GLOHEALTH JOURNAL

Global Perspectives in Health Sciences

Vol: 1; Issue:2 – December 2025

ISSN: 3108-4893



GLOHEALTH JOURNAL

GLOHEALTH JOURNAL (Glohealth Journal)

Yayımcı

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TOĞUÇ

Periyot

Üç ayda bir (Eylül, Aralık, Mart, Haziran)

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TOĞUÇ

Yardımcı Editör

Dr. Hakan AYDIN

Yayın Dili

İngilizce, Türkçe

Web

https://glohealthjournal.com/

ISSN

3108-4893

GLOHEALTH JOURNAL

Bilimsel Danışma Kurulu

Prof. Dr. Sibel ULUATA

Prof. Dr. Turan YILDIZ

Prof. Dr. Nilgün BEK

Prof. Dr. Bülent ELBASAN

Prof. Dr. Gülhan BORA

Doç. Dr. Hande ÖNGÜN YILMAZ

Editör Kurulu

Dr. Osman SÖYLER

Dr. Öğr Üyesi Mustafa SARI

Dr. Öğr Üyesi Selman BÖLÜKBAŞI

Uzm. Dr. Cengiz CENGİSİZ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÇAVDAR

Dr. Öğr. Üyesi Agit ŞİMŞEK

Dr. Öğr. Üyesi Yakup SARPDAĞI

Op. Dr. Faruk AYDIN

Arş. Grv. Büşra HÖKELEK

Öğr. Grv. Esra TÜRKMEN

GLOHEALTH JOURNAL

Hakem Kurulu

Dr. Ögr. Üyesi Leyla TÜRE

Dr. Ögr. Üyesi Özlem ERTUĞRUL

Dr. Ögr. Üyesi Nurullah DEMIR

Dr. Ögr. Üyesi Muhammet ÖZALP

Dr. Öğr. Üyesi Ümit ALTUNTAŞ

Dr. Ögr. Üyesi Tamer ARSLAN

Dr. Ögr. Üyesi Nilüfer ÖZKAN

Dr. Ögr. Üyesi Gazi ÖZTÜRK

Dr. Ögr. Üyesi Sevinç TAY

Dr. Ögr. Üyesi Hilal TOKLU BALOĞLU

Dr. İbrahim AKDENIZ

Dr. Hüseyin GERDAN

Amaç ve Kapsam

GLOHEALTH, sağlık bilimleri alanında disiplinlerarası yaklaşımı esas alan, açık erişimli ve çift-kör hakemli bir bilimsel dergidir. Derginin temel amacı; bilimsel bilgi üretimini desteklemek, sağlık alanında güncel sorunlara çözüm odaklı katkılar sağlamak ve küresel ölçekte bilimsel etkileşimi artırmaktır. Bu bağlamda GLOHEALTH, yalnızca klinik uygulamalarla sınırlı kalmayan; koruyucu, önleyici, terapötik ve yönetsel sağlık perspektiflerini kapsayan özgün bilimsel çalışmalara yer verir.

Dergi, akademik bilgiyi sağlık profesyonelleri, araştırmacılar, klinisyenler, eğitimciler ve politika yapıcılar arasında etkili biçimde yaymayı ve bilimsel diyaloğu teşvik etmeyi amaçlamaktadır. GLOHEALTH, multidisipliner bilimsel üretimi destekleyerek, sağlık hizmetlerinin niteliğine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

GLOHEALTH, yukarıdaki alanlarla sınırlı kalmaksızın, sağlık hizmetlerinin geliştirilmesine katkı sağlayan her türlü bilimsel çalışmayı değerlendirmeye açıktır. Dergi yılda dört kez yayımlanır ve yayın dili Türkçe ile İngilizce'dir.

GLOHEALTH JOURNAL

İçindekiler

61-72	**Şuayp Küçük, Tuğçe Gül Çağlar** Evaluation of Immitansmetric Measurement and Acoustic Reflex Tests in Normal Hearing Adolescent Patients with Tinnitus
73-84	**Vildan Özdemir, İrem Nur Torun, Bayram Sönmez Ünüvar** Dix-Hallpike Manevrasi Üzerine Yazılan Makalelerin Bibliyometrik Analizi
85-102	**Zeynep Merve Abacı, Sibel Uluata** Tohum Müslajları: Ekstraksiyon Yöntemleri, Fonksiyonel Özellikleri, Sağlık Etkileri ve Gıda Teknolojisindeki Uygulamaları
103-114	**Meliha Çavdar** Epilepsi ve Mikrobiyota–Bağırsak–Beyin Ekseni: Güncel Bulgular ve Terapötik Yaklaşımlar
115-128	**Yüksel Sarıtepe** AB Coğrafi İşaretli Malatya Kayısısının (*Prunus armeniaca* L.) Fonksiyonel Bir Bileşeni Olarak Sorbitol
129-132	**Çağla Güner Toplu** Proksimal Hipospadiaslı Bir Hastada İnguinal Sulkus Deri Grefti Yardımlı Onarım

GLOHEALTH JOURNAL

ARASTIRMA MAKALESİ

Makale Geliş Tarihi: 16.09.2025 Makale Kabul Tarihi: 18.12.2025 DOI: 10.5281/zenodo.18049479

Atıf Bilgisi: Küçük, Ş., & Çağlar, T. G. (2025). Evaluation of immitansmetric measurement and acoustic reflex tests in normal hearing adolescent patients with tinnitus. *Glohealth Journal,* 1(2), 61–72.

Normal İşitmeye Sahip Tinnituslu Adölesan Hastalarda İmmitansmetrik Ölçüm ve Akustik Refleks Testlerinin Değerlendirmesi

Evaluation of Immitansmetric Measurement and Acoustic Reflex Tests in Normal Hearing Adolescent Patients with Tinnitus

Şuayp Küçük[1], Tuğçe Gül Çağlar[2]*

[1] Başkent Dil Konuşma Merkezi, suaypkucuk@gmail.com, 0000-0003-3748-3838
[2] Lokman Hekim Üniversitesi, Odyoloji Bölümü, tugcegulcaglar@gmail.com, 0000-0001-6599-0920
* Sorumlu yazar: Tuğçe Gül Çağlar, tugcegulcaglar@gmail.com

Özet

Akustik direnç, orta kulağa timpanik membran ve kemikçikler vasıtasıyla gelen ses enerjisini bir kısmına direnç gösterip geri yansıtması olayıdır. Bu çalışmanın amacı, normal işitmeye sahip adölesanlarda immitansmetrik ölçüm ve akustik refleks test sonuçlarının normal değerlerini ortaya koymak ve tinnitus şikayeti olan hastalar ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmaktır. Bu çalışmaya 10-19 yaş arası toplam 61 kız, 58 erkek olmak üzere toplam 119 gönüllü katılmıştır. Otoskopik muayeneleri normal bulgulara sahip olanlar çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan 21 adölesanın tek kulaklarında Tinnitus şikayeti mevcuttur. Tüm ölçümler Maico MI-34 H timpanometre cihazı ile yapılmıştır. İmmitansmetrik ölçümlerde kanal volümü, komplians, orta kulak basıncı ve gradient değerlendirilmiştir. Akustik refleks ölçümleri ise ipsi ve kontralateral olarak 500- 4000 Hz arasında her iki kulak için ayrı ayrı yapılmıştır. Tinnitus, dolgunluk ve gürültü ortamlarda anlama problemlerinde akustik refleks eşiklerinin yükselmesi bu durumun bir göstergesi olabilir. Çalışmaya katılan ve herhangi bir sağlık problemi olmayan adölesanların sağ ve sol kulakları için ipsilateral akustik refleks eşikleri 90-95 dB arasında, kontralateral akustik refleks eşikleri ise 95-100 dB arasında elde edilmiştir. Tinnitus şikâyeti olan ve olmayan adölesanların 500- 4000 Hz arası ipsilateral akustik refleks eşik karşılaştırmasında sol kulak 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'de istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcut iken kontralateral akustik refleks eşik karşılaştırmasında sağ kulak 500, 2000 ve 4000 Hz'de ve sol kulak 2000 Hz' de istatistiksel olarak anlamlı bir fark mevcuttur ($p<0.05$). İmmitansmetrik ölçümlerde ise kanal volümleri ortalama 0.96 ml, kompliansları ortalama 0.73 ml, orta kulak basınçları ortalama -47 daPa ve gradient değerleri ortalama 78 daPa olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Normal işitme; tinnitus; adölesan; akustik refleks; immitansmetrik ölçüm.

Abstract

Acoustic resistance is the phenomenon where part of the sound energy transmitted to the middle ear via the tympanic membrane and ossicles is resisted and reflected back. This study aims to establish normal immittance and acoustic reflex values in adolescents with normal hearing and compare them with those of adolescents experiencing tinnitus. A total of 119 adolescents aged 10 to 19 (61 females, 58 males) participated in the study. Only individuals with normal otoscopic findings were included. Among them, 21 reported unilateral tinnitus complaints. All measurements were conducted using a Maico MI-34 H tympanometer. Immittance evaluations included ear canal volume, compliance, middle ear pressure, and gradient. Acoustic reflex thresholds were measured ipsilaterally and contralaterally for both ears at frequencies ranging from 500 to 4000 Hz. In adolescents without hearing complaints, ipsilateral acoustic reflex thresholds ranged between 90–95 dB, and contralateral thresholds between 95–100 dB. Elevated acoustic reflex thresholds may reflect auditory issues such as tinnitus, aural fullness, or difficulty understanding speech in noisy environments. Statistically significant differences were observed when comparing adolescents with and without tinnitus. For ipsilateral reflex thresholds, significant differences were found in the left ear at 500, 1000, 2000, and 4000 Hz. Contralateral thresholds showed significant differences at 500, 2000, and 4000 Hz in the right ear, and at 2000 Hz in the left ear ($p<0.05$). Mean immittance values were: ear canal volume 0.96 ml, compliance 0.73 ml, middle ear pressure -47 daPa, and gradient 78 daPa.

Keywords: Normal hearing; tinnitus; adolescent; acoustic reflex; immittance measurement.

1. Introduction

According to the definition accepted by ANSI (American National Standards Institute), tympanometry is the process of measuring acoustic immittance in the external ear canal as a function of air pressure in the external ear canal (Özgirgin & Çelik, 2002). Tympanometry evaluates compliance, which refers to the vibration amplitude of the tympanic membrane in response to pressure changes in the external ear canal.

The tympanometry test is performed by connecting a probe to the external ear canal and varying the pressure using a manometer between +200 daPa and -400 daPa. The graph that displays compliance values according to pressure changes in the external ear canal as a result of tympanometry is called a tympanogram (Rosowski & Wilber, 2015).

The horizontal axis of the tympanogram represents the pressure applied to the external auditory canal, while the vertical axis shows the compliance values.

When the initial pressure applied is +200 mm, the tympanic membrane and ossicles are pushed forward, resulting in a loss of mobility. As a result, almost all of the applied sound is reflected back from the membrane due to reduced mobility. In this condition, compliance is at its minimum value, and impedance is at its maximum.

As the pressure applied to the external auditory canal (EAC) is decreased, the mobile structures of the middle ear begin to relax, and an increase in compliance is observed up to a certain point. The compliance value peaks and then decreases again.

The resulting peak indicates that the pressure applied to the EAC is equal to the pressure in the middle ear. If the Eustachian tube is functioning normally, this peak will occur at approximately 0 mm (Rosowski & Wilber, 2015).

The analysis of the tympanogram includes classification based on the presence or absence of a peak, the pressure value at the peak, and the amplitude of the peak. The first study on tympanogram classification was conducted by Liden (1969) and later developed by Jerger et al. (1972) and Liden et al. (1974). Among these, the most widely accepted classification is the modification proposed by Jerger (1970), which remains the most commonly used. This classification is applicable for low-frequency tympanometry, particularly at 226 Hz (Shahnaz et al., 2023).

Tinnitus is the perception of sound in the absence of a corresponding external acoustic stimulus, perceived either continuously or intermittently (Eggermont & Roberts, 2004; Langguth, Kreuzer, Kleinjung, & De Ridder, 2013). It is one of the most common symptoms in otolaryngology and is difficult to evaluate objectively, with its etiology not yet fully understood.

Due to its distressing nature, tinnitus can lead to various health-related problems such as sleep disturbances, lack of concentration, and potentially depression and anxiety. These serious complications can negatively affect quality of life and, in extreme cases, may lead to suicidal thoughts or actions (Mahafza, Zhao, El Refaie, & Chen, 2021). Studies have shown that individuals with tinnitus and normal hearing thresholds often report

difficulty understanding speech, especially in noisy environments, and perform worse on speech-in-noise tests compared to individuals without tinnitus (Huang et al., 2007).

The aim of this study is to evaluate immittance measurements and acoustic reflex tests in adolescents with tinnitus who have normal hearing, and to contribute to and support future research in this field.

2. Method

2.1. Ethical approval:

This study was conducted at the Audiology and Speech Disorders Unit of Turgut Özal University. Ethics committee approval dated 10/02/2016 and numbered 99950669/42 was granted by Turgut Özal University Faculty of Medicine Clinical Research Ethics Committee. Written informed consent was obtained from all participants, and the tests were explained in detail. Audiological tests were administered to the adolescents who agreed to participate in the study.

A total of 119 individuals (mean age: 14.403 ± 3.13), aged between 10 and 19 years, participated in the study. Following the Ear, Nose, and Throat (ENT) examination, participants underwent pure-tone audiometry (Interacoustics AC 40 Audiometer, Assens, Denmark), immittance measurements, and acoustic reflex testing (MAICO MI 34-H Tympanometer, Assens, Germany).

Participants were included in the study if their routine ENT examination was normal, they had no otological problems, and their hearing thresholds were <15 dB HL based on the pure-tone average. Additionally, both air and bone conduction hearing thresholds needed to be within normal limits.

2.2. During immittance measurements

The external ear canal was sealed using a probe selected in accordance with the canal size, and the measurement was conducted automatically. Using a probe tone of 226 Hz at 85 dB SPL, and applying pressure between +200 daPa and –400 daPa, the following parameters were evaluated:

- Ear canal volume
- Compliance
- Middle ear pressure
- Gradient values

2.3. Acoustic reflex measurements

Based on the immittance results, ipsilateral and contralateral acoustic reflexes were examined in individuals with normal (Type A) tympanogram findings, within the frequency range of 500–4000 Hz. Middle ear pressure was considered normal between +50 daPa and –100 daPa. The device performed assessments based on the middle ear pressure obtained from the immittance measurements.

Ipsilateral measurements were taken first, followed by contralateral measurements, and the acoustic reflex threshold levels were determined. Additionally, a reflex decay test was performed contralaterally at 500 Hz.

In this test, a stimulus 10 dB above the acoustic reflex threshold was delivered through headphones for 10 seconds. Reflex decay was classified as **positive** or **negative** based on the response.

2.4. Statistical analysis:

Statistical calculations were performed using SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) for Windows, version 20.0. Descriptive statistics, including means and standard deviations, were calculated. In addition to the **t-test**, the **Kolmogorov-Smirnov (K–S) test** was used to determine whether the distributions of two different groups came from the same population. The resulting *p*-value was compared with the significance level (α), which was set at 0.05 for this analysis.

3. Result

The demographic characteristics of participants are Male participants N:58 Female participants N:61. There were no significant gender differences were detected regarding age variation (p>0.05).

Ipsilateral acoustic reflex thresholds between 500-4000 Hz of adolescents having tinnitus complaints (21 people) and without tinnitus complaints (98 people) are shown in Table 1.

Table 1. *Ipsilateral acoustic reflex measurements of adolescents with and without tinnitus complaints*

	Control group		Experimental group		p value
Ipsilateral	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right 500 Hz	92.60	7.50	95.95	7.84	0.377
Left 500 Hz	91.68	8.15	96.19	4.44	0.014
Right 1000 Hz	93.72	7.29	95.47	9.34	0.556
Left 1000 Hz	94.18	6.40	98.81	2.69	0.000
Right 2000 Hz	93.52	7.39	93.81	9.34	0.400
Left 2000 Hz	93.62	7.62	99.04	3.39	0.000
Right 4000 Hz	93.72	4.20	92.61	6.04	0.079
Left 4000 Hz	92.75	6.13	95.00	0.00	0.000

There is a statistically significant difference in the left ear 500, 1000, 2000 and 4000 Hz ($p < 0.05$) according to the values given in Table 1.

In the comparison of the ipsilateral acoustic reflex threshold between 500 and 4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (21 people) and without tinnitus complaints (98 people).

Contralateral acoustic reflex thresholds between 500-4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (21 people) and without tinnitus complaints (98 people) are shown in Table 2.

***Table 2**. Contralateral acoustic reflex measurements of adolescents with and without tinnitus complaints.*

	Control group		Experimental group		p value
Contrateral	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right 500 Hz	97.24	10.48	104.04	6.04	0.002
Left 500 Hz	96.58	11.54	97.85	11.68	0.625
Right 1000 Hz	97.65	9.92	101.19	8.78	0.274
Left 1000 Hz	96.48	10.94	99.52	9.86	0.217
Right 2000 Hz	98.52	10.43	102.14	7.17	0.049
Left 2000 Hz	98.16	10.33	97.85	13.37	0.044
Right 4000 Hz	101.99	10.64	106.42	5.50	0.002
Left 4000 Hz	101.83	10.11	101.66	12.48	0.653

In the contralateral acoustic reflex threshold comparison between 500-4000 Hz, there is a statistically significant difference in the right ear at 500, 2000 and 4000 Hz and the left ear at 2000 Hz ($p<0.05$) according to the values given in Table 2.

Right and left ear canal volume, compliance, pressure and gradient immittance measurement values of adolescents with (21 people) and without (98 people) complaints of tinnitus are shown in Table 3.

***Table 3.** Immittansmetric measurements of adolescents with and without tinnitus complaints.*

	Control grup		Experimental group		p value
Immitansmetry	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right ear volüme (ml)	0.98	0.51	1.00	0.60	0.687
Left ear volüme (ml)	0.95	0.41	0.89	0.38	0.516
Right compliance (ml)	0.65	0.39	0.56	0.41	0.582
Left compliance (ml)	0.63	0.32	0.48	0.29	0.447
Right pressure (daPa)	-45.55	63.36	-43.71	51.68	0.473
Left pressure (daPa)	-51.27	67.59	-53.66	83.09	0.526
Right gradient (daPa)	84.39	54.31	106.47	72.63	0.132
Left gradient (daPa)	88.65	49.90	112.14	73.40	0.130

According to the values given in Table 3; No statistically significant difference is observed in the immitansmetric values of adolescents with tinnitus complaints (21 people) and without tinnitus complaints (98 people) ($p <0.05$).

The ipsilateral acoustic reflex thresholds between 500 and 4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (8 males) and without tinnitus complaints (50 males) are shown in Table 4.

Table 4. *Ipsilateral acoustic reflex measurements of male adolescents with and without tinnitus complaints.*

	Control grup		Experimental group		p value
Ipsilateral	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right 500 Hz	91.70	7.86	97.59	4.62	0.101
Left 500 Hz	91.70	7.79	97.50	3.77	0.030
Right 1000 Hz	93.90	6.79	100.00	0.00	0.000
Left 1000 Hz	94.40	5.49	100.00	0.00	0.000
Right 2000 Hz	93.60	7.14	96.87	3.72	0.049
Left 2000 Hz	94.00	6.62	99.37	1.76	0.002
Right 4000 Hz	93.30	4.90	93.75	3.53	0.611
Left 4000 Hz	93.50	5.36	95.00	0.00	0.107

According to the values given in Table 4; In the ipsilateral acoustic reflex threshold comparison between 500 and 4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (8 males) and without tinnitus complaints (50 males), a statistically significant difference is observed in the right ear at 1000 and 2000 Hz and the left ear at 500, 1000 and 2000 Hz ($p<0.05$).

Contralateral acoustic reflex thresholds between 500 and 4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (8 males) and without tinnitus complaints (50 males) are shown in Table 5.

Table 5. *Contralateral acoustic reflex measurements of male adolescents with and without tinnitus complaints.*

	Control group		Experimental group		p value
Contrateral	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right 500 Hz	96.50	9.85	104.37	5.63	0.029
Left 500 Hz	94.90	11.53	100.00	6.54	0.047
Right 1000 Hz	95.00	9.36	100.62	4.95	0.060
Left 1000 Hz	94.00	11.01	99.37	7.28	0.114
Right 2000 Hz	97.20	10.45	102.50	7.07	0.099
Left 2000 Hz	96.70	8.89	100.62	10.50	0.352
Right 4000 Hz	102.00	10.49	108.12	2.58	0.006
Left 4000 Hz	101.90	9.52	105.00	5.34	0.049

According to the values given in Table 5; In the contralateral acoustic reflex threshold comparison between 500-4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (8 males) and without tinnitus complaints (50 males), a statistically significant difference is observed in the right and left ear at 500 Hz and the right and left ear at 4000 Hz ($p< 0.05$).

Right and left ear canal volume, compliance, pressure and gradient immittance measurement values of adolescents with tinnitus complaints (8 males) and without tinnitus complaints (50 males) are shown in Table 6.

Table 6. *Immittansmetric measurements of male adolescents with and without tinnitus complaints.*

	Control group		Experimental group		p value
Immitansmetri	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right ear volume (ml)	1.09	0.53	1.43	0.75	0.134
Left ear volume (ml)	1.02	0.34	0.92	0.29	0.401
Right compliance (ml)	0.64	0.30	0.72	0.58	0.000
Left compliance (ml)	0.63	0.26	0.41	0.23	0.636
Right pressure (daPa)	-32.98	48.38	-24.62	20.83	0.329
Left pressure (daPa)	-43.76	66.56	-35.25	29.41	0.294
Right gradient (daPa)	90.94	67.48	119.37	64.31	0.428
Left gradient (daPa)	92.40	57.74	127.37	56.07	0.640

According to the values given in Table 6; The right compliance (ml) values in the immitansmetric values of adolescents with tinnitus complaints (8 males) and without tinnitus complaints (50 males) are statistically significant ($p < 0.05$). The ipsilateral acoustic reflex thresholds between 500 and 4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (13 female) and without tinnitus complaints (48 female) are shown in Table 7.

Table 7. *Ipsilateral acoustic reflex measurements of female adolescents with and without tinnitus complaints.*

	Control group		Experimental group		p value
Ipsilateral	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right 500 Hz	93.54	7.06	95.00	9.35	0.965
Left 500 Hz	91.66	8.58	95.38	4.77	0.100
Right1000 Hz	93.54	7.85	92.69	11.10	0.133
Left 1000 Hz	93.95	7.29	98.07	3.25	0.037
Right 2000 Hz	93.43	7.72	91.92	11.28	0.049
Left 2000 Hz	93.22	8.59	98.84	4.16	0.003
Right 4000 Hz	94.16	3.31	91.92	7.22	0.005
Left 4000 Hz	91.97	6.82	95.00	0.00	0.002

According to the values given in Table 7; In the ipsilateral acoustic reflex threshold comparison between 500 and 4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (13 female) and without tinnitus complaints (48 female), a statistically significant difference is observed in the right ear 2000 and 4000 Hz and the left ear 1000, 2000 and 4000 Hz ($p<0.05$).

Contralateral acoustic reflex thresholds between 500 and 4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (13 female) and without tinnitus complaints (48 female) are shown in Table 8.

Table 8. *Contralateral acoustic reflex measurements of female adolescents with and without tinnitus complaints.*

	Control group		Experimental group		p value
Contralateral	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right 500 Hz	98.02	11.14	103.84	6.50	0.033
Left 500 Hz	98.33	11.40	96.53	14.05	0.391
Right 1000 Hz	100.41	9.83	101.53	10.68	0.589
Left 1000 Hz	99.06	10.34	99.61	11.44	0.728
Right 2000 Hz	99.89	10.33	101.92	7.51	0.374
Left 2000 Hz	99.68	11.55	96.15	15.02	0.121
Right 4000 Hz	101.97	10.90	105.38	6.60	0.080
Left 4000 Hz	101.77	10.79	99.61	15.20	0.162

According to the values given in Table 8; In the comparison of the contralateral acoustic reflex threshold between 500-4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (13 females) and without tinnitus complaints (48 females), a statistically significant difference is observed in the right ear at 500 Hz ($p < 0.05$).

Right and left ear canal volume, compliance, pressure, and gradient immittance measurement values of adolescents with tinnitus complaints (13 female) and without tinnitus complaints (48 female) are shown in Table 9.

Table 9. *Immittansmetric measurements of female adolescents with and without tinnitus complaints.*

	Control group		Experimental group		p value
Immitansmetri	**Mean**	**SD**	**Mean**	**SD**	
Right ear volume (ml)	0.88	0.46	0.73	0.26	0.161
Left ear volume (ml)	0.87	0.45	0.88	0.44	0.747
Right compliance (ml)	0.65	0.46	0.47	0.24	0.182
Left compliance (ml)	0.63	0.39	0.53	0.32	0.412
Right pressure (daPa)	-58.64	74.17	-55.46	61.69	0.678
Left pressure (daPa)	-59.10	68.47	-65.00	103.06	0.111
Right gradient (daPa)	77.58	35.33	98.53	78.75	0.166
Left gradient (daPa)	84.75	40.41	102.76	83.04	0.118

According to the values given in Table 9; No statistical significance was observed in the immitansmetric values of adolescents with tinnitus complaints (13 female) and without tinnitus complaints (48 female) ($p<0.05$).

4. Discussion

Production and measurement standards of acoustic immittance meters are carried out in accordance with ANSI S3.39-1987. Immittance measurements not only show the mechanical effects of the outer and middle

ear, but also show the muscle responses, auditory and facial nerve activities in the middle ear (Katz, 2015). The middle ear system is a system that converts acoustic energy into mechanical energy. In addition to mechanical system evaluation, it enables observation of the current impact on the system (Hamra, et al. 2024). The Ear, Nose and Throat medical examination is absolutely necessary before acoustic immittance measurement. Immitansmetric examination alone has no diagnostic value. A low external ear canal volume indicates that this area is filled with a plug(cerumen) or similar material or that the probe is leaning against a wall in the external ear canal. A very large external ear canal volume also indicates tympanic membrane perforation. Because, due to a perforation in the tympanic membrane, the middle ear and outer ear canal have become a whole. Therefore, the volume will be higher than it is. Acoustic immittance is a general name given to the components of acoustic impedance and acoustic admittance. The term acoustics determines the characteristics of the energy system being measured (Musiek, 1999).

Tığ O. (2022) evaluated the results of wide-band tympanometry in tinnitus patients with normal hearing in his master's thesis. An adult group (18-65 years old) was included in this study, and the results of the study conducted on 80 individuals with wide-band tympanometry were compatible with our study data. In Tığ's study, it was found that the ambient pressure absorbance value at 4000 Hz frequency in the left ear was significantly higher in patients with tinnitus whose ear side variable was right, compared to patients with tinnitus whose ear side was left and bilateral.

Acoustic immittance measurements are made with a tympanometer device. Acoustic immittance measurements are the dynamic measurement of acoustic immittance with functional changes of air pressure in the external auditory canal. The most important reason for tympanometry is to determine the presence and potential cause of middle ear diseases. Tympanometry has been routinely performed in clinics since the 1970s (Shahnaz et al., 2023). There are two important criteria in tympanogram evaluation: The amplitude (compliance) of the tympanometric peak and the pressure value of the peak (middle ear pressure) (Katz, 2015).

For the acoustic reflex to occur; the air conduction, cochlea, auditory nerve, superior oliveri complex and brainstem of the ear to given stimulus, the facial nerve, stapedius nerve, stapes muscle and middle ear of the ear from which the reflex will be received must be normal. When the acoustic reflex occurs, the front part of the base of the stapes ossicle turns laterally and the back part turns medially. Thus, by fixing the stapes base, the sound intensity passing into the middle ear is reduced (Rawool, 2025).

In addition, the gradient value in immitansmetric measurements also provides information about middle ear functions. In some cases, even if the middle ear pressure is within normal limits, a low gradient value suggests an effusion or fluid accumulation in the middle ear.

According to the data in our study, when comparing the right and left ear ipsilateral acoustic reflex thresholds of adolescents with and without any ear complaints, there is a statistically significant difference in the left 1000 Hz and 4000 Hz and the right 4000 Hz ($p<0.05$). High acoustic reflex thresholds were attributed to an effect on the ipsilateral acoustic reflex arc.

In the comparison of the contralateral acoustic reflex threshold between 500-4000 Hz of adolescents with and without any ear complaints, there is a statistically significant difference between the right ear contralateral 4000 Hz and the left ear contralateral 4000 Hz ($p<0.05$). It is thought that this situation is caused by the 7th nerve being affected in the ipsi and contralateral acoustic reflex arc.

There is a statistically significant difference in the right and left compliance (ml) and right and left gradient (daPa) values of adolescents with and without any ear complaints ($p<0.05$). Low right and left compliance values indicate that the movement of the middle ear system is limited. The reason for this is (SOM) Serous otitis media experienced in childhood, antibiotics (drugs) used, etc. linked to problems. Low right and left ear gradient values indicate a tendency for middle ear infection.

In the comparison of the ipsilateral acoustic reflex threshold between 500 and 4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (21 people) and without tinnitus complaints (98 people), there is a statistically significant difference in the left ear at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz ($p <0.05$). It shows that there is a partial effect on the ipsilateral acoustic reflex arc.

In the contralateral acoustic reflex threshold comparison between 500-4000 Hz of adolescents with tinnitus complaints (21 people) and without tinnitus complaints (98 people), there is a statistically significant difference in the right ear at 500, 2000 and 4000 Hz and the left ear at 2000 Hz ($p<0.05$).

No statistically significant difference is observed in the immitansmetric values of adolescents with tinnitus complaints (21 people) and without tinnitus complaints (98 people) ($p<0.05$). The fact that; there is no significant difference between individuals with and without tinnitus in immitansmetric measurements has shown that the source of tinnitus may be the acoustic reflex arc in ipsi and contralateral reflexes.

The right compliance (ml) values in the immitansmetric values of adolescents with tinnitus complaints (8 males) and without tinnitus complaints (50 males) are statistically significant ($p<0.05$).

The difference in only the right compliance value suggests that the middle ear functions are normal and the tinnitus complaint may be of more central origin.

As a result of the immitansmetric examination, it was observed that female individuals were less affected than male individuals. This may be related to the fact that the number of male individuals complaining of tinnitus is lower than female individuals.

Every measurement of auditory function depends on the frequency of the stimulus. The most important reason why hearing sensitivity depends on frequency is that the sound transfer to the middle ear is related to frequency. Immittance, which is related to mass and stiffness, is significantly frequency dependent (Musiek, Rintelman, 1999).

5. Conclusions

As a result, immittance measurement is one of the key tests in audiological examinations. It supports the reliability of the information it provides about the outer and middle ear, as well as the results of other tests such as otoacoustic emissions, brainstem responses, and auditory brainstem response (ABR). For this reason,

immittance testing should be conducted under precise and controlled conditions. We believe that the findings of this study contribute to the existing body of knowledge and may serve as a valuable reference for future research focusing on the adolescent population, a group in which subclinical auditory pathologies may often go undetected with conventional hearing tests alone. Further investigations with larger sample sizes and expanded test batteries are recommended to build upon the insights gained from this research.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this study.

Funding

The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this study.

Authors' Contributions

Conceptualization, formal analysis, anvestigation, project administration, writing – original draft: Şuayb Küçük; *Formal analysis, investigation, writing – review & editing*: Tuğçe Gül Çağlar

Acknowledgements

The authors declare that there are no acknowledgements to disclose.

