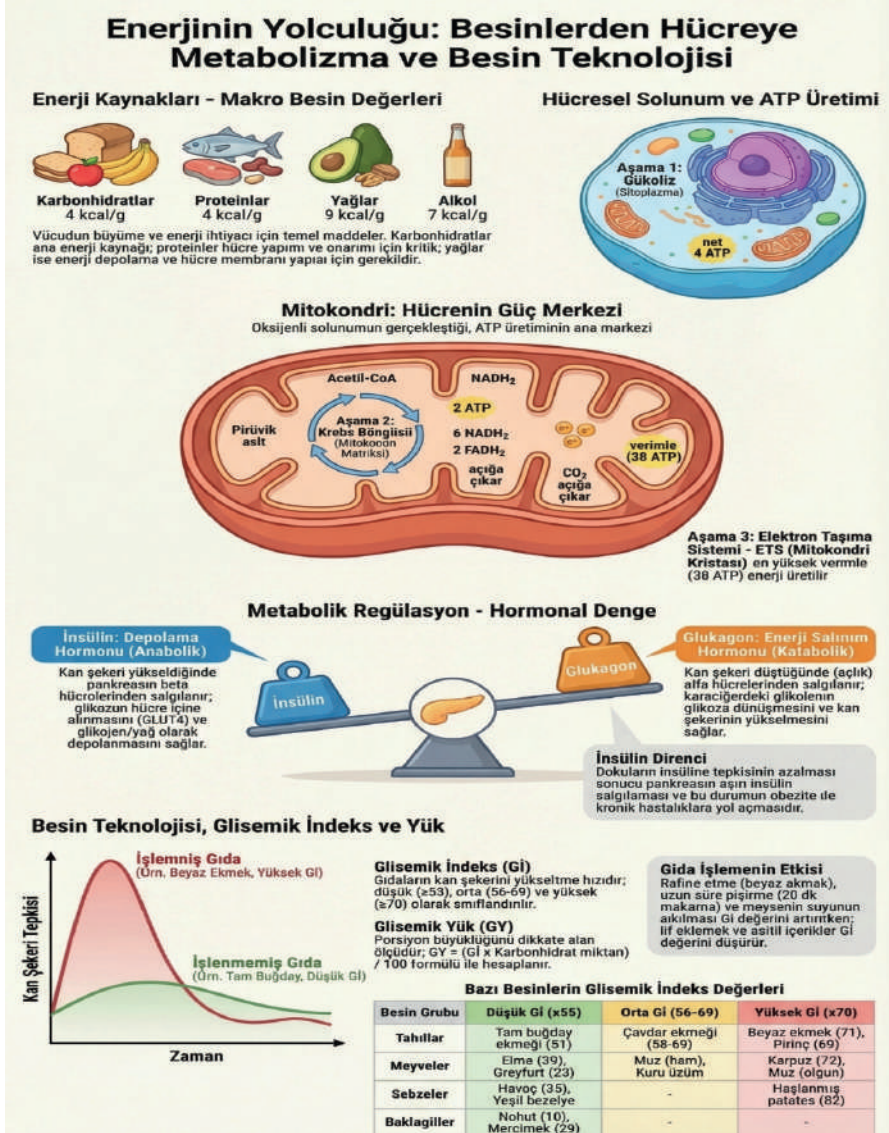
¹⁹¹ Kömür ve Çetin, "Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıtı Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri".

¹⁹² TÜRKER ve YÜKSEL, "Beslenmede Vitaminlerin Önemi", 2019.

¹⁹³ Özenoğlu, *Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları* (Eğitim Yayınevi, 2024).

¹⁹⁴ TÜRKER ve YÜKSEL, "Beslenmede Vitaminlerin Önemi", 2019.

anlaşılması, makrobesinlerin metabolik rollerinin belirlenmesi ve uygun enerji sistemlerine göre beslenme stratejilerinin tasarlanması açısından kritik öneme sahiptir. Besin teknolojisi ise bu stratejilerin uygulanabilirliğini artırarak besin öğelerinin biyoyararlanımını ve metabolik etkinliğini optimize eder. Bu bütüncül yaklaşım, sağlıklı yaşam, metabolik denge ve kronik hastalıkların önlenmesi açısından modern beslenme biliminde temel bir çerçeve sunmaktadır.



Kaynak: ¹⁹⁵

14. Enerji Fizyolojisi ve Fonksiyonel Beslenme Yaklaşımları

Enerji fizyolojisi, insan organizmasının yaşamını sürdürebilmesi için gerekli enerjiyi üretme, depolama ve kullanma süreçlerini inceleyen disiplinler arası bir bilim alanıdır. Bu alan, metabolik süreçlerin mekanizmalarını, enerji üretim yollarını ve organizmanın farklı fizyolojik durumlar altında enerji gereksinimlerini anlamaya odaklanır. Enerji üretimi, hücresel faaliyetlerin sürdürülebilmesi, kas kasılması, sinir iletimi, termoregülasyon ve dokuların yenilenmesi gibi temel fizyolojik işlevlerin devamlılığını sağlar. Fonksiyonel beslenme ise enerji fizyolojisi bilgilerini, bireyin metabolik ihtiyaçlarına uygun besin öğelerini seçmek ve metabolik verimliliği artırmak amacıyla uygulamaya dönüştüren bir yaklaşımı temsil eder¹⁹⁶.

İnsan enerji fizyolojisi, başlıca üç metabolik sistem üzerinden işler: **fosfajen (ATP-CP) sistemi**, **anaerobik glikoliz sistemi** ve **oksidatif (aerobik) sistem**. Fosfajen sistemi, kısa süreli ve yüksek yoğunluklu aktivitelerde hızlı enerji sağlayan birincil mekanizmadır. Anaerobik glikoliz ise glikozun oksijensiz ortamda parçalanmasıyla orta süreli yüksek yoğunluklu enerji üretir; ancak laktik asit birikimi nedeniyle sınırlı bir süre etkin kalır. Oksidatif sistem, karbonhidrat, lipit ve belirli koşullarda proteinlerin oksidatif metabolizmasıyla uzun süreli enerji temin eder ve düşük-orta yoğunlukta sürekli enerji üretimi sağlar. Bu enerji sistemlerinin etkinliği, bireyin fiziksel aktivite düzeyine, besin alımına ve metabolik kapasitesine bağlı olarak değişir. Fonksiyonel beslenme yaklaşımları, enerji fizyolojisi bilgisini bireyselleştirilmiş beslenme stratejilerine dönüştürür. Bu yaklaşımlarda, makrobesinlerin türü, miktarı ve alım zamanlaması metabolik hedeflere göre optimize edilir. Karbonhidratlar hızlı enerji üretimi için öncelikli olarak tercih edilirken, lipitler uzun süreli

¹⁹⁶ "Atlas Journal of Medicine » Submission » FİBROMİYALJİDE GÜNCEL BESLENME YAKLAŞIMLARI", erişim 05 Nisan 2026, <https://dergipark.org.tr/en/pub/atljm/article/1377296>.

enerji depolama ve oksidatif sistemin verimliliği açısından kritik rol oynar. Proteinler ise kas kütesinin korunması, doku onarımı ve metabolik süreçlerin düzenlenmesinde görev alır. Ayrıca vitaminler ve mineraller gibi mikrobeyinler, enerji metabolizmasında kofaktör ve koenzim işlevleri yaparak metabolik verimliliğin sürdürülmesini sağlar¹⁹⁷.

Fonksiyonel beslenme uygulamalarında besin öğelerinin yalnızca enerji katkısı değil, aynı zamanda metabolik yanıtları üzerindeki etkisi de dikkate alınır. Örneğin düşük glicemik indeksli karbonhidratlar, kan glikoz düzeyini daha stabil tutarak hem enerji sistemlerinin etkinliğini artırır hem de uzun süreli dayanıklılığı destekler. Omega-3 yağ asitleri gibi sağlıklı lipitler, inflamatuvar yanıtları azaltarak metabolik verimliliği ve kardiyovasküler sağlığı destekler. Ayrıca probiyotik ve prebiyotik içerikli fonksiyonel gıdalar, bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek enerji dönüşüm süreçlerinin etkinliğine katkıda bulunabilir.

Enerji fizyolojisi ve fonksiyonel beslenme arasındaki ilişki, özellikle sporcu beslenmesi, klinik beslenme ve kronik hastalıkların yönetiminde belirgin hale gelir. Sporcularda enerji sistemlerine uygun makrobesin dağılımı, performansın artırılmasına ve yorgunluğun geciktirilmesine yardımcı olur. Klinik beslenmede ise metabolik sendrom, diyabet veya obezite gibi durumlarda enerji metabolizmasına uygun fonksiyonel beslenme planları uygulanarak hastalıkların ilerlemesi yavaşlatılabilir veya önlenir. Bu bağlamda fonksiyonel beslenme, enerji fizyolojisinin biyokimyasal temelleri ile bireysel sağlık hedeflerini birleştiren bir uygulama alanı olarak öne çıkar¹⁹⁸. Bu bağlamda, enerji fizyolojisi ve fonksiyonel beslenme, insan sağlığının korunması ve metabolik verimliliğin artırılması açısından birbirini tamamlayan bilimsel alanlardır. Enerji metabolizmasının anlaşılması, makrobesinlerin ve mikrobeyinlerin metabolik rollerinin belirlenmesini sağlar; fonksiyonel beslenme ise bu bilgiyi bireyselleştirilmiş beslenme stratejilerine dönüştürerek sağlıklı yaşam, performans optimizasyonu ve hastalık önleme açısından kritik bir çerçeve sunar. Bu bütüncül yaklaşım, modern beslenme biliminin hem kuramsal hem de uygulamalı boyutlarını bütünleştirerek insan sağlığının sürdürülebilirliğine katkı sağlar.

¹⁹⁷ Ercan Özdemir, *İnsan Fizyolojisi*, 2023, <https://avesis.cumhuriyet.edu.tr/yayin/e0dc093b-75bc-4ead-b70c-3e57062238be/insan-fizyolojisi>.

¹⁹⁸ Fatma Ergün, "İNSAN SAĞLIĞI VE BESLENME FİZYOLOJİSİ AÇISINDAN MAG-NEZYUM", *Karşebir Abi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2, sy 3 (2019): 26-33.

Gıdadan Hücreye: Enerji Metabolizması ve Beslenme Rehberi

BÖLÜM 1: MAKROBESİNLER VE ENERJİ POTANSİYELİ

Makrobesinler: Vücutun büyüme ve enerji ihtiyacı için temel bileşenler.



Karbonhidratlar



Karbonhidrat
4 kcal/g



Yağ
9 kcal/g



Protein
4 kcal/g

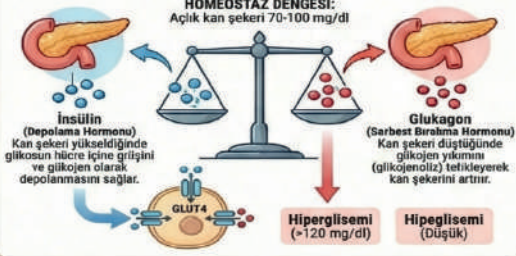


Alkol
7 kcal/g

ESANSİYEL BİLEŞENLER:
Vücut tarafından sentezlenemeyen Omega-3 (ALA), Omega-3 (Linolenik asit) ve esansiyel amino asitler diyetle alınmalıdır.

BÖLÜM 3: KAN ŞEKERİ REGÜLASYONU VE HORMONAL KONTROL

HOMEOSTAZ DENGESİ:
Açlık kan şekeri 70-100 mg/dl



BÖLÜM 4: GLİSEMİK İNDEKS VE SAĞLIKLI BESLENME

BASİT VS. KOMPLEKS KARBONHİDRATLAR

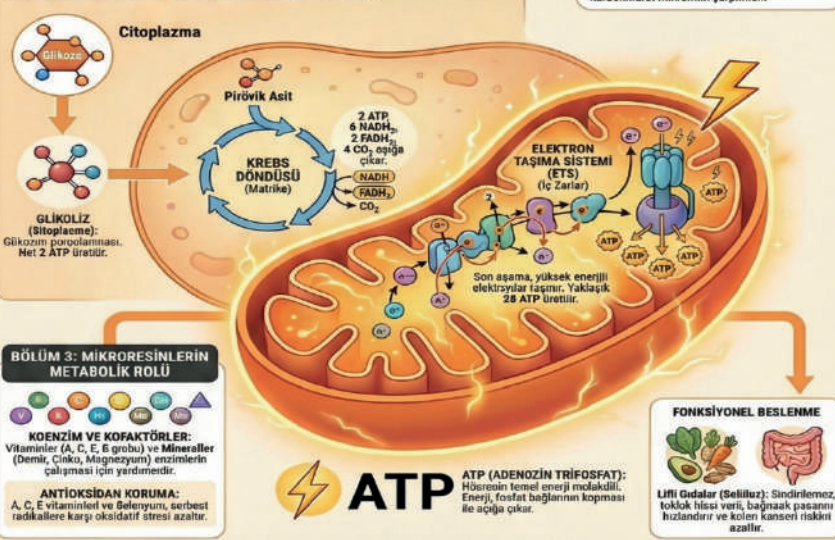


GLİSEMİK İNDEKS ÖRNEKLERİ

Başım Ordu	GI Geçerli	Örnekler
Düşük GI (<59)	Düşük	Barbunya, Nohut, Eima, Tam Öğüdüy Cıneğri
Orta GI (56-69)	Orta	Beşz Şeker, Muz (Cam), Şamir Pirinc
Yüksek GI (>70)	Yüksek	Beşz Pirinc, Patates, Kırns, Muz Gıneğri

Glisemik Yük (GY): GI değeri ile porsiyondaki karbonhidrat miktarının çarpımıdır.

BÖLÜM 2: HÜCRESEL ENERJİ ÜRETİMİ (SOLUNUM)



BÖLÜM 3: MIKROESİNLERİN METABOLİK ROLÜ



Kaynak: 199

15. Biyokimyasal Temelde Enerji Dönüşümü ve Besin Değeri

Enerji, yaşamın sürdürülmesi ve organizmanın fizyolojik fonksiyonlarının devamı için temel bir gereksinimdir. İnsan vücudu, bu enerjiyi besinlerde bulunan kimyasal bağlardan sağlar ve bunu biyokimyasal yollar aracılığıyla hücrese düzeyde kullanılabilir enerjiye dönüştürür. Bu süreç, **biyokimyasal enerji dönüşümü** olarak adlandırılır ve organizmanın metabolik kapasitesini, enerji ihtiyacını karşılama yeteneğini ve besin öğelerinin etkinliğini doğrudan etkiler. Besin değeri ise, bir gıdanın enerji içeriği, makrobesin ve mikrobesin kompozisyonu ile metabolik ve fizyolojik katkılarının toplamını ifade eder. Bu bağlamda biyokimyasal enerji dönüşümü ve besin değeri, hem temel bilimsel perspektiften hem de uygulamalı beslenme planlaması açısından kritik öneme sahiptir²⁰⁰.

Enerji dönüşümü, temel olarak makrobesinlerin metabolizması yoluyla gerçekleşir. Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler farklı biyokimyasal yollarla enerji üretiminde rol oynar. Karbonhidratlar, glikoz ve glikojen depolarına dönüştürüldükten sonra hücre içinde glikoliz, sitrik asit döngüsü ve oksidatif fosforilasyon gibi süreçler aracılığıyla ATP üretir. Bu enerji, kısa süreli ve hızlı kullanımı gereken hücrese işlevler için ideal bir kaynaktır. Lipitler ise özellikle uzun süreli ve düşük yoğunluklu enerji ihtiyaçlarını karşılamak için metabolize edilir. Trigliseritlerin β -oksidasyonu, yüksek enerji yoğunluğuna sahip ATP üretimi sağlar ve hücrese enerji dengesinin korunmasına katkıda bulunur. Proteinler, enerji üretiminde birincil kaynak olmasa da karbonhidrat ve lipit kaynakları yetersiz olduğunda katabolik yollara dahil olur ve enerji üretimine katkıda bulunur.²⁰¹

²⁰⁰ Nazlı Batar ve Müveddet Emel Alphan, “Sleeve Gastrektomi Sonrası İlk Altı Ayda Besin Öğeleri Alımının Bazı Biyokimyasal Parametrelere Etkisi”, *Duzce Medical Journal* 21, sy 3 (2019): 223-32, <https://doi.org/10.18678/dtfd.596227>.

²⁰¹ VeyseL DOĞAN, *Hayvan Beslemenin İlkeleri* (Akademisyen Kitabevi, 2024).

Biyokimyasal enerji dönüşümü, hücresele düzeyde ATP üretimi ve kullanımını temel alır. ATP, enerji taşıyıcısı olarak metabolik reaksiyonlarda gerekli enerjiyi sağlar ve enerji taleplerine göre hızla sentezlenip tüketilebilir. Hücresele enerji dengesi, metabolik yolların koordinasyonu, enzim aktivitesi ve hormonların düzenleyici etkisi ile sağlanır. Örneğin insülin ve glukagon hormonları, karbonhidrat metabolizmasını ve dolayısıyla enerji dönüşümünü düzenleyerek kan glikoz düzeyinin homeostazını korur. Benzer şekilde katekolaminler ve tiroksin hormonları, lipit ve protein metabolizmasını etkileyerek enerji üretimini optimize eder²⁰².

Besin değeri kavramı, yalnızca gıdanın içerdiği enerji miktarı ile sınırlı değildir. Bir gıdanın besin değeri, makrobesinlerin yanı sıra mikrobesinler, lifler ve fonksiyonel bileşenlerin organizmadaki biyokimyasal etkilerini de kapsar. Vitaminler ve mineraller, enerji metabolizmasında kofaktör veya koenzim olarak görev alır ve metabolik reaksiyonların verimliliğini artırır. Örneğin B-grubu vitaminler karbonhidrat metabolizmasının çeşitli aşamalarında kritik rol oynarken, demir ve magnezyum gibi mineraller oksidatif fosforilasyon süreçlerinde enerji üretimini destekler. Bu nedenle besin değeri, gıdanın enerji içeriği kadar metabolik etkinliğini ve biyokimyasal katkısını da yansıtmalıdır²⁰³.

Biyokimyasal enerji dönüşümü ve besin değeri arasındaki ilişki, beslenme planlamasında ve klinik uygulamalarda önemli bir rehber niteliği taşır. Dengeli bir beslenme düzeninde karbonhidratlar, lipitler ve proteinler organizmanın enerji ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde dağıtılır. Enerji yoğunluğu yüksek gıdaların metabolik etkisi ve sindirilebilirliği göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmiş beslenme programları oluşturulur. Fonksiyonel besinlerin ve biyoyararlanımı artırılmış gıda bileşenlerinin kullanımı, enerji dönüşüm süreçlerini optimize ederek metabolik verimliliği artırır²⁰⁴.

Ayrıca, enerji dönüşümü ve besin değeri, kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde de kritik öneme sahiptir. Yetersiz veya dengesiz enerji alımı, obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve metabolik sendrom gibi durumların gelişimine zemin hazırlar. Bu nedenle besinlerin enerji içeriği ve biyokimyasal katkıları dikkate alınarak planlanan beslenme programları, metabolik dengeyi korumak ve hastalık riskini azaltmak açısından vazgeçilmezdir²⁰⁵. Bu bağlamda, biyokimyasal temelde enerji dönüşümü ve besin değeri, insan

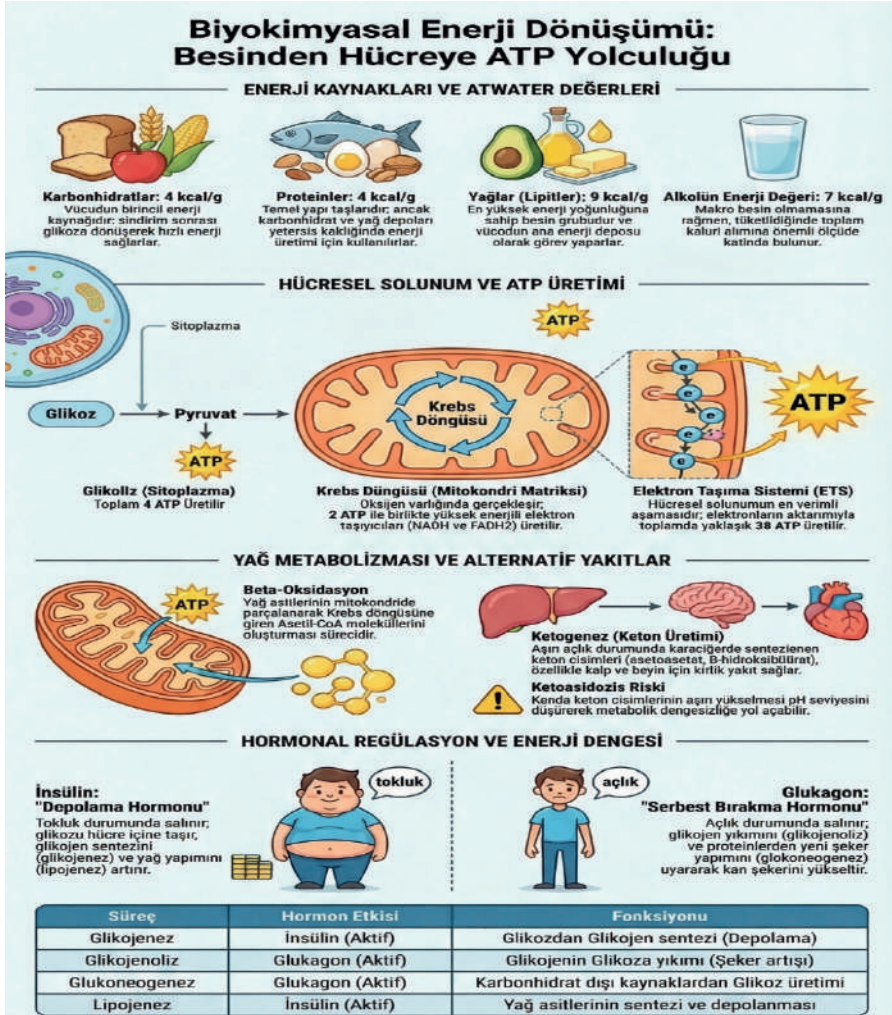
²⁰² Birol Kayışoğlu ve Melis İnci Giray, "Farklı Biyokütle Kaynaklarının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 20, sy 2 (2024): 72-83.

²⁰³ Beyza Kaynar ve Mustafa Sandıkcı, "Yerel Mutfaklarda Besin Değerleri ve Sağlık: Afyonkarahisar'da Bir Çalışma", *Kocatepe Turizm Araştırmaları Dergisi* 1, sy 1 (2025): 47-66.

²⁰⁴ Doğan YÜCEL, *Güncel Biyokimya Çalışmaları III* (Akademisyen Kitabevi, 2022).

²⁰⁵ Aydoğdu ve Köksal, "HEDONİK AÇLIK VE MAKRO BESİN ÖGELERİ İLE İLİŞKİSİ".

sağlığı ve metabolik işlevlerin sürdürülebilirliği açısından birbirini tamamlayan kavramlardır. Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler enerji üretiminde farklı roller üstlenirken; vitaminler, mineraller ve fonksiyonel bileşenler metabolik verimliliği artırır. Besin bileşiminin doğru analizi ve enerji dönüşüm süreçlerinin anlaşılması, hem bireysel beslenme stratejilerinin optimize edilmesine hem de halk sağlığının korunmasına yönelik bilimsel bir temel sağlar. Bu bütüncül yaklaşım, modern beslenme biliminin kuramsal ve uygulamalı boyutlarını birleştiren temel bir çerçeve sunar.



