



İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ

ANADOLU BİL

MESLEK YÜKSEKOKULU DERGİSİ

ISTANBUL AYDIN UNIVERSITY

Fen Bilimleri

JOURNAL OF ANADOLU BİL VOCATIONAL
SCHOOL OF HIGHER EDUCATION

Yıl/Year: 19 - Temmuz 2024-Aralık 2024/July 2024-December 2024 - Sayı/Number: 70 - ISSN 1306 - 3375

Genel DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005 - Cilt 19 Sayı 70 DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/2024.1970

KÜNYE IDENTITY

Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi üç ayda bir yayımlanır. Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi fen bilimleri temel alanında makale kabul etmektedir. Fen bilimleri alanındaki özgün Türkçe ve İngilizce bilimsel makalelerin yayımlandığı bir süreli yayındır. Bu dergide yayımlanan makalelerin telif hakları Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu'na aittir. Bu yayımla ilgili olarak Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndan doğan her türlü hak saklıdır. Tanıtım için yapılacak alıntılar dışında Yüksekokulun izni olmadan çoğaltılamaz. Bu dergide yayımlanan makalelerdeki görüşler yazarlarına aittir. Yüksekokul bu görüşler nedeniyle herhangi bir sorumluluk kabul etmez. / Anadolu Bil Vocational School Journal is published quarterly. Journal of Anadolu Bil Vocational School of Higher Education accepts articles on the field of science. It is a periodical publication that original scientific Turkish and English articles on the field of science are published. The copyrights of all articles published in this journal belongs to Anatolian Vocational School of Higher Education. All rights are reserved under all kinds of Intellectual Property Law in relation to this publication. Without our prior written permission excerpts except for promotional purposes may not be reproduced. The opinions expressed in the articles published in this journal are those of the authors alone. The School does not accept any liability due to these opinions or for any inaccurate, unreliable, untimely or incomplete information contained therein, or for any reliance placed upon it.

ONURSAL BAŞKAN

Prof. Dr. Mustafa AYDIN

İAÜ ADINA İMTİYAZ SAHİBİ

Prof. Dr. Yedigâr İZMİRLİ

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Ayla ÜNVER ALÇAY

EDİTÖR YARDIMCISI

Prof. Dr. Candan VARLIK

EDİTÖR KURULU

Prof. Dr. Yedigâr İZMİRLİ, Dr. H. Fatih AYDIN, Prof. Dr. Hasan SAYGIN, Prof. Dr. İbrahim Hakkı AYDIN, Prof. Dr. Mustafa ÇIKRIKÇI, Prof. Dr. Kamil BOSTAN, Prof. Dr. Selami GÖZENÇ, Prof. Dr. Zafer ASLAN, Dr. Öğr. Üyesi Güven ÖZDEMİR, Dr. Öğr. Üyesi Faris KOCAMAN

KAPAK TASARIM

Öğr. Gör. Sevgi YILMAZ

AKADEMİK ÇALIŞMALAR KOORDİNASYON OFİSİ

İDARİ KOORDİNATÖR

Dr. Öğr. Üyesi Burak SÖNMEZER

TÜRKÇE REDAKSİYON

Dr. Öğr. Üyesi Ayla ÜNVER ALÇAY

İNGİLİZCE REDAKSİYON

Dr. Öğr. Üyesi Ayla ÜNVER ALÇAY

GRAFİK TASARIM

Başak GÜNDÜZ

BASKI

Levent Baskı Merkezi - Sertifika No: 35983 / Emniyetevler Mahallesi Yeniçeri Sokak No:6/A
4. Levent / İstanbul, Türkiye / Tel: 0212 270 80 70 E-mail: info@leventbaskimerkezi.com

EBSCO Tarafından Uluslararası Taranmaktadır.

ASOS İndeks Tarafından Taranmaktadır.

Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi özgün bilimsel araştırmalar ile uygulama çalışmalarına yer veren ve bu niteliği ile hem araştırmacılara hem de uygulamadaki akademisyenlere seslenmeyi amaçlayan hakemli bir dergidir. / Journal of Anadolu Bil Vocational School of Higher Education is a double-blind peer-reviewed journal which provides a platform for publication of original scientific research and applied practice studies. Positioned as a vehicle for academics and practitioners to share field research, the journal aims to appeal to both researchers and academicians.

Hakem Kurulu

Prof. Dr. Ebru Bardaş Özkan Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Prof. Dr. Ayşegül Peksel Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ali Savaş Bülbül Bayburt Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent Bayraktar Bayburt Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Merve Bilgin İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi

Dr. Mehtap Odabaşı T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı İstanbul Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Hazal Tekin Çakmak Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Nur Demirbaş S, Tonya Meslek Yüksek Okulu

Dr. Öğr. Üyesi Cansu Akgül İstanbul Aydın Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Sibel Kahraman İstanbul Aydın Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Kadriye Türkeşsiz Haliç Üniversitesi

İçindekiler - Contents

	Derleme / Review
Lipozomlar: Bileşimi, Hazırlama Teknikleri ve Gıda Biliminde Çeşitli Uygulamaları Liposomes: Composition, preparation techniques, and diverse applications in food science <i>A. Semra AKSOY</i>	105
	Derleme / Review
Fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak hurma çekirdeği Date seed as a functional food ingredient <i>Nuray CAN</i>	129
	Derleme / Review
Effects of physical activity on the musculoskeletal system in the aging process: Gerocynesiological perspective and adaptation mechanisms Yaşlanma sürecinde kas-iskelet sistemi üzerine fiziksel aktivitenin etkileri: Gerokinesiyolojik perspektif ve adaptasyon mekanizmaları <i>Ebru BARDAŞ ÖZKAN, Mehtap ODABAŞI</i>	149
	Derleme / Review
Hurmanın bilinmeyen değeri: Hurma poleni Unexplored value of date: Date pollen <i>Ekin DİNÇEL KASAPOĞLU, Meryem BADAYMAN</i>	167
	Derleme / Review
Kitosanın fizikokimyasal özellikleri ve sağlık alanındaki uygulamaları Physicochemical properties of chitosan and health applications <i>Ece ÖZDEMİR BABAVATAN, Merve ATAMAN</i>	179
	Derleme / Review
Bitkisel hidrokolloidlerin gıda endüstrisinde kullanımı The use of plant-based hydrocolloids in the food industry <i>Cansu AKGÜL</i>	201

DOI NUMBERS - DOI NUMARALARI

Lipozomlar: Bileşimi, Hazırlama Teknikleri ve Gıda Biliminde Çeşitli Uygulamaları

Liposomes: composition, preparation techniques, and diverse applications in food science

A. Semra AKSOY

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70001

Fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak hurma çekirdeği

Date seed as a functional food ingredient

Nuray CAN

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70002

Effects of physical activity on the musculoskeletal system in the aging process: gerocynesiological perspective and adaptation mechanisms

Yaşlanma sürecinde kas-iskelet sistemi üzerine fiziksel aktivitenin etkileri: gerokinesiyolojik perspektif ve adaptasyon mekanizmaları

Ebru BARDAŞ ÖZKAN, Mehtap ODABAŞI

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70003

Hurmanın bilinmeyen değeri: Hurma poleni

Unexplored value of date: Date pollen

Ekin DİNÇEL KASAPOĞLU, Meryem BADAYMAN

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70004

Kitosanın fizikokimyasal özellikleri ve sağlık alanındaki uygulamaları

Physicochemical properties of chitosan and health applications

Ece ÖZDEMİR BABAVATAN, Merve ATAMAN

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70005

Bitkisel hidrokolloidlerin gıda endüstrisinde kullanımı

The use of plant-based hydrocolloids in the food industry

Cansu AKGÜL

10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70006

Liposomes: Composition, preparation techniques, and diverse applications in food science

A. Semra Aksoy^{1*}

Geliş tarihi / Received: 28.08.2024

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 02.11.2024

Kabul tarihi / Accepted: 11.11.2024

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70001

Abstract

In this review, the fundamental characteristics of liposomal constituents required for the development and application of liposomes, as well as the techniques employed for liposome preparation, are explained, along with examples of their use in foods. Liposomes are composed of two-layered membranes formed spontaneously by molecules called phospholipids in an aqueous environment. Molecules of phospholipids have a structure that includes polar (water-associated) head groups and nonpolar hydrocarbon tails. Liposomes can carry both hydrophilic (water-soluble) and hydrophobic (water-repellent) compounds because they have both aqueous and lipid phases. Liposomes can be categorized into various groups based on their sizes and the number of layers. Two main types are referred to as multilamellar vesicles (MLVs) and unilamellar vesicles (ULVs). Various methods are used for the preparing of liposomes, detergent removal technique, including the thin-film method, extrusion method, injection method, heating method, supercritical fluid method, microfluidization, and ultrasonication. The application of liposomal coating is extensively utilized in cosmetics and pharmaceuticals for delivering bioactive substances, medications, and vaccines. Over the last twenty years, food liposomes have become a focal point in food science research, with the anticipation of discovering broad applications in the food industry. Liposomes are used in the food industry for the transport and controlled release of bioactive compounds. Liposomes are particularly intriguing due to their resemblance to cell membranes in terms of composition and structure, which makes them valuable for improving the bioavailability

¹ Bezm-İ Âlem Vakıf Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölüm, asemraksoy@gmail.com ORCID: 0000-0002-4708-3195

of encapsulated functional compounds. Diversifying the materials and methods used in liposome preparation and developing high-stability, low-cost liposomes, as in methods such heating method and sonication are important for expanding potential application areas.