References

Eggermont, J. J., & Roberts, L. E. (2004). The neuroscience of tinnitus. Trends in Neurosciences, 27(11), 676–682. https://doi.org/10.1016/j.tins.2004.08.010

Hamra, M., Tetin-Schneider, S., Shinnawi, S., Cohen Vaizer, M., & Yelin, D. (2024). Measuring the Acoustic Reflex through the Tympanic Membrane. *Audiology & neuro-otology*, *29*(6), 438–449. https://doi.org/10.1159/000538703

Huang, C.-Y., Lee, H.-H., Chung, K.-C., Chen, H.-C., Shen, Y.-J., & Wu, J.-L. (2007). Relationships among speech perception, self-rated tinnitus loudness and disability in tinnitus patients with normal pure-tone thresholds of hearing. *ORL,* 69(1), 25–29. https://doi.org/10.1159/000096713

Jerger J. (1970). Clinical experience with impedance audiometry. *Archives of otolaryngology,* 92(4), 311–324. https://doi.org/10.1001/archotol.1970.04310040005002

Jerger, J., Jerger, S., & Mauldin, L. (1972). Studies in impedance audiometry. I. Normal and sensorineural ears. *Archives of Otolaryngology,* 96(6), 513–523.

Katz, J. (2015). *Handbook of clinical audiology* (5th ed., pp. 159–175). Williams & Wilkins.

Langguth, B., Kreuzer, P. M., Kleinjung, T., & De Ridder, D. (2013). Tinnitus: causes and clinical management. *The Lancet. Neurology*, *12*(9), 920–930. https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70160-1

Mahafza, N., Zhao, F., El Refaie, A., & Chen, F. (2021). A comparison of the severity of tinnitus in patients with and without hearing loss using the Tinnitus Functional Index (TFI). *International Journal of Audiology,* 60(3), 220–226. https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1804081

Musiek, F. E., & Rintelmann, W. F. (1999). *Contemporary perspectives in hearing assessment.* Allyn and Bacon.

Özgirgin, N., & Çelik, O. (2002). Otoskleroz. In C. Turgut (Ed.), *Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi* (Cilt 1, Bölüm 12, ss. 217–230). Turgut Yayıncılık.

Rawool V. W. (2025). Auditory rate-induced facilitation of acoustic reflex thresholds in younger and middle-aged adults. *International journal of audiology*, 1–9. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/14992027.2025.2512212

Rosowski, J. J., & Wilber, L. A. (2015). Acoustic Immittance, Absorbance, and Reflectance in the Human Ear Canal. *Seminars in hearing*, *36*(1), 11–28. https://doi.org/10.1055/s-0034-1396924

Shahnaz, N., AlMakadma, H., & Sanford, C. A. (2023). The Rise and Fall of Aural Acoustic Immittance Assessment Tools. *Seminars in hearing,* 44(1), 5–16. https://doi.org/10.1055/s-0043-1764139

Tığ, O. (2022). *Normal işitmeye sahip tinnituslu hastalarda geniş bant timpanometri sonuçlarının değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi).

GLOHEALTH JOURNAL

ARASTIRMA MAKALESI

Makale Geliş Tarihi: 11.11.2025 Makale Kabul Tarihi: 16.12.2025 DOI: 10.5281/zenodo.18049549

Atıf Bilgisi: Özdemir, V., Torun, İ. N., & Ünüvar, B. S. (2025). Dix-Hallpike manevrası üzerine yazılan makalelerin bibliyometrik analizi. *Glohealth Journal*, 1(2), 73–84.

Dix-Hallpike Manevrası Üzerine Yazılan Makalelerin Bibliyometrik Analizi

Bibliometric Analysis of Articles on the Dix-Hallpike Maneuver

Vildan Özdemir[1], İrem Nur Torun[2*] Bayram Sönmez Ünüvar[3],

[1] KTO Karatay Üniversitesi, vildanozdemir42@gmail.com, 0009-0001-6619-5539
[2] KTO Karatay Üniversitesi, iremnurtorun2@gmail.com, 0009-0004-6618-6124
[3] KTO Karatay Üniversitesi, bayram.sonmez.unuvar@karatay.edu.tr , 0000-0003-2095-3645
* Sorumlu yazar: İrem Nur Torun, iremnurtorun2@gmail.com

Özet

Amaç: Bu çalışmada, Dix-Hallpike ile ilgili makalelerin bibliyometrik analiz yolu ile incelenmesi amaçlanmaktadır. Gereç ve Yöntemler: Bu araştırma, 1994–2025 yılları arasında Web of Science veri tabanında yayımlanan Dix-Hallpike manevrası ile ilgili yayınları kapsamaktadır. Bibliyometrik inceleme için [başlık: ("Dix-Hallpike")] parametresi kullanılarak arama gerçekleştirilmiş ve toplam 582 çalışma analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, R programı aracılığı ile geliştirilen "bibliometrix 3.0" paketi ve "biblioshiny" web arayüzü kullanılarak değerlendirilmiştir. Analiz kapsamında yıllara göre bilimsel üretim, makale türleri, en çok yayın yapan yazarlar, en çok kullanılan anahtar kelime dağılımları, önde gelen araştırma kurumları, en üretken dergiler, ülkeler ve en fazla atıf alan çalışmalar incelenmiştir. Bulgular: Analiz sonuçlarında Dix-Hallpike ile ilgili çalışmaların son yıllarda arttığı görülmüştür. Otology\& Neurotology, Indian Journal of Otolaryngology and Head \& Neck Surgery bu konuda en çok çalışmaya yer veren dergi olarak belirlenmiştir. Cohen, Imai ve Yang en üretken yazarlar arasında öne çıkmaktadır. Baylor Tıp Koleji en fazla çalışma yapılan üniversiteler arasında ilk sıralarda gelmektedir. Anahtar kelimeler analiz edildiğinde önde gelen kelimeler arasında "parosismal pozisyonel vertigo", "yönetim" "nistagmus", "baş dönmesi" ve "manevra" terimleri görülmüştür. En çok çalışma yapılan ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri önde gelmektedir, Türkiye 124 çalışma ile dikkat çekmektedir. Bhattacharyya'nın 2017'de yayınlanan çalışması en çok atıf alan çalışma olarak belirlenmiştir. Sonuç: Dix-Hallpike manevrasının bilimsel literatürde önemli bir yer edindiği ve bu konuda yapılan araştırmaların giderek arttığı görülmektedir. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmaların, manevranın etkinliğini daha kapsamlı biçimde ele alması ve farklı hasta gruplarındaki uygulanabilirliğini değerlendirmesi önerilmektedir. Ayrıca, uluslararası düzeyde iş birliklerinin güçlendirilmesi ve bilimsel ağların genişletilmesi, Dix-Hallpike üzerine yürütülen araştırmaların niteliğini ve etkisini artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Dix-Hallpike; bibliyometrik; manevra; vertigo.

Abstract

Objective: The aim of this study is to examine the articles related to the Dix-Hallpike maneuver through bibliometric analysis. Materials and Methods: This research encompasses publications on the Dix-Hallpike maneuver indexed in the Web of Science database between 1994 and 2025. For the bibliometric analysis, a search was conducted using the parameter [title: ("Dix-Hallpike")], resulting in a total of 582 studies being analyzed. The obtained data were evaluated using the "bibliometrix 3.0" package and the "biblioshiny" web interface developed for the R programming environment. The analysis included scientific productivity by year, types of publications, the most prolific authors, distribution of the most frequently used keywords, leading research institutions, the most productive journals, contributing countries, and the most highly cited studies. Results: The analysis revealed an increasing trend in publications related to the Dix-Hallpike maneuver in recent years. Otology & Neurotology and the Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery were identified as the journals publishing the highest number of studies on this topic. Among the most productive authors were Cohen, Imai, and Yang, while Baylor College of Medicine ranked among the top institutions with the highest number of publications. Keyword analysis showed that "paroxysmal positional vertigo," "management," "nystagmus," "dizziness," and "maneuver" were among the most frequently used terms. The United States was the leading country in terms of publication output, while Turkey stood out with 124 studies. Bhattacharyya's 2017 publication was identified as the most cited work. Conclusion: The Dix-Hallpike maneuver has gained a significant place in the scientific literature, with a noticeable increase in research activity over the years. Future studies are recommended to investigate the effectiveness of the maneuver in a more comprehensive manner and to evaluate its applicability across different patient populations. Furthermore, strengthening international collaborations and expanding scientific networks are expected to enhance the quality and impact of research conducted on the Dix-Hallpike maneuver.

Keywords: Dix-Hallpike; bibliometric; maneuver; vertigo.

1. Giriş

Vertigo, değerlendirilmesi ve tedavisi zor olabilen yaygın bir semptomdur. İyi huylu olandan potansiyel olarak yaşamı tehdit edene kadar çeşitli patofizyolojilerden kaynaklanabilir. Önce ciddi nedenler dikkate alınmalı ve elenmelidir. Bu nedenleri ayırt etmek ayrıntılı bir tıbbi öykü, kapsamlı bir nörolojik muayene ve endike olduğunda bilgisayarlı tomografi taraması veya manyetik rezonans görüntüleme gibi görüntüleme gerektirir (Talmud ve ark. 2023). Benign pozisyonel paroksismal vertigo (BPPV), baş dönmesi veya vertigoya neden olan en yaygın iç kulak rahatsızlıkları arasındadır (Giannoni ve ark. 2023, Nguyen ve ark. 2024, Talmud ve ark. 2023, Wu ve ark. 2022). Yatma, kalkma, yatakta dönme gibi genellikle başın veya vücudun dikey veya yatay hareketleriyle ortaya çıkan ve tekrarlayan akut vertigo krizleri ile karakterizedir (Albera ve ark. 2025, Giannoni ve ark. 2023). Baş pozisyonu ile meydana gelen kısa rotasyonel vertigo atakları ile ayırt edilir (Karababa ve ark. 2025). Dix-Hallpike manevrası, BPPV tanısı için altın standart test görevi görür. Uygun şekilde kullanıldığında posterior kanal BPPV tanısını doğrulayabilir ve hastalara genellikle anında rahatlama sağlayan yatak başı manevra uygulamalarını sağlar (Talmud ve ark. 2023).

Dix-Hallpike manevrasının klinik uygulamalarda yaygın biçimde kullanılmaya başlaması, BPPV'nin fizyopatolojisi, klinik seyri, tanısal doğruluğu ve manevranın çeşitli uygulama biçimlerine ilişkin araştırmaların artmasına zemin hazırlamıştır. Bu alandaki yayın hacminin giderek genişlemesi, konuya yönelik bilimsel üretimin zaman içindeki yönünü, iş birliği modellerini, ülke ve kurumların katkı düzeylerini ve öne çıkan araştırma temalarını kapsamlı bir biçimde incelemeyi önemli hâle getirmektedir (Özmen ve Ünüvar, 2025). Hastanın öyküsü BPPV ile uyumluysa Dix-Hallpike manevrası tercih edilen tanı testidir (Talmud ve ark. 2023). Bu bağlamda bibliyometrik analiz, belirli bir konu üzerine yapılmış çalışmaları nicel olarak değerlendirerek alanın mevcut konumunu, gelişim eğilimlerini ve gelecekte araştırılmaya açık noktaları ortaya koyan etkili bir yöntem sunmaktadır. Yayın sayılarının yanı sıra atıf ilişkilerini, araştırmacılar arasındaki iş birliği ağlarını ve tematik dağılımları analiz etmesi, bibliyometrik yaklaşımı literatürün bütüncül değerlendirilmesi için değerli kılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Dix-Hallpike manevrasına yönelik bilimsel literatür bibliyometrik yöntemlerle incelenerek alanın genel yapısının tanımlanması, öne çıkan ülkeler, kurumlar ve araştırmacıların belirlenmesi, atıf örüntülerinin değerlendirilmesi ve gelecekte yapılacak çalışmalar açısından yol gösterici olabilecek eğilimlerin ortaya konulması hedeflenmiştir (Özmen ve Ünüvar, 2025).Bu çalışmanın amacı pozisyonel manevraların en çok kullanılan testi Dix-Hallpike manevrasının bibliyometrik analizini yapmaktır.

2. Yöntem

Araştırma, seçilen veri tabanındaki verilerin doküman analizi yöntemleriyle incelenmesine dayalı tanımlayıcı bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Konuya ilişkin en nitelikli verilere ulaşmak amacıyla, akademik açıdan güvenilir ve uluslararası düzeyde kabul görmüş bir veritabanı tercih edilmiştir. Bu kapsamda, çalışmada kullanılan veriler Web of Science (WoS) Core Collection veritabanından elde edilmiştir. Yapılan ayrıntılı

tarama sonucunda 582 makale belirlenmiş ve bu makaleler bibliyometrik yöntemlerle kapsamlı biçimde analiz edilmiştir.

Etik Onay: Çalışmada kullanılan veriler WoS veritabanından sağlandığından, ayrıca etik kurul onayı alınmasına gerek duyulmamıştır.

Veri Analizi: Veriler, bibliometrix ile MS Excel (Microsoft, ABD) kullanılarak incelenmiştir. Veritabanı seçildikten sonra, ilgili makalelerin titizlikle filtrelenmesi ve ayıklanması sağlanmıştır. Güvenilir ve doğru bir veri analizi yapmak amacıyla WoS veritabanında [başlık: ("Dix-Hallpike")] parametresiyle arama yapılmış; zaman aralığı 1994–2025, dizinler ise Science Citation Index-Expanded ve Social Sciences Citation Index olarak belirlenmiştir. Bu arama sonucunda, Dix-Hallpike manevrasına yönelik bibliyometrik analiz açısından uygun makaleler belirlenmiştir. Çalışmaya başlık, özet veya anahtar kelimelerinde "Dix-Hallpike" teriminin yer aldığı yayınlar seçilmiştir. Yalnızca İngilizce dilinde yayınlanmış makaleler analiz kapsamına alınmıştır. Yayın türü olarak orijinal araştırma makaleleri, klinik çalışmalar, sistematik derlemeler ve metaanalizler çalışmaya dahil edilmiştir. Bibliyometrik değerlendirme yapılmasına olanak sağlamayan, gerekli bibliyografik bilgileri eksik olan yayınlar; veri tekrarına neden olabilecek yinelenen kayıtlar ile önceden belirlenen yayın yılı aralığı dışında kalan çalışmalar analiz kapsamı dışında tutulmuştur. Ayrıca yayın türü açısından bibliyometrik analiz için uygunluk göstermeyen editöre mektuplar, kongre özetleri ve benzeri kısa süreli yayınlar çalışmaya dahil edilmemiştir. Veritabanına erişim tarihi 30 Eylül 2025 olarak kaydedilmiştir. Filtreleme sürecinin tamamlanmasının ardından, seçilen makaleler bibliyometrik analiz için değerlendirilmiştir. Bu aşamada içerik analizi, R ortamında geliştirilmiş "bibliometrix 3.0 (GNU General Public License, Yeni Zelanda)" programı ve web tabanlı arayüzü "biblioshiny (GNU General Public License, Yeni Zelanda)" aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Yıllık Bilimsel Üretim: Her yıl yayımlanan makale sayıları grafiksel olarak gösterilmiş ve zaman içerisindeki yayın eğilimleri analiz edilmiştir.

Makale Türleri ve Sayıları: Yayın türlerinin dağılımını incelemek amacıyla makaleler; özgün araştırma, derleme, olgu sunumu ve editoryal olarak kategorilere ayrılmıştır

En Verimli Yazarlar: Yazarlık analizi, Dix-Hallpike ile ilgili literatüre en çok katkı sağlayan araştırmacıların tespitine yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelime Analizi: Makalelerde kullanılan anahtar kelimeler, literatürde öne çıkan başlıca temaları ve araştırma odaklarını ortaya koymak için incelenmiştir.

Kurumsal Katkılar: Çalışmaya katkı sağlayan kurumlar tespit edilmiş ve yayımladıkları makale sayısına göre derecelendirilmiştir.

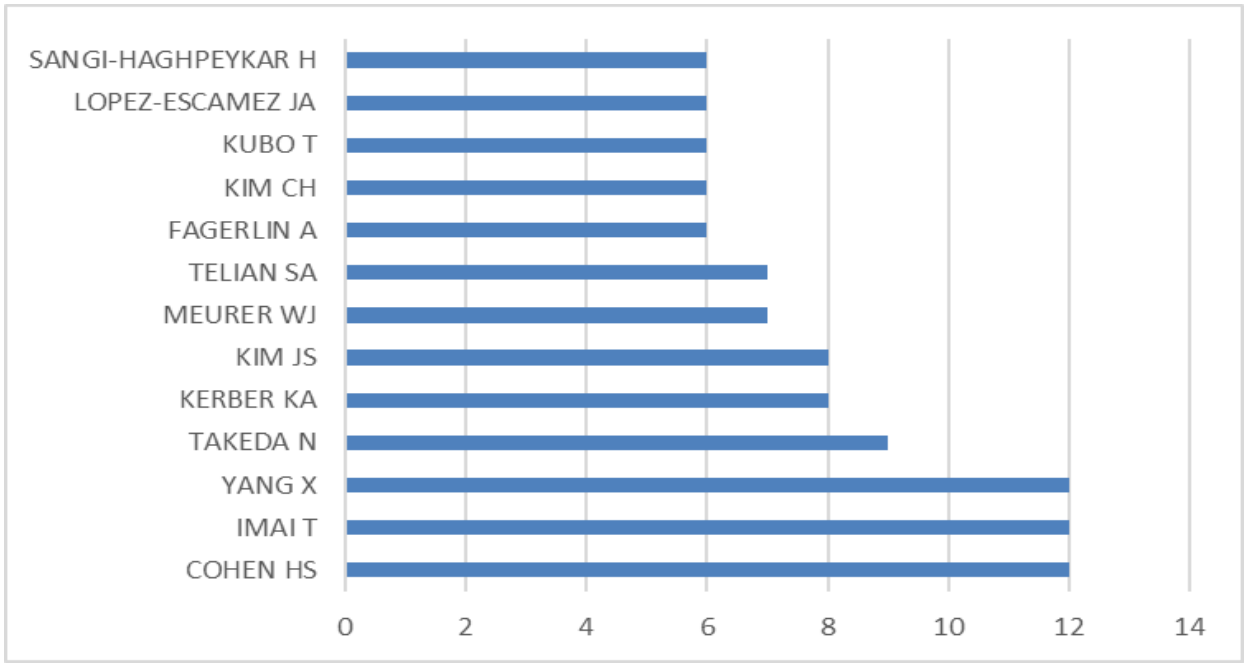
Dergi Analizi: Dix-Hallpike konusunda yayın yapan dergiler değerlendirilmiş ve araştırma sonuçlarının en fazla paylaşıldığı yayın platformları ortaya konmuştur.

Coğrafi Dağılım: Dix-Hallpike araştırmalarına ait yayınların farklı ülkelerdeki dağılımları analiz edilerek, bu alanda en yoğun bilimsel faaliyet gösteren bölgeler tespit edilmiştir.

Atıf Analizi: Alandaki etkilerini ve katkılarını incelemek için en fazla atıf alan makaleler saptanmıştır.

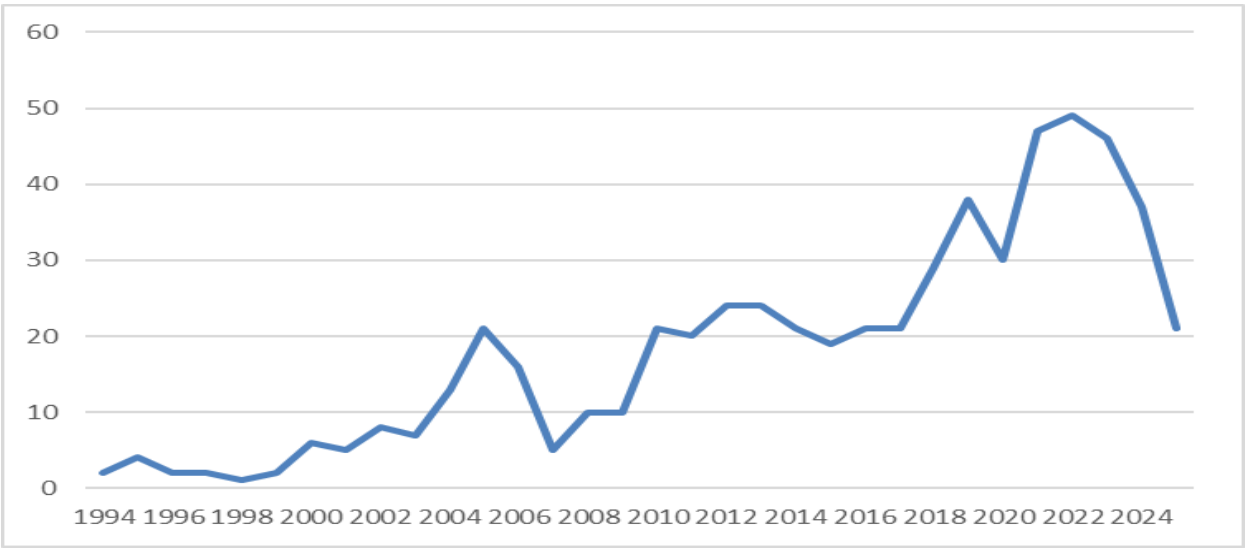
3. Bulgular

Yazarların üretkenliğine bakıldığında en üretken olanlar Cohen HS, Imai T ve Yang X'tir; her birinin 12 makalesi bulunmaktadır. Takeda N 9 makale, Kerber KA ve Kim JS her biri 8 makale ile bunları takip etmektedir. Bu yazarlar Dix-Hallpike konusunda literatüre önemli katkılar sağlamıştır. (Şekil 1)



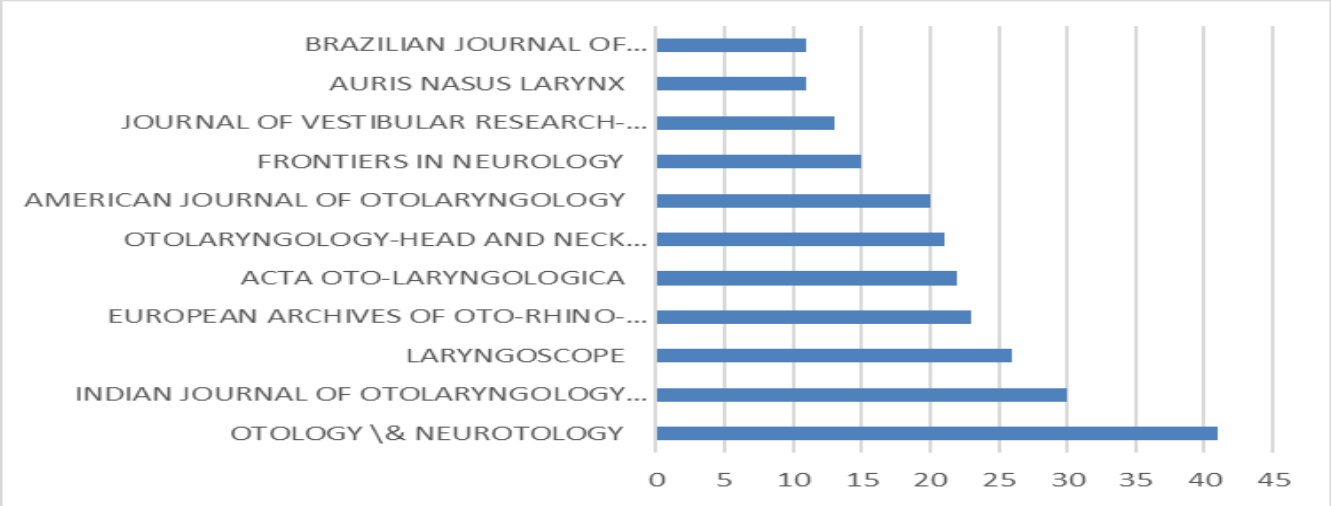
Şekil 1. *En İlgili Yazarlar*

Bibliyometrik analizde Dix-Hallpike ile ilgili toplam 582 makale incelenmiştir. Yayınların yıllara göre dağılımına bakıldığında özellikle 2016 sonrasında belirgin bir artış görülmektedir. En fazla yayın 2022'de 49 makale ile yapılmış, bunu 2021'de 47 ve 2023'te 46 makale izlemiştir. Bu eğilim, son yıllarda alana yönelik yoğunlaşan bir ilgi ve araştırma faaliyetlerinin arttığını ortaya koymaktadır. (Şekil 2)



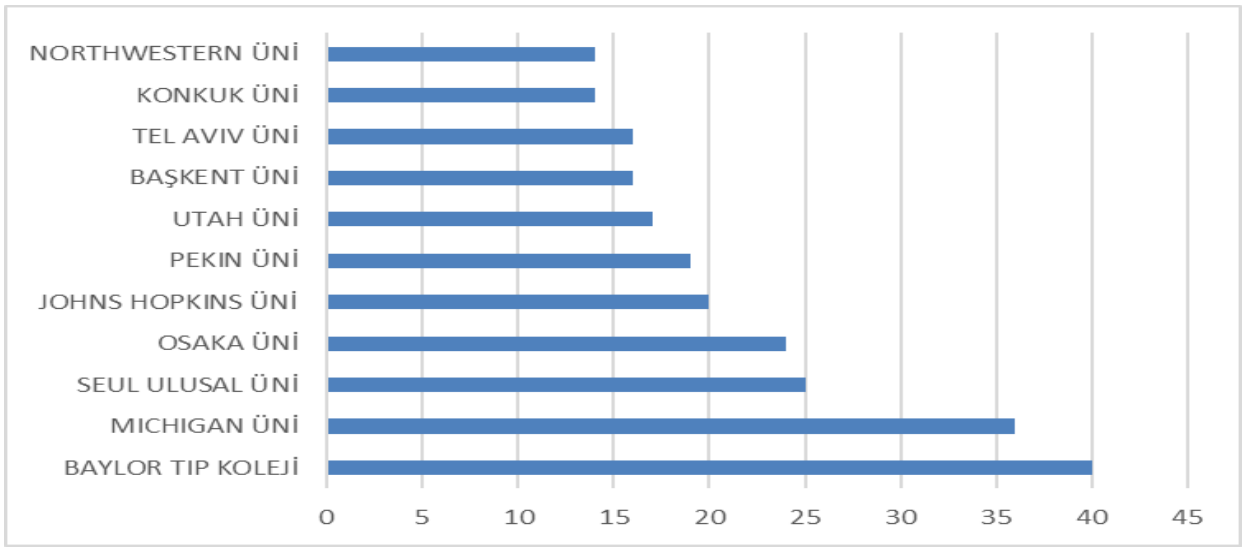
Şekil 2. *Yıllık Bilimsel Üretim*

Bibliyometrik inceleme sonucunda, Dix-Hallpike ile ilgili çalışmaların en sık yayımlandığı dergilerin başında Otology & Neurotology gelmektedir. Yaklaşık 41 makale ile bu dergi, alandaki araştırmaların en yoğun şekilde paylaşıldığı platform olarak öne çıkmaktadır. Bunu, Indian Journal of Otolaryngology 30 ve Laryngoscope dergisi 26 yayınla takip etmektedir. Ayrıca European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, Acta Oto-Laryngologica ve Otolaryngology–Head and Neck Surgery dergilerinde de 20 civarında makale yayımlandığı görülmektedir. Bu dağılım, konunun özellikle kulak burun boğaz, otoloji ve nöro-otoloji odaklı dergilerde daha fazla yer bulduğunu göstermektedir. (Şekil 3)



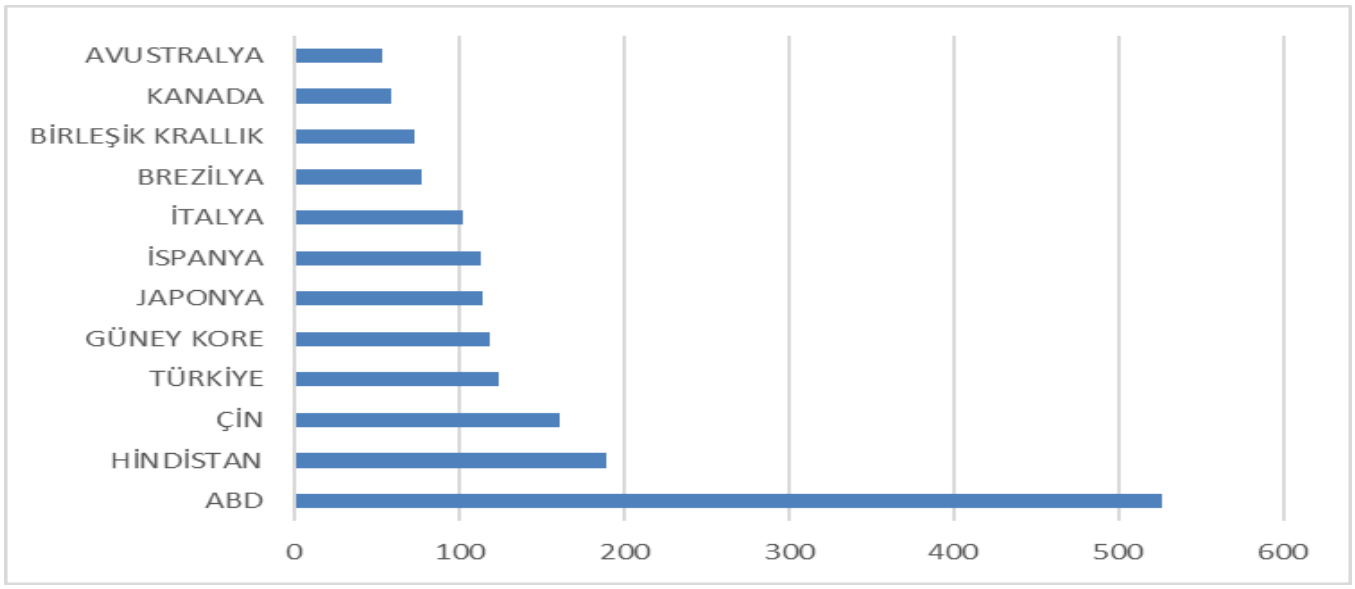
Şekil 3. *En İlgili Kaynaklar*

En çok katkı sağlayan üniversiteler incelendiğinde Baylor Tıp Koleji 40 makale, Michigan Üniversitesi 36 makale, Seul Ulusal Üniversitesi 25 makale, Osaka Üniversitesi 24 makale ile yer almaktadır. Bu kurumların Dix-Hallpike ile ilgili önemli katkılarda bulunduğu görülmüştür. (Şekil 4)