Kaynak: ²⁰⁶

16. Enerji Dengesi, Metabolik Regülasyon ve Besin Bilimi

Enerji dengesi, insan sağlığı ve metabolik fonksiyonların sürdürülebilirliği açısından temel bir kavramdır. Organizmanın enerji dengesi, alınan enerji ile harcanan enerji arasındaki ilişkiyi ifade eder ve bu denge, büyüme, doku onarımı, fizyolojik fonksiyonlar ve fiziksel aktivite gibi biyolojik süreçlerin düzenli bir şekilde yürütülmesini sağlar. Enerji dengesi, yalnızca kalorik alım ve harcama üzerinden açıklanamaz; aynı zamanda besinlerin biyokimyasal yapısı, metabolik yolların etkinliği ve hormonal düzenlemelerle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle enerji dengesi, metabolik regülasyon ve besin bilimi arasında sıkı bir etkileşim söz konusudur²⁰⁷.

Metabolik regülasyon, enerji üretimi ve harcamasının organizmada koordineli bir şekilde yürütülmesini sağlayan biyokimyasal ve endokrin mekanizmaları kapsar. İnsan organizmasında enerji üretimi, karbonhidrat, lipid ve proteinlerin metabolik yollar aracılığıyla gerçekleşir. Karbonhidratlar, glikoz ve glikojen depoları üzerinden hızlı enerji sağlarlarken, lipidler uzun süreli enerji ihtiyacını karşılamak için oksidatif yollardan metabolize edilir. Proteinler ise öncelikle yapısal ve fonksiyonel görevlerde kullanılır; enerji kaynağı olarak yalnızca diğer makrobesinler yetersiz kaldığında devreye girer. Bu metabolik süreçler, enzim aktivitesi, hormonlar ve hücrel sinyal mekanizmaları tarafından düzenlenir²⁰⁸.

Enerji dengesi, metabolik regülasyonla sıkı bir şekilde ilişkilidir. Yeterli enerji alımı ile harcaması arasındaki uyum, metabolik homeostazın korunmasını sağlar. Fazla enerji alımı durumunda, glikoz ve lipid fazlalıkları depolanarak obeziteye yol açabilir; yetersiz enerji alımı ise metabolik işlevlerin aksamasına, enerji kaynaklarının tükenmesine ve fizyolojik dengesizliklere neden olabilir. Bu nedenle enerji dengesinin sağlanması, metabolik regülasyonun etkinliği ile

²⁰⁷ Ecertaş ve Erdem, “Bariatrik Cerrahide Enerji ve Makro Besin Öğeleri Gerekisini”.

²⁰⁸ Gürsoy vd., “Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler”, 2001.

doğrudan bağlantılıdır. Besin bilimi, enerji dengesi ve metabolik regülasyon kavramlarını beslenme planlaması ve gıda teknolojisi bağlamında uygulamaya dönüştürür. Makrobesinlerin türü, miktarı ve dağılımı, bireyin enerji ihtiyacına ve metabolik kapasitesine uygun şekilde optimize edilir. Karbonhidratların glisemik indeksi, lipitlerin doymamış ve doymuş yağ oranları, proteinlerin amino asit profili gibi besin özellikleri, enerji metabolizmasının verimliliğini etkileyen önemli faktörlerdir. Ayrıca vitaminler, mineraller ve diğer fonksiyonel bileşenler, enerji üretiminde kofaktör veya koenzim olarak metabolik süreçleri destekler. Örneğin B-grubu vitaminler karbonhidrat metabolizmasında, demir ve magnezyum oksidatif fosforilasyonda kritik rol oynar²⁰⁹.

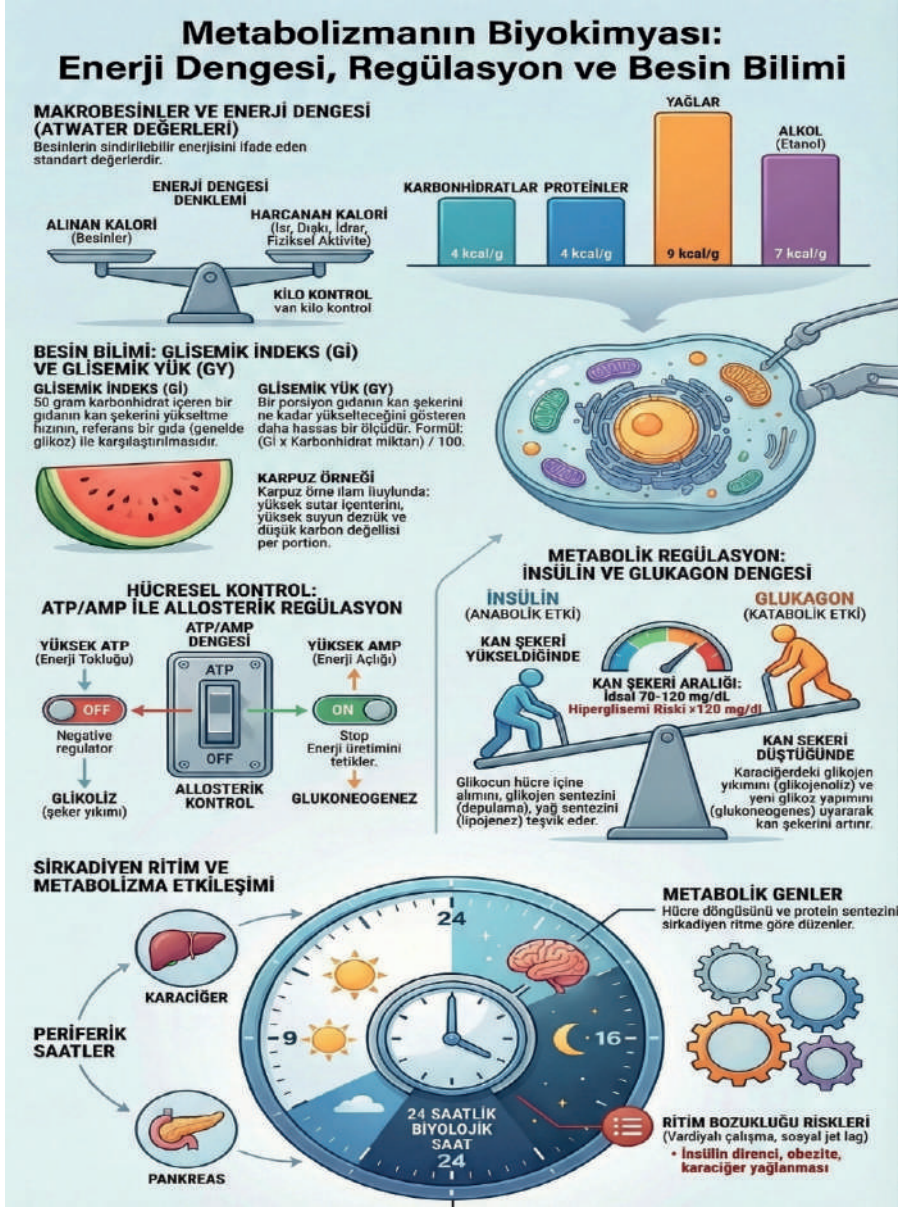
Modern besin bilimi yaklaşımları, enerji dengesi ve metabolik regülasyonu optimize etmeye odaklanır. Fonksiyonel gıdalar, probiyotik ve prebiyotikler, biyoyararlanımı artırılmış makrobesinler, metabolik verimliliği yükselterek enerji kullanımının optimize edilmesine katkı sağlar. Sporcu beslenmesinde enerji sistemlerine uygun makrobesin dağılımı performansı artırırken, klinik beslenmede metabolik sendrom, diyabet ve obezite yönetiminde bireyselleştirilmiş beslenme planları ile enerji dengesi korunabilir²¹⁰.

Enerji dengesi ve metabolik regülasyon, yalnızca enerji miktarı ile ilgili değil, aynı zamanda metabolik yanıtların ve hormonal kontrol mekanizmalarının bütüncül bir değerlendirilmesini gerektirir. İnsülin, glukagon, leptin, ghrelin ve katekolaminler gibi hormonlar, besin alımı, enerji depolanması ve enerji harcaması süreçlerini koordine ederek metabolik dengeyi sağlar. Bu sayede organizma, değişen enerji taleplerine ve beslenme alışkanlıklarına uyum gösterebilir²¹¹. Bu bağlamda, enerji dengesi, metabolik regülasyon ve besin bilimi birbirini tamamlayan üç temel bileşendir. Enerji dengesi, organizmanın fizyolojik ve metabolik fonksiyonlarını sürdürebilmesi için gerekli olan temel şartı ifade ederken, metabolik regülasyon bu sürecin koordinasyonunu sağlar. Besin bilimi ise bu bilgiyi bireyselleştirilmiş beslenme programlarına ve fonksiyonel gıda tasarımlarına dönüştürerek sağlığın korunması, metabolik etkinliğin artırılması ve kronik hastalıkların önlenmesi açısından bilimsel bir temel sunar. Bu bütüncül yaklaşım, modern beslenme ve metabolizma araştırmalarının temel çerçevesini oluşturur.

²⁰⁹ Kömür ve Çetin, “Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıtı Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri”.

²¹⁰ Buket Aydeniz-güneşer ve Azime Miray Kahraman, “Holistik Beslenme Yaklaşımı: Ruhsal, Zihinsel ve Fiziksel Beslenme”, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 37, sy 2 (2023): 551-60, <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1326580>.

²¹¹ Hülya ÇİÇEK, *Tıp ve Sağlık Bilimlerinde Yenilikçi Yaklaşımlar II* (Livre de Lyon, 2025).



Kaynak: 212

17. Beslenme Fizyolojisi ve Enerji Ekonomisi

Beslenme fizyolojisi, canlı organizmaların besinleri nasıl aldığını, sindirdiğini, emdiğini ve metabolik süreçler aracılığıyla nasıl kullandığını inceleyen temel bir bilim alanıdır. Bu disiplin, besin öğelerinin organizma üzerindeki biyokimyasal ve fizyolojik etkilerini açıklamaya çalışırken aynı zamanda enerji üretimi, enerji kullanımı ve metabolik düzenleme mekanizmalarını da ele alır. İnsan vücudu yaşamını sürdürebilmek için sürekli bir enerji akışına ihtiyaç duyar ve bu enerji büyük ölçüde besinlerin içerdiği kimyasal bağların parçalanması yoluyla elde edilir. Enerji ekonomisi kavramı ise organizmanın bu enerjeyi en verimli şekilde üretmesi, depolaması ve kullanması ile ilgili süreçleri ifade eder. Dolayısıyla beslenme fizyolojisi ile enerji ekonomisi arasındaki ilişki, insan metabolizmasının temel işleyişini anlamada önemli bir teorik çerçeve sunmaktadır²¹³.

Organizmada enerji üretimi, metabolik reaksiyonların koordinasyonu sayesinde gerçekleşir. Sindirim sistemi aracılığıyla alınan besinler, ağızdan başlayarak mide ve ince bağırsakta parçalanır ve emilebilir moleküllere dönüştürülür. Karbonhidratlar monosakkaritlere, proteinler amino asitlere ve lipitler ise yağ asitleri ile gliserole ayrıştırılır. Bu küçük moleküller kan dolaşımı aracılığıyla hücrelere taşınır ve burada çeşitli metabolik yolların bir parçası haline gelir. Hücresel düzeyde gerçekleşen bu biyokimyasal süreçler sonucunda besinlerden elde edilen kimyasal enerji, adenzin trifosfat (ATP) molekülü biçiminde depolanır. ATP, hücresel faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan temel enerji taşıyıcısıdır ve kas kasılması, sinir iletimi, biyosentetik reaksiyonlar ve aktif taşıma gibi birçok fizyolojik süreçte kullanılır²¹⁴.

Beslenme fizyolojisi açısından enerji metabolizması, katabolik ve anabolik süreçlerin dengesi üzerine kuruludur. Katabolizma, kompleks moleküllerin

²¹³ Arslan Zafer Gürler vd., *Enerji Ekonomisi* (Nobel Akademik Yayıncılık, t.y.).

²¹⁴ Özlem Yılmaz, "Biyoloji Felsefesinde Organizma Kavramı", *Kilikya Felsefe Dergisi* 1, sy 1 (2022): 78-86.

daha basit bileşiklere parçalanarak enerji açığa çıkardığı reaksiyonları kapsar. Buna karşılık anabolizma, hücrel yapıların oluşturulması ve biyomoleküllerin sentezi için enerji gerektiren yapım süreçlerini ifade eder. Bu iki süreç arasında kurulan denge, organizmanın enerji ekonomisinin temelini oluşturur. Enerji ekonomisi, yalnızca enerji üretiminin miktarını değil, aynı zamanda enerjinin hangi metabolik süreçlerde ve ne ölçüde kullanılacağını da belirleyen bir düzenleme mekanizmasını içerir²¹⁵.

İnsan vücudunda enerji kullanımının önemli bir bölümü bazal metabolizma tarafından belirlenir. Bazal metabolizma, organizmanın dinlenme durumunda bile yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan enerji miktarını ifade eder. Solunum, dolaşım, vücut sıcaklığının korunması ve hücrel yenilenme gibi temel fizyolojik faaliyetler bu enerji ile sağlanır. Bazal metabolizma hızı bireyler arasında yaş, cinsiyet, genetik yapı ve vücut kompozisyonu gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bunun yanı sıra fiziksel aktivite, enerji tüketimini önemli ölçüde artıran bir diğer faktördür. Günlük enerji harcaması, bazal metabolizma, fiziksel aktivite ve besinlerin termik etkisinin toplamından oluşur.

Enerji ekonomisinin sürdürülebilmesi için organizma enerji depolama mekanizmalarını da kullanır. Karbonhidratlar sınırlı miktarda glikojen formunda karaciğer ve kas dokusunda depolanırken, lipitler yağ dokusunda daha uzun süreli enerji rezervleri olarak saklanır. Bu depolama sistemi, organizmanın enerji ihtiyacının arttığı dönemlerde metabolik esnekliğini korumasına yardımcı olur. Özellikle uzun süreli açlık, yoğun fiziksel aktivite veya enerji talebinin arttığı durumlarda depolanmış enerji kaynakları metabolik süreçlere dahil edilerek enerji üretimi devam ettirilir²¹⁶.

Enerji ekonomisinin düzenlenmesinde hormonal sistem önemli bir rol oynar. Endokrin sistem tarafından salgılanan hormonlar, enerji üretimi ve kullanımını kontrol eden temel düzenleyiciler arasında yer alır. İnsülin, glukagon, adrenalin ve tiroksin gibi hormonlar, besin öğelerinin metabolik yollar üzerindeki etkilerini yönlendirir. İnsülin glikozun hücreler tarafından kullanılmasını ve depolanmasını teşvik ederken, glukagon enerji ihtiyacının arttığı durumlarda glikojen depolarının parçalanmasını sağlar. Adrenalin ise stres ve yoğun fiziksel aktivite sırasında enerji üretimini hızlandırarak metabolik yanıtı artırır. Bu hormonal mekanizmalar, organizmanın enerji gereksinimlerine hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlamasına yardımcı olur²¹⁷.

²¹⁵ Fatih MURATHAN, *PSİKOMOTOR GELİŞİM VE SPOR* (Efe Akademi Yayınları, 2024).

²¹⁶ Gürsoy vd., "Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler", 2001.

²¹⁷ Arusoğlu ve Köksal, "Besin Alımı ve Enerji Dengesi".

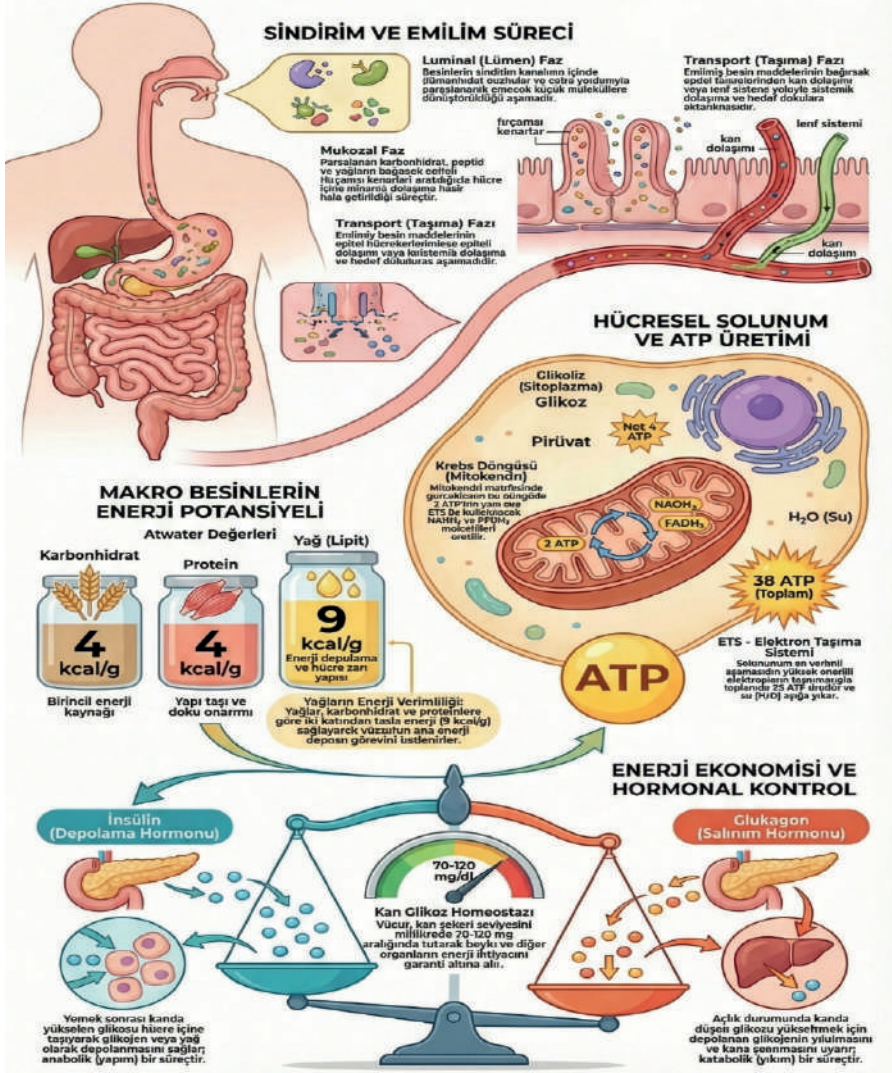
Beslenme fiziyojisi ve enerji ekonomisi arasındaki ilişki, modern beslenme biliminde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Günümüzde beslenme alışkanlıklarının değışmesi, yüksek enerji yoğunluğuna sahip gıdaların tüketiminin artması ve fiziksel aktivitenin azalması gibi faktörler enerji dengesinin bozulmasına yol açabilmektedir. Bu durum obezite, metabolik sendrom ve tip 2 diyabet gibi kronik hastalıkların yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Enerji ekonomisinin doğru şekilde yönetilmesi, yalnızca bireysel sağlık açısından değil, aynı zamanda toplum sağlığının korunması açısından da büyük önem taşımaktadır²¹⁸.

Ayrıca besin öğelerinin kalitesi ve biyoyararlanımı da enerji ekonomisinin etkinliğini belirleyen önemli faktörler arasında yer alır. Kompleks karbonhidratlar, sağlıklı yağlar ve kaliteli protein kaynakları metabolik süreçlerin verimli çalışmasını desteklerken, aşırı rafine edilmiş ve enerji yoğunluğu yüksek gıdalar metabolik dengenin bozulmasına neden olabilir. Bu nedenle dengeli ve yeterli beslenme, enerji ekonomisinin sürdürülebilirliği için temel bir gereklilik olarak kabul edilmektedir²¹⁹. Bu bağlamda, beslenme fiziyojisi ve enerji ekonomisi, insan metabolizmasının anlaşılmasında birbirini tamamlayan iki önemli kavramdır. Besinlerin sindirimi, emilimi ve metabolik dönüşümü sonucunda elde edilen enerji, organizmanın fiziyojik faaliyetlerini sürdürebilmesi için vazgeçilmezdir. Enerji ekonomisi ise bu enerjinin en verimli şekilde kullanılması ve metabolik dengenin korunması ile ilgilidir. Bu iki alanın birlikte değerlendirilmesi, sağlıklı yaşamın sürdürülebilmesi ve metabolik hastalıkların önlenmesi açısından bilimsel bir temel oluşturmaktadır. Dengeli beslenme, düzenli fiziksel aktivite ve metabolik süreçlerin doğru yönetimi, enerji ekonomisinin korunmasına katkı sağlayarak bireylerin genel sağlık düzeyinin iyileştirilmesine yardımcı olur.

²¹⁸ Arıkan ve Perçinci, "Karbonhidratların Kronik Hastalıklarla İlişkisi ve Tıbbi Beslenme Tedavisindeki Rolü".

²¹⁹ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

Beslenme Fizyolojisi ve Enerji Ekonomisi: Gıdadan Hücresel Enerjiye



Kaynak: 220

18. Metabolik Adaptasyonlar ve Besin Öğeleri Etkileşimi

Metabolizma, canlı organizmaların yaşamlarını sürdürebilmek için gerçekleştirdiği tüm biyokimyasal reaksiyonların bütünüdür. Bu reaksiyonlar, enerji üretimi, biyomolekül sentezi, hücresel onarım ve fizyolojik dengenin korunması gibi temel süreçleri kapsar. İnsan organizması, değişen çevresel koşullar, beslenme durumları ve fizyolojik gereksinimler karşısında metabolik sistemlerini yeniden düzenleyebilme kapasitesine sahiptir. Bu uyum mekanizmaları **metabolik adaptasyon** olarak adlandırılır. Metabolik adaptasyonlar, organizmanın enerji üretimi ve besin öğelerinin kullanımı ile ilgili süreçlerini yeniden düzenleyerek hem kısa vadeli hem de uzun vadeli fizyolojik dengeyi korumaya yardımcı olur. Bu bağlamda besin öğeleri arasındaki etkileşimler, metabolik adaptasyonların yönünü ve etkinliğini belirleyen temel faktörler arasında yer almaktadır²²¹.

Metabolik adaptasyonlar, organizmanın enerji gereksinimleri ile besin alımı arasındaki ilişkiye bağlı olarak ortaya çıkar. İnsan vücudu, enerji alımının arttığı veya azaldığı durumlarda metabolik yolların aktivitesini değiştirerek enerji dengesini sağlamaya çalışır. Örneğin enerji alımının sınırlı olduğu durumlarda organizma metabolik hızını düşürerek enerji tüketimini azaltabilir. Bu süreç, özellikle uzun süreli açlık veya kalori kısıtlaması gibi durumlarda gözlemlenir ve enerji tasarrufu sağlayan fizyolojik bir uyum mekanizması olarak değerlendirilir. Buna karşılık enerji alımının arttığı durumlarda fazla enerji yağ dokusunda depolanarak metabolik dengenin korunmasına katkı sağlar. Bu adaptasyonlar, organizmanın enerji kaynaklarını verimli kullanabilmesini mümkün kılar²²².

²²¹ Rabia Melda Karaağaç ve Çağla Pınarlı Falakaçlar, “KISITLI ENERJİ ALIMININ METABOLİK ETKİLERİ”, *Journal of Health and Sport Sciences* 6, sy 3 (2023): 73-78.