Keywords: *Liposome; Bioactive compounds; Stability; Phospholipid; Edible Coating*

Lipozomlar: Bileşimi, hazırlama teknikleri ve gıda biliminde çeşitli uygulamaları

Öz

Bu derlemede, lipozomların geliştirilmesi ve uygulanması için gerekli olan lipozomal bileşenlerin temel özellikleri ile lipozomların hazırlanmasında kullanılan teknikler, gıdalardaki kullanım örnekleriyle birlikte açıklanmaktadır. Lipozomlar, sulu bir ortamda fosfolipid adı verilen moleküller tarafından kendiliğinden oluşan iki katmanlı zarlarla oluşur. Fosfolipid molekülleri, polar (su ile ilişkili) baş gruplarını ve apolar hidrokarbon kuyruklarını içeren bir yapıya sahiptir. Lipozomlar, hem sulu hem de lipid fazlarına sahip oldukları için hem hidrofilik (suya çözünür) hem de hidrofobik (suya dirençli) bileşikler taşıyabilirler. Lipozomlar, boyutlarına ve katman sayısına göre çeşitli gruplara ayrılabilir. İki ana tip çok katmanlı veziküller (MLV'ler) ve tek katmanlı veziküller (ULV'ler) olarak adlandırılır. Lipozom hazırlamak için ince film yöntemi, ekstrüzyon yöntemi, enjeksiyon yöntemi, ısıtma yöntemi, süperkritik akışkan yöntemi, mikroakışkanlaştırma ve ultrasonikasyon gibi çeşitli yöntemler kullanılır. Lipozomal kaplamaların uygulanması, biyoaktif maddelerin, ilaçların ve aşuların iletilmesi için kozmetik ve ilaçlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yirmi yılda, gıda lipozomları gıda bilimi araştırmalarında odak noktası haline gelmiş ve gıda endüstrisinde geniş uygulama alanlarının keşfedilmesi beklenmektedir. Lipozomlar, biyoaktif bileşiklerin taşınması ve kontrollü salımı için gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Lipozomlar, bileşim ve yapı bakımından hücre zarlarına benzediğinden, enkapsüle edilmiş fonksiyonel bileşiklerin biyoyararlanımını artırmada değerli kılmaktadır. Lipozom hazırlamada kullanılan malzemeleri ve yöntemleri çeşitlendirmek, yüksek stabiliteye sahip, düşük maliyetli lipozomlar geliştirmek ve potansiyel uygulama alanlarını genişletmek önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Lipozom, Biyoaktif bileşikler, Stabilite, Fosfolipid, Yenilebilir kaplama*

Introduction

Liposomes are encapsulated sacs characterized by a spontaneously formed phospholipid bilayer structure that distinguishes them from the surrounding watery medium (Deshpande et al., 2016). The discovery of the liposome structure dates back to the early 1960s. During his research into the role of biological membranes, particularly phospholipids, in blood coagulation using electron microscopy, Dr. Alec D. Bangham became fascinated by the ways in which egg lecithin structures interacted with water, as he described it himself (Weissig, 2017).

The term ‘liposome’ originates from the Greek words ‘lipos,’ which signifies fat, and ‘soma,’ which signifies body or structure (Sharma and Agrawal, 2021). Liposomes, having both aqueous and lipid phases, can encapsulate hydrophobic, hydrophilic, or amphiphilic molecules. The encapsulation of hydrophilic and lipophilic molecules occurs within the aqueous core and between the lipid bilayers, respectively, while amphiphilic molecules can be retained in the aqueous/lipid phase depending on their affinity for the liposomal formulation (Laouini et al., 2012).

Liposomes, formed by the self-assembly of lecithin molecules into a bilayered spherical structure, possess the ability to encapsulate functional components soluble in both water and oil within their interiors (Taylor et al., 2005; Laye et al., 2008). Encapsulation of functional components within liposomes has been demonstrated to enhance the stability of the encapsulated substance, reduce its interaction with the environment, thereby allowing it to maintain its activity for longer periods, especially in conditions prone to degradation (Chun et al. 2013).

This review article offers a general overview of liposome structures and liposomal coating materials. Liposome preparation methods, along with their advantages and disadvantages, have been discussed. Promising developments of liposome technology in the field of food, which has found extensive application in pharmaceutical and cosmetic domains, are also exemplified.

Liposome structures

Liposomes are spherical entities constructed from amphiphilic components, typically phospholipids, capable of autonomously organizing into bilayers when in water-based environments. These bilayers consist of two molecular layers oriented so that their hydrophobic regions face each other

(McClements, 2015). The particle size spans a broad spectrum, ranging from 10 nm to several micrometers (Akhavan et al., 2018).

Phospholipid molecules have a hydrophilic polar head group that is attracted to aqueous phases, both internally and externally, and a hydrophobic nonpolar tail group composed of a lengthy hydrocarbon chain that is water-repellent (Liu et al., 2015). The polar head consists of choline ($C_5H_{14}NO^+$), phosphate (PO_4^{3-}), and glycerol ($C_3H_8O_3$), while the nonpolar tail is composed of a hydrocarbon chain (fatty acid) (Daraee et al, 2016). When in contact with water, the hydrophilic head groups of phospholipid molecules orient themselves toward the aqueous phase, establishing a ‘water-facing’ configuration, whereas the hydrophobic tails of phospholipids generate a ‘water-avoiding’ surface (Sharma and Agrawal, 2021).

Liposome structures can consist of both small and large single bilayer structures, as well as multilayered structures, and even multilamellar spherical structures containing multiple inner layers. Liposomes can also be classified into two primary groups depending on their size and the quantity of bilayers they possess (Subramani and Ganapathyswamy, 2020; Sharma and Sharma, 1997) : 1. Multilamellar vesicles (MLVs): Distinguished by the existence of numerous lipid bilayers. 2. Unilamellar vesicles (ULVs): Additionally, it can be subdivided into three categories: A. Giant unilamellar vesicles (GUVs), a category of ULV with a solitary lipid bilayer and a size of 1 μm . B. Small unilamellar vesicles (SUVs), a type of ULV with vesicle sizes ranging from 20 to 200 nm. C. Multivesicular vesicles (MVs), belonging to the ULV category and comprising numerous vesicles that are less than 1 μm in size.

Liposome coating material

The encapsulation capacity, stability, and release of bioactive compounds are strongly linked to liposomes to the components used in liposome preparation (Abdur Rauf, 2023). Various classes of phospholipids are employed in the preparation of liposomes (Abdur Rauf, 2023; Storm and Woodle, 1998). These encompass purified natural phospholipids like phosphatidylethanolamine (PE), phosphatidylcholine (PC) and sphingomyelin; partially or fully hydrogenated natural phospholipids, which offer partially saturated acyl chains; and synthetic phospholipids, including dipalmitoyl phosphatidylglycerol (DPPC), distearoyl phosphatidylglycerol (DSPC) and dimyristoyl phosphatidylglycerol (DMPC) (Hoogevest and Wendel, 2014).

Synthetic lipids are typically produced through the deacylation or reacylation of natural lipids. Cholesterol is the primary sterol utilized in liposomes, and it easily integrates into lipid bilayers, improving their stability and reducing their permeability. Liposome formation is not a result of covalent bonding between lipid molecules; instead, it emerges from the interactions between hydrophilic and hydrophobic regions of these molecules within an aqueous environment. These interactions encompass: (i) the affinity between water and hydrophilic head groups, (ii) repulsion between water and hydrophobic acyl tails, and (iii) the attraction between the tails. In terms of function, liposomes can be categorized as traditional liposomes, anionic liposomes, cationic liposomes, targeted liposomes, elastic liposomes and stealth liposomes. Liposomes that lack any specific feature or, in other words, are neutral and without surface modifications, are referred to as traditional liposomes or simply liposomes. These represent the most prevalent liposome varieties.

As an alternative in liposome coating, polymers such as polyethylene glycol (PEG), biopolymers like chitosan, and certain antimicrobial peptides are used.

Liposomes are employed to enable the controlled release of bioactive compounds in foods, and regardless of their solubility characteristics, bioactive substances can be encapsulated within liposomes; hydrophobic substances can be encapsulated within the lipid bilayer, whereas hydrophilic substances can be housed within the core. Simultaneous loading of hydrophilic and lipophilic compounds into the same liposome is achievable. After encapsulation, liposomes should retain their payloads until reaching the target, both *in vivo* and *in vitro*, and release them as intended (Abdur Rauf, 2023; Briuglia et al., 201; Kulkarni, 2005).