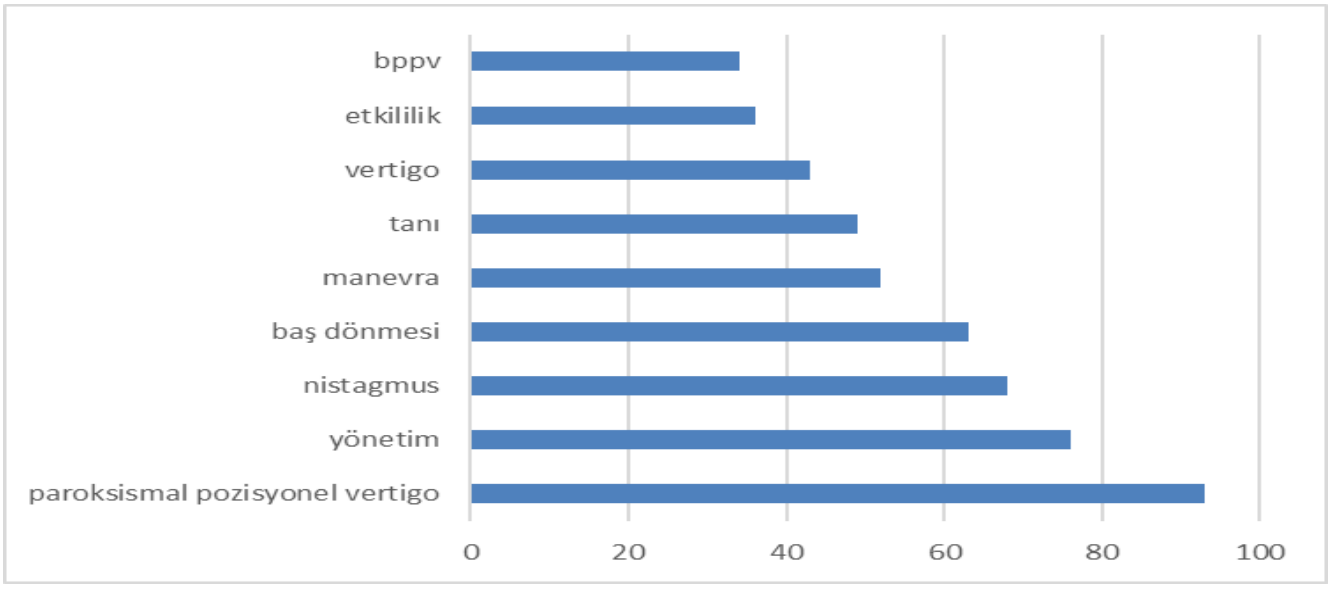
Şekil 4. *En İlgili Kurumlar*

İncelenen 582 makalenin ülkelere göre dağılımı incelendiğinde, ABD'nin 527 katkı ile araştırma alanında belirgin bir ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. Hindistan (189), Çin (161), Türkiye (124) ve Güney Kore (118) de yüksek katkı sunan diğer ülkeler arasında yer almaktadır. Buradaki değerler, makalelerde yer alan yazarların bağlı bulunduğu ülkeleri ifade etmekte olup, uluslararası ortak yazarlıkların fazla olması nedeniyle toplam katkı sayısı incelenen makale sayısını aşmaktadır. (Şekil 5)



Şekil 5. *Ülke Bilimsel Üretimi*

Kullanılan anahtar kelimeler incelendiğinde "paroksismal pozisyonel vertigo" 93 kez, "yönetim" 76 kez, "nistagmus" 68 kez, "baş dönmesi" 63 kez, "manevra" 52 kez kullanıldığı görülmüştür. Bu anahtar kelimeler, alandaki çalışmaların öne çıkan temalarını ve araştırmaların odaklandığı başlıca konuları ortaya koymaktadır. (Şekil 6)

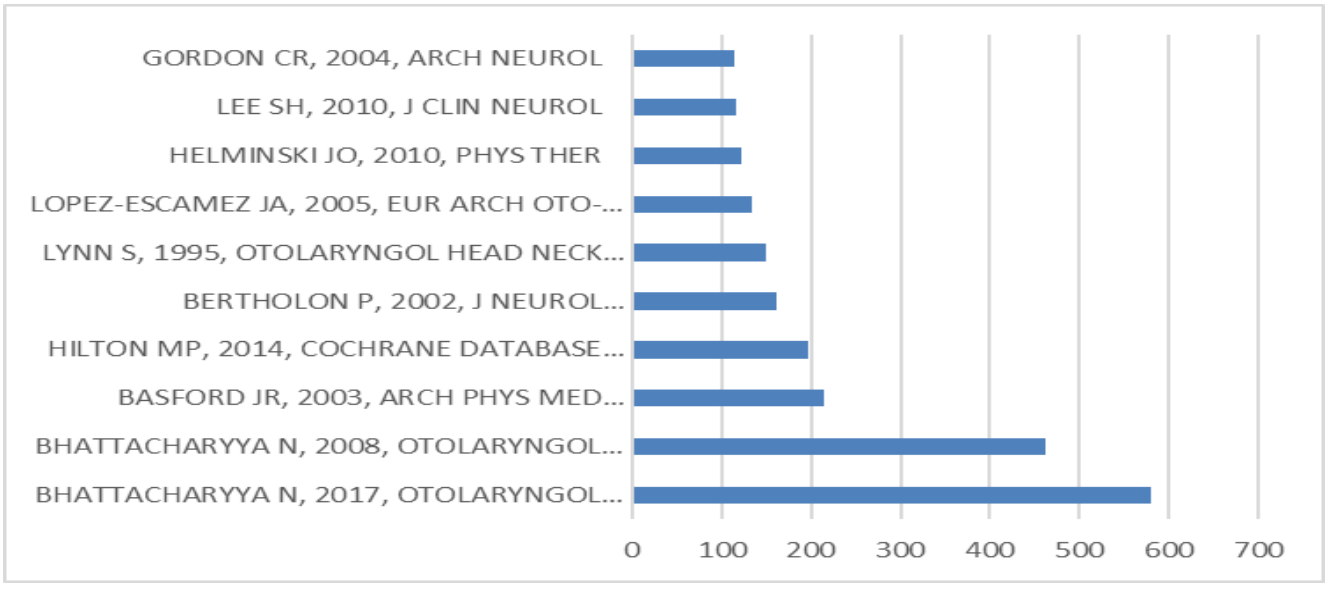


Şekil 6. *En İlgili Kelimeler*



Şekil 7. *En Fazla Kullanılan Anahtar Kelimeler*

En çok atıf yapılan çalışmalar arasında Bhattacharyya'nın 579 atıf alan 2017' de yapılan çalışması ve 462 atıf alan 2008'de yapılan çalışması yer almaktadır. Ardından 214 atıfla Basford, 196 atıfla Hilton ve 161 atıfla Bertholon'un çalışması gelmektedir. (Şekil 8)



Şekil 8. *En Çok Atıf Yapılan Çalışmalar*

En çok atıf yapılan çalışmalar arasında Bhattacharyya'nın 579 atıf alan 2017' de yapılan çalışması ve 462 atıf alan 2008'de yapılan çalışması yer almaktadır. Ardından 214 atıfla Basford, 196 atıfla Hilton ve 161 atıfla Bertholon'un çalışması gelmektedir. (Şekil 8)

4. Tartışma

Bibliyometrik analizler, belirli bir alandaki bilimsel literatürün gelişim sürecini ve araştırma eğilimlerini ortaya koymada etkili bir yöntemdir. Bu tür analizler; yayınların yıllara göre dağılımını, alanda öne çıkan araştırmacıları, sık kullanılan anahtar kelimeleri ve yüksek atıf alan çalışmaları belirlemeye imkân tanır. Bu sayede, ilgili araştırma alanının mevcut durumunun ve geleceğe yönelik yönelimlerinin daha net biçimde anlaşılması sağlanır. Bu araştırmadan elde edilen bulgular, yayın sayısındaki artış eğilimini, yazar üretkenliği modelini, makalelerin dağılımını ve önde gelen dergilerin bilimsel katkı düzeyini yansıtmaktadır. Analizlerde veri kaynağı olarak Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılmıştır.

Bu bibliyometrik çalışma, Dix-Hallpike manevrası üzerine yapılan çalışmaların genel eğilimlerini, üretkenlik düzeylerini ve alandaki temel araştırma dinamiklerini kapsamlı biçimde ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, bu manevranın literatürde önemli bir yere sahip olduğunu ve zaman içinde bu konuya olan ilginin arttığını göstermektedir.

Analiz sonuçlarına göre, Dix-Hallpike manevrası ile ilgili çalışmaların sayısı yıllar içerisinde önemli bir artış göstermiştir. Özellikle 2018 sonrasında gözlenen bu yükseliş, vestibüler sistem bozukluklarının tanı ve tedavisine yönelik artan klinik farkındalıkla ilişkilendirilebilir. Ayrıca, teknolojik gelişmelerin ve tanısal yöntemlerdeki ilerlemelerin de bu artışı desteklediği düşünülmektedir (Ribeiro 2016, Zuma 2016, Bhattacharyya 2017, Edlow 2018, Jeon 2019, Power 2020, Zheng 2021, Imai 2022, Hizal 2022, Palmeri 2022, Talmud 2023, Nguyen 2024, Oh 2025).

Yazar analizinde, bu alanda öne çıkan bazı araştırmacıların literatüre yüksek sayıda katkı yaptığı belirlenmiştir. Cohen, Imai ve Yang 12'şer makale ile literatüre önemli katkıda bulunmuşlardır. Bu durum, bireysel bilimsel katkıların alanın gelişiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Cohen 2024, Imai 2023, Zheng 2021).

Yayınların en fazla yer aldığı dergilerin genellikle otoloji, nörootoloji üzerine odaklanan akademik platformlar olduğu saptanmıştır. Bu dergiler, Dix-Hallpike manevrası ile ilgili bilgilerin yayılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bu dergilerde yayımlanan makalelerin yüksek atıf sayısına ulaşması hem dergilerin hem de ilgili araştırma konusunun görünürlüğünü artırmaktadır.

Kurum bazlı analizde, Baylor Tıp Koleji 40 makale ve Michigan Üniversitesi 36 makale ile üniversitelerin alandaki üretkenliğinin ön plana çıktığı görülmüştür. Türkiye'deki üniversitelerden Başkent Üniversitesi 16 makale, Bozok Üniversitesi 9 makale, İstanbul Medipol Üniversitesi, Karabük Üniversitesi ve Mustafa Kemal Üniversitesi 7 makale ile dikkat çekmektedir. Bu kurumlar, araştırma altyapısı, klinik kapasitesi ve uluslararası iş birlikleri sayesinde yüksek düzeyde katkı sağlamaktadır. Bu durum, güçlü araştırma ortamlarının bilimsel üretkenlik üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir.

Ülkeler bazında yapılan değerlendirmede, her ne kadar 582 makale analiz edilmiş olsa da, ülke katkı sayılarının bu değerin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu artışın temel nedeni, çok yazarlı ve çok uluslu çalışmaların tek bir yayında birden fazla ülkenin temsil edilmesine olanak tanımasıdır. Farklı ülkelere bağlı araştırmacıların aynı makalede yer alması, toplam ülke frekansının doğal olarak makale sayısını aşmasına yol

açmaktadır. Bu çerçevede, Amerika Birleşik Devletleri'nin 527 katkı ile alanda en fazla temsil edilen ülke olduğu, onu Hindistan, Çin ve Türkiye gibi diğer yüksek katkı sunan ülkelerin izlediği anlaşılmaktadır. Bu ülkelerde gözlenen yüksek üretkenlik; araştırma finansmanının erişilebilirliği, büyük ölçekli klinik merkezlerinin bulunması ve disiplinler arası iş birliğinin desteklenmesi gibi faktörlerle ilişkilendirilebilir. Öte yandan, gelişmekte olan ülkelerde katkı sayılarının sınırlı düzeyde kalması, araştırma faaliyetlerinin küresel ölçekte daha dengeli bir dağılıma ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Anahtar kelime analizinde, "paroksismal pozisyonel vertigo", "yönetim", "nistagmus", "baş dönmesi" ve "manevra" gibi kavramların sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. Bu bulgu, araştırmaların tanı, tedavi ve rehabilitasyon konularına odaklandığını göstermektedir.

Atıf analizinde öne çıkan çalışmaların çoğunun, Dix-Hallpike manevrasının tanısal geçerliliğini ve klinik güvenilirliğini inceleyen araştırmalar olduğu görülmüştür. Bu yüksek atıf alan yayınlar, klinik uygulamaların standartlaşmasına ve eğitim materyallerinin oluşturulmasına katkı sağlamıştır (Bhattacharyya 2017, Bhattacharyya 2008, Basford 2003, Hilton 2014, Bertholon 2002).

Bu çalışmada bibliyometrik analizlerin gerçekleştirilmesi için Bibliometrix yazılımı kullanılmıştır. Bibliometrix, R programlama dili ile geliştirilen, mantıksal bir iş akışına dayalı istatistiksel analizler yapabilen ve aynı zamanda çeşitli grafiksel çıktılar oluşturabilen bir araçtır. R dili; nesne yönelimli, fonksiyonel ve oldukça genişletilebilir yapısıyla, kullanıcıların analiz süreçlerini otomatikleştirmesine ve özel fonksiyonlar tanımlamasına olanak sağlamaktadır. Bibliometrix'in açık kaynaklı ve modüler yapısı, diğer R paketleriyle entegrasyonunu kolaylaştırmakta ve kullanıcıya esneklik kazandırmaktadır. Bu özellikleri sayesinde, Bibliometrix bilimsel verilerin sistematik olarak analiz edilmesi ve görselleştirilmesinde önemli bir araştırma aracı olarak öne çıkmaktadır (Özmen ve Ünüvar 2025). Ayrıca, temel bibliyometrik yöntemlerin tamamını içermesi ve bilimsel haritalama teknikleriyle uyumlu çalışması, bu yazılımın akademik araştırmalarda giderek daha yaygın biçimde kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Literatürde benzer çalışmaların da bu aracı kullanarak başarılı sonuçlar elde etmiş olması, mevcut araştırmamızda Bibliometrix'in tercih edilmesinde etkili olmuştur.

Bu araştırma, 30 Eylül 2025 tarihine kadar WoS veri tabanında yayımlanmış makaleler ve bu yayınlarda yer alan anahtar kelimelerle sınırlandırılmıştır.

Çalışmanın Limitasyonları

Bu çalışmanın sınırlılıkları arasında, sadece Web of Science veri tabanından elde edilen makalelerin incelenmiş olması ve yalnızca İngilizce yazılmış makalelerin dahil edilmesi yer almaktadır. Ayrıca, bibliyometrik analiz yönteminin sınırlamaları nedeniyle, çalışmanın sonuçları genel eğilimleri yansıtmakta olup, daha derinlemesine analizler için ek araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

5. Sonuç

Genel olarak, Dix-Hallpike manevrasına yönelik araştırmaların sayısında istikrarlı bir artış olduğu, ancak üretkenliğin coğrafi olarak eşit dağılmadığı tespit edilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmaların, farklı hasta

gruplarını, yaş aralıklarını ve kültürel farklılıkları kapsayacak şekilde genişletilmesi önerilmektedir. Ayrıca, uluslararası araştırma ağlarının güçlendirilmesi, ortak veri tabanlarının oluşturulması ve açık erişimli yayınların teşvik edilmesi, bu alandaki bilimsel bilgi birikiminin niteliğini ve erişilebilirliğini artıracaktır.

Sonuç olarak, bu bibliyometrik analiz, Dix-Hallpike manevrası konusundaki araştırma eğilimlerine kapsamlı bir bakış sunmakta ve gelecekteki bilimsel çalışmalara yön verebilecek veriler sağlamaktadır. Artan yayın ilgisi, manevranın klinik öneminin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlarken disiplinler arası iş birliklerinin geliştirilmesi, alanın bilimsel etkisini daha da güçlendirecektir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar ile bilimsel veya tıbbi komite üyelerinin aile bireyleri ya da potansiyel çıkar çatışması oluşturabilecek kişiler arasında; danışmanlık, uzmanlık, çalışma koşulları, hisse sahipliği veya benzeri konularla ilgili herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Destek

Bu çalışma kapsamında, araştırma konusu ile doğrudan ilişkili herhangi bir ilaç firmasından veya çalışmanın değerlendirme sürecini etkileyebilecek tıbbi cihaz ya da malzeme sağlayan/üreten şirketlerden finansal veya manevi destek alınmamıştır.

Yazarlık Katkıları

Tüm yazarlar, bu çalışmanın hazırlanma sürecinde eşit düzeyde katkı sağlamıştır.

Kaynakça

Albera, A., Boldreghini, M., Lucisano, S., Albera, R., Cassandro, C., Barci, A., Riva, G., & Canale, A. (2025). Evaluation of the impact of postural restrictions after Semont liberatory maneuver on immediate reactions and short-term outcome in the posterior semicircular canal canalolithiasis: A preliminary study. *Frontiers in Neurology,* 16, 1497156.

Basford, J. R., Chou, L. S., Kaufman, K. R., Brey, R. H., Walker, A., Malec, J. F., Moessner, A. M., & Brown, A. W. (2003). An assessment of gait and balance deficits after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* 84(3), 343–349.

Bertholon, P., Bronstein, A. M., Davies, R. A., Rudge, P., & Thilo, K. V. (2002). Positional down beating nystagmus in 50 patients: Cerebellar disorders and possible anterior semicircular canalithiasis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry,* 72(3), 366–372.

Bhattacharyya, N., Baugh, R. F., Orvidas, L., Barrs, D., Bronston, L. J., Cass, S., Chalian, A. A., Desmond, A. L., Earll, J. M., Fife, T. D., Fuller, D. C., Judge, J. O., Mann, N. R., Rosenfeld, R. M., Schuring, L. T., Steiner, R. W., Whitney, S. L., Haidari, J., & American Academy of Otolaryngology–Head and Neck Surgery Foundation. (2008). Clinical practice guideline: Benign paroxysmal positional vertigo. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery,* 139(5 Suppl 4), S47–S81.

Bhattacharyya, N., Gubbels, S. P., Schwartz, S. R., Edlow, J. A., El-Kashlan, H., Fife, T., Holmberg, J. M., Mahoney, K., Hollingsworth, D. B., Roberts, R., Seidman, M. D., Steiner, R. W., Do, B. T., Voelker, C. C., Waguespack,

R. W., & Corrigan, M. D. (2017). Clinical practice guideline: Benign paroxysmal positional vertigo (update). *Otolaryngology–Head and Neck Surgery,* 156(3 Suppl), S1–S47.

Cohen, H. S., Sangi-Haghpeykar, H., Sullivan, J. C., Silver, N., Ferreira, L. D., Dong, J. L., Sweeney, A. D., & Peng, A. S. (2024). Relationship between clinical measures of hearing and clinical measures of vestibular function. *American Journal of Otolaryngology,* 45(1), 104052.

Edlow, J. A., Gurley, K. L., & Newman-Toker, D. E. (2018). A new diagnostic approach to the adult patient with acute dizziness. *The Journal of Emergency Medicine,* 54(4), 469–483.

Giannoni, B., Pecci, R., Pollastri, F., Mininni, S., Licci, G., Santimone, R., Di Giustino, F., & Mandalà, M. (2023). Treating benign paroxysmal positional vertigo of the lateral semicircular canal with a shortened forced position. *Frontiers in Neurology,* 14, 1153491.

Hilton, M. P., & Pinder, D. K. (2014). The Epley (canalith repositioning) manoeuvre for benign paroxysmal positional vertigo. *The Cochrane Database of Systematic Reviews,* 2014(12), CD003162.

Hizal, E., Jafarov, S., Erbek, S. H., & Ozluoglu, L. N. (2022). Clinical interpretation of positional nystagmus provoked by both Dix-Hallpike and supine head-roll tests. *The Journal of International Advanced Otology,* 18(4), 334–339.

Imai, T., & Inohara, H. (2022). Benign paroxysmal positional vertigo. *Auris Nasus Larynx,* 49(5), 737–747.

Imai, T., Uno, A., Yamato, A., Takimoto, Y., Sato, G., Matsuda, K., Takeda, N., Nishiike, S., Kawashima, K., Iga, T., Ueno, Y., Ohta, Y., Sato, T., Kamakura, T., Shingai-Higashi, K., Mikami, S., Kimura, N., Nakajima, T., Tanaka, A., & Inohara, H. (2023). Comparison of the efficacy of the Epley maneuver and repeated Dix-Hallpike tests for eliminating positional nystagmus: A multicenter randomized study. *Frontiers in Neurology,* 14, 1095041.

Jeon, E. J., Lee, D. H., Park, J. M., Oh, J. H., & Seo, J. H. (2019). The efficacy of a modified Dix-Hallpike test with a pillow under shoulders. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation,* 29(4), 197–203.

Karababa, E., Sarıoğlu, S. C., Öçal, F. C. A., Cengiz, D. U., Arslan, M., & Satar, B. (2025). The importance of the bow and lean test as an initial positional test for diagnosing BPPV. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, 282*(12), 6185–6192.

Nguyen, C. T., & Basso, M. (2024). *Epley maneuver.* In StatPearls. StatPearls Publishing.

Oh, E. H., Choi, J. H., Kim, H. S., Choi, S. Y., Kim, H. A., Lee, H., Moon, I. S., Park, J. Y., Yoon, B. A., Kim, S. H., Kim, J. Y., Kim, H. J., & Choi, K. D. (2025). Treatment maneuvers in cupulolithiasis of the posterior canal benign paroxysmal positional vertigo: A randomized clinical trial. *JAMA Network Open,* 8(3), e250972.

Özmen, E. E., & Ünüvar, B. S. (2025). Bibliometric analysis of articles on exercise in temporomandibular joint dysfunction. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences,* 31(2), 165–172.

Palmeri, R., & Kumar, A. (2022). *Benign paroxysmal positional vertigo.* In StatPearls. StatPearls Publishing.

Power, L., Murray, K., & Szmulewicz, D. J. (2020). Characteristics of assessment and treatment in benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation,* 30(1), 55–62.

Ribeiro, K. M., Ferreira, L. M., Freitas, R. V., Silva, C. N., Deshpande, N., & Guerra, R. O. (2016). "Positive to negative" Dix-Hallpike test and benign paroxysmal positional vertigo recurrence in elderly undergoing canalith repositioning maneuver and vestibular rehabilitation. *International Archives of Otorhinolaryngology,* 20(4), 344–352.

Talmud, J. D., Coffey, R., Hsu, N. M., & Edemekong, P. F. (2023). Dix-Hallpike maneuver. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Wu, S., Li, J., Zhou, M., & Yang, X. (2022). Simulation study of canal switching in BPPV. *Frontiers in Neurology,* 13, 944703.

Yang, R., & Yang, X. (2025). Mechanisms and clinical significance of Tumarkin-like phenomenon during the final step of the Epley and Semont maneuver: Insights from virtual simulation and literature review. *Frontiers in Neurology,* 16, 1547798.

Zheng, Y., Wu, S., & Yang, X. (2021). Analysis of Dix-Hallpike maneuver induced nystagmus based on virtual simulation. *Acta Oto-Laryngologica*, 141(5), 433–439.

Zuma e Maia, F. C., Albernaz, P. L., & Cal, R. V. (2016). Behavior of the posterior semicircular canal after Dix-Hallpike maneuver. *Audiology Research,* 6(1), 140.

GLOHEALTH JOURNAL

DERLEME MAKALE

Makale Geliş Tarihi: 19.11.2025 Makale Kabul Tarihi: 13.12.2025 DOI: 10.5281/zenodo.18049573

Atıf Bilgisi: Abacı, Z. M., & Uluata, S. (2025). Tohum müslajları: Ekstraksiyon yöntemleri, fonksiyonel özellikleri, sağlık etkileri ve gıda teknolojisindeki uygulamaları. *Glohealth Journal*, 1(2), 85–102.

Tohum Müslajları: Ekstraksiyon Yöntemleri, Fonksiyonel Özellikleri, Sağlık Etkileri ve Gıda Teknolojisindeki Uygulamaları

Seed Mucilages: Extraction Methods, Functional Properties, Health Effects, and Applications in Food Technology

Zeynep Merve Abacı[1,*] Sibel Uluata[2]

[1] İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, zmabaci@gmail.com, 0000-0002-5082-2104
[2] İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, sibel.uluata@inonu.edu.tr, 0000-0002-7451-9791
* Sorumlu yazar: Zeynep Merve Abacı, zmabaci@gmail.com

Özet

Tohum müsilajları, chia, keten tohumu, bamya ve fesleğen gibi bitkilerin tohumlarında bulunan, suyla temas ettiğinde jel kıvamına gelen kompleks polisakkaritlerdir. Çözünür diyet lifi sınıfına giren bu bileşikler, prebiyotik özellikleri sayesinde bağırsak mikrobiyotasını destekler ve sindirim sisteminin düzenlenmesine yardımcı olur. Ayrıca kan şekeri ve lipid seviyelerinin kontrolüne katkı sağlayabilir, içerdiği biyoaktif bileşikler aracılığıyla antioksidan ve anti-inflamatuvar etkiler gösterir, bağışıklık sistemi ve hücresel düzeyde koruyucu işlevler sunar. Gıda teknolojisi alanında ise yüksek su tutma kapasitesi, jel oluşturma yeteneği, viskozite artırıcı ve emülsiyon stabilizasyonu gibi özellikleri, ürün dokusu ve stabilitesini iyileştirmede, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde ve besin değerinin artırılmasında kullanılmasını sağlar. Sonuç olarak, tohum müsilajları hem fonksiyonel özellikleri hem de kapsamlı sağlık etkileri nedeniyle doğal ve sürdürülebilir bir biyopolimer olarak öne çıkmaktadır. Bu derleme, tohum müsilajlarının ekstraksiyon yöntemleri, fonksiyonel özellikleri, sağlık etkileri ve gıda teknolojisindeki uygulamalarına dair mevcut literatürü özetleyerek, gelecekteki araştırmalara yol gösterici bir kaynak sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tohum; müsilaj; polisakkarit.

Abstract

Seed mucilages are complex polysaccharides found in the seeds of plants such as chia, flaxseed, okra, and basil, which form a gel-like consistency when exposed to water. These compounds, which belong to the soluble dietary fiber class, support gut microbiota and aid in regulating the digestive system thanks to their prebiotic properties. They can also contribute to controlling blood sugar and lipid levels, exhibit antioxidant and anti-inflammatory effects through their bioactive compounds, and provide protective functions at the immune system and cellular levels. In the field of food technology, their high water-holding capacity, gel-forming ability, viscosity-enhancing properties, and emulsion stabilization enable their use in improving product texture and stability, developing functional foods, and enhancing nutritional value. In conclusion, seed mucilages stand out as natural and sustainable biopolymers due to both their functional properties and comprehensive health effects. This review aims to provide a guiding resource for future research by summarizing the current literature on seed mucilage extraction methods, functional properties, health effects, and applications in food technology.

Keywords: Seed; mucilage; polysaccharide.

1. Giriş

Tohumlar, yalnızca yağ, protein ve mineral kaynağı olmakla kalmayıp, aynı zamanda fonksiyonel polisakkaritler bakımından da değerli bir besin deposudur (Cervera-Mata vd., 2022). Polisakkaritler, gıda endüstrisinde ürünlerin yapı, doku, viskozite ve stabilitesini geliştirmede önemli rol oynayan, kıvam arttırıcı, jelleştirici, emülgatör ve film oluşturucu özelliklere sahip bileşiklerdir (Guo vd., 2024; Yang vd., 2020; Zhang vd., 2024). Son yıllarda sentetik polimerlerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ile sürdürülebilir ürünlere artan ilgi araştırmacıları çevre dostu, biyo-bozunur ve uygun maliyetli doğal alternatiflere yöneltmiştir (Shiam vd., 2025; Tosif vd., 2021). Bu açıdan yüksek su tutma kapasitesi, viskozite oluşturma yeteneği ve çeşitli fonksiyonel özellikleri sayesinde öne çıkan tohum polisakkaritleri (sakızlar, müsilaj, selüloz ve glukanlar) doğal hidrokolloidler olarak önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir (Koyyada & Orsu, 2021; Shiam vd., 2025).

Bitki tohum müsilajları, chia (Salvia hispanica L.), keten (Linum usitatissimum L.), demirhindi (Tamarindus indica) ve bamya (Abelmoschus esculentus) gibi birçok tohumun kabuk veya yüzey kısmında bulunan ve suyla temas ettiğinde jel benzeri bir yapı oluşturan çözünür polisakkaritlerden oluşur (Vardar vd., 2020). Bu polisakkaritler temelde üç ana gruba ayrılır (Soukoulis vd., 2018). Bunlardan ilki endospermde bulunan nişasta dışındaki karbonhidrat yapılarıdır (galaktomannanlar). İkinci grup ise tohum kabuğunda bulunan ve suyla temas ettiğinde jel oluşturan müsilaj yapılarıdır. Üçüncüsü ise endosperm hücre duvarlarını oluşturan polisakkaritlerdir. Ksiloglukanlar ve soya fasulyesindeki hemiselülozlar bu sınıfa dahildir.

Bu polisakkaritler, çözünür diyet lifi sınıfında olmaları sayesinde bağırsak mikrobiyotasını destekleyerek prebiyotik etki gösterir (Akl vd., 2024; V. Singh vd., 2025). Ayrıca glisemik indeksi düşürme, serum kolesterol seviyelerini kontrol altında tutma ve antioksidan aktiviteleri ile kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayabilir (Tamargo vd., 2018; Waghmare vd., 2022). Bunun yanı sıra bağışıklığı güçlendirme, antimikrobiyal ve antiinflamatuvar etkileri, bu bileşikleri sağlık açısından değerli fonksiyonel bileşenler hâline getirmektedir (Jouki vd., 2014; Mohamed vd., 2020; Waghmare vd., 2022). Yine diyet lifi yapısında olmaları tokluk hissini arttırarak enerji alımını kontrol etmeye yardımcı olur ve dolayısıyla kilo kontrolü ve vücut ağırlığının düzenlenmesine katkı sağlar (Soukoulis vd., 2018).

Tablo 1. *Bazı tohum kaynaklı müsilajların işlevsel uygulamaları*

Müsilaj Kaynağı	İşlevsel Özellik
Chia Tohumu	Stabilizatör, yağ ikamesi, emülsifiye edici, kıvam arttırıcı
Bamya Tohumu	Yağ adsorblayıcı, su adsorblayıcı, emülsifiye edici, köpükleştirici
Demirhindi Tohumu	Su adsorblayıcı, emülsifiye edici, köpükleştirici
Keten Tohumu	Su adsorblayıcı, stabilizatör, yağ ikamesi, emülsifiye edici, kıvam arttırıcı, jelleştirici
Tere Tohumu	Su adsorblayıcı, film kaplama ajanı, jelleştirici

Sağlık üzerindeki potansiyel etkilerinin yanında, teknolojik özelliklerinin çeşitlilik göstermesi sayesinde bu polisakkaritler yalnızca gıda ve nutrasötik uygulamalarda değil, aynı zamanda biyomedikal ve farmasötik alanlarda da dikkat çekmektedir. Gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı, jelleştirici, stabilizör, yenilebilir film ve kaplama materyali olarak kullanılırlar (Tablo 1.) (Liu vd., 2021). Buna ek olarak fonksiyonel gıda üretiminde mikroenkapsülleme ajanı, emülgatör ve probiyotik stabilitesini arttırma gibi işlevleri sayesinde nutrasötik uygulamarda da potansiyel kullanım olanakları sunar (Liu vd., 2021; Soukoulis vd., 2018). Öte yandan yara iyileştirme, tablet bağlayıcı/ayrıştırıcı, kapsülleme ve kontrollü salım sistemleri gibi biyomedikal ve farmasötik uygulamaları, bu müsilajların biyouyumluluk ve biyobozunurluk özelliklerinden yararlanan ayrı bir kullanım kategorisi oluşturmaktadır (Tosif vd., 2021).

Bu çalışmada, bitki tohumlarından elde edilen müsilajların ekstraksiyon yöntemleri, fonksiyonel özellikleri güncel literatür bilgileri değerlendirilerek ele alınmıştır. Ayrıca bu doğal hidrokolloid yapısındaki bileşiklerin insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri ve gıda teknolojisindeki rolü tartışılmıştır. Böylece literatürdeki güncel gelişmelerin kısa bir özeti sunularak gelecekteki bilimsel ve endüstriyel çalışmalara katkı sağlayacak değerlendirmeler sunulmuştur.