²²² Selin Aktitiz ve Süleyman Bulut, “Aralıklı Açlık Metabolizması, Vücut Kompozisyonu, Spor ve Egzersiz Performansı Etkileşimi: Geleneksel Derleme”, *Spor Bilimleri Dergisi* 36, sy 2 (2025): 148-61, <https://doi.org/10.17644/sbd.1703172>.

Metabolik adaptasyon süreçlerinde makrobesinlerin rolü oldukça önemlidir. Karbonhidratlar, lipitler ve proteinler farklı metabolik koşullarda farklı işlevler üstlenebilir. Karbonhidratlar genellikle organizmanın hızlı enerji ihtiyacını karşılayan temel yakıt olarak kullanılır. Glikoz metabolizması sayesinde hücreler kısa sürede enerji üretebilir ve bu enerji özellikle beyin dokusu ile sinir sistemi için hayati önem taşır. Ancak karbonhidrat alımının sınırlı olduğu durumlarda metabolik sistemler alternatif enerji kaynaklarına yönelir. Bu durumda lipit metabolizması daha aktif hale gelir ve yağ asitlerinin oksidasyonu artar. Uzun süreli karbonhidrat kısıtlamasında karaciğerde keton cisimleri üretilebilir ve bu moleküller özellikle beyin için alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilir²²³.

Proteinler ise metabolik adaptasyon süreçlerinde daha karmaşık bir rol üstlenir. Normal koşullarda proteinler, hücre yapısının korunması, enzimlerin ve hormonların sentezi gibi temel biyolojik görevlerde kullanılır. Ancak enerji kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda proteinlerin katabolizması artabilir ve amino asitler enerji üretiminde kullanılabilir. Bu durum uzun süreli açlık veya ciddi enerji eksikliği koşullarında gözlemlenir ve organizmanın hayati işlevlerini sürdürebilmesi için geçici bir adaptasyon mekanizması olarak değerlendirilir. Besin öğeleri arasındaki etkileşim, metabolik adaptasyonların etkinliğini belirleyen önemli bir faktördür. Makrobesinlerin metabolik yollar üzerindeki etkileri yalnızca kendi kimyasal özelliklerine bağlı değildir; aynı zamanda diğer besin öğeleri ile olan ilişkileri de metabolik süreçlerin düzenlenmesinde rol oynar. Örneğin karbonhidrat ve yağ metabolizması arasında belirgin bir metabolik denge bulunmaktadır. Karbonhidrat alımının yüksek olduğu durumlarda lipit metabolizması baskılanabilirken, karbonhidrat alımının azalması yağ oksidasyonunun artmasına neden olabilir. Bu karşılıklı ilişki, organizmanın enerji kaynaklarını esnek bir biçimde kullanabilmesini sağlar²²⁴.

Mikrobesinler de metabolik adaptasyon süreçlerinde önemli rol oynar. Vitaminler ve mineraller birçok metabolik reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli olan kofaktörler ve koenzimler olarak görev yapar. Özellikle B grubu vitaminleri enerji metabolizmasının farklı aşamalarında görev alan enzimlerin etkinliğini artırır. Demir, oksijen taşınması ve hücre solunum süreçlerinde kritik bir rol oynarken; çinko, bakır ve magnezyum gibi mineraller birçok metabolik enzimin aktivasyonunda görev alır. Bu nedenle mikrobesin

²²³ Hilal Hızlı Güldemir, “YÜKSEK YAĞLI DİYETİN AÇLIK-TOKLUK METABOLİZMASINDA GÖREVLİ HORMONLAR VE NÖROPEPTİDLER ÜZERİNE ETKİLERİ”, *Sağlık Bilimleri Dergisi* 27, sy 3 (2018): 239-344.

²²⁴ “Spor Bilimleri Dergisi » Makale » Glikojen Depoları , Egzersiz Antrenmanı ve Diyet Etkileşimi”, erişim 05 Nisan 2026, https://dergipark.org.tr/tr/pub/sbd/article/357428?issue_id=36253.

eksiklikleri metabolik adaptasyon mekanizmalarının etkinliğini azaltabilir ve metabolik süreçlerin verimliliğini olumsuz etkileyebilir²²⁵.

Metabolik adaptasyonların düzenlenmesinde hormonal sistem de merkezi bir role sahiptir. Endokrin sistem tarafından salgılanan hormonlar, besin öğelerinin metabolik yollar üzerindeki etkilerini yönlendirir. İnsülin hormonu özellikle karbonhidrat metabolizmasının düzenlenmesinde önemli bir rol oynar ve glikozun hücreler tarafından kullanılmasını sağlar. Glukagon ise enerji gereksiniminin arttığı durumlarda karaciğerde depolanmış glikojenin parçalanmasını teşvik eder. Adrenalin ve kortizol gibi stres hormonları ise enerji mobilizasyonunu artırarak metabolik adaptasyonun hızlanmasına katkı sağlar. Ayrıca tiroid hormonları metabolik hızın düzenlenmesinde önemli bir rol oynar ve enerji üretim süreçlerinin genel aktivitesini etkiler²²⁶.

Metabolik adaptasyonlar yalnızca akut fizyolojik yanıtlarla sınırlı değildir; uzun süreli beslenme alışkanlıkları ve yaşam tarzı da metabolik sistemin yapısını değiştirebilir. Uzun süreli enerji fazlası yağ dokusunun artmasına ve metabolik dengenin bozulmasına yol açabilir. Buna karşılık düzenli fiziksel aktivite ve dengeli beslenme metabolik esnekliği artırarak organizmanın farklı enerji kaynakları arasında daha verimli geçiş yapabilesini sağlar. Metabolik esneklik kavramı, modern beslenme ve metabolizma araştırmalarında önemli bir kavram olarak kabul edilmektedir²²⁷.

Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, bağırsak mikrobiyotasının da metabolik adaptasyon süreçlerinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bağırsak mikroorganizmaları, besinlerin sindirimi ve bazı metabolitlerin üretimi üzerinde etkili olabilir. Bu mikroorganizmalar tarafından üretilen kısa zincirli yağ asitleri, enerji metabolizmasını ve inflamatuvar süreçleri etkileyerek metabolik sağlık üzerinde belirleyici bir rol oynayabilir. Bu nedenle beslenme alışkanlıkları ile bağırsak mikrobiyotası arasındaki ilişki, metabolik adaptasyonların anlaşılmasında yeni bir araştırma alanı olarak dikkat çekmektedir²²⁸. Bu bağlamda, metabolik adaptasyonlar ve besin öğeleri etkileşimi, insan metabolizmasının dinamik yapısını anlamada temel bir araştırma alanı sunmaktadır. Organizma, değişen beslenme koşullarına ve enerji gereksinimlerine uyum sağlayabilmek için metabolik yollarını sürekli

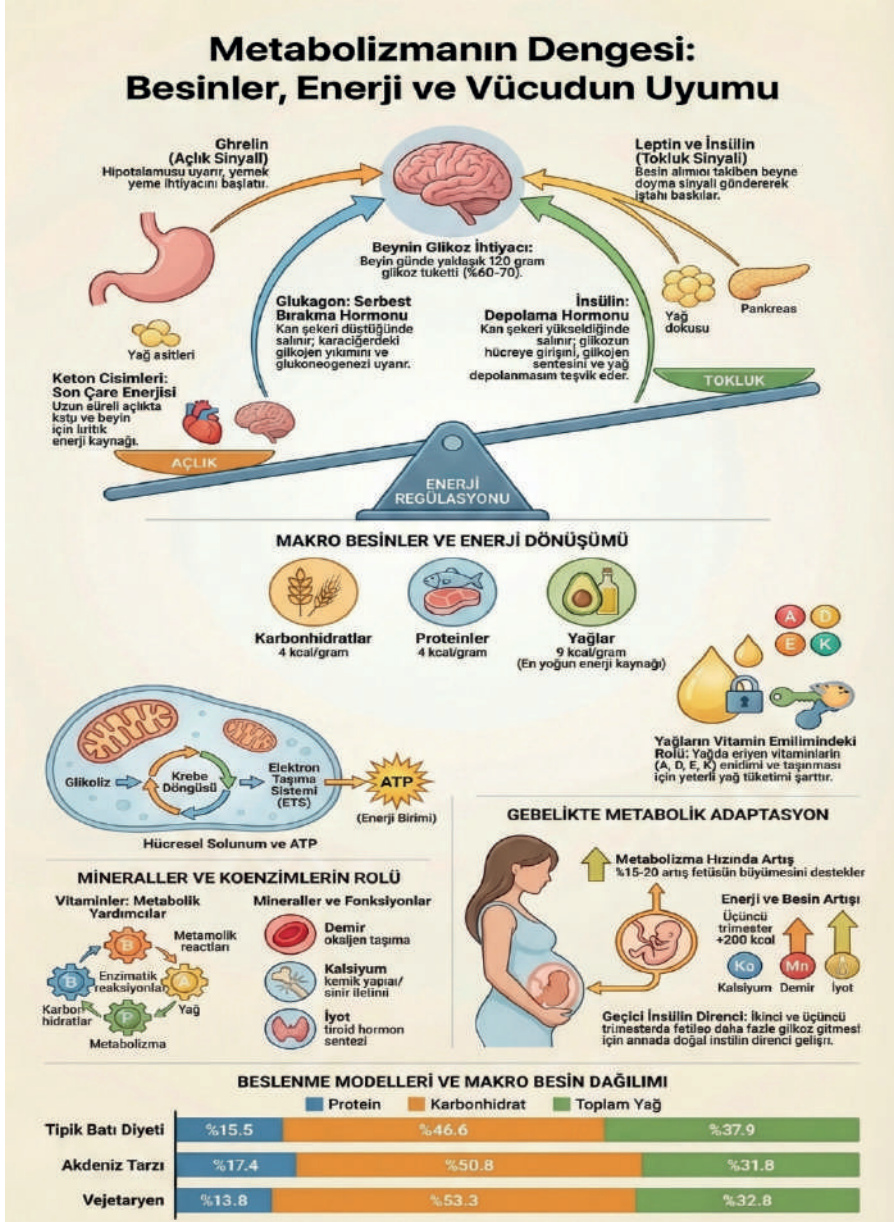
²²⁵ Süleyman Bulut ve Hüsrev Turnagöl, "Glikojen Depoları , Egzersiz Antrenmanı ve Diyet Etkileşimi", *Spor Bilimleri Dergisi* 28, sy 4 (2018): 205-19, <https://doi.org/10.17644/sbd.357428>.

²²⁶ Emin Akgül, *Fizyobiyokimya: Sağlıklı İnsan Organizmasında Biyokimyasal Mimari* (2026).

²²⁷ Erdil DURUKAN ve Mehmet GÖKTEPE, *EGZERSİZ FIZYOLOJİSİ VE TEMEL KAVRAMLAR* (Efe Akademi Yayınları, 2023).

²²⁸ Karagöz ve Şanlıer, "Egzersizde Makro Besin Öğelerinin Planlanması".

olarak yeniden düzenler. Bu süreçte makrobesinler, mikrobeseinler, hormonal mekanizmalar ve çevresel faktörler birlikte etkili olur.



Kaynak: 229

19. Enerji Metabolizması: Ölçüm, Hesaplama ve Klinik Yansımalar

Enerji metabolizması, canlı organizmaların yaşam faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli enerjiyi üretme, dönüştürme ve kullanma süreçlerini kapsayan temel biyokimyasal mekanizmaların bütünüdür. İnsan vücudu, büyüme, gelişme, doku onarımı, fizyolojik işlevlerin sürdürülmesi ve fiziksel aktivitelerin gerçekleştirilmesi için sürekli bir enerji akışına ihtiyaç duyar. Bu enerji, besinlerle alınan makrobesinlerin metabolik süreçler aracılığıyla parçalanması sonucunda elde edilir. Enerji metabolizmasının anlaşılması, yalnızca temel fizyolojik süreçlerin açıklanması açısından değil, aynı zamanda klinik beslenme uygulamaları, metabolik hastalıkların yönetimi ve bireysel enerji gereksinimlerinin belirlenmesi açısından da önemli bir bilimsel çerçeve sunmaktadır²³⁰.

Enerji metabolizmasının temelini karbonhidrat, lipit ve protein metabolizması oluşturur. Karbonhidratlar, özellikle glikoz formunda metabolize edilerek hızlı enerji sağlayan temel yakıt kaynaklarıdır. Hücre içerisinde glikoliz, sitrik asit döngüsü ve oksidatif fosforilasyon gibi metabolik yollar aracılığıyla glikozdan ATP üretimi gerçekleşir. Lipitler ise yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmaları nedeniyle uzun süreli enerji depolama ve kullanım süreçlerinde önemli rol oynar. Yağ asitlerinin β -oksidasyonu sonucu elde edilen enerji, özellikle uzun süreli enerji gereksinimlerinde organizmanın metabolik ihtiyaçlarını karşılamaya yardımcı olur. Proteinler ise öncelikli olarak yapısal ve fonksiyonel görevler üstlenmekle birlikte enerji gereksiniminin arttığı durumlarda metabolik süreçlere dahil olabilir²³¹.

Enerji metabolizmasının değerlendirilmesinde ölçüm yöntemleri önemli bir yer tutar. İnsan organizmasının enerji harcaması farklı yöntemler kullanılarak

²³⁰ Kömür ve Çetin, “Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıtı Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri”.

²³¹ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

belirlenebilir. Bu yöntemlerden biri **direkt kalorimetri** olarak adlandırılan tekniktir. Direkt kalorimetri, organizmanın metabolik süreçler sırasında açığa çıkardığı ısı enerjisinin ölçülmesine dayanır ve enerji harcamasının doğrudan belirlenmesini sağlar. Ancak bu yöntemin uygulanması oldukça karmaşık ve maliyetlidir. Bu nedenle pratikte daha yaygın olarak kullanılan yöntem **indirekt kalorimetri**dir. İndirekt kalorimetri, oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimi ölçülerek enerji harcamasının hesaplanmasını sağlar. Bu yöntem, metabolik hızın belirlenmesinde güvenilir sonuçlar sunar ve klinik araştırmalarda sıklıkla kullanılmaktadır²³².

Enerji metabolizmasının değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer yaklaşım ise matematiksel ve istatistiksel hesaplama yöntemleridir. Bazal metabolizma hızı (BMH), bireyin dinlenme durumunda yaşamını sürdürebilmesi için gerekli minimum enerji miktarını ifade eder. BMH, yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı ve boy gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bazal metabolizma hızının belirlenmesinde Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor ve Schofield gibi çeşitli formüller kullanılmaktadır. Bu hesaplamalar, bireyin günlük enerji gereksiniminin belirlenmesinde önemli bir referans noktası sağlar²³³.

Günlük toplam enerji harcaması, yalnızca bazal metabolizma hızından oluşmaz. Aynı zamanda fiziksel aktivite ve besinlerin termik etkisi gibi faktörler de enerji harcamasına katkıda bulunur. Besinlerin termik etkisi, sindirim, emilim ve metabolik dönüşüm süreçleri sırasında harcanan enerjiyi ifade eder. Proteinlerin termik etkisi karbonhidrat ve yağlara göre daha yüksek olduğu için protein açısından zengin diyetler enerji metabolizması üzerinde farklı metabolik etkiler oluşturabilir. Fiziksel aktivite ise günlük enerji harcamasının en değişken bileşenlerinden biridir ve bireyin yaşam tarzına bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Enerji metabolizmasının ölçülmesi ve hesaplanması, klinik uygulamalarda önemli sonuçlar doğurmaktadır. Özellikle metabolik hastalıkların tanı ve tedavi süreçlerinde enerji gereksiniminin doğru şekilde belirlenmesi büyük önem taşır. Obezite, metabolik sendrom, diyabet ve bazı kardiyovasküler hastalıklar enerji metabolizmasının bozulması ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle klinik beslenme uygulamalarında bireyin enerji gereksinimi doğru şekilde belirlenerek uygun beslenme planları oluşturulmalıdır²³⁴.

Enerji metabolizmasının klinik yansımaları yalnızca kronik hastalıklarla sınırlı değildir. Yoğun bakım hastaları, cerrahi sonrası iyileşme sürecinde olan bireyler ve kronik hastalıklara sahip kişiler için enerji gereksiniminin doğru şekilde hesaplanması tedavi sürecinin önemli bir parçasıdır. Bu tür

²³² Özdemir, *İnsan Fizyolojisi*.

²³³ Arusoğlu ve Köksal, "Besin Alımı ve Enerji Dengesi".

²³⁴ Karaağaç ve Falakacılar, "KISITLI ENERJİ ALIMININ METABOLİK ETKİLERİ".

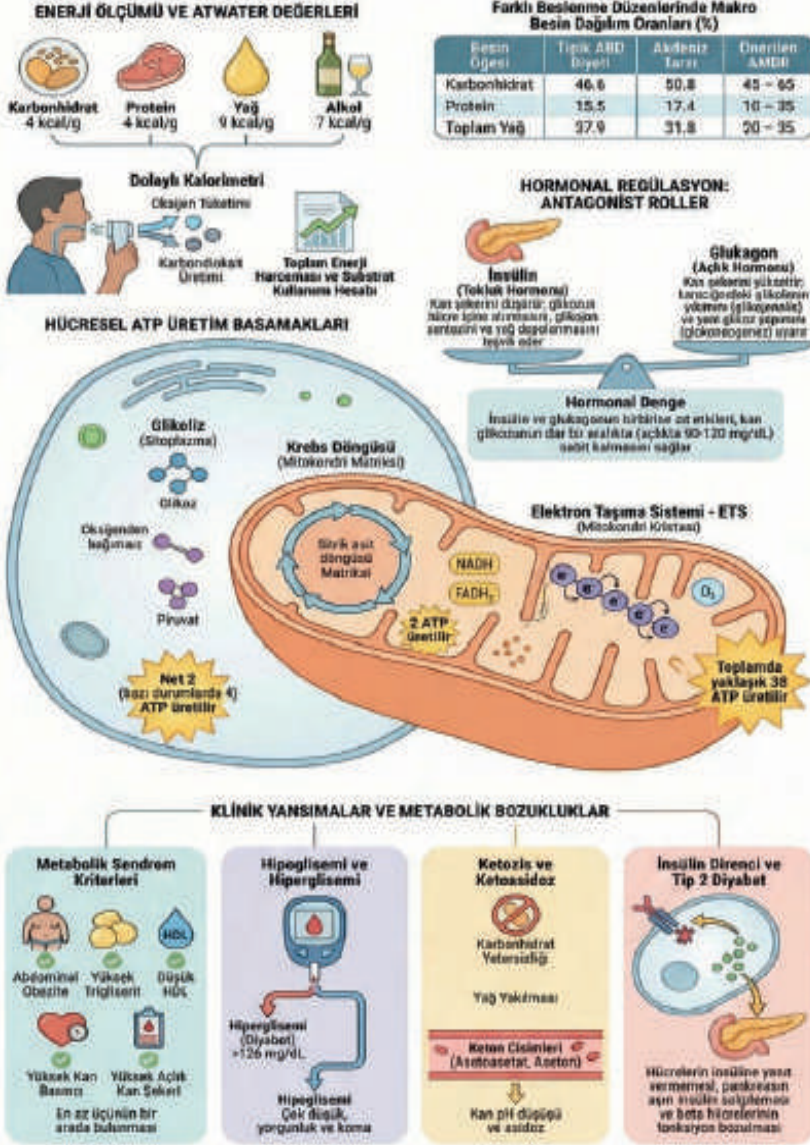
durumlarda enerji gereksinimi hem metabolik stres hem de fizyolojik ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak belirlenir. Yetersiz enerji alımı iyileşme sürecini yavaşlatabilirken, aşırı enerji alımı metabolik komplikasyonlara yol açabilir²³⁵.

Son yıllarda enerji metabolizmasının değerlendirilmesinde yeni teknolojiler ve biyobelirteçler kullanılmaya başlanmıştır. Metabolomik analizler, hücresel metabolitlerin ayrıntılı incelenmesini sağlayarak enerji metabolizmasının daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca giyilebilir teknolojiler ve dijital sağlık uygulamaları, bireylerin enerji harcamasını ve fiziksel aktivite düzeyini sürekli olarak takip edebilme imkânı sunmaktadır. Bu gelişmeler, enerji metabolizmasının bireysel düzeyde daha hassas bir şekilde değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır²³⁶. Bu bağlamda, enerji metabolizması, insan organizmasının yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan enerji üretimi ve kullanım süreçlerini kapsayan temel bir fizyolojik mekanizmadır. Enerji metabolizmasının ölçülmesi ve hesaplanması, bireysel enerji gereksinimlerinin belirlenmesi ve metabolik sağlık durumunun değerlendirilmesi açısından önemli bir bilimsel araçtır. Bu süreçlerin doğru şekilde analiz edilmesi, klinik beslenme uygulamalarının etkinliğini artırarak metabolik hastalıkların önlenmesine ve tedavi edilmesine katkı sağlayabilir. Enerji metabolizmasına ilişkin araştırmaların gelişmesi, hem temel bilimler hem de klinik uygulamalar açısından insan sağlığının korunmasına yönelik önemli bilimsel perspektifler sunmaktadır.

²³⁵ Uçar ve Yılmaz, "Laktasyon döneminde beslenme: Enerji ve makro besin öğeleri".

²³⁶ Kayışoğlu ve Giray, "Farklı Biyokütle Kaynaklarının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma".

Enerji Metabolizması: Hücresel Yakıttan Klinik Yansımaları



Kaynak: ²³⁷

20. Besin Kompozisyonu, Enerji Yoğunluğu ve Sağlık İlişkisi

Besin kompozisyonu ve enerji yoğunluğu, insan sağlığı ve metabolik süreçler üzerinde kritik belirleyici unsurlar olarak kabul edilmektedir. Besin kompozisyonu, bir gıdanın içerdiği makrobesinler (karbonhidrat, protein ve lipit), mikrobesinler (vitaminler, mineraller) ve diğer biyolojik aktif bileşenlerin (fitokimyasallar, antioksidanlar, polifenoller) miktar ve oranlarını ayrıntılı biçimde tanımlar. Bu bileşenler, yalnızca enerji temini açısından değil, aynı zamanda hücrel yapıların korunması, metabolik yollarda katalitik ve düzenleyici fonksiyonlar, bağışıklık sistemi yanıtları, hormon sentezi ve genetik materyalin stabilitesi açısından da merkezi bir rol oynar. Örneğin, B vitaminleri ve mineraller enzim aktiviteleri için gerekli kofaktörleri sağlarken, polifenoller ve antioksidan bileşikler oksidatif stresin kontrolüne katkıda bulunur ve kronik hastalık risklerini azaltır²³⁸.

Enerji yoğunluğu, bir gıdanın içerdiği toplam enerjinin ağırlık veya hacim birimine göre ölçülmesiyle tanımlanır ve genellikle kilokalori/gram (kcal/g) olarak ifade edilir. Düşük enerji yoğunluğu, özellikle lif, su ve düşük yağ içeriği ile karakterize edilen gıdalarda görülür ve yüksek hacme rağmen sınırlı enerji sunar. Bu özellik, tokluk mekanizmalarını destekleyerek aşırı enerji alımını önler ve uzun vadeli kilo yönetimi ile metabolik sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratır. Tam tersi olarak, yüksek enerji yoğunluğuna sahip gıdalar; işlenmiş karbonhidratlar, doymuş yağlar ve şeker ilaveli ürünler, küçük porsiyonlarda yüksek enerji sağlayarak metabolik stres, insülin direnci, lipid dengesizliği ve inflamatuvar yanıtları tetikleyebilir²³⁹.