Methods of liposome preparation

The typical and essential steps in liposome preparation involve four key stages: (1) Drying of Lipids Dissolved in Organic Solvent: To achieve a uniform distribution of lipids in the mixture, a solvent or a combination of solvents is used to dissolve the phospholipid. If the bioactive compounds (BACs) exhibit lipophilic characteristics, a solvent can be introduced and subsequently evaporated. Conversely, if the BACs possess hydrophilic attributes, they can be integrated into the desiccated lipids while hydrating with the aqueous phase (Nkanga et al., 2019; Alavi et al., 2017). (2) Exposure of Lipids to the Aqueous Environment: Hydrophilic BACs are

introduced into the aqueous phase for encapsulation, where they bind with the hydrophilic constituents of phospholipids during the lipid phase hydration. Hydrophobic BACs may be retained within the phospholipid bilayer (Alavi et al., 2017). (3) Refining of the Formed Liposome: Effective entrapment of the wanted substance is accomplished by eliminating undesired substances, such as non-entrapped BACs and residual solvents. Frequently employed purification techniques encompass dialysis, column chromatography, centrifugation, ultrafiltration and ion-exchange chromatography (Alavi et al., 2017; Dimov et al., 2017). (4) Analysis of the Final Product: The critical parameters for liposome characterization involve encapsulation efficiency (EE), zeta potential, size dispersion, visual observation and polydispersity index (PDI) (Panahi et al., 2017).

EE represents the proportion of encapsulated BAC relative to the overall BAC content within the liposomes. Discrepancies in the quantities of total and unbound BAC can be employed to calculate EE. An exceptionally high encapsulation efficiency indicates the effectiveness of the liposome production technique in use (Shao et al., 2017; Amin et al., 2017; Dasharath and Niteshkumar 2020). The findings regarding zeta potential represents the effective surface charge that influences aggregation and stability on the liposome. Decreasing particle size leads to an enhancement in the surface-to-volume ratio, thereby improving bioavailability. Dynamic light scattering can gauge the size of liposomes, while electrophoretic light scattering can determine their zeta potential (Shao et al., 2017; Amin et al., 2017). PDI quantifies the breadth or dispersion of sizes. Alterations in liposome dimensions following BAC loading can be assessed through this metric by gauging the consistency of size distribution (Amin et al., 2017; Dasharath and Niteshkumar 2020).

Traditional techniques

Thin film rehydration method-The thin film rehydration method is a frequently used approach for crafting liposomes that encapsulate BACs. In this procedure, phosphatidylcholine (PC), cholesterol, and BACs are dissolved in a predetermined organic solvent. Subsequently, these components are arranged either on a surface or within a container to form a thin film. Following this, hydration is carried out with an appropriate buffer solution, such as 4-(2-hydroxyethyl), for example. For the formation of liposomes, 1-piperazineethanesulfonic acid (HEPES), phosphate buffer, or simply a water-based medium can be utilized. The most significant

advantage of this method is the ability to achieve high encapsulation rates with a simple approach. However, this technique comes with significant difficulties, including the potential for residual solvents due to the substantial use of organic solvents, the labor-intensive nature of the procedure, and sometimes the need for sterilization steps. In this method, organic solvents can be completely removed during lyophilization. It can be used to produce SUVs with high EE and high stability. (Maja and Mateja, 2020; Wagner and Voruer-Uhl, 2011).

Injection method-The injection of ethanol or ether is a crucial approach in the creation of liposomes. This technique involves injecting lipids that are soluble in the organic phase into the aqueous medium to produce liposomes (Wagner et al., 2006; Velez et al., 2017). One advantage of this approach efficiently eliminates harmful solvents - such as chloroform - during liposome development. Additionally, this method is easy to scale up. Ethanol, generally recognized as safe (GRAS), is commonly used in the ethanol injection method, providing a more favorable environment for liposome formation (Wagner et al., 2006). This method shows low capacity efficiency (Riccardi et al., 2024). The main disadvantage of this approach is the existence of lingering organic solvent remnants. Additional drawbacks include the risk of breast plugging in ether systems and the need for sterilization (Maja and Mateja, 2020). In the injection procedure, the desired substances (such as BAC and phosphatidylcholine) are dissolved in ethanol and introduced into water to create liposomes. This technique has been effectively used, as an example, to produce liposomes containing conjugated linoleic acid (CLA) isomers and soy phosphatidylcholine (SPC) (Velez et al., 2017).

Extrusion method-In the extrusion method, liposomes are formed through the controlled extrusion of lipid suspensions. The extrusion method involves passing lipid suspensions means of a small-scale extrusion apparatus to create small unilamellar vesicles from multilamellar vehicles. This process facilitates the extrusion of vesicles through small-pore-sized polycarbonate filters using high pressure. Factors such as the pressure of the filters used, the number of cycles, and the pore size affect the characteristics of the extruded liposome, including its average diameter and polydispersity. This technique entails the fragmentation of larger vesicles into smaller pieces as they traverse the pores under the applied pressure (Ong et al., 2016).

The primary advantage of the extrusion method is its ability to produce liposomes with a narrow size distribution and precise control over particle size. It is particularly suitable for applications where size homogeneity is important, such as drug delivery systems (Daraee et al, 2016). This approach provides a straightforward, rapid, consistent, and relatively uniform size distribution (Costa and Santos, 2017). However, the primary limitations of this method manifest as pore clogging, product loss, and restrictions in large-scale production (Costa and Santos, 2017; Maja and Mateja, 2020).

In a study, the extrusion method was used with a polycarbonate membrane featuring a pore size of 200 nm to produce liposomes loaded with tea catechins in egg phosphatidylcholine. The observed encapsulation efficiency (EE) values were 98.1% for EGCG, 57% for (+)-catechin, and 64.7% for (–)-epicatechin (Fang et al., 2006).

Detergent removal method-The detergent removal technique is alternatively referred to as the micelle-vesicle transition procedure (Ollivon et al., 2000). This method allows for the formation of enlarged micelles and achieving a crucial balance between detergent and lipid, facilitating the production of membrane bilayers and liposomes. This technique, used to control particle size, provides a homogeneous product through a simple process. Nonetheless, this approach faces significant drawbacks such as being a time-intensive process, leaving unwanted substances left in the end product, and potential interactions between the detergent and the enclosed substance (Schubert, 2003). Additionally, the detergent removal process through dilution has been associated with decreased EE for hydrophobic compounds (Meure et al., 2008).

Heating method-Heating processes are used in various areas, from the preparation of liposomes to their stability, drug loading, and controlled release. This technique involves the hydration of phospholipids, and with the addition of a hydrating agent (such as propylene glycol, glycerol, or sorbitol), they are heated above the phase transition temperature. Liposomes are formed directly via the hydration process without the need for dissolving phospholipids in organic solvents. Glycerol, because of its water-solubility, safety, physiological compatibility, and isotonic characteristics, can serve as a hydrating agent. At the same time, it can enhance the stability of lipid vesicles, preventing clotting and sedimentation (Mozafari, 2005).

Within traditional methods, the heating method for preparing liposomes is preferred due to its simplicity and speed, as well as containing fewer organic solvent residues (Khorasani et al., 2018). Liposomes produced using the heating method exhibit minimal deterioration of bioactive lipids due to the higher temperatures, which range from 60 to 120°C. Additionally, a benefit of the heating approach is that the resultant liposomes necessitate less supplementary sterilization, leading to decreased time and procedural intricacies (Maherani et al., 2011).

In a study, nanoliposomes loaded with algal extract were produced using the heating method. The phenolic compounds derived from the algal extract were encapsulated within soy lecithin nanoliposomes, achieving an EE of 50.2% (Savaghebi et al. 2020).

New methods

Supercritical fluid method-Supercritical fluid extraction technology is a process method that offers a green approach using supercritical fluids such as supercritical carbon dioxide (ScCO₂). It has been demonstrated that ScCO₂, as a non-toxic substance, can replace organic solvents, making it a promising application in the pharmaceutical sector, such as micro and nanocapsule formation of drugs (Trucillo et al., 2019; Santo et al., 2014). Furthermore, GRAS solvents like ethanol can also be utilized to alter the system and enhance efficiency of the procedure (Tsai and W.-C., 2016). The primary appeal of supercritical fluid methods is the reduced solvent usage compared to traditional evaporation methods. However, these techniques come with some disadvantages, notably the high cost and pressure requirements, as well as the use of complex instrumentation (Nkanga et al., 2019).

Ultrasonication sonication-Sonication, a commonly employed method, is frequently utilized in the formulation of liposomes due to its simplicity. This technique involves employing acoustic energy to transform large multilamellar vesicles (MLVs) and clusters into smaller unilamellar liposomes. In this procedure, the duration of application and the pressure wave's intensity are critical factors that govern the size of the resulting vesicles (Cho et al., 2013).

Ultrasonication is considered a sustainable technology employed in emulsion preparation, with the goal of enhanced control over the physical characteristics of emulsions. In this method, size reduction is achieved

using ultrasonic waves, and the growth, formation, and collapse of microbubbles and voids occur through a phenomenon called cavitation. These small bubbles grow to their maximum size and then rapidly collapse, discharging substantial amounts of energy (Wrenn et al., 2012).

These phenomena lead to the formation of high-pressure and high-velocity liquid jets. This process occurs through a liquid medium and results in intense interactions among particles (Cheaburu-Yilmaz et al., 2019; Kumar, 2019). Probe sonication and bath sonication represent two fundamental techniques within the realm of sonication. Both techniques yield liposomes exhibiting comparable traits. Nonetheless, bath sonication offers an advantage in terms of better regulation of process parameters (Akbarzadeh et al., 2013; Pattni et al., 2015).