2. Tohum Müsilajlarının Yapısal ve Kimyasal Özellikleri

Tohum müsilajları, yüksek moleküllü polisakkaritlerden oluşan doğal hidrokolloidlerdir (Liu vd., 2021; Soukoulis vd., 2018). Kimyasal olarak genellikle heteropolisakkaritler sınıfına giren bu yapılar, arabinoksilan, galaktomannan ve glukan gibi farklı monosakkaritlerin değişen oranlarda birleşmesiyle çeşitlilik gösterir (Soukoulis vd., 2018; Tsai vd., 2021). Temelde uronik asit kalıntılarına glikozidik bağlarla bağlı pentoz, galaktoz ve metil pentoz birimlerinden oluşan çözünür diyet lifleri sınıfına dahildir (Cakmak vd., 2023; Pal & Nayak, 2021; Tosif vd., 2021). Kimyasal bileşimleri itibarıyla yalnızca yüksek oranda çözünür lif içermekle kalmaz, aynı zamanda selülozik yapıya sahip suda çözünmeyen lifleri de barındırır; bu özellikleriyle beslenme fizyolojisi açısından önemli bir bileşen oluştururlar (Arioglu-Tuncil, 2025; Chand vd., 2024).

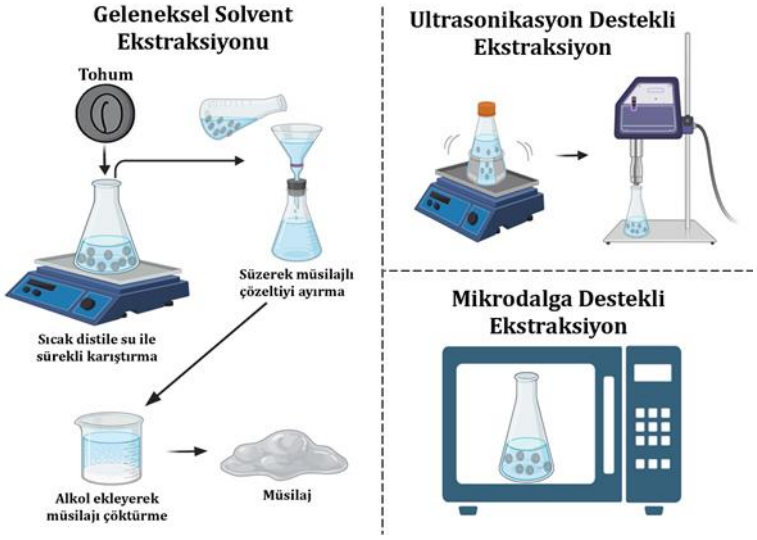
Bu yapılar, su ile temas ettiklerinde doğal olarak şişer, yüksek miktarda su tutarak jel benzeri bir yapı kazanır ve çözünür hale gelirler (Jani vd., 2009; R. Singh & Barreca, 2020). Moleküler ağırlığı, monosakkarit kompozisyonu ve dallanma derecesi; müsilajın su tutma kapasitesini, çözünürlüğünü, viskozitesini ve jel oluşum yeteneğini doğrudan etkiler (Cakmak vd., 2023; Liu vd., 2021). Müsilaj gibi fonksiyonel polisakkaritler, izolasyon yöntemine, ekstraksiyon tipine ve orijinine bağlı olarak farklı kimyasal bileşimlerin yanı sıra fizikokimyasal özellikler sergiler. Bu yapısal ve kimyasal özellikler, müsilajların gıda endüstrisinde stabilizatör, emülgatör veya viskozite arttırıcı olarak kullanılmasına olanak sağlar. Ayrıca, içerdiği karboksilik ve hidroksilik gruplar, besin lifleri ve biyolojik olarak aktif bileşenler ile sağlık açısından önemli potansiyel faydalar sunar (Archana vd., 2013; Tosif vd., 2021).

Müsilajlar yapısal ve fonksiyonel olarak gamlara (sakızlara) benzeseler de bu iki kavram birbirinden oldukça farklıdır (Vardar vd., 2020). Gamlar genellikle bitkilerin yaralanma veya stres durumlarında bir tepki olarak salgılanan ekzo-polisakkararitlerken müsilajlar ise metabolik bir yan ürün olarak sentezlenen ve bitki

dokularında koruyucu bir madde gibi görev yapan metabolik ürünlerdir (Bahadur vd., 2017; Cakmak vd., 2023; Mohanta vd., 2022; Pal & Nayak, 2021; Vardar vd., 2020). Bu biyosentetik farklılık, müsilajların doğal olarak elde edilebilmesi ve çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir kaynak oluşturmaları bakımından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

3. Tohum Müsilajlarının Ekstraksiyon Yöntemleri

Bitki tohumlarından müsilaj elde edilmesi iki temel aşamadan oluşur. İlk olarak, tohum veya tohum kabukları bir süre oda sıcaklığında veya kontrollü ısı altında su içerisinde maserasyona bırakılır (Jani vd., 2009; R. Singh & Barreca, 2020; Tosif vd., 2021). Bu süreçte müsilaj suyu adsorbe ederek hücre dışına difüze olur. İkinci aşamada ise diğer tohum bileşenleri çöktürülerek müsilaj izole edilir (Cakmak vd., 2023; Jani vd., 2009; Liu vd., 2021; Soukoulis vd., 2018). Elde edilen müsilaj daha sonra alkol veya organik çözücüler ile çöktürme, kurutma veya konsantre etme adımlarıyla saflaştırılabilir.



Şekil 1. *Tohumlardan müsilaj eldesi için kullanılan ekstraksiyon yöntemleri*

Ekstraksiyon verimi; tohumun orjini ve genotipi tohum-su oranı, ekstraksiyon sıcaklığı, çalkalama veya karıştırma gibi mekanik işlemler ile tohumun öğütülerek kullanılması gibi fiziksel ön işlemlerden önemli ölçüde etkilenmektedir (Campos vd., 2016; Hedayati vd., 2021; Liu vd., 2021). Ayrıca ortam pH'ı da kritik bir parametredir. Alkali koşullar, çözünmeyen polisakkaritlerin kimyasal tepkimeler yoluyla çözünürlüğünü artırarak müsilajın çözeltiye geçişini kolaylaştırırken; asidik koşullar ise hidroliz etkisiyle tohum kabuğu dokularının gevşemesini sağlayarak müsilaj salınımını hızlandırabilir (Liu vd., 2021; Tosif vd., 2021). Ancak geleneksel solvent ekstraksiyonu; ekstraksiyon süresinin uzun olması, verimin işlem koşullarına karşı yüksek duyarlılık göstermesi ve elde edilen müsilajın saflık düzeyinin sınırlı kalması gibi dezavantajlara sahip olması nedeniyle süreci optimize etmeye yönelik yeni ekstraksiyon tekniklerinin geliştirilmesine yol açmıştır (Şekil 1.).

3.1. Enzim Destekli Ekstraksiyon

Enzim destekli ekstraksiyon, geleneksel yöntemlerle tamamen çözülemeyen hücre yapılarındaki polisakkaritleri parçalayarak serbest bırakması ve viskoziteyi kontrol etmesi nedeniyle tercih edilmektedir (Geethalaxmi vd., 2024; Tosif vd., 2021). Bazı müsilaj bileşenleri yüksek moleküler ağırlığına sahip olduğu için viskoziteyi arttırır. Bu da hem çözünürlüğünün düşük olmasına hem de filtreleme/santrifüjleme işlemlerinde zorluklara yol açar. Enzim uygulamasıyla kontrollü hidroliz gerçekleşir ve molekül ağırlığı düşük daha viskoz ve daha homojen bir müsilaj çözeltisi elde edilir (Yeh & Lai, 2022). Bu amaçla genellikle α-amilaz, proteaz, rhamnaz, arabinaz, ksilanaz, mannanaz, galaktanaz, selülaz, pektinaz, hemiselülaz ve β-glukanaz gibi enzimler kullanılır (Cakmak vd., 2023). Farklı bitki ve tohum türlerinde yapılan çalışmalarda, kullanılan enzim türünün, işlem süresi ve sıcaklığının müsilaj verimi ve kalitesini etkilediği bildirilmiştir.

3.2. Ultrason Destekli Ekstraksiyon

Ultrasonikasyon, hidrokolloidlerin ekstraksiyonu ve modifikasyonu için ortaya çıkan çevre dostu termal olmayan bir fiziksel işlemdir (Hedayati vd., 2021; Rostamabadi vd., 2023). Yaklaşık 20–40 kHz aralığında çalışan düşük frekanslı ultrasonik dalgaların oluşturduğu kavitasyon hücre duvarının parçalanmasını sağlayarak çözücünün hücre içine penetrasyonunu artırır ve kütle transferini hızlandırarak müsilaj verimini yükseltir (Geethalaxmi vd., 2024; Liu vd., 2021). Geleneksel yönteme kıyasla daha az çözücü ve daha az enerji harcanır (Pereira vd., 2019; Rostamabadi vd., 2023). Bu uygulama sırasında, istenmeyen bileşiklerin ekstraksiyonunu ve tohumların mekanik bozulmasını önlemek için ses dalgalarının genliği, ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi dikkatli bir şekilde seçilmelidir (Chemat vd., 2017; Hedayati vd., 2021).

3.3. Mikrodalga destekli ekstraksiyon

Mikrodalga destekli ekstraksiyon, gelişmiş ekstraksiyon verimliliği, azaltılmış solvent tüketimi ve zamanın azaltılması açısından avantajlar sağlayan potansiyel bir alternatif yöntemdir (Felkai-Haddache vd., 2016). Geleneksel sulu ekstraksiyon yöntemleri, müsilajın besin değerini, fonksiyonel ve yapısal özelliğini değiştiren solvent, pH ve sıcaklığın etkilerini içerir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon kullanılanımı ile bu olumsuzluklar önlenebilmektedir. Mikrodalga radyasyonu, tohum hücreleri içerisinde bulunan su moleküllerinin dielektrik ısınma yoluyla hızlı ve homojen bir şekilde ısınmasını sağlar (Proestos & Komaitis, 2008). Bu sayede hücre iç basıncı artarak hücre duvarı ve zarının bütünlüğünü bozarak müsilaj fraksiyonunun çözünmesine ve çevre ortamına difüze olmasını sağlar (Shiehnezhad vd., 2023). Ekstraksiyon verimi; kullanılan çözücünün bileşimi ve hacmi, işlem sıcaklığı, uygulanan mikrodalga gücü, ekstraksiyon süresi ile ekstrakte edilen biyolojik matrisin morfolojik ve kimyasal özellikleri gibi çeşitli parametrelerden önemli ölçüde etkilenmektedir (Felkai-Haddache vd., 2016; Fernandes vd., 2024).

4. Tohum Müsilajlarının Foksiyonel Özellikleri

4.1 Su ve Yağ Tutma Kapasitesi

Tohum müsilajlarının yüksek su tutma kapasitesi, içerdiği çok sayıda serbest polar grubun (OH, COOH, SO, C=O) su moleküllerini bağlayarak bir jel matrisi oluşturmasından ileri gelmektedir (Geethalaxmi vd., 2024; Tosif vd., 2021; Waghmare vd., 2022). Dallanmış polisakkarit zincirleri hidrojen bağları ve elektrostatik etkileşimler yoluyla üç boyutlu bir ağ yapısı oluşturarak su moleküllerini bu yapı içerisine hapseder (Kreitschitz & Gorb, 2018; Le vd., 2017). Müsilajın polisakkarit bileşimi (örneğin hemiselüloz, pektin, rhamnogalakturonan) ve dallanma derecesi su tutma kapasitesini önemli ölçüde etkiler (Shiam vd., 2025; Tosif vd., 2021; Wang vd., 2023).

Su tutma kapasitesinin yanı sıra müsilaj yapısında bulunan hidrofobik bölgeler de önemli bir fonksiyon üstlenir; bu bölgeler yağ moleküllerini adsorbe ederek hapseder ve yağın serbest kalmasını geciktirir (Tosif vd., 2021). Literatür bulguları, sıcaklık artışının moleküler hareketliliği artırarak bu hidrofobik yapılara erişilebilirliği yükselttiğini ve sonucunda tohum müsilajlarının yağ bağlama kapasitesini artırdığını göstermektedir (Alpizar-reyes vd., 2017; Geethalaxmi vd., 2024). Yağ tutma kapasitesinin artması ile gıda ürünlerinde yağın daha homojen dağılması, raf ömrünün uzaması ve tekstür özelliklerinin iyileşmesi mümkün olmaktadır (Tosif vd., 2021). (Alpizar-Reyes vd., 2017; Geethalaxmi vd., 2024). Buna ek olarak, müsilajın su ve yağ tutma kapasitesi, konsantrasyon, pH, iyonik kuvvet ve sıcaklık gibi çevresel parametrelerden de etkilenmektedir (Arıbaş & Aktaş Akyıldız, 2025; Geethalaxmi vd., 2024; Soukoulis vd., 2018). Bu faktörler, müsilajın fonksiyonel özelliklerini belirlemede kritik bir rol oynar ve gıda uygulamalarındaki performansını doğrudan etkiler.

4.2. Reolojik özellikler

Tohum müsilajları, birçok bitki türünün tohum yüzeyinde ve/veya iç kısmında bulunan, yüksek moleküler ağırlıklı hidrofilik polisakkaritlerden oluşan yapılardır. Su ile temas ettiklerinde polisakkarit zincirleri çözünerek açılır, moleküller arası hidrojen bağı ve zayıf çapraz bağlar oluşturarak suyu hapsedebilen jel formunda üç boyutlu bir ağ yapısı oluşturur (Kreitschitz & Gorb, 2024; Soukoulis vd., 2018). Bu tür polimer zinciri etkileşimleri sayesinde, müsilajlar çoğunlukla kesme kuvveti ile incelme özelliği gösteren psödoplastik akış özelliği göstermektedir (Liu vd., 2021; Waghmare vd., 2022).

Jelleşme ve akış özellikleri, farklı molekül ağırlığına ve konformasyona sahip polimer zincirlerinden oluşan alt fraksiyonların varlığından etkilenir (Liu vd., 2021; Soukoulis vd., 2018). Buna ek olarak pH, sıcaklık, tuz ve şeker konsantrasyonu gibi çeşitli dış parametreler de müsilajın viskozitesini ve jel oluşturma kapasitesini önemli ölçüde etkiler (Vardar vd., 2020).

Tohum müsilajlarının reolojik özelliklerinin anlaşılması, müsilajın stabilizatör, kıvam artırıcı veya yağ ikamesi olarak gıda katkı maddesi potansiyelini belirlemek açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca, bu bilgiler gıda ürünlerinde su tutma kapasitesi, kıvam ve tekstür özelliklerinin optimize edilmesine olanak sağlar.

4.3. Emülsifiye Edici ve Stabilize Edici Özellikleri

Tohum müsilajları, emülsiyon sistemlerinde viskoziteyi arttırmanın yanısıra yüzey ve arayüzey gerilimini düşürerek stabilizasyon sağlayıcı ajan olarak da önemli bir potansiyel göstermektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu stabilizasyonun sağlanmasında etkili mekanizmanın suda çözünen polisakkaritlerin yağ-su sisteminin yüzey gerilimini azaltmasından ziyade polisakkarit–protein etkileşimlerinden doğan karmaşık yapılar olduğunu göstermektedir (Liu vd., 2021; Naji-tabasi vd., 2016; Tosif vd., 2021). Genel olarak, monosakkarit dizileri, glikozit bağlarının konfigürasyonu ve konumu, zincir esnekliğinin yüksek olması ve düşük üronik asit içeriği ve müsilaj konsantrasyonunun artması, yağ-su veya hava-su arayüzleri üzerinde müsilaj adsorpsiyonunu teşvik eder (Soukoulis vd., 2018). Ayrıca elastik yapıya sahip olmaları sayesinde iyi bir köpürtücü ajan işlevi görürler (Mahfoudhi vd., 2014).

4.4. Film Oluşturma Özelliği

Arabinoksilan, pektin ve galaktomannan gibi bileşenleri ihtiva eden, müsilajlar hem güçlü su tutma kapasitesine hem de iyi film oluşturma yeteneğine sahiptir (Liu vd., 2021). Bitkisel kaynaklı oldukları için genellikle biyobozunur, yenilebilir ve çevre dostudur. Tohum müsilajları özellikle su buharı geçirgenliğini düşürme, su bariyerini güçlendirme ve bu sayede mekanik dayanımı arttırma gibi önemli fonksiyonel özellikler göstermektedir (Li vd., 2024; Tee vd., 2016; Urbizo-Reyes vd., 2020). Ayrıca bu doğal polisakkarit yapılar, gliserol gibi plastikleştiricilerle birlikte kullanıldığında esnekliklerinin kolayca ayarlanabilmesi sayesinde hem gıda ambalajlarında hem de biyopolimer film uygulamalarında geniş kullanım potansiyeli sunmaktadır (Li vd., 2024; Tee vd., 2016).

5. Potansiyel Sağlık Faydaları

Teknofonksiyonel özelliklerinin yanı sıra, tohum müsilajları sağlık açısından da önemli biyoaktif potansiyele sahiptir. Tohum müsilajları, flavonoidler dahil olmak üzere farklı fenolik bileşikler ve biyoaktif bileşikler olarak polifenoller içerir (Tosif vd., 2021). Bu biyoaktif bileşikler, serbest radikal reaksiyonlarından kaynaklanan zincir yayılma reaksiyonlarını önler ve hastalığa bağlı oksidatif hasarı önler (Jouki vd., 2014; Safaei-ghomi vd., 2009; Tosif vd., 2021). Patojenik gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı mükemmel aktivite gösterir (Tantiwatcharothai & Prachayawarakorn, 2020; Tosif vd., 2021). Müsilaj, bakteri zarlarına bağlanarak antibakteriyel yetenek sergiler ve hücrenin içine girer ve sonrasında çekirdeğin zarar görmesine neden olur (Tosif vd., 2021). Mekanizmalarının etki şeklinin DNA hasarı, protein degradasyonu, hücre zarı hasarı ve mitokondriyal hasar şeklinde olabileceği teorileri mevcuttur (Elboutachfaiti vd., 2017).

Tohum müsilajlarının en dikkat çekici özelliklerinden biri, içeriklerindeki yüksek diyet lifi miktarıdır. Bu lifler hem çözünür hem de çözünmez yapıda olabilir. Çözünür lifler suyla birleşerek jel oluşturur ve bağırsaklarda geçiş süresini uzatırken çözünmez lifler ise dışkı hacmini arttırarak bağırsak hareketlerinin düzenlenmesini destekler (Kassem vd., 2021; Soukoulis vd., 2018). Bu sayede bağırsak mikrobiyotasının dengesini korur, kan lipid seviyelerini düzenler, yemek sonrası glikoz yanıtını dengeler, mide boşalmasını yavaşlatır ve tokluk sinyallerinin kontrolünü sağlar (Soukoulis vd., 2018).

Tablo 2. *Literatürde tohum kaynaklı müsilajların fonksiyonel sağlık uygulamaları*

No	Tohum / Kaynak	Çalışma Türü	Sağlık Etkileri	Ana Bulgular / Özet	Referans (Kısa)
1	Psyllium	Sistematik inceleme + meta-analiz	Glisemik kontrol	Özellikle glisemik bozukluğu olan bireylerde HbA1c ve FBG değerlerinde anlamlı iyileşme sağlamıştır.	(Gholami et al., 2024)
2	Psyllium	Meta-analiz	Glisemik kontrol	Diyet lifi içeriği sayesinde glisemik kontrolü iyileştirdiği; etkinin hasta grubuna bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.	(Gibb et al., 2015)
3	Psyllium	Klinik çalışma	Prebiyotik etki	Konstipasyonu olan bireylerde bütirat ve kısa zincirli yağ asidi üreten *Lachnospira, Faecalibacterium, Roseburia* gibi bakterilerin sayısını artırmıştır.	(Jalanka et al., 2019)
4	Psyllium	Hayvan (T2DM fare modeli)	Prebiyotik etki	Kısa zincirli yağ asidi seviyelerini iyileştirmiş ve *Lactobacillus* dahil faydalı birçok bakterinin gelişimini desteklemiştir.	(Shen et al., 2025)
5	Keten	Hayvan (sağlıklı sıçan modeli)	Antioksidan, kemik sağlığı	Kalsiyum emilimini artırmış ve antioksidan kapasiteyi iyileştirmiştir.	(Akl et al., 2024)
6	Chia	*In vitro* / formülasyon	Probiyotik taşıyıcı	Chia ve keten müsilajı kullanılarak yapılan mikroenkapsülasyon ürünü, probiyotiklerin mide ve safra koşullarında canlı kalmasını önemli ölçüde artırmıştır.	(Bustamante et al., 2017)
7	Chia	Hayvan (adjuvant-indüklenmiş artrit; obez & non-obez rat)	Anti-inflamatuvar, antioksidan, lipid profili iyileştirici	TNF-α ve ödemi azaltmış; lipid profilini iyileştirmiş, oksidatif stresi düşürücü etki göstermiştir.	(Mohamed et al., 2020)
8	Bamya	Hayvan (STZ-indüklenmiş sıçan)	Antihiperglisemik, hipolipidemik, antioksidan	Glukoz, total kolesterol, LDL, trigliserid ve MDA'yı azaltmış; insülin ve antioksidan kapasite artmış; pankreas β-hücre inflamasyonu azalmıştır.	(Aleissa et al., 2022)
9	Bamya	Hayvan (STZ-indüklenmiş sıçan)	Antihiperglisemik, hipolipidemik, antioksidan	Glukoz, LDL, trigliserid ve MDA seviyelerini azaltmış; insülin miktarını artırmış; pankreas β-hücre inflamasyonunu azaltmıştır.	(Hajian et al., 2016)
10	Çemen (Fenugreek)	Hayvan (Tavşan, ateroskleroz regresyon modeli)	Kardiyovasküler, anti-inflamatuvar, antioksidan	Lipid profili ve inflamatuvar göstergeleri düşürmüş, antioksidan enzim aktivitelerini korumuş, aort histopatolojisini iyileştirmiştir.	(Helen & Antony, 2021)

Chia, çemen otu, fesleğen, hardal ve keten tohumu müsilajlarının insan bağırsak mikrobiyotasına etkisini araştıran bir çalışmada, müsilaj takviyesi ile Bifidobacterium ve Lactobacillus gibi faydalı bakterilerin gelişiminin teşvik edildiği görülmüştür (V. Singh vd., 2025). Çalışma aynı zamanda bağırsak bariyerinin bütünlüğü, inflamasyon kontrolü ve metabolik sağlık için kritik rol oynayan kısa zincirli yağ asidi üretiminin önemli düzeyde arttırıldığını ortaya koymuştur. Probiyotik özellikteki Lactobacillus türleri ile yapılan bir çalışmada, keten tohumu müsilajı bu bakterilerin hayatta kalma ve bağırsakta tutunma yeteneğini artırmıştır (Sungatullina vd., 2023). Ayrıca fenolik madde içeriğini yükselterek antioksidan aktiviteyi artırmış ve böylece gastrointestinal sağlık ile metabolik faydalar sağlayabileceğini göstermiştir. Tamargo vd. (2020) yaptığı bir çalışmada chia tohumu müsilajının glikoz, serbest yağ asitleri, kolesterol biyoyararlanımını önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur. Bu sonuçlar, chia tohumu çözünür liflerinin glisemik ve lipidemik profilleri iyileştirerek fonksiyonel gıdalarda beslenme sağlığı açısından fayda sağlayabileceğini göstermektedir (Tamargo vd., 2020). Özetle, tohum müsilajları prebiyotik lif kaynakları olarak bağırsak mikrobiyotasını olumlu şekilde etkiler ve bağırsak hareketlerini düzenler. Tokluk hissi sağlayarak kilo kontrolüne katkıda bulunur. Ayrıca antioksidan aktivite göstererek serbest radikallerin yol açtığı hücre hasarını azaltır ve dolayısıyla bağışıklık sistemi ile kalp-damar sağlığını destekler. Kan şekeri ve kolesterol düzeylerinin dengelenmesine yardımcı olarak metabolik sağlığı iyileştirir ve diyabet ile kardiyovasküler hastalık riskinin azaltılmasına katkıda bulunur (Tablo 2.).

6. Gıda Teknolojisindeki Uygulamaları

Tohum müsilajları yüksek su tutma kapasitesi sayesinde özellikle fırıncılık ve süt ürünlerinde nemin korunması, dokunun iyileştirilmesi ve raf ömrünün uzatılması gibi fonksiyonel katkılar sağlar. (Soukoulis vd., 2018; Tosif vd., 2021). Glutenin viskoelastik özelliklerini taklit etmek için gıda endüstrisinde bitki tohumlarından elde edilen müsilaj polisakkaritlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Soukoulis vd., 2018). Örneğin buğday ununun farklı oranlarda chia (Salvia hispanica) unu ikamesi içeren bir çalışmada, chia tohumu müsilajının ekmek hamurunun su tutma kapasitesini artırdığı, gaz tutma performansını güçlendirdiği ve hamurun daha hızlı maksimum gelişime ulaşmasını sağladığı gözlenmiştir (Verdú vd., 2015). Aynı çalışmada, depolama sürecinde ekmeğin sertlik kazanma ve su kaybı hızında gecikme olduğu da raporlanmıştır. Keçi sütünden yoğurt üretimi sırasında chia tohumu müsilajının eklenmesinin son üründe viskoziteyi arttırdığı, istenilen tekstür özellikleri geliştirmeye ve probiyotik gelişime katkı sağladığı raporlanmıştır (Hovjecki vd., 2024).

Ayrıca kalori alımının azaltılması amaçlanan ürünlerde yağ ve lezzet kaybını minimuma indirerek yağ ikamesi olarak da kullanılabilmektedir (Ribes vd., 2021; Soukoulis vd., 2018; Tosif vd., 2021). Farklı bitkisel kaynaklı müsilajların yoğurt üretiminde yağ ikamesi olarak kullanımını araştıran çalışmada, psyllium tohumu müsilajının yağ azaltımına rağmen yoğurtlarda yüksek su tutma kapasitesi, uygun viskozite, düşük sineresis ve kontrol örneklerine benzer dokusal ile fizikokimyasal özellikler sağladığı bildirilmiştir (Tosif vd., 2024). Câmara vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, model et sistemlerinde domuz sırt yağının %50'sinin

chia tohumu müsilajı ile ikame edilme potansiyeli değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları, chia tohumu müsilajı ilavesinin emülsiyon yapısını güçlendirerek sistemin genel stabilitesini belirgin şekilde artırdığını göstermiştir (Câmara vd., 2020).

Son yıllarda müsilaj polisakkaritlerinin kaplama materyali olarak gıda endüstrisinde kullanımı ilgi çekici araştırma konuları arasında yer almaktadır. Li ve ark. (2024) çilek muhafazasında chia tohumu müsilajı/jelatin bazlı kompozit film uygulamasının etkilerini araştırmıştır. Çileklerin depolanması sırasında chia müsilajının oksijen geçirgenliğini düşürdüğü ve film elastikiyetini arttırdığı görülmüştür (Câmara vd., 2020). Kekik yağı içeren ayva tohumu müsilajı ile kaplanmış kaşar peynirlerinin yüzey küflenmesi üzerine etkilerini araştıran bir çalışmada, 120 günlük olgunlaşma süresince küf oluşumunun önemli ölçüde baskılandığı görülmüştür (Erkaya-Kotan vd., 2023). Ergür ve Çoban'ın yapmış olduğu bir çalışmada %1 kurt üzümü ekstraktı içeren çiya müsilajının Gökkuşağı alabalığı balık filetoları üzerine kaplanmış ve bu kaplanmış balıkların buzdolabında saklama sırasında duyusal kalitesine (renk, koku, lezzet, doku-yapı, genel beğeni) etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, balık filetolarının Çiya müsilaj ve Çiya müsilaj + kurt üzümü ekstrakt kaplanmasının, depolama boyunca kontrol grubuna kıyasla tüm duyusal özelliklerde yüksek kabul edilebilirlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca kurt üzümü ekstraktının çiya müsilaj kaplamayla birlikte kullanılmasının 4°C'de 18 güne kadar duyusal kaliteyi artırdığı sonucuna varılmıştır (Ergür & Çoban, 2020).

Bitki bazlı yumurta ikamesi olarak da kullanılabilen tohum müsilajlarının, jel oluşturma yeteneği sayesinde bağlayıcı, hacim arttırıcı olarak görev yaptığı birçok çalışma mevcuttur. Chia, keten ve psyllium tohumlarının vegan kek üretiminde yumurta ikamesi olarak kullanılma potansiyelini araştıran bir çalışmada, viskoelastik özelliklerin iyileştiği ve bu keklerin yapısal bütünlüğünün güçlendirildiği görülmüştür. Buna ek olartak müsilajlı bileşenlerin varlığı, fenolik bileşiklerin biyoyararlanımını ve diyetlifi içeriğini zenginleştirerek besinsel kaliteyi yükseltmiştir (Günan & Ömeroğlu, 2025). Yaver (2025) glutensiz soğuk erişte üretiminde farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde ettiği keten tohumu müsilajlarını yumurta ikamesi olarak değerlendirmiştir. Çalışma, ultrasonik yöntemle elde edilen müsilajın daha düşük pişirme kaybı, daha sıkı bir doku ve yüksek antioksidatif stabilite sağladığını göstermiştir. Artan müsilaj oranının duyusal beğeniyi yükseldiği ve ürünün teknolojik kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiği belirlenmiştir (Yaver, 2025).

6. Sonuç ve Öneriler

Bitki tohumlarından elde edilen müsilajlar, son yıllarda doğal hidrofilik biyopolimerler olarak ekstraksiyon kolaylığı ve yüksek fonksiyonel çeşitlilikleri ile dikkat çekmektedir. Sürdürülebilir ve çevre dostu yapıları sayesinde gıda, sağlık ve biyoteknoloji alanlarında önemli uygulama potansiyeli taşımaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen tohum müsilajları, içerdiği polisakkarit bileşimi bakımından çeşitlilik gösterebilir; benzer şekilde, kullanılan ekstraksiyon teknikleri hem müslaj verimini hem de polisakkaritlerin fizikokimyasal ve reolojik özelliklerini etkileyebilir. Ayrıca ekstraksiyon koşullarının (sıcaklık, süre, pH, çözücü oranı) optimizasyonu ile uygulama amacına uygun fonksiyonel özelliklere sahip müsilaj bileşenleri elde etmek mümkün olmaktadır. Tohum müsilajları prebiyotik lif içeriği ve antioksidan özellikleri ile bağırsak

sağlığını destekler, metabolik dengeyi iyileştirir ve diyabet ile kardiyovasküler hastalık riskinin azaltılmasına katkıda bulunur. Ayrıca yüksek su tutma kapasitesi, jel oluşturma yeteneği, viskozite artırıcı etkisi, emülsiyon stabilizasyonu ve film oluşturma gibi çok çeşitli fonksiyonel özellikleri sayesinde gıda endüstrisinde geniş uygulama olanakları sunar. Tohum müsilajlarının kimyasal profillerinin aydınlatılması, ekstraksiyon–saflaştırma stratejilerinin geliştirilmesi ve üretim süreçlerine yönelik endüstriyel optimizasyon yaklaşımlarını kapsayan araştırmaların artması, bu doğal biyopolimerlerin hem akademik hem de ticari değerinin önemli ölçüde yükselmesine katkı sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, bu makalenin hazırlanmasıyla ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Finansal Destek

Yazarlar, bu makalenin araştırılması, yazımı veya yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir mali veya kişisel çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

Kavramsallaştırma: Zeynep Merve Abacı; *Metodoloji*: Sibel Uluata; *Yazılım*: Zeynep Merve Abacı; *Doğrulama*: Sibel Uluata; Biçimsel analiz: Zeynep Merve Abacı, Sibel Uluata; Kaynak araştırması: Zeynep Merve Abacı; *Veri kürasyonu*: Zeynep Merve Abacı; Taslak yazımı: Zeynep Merve Abacı, Sibel Uluata; *Gözden geçirme ve düzenleme*: Sibel Uluata; *Kavramsallaştırma*: Zeynep Merve Abacı; *Metodoloji*: Zeynep Merve Abacı; *Görselleştirme*: Zeynep Merve Abacı.