Besin kompozisyonu ve enerji yoğunluğunun etkileşimi, enerji dengesi ve metabolik yanıtlar açısından büyük önem taşır. Dengeli bir beslenme modeli,

²³⁸ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

²³⁹ TÜRKER ve YÜKSEL, "Beslenmede Vitaminlerin Önemi", 2019.

karbonhidrat, protein ve lipitlerin uygun oranlarda ve yüksek biyolojik değer taşıyan kaynaklardan alınmasını içerir. Karbonhidratlar, özellikle kompleks karbonhidratlar ve tam tahıllar, yavaş sindirildikleri için glikoz salınımını düzenler, insülin yanıtını optimize eder ve uzun süreli tokluk sağlar. Sağlıklı lipitler, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri aracılığıyla hücre membranlarının akışkanlığını ve hormon sentezini desteklerken, inflamatuvar yanıtları azaltır. Proteinler ise esansiyel amino asitleri sağlayarak kas kütlelerinin korunmasına, dokusal onarıma, enzim ve hormon üretimine katkıda bulunur ve açlık-regülasyon mekanizmalarını etkiler²⁴⁰.

Günümüzde beslenme araştırmaları, enerji yoğunluğu ve besin kompozisyonunun sadece bireysel enerji alımı üzerindeki etkilerini değil, uzun vadeli metabolik ve klinik sonuçlarını da incelemektedir. Yüksek enerji yoğunluğuna sahip ve düşük besin değerine sahip diyetler, obezite, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve kronik inflamatuvar durumlar gibi metabolik bozuklukların temel risk faktörleri arasında yer alır. Buna karşılık, düşük enerji yoğunluğu ve yüksek besin kalitesi sunan diyetler, enerji homeostazını destekler, glisemik kontrolü iyileştirir, lipid profillerini optimize eder ve inflamasyonu azaltarak kronik hastalık riskini minimize eder²⁴¹.

²⁴⁰ Kömür ve Çetin, “Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıtı Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri”.

²⁴¹ TÜRKER ve YÜKSEL, “Beslenmede Vitaminlerin Önemi”, 2019.



Kaynak: ²⁴²

20.1. Makrobesinler ve Enerji Yoğunluğu

Karbonhidratlar, enerji metabolizmasında en hızlı ve erişilebilir yakıt kaynaklarından biridir. Özellikle glikoz ve diğer monosakkaritler, hücreler tarafından doğrudan enerji üretiminde kullanılabilir. Karbonhidratların yapısına bağlı olarak glisemik indeksleri ve glisemik yükleri değişir. Kompleks karbonhidratlar (tam tahıllar, baklagiller) düşük glisemik indekse sahip olup kan şekeri ve insülin yanıtlarını dengeler. Bu durum, uzun süreli enerji sağlarken tokluk süresini de uzatarak metabolik dengelyi destekler²⁴³.

²⁴² "Google NotebookLM | Note Taking & Research Assistant Powered by AI".

²⁴³ Uçar ve Yılmaz, "Laktasyon döneminde beslenme: Enerji ve makro besin öğeleri".

Lipitler, yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle uzun süreli enerji depolama ve kullanımında kritik rol oynar. Özellikle doymamış yağ asitleri, hücre membran yapısının korunması, inflamatuvar yanıtların düzenlenmesi ve hormon sentezi gibi fizyolojik süreçlerde işlev görür. Trans ve aşırı doymuş yağlar ise enerji yoğunluğu yüksek olmasına rağmen metabolik dengesizlikler, insülin direnci ve kardiyovasküler risk artışıyla ilişkilidir²⁴⁴.

Proteinler, enerji üretiminin yanı sıra hücresel yapıların korunması, enzim ve hormon sentezi ve bağışıklık sisteminin düzenlenmesi gibi temel işlevler üstlenir. Enerji yetersizliği durumunda proteinlerin katabolizması artabilir ve amino asitler glukoneogenez yoluyla enerji üretiminde kullanılır. Bu durum, metabolik adaptasyonun bir göstergesi olarak ortaya çıkar ve uzun süreli enerji yetersizliğinde kas kütlesi kaybına yol açabilir²⁴⁵.

20.2. Mikroblesinler ve Fonksiyonel Bileşenler

Vitaminler, mineraller ve diğer fonksiyonel bileşenler, enerji metabolizmasının verimliliği, hücresel fonksiyonların sürdürülmesi ve sağlıklı fizyolojik yanıtların sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. B grubu vitaminleri, özellikle tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin (B3), pantotenik asit (B5) ve B6 vitamini, karbonhidrat ve yağ metabolizmasında koenzim olarak görev alır; enerji üretimi için gerekli olan enzimatik reaksiyonların etkinliğini artırarak hücresel ATP sentezinin optimize edilmesine katkıda bulunur. Folat ve B12 vitamini ise amino asit ve nükleik asit metabolizmasında merkezi rol oynar, DNA sentezi ve hücresel çoğalma süreçlerinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesine destek verir²⁴⁶.

Mineraller de metabolik süreçlerde vazgeçilmezdir. Demir, hemoglobin ve miyogloblin yapısının bir parçası olarak oksijen taşınmasını sağlar ve mitokondrideki solunum zincirinin etkin çalışmasında kritik rol oynar. Magnezyum, ATP'nin biyolojik olarak aktif formu olan Mg-ATP kompleksinin oluşumunda yer alarak enerji transferini düzenlerken, çinko birçok enzimatik reaksiyonda kofaktör olarak görev yapar ve protein, lipid ve karbonhidrat metabolizmasının düzenlenmesinde önemli bir rol üstlenir. Potasyum ve sodyum ise hücre içi ve dışı iyon dengesini sağlayarak membran potansiyelinin korunmasına ve enerji üretiminde görev alan iyon pompalarının işleyişine katkıda bulunur²⁴⁷. Bunlara ek olarak, antioksidan özellik taşıyan polifenoller;

²⁴⁴ Hurşit, "Besinsel Lipit Bileşenlerinin Emilimi".

²⁴⁵ Yerlikaya ve Dokudur, *Protein yukumunun önemi*.

²⁴⁶ Şebnem Özgen Özkaya, "Yaşam Kalitesi ve Fonksiyonel Besinler", *Fenerbahçe University Journal of Health Sciences* 1, sy 1 (2021): 62-68.

²⁴⁷ Özlem Özer Altundağ, "Gastronomide Fonksiyonel Ürün Kapsamında Kullanılan Pseudotahillar", *Research in Agricultural Sciences* 56, sy 3 (2025): 256-68, <https://doi.org/10.17097/agricultureatauni.1636831>.

flavonoidler ve karotenoidler gibi biyolojik aktif bileşenler, hücrel oksidatif stresin kontrol edilmesine yardımcı olur. Bu bileşikler, serbest radikallerin neden olduğu lipid, protein ve DNA hasarını azaltarak mitokondriyal fonksiyonları destekler ve enerji metabolizmasının verimliliğini artırır. Ayrıca, inflamatuvar yanıtların dengelenmesine katkıda bulunarak metabolik homeostazın korunmasını desteklerler.

Fonksiyonel besin bileşenlerinin bu bütüncül etkileri, sadece enerji üretimi ve metabolik süreçleri düzenlemekle kalmaz; aynı zamanda hücrel bütünlüğün korunması, gen ekspresyonunun düzenlenmesi, hormon sinyalleri ve bağışıklık yanıtlarının optimal seviyede tutulması gibi kritik fizyolojik süreçleri de destekler. Bu nedenle, beslenmede vitamin, mineral ve fonksiyonel bileşenlerin yeterli ve dengeli alınması, yalnızca kısa vadeli enerji metabolizmasını değil, uzun vadeli metabolik sağlık ve kronik hastalıkların önlenmesini de doğrudan etkileyen bir strateji olarak değerlendirilir²⁴⁸.

20.3. Enerji Yoğunluğu ve Metabolik Yanıt

Enerji yoğunluğu, besinlerin metabolik etkilerini ve enerji alımının düzenlenmesini doğrudan etkileyen temel bir kavramdır. Düşük enerji yoğunluğuna sahip besinler, özellikle sebzeler, meyveler ve tam tahıllar, yüksek hacim ve lif içeriği sayesinde midedeki doluluk hissini artırır, böylece tokluk sinyallerini güçlendirir ve toplam enerji alımını kontrol altında tutar. Bu özellik, bireylerin aşırı kalori tüketimini önlemeye yardımcı olarak uzun vadeli kilo kontrolü ve metabolik dengeyi destekler. Ayrıca lif açısından zengin besinler, bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyerek kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini artırır ve enerji metabolizmasına dolaylı katkıda bulunur. Buna karşılık, yüksek enerji yoğunluğuna sahip gıdalar, özellikle işlenmiş ürünler, yüksek yağlı ve şekerli yiyecekler, küçük porsiyonlarda bile yüksek enerji sağlar. Bu tür besinlerin sık tüketimi, enerji alımının hızlı ve kontrolsüz artmasına yol açarak metabolik dengesizlik, insülin direnci, dislipidemi ve obezite riskini artırabilir. Ayrıca bu gıdalar, hormon salınımını ve glikoz metabolizmasını olumsuz etkileyerek uzun vadede kronik hastalıkların gelişimine zemin hazırlar²⁴⁹.

Enerji yoğunluğunun metabolik süreçler üzerindeki etkileri yalnızca alınan kalori ile sınırlı değildir; besinlerin termik etkisi de enerji metabolizmasında önemli bir rol oynar. Protein açısından zengin diyetler, karbonhidrat ve yağ

²⁴⁸ Wijdan Alabdullah ve Başak Funda Eken, "BAĞIŞIKLIK YANITINI MODÜLE ETMEDE FONKSİYONEL BESİNLERİN ROLÜ: GÜNCEL ARAŞTIRMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ", *Atlas Journal of Medicine* 5, sy 14 (2025): 241-46, <https://doi.org/10.54270/atjlm.2025.98>.

²⁴⁹ Ecertaş ve Erdem, "Bariatrik Cerrahide Enerji ve Makro Besin Ögeleri Gereksinimi".

ağırlıklı diyetlere kıyasla daha yüksek termik etki gösterir, yani sindirim, emilim ve metabolizma sırasında daha fazla enerji harcanmasına neden olur. Bu durum, protein tüketiminin tokluk hissini artırmasının ve enerji dengesini optimize etmesinin temel mekanizmalarından biridir. Ayrıca, protein alımı kas dokusunun korunmasını ve metabolik hızın sürdürülmesini destekleyerek uzun vadeli enerji dengesini etkiler²⁵⁰.

Daha geniş bir perspektiften bakıldığında, enerji yoğunluğu ve termik etkilerin birleşimi, besinlerin metabolik yanıtlarını ve homeostaz üzerindeki etkilerini şekillendirir. Düşük enerji yoğunluklu, lif ve protein açısından dengeli diyetler, glikoz ve lipid metabolizmasını düzenleyerek inflamatuvar yanıtları azaltır ve enerji harcamasını optimize eder. Yüksek enerji yoğunluklu ve düşük besin değerine sahip diyetler ise metabolik stres, oksidatif hasar ve hormon dengesizliklerini tetikleyebilir. Bu nedenle, beslenme bilimi ve klinik uygulamalarda enerji yoğunluğu ve besin bileşimi, bireysel enerji gereksinimi, kilo yönetimi ve metabolik sağlık açısından kritik parametreler olarak değerlendirilir²⁵¹.

20.4. Klinik ve Halk Sağlığı Perspektifi

Besin kompozisyonu ve enerji yoğunluğu, klinik beslenme uygulamalarında enerji dengesinin sağlanması, metabolik hastalıkların yönetimi ve obezite önleme stratejilerinde kritik öneme sahiptir. Diyabet, hipertansiyon, metabolik sendrom ve kardiyovasküler hastalıklar enerji metabolizmasının bozulması ve besin kompozisyonuna bağlı olarak gelişebilir. Klinik uygulamalarda, enerji yoğunluğu düşük ve besin öğeleri açısından zengin diyetlerin kullanımı metabolik dengeyi korumaya, insülin duyarlılığını artırmaya ve inflamatuvar yanıtları azaltmaya yardımcı olur²⁵².

Halk sağlığı açısından, düşük enerji yoğunluğuna sahip ve besin öğeleri açısından zengin diyetlerin teşvik edilmesi, obezite ve kronik hastalıkların önlenmesinde etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir. Bu kapsamda sebze, meyve, baklagiller, tam tahıllar ve sağlıklı yağ kaynakları enerji yoğunluğunu düşük tutarken metabolik sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlar. Öte yandan işlenmiş ve enerji yoğunluğu yüksek gıdaların aşırı tüketimi metabolik stres, enerji dengesizliği ve kronik hastalık riskini artırır²⁵³.

²⁵⁰ Gürler vd., *Enerji Ekonomisi*.

²⁵¹ Kömür ve Çetin, "Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıtı Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri".

²⁵² Zehra Gürel ve Dilek Aslan, "Halk sağlığı bakış açısıyla gıda kaynaklı krizler ve önleme yaklaşımları", *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi* 76, sy 3 (2019): 361-76.

²⁵³ Mesut Hayri Öztürk ve Dilek Aslan, "HALK SAĞLIĞI PERSPEKTİFİYLE BESİN-İLAÇ ETKİLEŞİMLERİ", *Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi* 9, sy 2 (2024): 213-23, <https://doi.org/10.35232/estudamhsd.1336677>.

20.5. Metabolik Adaptasyon ve Bireysel Farklılıklar

Enerji yoğunluğu ve besin kompozisyonunun sağlık üzerindeki etkileri, bireysel metabolik farklılıklar, genetik faktörler ve hormonal düzenleme mekanizmaları ile yakından ilişkilidir. İnsan metabolizması, enerji kaynaklarını kullanım kapasitesi ve metabolik yanıtlar açısından bireyler arasında farklılık gösterir. Metabolik esnekliği yüksek bireyler, karbonhidrat ve yağlar arasında geçiş yapabilme kapasitesine sahip olup enerji metabolizmasını etkin bir şekilde dengeleyebilirler. Bu bireylerde, düşük veya yüksek enerji yoğunluklu diyetler bile metabolik homeostazın korunmasına yardımcı olurken, enerji üretimi ve depolama süreçleri daha verimli bir şekilde gerçekleşir²⁵⁴. Öte yandan, metabolik esnekliği düşük bireylerde enerji metabolizmasının adaptif kapasitesi sınırlıdır. Bu durum, karbonhidrat ve lipid metabolizması arasındaki geçişin zorlaşmasına, insülin duyarlılığının azalmasına ve yağ depolanmasının artmasına yol açabilir. Böyle bireylerde yüksek enerji yoğunluklu ve düşük besin değerine sahip diyetler, kısa sürede metabolik stresin artmasına ve uzun vadede obezite, dislipidemi ve insülin direnci gibi sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilir²⁵⁵.

Hormonlar, enerji metabolizmasını ve açlık-tokluk sinyallerini modüle ederek besin kompozisyonunun sağlık üzerindeki etkilerini belirleyen merkezi düzenleyicilerdir. Leptin, yağ dokusundan salgılanan bir hormon olarak uzun dönemli enerji dengesi ve tokluk sinyallerini düzenlerken, ghrelin özellikle açlık hissinin oluşmasında kritik rol oynar. İnsülin ve glukagon ise karbonhidrat ve yağ metabolizmasını dengeleyerek kan glukozu ve enerji depolama süreçlerini kontrol eder. Bu hormonlar arasındaki hassas denge, besinlerin enerji yoğunluğu, makrobesin oranları ve mikronutrient içeriğine bağlı olarak değişir²⁵⁶.

Bireysel metabolik yanıtlar, genetik faktörler, epigenetik modifikasyonlar ve yaşam tarzı etmenleriyle de şekillenir. Örneğin, belirli genetik polimorfizmler, insülin duyarlılığı ve lipid metabolizmasını etkileyebilirken; uyku düzeni, fiziksel aktivite ve stres düzeyi hormonal yanıtları modüle ederek enerji metabolizmasının etkinliğini değiştirebilir. Dolayısıyla, enerji yoğunluğu ve besin kompozisyonunun sağlık üzerindeki etkileri, yalnızca diyetle belirlenmez; bireyin metabolik kapasitesi, hormonal yanıtları ve genetik yapısı ile birlikte bütüncül bir şekilde değerlendirilmelidir²⁵⁷.

²⁵⁴ Emin Akgül, *Fizyobiyokimya: Sağlıklı İnsan Organizmasında Biyokimyasal Mimari* (2026).

²⁵⁵ Hurşit, "Besinsel Lipit Bileşenlerinin Emilimi".

²⁵⁶ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

²⁵⁷ Ayan ve Yavuzoğlu, "TİROİD HORMONLARININ METABOLİZMA ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE DEİYODİNAZ ENZİMLERİNİN ROLÜ".

20.6. Modern Yaklaşımlar ve Fonksiyonel Beslenme

Günümüzde fonksiyonel gıdalar, probiyotik ve prebiyotik içeren besinler, enerji yoğunluğunu dengeleyerek metabolik sağlık üzerinde önemli ve olumlu etkiler sağlayabilmektedir. Probiyotikler, özellikle laktik asit bakterileri ve bifidobakteriler gibi canlı mikroorganizmalar, bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliğini artırarak sindirim sisteminin dengeli çalışmasına katkıda bulunur. Prebiyotikler ise bağırsaktaki yararlı bakterilerin büyümesini ve metabolik aktivitesini destekleyen sindirilemeyen gıda bileşenleridir. Bu etkileşimler, enerji metabolizmasının düzenlenmesine, glikoz ve lipid profillerinin optimize edilmesine ve inflamatuvar yanıtların kontrolüne yardımcı olur²⁵⁸.

Bireyselleştirilmiş beslenme yaklaşımları, yalnızca genel makrobesin ve enerji dengesi ile sınırlı kalmayıp, genetik, metabolik ve yaşam tarzı faktörlerini dikkate alarak besin kompozisyonunu optimize etmeyi amaçlar. Örneğin, insülin duyarlılığı düşük bireylerde kompleks karbonhidrat ve liften zengin diyetlerin tercih edilmesi, glisemik yanıtın düzenlenmesine katkıda bulunur. Aynı şekilde, lipid metabolizmasında bozulma riski yüksek bireylerde sağlıklı yağ asitlerinin (omega-3 ve tekli doymamış yağlar) öncelikli olarak alınması, enerji homeostazını destekler. Bu yaklaşım, metabolik esnekliğin artırılması ve bireysel enerji gereksinimlerinin daha doğru karşılanması açısından önem taşır²⁵⁹.

Bağırsak mikrobiyotası, besin bileşenlerinin metabolik etkilerini ve enerji metabolizmasını şekillendiren merkezi bir faktördür. Mikrobiyota kaynaklı kısa zincirli yağ asitleri (asetat, propiyonat ve bütirat gibi) ve diğer metabolitler, hem kolon hücrelerinin enerji ihtiyacını karşılamak hem de periferik dokularda enerji homeostazını düzenlemek için kritik öneme sahiptir. Bu metabolitler, ayrıca insülin ve glukagon gibi hormonların salınımını etkileyerek açlık-tokluk sinyallerinin dengelenmesine katkıda bulunur ve metabolik adaptasyon süreçlerini destekler. Fonksiyonel besin bileşenlerinin bu bütüncül etkileri, enerji metabolizmasının verimliliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda inflamatuvar yanıtların kontrolünü sağlar, oksidatif stresin neden olduğu hücre hasarı azaltır ve kronik hastalık riskinin düşürülmesine katkıda bulunur. Böylece, probiyotik ve prebiyotik açısından zengin, enerji yoğunluğu kontrollü ve mikrobiyota-dostu beslenme stratejileri, hem kısa vadeli enerji dengesini hem de uzun vadeli metabolik sağlığı optimize eden temel bir yaklaşım olarak öne çıkar²⁶⁰.

²⁵⁸ Osman Onur Kara, "Fonksiyonel Gıda Üretiminde Yeni Yaklaşımlar", *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 29, sy 3 (2024): 1064-81, <https://doi.org/10.53433/yyuf-bed.1528392>.

²⁵⁹ TÜRKER ve YÜKSEL, "Beslenmede Vitaminlerin Önemi", 2019.

²⁶⁰ Kamer Kalip ve Nazlı Atak, "Bağırsak mikrobiyotası ve sağlık", *Turkish Journal of Public Health* 16, sy 1 (2018): 58-73, <https://doi.org/10.20518/tjph.458203>.

21. İnsan Metabolizmasında Enerji Akışı ve Besin Kaynakları

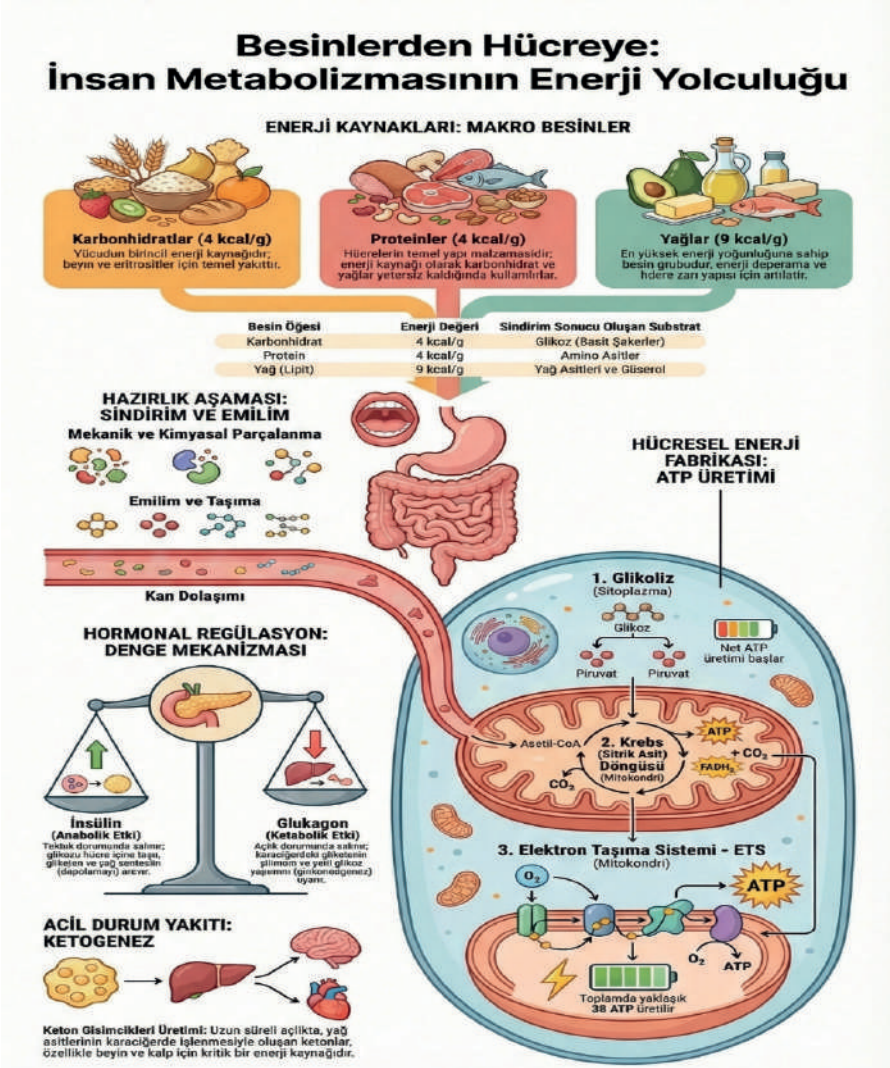
İnsan metabolizması, organizmanın yaşamını sürdürebilmesi için gerekli enerjiyi üretme, dönüştürme ve kullanma süreçlerinin bütünüdür. Bu süreçler, hücresel düzeyden sistemik düzeye kadar uzanan karmaşık biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmaları içerir. Hücreler, besinlerden sağlanan karbonhidrat, protein ve lipitleri enzimatik yollar aracılığıyla parçalayarak kimyasal enerjiyi adenosin trifosfat (ATP) formuna dönüştürür. ATP, hücresel süreçlerde doğrudan kullanılabilir enerji kaynağı olarak işlev görür ve kas kasılmasından iyon pompalarının çalışmasına, sinir iletiminden biyosentez reaksiyonlarına kadar tüm yaşamsal aktivitelerde merkezi rol oynar²⁶¹.