Products produced by bath sonication or probe sonication are kept under inert conditions (e.g., under nitrogen or argon) at elevated temperatures for 1 hour to obtain a stable ultimate outcome (Panahi et al., 2017). This is a highly efficient, fast, and simple technique. However, this method has some disadvantages, such as limited inner volume, the risk of lipid and compound degradation, and the possibility of contamination of the liposome preparation by the metal probe during probe sonication (Akbarzadeh et al., 2013; Panahi et al., 2017; Cho et al., 2013).

Ultrasonication sonication is used in the production of liposomes for encapsulating therapeutic agents such as anticancer drugs, antibiotics, and anti-inflammatory medications. It is also applied in the production of supplements like Omega-3 fatty acids (EPA and DHA) and vitamins (vitamin C, vitamin E), as well as for carrying neuroprotective agents (e.g., coenzyme Q10) within liposomes.

Microfluidization-A microfluidizer is a high-pressure processing apparatus that transforms elevated liquid pressures into powerful shear forces. This method is recognized as a non-thermal process method that employs a divided pressure flow through a small orifice to guide the flow within the microfluidizer chamber (Devrim et al., 2016).

Utilizing a stationary interaction chamber with a consistent design, liposomes are effectively manufactured by converting elevated pressure into strong shear and impact forces, alongside significant energy dispersion and hydrodynamic cavitation (Davidson et al., 2016; Alizadeh et al., 2015).

The production of liposomes involves placing a suspension of liposomal constituents in an aqueous phase inside a dedicated chamber within the microfluidizer. This method allows for the continuous or repeatable production of large quantities of liposomes without the use of detergents, sonication, or toxic chemicals (Yu et al., 2015; Tabatabaei Mirakabad et al., 2016). Microfluidic technology enhances homogeneity by providing uniform-sized desired small ULVs (ultra-low volume). It also offers advantages such as repeatability and reducing post-production processing steps. This method has a minor drawback of requiring the use of elevated pressures throughout the procedure (Al-Amin et al., 2020).

Final product analysis techniques

After the production of liposomes, especially when using new methods, characterization is essential to ensure product quality. There are several characterization techniques, including radiotracers, fluorescence quenching, electron spin resonance spectroscopy, electron microscopy, and nuclear magnetic resonance, each with unique advantages and disadvantages. The key factors in liposome characterization are size distribution, visual appearance, encapsulation efficiency, and Zeta potential (Panahi et al., 2017).

Size Determination Techniques-The size and size distribution of nanoliposomes are crucial for their stability. Electron microscopy is commonly used to determine morphology and stability, while light scattering methods are advantageous for analyzing large numbers of vesicles in an aqueous phase. Both techniques, alongside other cost-effective laboratory methods, should be used together to achieve comprehensive characterization (Panahi et al., 2017).

Visualization Techniques-Various imaging methods are used to visualize nanoliposomes. Phase-contrast optical microscopy is suitable for detecting particles over 290 nm, while polarizing microscopy reveals liposome lamellarity. Scanning electron microscopy, freeze-fracture, and negative staining are standard techniques for structural characterization. Advanced methods like atomic force microscopy (AFM) and scanning tunneling microscopy (STM) provide high-resolution images of biological and non-biological samples (Panahi et al., 2017).

Zeta Potential-Zeta potential measures the total charge on lipid vesicles, indicating the degree of attraction or repulsion between particles. Assessing

zeta potential helps predict the stability and in vivo behavior of liposomes. This measurement is also valuable for monitoring surface modifications, which can affect circulation time and stability (Panahi et al., 2017).

Encapsulation Efficiency-Encapsulation efficiency is often measured using hydrophilic markers like fluorescent dyes or radioactive sugars, with methods including fluorescence spectroscopy, spectrophotometry, and enzyme-based techniques. These methods are also useful for tracking storage stability and retention under biological conditions. The type of liposome and lipid composition influence the retention and leakage of encapsulated material (Panahi et al., 2017).

Food Applications

In order to improve quality, food safety, nutritional content, and longevity by utilizing various constituents that act as antioxidants, antimicrobials, food supplements, and flavor enhancers are frequently added to foods. These are known as functional food ingredients, including minerals, vitamins, polyphenols, bioactive proteins, peptides and carotenoids (Ajeeshkumar et al., 2021). These substances can also enhance the potential of foods to improve health by exhibiting pharmaceutical characteristics such as properties that combat inflammation and inhibit tumors (He et al., 2019).

On the other hand, these substances are sensitive to environmental factors like light and heat, and they typically exhibit limited bioavailability. This situation makes it challenging to utilize them effectively in foods. One possible resolution for these issues is liposomal encapsulation. Functional food ingredients are protected from environmental factors by liposomal encapsulation (Ajeeshkumar et al., 2021). Liposomes, given their similarity in composition and structure to cell membranes, elevate the bioavailability of the encapsulated functional components (He et al., 2019).

Today, numerous instances of liposome applications in milk and dairy products. The predominant objective in these uses is typically to augment the effectiveness of antimicrobial peptides. Numerous antimicrobial peptides, like those generated by *Lactobacillus sakei* subsp., exhibit limited stability and can readily interact with constituents of food, resulting in a decline in their efficacy. The use of liposomes in antimicrobial peptides can yield beneficial results in preserving their stability and extending shelf life (Liu et al., 2020).

The application of liposomes in cheese was initially done to accelerate maturation and prevent taste defects caused by the addition of protease. The economy of cheddar cheese maturation using liposome-coated enzymes is widely practiced and is 100 times more efficient than other methods (Law and King, 1985). Nisin, primarily employed as a food preservative in milk and dairy items, is an antimicrobial agent derived from lactic acid bacteria and based on peptides. However, when it comes into contact with food components, it can enzymatically degrade and become ineffective (Pan et al., 2020). *Clostridium tyrobutyricum* is an agent that causes cheese spoilage. Upon the application of liposomal nisin to a cheese mixture contaminated with $3.5 \log \text{CFU g}^{-1}$ of *Clostridium tyrobutyricum*, the spoilage-causing bacteria were entirely suppressed within 2 weeks at 4°C , and no subsequent growth occurred for up to 4 weeks (Hassan et al., 2021).

A study reported that the addition of cholesterol to liposomal bilayers in a double-layered structure could affect the stability and distribution of nisin in food matrices compared to liposomal membranes without cholesterol, without disrupting the milk fermentation process. Studies have demonstrated that encapsulating two or more antimicrobial agents within liposomes produces a synergistic impact in dairy items (Laridi et al., 2003).

Lysozyme is a naturally occurring antibiotic known for its potent antimicrobial properties, particularly against Gram-positive bacteria. Specifically, the concurrent use of lysozyme and nisin results in synergistic antimicrobial effects. Utilizing liposomal delivery of the lysozyme-nisin complex in whole milk contaminated with *L. monocytogenes* demonstrated prolonged release and increased antimicrobial effectiveness compared to non-liposomal administration (Lopes et al., 2019).

They encapsulated doum fruit extract powder for application in yogurt, and adding it to yogurt increased the stability of phenolic compounds. However, they observed that as the load of doum fruit extract powder increased, certain properties such as stickiness and gumminess were adversely affected. Ultimately, it has been concluded that the addition of liposomes containing 5% doum fruit extract powder can provide higher antioxidant activity to yogurt without significantly altering its fractional characteristics (El-Said et al., 2018).

To extend the shelf life of rice flour, curry leaf oil, a natural preservative,

was used. It was observed that when curry leaf oil was encapsulated in liposomes and added to rice flour, it exhibited antibacterial activity against the food pathogen *B. cereus* (Cui et al., 2017a).

An aqueous extract derived from garlic is a well-known natural antimicrobial substance that exhibits effectiveness against various foodborne pathogens. Using liposomes to apply garlic extract has shown a consistent release of the extract and a continuous inhibition of *Escherichia coli* in simulated food environments. Consequently, it has led to a more substantial decrease in *E. coli.*, especially during long-term storage (30 days) at 25°C, compared to non-liposomal applications (Nazari et al., 2019). The applied of liposomal garlic extract on bread displayed antifungal properties, ultimately extending its shelf life (Pinilla et al., 2019).

Clove oil, when encapsulated in liposomes and applied to the surface of vegetables, has been used as a biopreservative to inhibit the formation of *Escherichia coli* (Cui et al., 2020). It has been observed that liposome-coated chitosan added to beef did not cause any changes in sensory characteristics and exhibited high antibacterial activity against *E. coli* O157:H7 (Cui et al., 2017a; Cui et al., 2017b).

Vitamins, commonly used as food additives for antioxidants and dietary supplements, are extremely sensitive to light and heat. Liposome technology has been shown to enhance the bioavailability and storage performance of vitamins. Liposomes shield encapsulated vitamin A from light-induced degradation. When vitamin A is enclosed within liposomes and subjected to fluorescent light at 25°C for 2 days, more than 80% of the vitamin A remains intact, whereas non-liposomal vitamin A is diminished to below 20% (Lee, et al., 2021). Today, liposomal forms of vitamins C and D are preferred as dietary supplements, offering up to 80% bioavailability. Studies have demonstrated that liposomes efficiently safeguard encapsulated vitamins C and E from deterioration when subjected to pasteurization at 65°C for 30 minutes. The antioxidant properties of liposomal vitamins C and E were retained for a duration of 7 days when stored at 4°C. Furthermore, the addition of liposomal C and E vitamins to chocolate milk hardly altered its organoleptic characteristics (Marsanasco and Alonso 2022). Waters enriched with D vitamin-loaded liposomes are another example. Studies have shown that lipid peroxidation in fruit juice during storage significantly decreased after the addition of C vitamin-loaded liposomes to the fruit

juice. Liposomal vitamin C has been shown to increase skin permeability and enhance collagen synthesis by fibroblasts (Maione-Silva et al., 2019).