Teşekkür

Bu çalışmanın hazırlanması sürecinde çeşitli aşamalarda doğrudan veya dolaylı şekilde destek veren tüm kişi ve kurumlara teşekkür ederiz.

Kaynakça

Akl, E. M., Mohamed, R. S., Abdelgayed, S. S., Fouda, K., & Abdel-Wahhab, M. A. (2024). Characterization and antioxidant activity of flaxseed mucilage and evaluation of its dietary supplementation in improving calcium absorption in vivo. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, *32*. https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2024.100444

Aleissa, M. S., AL-Zharani, M., Alneghery, L. M., Hasnain, M. S., Almutairi, B., Ali, D., Alarifi, S., & Alkahtani, S. (2022). Comparative study of the anti-diabetic effect of mucilage and seed extract of Abelmoschus esculentus against streptozotocin-induced diabetes in rat model. *Journal of King Saud University - Science*, *34*(8). https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102297

Alpizar-reyes, E., Carrillo-navas, H., & Gallardo-rivera, R. (2017). *Functional properties and physicochemical characteristics of tamarind (Tamarindus indica L.) seed mucilage powder as a novel hydrocolloid*. *209*, 68-75. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.021

Archana, G., Sabina, K., Babuskin, S., Radhakrishnan, K., Fayidh, M. A., Saravana, P. A., Sivarajan, M., & Sukumar, M. (2013). Preparation and characterization of mucilage polysaccharide for biomedical applications. *Carbohydrate Polymers*, *98*(1), 89-94. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.04.062

Arioglu-Tuncil, S. (2025). A Comparative Assessment of Flaxseed (Linum usitatissimum L.) and Chia Seed (Salvia hispanica L.) in Modulating Fecal Microbiota Composition and Function In Vitro. *Food Science and Nutrition*, *13*(5). https://doi.org/10.1002/fsn3.70243

Bahadur, S., Sahu, U. K., Sahu, D., Sahu, G., & Roy, A. (2017). Review on natural gums and mucilage and their application as excipient. *Journal of Applied Pharmaceutical Research*, *5*(4), 13-21. https://doi.org/10.18231/2348-0335.2017.0010

Bustamante, M., Oomah, B. D., Rubilar, M., & Shene, C. (2017). Effective Lactobacillus plantarum and Bifidobacterium infantis encapsulation with chia seed (Salvia hispanica L.) and flaxseed (Linum usitatissimum L.) mucilage and soluble protein by spray drying. *Food Chemistry*, *216*, 97-105. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.019

Cakmak, H., Ilyasoglu-Buyukkestelli, H., Sogut, E., Ozyurt, V. H., Gumus-Bonacina, C. E., & Simsek, S. (2023). A review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. *Food Hydrocolloids for Health*, *3*. https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100131

Câmara, A. K. F. I., Okuro, P. K., Cunha, R. L. da, Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., & Pollonio, M. A. R. (2020). Chia (Salvia hispanica L.) mucilage as a new fat substitute in emulsified meat products: Technological, physicochemical, and rheological characterization. *LWT*, *125*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109193

Campos, B. E., Ruivo, T. D., Scapim, M. R. da S., Madrona, G. S., & Bergamasco, R. D. C. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsi fi er. *LWT - Food Science and Technology*, *65*, 874-883. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.021

Cervera-Mata, A., Sahu, P. K., Chakradhari, S., Sahu, Y. K., Patel, K. S., Singh, S., Towett, E. K., Martín-Ramos, P., Quesada-Granados, J. J., & Rufián-Henares, J. A. (2022). Plant seeds as source of nutrients and phytochemicals for the Indian population. *International Journal of Food Science and Technology*, *57*(1), 525-532. https://doi.org/10.1111/ijfs.15414

Chand, M., Chopra, R., Talwar, B., Homroy, S., Singh, P. K., Dhiman, A., & Payyunni, A. W. (2024). Unveiling the potential of linseed mucilage, its health benefits, and applications in food packaging. Içinde *Frontiers in Nutrition* (C. 11). Frontiers Media SA. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1334247

Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. Içinde *Ultrasonics Sonochemistry* (C. 34, ss. 540-560). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035

Elboutachfaiti, R., Delattre, C., Quero, A., Roulard, R., Duchene, J., Mesnard, F., & Petit, E. (2017). *Food Hydrocolloids Fractionation and structural characterization of six puri fi ed rhamnogalacturonans type I from fl axseed mucilage*. *62*, 273-279. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.005

Ergür, N., & Çoban, Ö. E. (2020). *Gökkuşağı Alabalığının (oncorhynchus mykiss) Duyusal Kalitesi ÜZERİNE Kurt Üzümü Ekstraktı İçeren Çiya (Salvia hispanica) Müsilaj Kaplamanın Etkisi Öz*. *15*(4), 134-142. https://doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.4.5A0140.Erg

Erkaya-Kotan, T., Gürbüz, Z., Dağdemir, E., & Şengül, M. (2023). Utilization of edible coating based on quince seed mucilage loaded with thyme essential oil: Shelf life, quality, and ACE-inhibitory activity efficiency in Kaşar cheese. *Food Bioscience*, *54*. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102895

Felkai-Haddache, L., Dahmoune, F., Remini, H., Lefsih, K., Mouni, L., & Madani, K. (2016). Microwave optimization of mucilage extraction from Opuntia ficus indica Cladodes. *International Journal of Biological Macromolecules*, *84*, 24-30. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.090

Fernandes, F. G., Silva, R. de S., Oliveira, P. M. de L., Petkowicz, C. L. de O., & Borges, G. da S. C. (2024). Microwave-assisted extraction of mucilage from juá: Characterization and antioxidant activity. *Journal of Food Science*, *89*(7), 4430-4439. https://doi.org/10.1111/1750-3841.17094

Geethalaxmi, M., Sunil, C. K., & Venkatachalapathy, N. (2024). Tamarind seed polysaccharides, proteins, and mucilage: extraction, modification of properties, and their application in food. *Sustainable Food Technology*, *2*(6), 1670-1685. https://doi.org/10.1039/d4fb00224e

Gholami, Z., Clark, C. C. T., & Paknahad, Z. (2024). The effect of psyllium on fasting blood sugar, HbA1c, HOMA IR, and insulin control: a GRADE-assessed systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Endocrine Disorders*, *24*(1). https://doi.org/10.1186/s12902-024-01608-2

Gibb, R. D., McRorie, J. W., Russell, D. A., Hasselblad, V., & D'Alessio, D. A. (2015). Psyllium fiber improves glycemic control proportional to loss of glycemic control: A meta-analysis of data in euglycemic subjects, patients at risk of type 2 diabetes mellitus, and patients being treated for type 2 diabetes mellitus. *American Journal of Clinical Nutrition*, *102*(6), 1604-1614. https://doi.org/10.3945/ajcn.115.106989

Guo, Y., Ma, C., Xu, Y., Du, L., & Yang, X. (2024). Food Gels Based on Polysaccharide and Protein: Preparation, Formation Mechanisms, and Delivery of Bioactive Substances. *Gels*, *10*(11). https://doi.org/10.3390/gels10110735

Günan, K., & Ömeroğlu, P. yolci. (2025). Evaluation of Plant-Based Egg Substitutes in Vegan Muffins: Functional, Structural, and Nutritional Characterization. *Foods*, *14*(17). https://doi.org/10.3390/foods14173012

Hajian, S., Asgary, S., Rafieian-Kopaei, M., Sahebkar, A., Goli-Malekabady, N., & Rashidi, B. (2016). Hibiscus esculentus seed and mucilage beneficial effects in reducing complications of diabetes in streptozotocin- induced diabetic rats. *Ann Res Antioxid*, *1*(2).

Hedayati, S., Niakousari, M., Babajafari, S., & Mazloomi, S. M. (2021). Ultrasound-assisted extraction of mucilaginous seed hydrocolloids: Physicochemical properties and food applications. Içinde *Trends in Food Science and Technology* (C. 118, ss. 356-361). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.022

Helen, A., & Antony, H. (2021). Mucilage isolated from fenugreek seeds modulates inflammatory markers of atherosclerosis induced by high cholesterol diet in rabbits. *Atherosclerosis*, *331*, 90-91. https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2021.06.263

Hovjecki, M., Radovanovic, M., Levic, S. M., Mirkovic, M., Peric, I., Miloradovic, Z., Jurina, I. B., & Miocinovic, J. (2024). Chia Seed Mucilage as a Functional Ingredient to Improve Quality of Goat Milk Yoghurt: Effects on Rheology, Texture, Microstructure and Sensory Properties. *Fermentation*, *10*(8). https://doi.org/10.3390/fermentation10080382

Jalanka, J., Major, G., Murray, K., Singh, G., Nowak, A., Kurtz, C., Silos-Santiago, I., Johnston, J. M., de Vos, W. M., & Spiller, R. (2019). The effect of psyllium husk on intestinal microbiota in constipated patients and healthy controls. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(2). https://doi.org/10.3390/ijms20020433

Jani, G. K., Shah, D. P., Prajapati, V. D., & Jain, V. C. (2009). Gums and mucilages : versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, *4*(5), 308-322.

Jouki, M., Mortazavi, S. A., Yazdi, F. T., & Koocheki, A. (2014). Characterization of antioxidant – antibacterial quince seed mucilage films containing thyme essential oil. *Carbohydrate Polymers*, *99*, 537-546. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.077

Kassem, I. A. A., Joshua Ashaolu, T., Kamel, R., Elkasabgy, N. A., Afifi, S. M., & Farag, M. A. (2021). Mucilage as a functional food hydrocolloid: Ongoing and potential applications in prebiotics and nutraceuticals. *Food and Function*, *12*(11), 4738-4748. https://doi.org/10.1039/d1fo00438g

Koyyada, A., & Orsu, P. (2021). Natural gum polysaccharides as efficient tissue engineering and drug delivery biopolymers. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, *63*. https://doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102431

Kreitschitz, A., & Gorb, S. N. (2018). The micro- and nanoscale spatial architecture of the seed mucilage-Comparative study of selected plant species. *Plos One*, *13*(7). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200522

Kreitschitz, A., & Gorb, S. N. (2024). Natural nanofibers embedded in the seed mucilage envelope: composite hydrogels with specific adhesive and frictional properties. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, *15*, 1603-1618. https://doi.org/10.3762/bjnano.15.126

Le, X. T., Rioux, L.-E., & Turgeon, S. L. (2017). Formation and functional properties of protein-polysaccharide electrostatic hydrogels in comparison to protein or polysaccharide hydrogels. *Advances in Colloid and Interface Science*, *239*, 127-135.

Li, Y., Duan, Q., Yue, S., Alee, M., & Liu, H. (2024). Enhancing mechanical and water barrier properties of starch film using chia mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*, *274*. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133288

Liu, Y., Liu, Z., Zhu, X., Hu, X., Zhang, H., Guo, Q., Yada, R. Y., & Cui, S. W. (2021). Seed coat mucilages: Structural, functional/bioactive properties, and genetic information. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *20*(3), 2534-2559. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12742

Mahfoudhi, N., Sessa, M., Chouaibi, M., Ferrari, G., Donsì, F., & Hamdi, S. (2014). Food Hydrocolloids Assessment of emulsifying ability of almond gum in comparison with gum arabic using response surface methodology. *Food hydrocolloids*, *37*, 49-59. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.009

Mohamed, D. A., Mohamed, R. S., & Fouda, K. (2020). Anti-inflammatory potential of chia seeds oil and mucilage against adjuvant-induced arthritis in obese and non-obese rats. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, *31*(4). https://doi.org/10.1515/jbcpp-2019-0236

Mohanta, B., Hasnain, M. S., Nayak, A. K., & Pal, D. (2022). Plant polysaccharides: sources, classifications, and extraction methods. Içinde *Plant Polysaccharides as Pharmaceutical Excipients* (ss. 1-24). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90780-4.00011-5

Naji-tabasi, S., Mohammad, S., Razavi, A., & Mohebbi, M. (2016). New studies on basil (Ocimum bacilicum L.) seed gum: Part I e Fractionation, physicochemical and surface activity characterization. *Food hydrocolloids*, *52*, 350-358. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.011

Pal, D., & Nayak, A. K. (2021). *Bioactive natural products for pharmaceutical applications* (D. Pal & A. K. Nayak, Ed.). http://www.springer.com/series/8611

Pereira, G. A., Silva, E. K., Peixoto Araujo, N. M., Arruda, H. S., Meireles, M. A. A., & Pastore, G. M. (2019). Obtaining a novel mucilage from mutamba seeds exploring different high-intensity ultrasound process conditions. *Ultrasonics Sonochemistry*, *55*, 332-340. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.01.010

Proestos, C., & Komaitis, M. (2008). Application of microwave-assisted extraction to the fast extraction of plant phenolic compounds. *LWT*, *41*(4), 652-659. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.04.013

Ribes, S., Peña, N., Fuentes, A., Talens, P., & Barat, J. M. (2021). Chia (Salvia hispanica L.) seed mucilage as a fat replacer in yogurts: Effect on their nutritional, technological, and sensory properties. *Journal of Dairy Science*, *104*(3), 2822-2833. https://doi.org/10.3168/jds.2020-19240

Rostamabadi, M. M., Falsafi, S. R., Nishinari, K., & Rostamabadi, H. (2023). Seed gum-based delivery systems and their application in encapsulation of bioactive molecules. Içinde *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (C. 63, Sayı 29, ss. 9937-9960). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2076065

Safaei-ghomi, J., Ebrahimabadi, A. H., Djafari-bidgoli, Z., & Batooli, H. (2009). GC / MS analysis and in vitro antioxidant activity of essential oil and methanol extracts of Thymus caramanicus Jalas and its main constituent carvacrol. *Food Chemistry*, *115*(4), 1524-1528. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.051

Shen, W., Luo, R., Yang, L., Li, Z., Hou, X., & Liu, Z. (2025). Psyllium-derived, medium-molecular weight arabinoxylan enables modulation of the gut microbiota and metabolites in type 2 diabetic mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, *328*. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.147363

Shiam, M. A. H., Islam, M. S., Ahmad, I., & Haque, S. S. (2025). A review of plant-derived gums and mucilages: Structural chemistry, film forming properties and application. Içinde *Journal of Plastic Film and Sheeting* (C. 41, Sayı 2, ss. 195-237). SAGE Publications Ltd. https://doi.org/10.1177/87560879251316553

Shiehnezhad, M., Zarringhalami, S., & Malekjani, N. (2023). Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Mucilage from Ocimum basilicum var. album (L.) Seed. *Journal of Food Processing and Preservation*, *2023*. https://doi.org/10.1155/2023/5524621

Singh, R., & Barreca, D. (2020). Analysis of gums and mucilages. Içinde *Recent Advances in Natural Products Analysis* (ss. 663-676). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816455-6.00021-4

Singh, V., Mahra, K., Klingate, J., & Shin, J. H. (2025). Seeds for gut health: Prebiotic potential of seed mucilages from Chia, Fenugreek, Basil, Mustard, and Flaxseed and their impact on adult and toddler's gut microbiome. *Future Foods*, *11*. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100628

Soukoulis, C., Gaiani, C., & Hoffmann, L. (2018). Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. *Current Opinion in Food Science*, *22*, 28-42. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.004

Sungatullina, A., Petrova, T., Kharina, M., Mikshina, P., & Nikitina, E. (2023). Effect of Flaxseed Mucilage on the Probiotic, Antioxidant, and Structural-Mechanical Properties of the Different Lactobacillus Cells. *Fermentation*, *9*(5). https://doi.org/10.3390/fermentation9050486

Tamargo, A., Cueva, C., Laguna, L., Moreno-Arribas, M. V., & Muñoz, L. A. (2018). Understanding the impact of chia seed mucilage on human gut microbiota by using the dynamic gastrointestinal model simgi®. *Journal of Functional Foods*, *50*(July), 104-111. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.09.028

Tamargo, A., Martin, D., Navarro del Hierro, J., Moreno-Arribas, M. V., & Muñoz, L. A. (2020). Intake of soluble fibre from chia seed reduces bioaccessibility of lipids, cholesterol and glucose in the dynamic gastrointestinal model simgi®. *Food Research International*, *137*. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109364

Tantiwatcharothai, S., & Prachayawarakorn, J. (2020). Property improvement of antibacterial wound dressing from basil seed (O. basilicum L.) mucilage- ZnO nanocomposite by borax crosslinking. *Carbohydrate Polymers*, *227*. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115360

Tee, Y. B., Wong, J., Tan, M. C., & Talib, R. A. (2016). Development of Edible Film from Flaxseed Mucilage. *BioResources*, *11*(4).

Tosif, M. M., Bains, A., Goksen, G., Rehman, M. Z., Ali, N., Karabulut, G., & Chawla, P. (2024). A comparative study on utilization of different plant-derived nano-mucilage as a fat replacer in yogurt: Product

optimization, physicochemical attributes, shelf-life evaluation, and consumer perception with market orientation. *Food Chemistry: X*, *24*. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101920

Tosif, M. M., Najda, A., Bains, A., Kaushik, R., Dhull, S. B., Chawla, P., & Walasek-Janusz, M. (2021). A comprehensive review on plant-derived mucilage: Characterization, functional properties, applications, and its utilization for nanocarrier fabrication. *Polymers*, *13*(7). https://doi.org/10.3390/polym13071066

Tsai, A. Y. L., McGee, R., Dean, G. H., Haughn, G. W., & Sawa, S. (2021). Seed Mucilage: Biological Functions and Potential Applications in Biotechnology. Içinde *Plant and Cell Physiology* (C. 62, Sayı 12, ss. 1847-1857). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/pcp/pcab099

Urbizo-Reyes, U., San Martin-González, M. F., Garcia-Bravo, J., & Liceaga, A. M. (2020). Development of chia seed (Salvia hispanica) mucilage films plasticized with polyol mixtures: Mechanical and barrier properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, *163*, 854-864. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.023

Vardar, U. S., Özcan, Y., Özmen, D., & Toker, Ö. S. (2020). Bitki tohum müsilajları ve gıdalarda kullanımı. *Gida / the Journal of Food*, *46*, 269-278. https://doi.org/10.15237/gida.gd20073

Verdú, S., Vásquez, F., Ivorra, E., Sánchez, A. J., Barat, J. M., & Grau, R. (2015). Physicochemical effects of chia (Salvia hispanica) seed flour on each wheat bread-making process phase and product storage. *Journal of Cereal Science*, *65*, 67-73. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.05.011

Waghmare, R., Preethi, R., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2022). Mucilages: sources, extraction methods, and characteristics for their use as encapsulation agents. Içinde *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (C. 62, Sayı 15, ss. 4186-4207). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1873730

Wang, J., Shang, M., Li, X., Sang, S., McClements, D. J., Chen, L., Long, J., Jiao, A., Ji, H., Jin, Z., & Qiu, C. (2023). Polysaccharide-based colloids as fat replacers in reduced-fat foods. Içinde *Trends in Food Science and Technology* (C. 141). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104195

Yang, X., Li, A., Li, X., Sun, L., & Guo, Y. (2020). An overview of classifications, properties of food polysaccharides and their links to applications in improving food textures. Içinde *Trends in Food Science and Technology* (C. 102, ss. 1-15). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.020

Yaver, E. (2025). Ultrasonically extracted flaxseed mucilage: an effective egg substitute in gluten-free noodles to enhance cooking quality and reduce energy value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *106*, 216-224. https://doi.org/10.1002/jsfa.70148

Yeh, Y. C., & Lai, L. S. (2022). Effect of Extraction Procedures with Ultrasound and Cellulolytic Enzymes on the Structural and Functional Properties of Citrus grandis Osbeck Seed Mucilage. *Molecules*, *27*(3). https://doi.org/10.3390/molecules27030612

Zhang, H., Cui, H., Xie, F., Song, Z., & Ai, L. (2024). Tamarind seeds polysaccharide: Structure, properties, health benefits, modification and food applications. Içinde *Food Hydrocolloids* (C. 155). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110222

GLOHEALTH JOURNAL

DERLEME MAKALE

Makale Geliş Tarihi: 30.10.2025 Makale Kabul Tarihi: 14.12.2025 DOI: 10.5281/zenodo.18049601

Atıf Bilgisi: Çavdar, M. (2025). Epilepsi ve mikrobiyota–bağırsak–beyin ekseni: güncel bulgular ve terapötik yaklaşımlar. *Glohealth Journal*, 1(2), 103–114.

Epilepsi ve Mikrobiyota–Bağırsak–Beyin Ekseni: Güncel Bulgular ve Terapötik Yaklaşımlar

Epilepsy and the Microbiota–Gut–Brain Axis: Current Findings and Therapeutic Approaches

Meliha Çavdar[1*]

[1] Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, melihatoroslu@gmail.com, 0000-0001-5122-7860

* Sorumlu yazar: Meliha Çavdar, melihatororslu@gmail.com

Özet

Epilepsi, dünya genelinde yaklaşık 50 milyon kişiyi etkileyen ve vakaların üçte birinde ilaç tedavisine direnç gösteren kronik bir nörolojik hastalıktır. Geleneksel antiepileptik ilaçlar çoğu hastada nöbetleri kontrol altına alabilse de, epilepsinin karmaşık fizyopatolojisi alternatif yaklaşımları gündeme getirmiştir. Son yıllarda, bağırsak mikrobiyotası ile merkezi sinir sistemi arasında çift yönlü bir iletişim sağlayan mikrobiyota–bağırsak–beyin ekseni, epilepsinin gelişiminde ve seyrinde önemli bir etken olarak öne çıkmaktadır. Bu derleme, epilepsi ve mikrobiyota ilişkisini mevcut literatür ışığında incelemekte; ketojenik diyetin mikrobiyota kompozisyonuna etkileri, probiyotik ve prebiyotiklerin terapötik potansiyeli ile fekal mikrobiyota transplantasyonu (FMT) gibi müdahaleleri değerlendirmektedir. Hayvan modelleri ve sınırlı sayıdaki klinik çalışmalar, disbiyozun nöroinflamasyon ve nörotransmitter dengesizlikleri yoluyla nöbet eşiğini düşürebileceğini göstermektedir. Ketojenik diyetin antiepileptik etkisinin yalnızca metabolik değil, aynı zamanda mikrobiyal düzeyde de gerçekleştiği; probiyotiklerin ve FMT'nin ise yeni terapötik stratejiler olarak umut vadettiği anlaşılmaktadır. Bu bulgular, epilepsi tedavisinde kişiselleştirilmiş, mikrobiyota duyarlı yaklaşımların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Gelecekte yapılacak büyük ölçekli, kontrollü insan çalışmaları, bu terapilerin klinik kullanıma entegrasyonu açısından kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Epilepsi; mikrobiyota–bağırsak–beyin ekseni; ketojenik diyet; probiyotikler; fekal mikrobiyota transplantasyonu.

Abstract

Epilepsy is a chronic neurological disorder affecting approximately 50 million people worldwide, with nearly one-third of patients showing resistance to antiepileptic drugs. While conventional pharmacological treatments are effective in most cases, the complex pathophysiology of epilepsy necessitates the exploration of alternative and complementary therapeutic approaches. In recent years, the gut–brain axis—specifically the microbiota–gut–brain axis (MGBA)—has emerged as a critical bidirectional communication network linking the gut microbiota with the central nervous system. This review explores the multifaceted relationship between epilepsy and gut microbiota, focusing on the impact of the ketogenic diet on microbiota composition, and the therapeutic potential of probiotics, prebiotics, and fecal microbiota transplantation (FMT). Preclinical and limited clinical studies suggest that dysbiosis may contribute to epileptogenesis by promoting neuroinflammation and neurotransmitter imbalances, thereby lowering seizure threshold. Evidence also indicates that the ketogenic diet exerts antiepileptic effects not only through metabolic pathways but also via microbiota modulation. Furthermore, probiotic supplementation and FMT have shown promising outcomes in early-stage research. These findings support the integration of microbiota-targeted strategies into epilepsy treatment, emphasizing the need for a personalized medicine approach. Large-scale, randomized controlled trials in humans are essential to validate these interventions and to facilitate their clinical translation.

Keywords: Epilepsy; microbiota–gut–brain axis; ketogenic diet; probiotics; fecal microbiota transplantation.

1. Giriş

Epilepsi, dünya genelinde her yaştan yaklaşık 50 milyon kişinin muzdarip olduğu, yaşam kalitesini ciddi biçimde etkileyen en yaygın kronik beyin hastalığıdır (World Health Organization (WHO), 2023). Epilepsi, en az bir kendiliğinden (tetikleyici bir neden olmaksızın) ortaya çıkan nöbetin varlığı ve bu nöbetin tekrarlama eğilimi ile tanımlanan bir nörolojik hastalıktır. Mevcut antiepileptik ilaçlar (AEİ), uygun şekilde seçilip iyi tolere edildiklerinde bile, epilepsi hastalarının neredeyse üçte birinde nöbetlerde iyileşme sağlanamamaktadır. Ayrıca mevcut tedaviler nöbet sıklığını azaltabilse de, hastalığın etiyolojisine dair kökten bir çözüm sunamamaktadır (Mousavi vd., 2025).

Geleneksel olarak yalnızca beyin sağlığı açısından değerlendirilen epilepsi gibi nörolojik hastalıkların, sistemik faktörlerden de etkilendiği günümüzde daha net anlaşılmaktadır. Merkezi sinir sisteminin (MSS) gelişimi ve işlevi, vücudun metabolik ve bağışıklık durumundan doğrudan etkilenmektedir (Morais vd., 2021). Bu bağlamda, bağırsak mikrobiyotası ile beyin arasındaki çift yönlü etkileşimler giderek daha fazla ilgi görmektedir (Ding vd., 2021). Mikrobiyotanın, bağırsakta ürettiği veya modifiye ettiği metabolik, immünolojik ve nörokimyasal bileşenler yoluyla sinir sistemi üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir (Ding vd., 2021; Nakhal vd., 2024). Çok sayıda mikroorganizmayı barındıran bağırsak mikrobiyotası; bağışıklık sisteminin düzenlenmesi, metabolik süreçlerin kontrolü ve sinirsel işlevlerin şekillenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Bu dinamik ilişkiler, epilepsi dahil olmak üzere çeşitli nörolojik hastalıkların yeni tedavi hedefleri arasında mikrobiyotayı da gündeme getirmektedir (Ding vd., 2021).

Son dönemde yapılan sistematik derlemeler ve meta-analizler, bağırsak mikrobiyotasının epileptogenez sürecinde belirleyici bir rol oynayabileceğini göstermektedir (Mousavi vd., 2025; Yang vd., 2024). Özellikle, bağırsakta sağlıklı mikrobiyota tarafından üretilen kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) gibi metabolitlerin azalması, bağırsak bariyerinin ve kan beyin bariyerinin işlevselliğini bozarak nöroinflamasyona zemin hazırlayabilmekte ve böylece nöbet eşiğini düşürebilmektedir (Guo vd., 2022; Yang vd., 2024). Bu bağlamda, KZYA üretimiyle ilişkili bakteri topluluklarının (örneğin Roseburia, Dialister, Blautia) azalması, mikrobiyota bağırsak beyin (MBB) eksenindeki disbiyoz ile birlikte nörolojik duyarlılığı artırabileceği öne sürülmektedir (Li vd., 2024). Böylece, bu metabolik ve immunolojik mekanizmalar aracılığıyla mikrobiyota, epilepsi için potansiyel bir terapötik hedef hâline gelmiştir.

Son yıllarda, ketojenik diyetin (KD) epilepsi üzerine olan terapötik etkilerinin yalnızca keton cisimcikleri üzerinden açıklanamayacağı; bağırsak mikrobiyotasında meydana gelen kompozisyonel değişiklikler aracılığıyla da şekillendiği ileri sürülmektedir. Örneğin, KD uygulaması bağlamında bağırsak mikrobiyotasının nöbet kontrolünde etkin bir modülatör olduğu, mikrobiyota varlığının bu terapötik etki için gerekli ve yeterli olduğuna dair hayvan modelleriyle elde edilmiş güçlü bulgular mevcuttur (Olson vd., 2018; Yang vd., 2024). Ayrıca, prebiyotik, probiyotik ve fekal mikrobiyota transplantasyonu (FMT) gibi mikrobiyota yönelimli girişimlerin, bağırsak mikrobiyotasına bağlı disbiyozu düzeltip nöbet sıklığını azaltabileceği yönünde ortaya çıkmıştır (Blanquet vd., 2025). Bu çerçevede bağırsak mikrobiyotasının, anti inflamatuar bakteri

popülasyonlarının artışının teşvik edilmesiyle ve immün/metabolik süreçler üzerinden nöbet eşiğinin yükseltilmesiyle terapötik etki yaratabileceği önerilmektedir.

Bu derleme makale, epilepsi ile MBB ekseni arasındaki çok katmanlı ilişkiyi ele almayı amaçlamakta olup; literatürde yer alan güncel araştırmalar doğrultusunda, ketojenik diyetin mikrobiyota üzerindeki etkileri, probiyotik kullanımının potansiyeli ve geleceğe yönelik tedavi perspektifleri bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilecektir.

2. Epilepsinin Tanımı ve Güncel Durumu

Epilepsi, 2005 yılında kavramsal olarak, epileptik nöbetlere yol açan bir beyin bozukluğu olarak tanımlanmıştır. Bu tanım genellikle, 24 saatten fazla aralıklarla iki kez sebepsiz nöbet geçirme durumu olarak pratikte uygulanmaktadır. Nöbetler, beyindeki anormal elektriksel aktivitenin geçici ve ani bir sonucudur; bu da motor, duyu, bilinç ve davranışsal işlevlerde geçici bozulmalara yol açmaktadır (Fisher vd., 2014). Dünya genelinde 50 milyonu aşkın kişi epilepsiyle yaşamaktadır. Hastalık sadece fizyolojik etkilerle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda psikolojik, sosyal ve ekonomik yönleriyle de bireyin yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (WHO, 2023).

Epilepsi, etiyolojisine göre üç temel kategoride sınıflandırılır: idiyopatik, kriptojenik ve semptomatik epilepsi. İdyopatik epilepsi; MSS'de herhangi bir patolojik neden olmadan olası genetik yatkınlıkların olduğu epilepsi tipi idyopatik (primer) epilepsi olarak tanımlanmaktadır. Kriptojenik epilepsi; kriptojenik epilepside herhangi bir neden ve hastalık olmamakla birlikte tam olarak belirtilemeyen yapısal bir faktörden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Türkiye Epilepsi Derneği, 2021).

Tedavi açısından, AEİ'ler epilepsili bireylerin yaklaşık üçte ikisinde nöbet kontrolü sağlayabilmektedir. Ancak, kalan %30'luk hasta grubunda ilaç tedavisine direnç gelişmekte ve bu hastalar "ilaç dirençli epilepsi" olarak sınıflandırılmaktadır (Kwan & Brodie, 2000). İlaca dirençli epilepsi yaşam kalitesini ciddi şekilde düşüren, daha yüksek mortalite ve morbidite oranlarıyla ilişkili bir durumdur (Rheims vd., 2022). Ayrıca AED'lerin uzun süreli kullanımı yorgunluk, bilişsel bozulma, ajitasyon ve görsel rahatsızlık gibi istenmeyen yan etkilere neden olabilmektedir (De Bellis vd., 2025).