Enerji akışı, sadece hücresel düzeyde değil, organ ve sistem düzeyinde de düzenlenir. Karaciğer, kas dokusu, yağ dokusu ve beyin gibi metabolik olarak aktif organlar, enerji üretimi ve depolama süreçlerinde farklı roller üstlenir. Örneğin, karaciğer glikoz ve yağ metabolizmasının ana merkezi olarak çalışırken, kas dokusu enerji ihtiyacını doğrudan karşılamak için glikoz ve serbest yağ asitlerini kullanır. Yağ dokusu ise enerji depolama ve hormon sentezi açısından kritik bir işlev görür. Enerji metabolizması, dinlenme durumunda bazal metabolizma hızına göre düzenlenirken; fiziksel aktivite, psikolojik stres, termoregülasyon ve hastalık durumlarında artan enerji gereksinimine göre adaptif bir biçimde modüle edilir. Hormonlar, özellikle insülin, glukagon, adrenal hormonlar ve tiroid hormonları, bu süreçleri koordine ederek enerji akışının dengesini sağlar. Ayrıca, hücresel seviyede mitokondriyal biyogenez ve oksidatif fosforilasyon gibi mekanizmalar, enerji üretiminin verimliliğini artırmak ve metabolik homeostazı korumak için sürekli olarak uyarlanır²⁶².

²⁶¹ Yılmaz ve Özpınar, "Beslenme ve Gıda Alanlarında Metabolik Uygulamalar".

²⁶² Kömür ve Çetin, "Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıta Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri".

Besin kaynaklarından elde edilen enerji, karbonhidrat, lipid ve proteinler aracılığıyla farklı metabolik yollarla dönüştürülür. Karbonhidratlar glikoz metabolizması yoluyla hızlı enerji sağlarken, lipitler uzun süreli ve yüksek verimli enerji temini sunar. Proteinler ise esas olarak yapısal ve fonksiyonel roller üstlenmekle birlikte, gerektiğinde enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bu metabolik çeşitlilik, vücudun enerji gereksinimlerini hem kısa hem de uzun vadede karşılamasını sağlar ve organizmanın adaptif kapasitesini güçlendirir²⁶³.



Kaynak: ²⁶⁴

²⁶³ Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

²⁶⁴ "Google NotebookLM | Note Taking & Research Assistant Powered by AI".

21.1. Enerji Metabolizmasının Temel Kaynakları

İnsan organizması enerji gereksinimini üç temel makrobesin kaynağından sağlar: karbonhidratlar, lipitler ve proteinler. Karbonhidratlar, özellikle glikoz formunda hızlı ve doğrudan kullanılabilir enerji sağlayarak hücrel metabolizmanın ana yakıtı olarak görev yapar; beyin ve merkezi sinir sistemi için vazgeçilmez enerji kaynağıdır. Lipitler, yüksek enerji yoğunlukları sayesinde uzun süreli enerji depolama ve serbest bırakma işlevi görür, kas ve karaciğer gibi metabolik olarak aktif dokular tarafından enerji üretiminde kullanılır ve hormon sentezi ile hücrel zar yapısına katkıda bulunur. Proteinler ise esas olarak yapı ve fonksiyonel bileşenlerin inşasında görev alırken, enerji ihtiyacının arttığı veya karbonhidrat ve lipid rezervlerinin yetersiz olduğu durumlarda alternatif enerji kaynağı olarak metabolize edilir; özellikle kas dokusunda amino asitler glukoneogenez yoluyla glikoza dönüştürülebilir²⁶⁵.

Bu üç makrobesin kaynağı arasındaki dengeli dağılım, enerji metabolizmasının verimli bir şekilde sürdürülmesi, hücrel homeostazın korunması ve fiziksel aktivite ile stres koşullarında adaptif yanıtların sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca, her makrobesin farklı metabolik yolları aktive eder: karbonhidratlar glikoliz ve TCA döngüsü aracılığıyla hızlı enerji üretirken, lipitler beta-oksidasyon ve ketogenez yoluyla uzun süreli enerji sağlar; proteinler ise transaminasyon ve deaminasyon reaksiyonları ile enerji sağlarken aynı zamanda metabolik ara ürünlerin sentezinde rol oynar. Bu çok katmanlı metabolik etkileşim, enerji üretimi, depolama ve kullanımında organizmanın esnekliğini artırır ve beslenme bilimi açısından bireysel enerji gereksinimlerinin karşılanmasında temel bir çerçeve oluşturur²⁶⁶.

21.1.1. Karbonhidratlar:

Karbonhidratlar, glikoz, fruktoz ve galaktoz gibi monosakaritler aracılığıyla enerji üretiminin ana kaynaklarından biridir. Hücreler, glikozu glikoliz yoluyla parçalayarak pirüvata dönüştürür; bu süreç, hem anaerobik hem de aerobik enerji üretimi için temel bir başlangıç noktası oluşturur. Pirüvat, aerobik koşullarda mitokondriye taşınarak sitrik asit döngüsü (TCA döngüsü) ve oksidatif fosforilasyon yoluyla yüksek miktarda ATP üretimine katkıda bulunur. Anaerobik koşullarda ise glikoz laktata dönüştürülerek kısa süreli ve hızlı enerji temini sağlar²⁶⁷.

²⁶⁵ Gürler vd., *Enerji Ekonomisi*.

²⁶⁶ Özdemir, *İnsan Fizyolojisi*.

²⁶⁷ Arıkan ve Perçinci, "Karbonhidratların Kronik Hastalıklarla İlişkisi ve Tıbbi Beslenme Tedavisindeki Rolü".

Karbonhidratların enerji metabolizmasındaki rolü, özellikle sinir sistemi ve kırmızı kan hücreleri için hayati öneme sahiptir. Beyin, enerji ihtiyacının büyük bir kısmını glikozdan sağlar ve alternatif enerji kaynakları sınırlıdır. Benzer şekilde, olgun eritrositler mitokondri içermediğinden yalnızca glikoz metabolizması ile enerji elde edebilir. Bu nedenle karbonhidrat alımındaki eksiklikler, nörolojik fonksiyonlarda bozulma ve genel enerji yetersizliği ile ilişkilidir. Ayrıca karbonhidratlar, glikojen şeklinde depolanarak kas ve karaciğer dokularında enerji rezervi oluşturur. Kas glikojeni, özellikle fiziksel aktivite sırasında hızlı enerji sağlarken, karaciğer glikojeni kan glikoz seviyelerinin korunmasına katkıda bulunur. Karbonhidrat metabolizması aynı zamanda lipid ve protein metabolizmasıyla da etkileşim içindedir; örneğin karbonhidrat yetersizliğinde proteinlerden glukoneogenez yoluyla glikoz üretilebilir ve uzun süreli enerji temini için yağ asitlerinin keton cisimlerine dönüştürülmesi tetiklenir²⁶⁸.

21.1.2. Lipitler:

Lipitler, başlıca uzun zincirli yağ asitleri ve trigliseritler formunda depolanır ve yüksek enerji yoğunluğuna sahip moleküller olarak vücudun enerji dengesinde kritik bir rol oynar. Trigliseritler, adipositlerde depolanarak enerji gereksiniminin artması veya karbonhidrat rezervlerinin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmak üzere hazır bulundurulur. Lipitler, özellikle enerji talebinin sürekli veya yoğun olduğu uzun süreli fiziksel aktiviteler sırasında önemli bir enerji kaynağı olarak metabolize edilir²⁶⁹.

Yağ asitleri, mitokondride β -oksidasyon yoluyla asetil-CoA'ya dönüştürülür ve bu metabolit sitrik asit döngüsüne girerek yüksek verimli ATP üretimini sağlar. Bu süreç, karbonhidrat metabolizmasına göre çok daha yüksek enerji çıktısı sağlar; örneğin bir gram yağdan elde edilen enerji yaklaşık 9 kcal iken, karbonhidrat ve proteinlerden elde edilen enerji yaklaşık 4 kcal'dır. Lipitlerin metabolik kullanımı, glikoz ve amino asit metabolizmasıyla da etkileşim içindedir; düşük karbonhidrat durumunda keton cisimleri üretimi artar ve beyin gibi glikoza bağımlı organlara alternatif enerji sağlanır. Lipitlerin işlevleri yalnızca enerji üretimi ile sınırlı değildir. Hücre membranlarının yapısal bileşenleri olan fosfolipitler ve steroller, hücresel geçirgenlik, sinyal iletimi ve membran akışkanlığının korunmasında kritik rol oynar. Ayrıca, lipidler steroid hormonları ve bazı vitaminlerin sentezi için öncül molekül olarak görev alır. Depolanan trigliseritler, gerektiğinde serbest yağ asidi ve

²⁶⁸ Çınar vd., "KARBONHİDRATLAR VE SPORCULARDA KULLANIMI/CARBONHY-RATES AND THEIR AND SPORTSMAN USAGE", 2010.

²⁶⁹ Hurşit, "Besinsel Lipit Bileşenlerinin Emilimi".

gliserol olarak kana salınır ve böylece enerji sağlanması yanı sıra metabolik adaptasyon süreçlerine katkıda bulunur²⁷⁰.

21.1.3. Proteinler:

Proteinler öncelikle organizmada yapısal ve fonksiyonel görevlerde kritik bir rol oynar. Kas dokusu, bağ dokusu, enzimler, hormonlar ve bağışıklık sistemi bileşenleri, proteinlerin birincil işlevlerini oluşturur. Ancak enerji alımı yetersiz olduğunda veya karbonhidrat ve lipit rezervleri sınırlı olduğunda, proteinler alternatif enerji kaynağı olarak metabolize edilir. Amino asitler, karaciğer ve böbreklerde glukoneogenez yoluyla glikoza dönüştürülerek enerji üretiminde kullanılır ve böylece kan glukoz seviyesinin korunmasına katkıda bulunur. Bu süreç, özellikle uzun süreli açlık, düşük kalorili diyetler veya yoğun fiziksel aktivite sırasında metabolik adaptasyon mekanizmasının temel bir parçasını oluşturur. Proteinlerin enerjiye dönüşümü, amino asitlerin deaminasyonu ve karbon iskeletlerinin TCA döngüsüne dahil edilmesi ile gerçekleşir; bu sayede enerji üretimi sağlanırken, yan ürün olarak üretilen üre böbrekler aracılığıyla atılır. Protein kaynaklı enerji üretimi, karbonhidrat ve lipidlerden elde edilen enerjiye kıyasla daha az verimli olmasına rağmen, hayati organların enerji ihtiyacını destekler ve metabolik esnekliği artırır²⁷¹. Ayrıca protein metabolizması, enerji üretiminin yanı sıra metabolik ara ürünlerin sentezi ve hormon üretimi için de önemlidir. Örneğin bazı amino asitler nörotransmitterlerin veya glutatyon gibi antioksidan moleküllerin yapısında kullanılır, böylece enerji üretimi ile hücrel homeostaz arasında bütüncül bir denge sağlanır. Bu bağlamda, yeterli ve dengeli protein alımı hem yapısal ve fonksiyonel gereksinimlerin karşılanması hem de enerji metabolizmasının adaptif kapasitesinin sürdürülmesi açısından kritik öneme sahiptir.

21.2. Enerji Akışının Metabolik Yolları

İnsan metabolizmasında enerji akışı, bir dizi koordineli biyokimyasal yol aracılığıyla sağlanır. Bu yollar, karbonhidrat, lipit ve proteinlerin katıldığı metabolik ağlar ile hücrel enerji üretimi ve depolamasını mümkün kılar. Karbonhidratlar, glikoliz, pirüvat oksidasyonu ve sitrik asit döngüsü aracılığıyla hızlı enerji sağlarken, lipitler β -oksidasyon yoluyla uzun süreli ve yüksek verimli ATP üretimi sağlar. Proteinler ise enerji yetersizliğinde glukoneogenez yoluyla glikoza dönüştürülerek metabolik esnekliği destekler²⁷².

²⁷⁰ Gürsoy vd., "Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler", 2001.

²⁷¹ Derya Merve Karagöz, *Proteinler*, 12 Ocak 2026, <https://doi.org/10.37609/akya.3910>.

²⁷² Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

Enerji akışı, hücresel düzeyde mitokondri içindeki oksidatif fosforilasyon ile ATP üretimi, organ düzeyinde karaciğer, kas ve yağ dokusu metabolizması, sistemik düzeyde hormonal ve sinirsel düzenleme mekanizmalarıyla koordine edilir. Karaciğer, glikoz homeostazını ve keton cisimleri üretimini yönetirken, kas dokusu egzersiz sırasında doğrudan enerji tüketiminden sorumludur. Yağ dokusu enerji depolama ve serbest yağ asidi salınımıyla enerji dengesine katkıda bulunur. Bu metabolik yollar, enerji gereksinimi değişikliklerine hızlı adaptasyon sağlar. Örneğin, açlık veya yoğun fiziksel aktivite sırasında glikojen depoları tüketilir, yağ asitleri β -oksidasyon yoluyla kullanılır ve amino asitler glukoneogenez yoluyla enerji üretimine katılır. Ayrıca hormonlar—insülin, glukagon, adrenal hormonlar ve tiroid hormonları—bu süreçleri modüle ederek enerji akışını ve metabolik homeostazı düzenler²⁷³.

21.2.1. Glikoliz:

Glikozun pirüvata dönüştüğü sitoplazmik yol, kısa süreli enerji üretimi için hızlı bir mekanizma sağlar. Bu süreç, glikoliz olarak adlandırılır ve glikozun adım adım pirüvata parçalanmasıyla hem ATP hem de NADH üretimini mümkün kılar. Glikoliz, oksijen varlığından bağımsız olarak gerçekleşebildiği için özellikle ani enerji ihtiyacı olan hücreler ve dokular için kritik öneme sahiptir. Örneğin, kas hücreleri yoğun fiziksel aktivite sırasında glikolitik yol sayesinde hızlı enerji temin edebilir, kırmızı kan hücreleri ise mitokondri içermediğinden enerji ihtiyaçlarını tamamen glikoliz yoluyla karşılar. Glikoliz sürecinde üretilen pirüvat, aerobik koşullarda mitokondriye taşınarak asetil-CoA'ya dönüştürülür ve sitrik asit döngüsü ile oksidatif fosforilasyona girer; bu da yüksek miktarda ATP üretimini sağlar. Anaerobik koşullarda ise pirüvat laktata dönüştürülerek kısa süreli enerji temini sağlanır ve geçici olarak enerji dengesini korur. Bu mekanizma, hücrelerin metabolik esnekliğini artırır ve değişen enerji gereksinimlerine hızlı yanıt verilmesini mümkün kılar²⁷⁴.

21.2.2. Sitrik Asit Döngüsü (Krebs Döngüsü):

Pirüvat ve asetil-CoA, mitokondriyal döngüye girerek enerji üretiminin merkezî metabolitleri olarak görev yapar ve NADH ile FADH₂ gibi indirgenmiş koenzimlerin üretimini sağlar. Bu moleküller, elektron taşıma zincirinde elektronları taşıyarak oksidatif fosforilasyon sürecini başlatır ve sonuçta yüksek verimli ATP sentezini mümkün kılar. Sitrik asit döngüsü sırasında, asetil-CoA'nın adım adım karbondioksit ve enerji taşıyıcı moleküllere dönüşmesi,

²⁷³ Kayışoğlu ve Giray, "Farklı Biyokütle Kaynaklarının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma".

²⁷⁴ Fatih Kardaş, "Glikoliz ve Pentoz Fosfat Yolu Bozuklukları", *Türkiye Klinikleri Pediatric Metabolism Diseases - Special Topics* 2, sy 1 (2021): 38-45.

karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmasının ortak enerji üretim noktası olarak işlev görür. NADH ve FADH₂, mitokondri iç zarındaki kompleksler aracılığıyla elektronları aktarırken, proton gradyanı oluşturur ve ATP sentaz enzimi bu gradyanı kullanarak ADP'den ATP üretir. Bu mekanizma, hücrel enerji gereksiniminin karşılanmasında merkezi bir rol oynar ve özellikle kalp, beyin ve kas dokusu gibi yüksek enerji talebine sahip organlarda kritik öneme sahiptir²⁷⁵.

Ayrıca, pirüvat ve asetil-CoA'nın mitokondriyal döngüye entegrasyonu, metabolik esnekliği destekler; glikoz, yağ asitleri ve bazı amino asitlerin karbon iskeletleri bu döngüye dahil edilerek enerji üretimi optimize edilir. Bu süreç, hücrel enerji dengesinin korunmasını, oksidatif metabolizmanın verimli çalışmasını ve enerji gereksinimlerinin farklı fizyolojik koşullarda karşılanmasını sağlar. Böylece, pirüvat ve asetil-CoA sadece enerji üretimi için bir köprü işlevi görmekle kalmaz, aynı zamanda metabolik yolların koordinasyonunu ve hücrel homeostazi destekleyen merkezi bileşenler olarak da görev yapar²⁷⁶.

21.2.3. Oksidatif Fosforilasyon:

NADH ve FADH₂ üzerinden elektron transferi ile ATP sentezi gerçekleşir, böylece yüksek miktarda enerji açığa çıkar. Bu süreç, mitokondri iç zarındaki elektron taşıma zincirinde (ETZ) gerçekleşir; NADH ve FADH₂'nin elektronları kompleks I-IV aracılığıyla taşınırken, protonlar matriksten intermembran boşluğa pompalanır ve bir elektrokimyasal proton gradyanı oluşturur. ATP sentaz enzimi, bu proton gradyanını kullanarak ADP'nin fosforilasyonunu gerçekleştirir ve yüksek verimli ATP üretimi sağlar. Bu mekanizma, hücrel enerji gereksinimini karşılamak için karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmasının birleşik katkısını merkezi bir şekilde kullanır²⁷⁷. Elektron transferine dayalı ATP sentezi, aerobik enerji üretiminin temelini oluşturur ve özellikle yüksek enerji talebine sahip dokular için kritik öneme sahiptir. Örneğin kalp ve iskelet kası, sürekli ATP ihtiyacı olan dokular olarak oksidatif fosforilasyon yoluyla enerji üretimine büyük ölçüde bağlıdır. Bu süreç aynı zamanda metabolik esnekliğin artmasına da katkıda bulunur; çünkü glikoz, yağ asitleri veya amino asitlerden elde edilen NADH ve FADH₂ molekülleri, enerji gereksinimlerine göre kullanılır²⁷⁸. Buna ek olarak, elektron

²⁷⁵ Hatice BAYGUT ve Yasemin BEYHAN, *SAĞLIK & BİLİM 2024: Beslenme-I* (Efe Akademi Yayınları, 2024).

²⁷⁶ HATIPOĞLU, *SAĞLIK BİLİMLERİNDE ÖNCÜ VE YENİLİKÇİ ÇALIŞMALAR*.

²⁷⁷ Pınar KILIÇDAĞI Çanakcı ve Fatma Tuba Eminoğlu, "Oksidatif Fosforilasyon Bozuklukları", *Türkiye Klinikleri Pediatric Metabolism Diseases - Special Topics* 6, sy 2 (2025): 11-20.

²⁷⁸ Sedanur Macit ve Gamze Akbulut, "Diabetes Mellitus ve Oksidatif Stres", *Beslenme ve Diyet Dergisi* 43, sy 1 (2015): 59-65.

transferi sırasında oluşan proton gradyanı, mitokondrinin iyon dengesi ve ısı üretimi açısından da önemlidir. Termojenik dokularda bu mekanizma, enerji tüketimini artırarak vücut sıcaklığının korunmasına katkıda bulunur. Böylece NADH ve FADH₂ üzerinden gerçekleştirilen elektron transferi ve ATP sentezi, sadece enerji üretimi değil, metabolik düzenleme ve homeostazın sağlanması açısından da merkezi bir rol oynar.

β-Oksidasyon:

Yağ asitlerinin asetil-CoA'ya parçalanması, enerji depolarının etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. Bu süreç, mitokondrielerde gerçekleşen β-oksidasyon yoluyla uzun zincirli yağ asitlerinin ardışık olarak iki karbonlu asetil-CoA birimlerine ayrılmasıyla başlar. Oluşan asetil-CoA molekülleri, sitrik asit döngüsüne girerek NADH ve FADH₂ üretimine katkıda bulunur; bu indirgenmiş koenzimler, oksidatif fosforilasyon aracılığıyla yüksek miktarda ATP sentezlenmesini mümkün kılar. Böylece, lipid depoları enerji gereksinimlerinin karşılanmasında uzun süreli ve yüksek verimli bir kaynak olarak işlev görür²⁷⁹.

Yağ asitlerinin enerji metabolizmasındaki rolü, özellikle uzun süreli açlık, yoğun egzersiz veya düşük karbonhidrat alımı gibi durumlarda belirginleşir. Bu koşullarda glikojen rezervleri tükenirken, lipidlerden elde edilen asetil-CoA, hem enerji üretimini sürdürür hem de keton cisimlerinin sentezini destekleyerek beyin ve diğer glikoza bağımlı dokulara alternatif enerji sağlar. Ayrıca, serbest yağ asitlerinin mobilizasyonu, hormon duyarlı lipaz ve diğer enzimatik mekanizmalar tarafından düzenlenir, bu da enerji üretiminin vücut ihtiyaçlarına uygun şekilde optimize edilmesini sağlar. Buna ek olarak, yağ asitlerinin metabolik dönüşümü, karbonhidrat ve protein metabolizması ile entegre bir şekilde ilerler. Örneğin, glukoz yetersizliğinde asetil-CoA'dan keton cisimleri üretilirken, amino asitlerin karbon iskeletleri de enerji üretimine katılarak metabolik esnekliği artırır. Bu bütüncül süreç, vücudun enerji depolarını verimli kullanmasını, metabolik homeostazın korunmasını ve enerji ihtiyacının farklı fizyolojik koşullarda karşılanmasını sağlar²⁸⁰.

21.2.4. Glukoneogenez ve Amino Asit Katabolizması:

Glukoneogenez, vücudun glikoz seviyelerini sürdürmek için karbonhidrat alımı yetersiz olduğunda devreye giren temel bir metabolik yoldur. Karaciğer ve böbreklerde gerçekleşen bu süreç, laktat, gliserol ve bazı amino asitlerin karbon iskeletlerinin glikoza dönüştürülmesini kapsar. Bu mekanizma, özellikle uzun süreli açlık, düşük karbonhidratlı diyetler veya yoğun fiziksel aktivite

²⁷⁹ Dankı vd., "B 12 Vitamini Eksikliğine Bağlı Psikotik Bozukluk."