Carotenoids and polyphenols, which are found in abundance in spices and vegetables, have been linked to potential health advantages, including the potential to lower the risks of various diseases like cardiovascular ailments, cancer, and neurodegenerative conditions. Nonetheless, their susceptibility to environmental influences like oxygen, heat, acids, light, and their limited bioavailability pose challenges for their utilization in the fields of food and pharmaceuticals (Boonlao et al., 2022). The use of liposomal coating has shielded carotenoids enclosed within it from lipid oxidation and ensured their continuous release (Rostamabadi et al., 2019). Following a 30-day storage period at 4°C, findings indicated that 85.2% of the encapsulated beta-carotene remained intact, and there was an enhancement in beta-carotene bioavailability during gastrointestinal digestion (Ji et al., 2023). After encapsulation of phenolic compounds obtained from grape seed oil and pomegranate seed oil residues through extraction, they were added to salad dressing. It was determined that they exhibited natural antioxidant properties and had a positive impact on the product's shelf life (Aksoy et al., 2021). When carrot carotenoids and phenolic compounds are coated with liposomes with high encapsulation efficiency, they are effectively preserved without thermal degradation (Esposito et al., 2022).

The study explored the encapsulation of fish protein hydrolysate (FPH), fish oil (FO), and shrimp lipid extract (SHE), and subsequently applied various coatings to the prepared nanoliposomes. Whey protein concentrate (WPC) and chitosan (CS) were applied singly/doubly and in a composite manner. During storage, the physicochemical properties and oxidative stability of liposomes were investigated, and the results have shown that uncoated liposomes are unstable for a short period and that the presence of coating has a positive impact on the physical stability of liposomes. The encapsulation of marine bioactive compounds in liposomal carriers and their encapsulation with WPC and CS in single/double layers have been demonstrated to be a potential approach for enhancing the antioxidant properties and application in food products (Amiri et al., 2023). The impact of coating liposomes with chitosan and hydrolysates from pea protein isolate was assessed, with flaxseed oil liposomes serving as a representative model. The findings indicated that liposomes covered with chitosan and hydrolysates from pea protein isolate exhibited enhanced

resistance to oxidation throughout storage and a more gradual release of flaxseed oil during simulated digestion (Song et al., 2023).

Conclusion

The application of liposome coatings has found widely employed in delivering bioactive substances, medications, and vaccines within the realms of cosmetics and pharmaceuticals. Food liposomes have been a focus of research in the field of food science over the last twenty years, with the anticipation that they will have extensive use in various food products. Liposomes are of particular interest for enhancing the bioavailability of enclosed functional components because they share similarities in composition and structure with cell membranes. Nonetheless, their utilization in food products has been restricted due to a variety of obstacles. Among these challenges, the cost of key raw materials like phospholipids used in liposomes, as well as the storage stability of food liposomes greatly influenced by the physicochemical properties of phospholipids, stands out. The development of highly stable and low-cost liposomes for use in the food industry may be possible through systematic research. Additionally, the development of faster methods for liposome preparation is seen as a necessity.

Overall, a combination of traditional and innovative techniques can be utilized to prepare liposomes that contain bioactive compounds (BACs) for use in functional foods. In particular, advanced methods like ultrafiltration, supercritical fluid extraction, and microfluidization offer advantages over conventional techniques when it comes to generating high-quality liposomal products and streamlining the scaling process.

In conclusion, liposome technology holds significant potential in food applications, particularly in terms of improving bioavailability, antioxidant activity, and antimicrobial properties. Future research could explore the preparation of liposomes with different components and methods. Additionally, efforts to develop high-stability and cost-effective liposomes could expand their potential application areas.

References

Abdur Rauf, M. (2023). Liposomal encapsulation in food science and technology. In *Liposomal Encapsulation in Food Science and Technology* (pp. 189-222).

Ajeeshkumar, K. K., Aneesh, P. A., Raju, N., Suseela, M., Ravishankar, C. N., & Benjakul, S. (2021). Advancements in liposome technology: Preparation techniques and applications in food, functional foods, and bioactive delivery: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1280–1306.

Akbarzadeh, A., Rezaei-Sadabady, R., Davaran, S., Joo, S. W., Zarghami, N., Hanifehpour, Y., Samiei, M., Kouhi, M., & Nejati-Koshki, K. (2013). Liposome: Classification, preparation, and applications. *Nanoscale Research Letters*, 8(1), 102.

Akhavan, S., Assadpour, E., Katouzian, I., & Jafari, S. M. (2018). Lipid nano scale cargos for the protection and delivery of food bioactive ingredients and nutraceuticals. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 132–146.

Aksoy, F. S., Tekin-Cakmak, Z. H., Karasu, S., & Aksoy, A. S. (2021). Oxidative stability of the salad dressing enriched by microencapsulated phenolic extracts from cold-pressed grape and pomegranate seed oil by-products evaluated using OXITEST. *Food Science and Technology*, 42, e57220.

Al-Amin, M., Bellato, F., Mastrotto, F., Garofalo, M., Malfanti, A., Salmaso, S., & Caliceti, P. (2020). Dexamethasone loaded liposomes by thin-film hydration and microfluidic procedures: Formulation challenges. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(5), 1611.

Alavi, M., Karimi, N., & Safaei, M. (2017). Application of various types of liposomes in drug delivery systems. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 7(1), 3.

Alizadeh, E., Akbarzadeh, A., Eslaminejad, M. B., Barzegar, A., Hashemzadeh, S., Nejati-Koshki, K., & Zarghami, N. (2015). Up regulation of liver-enriched transcription factors HNF4a and HNF 6 and liver-specific micro RNA (miR-122) by inhibition of Let-7b in mesenchymal stem cells. *Chemical Biology & Drug Design*, 85(3), 268–279.

Amin, S. G., Shah, D. A., & Dave, R. H. (2017). Formulation and evaluation of liposomes of fenofibrate prepared by thin film hydration technique. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(9), 3621–3637.

Amiri, H., Shabanpour, B., Pourashouri, P., & Kashiri, M. (2023). Encapsulation of marine bioactive compounds using liposome technique: Evaluation of physicochemical properties and oxidative stability during storage. *Food Structure*, 35, 100308.

Boonlao, N., Ruktanonchai, U. R., & Anal, A. K. (2022). Enhancing bioaccessibility and bioavailability of carotenoids using emulsion-based delivery systems. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 209, 112211.

Briuglia, M. L., Rotella, C., McFarlane, A., & Lamprou, D. A. (2015). Influence of cholesterol on liposome stability and on in vitro drug release. *Drug Delivery and Translational Research*, 5(3), 231–242. doi: 10.1007/s13346-015-0212-1

Cheaburu-Yilmaz, C. N., Karasulu, H. Y., & Yilmaz, O. (2019). Nanoscaled dispersed systems used in drug-delivery applications. In C. Vasile (Ed.), *Polymeric nanomaterials in nanotherapeutics* (pp. 437–468).

Cho, N.-J., Hwang, L. Y., Solandt, J. J., & Frank, C. W. (2013). Comparison of extruded and sonicated vesicles for planar bilayer self-assembly. *Materials*, 6(8), 3294–3308.

Chun, J. Y., Choi, M. J., Min, S. G., & Weiss, J. (2013). Formation and stability of multiple-layered liposomes by layer-by-layer electrostatic deposition of biopolymers. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 249-257.

Costa, R., & Santos, L. (2017). Delivery systems for cosmetics: From manufacturing to the skin of natural antioxidants. *Powder Technology*, 322, 402–416.

Cui, H., Li, W., & Lin, L. (2017a). Antibacterial activity of liposome containing curry plant essential oil against *Bacillus cereus* in rice. *Journal of Food Safety*, 37(2), e12302.

Cui, H., Yuan, L., Li, W., & Lin, L. (2017b). Antioxidant property of SiO₂-eugenol liposome loaded nanofibrous membranes on beef. *Food Packaging and Shelf Life*, 11, 49–57.

Cui, H., Zhang, C., Li, C., & Lin, L. (2020). Inhibition of *Escherichia coli* O157 biofilm on vegetable surface by solid liposomes of clove oil. *LWT - Food Science and Technology*, 117, 108656.

Daraee, H., Etemadi, A., Kouhi, M., Alimirzalu, S., & Akbarzadeh, A. (2016). Application of liposomes in medicine and drug delivery. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 44(1), 381–391.

Dasharath, P., & Niteshkumar, P. (2020). Fabrication and characterization of sterically stabilized liposomes of topotecan. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 1–18.

Davidson, E. M., Haroutounian, S., Kagan, L., Naveh, M., Aharon, A., & Ginosar, Y. (2016). A novel proliposomal ropivacaine oil: Pharmacokinetic–pharmacodynamic studies after subcutaneous administration in pigs. *Anesthesia & Analgesia*, 122(5), 1663–1672.