Nöbet kontrolünün sınırlı kalması, epilepsinin altında yatan karmaşık mekanizmaların tam olarak anlaşılamamasından kaynaklanmaktadır. Bu noktada yeni patofizyolojik hipotezler, özellikle immün sistem, nöroenflamasyon ve mikrobiyota gibi faktörlere odaklanmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, bağırsak mikrobiyotasının epilepsinin gelişiminde ve seyrinde önemli rol oynayabileceği ileri sürülmüştür (Ding vd., 2021; Yang vd., 2024).

Sonuç olarak epilepsi, yaygınlığı, tedaviye direnç oranı ve çok boyutlu etkileri nedeniyle yalnızca nörologları değil, immünologlar, beslenme bilimcileri ve mikrobiyologlar gibi birçok farklı disiplinden araştırmacının ilgisini çeken kompleks bir hastalıktır. Bu çok disiplinli yaklaşım, hastalığın biyolojik temelini daha iyi anlamak ve bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımları geliştirmek için büyük önem taşımaktadır (Ding vd., 2021).

3. Bağırsak Mikrobiyotası ve Epilepsi Arasındaki İlişki

Bağırsak mikrobiyotası, insan gastrointestinal sisteminde bulunan çok sayıda mikroorganizmanın oluşturduğu dinamik bir ekosistemdir. Bu ekosistem; bakteriler, arkea, virüsler ve mantarlardan oluşmakta ve bireyin genetik yapısı, doğum şekli, beslenme alışkanlıkları, antibiyotik kullanımı ve çevresel etkenlerle şekillenmektedir (Garcia-Bonete vd., 2023). Mikrobiyota, yalnızca gastrointestinal sistemin sağlığıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda bağışıklık, endokrin ve sinir sistemlerinin düzenlenmesinde de kritik roller üstlenmektedir. Bu çok yönlü etkileşim, sinirsel, hormonal, immünolojik ve metabolik yollar aracılığıyla gerçekleşmekte ve insan sağlığı üzerinde sistemik etkiler oluşturmaktadır (Carabotti vd., 2015). Bu bağlamda, MBB, MSS ile bağırsak mikrobiyotası arasında çift yönlü bir iletişim ağı olarak tanımlanmakta ve nörolojik hastalıkların patofizyolojisinde önemli bir rol oynamaktadır (Morais vd., 2021).

Mikrobiyota-bağırsak-beyin ekseni, bağırsak mikrobiyotası ile MSS arasında vagus siniri, enterik sinir sistemi, bağışıklık sistemi, mikrobiyal metabolitler (KZYA'lar) ve hormonal yollar aracılığıyla çift yönlü iletişim sağlayan bir sistemdir. Bu eksen, beyin gelişimi, nörotransmitter üretimi ve nöroinflamasyon süreçlerini etkileyerek nörolojik hastalıkların patogenezinde önemli rol oynamaktadır (Morais vd., 2021).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, bağırsak mikrobiyotasının epilepsiyle olan ilişkisine dair dikkat çekici bulgular ortaya koymuştur. Özellikle dirençli epilepsi hastalarında mikrobiyal çeşitliliğin azaldığı ve belirli türlerde dengesizlik (disbiyozis) meydana geldiği bildirilmiştir (Arulsamy vd., 2020; Chatzikonstantinou vd., 2021). Yapılan çalışmalarda bağırsak mikrobiyota dizileme analizi ile epilepsi hastalarında Proteobacteria, Verrucomicrobia, Fusobacteria ve Firmicutes düzeylerinin arttığını, Actinobacteria ve Bacteroidetes düzeylerinin ise azaldığını ortaya konmuştur (Arulsamy vd., 2020; Kundu vd., 2023).

Bu tür değişikliklerin epileptogenezle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bağırsak mikrobiyotası tarafından üretilen KZYA'lar (özellikle asetat, propiyonat ve bütirat) bağırsak ve kan beyin bariyerlerinin işlevini güçlendirerek nöroinflamasyonu azaltma eğilimindedir; bu da nörolojik uyaranlara karşı nöronların aşırı uyarılabilirliğini düşürerek epil¬eptojenezi ve nöbet duyarlılığını etkileyebilmektedir. Epilepsi hastalarında bu SCFA'ların düzeyinin azalması, nöroinflamasyonun artmasına ve nöbet eşiğinin düşmesine yol açabilmektedir (Kim vd., 2022).

Ayrıca, mikrobiyotanın nörotransmitter sistemlerini etkileyebileceği bilinmektedir. Örneğin bazı Lactobacillus ve Bifidobacterium türleri GABA (gamma-aminobutirik asit) üretimini desteklerken, disbiyozis durumunda bu üretimin azaldığı ve glutamaterjik sistemin baskın hale geldiği raporlanmıştır. Bu durum, epilepside sık görülen eksitatör/inhibitör dengesizliği ile doğrudan ilişkili bulunmuştur (Strandwitz vd., 2019).

Hayvan çalışmaları da bu ilişkiyi destekler niteliktedir. Germ-free (mikrobiyotadan arındırılmış) fare modellerinde nöbet eşiğinin düştüğü, proinflamatuar sitokinlerin arttığı ve epileptik aktivitenin daha belirgin olduğu gösterilmiştir (Olson vd., 2018). Ayrıca bu farelere sağlıklı farelerden alınan mikrobiyota transplantasyonu yapıldığında nöbetlerin azaldığı görülmüştür. Tersine, epileptik farelerin mikrobiyotası ile transplantasyon yapılan farelerde nöbet sıklığında artış gözlenmiştir (Mengoni vd., 2021).

Cui ve arkadaşlarının (2022) yürüttüğü çalışmada, epilepsi hastalarından ve sağlıklı bireylerden alınan dışkı örnekleri karşılaştırılmış ve iki grup arasında anlamlı mikrobiyal kompozisyon farklılıkları saptanmıştır. Epilepsi grubunda, mikrobiyal alfa çeşitliliği (bireyin bağırsak mikrobiyotasındaki tür zenginliği ve çeşitliliği) sağlıklı kontrollere kıyasla belirgin şekilde azalmıştır. Ayrıca, epilepsi hastalarında Proteobacteria ve Actinobacteriota gibi potansiyel olarak proinflamatuar özellikler taşıyan bakteri filumlarının göreli bolluğunda artış gözlenmiştir. Ancak, çalışmanın sınırlı örneklem büyüklüğü ve gözlemsel (non-intervansiyonel) tasarımı, elde edilen bulguların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Bu sonuçlar, epilepsi hastalarında bağırsak mikrobiyotasında disbiyozis olabileceğine işaret etmekle birlikte, bu ilişkinin nedenselliğini değerlendirebilmek için daha büyük örneklemli, uzunlamasına ve müdahale temelli prospektif insan çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Cui vd., 2022).

Sonuç olarak, mevcut kanıtlar epilepside bağırsak mikrobiyotasının bozulmasının sadece bir sonuç değil, aynı zamanda nöbetlerin nedenlerinden biri olabileceğini ortaya koymaktadır. Disbiyozun nöroinflamasyonu tetikleyerek, nörotransmitter üretimini bozarak ve bağışıklık sistemini aktive ederek epileptogenez sürecini doğrudan etkilediği düşünülmektedir. Bu bulgular, epilepsi tedavisinde mikrobiyotayı hedef alan yeni terapötik stratejilerin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Cui vd., 2022; Olson vd., 2018).

4. Ketojenik Diyet ve Mikrobiyota Etkileşimi

Ketojenik diyet, yüksek yağ, düşük karbonhidrat ve yeterli protein içeriğine sahip bir beslenme modeli olup, özellikle ilaca dirençli epilepsi hastalarında uzun yıllardır alternatif bir tedavi stratejisi olarak kullanılmaktadır (Kossoff vd., 2018). Bu diyetin temel amacı, vücudu ketozis durumuna sokarak enerji kaynağı olarak glikoz yerine keton cisimciklerinin kullanılmasını sağlamaktır. Ketojenik diyetin epilepsideki antikonvülsan etkisinin sadece metabolik değişikliklere değil, aynı zamanda bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkilerine de bağlı olabileceği son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Li vd., 2024; Olson vd., 2018).

Ketojenik diyetin, bağırsak mikrobiyotasında belirgin kompozisyonel değişikliklere yol açtığı ve bu değişimlerin nöbet aktivitesini modüle edebilecek metabolik ve immünolojik süreçleri etkilediği bilinmektedir. Son dönemde yapılan çeşitli çalışmalarda, KD uygulaması sonrasında özellikle Akkermansia ve Parabacteroides türlerinin bolluğunda artış görüldüğü bildirilmiştir (Newell vd., 2016; Xie vd., 2017; Lindefeldt vd., 2019). Olson ve arkadaşlarının (2018) fare modelleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda, KD uygulanan gruplarda Akkermansia muciniphila ve Parabacteroides merdae türlerinin anlamlı şekilde arttığı; buna karşılık KZYA üreticileri olan Bifidobacterium, Eubacterium rectale ve Dialister türlerinin azaldığı gösterilmiştir. Bu mikrobiyal değişikliklerin, nöroinflamatuar yanıtların baskılanması ve nörotransmitter dengesinin düzenlenmesi gibi yollarla nöbet sıklığını azalttığı rapor edilmiştir (Olson vd., 2018). Önceki araştırmalar, Akkermansia muciniphila'nın faydalı etkilerinin, KD tüketimi sonrasında KZYA ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Paoli vd., 2019; Attaye vd., 2021).

Bu bulgular, ketojenik diyetin mikrobiyota aracılığıyla konak bağışıklık sisteminde değişikliklere neden olabileceğini ve bunun nörolojik hastalıkların seyrinde etkili olabileceğini düşündürmektedir (Ang vd., 2020). İnsan çalışmalarında da benzer bulgular elde edilmiştir. Bazı çalışmalar, dirençli epilepsili çocuklarda KD uygulaması sonrasında alfaçeşitliliğin azaldığını, Bacteroidetes filumunun bolluğunun arttığını, buna karşılık Proteobacteria ve Firmicutes filumlarının azaldığını göstermiştir (Xie vd., 2017; Zhang vd., 2018).

Sonuç olarak, ketojenik diyet yalnızca metabolik değil, mikrobiyal düzeyde de epilepsiye karşı koruyucu mekanizmaları aktive etmektedir. Mikrobiyotadaki bu değişikliklerin nöbet kontrolünde rol oynadığına dair artan sayıda çalışma, KD'yi mikrobiyota temelli terapilerin bir parçası olarak konumlandırmaktadır. Bu bulgular, epilepsi tedavisinde kişiselleştirilmiş, mikrobiyota duyarlı diyet yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından oldukça değerlidir (Li vd., 2024).

5. Probiyotikler, Prebiyotikler ve Fekal Mikrobiyota Transplantasyonu: Terapötik Yaklaşımlar

Epilepside bağırsak mikrobiyotasındaki bozulmanın, nöroinflamatuar süreçler ve nörotransmitter sistemleri aracılığıyla nöbet eşiğini etkileyebileceği gösterilmiştir. Bu mekanizmalar doğrultusunda, mikrobiyotaya yönelik terapötik yaklaşımlar potansiyel bir tedavi stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda probiyotikler, prebiyotikler ve daha ileri bir yaklaşım olarak fekal mikrobiyota transplantasyonu (FMT) epilepsi tedavisinde umut vadeden tamamlayıcı stratejiler olarak araştırılmaktadır (Li vd., 2024).

5.1. Probiyotikler ve Prebiyotikler

Probiyotikler, uygun şekil ve miktarlarda verildiğinde konak sağlığına faydalı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalardır. Bu bakteriler esas olarak Lactobacillus, Bifidobacterium, Lactococcus, Saccharomycetes ve çeşitli enzimlerden oluşmaktadır. Bu mikroorganizmalar, bağırsak epitel bütünlüğünü koruyarak inflamasyonu baskılamakta ve GABA gibi inhibitör nörotransmitterlerin üretimini artırmaktadır (Kaur vd., 2023).

Bağırsak mikrobiyotası ile beyin arasındaki ilişki nedeniyle, probiyotikler MSS ile ilişkili hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde de kullanılmaktadır. Gözlemsel bir çalışma, rotavirüs enfeksiyonu geçiren yenidoğanların sağlıklı kontrollere kıyasla neonatal nöbet geçirme riskinin daha yüksek olduğunu ve doğumdan hemen sonra uygulanan probiyotik tedavisinin bu riski azaltabildiğini göstermiştir (Yeom vd., 2019). Ayrıca, probiyotiklerin destek tedavi olarak kullanılması, ilaçlara dirençli epilepsi hastalarında nöbet kontrolünü ve yaşam kalitesini belirgin biçimde iyileştirebilmektedir (Gomez-Eguilaz vd., 2018). Ağız yoluyla uygulanan probiyotik tedavisi, pentilentetrazol ile indüklenen deneysel kindling epilepsi modelinde nöbet şiddetini anlamlı düzeyde azaltmış ve mekânsal öğrenme ile hafızayı iyileştirmiştir (Bagheri vd., 2019). Bu sonuçlar, probiyotik tedavisinin epilepsinin önlenmesi ve tedavisinde umut vadeden bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.

Prebiyotikler ise sindirilemeyen besin bileşenleri olup, özellikle Bifidobacteria ve Lactobacillus gibi bazı bağırsak mikroorganizmalarının büyümesini ve aktivitesini seçici olarak uyararak bağırsak mikrobiyotasını iyileştiren besin bileşenleridir (özellikle fruktooligosakkaritler ve galaktooligosakkaritler) (Chen & Quigley,

2014). Bu destek, SCFA üretimini artırarak bağırsak-beyin ekseninin daha stabil çalışmasını sağlamaktadır. Prebiyotiklerin epilepsiye özel klinik çalışmaları oldukça sınırlıdır, ancak SCFA üretiminin epilepsi üzerindeki olumlu etkileri göz önüne alındığında, bu bileşiklerin terapötik rolünün araştırılmaya değer olduğu açıktır (Li vd., 2024).

5.2. Fekal Mikrobiyota Transplantasyonu

Fekal mikrobiyota transplantasyonu, sağlıklı bir donörden elde edilen dışkı materyalinin, alıcı bireyin gastrointestinal sistemine transfer edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntem, bağırsak mikrobiyotasını doğrudan modüle etmeyi ve mikrobiyal dengeyi yeniden kurarak terapötik etki sağlamayı amaçlayan yenilikçi bir tedavi yaklaşımıdır. Bu yaklaşımın tekrarlayan Clostridium difficile enfeksiyonlarının tedavisinde etkili olduğu kanıtlanmıştır (Kelly vd., 2016). Epilepsi tedavisinde FMT uygulamasını değerlendiren bir çalışmada, 17 yıllık epilepsi öyküsü olan ve Crohn hastalığı tanılı 22 yaşındaki bir kadının FMT tedavisi sonrası 20 ay boyunca nöbet geçirmediği ve AEİ kullanmadan remisyon sağladığı bildirilmiştir. Aynı zamanda bağırsak semptomlarında da iyileşme gözlenmiştir (He vd., 2017). Bu bulgular, FMT'nin epilepsi tedavisinde umut vadeden bir yaklaşım olabileceğini göstermektedir. Ancak, FMT'nin güvenliği halen tam olarak netlik kazanmamıştır. DeFilipp ve arkadaşları, FMT sonrası iki hastada geniş spektrumlu beta-laktamaz (ESBL) üreten Escherichia coli kaynaklı ağır bakteriyemi geliştiğini ve bu hastalardan birinin yaşamını kaybettiğini bildirmiştir (DeFilipp vd., 2019). Her iki vakada da bakteriyeminin kaynağının donör dışkısından geçen ESBL üreten E. coli olduğu saptanmıştır. Bu nedenle, sağlıklı ve uygun donörlerin dikkatli bir şekilde seçilmesi oldukça önemlidir (Kassam vd., 2019).

Hayvan modellerinde bağırsak mikroorganizmalarını ve etki mekanizmalarını belirlemek görece kolay olmakla birlikte, bu bulguların insanlara doğrudan aktarılması oldukça zordur. İnsan çalışmalarında, hastalar ile sağlıklı bireyler arasında bağırsak mikrobiyotasında farklılıklar gözlemlenmiş olsa da, nedensel ilişkiler henüz tam olarak ortaya konulamamıştır. Ayrıca, yaş, etnik köken ve beslenme alışkanlıklarındaki değişkenlikler nedeniyle çalışmalar arasında tutarsız sonuçlar rapor edilmiştir. Mikrobiyota kompozisyonu genellikle DNA temelli yöntemler olan 16S ribozomal RNA genlerinin yeni nesil dizileme teknikleri veya tüm genom shotgun dizilemesi ile analiz edilmiştir; bu yöntemler mikrobiyal fonksiyonlara ilişkin çıkarımlar yapılmasına da olanak sağlamaktadır (Ranjan vd., 2016). Son dönemde, dışkı ve serum örneklerinde mikrobiyotaya ait metabolitlerin belirlenmesi amacıyla metabonomik analizlerin kullanımı yaygınlaşmış olup, bu yaklaşım mikrobiyota araştırmalarında geleceğe yönelik umut verici bir araç olarak değerlendirilmektedir (Zhao vd., 2017).

6. Sonuç ve Öneriler

Epilepsi, nörolojik, immünolojik ve metabolik mekanizmaların etkileşimiyle ortaya çıkan, çok boyutlu bir hastalıktır. Antiepileptik ilaçlara dirençli olgular, yeni tedavi yaklaşımlarına duyulan gereksinimi artırmaktadır. Son dönemdeki çalışmalar, bağırsak mikrobiyotası ile epilepsi arasında çift yönlü bir ilişki olduğunu ve bu etkileşimin MBB ekseni aracılığıyla nöbet eşiğini etkileyebildiğini ortaya koymuştur.

Disbiyozis durumlarında, KZYA üretiminde azalma ve proinflamatuar etkilerle ilişkilendirilen mikrobiyal türlerin artışı, epileptogenez sürecini destekleyebilir. Ketojenik diyetin mikrobiyotayı modüle ederek antiepileptik etki gösterdiği, ayrıca probiyotik, prebiyotik ve FMT gibi müdahalelerin de olumlu etkiler sağladığı bildirilmiştir. Ancak bu bulguların klinik uygulamaya yansıtılabilmesi için bireyler arası mikrobiyota farklılıklarını dikkate alan, geniş örneklemli ve kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonel analizinin tanı ve tedavi süreçlerine entegre edilmesi, kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Bu bağlamda, mikrobiyotaya yönelik stratejiler epilepsi yönetiminde tamamlayıcı bir potansiyel taşımaktadır ve disiplinler arası iş birliği ile desteklenmelidir.

Çıkar Çatışması

Çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek

Çalışmanın herhangi bir finansal desteği bulunmamaktadır.

Yazar Katkıları

Bu çalışmanın tüm bilimsel ve yazınsal süreçleri sorumlu yazar Meliha Çavdar tarafından yürütülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmada bilimsel görüş ve geri bildirimleriyle katkı sağlayan tüm akademisyenlere teşekkür ederim.

Kaynakça

Ang, Q. Y., Alexander, M., Newman, J. C., Tian, Y., Cai, J., Upadhyay, V., Turnbaugh, J. A., Verdin, E., Hall, K. D., Leibel, R. L., Ravussin, E., Rosenbaum, M., Patterson, A. D., & Turnbaugh, P. J. (2020). Ketogenic Diets Alter the Gut Microbiome Resulting in Decreased Intestinal Th17 Cells. *Cell,* 181(6), 1263–1275.e16. https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.04.027

Arulsamy, A., Tan, Q. Y., Balasubramaniam, V., O'Brien, T. J., & Shaikh, M. F. (2020). Gut Microbiota and Epilepsy: A Systematic Review on Their Relationship and Possible Therapeutics. *ACS chemical neuroscience,* 11(21), 3488–3498. https://doi.org/10.1021/acschemneuro.0c00431

Attaye, I., van Oppenraaij, S., Warmbrunn, M. V., & Nieuwdorp, M. (2021). The role of the gut microbiota on the beneficial effects of ketogenic diets. *Nutrients* 14:191. doi: 10.3390/nu14010191

Bagheri, S., Heydari, A., Alinaghipour, A., & Salami, M. (2019). Effect of probiotic supplementation on seizure activity and cognitive performance in ptz-induced chemical kindling. *Epilepsy Behav.* 95, 43–50. doi: 10.1016/j.yebeh.2019.03.038

Blanquet, L., Serra, D., Marrinhas, C., & Almeida, A. (2025). Exploring gut microbiota-targeted therapies for canine idiopathic epilepsy. *International Journal of Molecular Sciences,* 26(4), 1742. https://doi.org/10.3390/ijms26041742

Carabotti, M., Scirocco, A., Maselli, M. A., & Severi, C. (2015). The gut-brain axis: interactions between enteric microbiota, central and enteric nervous systems. *Annals of gastroenterology,* 28(2), 203–209.

Chatzikonstantinou, S., Gioula, G., Kimiskidis, V. K., McKenna, J., Mavroudis, I., & Kazis, D. (2021). The gut microbiome in drug-resistant epilepsy. *Epilepsia open,* 6(1), 28–37. https://doi.org/10.1002/epi4.12461

Chen, W. C., & Quigley, E. M. (2014). Probiotics, prebiotics & synbiotics in small intestinal bacterial overgrowth: opening up a new therapeutic horizon! Indian J. *Med. Res.* 140, 582–584

Cui, C., Wang, Y., Gong, X., Zhang, L., Wang, L., Xu, H., & Liu, S. (2022). Gut microbiome distinguishes patients with epilepsy from healthy controls. *Frontiers in Microbiology,* 12, 696632. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.696632

De Bellis, M., d'Orsi, G., Rubino, E. M., Arigliano, C., Carella, M., Sciruicchio, V., Liantonio, A., De Luca, A., & Imbrici, P. (2025). Adverse effects of antiseizure medications: a review of the impact of pharmacogenetics and drugs interactions in clinical practice. *Frontiers in pharmacology,* 16, 1584566. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1584566

DeFilipp, Z., Bloom, P. P., Torres, S. M., Mansour, M. K., Sater, M., Huntley, M. H., … Bajaj, J. S. (2019). Drug-resistant E. coli bacteremia transmitted by fecal microbiota transplant. *The New England Journal of Medicine,* 381(21), 2043–2050. https://doi.org/10.1056/NEJMoa191043

Ding, X., Wang, X., Liu, D., Wang, C., Wu, Y., Wang, X., & Wang, H. (2021). Microbiota–gut–brain axis and epilepsy: A review on mechanisms and potential therapeutic perspectives. *Frontiers in Immunology,* 12, 701898. https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.701898

Fisher, R. S., Acevedo, C., Arzimanoglou, A., Bogacz, A., Cross, J. H., Elger, C. E., Engel, J., Jr, Forsgren, L., French, J. A., Glynn, M., Hesdorffer, D. C., Lee, B. I., Mathern, G. W., Moshé, S. L., Perucca, E., Scheffer, I. E., Tomson, T., Watanabe, M., & Wiebe, S. (2014). ILAE official report: a practical clinical definition of epilepsy. *Epilepsia,* 55(4), 475–482. https://doi.org/10.1111/epi.12550

Garcia-Bonete, M. J., Rajan, A., Suriano, F., & Layunta, E. (2023). The Underrated Gut Microbiota Helminths, Bacteriophages, Fungi, and Archaea. *Life (Basel, Switzerland),* 13(8), 1765. https://doi.org/10.3390/life13081765

Gomez-Eguilaz, M., Ramon-Trapero, J. L., Perez-Martinez, L., & Blanco, J. R. (2018). The beneficial effect of probiotics as a supplementary treatment in drug-resistant epilepsy: a pilot study. *Benef. Microbes* 9, 875–881. doi: 10.3920/BM2018.0018

Guo, C., Huo, Y. J., Li, Y., Han, Y., & Zhou, D. (2022). Gut-brain axis: Focus on gut metabolites short-chain fatty acids. *World journal of clinical cases,* 10(6), 1754–1763. https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i6.1754

He, Z., Cui, B. T., Zhang, T., Li, P., Long, C. Y., Ji, G. Z., … Zhang, F. M. (2017). Fecal microbiota transplantation cured epilepsy in a case with Crohn's disease: The first report. *World Journal of Gastroenterology,* 23(19), 3565–3568. https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i19.3565

Kassam, Z., Dubois, N., Ramakrishna, B., Ling, K., Qazi, T., Smith, M., … Allegretti, J. R. (2019). Donor screening for fecal microbiota transplantation. *The New England Journal of Medicine,* 381(21), 2070–2072. https://doi.org/10.1056/NEJMc1913670

Kaur, S., Sharma, P., Mayer, M. J., Gänzle, M., Basu, S., Nandanwar, H., Tomar, S. K., & Kaur, G. (2023). Beneficial effects of GABA-producing potential probiotic Limosilactobacillus fermentum L18 of human origin on intestinal permeability and human gut microbiota. *Microbial Cell Factories,* 22, 256. https://doi.org/10.1186/s12934-023-02264-2

Kelly, C. R., Khoruts, A., Staley, C., Sadowsky, M. J., Abd, M., Alani, M., … Brandt, L. J. (2016). Effect of fecal microbiota transplantation on recurrence in multiply recurrent Clostridium difficile infection: A randomized trial. *Annals of Internal Medicine,* 165(9), 609–616. https://doi.org/10.7326/M16-0271

Kim, S., Park, S., Choi, T. G., & Kim, S. S. (2022). Role of Short Chain Fatty Acids in Epilepsy and Potential Benefits of Probiotics and Prebiotics: Targeting "Health" of Epileptic Patients. Nutrients, 14(14), 2982. https://doi.org/10.3390/nu14142982

Kundu, S., Nayak, S., Rakshit, D., Singh, T., Shukla, R., Khatri, D. K., & Mishra, A. (2023). The microbiome-gut-brain axis in epilepsy: pharmacotherapeutic target from bench evidence for potential bedside applications. *European journal of neurology,* 30(11), 3557–3567. https://doi.org/10.1111/ene.15767

Kwan, P., & Brodie, M. J. (2000). Early identification of refractory epilepsy. *The New England journal of medicine,* 342(5), 314–319. https://doi.org/10.1056/NEJM200002033420503

Li, Q., Gu, Y., Liang, J., Yang, Z., & Qin, J. (2024). A long journey to treat epilepsy with the gut microbiota. *Frontiers in cellular neuroscience,* 18, 1386205. https://doi.org/10.3389/fncel.2024.1386205

Lindefeldt, M., Eng, A., Darban, H., Bjerkner, A., Zetterström, C. K., Allander, T., Andersson, B., Borenstein, E., Dahlin, M., & Prast-Nielsen, S. (2019). The ketogenic diet influences taxonomic and functional composition of the gut microbiota in children with severe epilepsy. *NPJ biofilms and microbiomes,* 5(1), 5. https://doi.org/10.1038/s41522-018-0073-2

Mengoni, F., Salari, V., Kosenkova, I., Tsenov, G., Donadelli, M., Malerba, G., Bertini, G., Del Gallo, F., & Fabene, P. F. (2021). Gut microbiota modulates seizure susceptibility. *Epilepsia,* 62(9), e153–e157. https://doi.org/10.1111/epi.17009

Morais, L. H., Schreiber, H. L., & Mazmanian, S. K. (2021). The gut microbiota–brain axis in behavior and brain disorders. *Nature Reviews Microbiology,* 19(4), 241–255. https://doi.org/10.1038/s41579-020-00460-0

Mousavi, S. M., Younesian, S., & Ejtahed, H.-S. (2025). The alteration of gut microbiota composition in patients with epilepsy: A systematic review and meta-analysis. *Microbial Pathogenesis,* 199, 107266.

Nakhal, M., Fares, N., Chokr, M., & Kobeissy, F. (2024). The microbiota–gut–brain axis and neurological disorders: From mechanism to therapeutic opportunity. *Life,* 14(10), 1234. https://doi.org/10.3390/life14101234

Newell, C., Bomhof, M. R., Reimer, R. A., Hittel, D. S., Rho, J. M., & Shearer, J. (2016). Ketogenic diet modifies the gut microbiota in a murine model of autism spectrum disorder. *Mol. Autism.* 7:37. doi: 10.1186/s13229-016-0099-3

Olson, C. A., Vuong, H. E., Yano, J. M., Liang, Q. Y., Nusbaum, D. J., & Hsiao, E. Y. (2018). The Gut Microbiota Mediates the Anti-Seizure Effects of the Ketogenic Diet. *Cell,* 174(2), 497. https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.06.051

Paoli, A., Mancin, L., Bianco, A., Thomas, E., Mota, J. F., & Piccini, F. (2019). Ketogenic diet and microbiota: friends or enemies? *Genes* 10:534. doi: 10.3390/genes10070534

Ranjan, R., Rani, A., Metwally, A., Mcgee, H. S., & Perkins, D. L. (2016). Analysis of the microbiome: advantages of whole genome shotgun versus 16s amplicon sequencing. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 469, 967–977. doi: 10.1016/j.bbrc.2015.12.083

Rheims, S., Sperling, M. R., & Ryvlin, P. (2022). Drug-resistant epilepsy and mortality-Why and when do neuromodulation and epilepsy surgery reduce overall mortality. *Epilepsia,* 63(12), 3020–3036. https://doi.org/10.1111/epi.17413

Strandwitz, P., Kim, K. H., Terekhova, D., Liu, J. K., Sharma, A., Levering, J., McDonald, D., Dietrich, D., Ramadhar, T. R., Lekbua, A., Mroue, N., Liston, C., Stewart, E. J., Dubin, M. J., Zengler, K., Knight, R., Gilbert, J. A., Clardy, J., & Lewis, K. (2019). GABA-modulating bacteria of the human gut microbiota. *Nature microbiology,* 4(3), 396–403. https://doi.org/10.1038/s41564-018-0307-3

World Health Organization. (2023). *Epilepsy: A public health imperative.* https://www.who.int/publications/i/item/epilepsy (29.10.2025)

Türkiye Epilepsi Derneği. (2021). Epilepsi klinik protokolü. T.C. Sağlık Bakanlığı.
https://turkepilepsi.org.tr/epilepsiData/Uploads/files/epilepsi-klinik-protokolu.pdf (29.10.2025)

Xie, G., Zhou, Q., Qiu, C. Z., Dai, W. K., Wang, H. P., Li, Y. H., Liao, J. X., Lu, X. G., Lin, S. F., Ye, J. H., Ma, Z. Y., & Wang, W. J. (2017). Ketogenic diet poses a significant effect on imbalanced gut microbiota in infants with refractory epilepsy. *World journal of gastroenterology,* 23(33), 6164–6171. https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i33.6164

Yang, W., Cui, H., Wang, C., Wang, X., Yan, C., & Cheng, W. (2024). A review of the pathogenesis of epilepsy based on the microbiota-gut-brain-axis theory. *Frontiers in molecular neuroscience,* 17, 1454780. https://doi.org/10.3389/fnmol.2024.1454780

Yang, R., Liu, J., Diao, L., Wei, L., Luo, H., & Cai, L. (2024). A meta-analysis of the changes in the gut microbiota in patients with intractable epilepsy compared to healthy controls. *Journal of Clinical Neuroscience,* 120, 213-220. https://doi.org/10.1016/j.jocn.2024.01.023

Yeom, J. S., Park, J. S., Kim, Y. S., Kim, R. B., Choi, D. S., Chung, J. Y., & Lee, J. H. (2019). Neonatal seizures and white matter injury: Role of rotavirus infection and probiotics. *Brain and Development*, 41(1), 19–28. https://doi.org/10.1016/j.braindev.2018.07.001

Zhang, Y., Zhou, S., Zhou, Y., Yu, L., Zhang, L., & Wang, Y. (2018). Altered gut microbiome composition in children with refractory epilepsy after ketogenic diet. *Epilepsy Res.* 145, 163–168. doi: 10.1016/j.eplepsyres.2018.06.015

Zhao, L., Ni, Y., Su, M., Li, H., Dong, F., Chen, W., Wei, R., Zhang, L., Guiraud, S. P., Martin, F. P., Rajani, C., Xie, G., & Jia, W. (2017). High Throughput and Quantitative Measurement of Microbial Metabolome by Gas Chromatography/Mass Spectrometry Using Automated Alkyl Chloroformate Derivatization. *Analytical chemistry,* 89(10), 5565–5577. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.7b00660

GLOHEALTH JOURNAL

DERLEME MAKALE

Makale Geliş Tarihi: 23.11.2025 Makale Kabul Tarihi: 16.12.2025 DOI: 10.5281/zenodo.18049647

Atıf Bilgisi: Sarıtepe, Y. (2025). AB coğrafi işaretli Malatya kayısısının (prunus armeniaca l.) fonksiyonel bir bileşeni olarak sorbitol. *Glohealth Journal*, 1(2), 115–128.