²⁸⁰ Karaağaç ve Pınarlı, "Yağda Çözünen Vitaminler ve Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri".

sırasında kan şekeri homeostazının korunmasını sağlar ve enerji üretiminde sürekliliği destekler. Amino asit katabolizması, glukoneogenez sürecinin önemli bir bileşenini oluşturur. Proteinlerin yıkımı sonucunda elde edilen glukojenik amino asitler, deaminasyon yoluyla amino gruplarından arındırıldıktan sonra karbon iskeletleriyle glukoneogenez yoluna katılır. Bu süreçte açığa çıkan üre, böbrekler aracılığıyla vücuttan atılır. Öte yandan, bazı amino asitler ketojenik özellik taşıyarak asetil-CoA veya acetoasetat gibi metabolitlere dönüştürülür ve enerji üretimi için TCA döngüsüne veya keton cisimleri yoluna yönlendirilir²⁸¹.

Glukoneogenez ve amino asit katabolizması, enerji üretimi ve metabolik esnekliği destekleyen adaptif bir mekanizma olarak öne çıkar. Özellikle glikojen depolarının tükenmesi durumunda, bu yollar merkezi bir rol oynar ve beyin, kırmızı kan hücreleri gibi glikoza bağımlı dokuların enerji gereksinimini karşılar. Ayrıca, amino asit katabolizması aracılığıyla üretilen metabolik ara ürünler, lipid ve glikoz metabolizması ile entegre olarak enerji dengesinin korunmasına katkıda bulunur. Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca enerji üretimini değil, aynı zamanda hücrel metabolik dengeyi ve homeostazi koruma kapasitesini de güçlendirir. Glukoneogenez ve amino asit katabolizması, vücudun farklı fizyolojik ve metabolik koşullara uyum sağlama yeteneğinin temel taşları olarak beslenme ve metabolik sağlık açısından kritik öneme sahiptir²⁸².

21.3. Enerji Akışında Düzenleyici Mekanizmalar

Enerji akışı, hormonal ve enzimatik mekanizmalarla düzenlenir. Hormonlar, vücudun enerji üretimi, depolaması ve tüketimi üzerindeki merkezi kontrol noktalarını oluşturur. Örneğin insülin, glikozun hücre içine alımını artırarak glikojen sentezini desteklerken, glukagon ve adrenal hormonlar (adrenalin, kortizol) glikojen yıkımını ve glukoneogenezi uyararak enerji ihtiyacı artan durumlarda kan glukoz düzeyini korur. Ayrıca leptin ve ghrelin gibi iştah ve enerji dengesini modüle eden hormonlar, enerji alım ve harcamasının uzun dönemli düzenlenmesinde kritik rol oynar²⁸³.

Enzimatik mekanizmalar da enerji akışının hassas kontrolünde belirleyicidir. Ana metabolik yollarda yer alan enzimler, substrat miktarına, hormonal sinyallere ve enerji durumuna göre hızlarını ayarlar. Örneğin glikoz-6-fosfataz, fruktoz-1,6-bisfosfataz ve pirüvat karboksilaz gibi ana glukoneogenez enzimleri, enerji açığı durumunda aktive edilerek glikoz üretimini artırır. Benzer şekilde,

²⁸¹ E. Gülçin Karaca, "LİPOİK ASİT: EVRENSEL ANTİOKSİDAN", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 8, sy 1 (2008): 231-45.

²⁸² Mehtap Kılıçöz Bakar ve Özge Mine Yılmaz, "Egzersiz ve Kan Glikozu Düzenleme Mekanizmaları", *Tıp Fakültesi Klinikleri Dergisi* 8, sy 1 (2025): 67-75.

²⁸³ Gürler vd., *Enerji Ekonomisi*.

yağ asitlerinin β -oksidasyonu lipaz ve asetil-CoA karboksilaz gibi enzimler aracılığıyla düzenlenir, böylece enerji depolarının mobilizasyonu ve ATP üretimi ihtiyaçlara uygun biçimde gerçekleşir. Bu hormonal ve enzimatik koordinasyon, farklı makrobesinlerin enerji akışına katkısını optimize eder ve metabolik homeostazın korunmasını sağlar. Karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmasının entegre işleyişi, enerji üretimi, depolaması ve tüketiminin sürekli olarak dengelenmesine olanak tanır. Bu sayede, dinlenme, fiziksel aktivite veya stres koşullarında organizmanın enerji gereksinimleri karşılanır ve hücrel işlevlerin sürdürülebilirliği sağlanır²⁸⁴.

21.3.1. İnsülin:

Karbonhidrat metabolizmasını yönlendirir ve glikozun hücre içine alınmasını sağlar. Bu süreçte başlıca rol oynayan hormon insülin; pankreastan salgılanan insülin, hedef hücrelerin membranındaki glikoz taşıyıcı proteinleri (GLUT) aktive ederek glikozun hücre içine taşınmasını kolaylaştırır. Hücre içine alınan glikoz, glikoliz yoluyla pirüvata dönüştürülerek kısa süreli enerji üretiminde kullanılır veya glikojen sentezi için depolanır. Ayrıca insülin, glikozun lipogenez ve protein sentezi gibi anabolik süreçlerde de kullanılmasını teşvik eder. Bu sayede karbonhidrat metabolizması, enerji depolama ve yapı taşlarının üretimi açısından koordineli bir şekilde yönetilir. Karbonhidratların hücre içine etkin alınması, özellikle kas ve karaciğer dokularında enerji dengesinin korunması için kritik öneme sahiptir²⁸⁵.

21.3.2. Glukagon:

Enerji gereksinimi arttığında glikojenoliz ve glukoneojenezi tetikler. Özellikle egzersiz, stres veya açlık gibi durumlarda, karaciğer ve kas dokusundaki glikojen depoları hızlı bir şekilde parçalanarak glikoz açığa çıkar; bu süreç glikojenoliz olarak adlandırılır. Açığa çıkan glikoz, enerji talebi yüksek dokulara, özellikle beyin ve kas hücrelerine taşınarak ATP üretiminde kullanılır. Bunun yanı sıra glukoneogenez, enerji kaynağı sınırlı olduğunda devreye girer. Karaciğer ve böbrekler, amino asitler, laktat ve gliserol gibi prekürsörleri kullanarak yeni glikoz sentezler. Bu mekanizma, kan glukoz düzeyini stabilize ederek hücrel enerji dengesinin korunmasını sağlar ve uzun süreli enerji açığının etkilerini minimize eder²⁸⁶.

²⁸⁴ Karaağaç ve Falakacılar, "KISITLI ENERJİ ALIMININ METABOLİK ETKİLERİ".

²⁸⁵ Hasan Basri Savaş ve Fatih Gültekin, "İnsülin Direnci ve Klinik Önemi", *Medical Journal of Süleyman Demirel University* 24, sy 3 (2017): 116-25, <https://doi.org/10.17343/sdutfd.264358>.

²⁸⁶ Emin Akgül, *Yoğun Bakım: Fizyopatolojik Yaklaşım* (2026).

Hormonlar bu süreçlerin hassas düzenlenmesinde merkezi bir rol oynar. Glukagon ve adrenalin, glikojenoliz ve glukoneogenez enzimlerini aktive ederek enerji üretimini hızlandırırken; insülin, enerji fazlası durumunda glikozun depolanmasını teşvik eder. Bu koordineli mekanizma, metabolik esnekliği artırır ve vücudun farklı fizyolojik koşullara hızlı uyum göstermesini sağlar. Ayrıca, glikojenoliz ve glukoneogenezden elde edilen glikoz, sadece ATP üretimi için kullanılmakla kalmaz; aynı zamanda NADPH üretimi ve pentoz fosfat yoluna katılım gibi anabolik süreçleri destekleyerek hücrel yapıların ve biyosentetik yolların sürdürülmesine katkıda bulunur. Bu yönüyle, enerji gereksiniminin artması ile tetiklenen glikojenoliz ve glukoneogenez, hem kısa vadeli enerji temini hem de uzun vadeli metabolik homeostazın korunmasında merkezi öneme sahiptir²⁸⁷.

21.3.3. Adrenalin ve Kortizol:

Stres koşullarında enerji mobilizasyonunu hızlandırır, glikoz ve yağ asidi salınımını artırır. Bu süreçte başlıca rol oynayan hormonlar adrenal korteks ve medulladan salgılanan kortizol ve adrenalin gibi stres hormonlarıdır. Kortizol, glukoneogenez ve protein katabolizmasını uyararak karaciğerde yeni glikoz üretimini artırır, böylece kan şekeri düzeyinin enerji gereksinimi yüksek dokulara yeterli glikoz sağlayacak şekilde düzenlenmesini sağlar. Adrenalin ise özellikle kas ve karaciğer dokusunda glikojenolizi hızlandırarak hızlı glikoz salınımını destekler. Bunun yanı sıra yağ dokusundan serbest yağ asitlerinin mobilizasyonunu artırarak β -oksidasyon yoluyla ATP üretimine katkıda bulunur. Bu mekanizma, enerji üretiminin acil olarak artırılmasını sağlar ve organizmanın “savaş veya kaç” yanıtına metabolik uyum göstermesine yardımcı olur²⁸⁸.

Stres kaynaklı enerji mobilizasyonu, sadece kısa vadeli ATP üretimini değil, aynı zamanda uzun vadeli metabolik dengeyi de etkiler. Artan serbest yağ asitleri ve glikoz, hücrelerde enerji üretim kapasitesini yükseltirken, aynı zamanda insülin duyarlılığı ve hormonlar arası etkileşimler yoluyla homeostazın korunmasına katkıda bulunur. Bu koordineli düzenleme, organizmanın değişken çevresel ve fizyolojik koşullara hızlı ve verimli bir şekilde yanıt vermesini mümkün kılar²⁸⁹. Ayrıca stres sırasında enerji kaynaklarının mobilizasyonu, glikoz ve yağ asitlerinin metabolik yollar üzerinden entegrasyonunu artırır;

²⁸⁷ İrem Elif Çetintaş, *Obezite indekslerinin insülin direnci ile olan ilişkisinin incelenmesi / Investigation of the relationship of obesity indexes and insulin resistance*, 2021, <https://hdl.handle.net/20.500.12645/35058>.

²⁸⁸ Adem Civan vd., “Egzersiz ve Stres Hormonları”, *Turkish Journal of Sports Science* 2, sy 1 (2018): 1-14.

²⁸⁹ Civan vd., “Egzersiz ve Stres Hormonları”.

böylece karbonhidrat ve lipid metabolizması arasındaki koordinasyon güçlenir ve enerji akışı optimize edilir. Bu durum, stres koşullarında vücudun enerji temin kapasitesinin artmasını ve metabolik adaptasyonların etkin şekilde gerçekleşmesini sağlar.

21.3.4. Tiroid Hormonları:

Metabolik hızın ve enerji tüketiminin düzenlenmesinde merkezi rol oynar. Bu süreçte başlıca etkili olan yapılar ve mekanizmalar, hipotalamus merkezli hormonal sinyal yolları ve hücresel enerji sensörleridir. Hipotalamus, leptin ve ghrelin gibi iştah düzenleyici hormonlar aracılığıyla enerji alımını kontrol ederken, tiroid hormonları (T3 ve T4) temel metabolizma hızını belirleyerek oksidatif metabolik süreçleri modüle eder. Bu hormonlar, hücresel düzeyde mitokondri sayısı, oksidatif enzimlerin aktivitesi ve ATP üretim kapasitesini etkileyerek enerji tüketiminin sistematik bir şekilde düzenlenmesini sağlar. Hücre içi enerji sensörleri, özellikle AMP-aktive protein kinaz (AMPK), enerji durumu değişikliklerine hızlı yanıt vererek metabolik hızın uyumlu şekilde ayarlanmasını sağlar. Düşük enerji durumunda AMPK aktivasyonu, glikoz ve yağ asidi metabolizmasını uyarır, anabolik süreçleri baskılar ve enerji üretimini optimize eder. Öte yandan enerji fazlalığında metabolik hızın ayarlanması, depo enerji kaynaklarının kullanılmasını ve termojenik süreçlerin devreye girmesini sağlar²⁹⁰. Ayrıca, bu düzenleme mekanizmaları, karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmasının entegre bir şekilde çalışmasına olanak tanır. Böylece, farklı fizyolojik koşullar—dinlenme, egzersiz, stres veya açlık—sırasında enerji üretimi ve tüketimi sürekli olarak optimize edilir. Bu koordineli kontrol, hem kısa vadeli enerji gereksinimlerinin karşılanmasını hem de uzun vadeli metabolik homeostazın korunmasını mümkün kılar.

21.4. Besin Kaynakları ve Enerji Dengesi

Enerji akışı ve besin kaynakları arasındaki ilişki, enerji dengesinin korunmasında kritik öneme sahiptir. Vücudun enerji ihtiyacı, alınan besinlerden sağlanan karbonhidrat, lipid ve proteinlerin metabolik yollar aracılığıyla adım adım ATP üretimine dönüştürülmesiyle karşılanır. Karbonhidratlar, hızlı enerji temini için öncelikli kaynak olarak görev yaparken, lipitler yüksek enerji yoğunlukları sayesinde uzun süreli enerji depolama ve kullanımında rol alır; proteinler ise öncelikle yapısal ve fonksiyonel görevlerde kullanılır, enerji gereksinimi acil olduğunda glukoneogenez yoluyla devreye girer. Besin kaynaklarının kompozisyonu ve alınma oranı, enerji akışını ve metabolik yanıtları doğrudan etkiler. Düşük glikoz alımı veya karbonhidrat kısıtlaması

²⁹⁰ Cebraail Gençoğlu ve Elif Akkuş, “Egzersizle Tiroid Hormon Yanıtları”, *Medical Sciences* 15, sy 3 (2020): 71-80.

durumunda glukoneogenez ve yağ asidi oksidasyonu artarken, enerji fazlalığında glikojen ve trigliserid depoları genişler. Bu süreçler hormonlar ve enzimler aracılığıyla sıkı bir şekilde düzenlenir; insülin, glukagon, adrenalin ve tiroid hormonları gibi sistemik düzenleyiciler, enerji kaynaklarının mobilizasyonunu ve depolanmasını optimize eder²⁹¹.

Enerji akışı ve besin kaynakları arasındaki bu dinamik ilişki, metabolik esnekliği artırır. Metabolik esnekliği yüksek bireylerde karbonhidrat, yağ ve protein kaynakları arasında geçişler hızlı ve verimli gerçekleşirken, esneklik düşük bireylerde enerji metabolizmasının adaptasyonu sınırlı kalabilir. Bu nedenle, enerji dengesinin korunması sadece alınan kalori miktarına değil, aynı zamanda makrobesin türleri, besinlerin biyoyararlılığı ve metabolik kapasite gibi faktörlere de bağlıdır²⁹².

21.4.1. Dengeli enerji alımı:

Enerji akışı ve besin kaynakları arasındaki ilişki, enerji dengesinin korunmasında kritik öneme sahiptir. Vücudun enerji ihtiyacı, alınan besinlerden sağlanan karbonhidrat, lipid ve proteinlerin metabolik yollar aracılığıyla adım adım ATP üretimine dönüştürülmesiyle karşılanır. Karbonhidratlar, hızlı enerji temini için öncelikli kaynak olarak görev yaparken, lipidler yüksek enerji yoğunlukları sayesinde uzun süreli enerji depolama ve kullanımında rol alır; proteinler ise öncelikle yapısal ve fonksiyonel görevlerde kullanılır, enerji gereksinimi acil olduğunda glukoneogenez yoluyla devreye girer²⁹³.

Besin kaynaklarının kompozisyonu ve alınma oranı, enerji akışını ve metabolik yanıtları doğrudan etkiler. Düşük glikoz alımı veya karbonhidrat kısıtlaması durumunda glukoneogenez ve yağ asidi oksidasyonu artarken, enerji fazlalığında glikojen ve trigliserid depoları genişler. Bu süreçler hormonlar ve enzimler aracılığıyla sıkı bir şekilde düzenlenir; insülin, glukagon, adrenalin ve tiroid hormonları gibi sistemik düzenleyiciler, enerji kaynaklarının mobilizasyonunu ve depolanmasını optimize eder. Enerji akışı ve besin kaynakları arasındaki bu dinamik ilişki, metabolik esnekliği artırır. Metabolik esnekliği yüksek bireylerde karbonhidrat, yağ ve protein kaynakları arasında geçişler hızlı ve verimli gerçekleşirken, esneklik düşük bireylerde enerji metabolizmasının adaptasyonu sınırlı kalabilir. Bu nedenle, enerji dengesinin korunması sadece

²⁹¹ Arusoğlu ve Köksal, "Besin Alımı ve Enerji Dengesi".

²⁹² Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

²⁹³ Gülden Köksal, "Protein—Enerji Denge İlişkileri", *Beslenme ve Diyet Dergisi* 5, sy 2 (1976): 134-45.

alınan kalori miktarına değil, aynı zamanda makrobesin türleri, besinlerin biyoyararlılığı ve metabolik kapasite gibi faktörlere de bağlıdır²⁹⁴.

21.4.2. Enerji fazlası:

Enerji akışı ve besin kaynakları arasındaki ilişki, enerji dengesinin korunmasında kritik öneme sahiptir. Vücudun enerji ihtiyacı, alınan besinlerden sağlanan karbonhidrat, lipit ve proteinlerin metabolik yollar aracılığıyla adım adım ATP üretimine dönüştürülmesiyle karşılanır. Karbonhidratlar, hızlı enerji temini için öncelikli kaynak olarak görev yaparken, lipitler yüksek enerji yoğunlukları sayesinde uzun süreli enerji depolama ve kullanımında rol alır; proteinler ise öncelikle yapısal ve fonksiyonel görevlerde kullanılır, enerji gereksinimi acil olduğunda glukoneogenez yoluyla devreye girer. Besin kaynaklarının kompozisyonu ve alınma oranı, enerji akışını ve metabolik yanıtları doğrudan etkiler. Düşük glikoz alımı veya karbonhidrat kısıtlaması durumunda glukoneogenez ve yağ asidi oksidasyonu artarken, enerji fazlalığında glikojen ve trigliserid depoları genişler. Bu süreçler hormonlar ve enzimler aracılığıyla sıkı bir şekilde düzenlenir; insülin, glukagon, adrenalin ve tiroid hormonları gibi sistemik düzenleyiciler, enerji kaynaklarının mobilizasyonunu ve depolanmasını optimize eder²⁹⁵.

Enerji akışı ve besin kaynakları arasındaki bu dinamik ilişki, metabolik esnekliği artırır. Metabolik esnekliği yüksek bireylerde karbonhidrat, yağ ve protein kaynakları arasında geçişler hızlı ve verimli gerçekleşirken, esneklik düşük bireylerde enerji metabolizmasının adaptasyonu sınırlı kalabilir. Bu nedenle, enerji dengesinin korunması sadece alınan kalori miktarına değil, aynı zamanda makrobesin türleri, besinlerin biyoyararlılığı ve metabolik kapasite gibi faktörlere de bağlıdır²⁹⁶.

21.4.3. Enerji eksikliği:

Enerji akışı ve besin kaynakları arasındaki ilişki, enerji dengesinin korunmasında kritik öneme sahiptir. Vücudun enerji ihtiyacı, alınan besinlerden sağlanan karbonhidrat, lipit ve proteinlerin metabolik yollar aracılığıyla adım adım ATP üretimine dönüştürülmesiyle karşılanır. Karbonhidratlar, hızlı enerji temini için öncelikli kaynak olarak görev yaparken, lipitler yüksek enerji yoğunlukları sayesinde uzun süreli enerji depolama ve kullanımında rol alır; proteinler ise öncelikle yapısal ve fonksiyonel görevlerde kullanılır,

²⁹⁴ Müge Arslan, "Beslenme alışkanlıkları ve fiziksel aktivite düzeylerinin analizi: Marmara üniversitesi öğretim üyeleri üzerine bir çalışma", *Dicle Medical Journal* 45, sy 1 (2018): 59-69, <https://doi.org/10.5798/dicletip.407246>.

²⁹⁵ Arusoğlu ve Köksal, "Besin Alımı ve Enerji Dengesi".

²⁹⁶ Kömür ve Çetin, "Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıta Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri".

enerji gereksinimi acil olduğunda glukoneogenez yoluyla devreye girer. Besin kaynaklarının kompozisyonu ve alınma oranı, enerji akışını ve metabolik yanıtları doğrudan etkiler. Düşük glikoz alımı veya karbonhidrat kısıtlaması durumunda glukoneogenez ve yağ asidi oksidasyonu artarken, enerji fazlalığında glikojen ve trigliserid depoları genişler. Bu süreçler hormonlar ve enzimler aracılığıyla sıkı bir şekilde düzenlenir; insülin, glukagon, adrenalin ve tiroid hormonları gibi sistemik düzenleyiciler, enerji kaynaklarının mobilizasyonunu ve depolanmasını optimize eder²⁹⁷.

Enerji akışı ve besin kaynakları arasındaki bu dinamik ilişki, metabolik esnekliği artırır. Metabolik esnekliği yüksek bireylerde karbonhidrat, yağ ve protein kaynakları arasında geçişler hızlı ve verimli gerçekleşirken, esneklik düşük bireylerde enerji metabolizmasının adaptasyonu sınırlı kalabilir. Bu nedenle, enerji dengesinin korunması sadece alınan kalori miktarına değil, aynı zamanda makrobesin türleri, besinlerin biyoyararlılığı ve metabolik kapasite gibi faktörlere de bağlıdır²⁹⁸.

21.5. Klinik Yansımalar

Enerji akışı ve besin kaynaklarının dengesi, birçok klinik durumda belirleyici rol oynar: Kronik hastalıklar, metabolik bozukluklar ve akut stres durumlarında enerji alımı ve tüketiminin uyumlu olması, tedavi ve iyileşme süreçlerinde kritik öneme sahiptir. Örneğin obezite ve insülin direnci gibi metabolik sendromlarda, yüksek enerji yoğunluğuna sahip gıdaların aşırı tüketimi ve makrobesin dengesizliği, glikoz ve lipid metabolizmasını bozarak kan şekeri kontrolünü olumsuz etkiler. Dengeli beslenme, bu metabolik aksaklıkların giderilmesinde temel bir rol oynar ve enerji akışının optimal şekilde yönlendirilmesini sağlar²⁹⁹.

Açlık, malnütrisyon veya uzun süreli hastalıklar gibi durumlarda ise yetersiz enerji alımı, protein ve lipid depolarının aşırı kullanımına yol açar; kas kaybı, bağışıklık fonksiyonunda azalma ve organ fonksiyonlarının bozulması gibi olumsuz klinik sonuçlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle klinik beslenme uygulamalarında, enerji gereksinimi bireysel olarak hesaplanmalı, makrobesin dağılımı ve mikronütrisyon hastanın metabolik durumu ve tedavi hedefleri doğrultusunda düzenlenmelidir. Yoğun fiziksel veya metabolik stres altındaki hastalarda, enerji akışının ve besin kaynaklarının dengesi, hormonlar, enzimler ve hücresel enerji sensörleri aracılığıyla sıkı bir şekilde modüle edilir. Kortizol, adrenalin ve tiroid hormonları gibi düzenleyici faktörler, enerji mobilizasyonunu hızlandırırken, insülin ve leptin gibi hormonlar enerji depolarının ve açlık-

²⁹⁷ Kevser Tarı Selçuk Arslan Sedat, *Besin Güvencesizliği ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2024).

²⁹⁸ Aliye Özenoğlu, *Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları* (Eğitim Yayınevi, 2024).

²⁹⁹ Gizem Köse, *Beslenme, Diyet ve Sağlık* (Eğitim Yayınevi, 2021).

tokluk sinyallerinin dengesini sağlar. Bu koordineli mekanizma, klinik olarak kritik olan enerji homeostazının sürdürülmesine yardımcı olur ve tedavi sürecinde metabolik komplikasyon riskini azaltır³⁰⁰.