Deshpande, S., Caspi, Y., Meijering, A. E., & Dekker, C. (2016). Octanol-assisted liposome assembly on chip. *Nature Communications*, 7, 1–9.

Devrim, B., Kara, A., Vural, İ., & Bozkır, A. (2016). Lysozyme-loaded lipid-polymer hybrid nanoparticles: Preparation, characterization and colloidal stability evaluation. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 42(11), 1865–1876.

Dimov, N., Kastner, E., Hussain, M., Perrie, Y., & Szita, N. (2017). Formation and purification of tailored liposomes for drug delivery using a module-based micro continuous-flow system. *Scientific Reports*, 7(1), 1–13.

El-Said, M. M., El-Messery, T. M., & El-Din, H. M. (2018). The encapsulation of powdered doum extract in liposomes and its application in yoghurt. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17, 235–245.

Esposito, B. S., Pinho, S. G. B., Thomazini, M., Ramos, A. P., Tapia-Blácido, D. R., & Martelli-Tosi, M. (2022). TPP-chitosomes as potential encapsulation system to protect carotenoid-rich extract obtained from carrot by-product: A comparison with liposomes and chitosomes. *Food Chemistry*, 397, 133857.

Fang, J.-Y., Lee, W.-R., Shen, S.-C., & Huang, Y.-L. (2006). *Effect of liposome encapsulation of tea catechins on their accumulation in basal cell carcinomas*. *Journal of Dermatological Science*, 42(2), 101–109.

Hassan, H., St-Gelais, D., Gomaa, A., & Fliss, I. (2021). Impact of

nisin and nisin-producing *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* on *Clostridium tyrobutyricum* and bacterial ecosystem of cheese matrices. *Foods*, 10(4), 898.

He, H., Lu, Y., Qi, J., Zhu, Q., Chen, Z., & Wu, W. (2019). Adapting liposomes for oral drug delivery. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 9(1), 36-48.

Hoogevest, P. V., & Wendel, A. (2014). The use of natural and synthetic phospholipids as pharmaceutical excipients. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(9), 1088–1107.

Ji, Y., Wang, Z., Ju, X., Deng, F., Yang, F., & He, R. (2023). Co-encapsulation of rutinoid and β -carotene in liposomes modified by rhamnolipid: Antioxidant activity, antibacterial activity, storage stability, and in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Food Science*, 88(5), 2064-2077.

Khorasani, S., Danaei, M., & Mozafari, M. (2018). Nanoliposome technology for the food and nutraceutical industries. *Trends in Food Science & Technology*, 79, 106–115.

Kulkarni, V. S. (2005). Liposomes in personal care products. In *Delivery system handbook for personal care and cosmetic products* (pp. 285–302).

Kumar, R. (2019). Lipid-based nanoparticles for drug-delivery systems. In S. S. Mohapatra, S. Ranjan, N. Dasgupta, R. K. Mishra, & S. Thomas (Eds.), *Nanocarriers for drug delivery* (pp. 249–284).

Laouini, A., Jaafar-Maalej, C., Limayem-Blouza, I., Sfar, S., Charcosset, C., & Fessi, H. (2012). Preparation, characterization and applications of liposomes: State of the art. *Journal of Colloid Science and Biotechnology*, 1, 147–168.

Laridi, R., Kheadr, E. E., Benech, R. O., Vuilleumard, J. C., Lacroix, C., & Fliss, I. (2003). Liposome encapsulated nisin Z: Optimization, stability and release during milk fermentation. *International Dairy Journal*, 13, 325–336.

Law, B. A., & King, J. S. (1985). Use of liposomes for proteinase addition to Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research*, 52(1), 183–188.

Laye, C., McClements, D. J., & Weiss, J. (2008). Formation of biopolymer-coated liposomes by electrostatic deposition of chitosan. *Journal of Food Science*, 73(5), N7–N15.

Lee, D.-U., Park, H.-W., & Lee, S.-C. (2021). Comparing the stability of retinol in liposomes with cholesterol, β -sitosterol, and stigmasterol. *Food Science and Biotechnology*, 30(3), 389-394.

Liu, W., Hou, Y., Jin, Y., Wang, Y., Xu, X., & Han, J. (2020). Research progress on liposomes: Application in food, digestion behavior, and absorption mechanism. *Trends in Food Science & Technology*.

Liu, W., Ye, A., Liu, W., Liu, C., Han, J., & Singh, H. (2015). Behaviour of liposomes loaded with bovine serum albumin during in vitro digestion. *Food Chemistry*, 175, 16–24.

Lopes, N. A., Barreto Pinilla, C. M., & Brandelli, A. (2019). Antimicrobial activity of lysozyme-nisin co-encapsulated in liposomes coated with polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 93, 1-9.

Maherani, B., Arab-Tehrany, E., Mozafari, M. R., Gaiani, C., & Linder, M. (2011). Liposomes: A review of manufacturing techniques and targeting strategies. *Current Nanoscience*, 7(3), 436–452.

Maione-Silva, L., de Castro, E. G., Nascimento, T. L., Cintra, E. R., Moreira, L. C., Cintra, B. A. S., & Lima, E. M. (2019). Ascorbic acid encapsulated into negatively charged liposomes exhibits increased skin permeation, retention, and enhances collagen synthesis by fibroblasts. *Scientific Reports*, 9(1), 522.

Maja, L., & Mateja, P. (2020). Sustainable technologies for liposome preparation. *The Journal of Supercritical Fluids*, 165, 104984.

Marsanasco, M., & Alonso, S. d. V. (2022). Stability of bioactive compounds in liposomes after pasteurisation and storage of functional chocolate milk. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(1), 361–369.

McClements, D. J. (2015). *Nanoparticle- and microparticle-based delivery systems*. Boca Raton, FL: CRC Press. Taylor & Francis Group.

Meure, L. A., Foster, N. R., & Dehghani, F. (2008). Conventional and

dense gas techniques for the production of liposomes: A review. *AAPS PharmSciTech*, 9(3), 798.

Mozafari, M. R. (2005). Liposomes: An overview of manufacturing techniques. *Cellular and Molecular Biology Letters*, 10(4), 711.

Nazari, M., Ghanbarzadeh, B., Samadi Kafil, H., Zeinali, M., & Hamishehkar, H. (2019). Garlic essential oil nanophytosomes as a natural food preservative: Its application in yogurt as food model. *Colloid and Interface Science Communications*, 30, 100176.

Nkanga, C. I., Bapolisi, A. M., Okafor, N. I., & Krause, R. W. M. (2019). General perception of liposomes: Formation, manufacturing and applications. In *Liposomes: Advances and perspectives* (pp. 31–52).

Ollivon, M., Lesieur, S., Grabielle-Madelmont, C., & Paternostre, M. (2000). Vesicle reconstitution from lipid–detergent mixed micelles. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 1508(1–2), 34–50.

Ong, S. G. M., Chitneni, M., Lee, K. S., Ming, L. C., & Yuen, K. H. (2016). Evaluation of extrusion technique for nanosizing liposomes. *Pharmaceutics*, 8(4), 36.

Pan, D., Hao, L., Li, J., Yi, J., Kang, Q., Liu, X., & Lu, J. (2020). An innovative method to enhance protease tolerance of nisin in endogenous proteases. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3038–3044.

Panahi, Y., Farshbaf, M., Mohammadhosseini, M., Mirahadi, M., Khalilov, R., Saghfi, S., & Akbarzadeh, A. (2017). Recent advances on liposomal nanoparticles: Synthesis, characterization and biomedical applications. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 45(4), 788–799.

Pattni, B. S., Chupin, V. V., & Torchilin, V. P. (2015). New developments in liposomal drug delivery. *Chemical Reviews*, 115(19), 10938–10966.

Pinilla, C. M. B., Thys, R. C. S., & Brandelli, A. (2019). Antifungal properties of phosphatidylcholine-oleic acid liposomes encapsulating garlic against environmental fungi in wheat bread. *International Journal of Food Microbiology*, 293, 72–78.

Riccardi, D., Baldino, L., & Reverchon, E. (2024). Liposomes, transfersomes and niosomes: production methods and their applications in

the vaccinal field. *Journal of Translational Medicine*, 22(1), 339.

Rostamabadi, H., Falsafi, S. R., & Jafari, S. M. (2019). Nanoencapsulation of carotenoids within lipid-based nanocarriers. *Journal of Controlled Release*, 298, 38-67.

Santo, I. E., Campardelli, R., Albuquerque, E. C., de Melo, S. V., Della Porta, G., & Reverchon, E. (2014). Liposomes preparation using a supercritical fluid assisted continuous process. *Chemical Engineering Journal*, 249, 153–159.

Savaghebi, D., Barzegar, M., & Mozafari, M. R. (2020). *Manufacturing of nanoliposomal extract from Sargassum boveanum algae and investigating its release behavior and antioxidant activity*. *Food Science & Nutrition*, 8(1), 299–310.

Schubert, R. (2003). Liposome preparation by detergent removal. *Methods in Enzymology*, 367, 46–70.

Shao, X.-R., Wei, X.-Q., Zhang, S., Fu, N., Lin, Y.-F., Cai, X.-X., & Peng, Q. (2017). Effects of micro-environmental pH of liposome on chemical stability of loaded drug. *Nanoscale Research Letters*, 12(1), 1–8.