AB Coğrafi İşaretli Malatya Kayısısının (*Prunus armeniaca* L.) Fonksiyonel Bir Bileşeni Olarak Sorbitol

Sorbitol as a Functional Component of the EU Registered Malatya Apricot (*Prunus armeniaca* L.)

Yüksel Sarıtepe[1]*

[1]İnönü Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, yuksel.saritepe@inonu.edu.tr, 0000-0002-1042-7062
*Sorumlu yazar: Yüksel Sarıtepe, yuksel.saritepe@inonu.edu.tr

Özet

Malatya kayısısı (*Prunus armeniaca* L.), ülkemizin AB coğrafi işaretli önemli bir tarımsal ihracat ürünü olup, taze ve kuru formlarıyla yaygın olarak tüketilmektedir. Malatya kayısısı, genellikle diyet lifi, potasyum ve provitamin A (β-karoten) içeriği ile öne çıkmaktadır. Bu derleme makalesi, kayısının beslenme profilinde daha az dikkat çeken, ancak fizyolojik açıdan önemli bir bileşen olan sorbitole odaklanmaktadır. Sorbitol, *Prunus* cinsi meyvelerde doğal olarak bulunan bir poliol (şeker alkolü) olup, özellikle kurutma işlemi sırasında konsantrasyonu belirgin şekilde artmaktadır. Bu artan sorbitol miktarı, kuru kayısının hem teknolojik özelliklerini (tekstür, su tutma ve raf ömrü) hem de fonksiyonel niteliklerini doğrudan etkilemektedir. Malatya kayısılarının sorbitol içerikleri farklı yörelere ait kayısılara göre daha yüksek orandadır. Çalışmamız, Malatya kayısısındaki sorbitolün gıda bilimi, işleme teknolojileri, gastrointestinal sağlık (laksatif etki) ve glisemik kontrol üzerindeki potansiyelini güncel literatür ışığında kapsamlı bir şekilde incelemeyi ve tartışmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Malatya kayısısı; sorbitol; kurutulmuş meyve; glisemik indeks; fonksiyonel gıda; sindirim sağlığı.

Abstract

Malatya apricot (*Prunus armeniaca* L.) is an important agricultural export product of our country with an EU registered, and is widely consumed in both fresh and dried forms. Malatya apricot is generally known for its dietary fiber, potassium, and provitamin A (β-carotene) content. This review article focuses on sorbitol, a component that receives less attention in the nutritional profile of apricots but is physiologically important. Sorbitol is a polyol (sugar alcohol) naturally found in Prunus fruits, and its concentration increases significantly, especially during the drying process. This increased sorbitol content directly affects both the technological properties (texture, water holding, and shelf life) and functional qualities of dried apricots. The sorbitol content of Malatya apricots is higher than that of apricots from other regions. Our study aims to comprehensively examine and discuss the potential of sorbitol in Malatya apricots in terms of food science, processing technologies, gastrointestinal health (laxative effect), and glycemic control in light of the current literature.

Keywords: Malatya apricot; sorbitol; dried fruit; glycemic index; functional food; digestive health.

1. Giriş

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.), Rosales grubunun *Rosaceae* familyasının *Prunoidae* alt familyasının *Prunus* türü altında sınıflandırılır (Hacıseferoğulları vd., 2007). Dünyada ticari olarak en çok satılan ve lezzetli bir meyve olan kayısı, önemli ve sağlıklı meyvelerden biridir (Erdoğan & Kartal, 2011). 2023 FAO verilerine göre, dünya çapında üretilen 3.728.155 ton kayısının 750.000 tonluk kısmı Türkiye'de üretilmektedir. Türkiye, toplam kayısı üretiminin yaklaşık %20'sini gerçekleştirmektedir (FAOSTAT, 2023). Kayısı, polifenoller, karotenoidler, yağ asitleri, uçucu maddeler ve polisakkaritler gibi bir dizi ana ikincil metabolitleri bünyesinde barındırmaktadır. Kayısının antioksidan aktivitesinin oldukça yüksek olması ve zengin polifenolik içeriği nedeniyle, tüketilmesinin insan sağlığı için yararlı olduğu öne sürülmüştür (Erdoğan & Kartal, 2011). Besin değeri ve tıbbi nitelikleri açısından "altın meyve" olarak anılan kayısı, yüksek konsantrasyonda içerdiği biyoaktif fitokimyasallar nedeniyle fonksiyonel bir gıda olarak değerlendirilir (Alajil vd., 2021). Kayısılar, sert çekirdekli meyveler arasında en yüksek karotenoid içeriğine sahiptir; bunu şeftali, erik ve nektarin izlerken kiraz en düşük değere sahiptir (Vinholes vd., 2016). Kayısıların tüm dünyada yetiştirilmesinin başlıca nedeni, kurutulabilen, taze olarak yenebilen ve gıda sektöründe kullanılabilen üstün kaliteli meyveler olmasıdır (Mratinić, E vd., 2011). Kayısı taze olarak tüketilmesinin yanısıra, kurutularak, reçel, meyve suyu, sos, konserve, likör, bebek maması püresi, sirke ve şarap gibi çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde kullanılabilmektedir (Zhebentyayeva vd., 2012). Kayısı, elma, armut, şeftali, nektarin, kuru erik, hurma, kuru üzüm gibi meyvelerin yanısıra bazı sebzelerde de doğal olarak bulunan sorbitol, serin ve hoş bir tada sahiptir. Ayrıca tatlandırıcı, nemlendirici, yumuşatıcı, kıvam verici ve kristalleşmeyi önleyici ajan olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Grembecka, 2015). Bir şeker alkolü olan sorbitol, Boussingault tarafından (*Rosaceae* familyasında) ilk kez 1872 yılında *Sorbus aucuparia* meyvelerinde belirlenmiştir. Daha sonra sorbitol, bu familyada birçok çeşitte tespit edilmiştir (Wallaart, 1980). Beslenme alanında, fonksiyonel gıdalara ve bu gıdaların içerdiği biyoaktif bileşenlere duyulan ilgi giderek yoğunlaşmaktadır (Al Zuhairi & Doğan, 2021). Fonksiyonel özellikleri açısından öne çıkan yerel ürünlerin, yalnızca beslenme bilimi açısından değil, aynı zamanda gastronomide yerellik, özgünlük ve sürdürülebilirlik ilkeleri kapsamında değer kazanması, Malatya kayısısını gastronomik açıdan da değerlendirilmesi gereken önemli bir besin öğesi haline getirmiştir. Gastronomi, iyi yemeği seçme, hazırlama ve yeme sanatıdır. Bu kavram; yiyecekleri keşfetme, tatma, deneyimleme, araştırma ve derinlemesine anlama süreçlerinde kullanılan tüm bilgi, beceri ve yetkinlikleri kapsar. Gastronomi alanında yerellik ürünlerin üretildiği yerle olan ilişkisini içerir. Yerellik gıda üretimi, seçimi ve tüketilmesi için gerekli kültür, geleneksel ekolojik bilgileri içine alır (Jonsson vd., 2024). Bu bağlamda, uzun yıllardır bölgede üretilen ve 2017 yılında AB coğrafi işaretiyle tescillenen Malatya kayısısı, yöresel özellikleri ve coğrafi işaretlemenin önemini gösteren önemli bir tarımsal üründür. Malatya kayısısının bu özgün yerel niteliği, içerdiği biyoaktif bileşenler arasında farklı bölge kayısılarına oranla yüksek miktarda içerdiği sorbitolün beslenme, sağlık ve gastronomik ürünlerde değerlendirilmesini daha da önemli hâle getirmektedir. Bu çalışma, sorbitolün bazı özelliklerini ve fonksiyonel gıdalardaki rolünü ortaya koymaktadır.

2. Prunus Cinsi Meyvelerde Poliol Sentezi

Şekerler, tüm bitkisel yaşam faaliyetleri için hayati öneme sahiptir. Bu moleküller, yalnızca hücresel enerji kaynağı ve yapısal bileşenler olarak değil; aynı zamanda karmaşık sinyal iletim mekanizmaları aracılığıyla bitki büyümesini ve gen ifadelerini kontrol eden sinyal molekülleri olarak da işlev görür (Yang vd., 2024). Şekerler, bitkilerde enerji ve yapı sağlamanın yanı sıra, karmaşık sinyal yolları üzerinden büyümeyi ve gen ekspresyonunu düzenleyen kritik sinyal molekülleridir (Yang vd., 2024). Sükroz, çoğu meyve ağacında fotosentezin ana taşıma ürünüdür. Kaynak dokularda sentezlenen sükroz, floem aracılığıyla depo dokulara taşınır (Yang vd., 2024). *Rosaceae* türlerinde ana fotosentez ürünü ve çözünür depolama maddesi, sorbitol taşıyıcı (SOT'lar) aracılığıyla dağıtılan sorbitoldür (Yang vd., 2024). Sorbitol, *Rosaceae* familyasında önemli bir fotosentez ürünü ve depolama maddesidir. Sorbitol taşıyıcıları (SOT'lar), sorbitolün kaynak organlardan alıcı organlara taşınmasını ve alıcı organlarda şeker birikimini kolaylaştırmada hayati bir rol oynar (Yang vd., 2024).

3. Malatya Kayısısında Sorbitol

Kayısının fitokimyasal bileşimi, kayısının çeşidi, olgunluğu, çevresel koşullar, yetiştiricilik uygulamaları, toprak yapısı ve uygulanan gübreler gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Al-Soufi, vd., 2022). Türkiye'de en çok üretilen çeşitler, Hacıhaliloğlu, Çataloğlu, Kabaaşı, Soğanoğlu, Hasanbey ve Zerdali çeşitleridir (Hacıseferoğulları vd., 2007). Malatya bölgesinde yetiştirilen bazı kayısı çeşitleri üzerine yapılan ve bir çalışmada Hacıhaliloğlu, Kabaaşı ve Hasanbey, Soğancı, Çöloğlu, Çataloğlu Hacıkız gibi Malatya yöresine ait kayısı çeşitlerinde sorbitol içeriklerininin yaş meyvede %3.24-6.64 aralığında belirlerken aynı değerler Tokaloğlu, Alyanak Iğdır ve Bursa çeşidi gibi Malatya yöresine ait olmayan kayısı çeşitlerinde % 0.31-0.91 aralığında belirlemiştir. Malatya yöresine ait kayısıların diğer kayısılardan çok daha yüksek oranda sorbitol içerdiği ifade edilmiştir (Akın, 2006). Malatya ve Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetiştirilen bazı kayısı çeşitleri üzerinde yapılan bir araştırmada, kayısı meyvesinin sakkaroz, sorbitol, fruktoz ve glikoz olmak üzere dört temel şeker bileşenine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, Malatya ve çevresinde yetiştirilen kayısı çeşitlerinde sorbitol oranının 3.9 ± 0.17 – 6.0 ± 0.27 g/100 g aralığında olduğu; Hatay, Mersin ve Iğdır'da yetiştirilen çeşitlerde ise bu oranın 0.5 ± 0.01 – 0.8 ± 0.07 g/100 g arasında değiştiği saptanmıştır. Elde edilen veriler, Malatya ve çevresinde yetiştirilen Hacıhaliloğlu, Kabaaşı ve Hasanbey çeşitlerinin, diğer bölgelerde yetiştirilen Mikado, Magador ve Şalak gibi diğer kayısı çeşitlerine kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek sorbitol içeriğine sahip olduğunu ortaya koymuştur (Sarıdaş vd., 2024). Malatya kayısılarında diğer yöre kayısılarına oranla oldukça fazla miktarda sorbitol içermesi oldukça önemli bir özellik olarak düşünülmektedir.

4. Kurutma Prosesinin Sorbitol Konsantrasyonuna Etkisi

Taze olarak tüketilen kayısılar kuru olarak da üretilmektedir. Kayısının besinsel ve ekonomik değerini artıran en önemli faktör, ticari kurutmaya uygun olmasıdır. Kurutma işlemi, meyveden su uzaklaştırılarak su aktivitesini düşürür; bu sayede mikrobiyal bozulmalar önlenir, depolama stabilitesi artar ve hasat mevsimi

dışında tüketim imkânı sağlanır. Sonuç olarak, kurutma, daha konsantre ve tercih edilen bir ürün oluşturarak kayısının hem üreticiler hem de tüketiciler açısından faydalanabilirliğini önemli ölçüde artırmaktadır (Akın, 2006). Kurutma işlemiyle kayısı yapısında bulunan su miktarının azalmasına bağlı olarak diğer bileşenlerin konsantre hale gelmesi sonucu şeker içeriklerinde önemli oranda artışlar meydana geldiğini belirlemişlerdir (Akın, 2006). Malatya'da bu amaçla iki temel kurutma yöntemi uygulanır.

4.1. Geleneksel (Gün Kurusu)

Kayısılar bu yöntemle, herhangi bir kimyasal işlem uygulanmaksızın, doğrudan güneş altında kurutularak elde edilir. Kayısılar bu yöntemle kurutulurken, rengi kahverengiye döner ve kükürtlenmiş kayısıda olduğu gibi parlak sarı bir renge sahip olmaz. Kurutulmuş kayısıların kahverengileşmesinin temel olarak polifenol oksidaz (PPO) aktivitesi ve substratları indirgen şekerler ve serbest amino asitler olan Maillard reaksiyonu (MR) sonucu olduğu genel olarak kabul edilmektedir (Hamzaoğlu vd., 2018). Diğer poliollerle ortak olarak indirgen uç grubu içermeyen sorbitol, Maillard tipi kahverengileşme reaksiyonlarına katılmamaktadır (Deis & Kearsley, 2012).

4.2. Kükürtleme (Sarı Kayısı)

Kayısılar, sarı renklerini korumak ve daha uzun bir raf ömrü elde etmek amacıyla kükürtleme işlemine tabi tutulurlar. Kayısılar, albenili altın sarısı rengini korumak için kurutulmadan önce kükürtlenir (Hamzaoğlu vd., 2018). Ek olarak, kükürt dioksit (SO_2) kurutma sırasında enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına karşı koruma sağlamasının yanısıra hem kurutma hem de depolama aşamalarında mikrobiyal bozulmayı önler (Coşkun vd., 2013). Sorbitol çoğu poliol gibi ısıya, aside ve alkali ortamlara karşı çok stabildir (Young & O'sullivan, 2011).

5. Sorbitolün Metabolizması ve Fizyolojik Etkileri

Malatya kayısısının yüksek oranda içerdiği sorbitolün prebiyotik ve laksatif işlevlerinin bulunması nedeniyle fonksiyonel bir gıda olarak değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir (Akın, 2006). Anne karnında ve erken yaşlarda alınan sorbitol bebek bağırsak florasında faydalı türlerin kolonize olmasını teşvik etmesi nedeniyle obezite ile ilgili mikrobiyotanın artması sonucu ortaya çıkacak eternal disbiyozu önleyebilir (Chu vd., 2025). Birçok şeker alkolü arasında, sorbitol sağlık üzerinde olumlu etkisi olan işlevsel, besinsel ve hastalık önleyici etkileri nedeniyle en sık tercih edilenidir (Islam & Sakaguchi, 2006). Sorbitolün beslenme açısından önemi, standart karbonhidratlardan farklı olan metabolik süreçlerine dayanmaktadır.

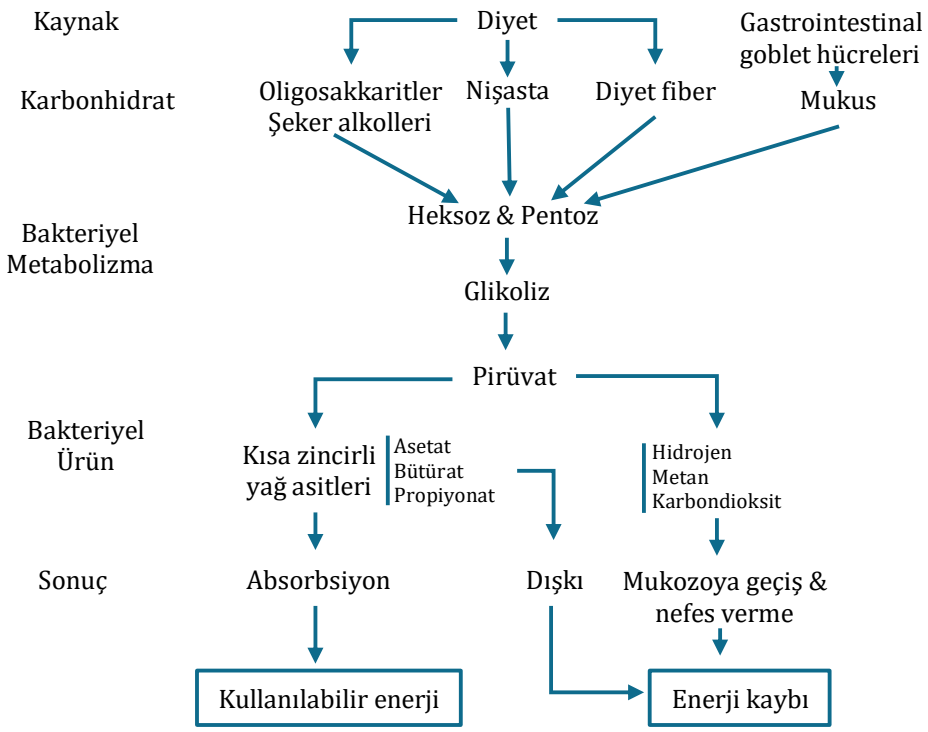
5.1. Emilim ve Metabolik Yolak

Sakkaroz, maltoz ve nişasta ince bağırsakta sindirim enzimleri tarafından, glikoz ve fruktoz gibi monosakkaritlere hidrolize edildiken sonra vücutta metabolize edilirler. Buna karşılık ağızdan alınan ve tüketilemeyen şeker ikameleri ince bağırsakta sindirim ve emilme olmaksızın kalın bağırsağa geçer ve burada bağırsak bakterileri tarafından tamamen fermente edilir. Daha sonra bağırsak bakterileri tarafından üretilen

kısa zicirli yağ asitleri alt bağırsaktan emilir ve konakçı tarafından daha fazla metabolize edilerek enerji üretilir (Şekil 1 – Şekil 2) (Oku, T., & Nakamura., 2002).



Şekil 1: *Sindirilemeyen şeker ikamelerinden enerji üretiminin yolu (Oku, T., & Nakamura., 2002).*



Şekil 2: *Kalın bağırsakta karbonhidrat metabolizması (Oku, T., & Nakamura., 2002).*

5.2. Gastrointestinal Sağlık ve Laksatif Etki

Kabızlık, yaşam kalitesini etkileyen ve yaşlı insanlarda daha fazla görülen bir sağlık problemidir (Bosshard vd., 2004). Dünya Nüfus Tahminleri raporuna göre, 2024 yılında yaklaşık %10.2'si 65 yaş ve üzerinde olan dünya nüfusunun, 2050 yılında %16'ya ve 2100 yılında ise %24'e (2.4 milyar) ulaşacağı öngörülmektedir. Ülkemizde de bu değer 2024 yılı için yaklaşık %10.2 iken bu değer, 2050 yılında % 22.1'e ve 2100 yılında %37.8 (24.7 milyon) ulaşması beklenmektedir (WPP, 2024). Kabızlığı gidermek için birçok hasta reçetesiz satılan ve yan etkisi olmayan müshil ilaçları kullanırken, ilaç tedavisi öncesinde diyet ve fiziksel aktivite gibi yaşam tarzı değişikliklerine öncelik vermek mantıklı bir seçenek olabilmektedir. Müshil etkili bazı meyve ve tohumların diyete eklenmesi, kronik kabızlığın önlenmesi ve tedavisinde tek başına veya kombinasyon halinde etkili olabilmektedir (Tabrizi vd., 2020). Kabızlık içi kullanılan geleneksel metodlarda kayısı, şeftali, üzüm ve erik gibi bazı meyveler dışkı yumuşatıcı olarak kullanılır. Fiber içeriği yüksek bazı gıdalar da osmotik laksatif etkiye sahiptir (Tabrizi vd., 2020). Kabızlık çok yaygın bir problem olmasına rağmen, şimdiye kadar yapılan tedaviler çok memnun edici değildir (Ramkumar & Rao, 2005). Sorbitolün de yer aldığı ozmotik laksatifler, zayıf şekilde emilen ya da hiç emilmeyen moleküller olup, bağırsak içeriği ile serum arasındaki izotonikliği korumak amacıyla suyu bağırsak lümenine çekerler (Foxx-Orenstein vd., 2008). Ozmotik laksatifler, hiperosmolar ajanlar olarak işlev görürler, dışkıdaki su içeriğini artırarak dışkıyı daha yumuşak bir hale getirir ve dışkının geçişini kolaylaştırır, ayrıca kolon hareketliliğini artırır (Gordon vd., 2016). Sorbitol, nem tutma özelliği sayesinde dışkıyı yumuşatabilir (Stacewicz-Sapuntzakis vd., 2001). Probiyotikler, belirli miktarlarda alındığında, temel besin değerlerinin ötesinde sağlık yararları sağlayan canlı mikroorganizmalardır (Sarmiento-Rubiano vd., 2007). Sorbitol, bazı *Lactobacillus* türleri tarafından kullanılır ve aynı zamanda insan bağırsak bifidobakterileri için tercih edilen bir karbon kaynağıdır, bu nedenle bazı kaynaklar sorbitolün bir prebiyotik olduğu görüşünü savunmaktadır. (Sarmiento-Rubiano vd., 2007). Prebiyotiklerin; patojenlerin çoğalmasının ve virülansının baskılanması, butirat üretiminin artırılması, serum lipit düzeylerinin düşürülmesi ve kalsiyum emiliminin artırılması gibi sağlığı destekleyici etkilerine ilaveten, dışkı biyokütlesi ve/veya dışkılama sıklığının artması da görülmektedir (Sarmiento-Rubiano vd., 2007).

5.3. Glisemik Kontrol ve Diyabet Yönetimi

Diyabet, ilk olarak yaklaşık M.Ö. 1500 yıllarında, Mısır kaynaklarında, aşırı idrar ile karakterize bir hastalık olarak tanımlanmıştır. Hastalığa "Diabetes" adını ilk veren kişi, M.S. 130-200 yılları arasında yaşamış olan Kapadokyalı hekim Aretaeus'tur (Turalar, 2019). Diyabetin dünya genelindeki prevalansı giderek yükselmektedir. Mevcut durumda 463 milyon kişiyi etkileyen bu hastalık için 2045 yılı öngörüsü 700 milyon hasta olup, vakaların büyük çoğunluğunu tip 2 diyabet oluşturmaktadır (Msomi vd., 2021). Yüksek Glisemik İndeksli (GI) karbonhidratların uzun süreli tüketiminin, Tip 2 Diyabet riskini artırdığı düşünülmektedir. Çalışmalar, yüksek GI'lı karbonhidratların düşük GI'lı olanlara göre daha fazla insülin direnci yarattığını göstermiştir. Yüksek GI'lı karbonhidratlar, kan glikozunu hızla yükselterek pankreastan aşırı insülin talebine neden olur. Sürekli artan bu talep, pankreastaki β hücrelerinin tükenmesine yol açabileceği için pankreatik

fonksiyon kaybına ve dolayısıyla Tip 2 Diyabet riskinin artmasına neden olabilmektedir (Willett vd., 2002). Glisemik indeks (GI), referans gıda ile karşılaştırıldığında yemek sonrası kan şekeri düzeyine göre yapılan gıdalara verilen bir derecelendirmedir (Monro, 2003). Hızlı sindirilen, emilen ve metabolize edilen karbonhidrat içeren gıdalar yüksek glisemik indeksli gıdalar (glikoz ölçeğinde GI 70) olarak kabul edilirken, yavaş sindirilen, emilen ve metabolize edilen gıdalar düşük glisemik indeksli gıdalar (glikoz ölçeğinde GI 55) olarak kabul edilir (Augustin vd., 2015). Diyabet hastalarının, özellikle de kan şekerinde ani yükselişlere ve dolayısıyla insülin ihtiyacında artışa yol açan düşük moleküler ağırlıklı karbonhidratları içeren gıdalarda, kalori alımını sınırlaması önemlidir (Karl, 2017). Polioller, gıda üretiminde şeker yerine kullanıldığında hem diyabet hastaları hem de sağlığını korumak amacıyla düşük GI diyetlerini tercih eden tüm tüketiciler için düşük glisemik indeksli seçenekler yaratabilir (Rice vd., 2020). Sorbitol, diyabetik yiyecek ve içeceklerde tatlandırıcı olarak kullanılmak üzere ilk kez 1929'da önerilmiş ve o tarihten bu yana önemli bir ilgi görmeye devam etmiştir (Shuman & Kemp, 1956). Sorbitolün, glikozun 100 kabul edildiği standart glisemik indeks ölçeğine göre 9 değerine sahip olması çok düşük glisemik indekse sahip olduğunun bir göstergesidir (Grambecka, 2015). Polioller, hem ince bağırsakta kısmen emilip hem de kalın bağırsakta fermente edilerek metabolize edildiği için kalori değerleri konusunda tam bir fikir birliği yoktur. Bu iki yolun oranı, tüketilen poliol miktarına ve kişisel farklılıklara göre alınan enerji miktarı değişebilir. Sorbitol için genellikle kabul edilen kalori değerleri, D-glikoz ve sakkarozun 4.0 kcal/g değerleriyle karşı olarak 2.6 kcal/g dır (BeMiller, 2019). Poliollerin birçok sağlık yararı vardır ve glisemik ile insülinemik yanıt üzerinde ihmal edilebilir etkileri bulunur. Bu nedenle diyabet hastaları ve sağlıklı yaşamı benimseyen bireyler için uygundurlar. Şeker alkollerinin alternatif tatlandırıcı olarak potansiyelini ortaya koymak için diyabetik ürünler üzerine daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Msomi vd., 2021). Kayısı, Diabetes Mellitus (şeker hastalığı) tedavisi için yeni ve daha etkili ilaçların geliştirilmesinde kullanılabilecek doğal biyoaktif bileşikler açısından zengin bir kaynaktır (Turalar, 2019). Malatya kayısının içerdiği diğer şeker çeşitleri de göz önünde bulundurularak, yüksek sorbitol içeriğinin bu alanda değerlendirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

5.4. Diş Sağlığı (Non-Karyojenik Özellik)

Diş çürükleri beslenmeye bağlı bakteriyel hastalıklardır. Şekerin çürük oluşumundaki belirleyici rolü nedeniyle uzun süredir şeker kısıtlamasına dayalı stratejiler uygulanmaktadır; ancak bu kısıtlayıcı yöntemler genellikle benimsenmediği ve ani şeker bırakma girişimleri başarısız olduğu için kalıcı etkiler sınırlı kalmaktadır (Burt, 2006). Diyet, ağız bakterileri için besin kaynağı olduğundan diş çürüğü oluşumunda ana faktördür. Ağız bakterileri hem mono ve disakkaritleri hem de fermente edilebilir nişastalardan türeyen şeker kaynaklarını metabolize edebilir (Sadler, 2016). Kuru meyvelerin "yapışkan" olduğu ve bu nedenle diş sağlığına zarar verdiği yaygın bir düşüncedir. Bu düşünceler genellikle zayıf bilimsel kanıtlara dayanmaktadır. Aksine, kuru meyvelerin tekstür özellikleri, diş sağlığı için potansiyel olarak faydalı bir mekanizmayı harekete geçirebilir. Kuru meyvelerin çiğneme gerektiren tekstürü ve güzel tadı, tükürük akışını uyarır. Tükürük akışının uyarılması dişler için çok önemlidir. İyi bir tükürük akışı, plak bakterileri tarafından üretilen asidin

etkilerini nötralize etmeye yardımcı olur ve diş minesinin remineralizasyonunu teşvik eder (Sadler, 2016). Ayrıca kurutulmuş erik gibi bazı kuru meyveler, ağız bakterilerince metabolize edilmediğinden çürük yapmayan yüksek sorbitol içeriğine sahiptir (Sadler, 2016). Poliollerin diş plağında yavaş metabolize edildiği veya hiç metabolize edilmediği için çürük oluşumunu teşvik etmediği uzun zamandır bilinmektedir (Burt, 2006). Malatya kayısısının yüksek sorbitol içeriği ve kendine özgü tekstürü, onu bu özellikler açısından incelenmesi gereken önemli bir meyve haline getirmektedir.

6. Gastronomik Potansiyel ve Fonksiyonel Gıda Geliştirme

6.1. Tekstür Geliştirme ve Duyusal Özellikler

Mouthfeel, tat algısını ve gıda/içecek tercihini önemli ölçüde etkileyen karmaşık ve çok boyutlu bir duyusal deneyimdir (Wolinska-Kennard vd., 2025). Ağız hissi; gıdaların kimyasal özellikleri, bileşimleri ve sıcaklık ile pH gibi çevresel koşullardan etkilenir. Gıda tüketimi ağız içi pH'ı ve tükürük yapısını değiştirdiği için, birden fazla bileşenin birlikte alınması tat algısı ve beğeniyi birlikte şekillendirir (Ditschun vd., 2025). Ağız hissi tekil bir özellikten daha fazlasıdır ve tüketici tercihlerini şekillendirmede önemli bir rol oynasa da tanımı belirsiz ve yoruma açıktır (Wolinska-Kennard vd., 2025). Dolayısıyla, meyvelerin yapısında doğal olarak bulunan sorbitolün farklı gıda ürünlerine eklenmesi, tatlılık, doku ve ağız hissi etkileşimlerinin değerlendirilmesi önem arzetmektedir. Sorbitol, pişmiş et ürünlerinde de lezzeti iyileştirmek ve pişirme işlemi sırasında yanmayı önlemek için kullanılabilir (Bhattacharya, 2023). Gıdalara eklenen sorbitol, kuruma kaybını azaltarak ürünlerin taze ve yumuşak kalmasını sağlar. Ekmek ve keklerde dokuya olumlu katkı yapar, konsantre sütte raf ömrünü uzatabilir. Aldehit grubu taşımadığı için kolay yükseltgenmez ve indirgen şeker olmadığından Maillard reaksiyonuna girmez (Ding & Yang, 2021). Sorbitolün düşük moleküler ağırlığı, su aktivitesi (a_w) ve camsı geçiş (T_g) değerlerini önemli ölçüde azaltabilir. En önemli özelliklerinden biri, düşük T_g değeri sayesinde gıda ürünlerindeki nişasta, şeker ve protein matrisleri üzerinde yumuşatıcı etki yapmasıdır. Bu özellik, raf ömrü boyunca nem kaybı olsa bile kek ve tahıl barları gibi ürünlerin yenilebilirlik özelliklerini korumaya yardımcı olur. Yüksek çözünürlüğe sahip olan sorbitol, şekerleme ve unlu mamullerdeki şekerlerin kristalleşmesini de azaltır (Young & O'sullivan, 2011). Sorbitol, nem kaybını azaltıcı etkisi sayesinde depolama sırasında kuruma veya sertleşme riski bulunan şekerleme, unlu mamul ve çikolata gibi ürünlerin üretiminde tercih edilir (Grambecka, 2015). Erik, lif içeriği ile yaygın olarak bilinir, ancak aynı zamanda zararlı mikropları engelleyen sorbitol, malik asit ve antioksidanların doğal bir kaynağıdır. Bu bileşenler, ürün kalitesini artırmaya, raf ömrünü uzatmaya, besin değerini artırmaya ve mikrobiyal büyümeyi sınırlamaya katkıda bulunur (Sheikholeslami, 2018). İçeriğindeki fenoller antioksidan etki gösterirken, sorbitol ve lif doğal nemlendirici, şortening ajanı ve emülgatör görevi görür (Sheikholeslami, 2018). Farklı oranlarda erik püresi ve konsantrelerinin ekmek kalitesi üzerine etkileri inceledikleri çalışma bulgularına göre, erik püresi ve konsantresi, fırıncılık ürünlerinde sorbitol, yapay renklendirici, kabartıcı ve koruyucuların doğal bir ikamesi olarak işlev görebildiğini belirlemişlerdir. Bu bileşenlerin kullanımı, ekmeğin hacmini, rengini, yumuşaklığını ve raf ömrünü belirgin şekilde artırmıştır. Yazarlar, erik konsantrelerinin doğal formülasyonu koruyarak

sorbitol ve diğer şeker alkollerinin yerine etkili biçimde kullanılabileceğini belirtmiştir (Sheikholeslami, 2018). Benzer şekilde yüksek sorbitol içeriğine sahip olan Malatya kayısısı da bu bağlamda doğal bir bileşen kaynağı olarak değerlendirilebilecek önemli bir meyvedir.