21.5.1. Obezite ve metabolik sendrom

Enerji akışı ve besin kaynaklarının dengesi, birçok klinik durumda belirleyici rol oynar: Kronik hastalıklar, metabolik bozukluklar ve akut stres durumlarında enerji alımı ve tüketiminin uyumlu olması, tedavi ve iyileşme süreçlerinde kritik öneme sahiptir. Örneğin obezite ve insülin direnci gibi metabolik sendromlarda, yüksek enerji yoğunluğuna sahip gıdaların aşırı tüketimi ve makrobesin dengesizliği, glikoz ve lipid metabolizmasını bozarak kan şekeri kontrolünü olumsuz etkiler. Dengeli beslenme, bu metabolik aksaklıkların giderilmesinde temel bir rol oynar ve enerji akışının optimal şekilde yönlendirilmesini sağlar. Açlık, malnütrisyon veya uzun süreli hastalıklar gibi durumlarda ise yetersiz enerji alımı, protein ve lipid depolarının aşırı kullanımına yol açar; kas kaybı, bağışıklık fonksiyonunda azalma ve organ fonksiyonlarının bozulması gibi olumsuz klinik sonuçlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle klinik beslenme uygulamalarında, enerji gereksinimi bireysel olarak hesaplanmalı, makrobesin dağılımı ve mikronütrient alımı hastanın metabolik durumu ve tedavi hedefleri doğrultusunda düzenlenmelidir³⁰¹.

Yoğun fiziksel veya metabolik stres altındaki hastalarda, enerji akışının ve besin kaynaklarının dengesi, hormonlar, enzimler ve hücresel enerji sensörleri aracılığıyla sıkı bir şekilde modüle edilir. Kortizol, adrenalin ve tiroid hormonları gibi düzenleyici faktörler, enerji mobilizasyonunu hızlandırırken, insülin ve leptin gibi hormonlar enerji depolarının ve açlık-tokluk sinyallerinin dengesini sağlar. Bu koordineli mekanizma, klinik olarak kritik olan enerji homeostazının sürdürülmesine yardımcı olur ve tedavi sürecinde metabolik komplikasyon riskini azaltır³⁰².

21.5.2. Kronik hastalıklar:

Diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve non-alkolik yağlı karaciğer hastalığı (NAFLD), enerji metabolizmasının bozulması ile yakından ilişkilidir. Bu hastalıklar, genellikle makrobesin dengesizliği, yüksek enerji alımı ve metabolik esneklik kaybı ile tetiklenir. Tip 2 diyabette, insülin direnci sonucu glikozun hücreler tarafından etkili şekilde kullanılamaması, kan şekeri düzeylerinin

³⁰⁰ “Journal of Health Sciences and Medicine » Submission » Hastanede yatan hastalarda malnütrisyonu etkileyen faktörler”, erişim 05 Nisan 2026, https://dergipark.org.tr/en/pub/jhsm/article/443422?issue_id=38638.

³⁰¹ Fevzi Balkan, “Metabolik Sendrom”, *Ankara Medical Journal* 13, sy 2 (2014): 85-90.

³⁰² Zehra Aycan, “-”, *Türkiye Çocuk Hastalıkları Dergisi* 10, sy 3 (2016): 1-1.

kronik olarak yüksek kalmasına yol açar. Bu durum, hem karbonhidrat metabolizmasında hem de lipid metabolizmasında ciddi düzensizlikler yaratır. Kardiyovasküler hastalıklarda, enerji metabolizmasındaki bozulmalar özellikle lipit profili ve oksidatif stres üzerinden etkili olur. Yüksek enerji alımı ve dengesiz makrobesin dağılımı, trigliserid ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) düzeylerini artırırken, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) seviyelerini düşürebilir. Bu lipid değişiklikleri, ateroskleroz ve damar sertliği riskini yükseltir³⁰³.

Non-alkolik yağlı karaciğer hastalığında ise karaciğer hücrelerinde trigliserid birikimi, enerji metabolizmasının bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkar. Karaciğerin glikoz ve lipid metabolizmasındaki dengesizlik, hepatik insülin direnci ve kronik inflamatuvar yanıtla birleşerek hastalığın ilerlemesine yol açar. Enerji akışı ve makrobesin dengesi bozulduğunda, ATP üretimi ve oksidatif fosforilasyon kapasitesi etkilenir, mitokondriyal fonksiyonlar azalır ve metabolik stres artar. Bu nedenle, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve NAFLD gibi metabolik hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde enerji metabolizmasının dengeli sürdürülmesi, makrobesin dağılımının optimize edilmesi ve besin kaynaklarının kalitesi kritik bir öneme sahiptir. Klinik ve beslenme yaklaşımları, bireyselleştirilmiş diyet planları ile enerji dengesini sağlama ve metabolik homeostazi koruma üzerine odaklanır³⁰⁴.

21.5.3. Yoğun bakım ve cerrahi sonrası:

Enerji gereksinimi, stres hormonları ve inflamatuvar yanıtlar dikkate alınarak hesaplanmalıdır; çünkü vücudun enerji harcaması yalnızca bazal metabolizma ve fiziksel aktivite ile sınırlı değildir. Stres hormonları, özellikle kortizol ve adrenalin, enerji metabolizmasını doğrudan etkileyerek glikoz ve yağ asitlerinin mobilizasyonunu artırır ve acil enerji ihtiyaçlarını karşılar. Bu hormonların seviyeleri, psikolojik stres, enfeksiyon, cerrahi müdahale veya yoğun egzersiz gibi durumlarda değişkenlik gösterir ve enerji gereksiniminin standart hesaplamalarla tahmin edilmesini zorlaştırır. Ayrıca inflamatuvar yanıtlar, metabolik süreçler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Akut veya kronik inflamasyon durumlarında sitokinler, enerji metabolizmasını ve makrobesin kullanımını modüle eder; örneğin, interlökin-6 (IL-6) ve tümör nekroz faktörü-alfa (TNF- α), protein katabolizmasını artırarak amino asitlerin enerji üretiminde kullanılmasını teşvik edebilir. Bu nedenle enerji gereksinimi hesaplanırken yalnızca bireyin yaş, cinsiyet ve vücut ağırlığı gibi

³⁰³ Tuğba Aydemir ve Şerife Çetin, "Kronik Hastalıklar ve Psikososyal Bakım", *Journal of Anatolian Medical Research* 4, sy 3 (2019): 109-15.

³⁰⁴ Serpil AYDIN Demirağ, "Kronik Hastalıklar ve Yaşam Kalitesi", *Türkiye Klinikleri Family Medicine - Special Topics* 6, sy 6 (2015): 6-9.

temel parametreler değil, aynı zamanda hormonal ve inflamatuvar durumları da göz önünde bulundurulmalıdır³⁰⁵.

Klinik ve metabolik uygulamalarda bu yaklaşım, özellikle kritik bakım hastaları, yoğun egzersiz yapan sporcular veya kronik hastalıkları bulunan bireyler için hayati öneme sahiptir. Stres hormonları ve inflamatuvar yanıtlar enerji ihtiyacını artırabileceği gibi, bu süreçlerin uzun süreli etkileri enerji dengesi ve metabolik adaptasyonu bozabilir. Bu nedenle enerji gereksinimi hesaplamaları, statik bir formülden ziyade dinamik, bireye özgü ve metabolik durumu yansıtan bir model üzerinden yapılmalıdır³⁰⁶.

21.6. Modern Yaklaşımlar ve Araştırmalar

Son yıllarda metabolomik analizler, enerji metabolizmasının detaylı ve bütüncül bir şekilde incelenmesine olanak tanımaktadır. Metabolomik yaklaşımlar, hüresel düzeydeki küçük molekülleri ve metabolitleri belirleyerek, karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmasının etkileşimlerini ortaya koyar. Bu sayede enerji üretimi, depolanması ve tüketimi süreçleri daha hassas bir biçimde anlaşılabilen ve bireysel metabolik profiller oluşturulabilmektedir. Metabolomik veriler, aynı zamanda belirli diyetlerin veya besin bileşenlerinin metabolik yanıtlar üzerindeki etkilerini incelemek için kullanılmakta ve kişiye özgü beslenme stratejilerinin geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır. Buna ek olarak, giyilebilir teknolojiler ve dijital sağlık uygulamaları, bireylerin enerji harcamasını, fiziksel aktivite düzeylerini ve besin tüketimini sürekli ve gerçek zamanlı olarak takip etmeye imkân tanır. Akıllı saatler, aktivite bileklikleri ve mobil uygulamalar, kalp atım hızı, adım sayısı, uyku kalitesi ve hatta bazı durumlarda metabolik göstergeler hakkında veri sağlayarak enerji dengesi ile ilgili ayrıntılı bilgi sunar. Bu veriler, hem günlük yaşamda bireylerin enerji alım ve harcamasını optimize etmelerine yardımcı olur hem de klinik uygulamalarda enerji gereksiniminin hassas bir biçimde belirlenmesini sağlar³⁰⁷.

Bu teknolojik ve bilimsel gelişmelerin birleşimi, enerji akışının bireysel farklılıklar göz önünde bulundurularak optimize edilmesine olanak tanır. Örneğin, metabolomik analizler belirli bir bireyin karbonhidrat veya yağ metabolizmasında daha hızlı veya yavaş yanıt verdiğini ortaya koyarken; giyilebilir cihazlar günlük enerji harcamasının izlenmesini sağlayarak kişiye özel beslenme ve egzersiz planlarının oluşturulmasına katkıda bulunur.

³⁰⁵ Hatice BAYGUT, *SAĞLIK & BİLİM 2022: Beslenme-2* (Efe Akademi Yayınları, 2022).

³⁰⁶ Elife Kettaş Dölek ve Sevilay Erden, "Cerrahi Süreçte Hasta Beslenmesinde Güncel Yaklaşımlar", *Kabramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 18, sy 1 (2023): 183-90, <https://doi.org/10.17517/ksutfd.1034634>.

³⁰⁷ ÖZTÜRK, "BESLENME VE SAĞLIK İLİŞKİSİ".

Böylece enerji metabolizmasının düzenlenmesi yalnızca teorik bir model olarak kalmayıp, gerçek zamanlı verilerle desteklenen dinamik bir yönetim sistemi hâline gelir. Ayrıca bu yaklaşımlar, metabolik hastalıkların önlenmesi ve yönetilmesi açısından da büyük önem taşır. Obezite, insülin direnci veya kardiyometabolik bozukluklar gibi durumlarda, bireyin enerji metabolizması ve makrobesin kullanımı hakkında ayrıntılı veriler elde etmek, tedavi ve diyet stratejilerinin kişiselleştirilmesini sağlar. Metabolomik ve dijital sağlık teknolojilerinin entegrasyonu, hem sağlık profesyonellerine hem de bireylere metabolik sağlığı destekleyen kararlar alabilme imkânı sunar³⁰⁸. Bu bağlamda, metabolomik analizler ve dijital sağlık teknolojileri, enerji metabolizmasının hem hücresel hem de sistemik düzeyde kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını mümkün kılmakta; enerji akışının bireysel, klinik ve toplumsal düzeyde optimize edilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu gelişmeler, gelecekte metabolik sağlık ve beslenme yönetimi alanında daha hedefe yönelik, veri destekli ve kişiselleştirilmiş stratejilerin geliştirilmesine temel oluşturmaktadır.

³⁰⁸ ÖZTÜRK, “BESLENME VE SAĞLIK İLİŞKİSİ”.

22. Kaynakça

- Acarkan, Tijen. “D vitamini”. *Bilimsel Tamamlayıcı Tıp Regülasyon ve Nöral Terapi Dergisi* 9, sy 3 (2015): 5-8.
- Akçelik, Nefise, ve Mustafa Akçelik. “Bakteriyel biyofilmler ve konakçı savunma sistemi ile etkileşimleri”. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 33, sy 1 (2017): 15-28.
- Akgül, Emin. *Fizyobiyokimya: Sağlıklı İnsan Organizmasında Biyokimyasal Mimari*. 2026.
- Akgül, Emin. *Fizyobiyokimya: Sağlıklı İnsan Organizmasında Biyokimyasal Mimari*. 2026.
- Akgül, Emin. *Yoğun Bakım: Fizyopatolojik Yaklaşım*. 2026.
- “Aksaray Üniversitesi Tıp Bilimleri Dergisi » Submission » TİP 2 DİABETES MELLİTUSTA KETOJENİK DİYETİN ETKİLERİ”. Erişim 05 Nisan 2026. <https://dergipark.org.tr/en/pub/asujms/article/1256943>.
- Aktitiz, Selin, ve Süleyman Bulut. “Aralıklı Açlık Metabolizması, Vücut Kompozisyonu, Spor ve Egzersiz Performansı Etkileşimi: Geleneksel Derleme”. *Spor Bilimleri Dergisi* 36, sy 2 (2025): 148-61. <https://doi.org/10.17644/sbd.1703172>.
- Alabdullah, Wijdan, ve Başak Funda Eken. “BAĞIŞIKLIK YANTINI MODÜLE ETMEDE FONKSİYONEL BESİNLERİN ROLÜ: GÜNCEL ARAŞTIRMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ”. *Atlas Journal of Medicine* 5, sy 14 (2025): 241-46. <https://doi.org/10.54270/atljm.2025.98>.
- Altınır, Ayşen, Hasan Atalay, ve Tanay Bilal. “Bir antioksidan olarak E vitamini”. *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 3 (2017): 149-57.
- Altınır, Ayşen, Hasan Atalay, ve Tanay Bilal. “Bir antioksidan olarak E vitamini”. *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 3 (2017): 149-57.
- Altınışık, Mustafa. “Biochemical Approach to Carbohydrate Metabolism Disorders”. *Meandros Medical And Dental Journal* 11, sy 1 (2010): 51-59.
- Altınışık, Mustafa. “Biochemical Approach to Carbohydrate Metabolism Disorders”. *Meandros Medical And Dental Journal* 11, sy 1 (2010): 51-59.

Altınışik, Mustafa. "Biochemical Approach to Carbohydrate Metabolism Disorders". *Meandros Medical And Dental Journal* 11, sy 1 (2010): 51-59.

ALTINIŞIK, Mustafa. *KARBONHİDRAT METABOLİZMASI BOZUKLUKLARINA BİYOKİMYASAL YAKLAŞIM*. t.y.

Altundağ, Özlem Özer. "Gastronomide Fonksiyonel Ürün Kapsamında Kullanılan Pseudotahıllar". *Research in Agricultural Sciences* 56, sy 3 (2025): 256-68. <https://doi.org/10.17097/agricultureatauni.1636831>.

Arıkan, Selim, ve Nazal Bardak Perçinci. "Karbonhidratların kronik hastalıklarla ilişkisi ve tıbbi beslenme tedavisindeki rolü". *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi* 2, sy 2 (2021): 36-50.

Arıkan, Selim, ve Nazal Bardak Perçinci. "Karbonhidratların kronik hastalıklarla ilişkisi ve tıbbi beslenme tedavisindeki rolü". *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi* 2, sy 2 (2021): 36-50.

Arıkan, Selim, ve Nazal Bardak Perçinci. "Karbonhidratların Kronik Hastalıklarla İlişkisi ve Tıbbi Beslenme Tedavisindeki Rolü". *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi* 2, sy 2 (2021): 36-50.

Arslan, Kevser Tarı Selçuk, Sedat. *Besin Güvencesizliği ve Sağlık*. Eğitim Yayınevi, 2024.

Arslan, Müge. "Beslenme alışkanlıkları ve fiziksel aktivite düzeylerinin analizi: Marmara üniversitesi öğretim üyeleri üzerine bir çalışma". *Dicle Medical Journal* 45, sy 1 (2018): 59-69. <https://doi.org/10.5798/dicletip.407246>.

"ART/icle: Journal of Art and Design » Submission » Fonksiyonel Gıdaların Gastronomideki Önemi". Erişim 05 Nisan 2026. <https://dergipark.org.tr/en/pub/stdarticle/article/1035071>.

Arusoğlu, Gülcan, ve Gülden Köksal. "Besin Alımı ve Enerji Dengesi". *Beslenme ve Diyet Dergisi* 43, sy 1 (2015): 51-58.

Aslaner, Hümeyra. "Vitamin B12 Eksikliği ve Tedavisi". *Klinik Tıp Aile Hekimliği* 10, sy 6 (2018): 18-24.

Aşkar, Şinasi, ve Tünay Konaş Aşkar. "ANTİMİKROBİYEL PROTEİNLER VE BAĞIŞIKLIKTAKİ ÖNEMİ". *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 2 (2017): 82-86.

Aşkar, Şinasi, ve Tünay Konaş Aşkar. "ANTİMİKROBİYEL PROTEİNLER VE BAĞIŞIKLIKTAKİ ÖNEMİ". *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 2 (2017): 82-86.

AŞKIN, Özge, ve Defne ÖZKOCA. "Yağda Çözünen Vitaminler: A, D, E, K". *Türkiye Klinikleri Cosmetic Dermatology-Special Topics* 15, sy 2 (2022): 14-18.

Atabek, Hayriye ÇAKIR, ve Filiz Özdemir. "C vitamini ilavesinin egzersiz performansına ve kas hasarına etkisi". *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 5, sy 2 (2010): 60-69.

ATALAY, Fatma ÇAYCI. *Beslenme ve Sağlık*. Efe Akademi Yayınları, 2024.

- Ataman, Buket Küçük. *B12 Vitamin Eksikliğinde Transkobalamin II Gen Polimorfizmlerinin Araştırılması*. 2019.
- “Atlas Journal of Medicine » Submission » FİBROMİYALJİDE GÜNCEL BESLENME YAKLAŞIMLARI”. Erişim 05 Nisan 2026. <https://dergipark.org.tr/en/pub/atljm/article/1377296>.
- Ayan, Burak Can, ve Dünya Yavuzoğlu. “TİROİD HORMONLARININ METABOLİZMA ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE DEİYODİNAZ ENZİMLERİNİN ROLÜ”. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni* 15, sy 3 (2024): 113-19. <https://doi.org/10.38137/vftd.1529416>.
- Aycan, Zehra. “-”. *Türkiye Çocuk Hastalıkları Dergisi* 10, sy 3 (2016): 1-1.
- Aydemir, Tuğba, ve Şerife Çetin. “Kronik Hastalıklar ve Psikososyal Bakım”. *Journal of Anatolian Medical Research* 4, sy 3 (2019): 109-15.
- Aydeniz-güneşer, Buket, ve Azime Miray Kahraman. “Holistik Beslenme Yaklaşımı: Ruhsal, Zihinsel ve Fiziksel Beslenme”. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 37, sy 2 (2023): 551-60. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1326580>.
- Aydoğdu, Gökçe Sueda, ve Eda Köksal. “HEDONİK AÇLIK VE MAKRO BESİN ÖGELERİ İLE İLİŞKİSİ”. *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi* 7, sy 1 (2022): 154-63. <https://doi.org/10.52881/gsbdergi.958923>.
- Azık, Fatih Mehmet, Yaşar Topal, ve Tansel Erdem Azık. “B12 vitamini ve/veya folik asit eksikliğinde hematolojik belirtiler olmadan nörolojik bozukluklar ortaya çıkar mı”. *Pamukkale Tıp Dergisi* 8, sy 2 (2015): 166-70.
- Bakar, Mehtap Kılıçöz, ve Özge Mine Yılmaz. “Egzersiz ve Kan Glikozu Düzenleme Mekanizmaları”. *Tıp Fakültesi Klinikleri Dergisi* 8, sy 1 (2025): 67-75.
- Balkan, Fevzi. “Metabolik Sendrom”. *Ankara Medical Journal* 13, sy 2 (2014): 85-90.
- Batar, Nazlı, ve Müveddet Emel Alphan. “Sleeve Gastrektomi Sonrası İlk Altı Ayda Besin Öğeleri Alımının Bazı Biyokimyasal Parametrelere Etkisi”. *Duzce Medical Journal* 21, sy 3 (2019): 223-32. <https://doi.org/10.18678/dtfd.596227>.
- BAYGUT, Hatice. *SAĞLIK & BİLİM 2022: Beslenme-2*. Efe Akademi Yayınları, 2022.
- BAYGUT, Hatice, ve Yasemin BEYHAN. *SAĞLIK & BİLİM 2024: Beslenme-I*. Efe Akademi Yayınları, 2024.
- Baykut, Esra Dogu. “Bazı tahıl benzeri ürünlerin besin içeriği ve gıda endüstrisinde kullanımı”. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, sy 23 (2021): 89-98.
- Bektaş, Gizem Işıl, ve Arif Altıntaş. “Antifriz proteinler”. *Etlük Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi* 18, sy 1-2 (2007): 27-32.

- Bıçak, Özlem, ve Zafir Ekmekçi. "POLİSAKKARİTLERİN FLOTASYONDA BASTIRICI OLARAK KULLANIMI VE SOĞURUM MEKANİZMALARI". *Bilimsel Madencilik Dergisi* 44, sy 1 (2005): 19-31.
- Bingöl, Gazanfer. *Vitaminler ve enzimler*. 1977.
- Bingöl, Gazanfer. *Vitaminler ve enzimler*. 1977.
- Budak, Burhan, ve Erhan Dinckaya. "L-Askorbik asit (C vitamini) tayinine yönelik kalem grafit elektrot-askorbat oksidaz temelli yeni bir biyosensör geliştirilmesi". *International Journal of Life Sciences and Biotechnology* 5, sy 3 (2022): 611-26.
- Bulut, Süleyman, ve Hüsrev Turnagöl. "Glikojen Depoları , Egzersiz Antrenmanı ve Diyet Etkileşimi". *Spor Bilimleri Dergisi* 28, sy 4 (2018): 205-19. <https://doi.org/10.17644/sbd.357428>.
- Canbolat, Önder, ve Ali Karabulut. "HAYVANSAL YAĞLARIN RUMINANT BESLEMEDE KULLANILMASI". *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, sy 3 (2014).
- Civan, Adem, İlyas Özdemir, Yıldırım Gökhan Gencer, ve Mehmet Durmaz. "Egzersiz ve Stres Hormonları". *Turkish Journal of Sports Science* 2, sy 1 (2018): 1-14.
- Coşkun, Turgay. "Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri". *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 48, sy 1 (2005): 69-84.
- Çanakci, Pınar KILIÇDAĞI, ve Fatma Tuba Eminoğlu. "Oksidatif Fosforilasyon Bozuklukları". *Türkiye Klinikleri Pediatric Metabolism Diseases - Special Topics* 6, sy 2 (2025): 11-20.
- Çelik, Fatma, ve Aylin Ayaz. "Fenilketonüri ve B Grubu Vitaminler". *Beslenme ve Diyet Dergisi* 40, sy 1 (2012): 50-58.
- Çetintaş, İrem Elif. *Obezite indekslerinin insülin direnci ile olan ilişkisinin incelenmesi / Investigation of the relationship of obesity indexes and insulin resistance*. 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.12645/35058>.
- Çınar, Vedat, Özgür Bostancı, Hasan Şahan, ve Kürşat Aytaç. "KARBONHİDRATLAR VE SPORCULARDA KULLANIMI/CARBONHYRATES AND THEIR AND SPORTSMAN USAGE". *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 6, sy 2 (2010).
- Çınar, Vedat, Özgür Bostancı, Hasan Şahan, ve Kürşat Aytaç. "KARBONHİDRATLAR VE SPORCULARDA KULLANIMI/CARBONHYRATES AND THEIR AND SPORTSMAN USAGE". *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 6, sy 2 (2010).
- ÇİÇEK, Hülya. *Tıp ve Sağlık Bilimlerinde Yenilikçi Yaklaşımlar II*. Livre de Lyon, 2025.
- Çivi, Selma, ve Mehmet Akman. "A Vitamini Eksikliği ve Korunma". *Beslenme ve Diyet Dergisi* 16, sy 1 (1987): 93-100.