Sharma, A., & Sharma, U. S. (1997). Liposomes in drug delivery: Progress and limitations. *International Journal of Pharmaceutics*, 154(2), 123–140.

Sharma, V. K., & Agrawal, M. K. (2021). A historical perspective of liposomes—a bio nanomaterial. *Materials Today: Proceedings*, 45, 2963–2966.

Song, F., Chen, J., Zhang, Z., & Tian, S. (2023). Preparation, characterization, and evaluation of flaxseed oil liposomes coated with chitosan and pea protein isolate hydrolysates. *Food Chemistry*, 404(Pt A), 134547.

Storm, G., & Woodle, M. (1998). Long circulating liposome therapeutics: From concept to clinical reality. In M. Woodle & G. Storm (Eds.), *Long circulating liposomes: Old drugs, new therapeutics* (pp. 3–16). Springer.

Subramani, T., & Ganapathyswamy, H. (2020). An overview of liposomal nano-encapsulation techniques and its applications in food and nutraceuticals. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 1–11.

Tabatabaei Mirakabad, F. S., Akbarzadeh, A., Milani, M., Zarghami, N., Taheri-Anganeh, M., Zeighamian, V., Badrzadeh, F., & Rahmati-Yamchi, M. (2016). A comparison between the cytotoxic effects of pure curcumin and curcumin-loaded PLGA-PEG nanoparticles on the MCF-7 human breast cancer cell line. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 44(1), 423–430.

Taylor, T. M., Davidson, B. D., Bruce, Weiss, J. (2005). Liposomal nanocapsules in food science and agriculture. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(7-8), 587-605.

Trucillo, P., Campardelli, R., & Reverchon, E. (2019). A versatile supercritical assisted process for the one-shot production of liposomes. *The Journal of Supercritical Fluids*, 146, 136–143.

Tsai, W.-C., & Rizvi, S. S. (2016). Liposomal microencapsulation using the conventional methods and novel supercritical fluid processes. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 61–71.

Velez, M. A., Perotti, M. C., Zanel, P., Hynes, E. R., & Gennaro, A. M. (2017). Soy PC liposomes as CLA carriers for food applications: Preparation and physicochemical characterization. *Journal of Food Engineering*, 212, 174–180.

Wagner, A., Platzgummer, M., Kreismayr, G., Quendler, H., Stiegler, G., Ferko, B., Vecera, G., Vorauer-Uhl, V., & Katinger, H. (2006). GMP production of liposomes: A new industrial approach. *Journal of Liposome Research*, 16(3), 311–319.

Wagner, A., & Vorauer-Uhl, K. (2011). Liposome technology for industrial purposes. *Journal of Drug Delivery*, 2011, Article 591325.

Weissig, V. (2017). Liposomes came first: The early history of liposomology. In G. G. M. D'Souza (Ed.), *Methods in molecular biology* (Vol. 1522).

Wrenn, S. P., Dicker, S. M., Small, E. F., Dan, N. R., Mleczko, M., Schmitz, G., & Lewin, P. A. (2012). Bursting bubbles and bilayers. *Theranostics*, 2(12), 1140.

Yu, T., Ji, P., & Zhao, W. (2015). Preparation of baicalein liposomelyophilized powder and its pharmacokinetics study. *Zhong Yao Cai - Journal of Chinese Medicinal Materials*, 38(11), 2404–2407.

Fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak hurma çekirdeği

Nuray CAN*

Geliş tarihi / Received: 11.12.2024

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 18.12.2024

Kabul tarihi / Accepted: 18.12.2024

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70002

Özet

Hurma bazı ülkelerde temel besin maddesi olarak kabul edilen bir meyvedir. Besin değeri yüksek olan hurma meyvesi taze veya kurutulularak tüketilebilmektedir. Bunun yanı sıra çeşitli ürünlere işlendiği bilinmektedir. Hurmanın işlenmesi sırasında çekirdekleri atık olarak açığa çıkmaktadır. Atık olarak açığa çıkan bu çekirdekler sığır, koyun, deve gibi hayvanların beslenmesinde ve kümes hayvancılığı ve balıkçılık sektörlerinde kullanılmaktadır. Hurma çekirdekleri zengin bir besin bileşimine sahiptir. Bileşiminde proteinler, yağlar, fenolik bileşikler, diyet lif ve kül önemli bir yer tutmaktadır. İyi bir protein ve yağ kaynağı olduğu bilinen hurma çekirdeği, esansiyel aminoasitlerin çoğunu içermekte ve oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit gibi doymamış yağ asitlerini bileşiminde bulundurmaktadır. Kül miktarı yüksek olup, çeşitli mineraller hatırı sayılır düzeyde hurma çekirdeğinde yer almaktadır. Bunun yanı sıra yapılan çalışmalar hurma çekirdeklerinin fitokimyasal bileşikler açısından önemli bir kaynak olabileceğini göstermiştir. Hurma çekirdekleri bileşiminde yer alan fenolik bileşikler sayesinde yüksek antioksidan aktivite göstermektedir. Ayrıca diyet lif içeriği ile dikkat çekmektedir. Sahip olduğu bütün bu özellikler, hurma çekirdeğinin gıdaların besinsel, duyuusal ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmaların öznesi haline gelmesini sağlamıştır. Bu amaçla hurma çekirdeği veya bileşenlerinin fırıncılık ürünleri, kıyma, kahveye alternatif içecek, reçel, çikolata, ketçap ve mayonez gibi ürünlerde kullanıldığı görülmektedir. Bu derlemede hurma çekirdeklerinin besinsel özelliklerine yer verilmiş ve fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak kullanımına yönelik yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hurma çekirdeği, fonksiyonel gıda, diyet lif, fenolik bileşik

*İstanbul Aydın Üniversitesi, nurayc@aydin.edu.tr, Orcid: 0000-0002-2410-9487

Date seed as a functional food ingredient

Abstract

Dates are considered a main food in some countries. Dates, which have high nutritional value, can be consumed fresh or dried. In addition, it is known to be processed into various products. During the processing of dates, their seeds are released as waste. These seeds released as waste are used in the feeding of animals such as cattle, sheep, camels and in the poultry and fishing sectors. Date seeds have a rich nutritional composition. Proteins, fats, phenolic compounds, dietary fiber and ash have an important place in their composition. Date seeds, known to be a good source of protein and fat, contain most of the essential amino acids and unsaturated fatty acids such as oleic acid, linoleic acid and linolenic acid. The amount of ash is high and various minerals are found in considerable amounts in date seeds. In addition, studies have shown that date seeds can be an important source of phytochemical compounds. Date seeds show high antioxidant activity due to the phenolic compounds in their composition. They also attract attention with their dietary fiber content. In this way, studies have been conducted on its use in improving the nutritional, sensory and functional properties of foods. For this purpose, it is seen that date seeds or their components are used in products such as bakery products, minced meat, alternative coffee drinks, jam, chocolate, ketchup and mayonnaise. In this review, the nutritional properties of date seeds are included and studies on their use as a functional food ingredient are compiled.

Keywords: Date seed, functional food, dietary fiber, phenolic compound

Giriş

Hurma, *Arecaceae* familyasından, kökeni Orta Doğu ve Kuzey Afrika olarak kabul edilen hurma ağacında (*Phoenix dactylifera* L.) yetişen ve insan beslenmesinde kullanılan bir meyvedir (Al-Yahyai ve Manickavasagan 2012, Khalid ve ark. 2017). Arap, Asya ve bazı Afrika ülkelerinde temel besin maddesi olarak kabul edilen hurma, 3 farklı olgunluk aşamasında tüketilebilmekle birlikte, çoğu hurma üreticisi ülkede olgunlaşmış meyveler tercih edilmektedir (Khalid ve ark. 2017).

Dünya çapında hurma üretimi 2003 yılında 6,7 milyon ton olurken, bu değer 2022 yılında 9,7 milyon tona ulaşmıştır. Dünya’da en büyük hurma üreticisi Mısır olup onu sırasıyla Suudi Arabistan, Cezayir, İran ve Pakistan

izlemektedir. Ülkemiz 2022 yılında 97 bin ton hurma üretimi ile hurma üreticisi ülkeler arasında 15. sırada yer almıştır (URL 1).

Yaklaşık 5000 çeşidi bulunan hurma, taze veya kurutulmuş olarak tüketildiği gibi ezme, şurup, nektar, meyve suyu, fermente hurma konsantresi, marmelat, pekmez ve sirke yapımında ve organik asitlerin eldesinde de kullanılmaktadır (Aktürk ve Işık 2012, Karizaki 2017, Khalid ve ark. 2017). Bu ürünlerin endüstriyel olarak üretimi sırasında hurma çekirdekleri atık olarak ortaya çıkmakta ve bazı ülkelerde hayvanların beslenmesinde kullanılarak değerlendirilmektedir (El-Shurafa ve ark. 1982).