6.2. Rafine Şeker İkamesi ve "Clean Label" (Temiz Etiket) Trendi

"Clean Label" (Temiz Etiket) eğilimi, endüstrileşmiş toplumlardaki tüketicilerin gıda ürünlerinin bileşimi ve kökeni hakkında artan ilgisine yanıt olarak ortaya çıkan önemli bir pazar trendidir (Asioli vd., 2017) Tüketiciler, beslenmenin sağlık üzerindeki etkileri konusunda daha fazla bilinçlenmiş durumdadır. Bu farkındalık artışı, gıdaların bileşimine ve kökenine dikkat etmelerine yol açmaktadır. Genel bir eğilim olarak, tüketiciler doğal ürünler aramaktadır. Ayrıca, düşük enerjili gıdaların tercih edildiği ve daha sağlıklı alternatiflere yönelimin olduğu bir "sağlıklı" beslenme düzenine doğru bir eğilim gözlenmektedir. Özetle, tüketici odağı artık gıdanın içeriği ve menşei ile birlikte sağlıklı, düşük enerjili ve doğal seçeneklere kaymıştır (Pielak & Czarniecka-Skubina, 2024). Tüketicilerin, doğal gıdalara ve yalnızca doğal içerikler içeren gıdalara daha fazla önem vermeye başlamalarının sonucu olarak, çoğu tüketici doğal katkı maddelerini, kimyasal muadillerine tercih etmektedir. Bu tercih, kanser gibi hastalıkların doğal olmayan içeriklerden kaynaklanabileceği yönündeki artan endişeden kaynaklanmaktadır (Sheikholeslami, 2018) Kayısı, hurma, incir ve kuru erik gibi, kurutma işlemi sırasında ilave şeker eklenmeyen geleneksel kuru meyveler kategorisine girmektedir (Sadler, 2016). Malatya kayısısı, doğal besin zenginliği ve özellikle sorbitol gibi fonksiyonel bileşenleri sayesinde Clean Label yaklaşımının benimsediği 'sağlık ve doğallık' beklentilerini karşılayabilecek bir potansiyele sahiptir. Ancak ürünün piyasada ağırlıklı olarak kükürtlü kuru kayısı formunda bulunması, Clean Label kriterleri açısından bir kısıt oluşturmaktadır. Bu nedenle yalnızca doğrudan tüketim için değil, farklı gıda ürünlerinde bileşen olarak kullanılacak prosesler için de kükürtdioksit (SO_2) içermeyen natürel gün kurusunun çeşitli formatlarda geliştirilmesi, tüketicinin katkı maddesiz ürün talebini karşılamak açısından kritik önem taşımaktadır.

7. Sonuç ve Öneriler

Malatya kayısısı, içerdiği yüksek oranda lif potasyum ve β-karoten kaynağının yanı sıra içerdiği yüksek orandaki sorbitol miktarı sebebebiyle fonksiyonel bir gıdadır. Malatya kayısısının genellikle kuru olarak tüketilmesi sebebiyle kurutma prosesi ile birlikte biyoaktif bileşenlerin konsantrasyonu önemli oranda artış sağlamaktadır. Malatya kayısısının yüksek oranda içerdiği sorbitol kayısı yapısında bulunan diyet lifi ile birlikte hem laksatif etkisinin olması hemde bağırsak hareketliliğini artırıp dışkılama oranının artmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Bu durum kronik kabızlık yaşayan hastaların diyetlerinde kayısı gibi laksatif etkiye sahip meyveleri tüketmesiyle olumlu katkılar sağlanacağı düşünülmektedir. Dünya nüfusu hızlı bir şekilde yaşlanmaktadır. Yaşa bağlı artan bağırsak sorunları ve kronik kabızlığın önlenmesi için yüksek sorbitol ve lif içeriğine sahip Malatya kayısısı bu problemlerin önlenmesinde önemli bir meyvedir. Malatya kayısısının bu özelliklerini öne çıkaracak ve farklı parametrelerin değerlendirildiği, çeşitli hastalıklardaki davranışı, etkileşimler vs. üzerine çalışma yapılmalıdır. Diğer ülke kayısılarının önüne geçmek için bu durum önemli bir

avantaja dönüştürülebilir. Bunun için farklı disiplinderden bilim insanların kapsamlı çalışmalar yapmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekteki çalışmalar Malatya kayısılarının glisemik indeks, çeşitli ürünlere ilave edilmesinin ne gibi katkıları olacağı, Malatya kayısısı tüketenlerin mikrobiyotalarının etkilerinin incelendiği klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda sanayiinde yaygın olarak kullanılan sorbitolü bünyesinde yüksek oranda bulunduran Malatya kayısısınn ürünlere direk eklenmesi suretiyle clean label ürün geliştirmede önemli katkıları olacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak, Malatya kayısısı, yüksek sorbitol içeriği sayesinde teknolojik ve fizyolojik avantajları birleştiren, gıda bilimi, gastronomi ve diyetetik açısından değerli bir fonksiyonel gıda olarak konumlanmaktadır.

Çıkar Çatışması

Makalenin hazırlanmasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Destek

Bu çalışma için herhangi bir finansal kaynak kullanılmamıştır.

Yazar Katkıları

Bu çalışmanın tüm bilimsel ve yazınsal süreçleri sorumlu yazar Yüksel Sarıtepe tarafından yürütülmüştür.

Kaynakça

Akın E.B. (2006). Coğrafi işaret olarak tescil edilmiş Malatya kayısısının teknolojik özelliklerinin saptanması ve gıda güvenliği açısından araştırılması (Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi). YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr

Al Zuhairi S., Doğan M.(2021), Fonksiyonel Gıdaların Gastronomideki Önemi, ART/içle: *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1 (2), 249-267.

Alajil, O., Sagar, V., Kaur, C., Rudra, S.G., Sharma, R.R., Kaushik, R., Verma, M.K., Tomar, M., Kumar, M., & Mekhemar, M. (2021). Nutritional and Phytochemical Traits of Apricots (*Prunus Armeniaca* L.) for Application in Nutraceutical and Health Industry. *Foods*, 10, 1344. https://doi.org/10.3390/foods10061344

Al-Soufi, M. H., Alshwyeh, H. A., Alqahtani, H., Al-Zuwaid, S. K., Al-Ahmed, F. O., Al-Abdulaziz, F. T., Raed, D., Hellal, K., Mohd Nani, N. H., Zubaidi, S. N., Asni, N. S. M., Hamezah, H. S., Kamal, N., Al-Muzafar, H., & Mediani, A. (2022). A Review with Updated Perspectives on Nutritional and Therapeutic Benefits of Apricot and the Industrial Application of Its Underutilized Parts. *Molecules* (Basel, Switzerland), 27(15), 5016. https://doi.org/10.3390/molecules27155016

Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. (2017). Making sense of the "clean label" trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food research international* (Ottawa, Ont.), 99(Pt 1), 58–71. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022

Augustin, L., Kendall, C.W., Kendall, C.W., Kendall, C.W., Jenkins, D.J., Jenkins, D.J., Willett, W., Astrup, A., Barclay, A.W., Björck, I.M., Brand-Miller, J.C., Brighenti, F., Buyken, A.E., Ceriello, A., Vecchia, C.L., Livesey, G., Liu,

S., Riccardi, G., Rizkalla, S., Rizkalla, S., Sievenpiper, J.L., Trichopoulou, A., Wolever, T., Wolever, T., Baer-Sinnott, S., & Poli, A. (2015). Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD, 25 9*, 795-815. https://doi.org/10.1016/j.numecd.2015.05.005

BeMiller, J.N. (2019). Carbohydrate and Noncarbohydrate Sweeteners. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. Woodhead Publishing and AACC International Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812069-9.00019-4 .

Bhattacharya, S. (2023). Sugars, sweeteners, chocolates, and sweet snacks. *Snack Foods*, 211-249. DOI: 10.1016/B978-0-12-819759-2.00003-3 . Elsevier Inc.

Bosshard, W., Dreher, R., Schnegg, J. F., & Büla, C. J. (2004). The treatment of chronic constipation in elderly people: an update. *Drugs & aging*, 21(14), 911–930. https://doi.org/10.2165/00002512-200421140-00002

Burt B. A. (2006). The use of sorbitol- and xylitol-sweetened chewing gum in caries control. *Journal of the American Dental Association (1939)*, *137*(2), 190–196. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0144

Chu, Y. Y., Yang, Y. S. H., Hsu, S. Y., Fan, H. Y., Hwang, L. D., Nacis, J. S., & Chen, Y. C. (2025). Gut microbiome and body composition with sorbitol intake during early lifespan. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, *130*, 112614. https://doi.org/10.1016/j.nut.2024.112614

Coşkun, A. L., Türkyılmaz, M., Aksu, Ö. T., Koç, B. E., Yemiş, O., & Özkan, M. (2013). Effects of various sulphuring methods and storage temperatures on the physical and chemical quality of dried apricots. *Food chemistry*, *141*(4), 3670–3680. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.033

Deis, Ronald C. and Kearsley, Malcolm W. (2012). Sorbitol and Mannitol. O'Donnell, Kay, Kearsley, Malcolm W. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* (ss. 331-346) A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.

Ding, S., & Yang, J. (2021). The effects of sugar alcohols on rheological properties, functionalities, and texture in baked products – A review. *Trends in Food Science and Technology, 111*, 670-679. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.009

Ditschun, T. L., Riddell, E., Qin, W., Graves, K., Jegede, O., Sharafbafi, N., Pendergast, T., Chidichimo, D., & Wilson, S. F. (2025). Overview of mouthfeel from the perspective of sensory scientists in industry. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 24(2), e70126. https://doi.org/10.1111/1541-4337.70126

Erdogan-Orhan, I., & Kartal, M. (2011). Insights into research on phytochemistry and biological activities of *Prunus armeniaca* L.(apricot). *Food research international*, 44(5), 1238-1243. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.014

FAOSTAT (2023) https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (Erişim tarihi 22.11.2025)

Foxx-Orenstein, A. E., McNally, M. A., & Odunsi, S. T. (2008). Update on constipation: one treatment does not fit all. *Cleveland Clinic journal of medicine*, 75(11), 813–824. DOI: 10.3949/ccjm.75.11.813

Gordon, M., MacDonald, J. K., Parker, C. E., Akobeng, A. K., & Thomas, A. G. (2016). Osmotic and stimulant laxatives for the management of childhood constipation. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2016(8), CD009118. https://doi.org/10.1002/14651858.CD009118.pub3

Grembecka, M. (2015). Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology, 241*, 1-14. DOI:10.1007/s00217-015-2437-7

Hacıseferoğulları, H., Gezer, İ., Özcan, M.M., & MuratAsma, B. (2007). Post-harvest chemical and physical–mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 364-373. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.003

Hamzaoğlu, F., Türkyılmaz, M., & Özkan, M. (2018). Effect of SO_2 on sugars, indicators of Maillard reaction, and browning in dried apricots during storage. *Journal of the science of food and agriculture*, *98*(13), 4988–4999. https://doi.org/10.1002/jsfa.9033

Islam, M. S., & Sakaguchi, E. (2006). Sorbitol-based osmotic diarrhea: possible causes and mechanism of prevention investigated in rats. *World journal of gastroenterology*, 12(47), 7635–7641. https://doi.org/10.3748/wjg.v12.i47.7635

Jonsson, A., Haider, L.J., Pereira, L.M., Fremier, A.K., Folke, C., Tengö, M., & Gordon, L.J. (2024). Nurturing gastronomic landscapes for biosphere stewardship. *Global Food Security*, 42. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100789

Karl, F. T. (2017). Chapter three–technology of main ingredients–sweeteners and lipids. The Technology of Wafers and Waffles, 1, 123-225. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809438-9.00003-X Elsevier Inc.

Monro J. (2003). Redefining the glycemic index for dietary management of postprandial glycemia. *The Journal of nutrition*, 133(12), 4256–4258. https://doi.org/10.1093/jn/133.12.4256

Mratinić, E., Popovski, B., Milošević, T., & Popovska, M. (2011). Evaluation of apricot fruit quality and correlations between physical and chemical attributes. *Czech Journal of Food Sciences, 29*(2), 161-170. doi: 10.17221/203/2010-CJFS

Msomi, N. Z., Erukainure, O. L., & Islam, M. S. (2021). Suitability of sugar alcohols as antidiabetic supplements: A review. *Journal of food and drug analysis*, *29*(1), 1–14. https://doi.org/10.38212/2224-6614.3107

Oku, T., & Nakamura, S. (2002). Digestion, absorption, fermentation, and metabolism of functional sugar substitutes and their available energy. *Pure and Applied Chemistry*, 74(7), 1253-1261. http://dx.doi.org/10.1351/pac200274071253

Pielak, M., & Czarniecka-Skubina, E. (2024). Effect of Processing and Storage of Very-Low-Sugar Apple Jams Prepared with Sugar Substitution by Steviol Glycosides on Chosen Physicochemical Attributes and Sensory and Microbiological Quality. *Applied Sciences*.14(18),8219. https://doi.org/10.3390/app14188219

Ramkumar, D., & Rao, S. S. (2005). Efficacy and safety of traditional medical therapies for chronic constipation: systematic review. *The American journal of gastroenterology*, 100(4), 936–971. https://doi.org/10.1111/j.1572-0241.2005.40925.x

Rice, T., Zannini, E., K Arendt, E., & Coffey, A. (2020). A review of polyols - biotechnological production, food applications, regulation, labeling and health effects. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(12), 2034–2051. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1625859

Sadler MJ. 2016. Dried fruit and dental health. *Int J Food Sci Nutr*.67(8):944–959, https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1207061

Sarıdaş, M. A., Ağçam, E., Ünal, N., Akyıldız, A., & Kargı, S. P. (2024). Comprehensive quality analyses of important apricot varieties produced in Türkiye. *Journal of Food Composition and Analysis*, 125, 105791. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105791

Sarmiento-Rubiano, L. A., Zúñiga, M., Pérez-Martínez, G., & Yebra, M. J. (2007). Dietary supplementation with sorbitol results in selective enrichment of lactobacilli in rat intestine. *Research in microbiology*, 158(8-9), 694–701. https://doi.org/10.1016/j.resmic.2007.07.007

Sheikholeslami, Z., Karimi, M., T Hejrani, T., & Biedly, N. (2018). Improving quality and shelf life of taftoon bread by using plum puree and concéntrate. *Iran agricultural research*, *37*(1), 67-74 DOI:10.22099/iar.2018.4722

Shuman, C. R., Kemp, R. L., Coyne, R., & Wohl, M. G. (1956). Clinical use of sorbitol as a sweetening agent in diabetes mellitus. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 4(1), 61-67. https://doi.org/10.1093/ajcn/4.1.61

Stacewicz-Sapuntzakis, M., Bowen, P. E., Hussain, E. A., Damayanti-Wood, B. I., & Farnsworth, N. R. (2001). Chemical composition and potential health effects of prunes: a functional food?. *Critical reviews in food science and nutrition*, 41(4), 251–286. https://doi.org/10.1080/20014091091814

Tabrizi, A., Dargahi, R., Ghadim, S. T., Javadi, M., Pirouzian, H. R., Azizi, A., & Rad, A. H. (2020). Functional laxative foods: Concepts, trends and health benefits. Atta-ur-Rahman FRS. *Studies in natural products chemistry*, 66, 305-330. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817907-9.00011-8

Turalar, S.(2019). Hacıhalğloğlu kayısı (*Prunus armeniaca* l. Cv. Hacıhaliloğlu) meyvesinden Biyoaktif bileşiklerin ektraksiyonu ve özelliklerinin belirlenmesi (yüksek lisans tezi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi). YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr

Vinholes, J., Gelain, D. P., & Vizzotto, M. (2016). Stone fruits as a source of bioactive compounds. In Natural Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables as Health Promoters. Luís Rodrigues da Silva, Branca Maria Silva. Part I (pp. 110-142). Bentham Science Publishers.

Wallaart, R.A. (1980). Distribution of sorbitol in rosaceae. *Phytochemistry,* 19(12), 2603-2610. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)83927-8

Willett, W., Manson, J., & Liu, S. (2002). Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. *The American journal of clinical nutrition*, 76(1), 274S–80S. https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.274S

Wolinska-Kennard, K., Schönberger, C., Fenton, A., & Sahin, A.W. (2025). Mouthfeel of Food and Beverages: A Comprehensive Review of Physiology, Biochemistry, and Key Sensory Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 24*. doi: 10.1111/1541-4337.70223

WPP (2024) (World Population Prospects): United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division 2024. https://population.un.org/wpp (Erişim tarihi 22.11.2025)

Yang, F., Luo, J., Guo, W., Zhang, Y., Liu, Y., Yu, Z., Sun, Y., Li, M., Ma, F., & Zhao, T. (2024). Origin and early divergence of tandem duplicated sorbitol transporter genes in Rosaceae: insights from evolutionary analysis of the SOT gene family in angiosperms. *The Plant journal: for cell and molecular biology*, *117*(3), 856–872. https://doi.org/10.1111/tpj.16533

Young, N.W.G. O'Sullivan, G.R. 5 - The influence of ingredients on product stability and shelf life,Editor(s): David Kilcast, Persis Subramaniam, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, *Food and Beverage Stability and Shelf Life*, Woodhead Publishing, 2011, Pages 132-183, https://doi.org/10.1533/9780857092540.1.132

Zhebentyayeva, T., Ledbetter, C., Burgos, L. and Llácer, G. 2012. Apricot. In: Badenes, M., Byrne, D., Fruit Breeding – *Handbook of Plant Breeding*. (ss.415-458). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_12

GLOHEALTH JOURNAL

OLGU SUNUMU

Makale Geliş Tarihi: 12.11.2025 Makale Kabul Tarihi: 20.12.2025 DOI: 10.5281/zenodo.18049671

Atıf Bilgisi: Toplu, Ç. G. (2025). Proksimal hipospadiaslı bir hastada inguinal sulkus deri grefti yardımlı onarım. *Glohealth Journal*, 1(2), 129–132.

Proksimal Hipospadiaslı Bir Hastada İnguinal Sulkus Deri Grefti Yardımlı Onarım

Inguinal Sulcus Skin Graft-Assisted Repair in A Patient With Proximal Hypospadias

Çağla Güner Toplu[1]*

[1]İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Cerrahi Anabilim Dalı, caglagüner328@gmail.com, 0000-0002-4484-6222
*Sorumlu Yazar: Çağla Güner Toplu, caglagüner328@gmail.com

Özet

Hipospadias, yenidoğan erkeklerde en sık görülen konjenital anomalilerden biridir. Proksimal tip hipospadias, cerrahi onarımı en güç olguları oluşturur ve sıklıkla flep veya greft kullanımını gerektirir. Bu olguda prepisyum dokusunun yetersiz olduğu proksimal hipospadias hastasında, inguinal sulkustan alınan deri grefti kullanılarak gerçekleştirilen hipospadias onarımı sunulmuştur. Beş yaşında erkek hastada yenidoğan döneminde bilateral inmemiş testis ve penoskrotal hipospadias saptandı. Genetik incelemede 46,XY kromozom yapısı tespit edildi. Bilateral orşiopeksi ve kordi onarımı sonrası üretral plate'in yetersiz olduğu görüldü. Prepisyum dokusunun kalitesi uygun olmadığından, plastik cerrahi ekibi ile konsültasyon sonucu inguinal sulkustan tam kat olmayan deri grefti alınarak yeni üretral plate oluşturuldu. Altıncı ayda üretra TİP-U (Tübülarize İnsize Plak-Üretroplasti) prosedürüne göre tübülerize edilip glans tepesine taşındı. Postoperatif kontrollerde üretral meatusun anatomik pozisyonda olduğu, fistül veya striktür gelişmediği ve greft bölgesinde patoloji saptanmadığı görüldü. Prepisyum dokusunun yetersiz olduğu proksimal hipospadias olgularında, inguinal sulkustan alınan deri grefti, üretral plate rekonstrüksiyonu için uygulanabilir ve güvenli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Ancak yöntemin uzun dönem sonuçlarının değerlendirilebilmesi için geniş serili klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Proksimal hipospadias; inguinal deri grefti; üretral rekonstrüksiyon**.**

Abstract

Hypospadias is one of the most common congenital anomalies in newborn males. Proximal hypospadias represents the most challenging form to repair and often requires the use of flaps or grafts. A case of proximal hypospadias treated with inguinal sulcus skin graft for urethral plate reconstruction due to insufficient prepuce tissue is presented. A 5-year-old boy was diagnosed in the neonatal period with bilateral undescended testes and penoscrotal hypospadias. Genetic analysis revealed a 46,XY karyotype. After bilateral orchiopexy and chordee repair, the urethral plate was found to be insufficient. As the preputial tissue quality was inadequate, a partial-thickness skin graft harvested from the inguinal sulcus was used to create a new urethral plate, in consultation with the plastic surgery team. At six-month follow-up, the urethra was tubularized and advanced to the glans tip using the TIP-U (Tubularized Incised Plate-Urethroplasty) technique. Postoperative cystoscopy and clinical examinations showed no fistula, stricture, or graft-site pathology, and the urethral meatus was in its normal anatomical position. Postoperative cystoscopy and clinical examinations showed no fistula, stricture, or graft-site pathology, and the urethral meatus was in its normal anatomical position. In cases of proximal hypospadias where the preputial tissue is insufficient, an inguinal sulcus skin graft can serve as a safe and feasible alternative for urethral plate reconstruction. Larger series are needed to further evaluate the long-term outcomes of this approach.

Keywords: Proximal hypospadias; inguinal skin graft; urethral reconstruction.

1. Giriş

Yenidoğan erkeklerde hipospadias, kriptorşidizmden sonra ikinci en sık görülen konjenital anomalidir (Van der Horst & de Wall, 2017). Hipospadias erkek çocuklarında ortalama 250-300 canlı doğumda bir görülür (Siregar vd., 2021). Hipospadias anterior üretranın tam gelişememesi nedeniyle ortaya çıkan bir ventral penis anomalisidir. Hipospadias anomalisinde üretral meatus, penisin glanüler bölgesinde olabileceği gibi perineye kadar herhangi bir proksimal bölgede olabilir. Buna bağlı olarak hipospadiaslar kendi içlerinde gruplandırılır, bunlar distal, middle ve proksimal hipospadias olarak sınıflandırılır (Başaklar, 2017).

Penisin ventral yüzünde ektopik meatustan glansa kadar uzanan ve deriden daha farklı bir görünümdeki plaka tübülerize olamamış üretrayı temsil eder ve üretral plate olarak adlandırılır. Genellikle üretral tüpün distal kesimi normalde olması gerektiği gibi korpus spongiozumla sarılı değildir ve ince bir deriyle kapalıdır. Sünnet derisi ventral yüzde eksik olduğundan prepisyum glansın sırtında şapka gibi durur. Hipospadias tedavisi cerrahidir. Proksimal hipospadiaslar en zorlu hipospadias tipidir ve sıklıkla flep veya greft kullanılarak tedavi edilir (Başaklar, 2017; Halaseh vd., 2022). Bu amaçla prepisyum, yanak iç mukozası, postaurikular bölge kullanılır. Bu yazıda, proksimal hipospadias nedeniyle inguinal sulkustan greft uygulanmış bir olgu, mevcut literatür eşliğinde değerlendirilerek sunulmaktadır.

2. Vaka Sunumu

Beş yaş erkek hastaya yenidoğan muayenesinde bilateral inmemiş testis ve penoscrotal hipospadias tanısı konuldu. Hasta çocuk endokrinoloji ve genetik bölümüne konsulte edildi. Hastanın genetik tarafından yapılan tahliller sonucunda 46 XY kromozoma sahip olduğu anlaşıldı. Hastaya bilateral orşiopeksi ameliyatı yapıldı. Ardından hastanın kordi onarımı için plan yapıldı. Kordi tamiri sonrası hastanın hipospadiası perineal bölgeye kadar geriledi. Hastanın üretral plate olmaması nedeni ile üretral plate oluşturulmak amacı ile bakıldığında prepisyum kalitesinin üretral plate için uygun olmadığı görüldü. Plastik cerrahi ile konuşuldu ve onlar inguinal bölgeden greft önermeleri üzerine oradan greft alınarak plate oluşturuldu. Kontrollerinde penis ventral yüzünde üretral plate hipospadias onarımına uygun olduğu görüldü (Şekil 1).



Şekil 1: *İnguinal sulkus deri grefti uygulanmış hastanın 6. ayındaki görüntüsü*

Hastanın bu cerrahiden sonraki altıncı ayında üretra tübülerize edilerek TİP-U prosedürüne uygun olarak penis tepesine üretral meatus taşındı. Penis derisi penoskrotal bileşke seviyesine kadar deglove edilerek cerrahi alan tamamen açığa çıkarıldı. Neoüretranın güvenli bir şekilde kapatılmasını sağlamak amacıyla prepisyum yetersiz olduğu için penis şaftı dokusundan yeterli büyüklükte bir dartos flebi hazırlandı. Üretroplasti ve glanuloplastiye geçilmeden önce, radiks penis seviyesine turnike uygulanarak prepisyum ve penis derisi açıkta bırakıldı. Üretroplasti 6/0 sürekli subkutan sütür tekniği ile gerçekleştirilir, glanuloplasti ise 6/0 polidioksanon materyal kullanılarak aralıklı sütürlerle gerçekleştirildi. Daha sonra neoüretra önceden hazırlanmış dartos flebi ile kapatılarak desteklendi. 8 fr silikon sonda ile drenaj sağlandı (Şekil 2). Hastanın kontrollerinde sistoskopi yapıldı ve inguinal bölgeden alınan greft bölgesinde patoloji tespit edilmedi. Ayrıca hasta kontrollerinde üretral meatus normal anatomik pozisyonundaydı ve fistül izlenmedi.



Şekil 2: *Hastanın TIP-U ameliyatı sonrasında postoperatif erken dönem görüntüsü*

3. Tartışma

Proksimal hipospadias hastalarında üretral plate oluşturmak için buccal mukoza (Shebl vd., 2022), mesane mukozası (Lanciotti vd., 2017), postaurikular bölgeden alınan deri (Tahmeedullah vd., 2003) gibi çeşitli greftler kullanılır. Bu vakada kasık bölgesinden alınan tam kat olmayan inguinal sulkus deri grefti kullanılmıştır. Daha önceden literatürde sınırlı sayıda inguinal bölgede greft kullanımı yayınlanmıştır, inguinal bölge greft kullanımı ile ilgili sınırlı tecrübe mevcuttur (Baran vd., 2008.). Bu olguda, prepisyumun üretral plate oluşturulması için uygun olmadığı hastada inguinal sulkus bölgesinden alınan greft kullanılmıştır. Olgu sonuçları doğrultusunda, diğer bölgelerden greft alımının mümkün olmadığı hastalarda, özellikle ventral penil ciltte beslenme bozukluğu ve nekroz gelişen olgularda, ayrıca diğer greft bölgelerine alternatif olarak, inguinal

sulkus bölgesinden alınan greftlerin kullanılabilir bir seçenek olabileceği değerlendirilmektedir. Ancak bu konuda geniş serili çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Çıkar Çatışması

Makalenin hazırlanmasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Destek

Bu çalışma için herhangi bir finansal kaynak kullanılmamıştır.

Yazar Katkıları

Bu çalışmanın tüm bilimsel ve yazınsal süreçleri sorumlu yazar Çağla Güner Toplu tarafından yürütülmüştür.

Kaynakça

Baran, C. N., Tiftikçioğlu, Y. O., Karacaoğlu, E., Koçer, U., & Baran, N. K. (2008). Hipospadias cerrahi tedavisinde üretra rekonstrüksiyonu için "kordi-uretral plate" üretra oluşturabilir mi, veya penis kurvatürüne neden olan kordi dokusu çıkarılmalı mı? *Türk Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Dergisi, 16*(2), 93–105.

Başaklar, A. C. (2017). Hipospadias onarımında kullanılan ameliyat yöntemlerinin kısa tarihçesi. *Turkiye Klinikleri J Pediatr Surg–Special Topics, 7*(2), 106–114.

Halaseh, S. A., Halaseh, S., & Ashour, M. (2022). Hypospadias: A comprehensive review including its embryology, etiology and surgical techniques. *Cureus, 14*(7), e27544. https://doi.org/10.7759/cureus.27544

Lanciotti, M., Betti, M., Elia, A., Landi, L., Taverna, M., Cini, C., & Masieri, L. (2017). Proximal hypospadias repair with bladder mucosal graft: Our 10 years experience. *Journal of Pediatric Urology, 13*(3), 294.e1–294.e6. https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2017.01.011

Shebl, S. E., Akl, M. M., & Abdalrazek, M. (2022). Buccal versus skin graft for two-stage repair of complex hypospadias: An Egyptian center experience. *BMC Urology, 22*(1), Article 115. https://doi.org/10.1186/s12894-022-01069-6

Siregar, S., Sibarani, J., Noegroho, B. S., Firmansyah, I., & Maskoen, A. M. (2021). Polymorphism of Pvu II, Xba 1, and SNP 12 estrogen receptor 1 (ESR1) in hipospadias patients at tertiary hospital center. *Research and Reports in Urology, 13*, 105–110. https://doi.org/10.2147/RRU.S296941

Tahmeedullah, Khan, A. T., & Obaidullah. (2003). Comparison of prepucial skin, postauricular skin and buccal mucosal graft results in hypospadias repair. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan, 13*(9), 515–518.

Van der Horst, H. J. R., & de Wall, L. L. (2017). Hypospadias, all there is to know. *European Journal of Pediatrics, 176*(4), 435–441. https://doi.org/10.1007/s00431-017-2864-5