- Çobanoğlu, Gülşah. "D Vitamininin Biyolojisi ve Doğal Kaynakları". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 11, sy Ek (Suppl.) 1 (2020): 380-91.
- DAĞ, Ayhan, ve Nursena NAHYA. "Sağlıklı Beslenmede Karbonhidrat ve Posa Alımının Önemi". *Türkiye Klinikleri Nutrition and Dietetics-Special Topics* 10, sy 1 (2024): 1-8.
- Dağbaşı, Seval, ve Yekta Gökşungur. "MİKROBİYAL POLİSAKKARİTLER". *Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Güncel Teknikler*, t.y., 113.
- Dankı, Demet, Şükran Telci, Nesrin Dilbaz, ve İhsan Tuncer Okay. "B 12 Vitamini Eksikliğine Bağlı Psikotik Bozukluk." *Klinik Psikiyatoloji Bülteni* 16, sy 2 (2006).
- Demir, Meltem, Nazlıcan Bilister, Gizem Batmaz, Soner Çetinkaya, İrem Akyürek, ve Raziye Öztürk Ürek. *MİKROALGAL POLİSAKKARİTLER*. t.y.
- Demirağ, Serpil AYDIN. "Kronik Hastalıklar ve Yaşam Kalitesi". *Türkiye Klinikleri Family Medicine - Special Topics* 6, sy 6 (2015): 6-9.
- Doğan, Melike, ve Serpil Demirci. "Vitamin B12 ve nörolojik hastalıklardaki etkisi". *SD Ü Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 1, sy 1 (2010): 23-29.
- Doğan, Melike, ve Serpil Demirci. "Vitamin B12 ve nörolojik hastalıklardaki etkisi". *SD Ü Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 1, sy 1 (2010): 23-29.
- DOĞAN, Veysel. *Hayvan Beslemenin İlkeleri*. Akademisyen Kitabevi, 2024.
- Dölek, Elife Kettaş, ve Sevilay Erden. "Cerrahi Süreçte Hasta Beslenmesinde Güncel Yaklaşımlar". *Kabramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 18, sy 1 (2023): 183-90. <https://doi.org/10.17517/ksutfd.1034634>.
- DURUKAN, Erdil, ve Mehmet GÖKTEPE. *EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ VE TEMEL KAVRAMLAR*. Efe Akademi Yayınları, 2023.
- Düşünsel, Ayşe Damla, ve Gül Eda Kılınc. "İrritabl Bağırsak Sendromunda Düşük Fermente Edilebilir Oligosakkaritler, Disakkaritler, Monosakkaritler, Polioller Diyet Tedavisi". *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 12, sy 2 (2023): 417-24.
- Düşünsel, Ayşe Damla, ve Gül Eda Kılınc. "İrritabl Bağırsak Sendromunda Düşük Fermente Edilebilir Oligosakkaritler, Disakkaritler, Monosakkaritler, Polioller Diyet Tedavisi". *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 12, sy 2 (2023): 417-24.
- Düşünsel, Ayşe Damla, ve Gül Eda Kılınc. "İrritabl Bağırsak Sendromunda Düşük Fermente Edilebilir Oligosakkaritler, Disakkaritler, Monosakkaritler, Polioller Diyet Tedavisi". *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi* 12, sy 2 (2023): 417-24.
- Ecertaş, Büşra Meltem, ve Nihal Zekiye Erdem. "Bariatrik Cerrahide Enerji ve Makro Besin Ögeleri Gereksinimi". *Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 9, sy 1 (2026): 1-11. <https://doi.org/10.48124/husagbilder.1699368>.

- Ejder, Zeynep Bengisu, ve Emine Merve Ekici. “K Vitamini ve bilişsel performans: mini bir derleme”. *Avrasya Sağlık Bilimleri Dergisi* 7, sy 1 (2024): 61-67.
- ERCAN, Şeyma Nur, Şinasi AŞKAR, ve Tünay KONTAŞ AŞKAR. “HAYVANSAL KAYNAKLI FONKSİYONEL BESİNLER”. *Sağlık Antropolojisi ve Sosyolojisi*, t.y., 1.
- Eren, Osman, ve Halis Şakiroğlu. “Ekzopolisakkaritlerin Gıda Teknolojisinde Kullanımı”. *Journal of the Institute of Science and Technology* 15, sy 4 (2025): 1371-82.
- Ergün, Fatma. “İNSAN SAĞLIĞI VE BESLENME FİZYOLOJİSİ AÇISINDAN MAGNEZYUM”. *Karşehir Abi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2, sy 3 (2019): 26-33.
- Ertaş, Yasemin, ve Nevin Şanlıer. “Beslenme ve Metabolomikler”. *Beslenme ve Diyet Dergisi* 42, sy 1 (2014): 52-58.
- “Erzincan Binali Yıldırım University Journal of Health Sciences Institute » Submission » Kalbin Enerji Metabolizması: Kalp Yetmezliğinde ve Kardiyomiyopatide Enerji Metabolizmasında Görülen Değişikler”. Erişim 05 Nisan 2026. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ebyusbed/article/1658843>.
- Esen, Mehmet. “Farklı meme kanseri hücre tiplerinin (MCF-7, MDA-MB-231, CRL-4010)organik asit profilinin incelenmesi / Investigation of the organic acid profile of different breast cancer cell types (MCF-7, MDA-MB-231, CRL-4010)”. Thesis, 2019. <http://acikerisim.harran.edu.tr:8080/xmlui/handle/11513/2211>.
- Gençoğlu, Cebail, ve Elif Akkuş. “Egzersize Tiroid Hormon Yanıtları”. *Medical Sciences* 15, sy 3 (2020): 71-80.
- “Google NotebookLM | Note Taking & Research Assistant Powered by AI”. Erişim 04 Nisan 2026. <https://notebooklm.google.com/>.
- Gökçen, Mervenur, Yusuf Çağdaş Aksoy, ve Burcu Ateş Özcan. “Vegan beslenme tarzına genel bakış”. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi* 1, sy 2 (2019): 50-54.
- Gökçen, Mervenur, Yusuf Çağdaş Aksoy, ve Burcu Ateş Özcan. “Vegan beslenme tarzına genel bakış”. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi* 1, sy 2 (2019): 50-54.
- Güldemir, Hilal Hızlı. “YÜKSEK YAĞLI DİYETİN AÇLIK-TOKLUK METABOLİZMASINDA GÖREVLİ HORMONLAR VE NÖROPEPTİDLER ÜZERİNE ETKİLERİ”. *Sağlık Bilimleri Dergisi* 27, sy 3 (2018): 239-344.
- Güler, Kübra. “Adölesan Dönem Sporcu ve Sedanter Bireylerde Somatotip Yapı ve Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Parametrelerin Karşılaştırılması”. masterThesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2024. <https://earsiv.odu.edu.tr/xmlui/handle/11489/5443>.
- Gürel, Zehra, ve Dilek Aslan. “Halk sağlığı bakış açısıyla gıda kaynaklı krizler ve önleme yaklaşımları”. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi* 76, sy 3 (2019): 361-76.

- Gürler, Arslan Zafer, Dilek Bostan Budak, Bekir Ayyıldız, ve Esra Kaplan. *Enerji Ekonomisi*. Nobel Akademik Yayıncılık, t.y.
- Gürsoy, Recep, Ömer Aktaş, ve Şenol Dane. “Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler”. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 1, sy 2 (2001).
- Gürsoy, Recep, Ömer Aktaş, ve Şenol Dane. “Beslenme ve besinsel ergojenikler I: Karbonhidrat, yağ ve proteinler”. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 1, sy 2 (2001).
- Güzel, Melih, ve Özlem Akpınar. “Turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi”. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 7, sy 2 (2017): 153-67.
- Hafizoğlu, Merve. “B12 Vitamini Eksikliğinin Depresyon İle İlişkisinin Değerlendirilmesi”. *Journal of Uludağ University Medical Faculty* 46, sy 1 (2020): 71-76.
- HATİPOĞLU, Fatih. *SAĞLIK BİLİMLERİNDE ÖNCÜ VE YENİLİKÇİ ÇALIŞMALAR*. t.y.
- Hatun, Şükrü, Abdullah Bereket, Ali Süha Çalikoğlu, ve Behzat Özkan. “Günümüzde D vitamini yetersizliği ve nütrisyonel rickets”. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 46, sy 3 (2003): 224-41.
- Hurşit, Abdulkadir. “Besinsel Lipit Bileşenlerinin Emilimi”. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 3, sy 10 (2015): 796-805. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i10.796-805.447>.
- İmre, Kadriye Elif, ve Aslı Akyol Mutlu. “Epigenetik Mekanizmalar: Maternal Makro Besin Ögesi Alımının Etkileri”. *Beslenme ve Diyet Dergisi* 50, sy 1 (2022): 92-100. <https://doi.org/10.33076/2022.BDD.1534>.
- İpek, Kübra Derya, ve Hande Ögün Yılmaz. “Diyetin ve karbonhidrat içeriğinin mikrobiyotaya etkisi”. *Institute of Health Sciences Journal* 3, sy 2 (2018): 29-39.
- İpek, Kübra Derya, ve Hande Ögün Yılmaz. “Diyetin ve karbonhidrat içeriğinin mikrobiyotaya etkisi”. *Institute of Health Sciences Journal* 3, sy 2 (2018): 29-39.
- İriş, Canan, ve Miyase Çınar. “Antioksidan vitaminler ve ağır metal toksisitesi üzerine etkileri”. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni* 10, sy 3 (2019): 135-51.
- “Journal of Health Sciences and Medicine » Submission » Hastanede yatan hastalarda malnütrisyonu etkileyen faktörler”. Erişim 05 Nisan 2026. https://dergipark.org.tr/en/pub/jhsm/article/443422?issue_id=38638.
- “Kafkas Journal of Medical Sciences » Submission » Diyabet ve Aterosklerozda İnflamasyon: Makro ve Mikro Besin Ögeleri ile NLRP3 İnflamazomu İlişkisi”. Erişim 05 Nisan 2026. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kaftbd/article/989740>.

- Kalip, Kamer, ve Nazlı Atak. "Bağırsak mikrobiyotası ve sağlık". *Turkish Journal of Public Health* 16, sy 1 (2018): 58-73. <https://doi.org/10.20518/tjph.458203>.
- Kara, Osman Onur. "Fonksiyonel Gıda Üretiminde Yeni Yaklaşımlar". *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 29, sy 3 (2024): 1064-81. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1528392>.
- Karaağaç, Rabia Melda, ve Çağla Pınarlı Falakacılar. "KISITLI ENERJİ ALIMININ METABOLİK ETKİLERİ". *Journal of Health and Sport Sciences* 6, sy 3 (2023): 73-78.
- Karaağaç, Rabia Melda, ve Çağla Pınarlı. "Suda Çözünen Vitaminlerin Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri". *Hitit Sağlık Dergisi*, sy 1 (2023): 32-44.
- Karaağaç, Rabia Melda, ve Çağla Pınarlı. "Yağda Çözünen Vitaminler ve Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri". *Avrasya Sağlık Bilimleri Dergisi* 6, sy 3 (2023): 116-22.
- Karaca, E. Gülçin. "LİPOİK ASİT: EVRENSEL ANTIOKSİDAN". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 8, sy 1 (2008): 231-45.
- Karagöz, Derya Merve. *Proteinler*. 12 Ocak 2026. <https://doi.org/10.37609/akya.3910>.
- Karagöz, MUSTAFA, ve Nevin Şanher. "Egzersizde Makro Besin Ögelerinin Planlanması". *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 23, sy 1 (2017).
- Karaöz, Erdal, ve Süreyya Karaöz. "E Vitaminin Biyolojik Sistemlerdeki Rolü". *Beslenme ve Diyet Dergisi* 21, sy 1 (1992): 101-16.
- Kardaş, Fatih. "Glikoliz ve Pentoz Fosfat Yolu Bozuklukları". *Türkiye Klinikleri Pediatric Metabolism Diseases - Special Topics* 2, sy 1 (2021): 38-45.
- Kayışoğlu, Birol, ve Melis İnci Giray. "Farklı Biyokütle Kaynaklarının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma". *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 20, sy 2 (2024): 72-83.
- Kaynar, Beyza, ve Mustafa Sandıkcı. "Yerel Mutfaqlarda Besin Değerleri ve Sağlık: Afyonkarahisar'da Bir Çalışma". *Kocatepe Turizm Araştırmaları Dergisi* 1, sy 1 (2025): 47-66.
- Kırnapçı, Melisa, ve Müzeyyen Berkel Kaşıkçı. "Antosiyeninlerin Gıda Matrisindeki Diğer Bileşenlerle Etkileşimlerinin Antosiyeninlerin Sindirim ve Emilimlerinin Üzerine Etkileri". *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi* 9, sy 2 (2025): 144-55. <https://doi.org/10.47137/usufedbid.1730491>.
- Koçberber, Emine Karataş, ve Haberler Yazarlar. *BAGIŞIKLIK SİSTEMİ: A VE B VİTAMİNLERİ*. t.y.
- Koçberber, Emine Karataş, ve Haberler Yazarlar. *BAGIŞIKLIK SİSTEMİ: A VE B VİTAMİNLERİ*. t.y.

- Köksal, Gülden. “Protein—Enerji Denge İlişkileri”. *Beslenme ve Diyet Dergisi* 5, sy 2 (1976): 134-45.
- Kömür, Adile Şahin, ve Ebru Çetin. “Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıta Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri”. *İğdır Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi* 8, sy 2 (2025): 61-76. <https://doi.org/10.48133/igdirsd.1830419>.
- Köse, Gizem. *Beslenme, Diyet ve Sağlık*. EĞİTİM YAYINEVİ, 2021.
- Köse, Gizem. *Beslenme, Diyet ve Sağlık*. Eğitim Yayınevi, 2021.
- Köse, Gizem. *Beslenme, Diyet ve Sağlık*. Eğitim Yayınevi, 2021.
- KÖSEDAĞ, Murat, ve Mehmet Nuri KOÇAK. *VİTAMİN B1 (TİAMİN)*. t.y.
- KÖSEDAĞ, Murat, ve Mehmet Nuri KOÇAK. *VİTAMİN B1 (TİAMİN)*. t.y.
- Kubat, Abdulsamet, Mehmet Özasan, Ayşe Karaduman, Işık Didem Karagöz, ve İH Kılıç. “C vitamini bakımından zengin sebze ve meyvelerin beyaz kan hücreleri artışı üzerine etkilerinin araştırılması”. *AVKAE dergisi* 3, sy 1 (2013): 31-37.
- “Kültür ve İletişim » Makale » Popüler Bir Konu Olarak Paleo Diyete Eleştirel Bakmak”. Erişim 05 Nisan 2026. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kulturveiletisim/article/1431307>.
- Küplülü, O. “Proteinler”. *Ankara Üniversitesi Acik Ders Malzemeleri, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi. Konu*, 2020.
- Macit, Sedanur, ve Gamze Akbulut. “Diabetes Mellitus ve Oksidatif Stres”. *Beslenme ve Diyet Dergisi* 43, sy 1 (2015): 59-65.
- Mazlum, Betül. “Antioksidan vitaminler ve psikiyatride kullanımı”. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar* 4, sy 4 (2012): 486-505.
- “Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute » Submission » Kanatlı ve Memeli Karaciğerinde Karbonhidrat ve Yağ Metabolizmasının Karşılaştırılması”. Erişim 05 Nisan 2026. <https://dergipark.org.tr/en/pub/maeusabed/article/356417>.
- MEŞEN, Ali, Selma MEŞEN, Muhammed ÇİFTÇİOĞLU, ve Muhammed Arif ARARSLAN. “D Vitamini Eksikliğinde Retinal ve Koroidal Vasküler Yapıların Değerlendirilmesi.” *MN Ophthalmology/MN Oftalmoloji* 31, sy 4 (2024).
- Mısır, Gülsüm BALÇIK. “Balıklarda lipitler, yağ asitleri ve bunların bazı önemli metabolik fonksiyonları”. *Aquaculture Studies* 2014, sy 1 (2014): 51-61.
- Morkoç, Neriman, ve Abdülkadir Zorlu. “BESLENME MODELLERİNİN ELEŞTİREL SÖYLEM ANALİZİ: DAMGALANAN BEDENLER VE DAMGALANAN GIDALAR”. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 13, sy 1 (2023): 115-36.
- MURATHAN, Fatih. *PSİKOMOTOR GELİŞİM VE SPOR*. Efe Akademi Yayınları, 2024.

- Muto, Yasutoshi, John Edgar Smith, Peter O. Milch, ve DeWitt S. Goodman. "Regulation of retinol-binding protein metabolism by vitamin A status in the rat". *Journal of Biological Chemistry* 247, sy 8 (1972): 2542-50.
- Namıdırur, Siber Emine, ve Mehmet Tarakçıoğlu. "K vitamini ve osteoporoz". *Gaziantep Medical Journal* 17, sy 1 (2011): 1-7.
- ONBAŞI, Okan, ve Kevser ONBAŞI. "Suda Çözünen Vitaminler". *Türkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sciences* 2, sy 35 (2006): 24-29.
- Öçelik, Dilek Çalışkan. "D vitamini". *Turkish Medical Journal* 6, sy 2 (2012): 61-67.
- Önalı, Ayşen. "K Vitamini Tanımı Etkinliği". *Beslenme ve Diyet Dergisi* 9 (1980): 84-88.
- Özdemir, Ercan. *İnsan Fizyolojisi*. 2023. <https://avesis.cumhuriyet.edu.tr/yayin/e0dc093b-75be-4ead-b70c-3e57062238be/insan-fizyolojisi>.
- Özenoğlu, Aliye. *Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları*. Eğitim Yayınevi, 2024.
- Özenoğlu, Aliye. *Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları*. Eğitim Yayınevi, 2024.
- Özkaya, Şebnem Özgen. "Yaşam Kalitesi ve Fonksiyonel Besinler". *Fenerbahçe University Journal of Health Sciences* 1, sy 1 (2021): 62-68.
- Öztürk, Mesut Hayri, ve Dilek Aslan. "HALK SAĞLIğI PERSPEKTİFİYLE BESİN-İLAÇ ETKİLEŞİMLERİ". *Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi* 9, sy 2 (2024): 213-23. <https://doi.org/10.35232/estudamhsd.1336677>.
- ÖZTÜRK, Nurefşan KONYALIGİL. "BESLENME VE SAĞLIK İLİŞKİSİ". *Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları*, 2024, 27.
- Rask, L., H. Anundi, J. Böhme, vd. "The retinol-binding protein." *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory investigation. Supplementum* 154 (1980): 45-61.
- Savaş, Hasan Basri, ve Fatih Gültekin. "İnsülin Direnci ve Klinik Önemi". *Medical Journal of Süleyman Demirel University* 24, sy 3 (2017): 116-25. <https://doi.org/10.17343/sdutfd.264358>.
- Savaş, Hasan Basri, Adem Keskin, Ayça Aktaş Karaçelik, vd. *Beslenme Biyokimyası*. Nobel Akademik Yayıncılık, t.y.
- Sipahi, Banu Beyaz. "OBEZİTENİN DAVRANIŞ EKONOMİSİ". *Research Studies Anatolia Journal* 3, sy 3 (2020): 189-98.
- Soyuçok, Ali, Teslime Ekiz, ve Gülden Başıyigit Kılıç. "Ekzopolisakkaritlerin özellikleri ve gıda sanayindeki önemi". *Neşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5 (2016): 332-44.
- "Spor Bilimleri Dergisi » Makale » Glikojen Depoları , Egzersiz Antrenmanı ve Diyet Etkileşimi". Erişim 05 Nisan 2026. https://dergipark.org.tr/tr/pub/sbd/article/357428?issue_id=36253.

- Şahin, Mehtap, ve Özlem Yıldırım. "ACC Enziminin Metabolik Hastalıklarda Terapötik Hedef Olarak Değerlendirilmesi". *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi* 3, sy 2 (2022): 70-82.
- Şerife Gül, ÖZ, ve Alpaslan KILIÇARSLAN. *Vitaminlerin Yaşamımızdaki Yeri Nedir, Ne Olmalıdır?* t.y.
- Tekin, Tuba, Betül Çiçek, ve Nureşan Konyalıgil. "İNTESTİNAL MİKROBİYOTA VE OBEZİTE İLİŞKİSİ". *Sağlık Bilimleri Dergisi* 27, sy 1 (2018): 95-99.
- Torun, Tuğçe, ve Hicran Çavuşoğlu. "D vitamini eksikliğine bağlı rikets ve hemşirelik bakımı". *Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi* 5, sy 2 (2018): 169-76.
- "Turkish Journal of Sports Science » Submission » Enerji Metabolizması, Obezite ve Hormonlar". Erişim 05 Nisan 2026. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tusbid/article/719671>.
- TÜRKER, Ali, ve Oğuzhan YÜKSEL. "Beslenmede Vitaminlerin Önemi". *Beslenme ve Obezite* 7 (2019).
- TÜRKER, Ali, ve Oğuzhan YÜKSEL. "Beslenmede Vitaminlerin Önemi". *Beslenme ve Obezite* 7 (2019).
- TÜRKER, Ali, ve Oğuzhan YÜKSEL. "Beslenmede Vitaminlerin Önemi". *Beslenme ve Obezite* 7 (2019).
- Uçar, Zeliha, ve Hande Ongün Yılmaz. "Laktasyon döneminde beslenme: Enerji ve makro besin öğeleri". *Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi* 2, sy 1 (2020): 37-46.
- UÇKAN, Fevzi, Z. Ülya NURULLAHOĞLU, ve Rahile ÖZTÜRK. "Apanteles Galleriae Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae) ve Parazitlenmiş Konağı Galleria Mellonella L. (Lepidoptera: Pyralidae)'nin Toplam Lipit ve Yağ Asidi Bileşimleri". *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 2, sy 2 (2009): 93-99.
- Uysal, Devran. *Bazı altı karbonlu monosakkaritlerin anomer miktarlarının çözelti ortamında deneysel ve hesapsal yöntemlerle tespit edilmesi*. 2015.
- Ünsal, Ayla. "Beslenmenin Önemi ve Temel Besin Öğeleri". *Kırşehir Abi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2, sy 3 (2019): 1-10.
- Y, Korkut. "Obez Kadınlarda Metabolik Sendrom ve Lipid Profilinin Değerlendirilmesi". *Konuralp Medical Journal* 7, sy 1 (2015): 40-44. <https://doi.org/10.18521/ktd.08555>.
- Yerli, Ayşe Dila. *Hücre Bölünmesinden Yaşama Folik Asit Yolculuğu*. t.y.
- Yerlikaya, Azmi, ve Harun Dokudur. *Protein yıkımının önemi*. 2009.
- Yılmaz, İlkey, ve Haydar Özpınar. "Beslenme ve Gıda Alanlarında Metabolomik Uygulamalar: Genel Bir Değerlendirme". *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, sy 8 (Ağustos 2019): 827-39. <https://doi.org/10.38079/igusabder.550904>.

Yılmaz, Özlem. “Biyoloji Felsefesinde Organizma Kavramı”. *Kilikya Felsefe Dergisi* 1, sy 1 (2022): 78-86.

YÜCEL, Doğan. *Güncel Biyokimya Çalışmaları III*. Akademisyen Kitabevi, 2022.

Sağlıklı Beslenme

Doç. Dr. Tekin Sancar