Hurma çekirdekleri diyet lif, mineraller, vitaminler, yağ asitleri ve amino asitler gibi önemli bileşenleri içermektedir. Ayrıca karotenoidler, polifenoller, flavonoidler ve tokoferoller gibi biyoaktif bileşikler açısından önemli bir kaynaktır (Zarie ve ark. 2023). Hurma endüstrisinde açığa çıkan hurma çekirdeklerinin gıdaların fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için kullanımı son yıllarda araştırmacıların ilgisini çeken konular arasında yer almaktadır. Bu çalışmada hurma çekirdeklerinin besinsel özellikleri ele alınmış ve fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak kullanımına yönelik yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Hurma çekirdeğinin bileşimi

Hurmanın, ağırlık olarak %5,6-14,2'sini çekirdeği oluşturmaktadır (Al-Shahib ve Marshall 2003). Çekirdek %3,1-10,3 nem, %2,3-6,4 protein, %5,0-13,2 yağ, %0,9-1,8 kül ve %71,9-87,0 karbonhidrat içermektedir (Al Farsi ve Lee 2011). Hurma çekirdeğinin bileşimine ait ortalama değerler Tablo 1'de gösterilmiş olup bileşim çeşit, orijin, hasat zamanı ve gübreleme gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Golshan ve ark. 2017).

Tablo 1. Hurma çekirdeğinin bileşimi (Al Farsi ve Lee 2011)

Besin ögesi	Miktar (%)
Nem	6,8
Protein	5,1
Yağ	9,0
Kül	1,1
Karbonhidrat	78,0

Hurma çekirdeği, esansiyel amino asitlerin çoğunu içermekte olup lizin içeriği yüksektir. Ayrıca soya fasulyesi, yer fıstığı, pamuk tohumu gibi diğer tohum proteinlerine kıyasla nispeten daha yüksek miktarda kükürtlü amino asit içeriğine sahiptir. Bazı hurma çeşitlerinin amino asit içeriğinin yaklaşık yarısını glutamik asit, aspartik asit ve arginin oluşturmaktadır. Hurma çekirdeği bileşiminde bazı çözünebilir proteinler de tespit edilmiştir (Golshan ve ark. 2017).

Hurma çekirdekleri doymuş ve doymamış olmak üzere toplam 14 çeşit yağ asidi içermektedir. Bunlar kaprılık, kaprik, laurik, miristik, miristoleik, palmitik, palmitoleik, stearik, oleik, linoleik, linolenik, araşidik, eikosenoik ve behenik yağ asitleridir. Özellikle oleik asit içeriği yüksek olup %41,1-58,8 arasında değişmektedir (Al-Shahib ve Marshall 2003, Besbes ve ark. 2004). Hurma çekirdeği yağının refraktif indeksi (20 °C'de) 1,4778-1,4792; iyot sayısı 67,22-74,80 g iyot/100 g; sabunlaşma değeri 204,84-215,87 mg KOH/g; asit sayısı 1,35-1,38 mg KOH/g olarak bulunmuş ve yeşilimsi-kahverengimsi sarı renkte olduğu gözlenen yağın oda sıcaklığında yarı sıvı olduğu belirlenmiştir. Bu özellikleri ile hurma çekirdeklerinin yenilebilir yağ kaynağı olduğu ve hurma çekirdeği yağının ilaç ve kozmetik sanayinin yanı sıra gıda endüstrisinde de kullanılabilmesi ifade edilmektedir (Boukouada ve Yousfi 2009). Saafi ve arkadaşları (2008), farklı çeşitlerden hurma çekirdeklerinin kimyasal kompozisyonunu incelediği çalışmasının sonucunda, zengin bir protein ve yağ kaynağı olduğunu, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde rolü olan ve beslenmemiz için gerekli oleik ve linoleik yağ asitlerini yüksek oranda içerdiğini ve yenilebilir yağlar için değerli bir kaynak olabileceğini ortaya koymuştur. Habib ve arkadaşları (2013), 18 çeşit hurma çekirdeği yağının yağda çözünen vitamin, karotenoid ve yağ asidi profilini karşılaştırmıştır. β -karotenin 1,18-2,68 mg/100 g düzeyinde ve en fazla bulunan karotenoid olduğu görülmüştür. En çok bulunan yağ asidinin %49,50 ile oleik asit olduğu ve onu miristik (%14,52) ve linoleik asitlerin (%10,23) takip ettiği belirlenmiştir. Ayrıca önemli miktarda vitamin E ve K₁ içerdiği gösterilmiştir. Elde edilen bulguların hurma çekirdeği yağının esansiyel yağ asidi kaynağı olarak sağlıklı yenilebilir yağlarda ayrıca kozmetik ve ilaç sanayinde kullanılabilmesini ortaya koyduğu bildirilmiştir.

Sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, bakır, magnezyum, manganez, çinko, fosfor, kurşun, kadmiyum ve krom hurma çekirdeğinde bulunan minerallerdir. Hurma çekirdeğinde bulunan toplam mineral miktarının

arpadaki mineral miktarıyla kıyaslanabilir düzeyde olduğu, hurma çekirdeğinin iyi bir mineral kaynağı olabileceği ve gıda ürünlerinde arpanın yerine alternatif olarak kullanılabilceği ifade edilmektedir (Abdul Afiq ve ark. 2013).

Karbonhidratlar yağlarla birlikte hurma çekirdeğinin ana bileşenlerini oluşturmaktadır (Golshan ve ark. 2017). Hurma çekirdeklerindeki glikoz oranı %10,8, fruktoz oranı ise %7,3'tür (Al-Shahib ve Marshall 2003). Mannoz ve maltoz hurma meyvesinde bulunmamasına rağmen çekirdeğinde bulunan karbonhidratlardır.

Hurma Çekirdeğinin Fenolik Bileşik İçeriği ve Antioksidan Aktivitesi

Hurma çekirdeği fenolik bileşikler ve antioksidanlar açısından zengin bir kaynaktır. Çekirdeklerde bulunan fenolik asitler arasında *p*-hidroksibenzoik asit, protokateşik asit, *m*-kumarik asit, gallik asit, vanilik asit, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit ve *o*-kumarik asit yer almakta olup, bunlar arasında ilk üçü baskın olanlardır. Fenolik bileşikler ve antioksidanların miktarı çekirdeklerin elde edildiği hurmanın çeşidine göre değişmektedir. Gökşen ve arkadaşları (2018), Safawi, Mebruum ve Shugi çeşitlerine ait çekirdeklerin toplam fenolik madde miktarını sırasıyla 49,66 gallik asit eşdeğeri (GAE)/g, 29,26 GAE/g ve 31,17 GAE/g olarak belirlemiştir. Öte yandan çözücü çeşidi ve ekstraksiyon sıcaklığı farklı polifenollerin ekstraksiyonu üzerinde etkili olmaktadır. Dondurarak kurutulmuş hurma çekirdeklerinden fenolik bileşiklerin 22, 45 ve 60°C sıcaklıkta su, aseton-su, etanol-su ve metanol-su çözücülerini ile ekstrakte edildiği bir çalışmada toplam polifenol içeriğinin üç farklı sıcaklık için sırasıyla 21-54 mg GAE/g, 27-55 mg GAE/g ve 30-62 mg GAE/g olduğu belirlenmiştir. En etkili çözücünün aseton-su olduğu ortaya konmuştur (Guizani ve ark. 2014).

Hurma çekirdeklerinin hurmanın meyve eti, şurup ve pres keki ile karşılaştırıldığında daha yüksek oranda fenolik içeriğe sahip olduğu ve bundan dolayı bu kısımlarına göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmektedir (Al-Farsi ve ark. 2007). Platat ve arkadaşları (2014), 18 çeşit hurma çekirdeğinin (Khalas, Barhe, Lulu, Shikat alkahlas, Sokkery, Bomaan, Sagay, Shishi, Maghool, Sultana, Fard, Maktoomi, Naptit saif, Jabri, Kodary, Dabbas, Raziz, ve Shabebe) antioksidan aktivitesini Demir İndirgeyici Antioksidan Güç (FRAP) yöntemi ile incelemiştir. Çekirdeklerin ortalama antioksidan aktivitesini

157654,25 µmol FE/100 g olarak belirlemiştir. Sagay çeşidi çekirdeklerin en yüksek (222569 µmol FE/100 g), Barhe çeşidi çekirdeklerin ise en düşük antioksidan aktiviteye (62555 µmol FE/100 g) sahip olduğu tespit edilmiştir. Çekirdeklerin ortalama fenolik bileşik içeriğinin 3411,81 mg GAE/100 g olarak belirlendiği çalışmada, sırasıyla en yüksek (4768,87 mg GAE/100 g) ve en düşük (1864,82 mg GAE/100 g) fenolik bileşik içeriğe sahip olan çekirdeklerin Khodary ve Barhe türüne ait olduğu saptanmıştır. Polifenollerin ve antioksidan aktivitenin, hurma meyvelerine kıyasla çekirdeklerde 10 kata kadar daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar, en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olan çeşitlerin aynı zamanda, en düşük yağ miktarına sahip olduğunu ve bunun hurma çekirdeklerinin fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılması için özellikle önemli olduğunu vurgulamıştır. Bir başka çalışmada güneşte kurutulmuş üç çeşit hurma çekirdeğinin toplam antioksidan aktivitesi Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi (ORAC) yöntemi ile tayin edilmiş ve Mabseeli, Um-sellah, Shahal çeşitlerine ait çekirdeklerin toplam antioksidan aktiviteleri sırasıyla 580, 903, 929 µmol troloks eşdeğeri (TE)/g olarak bulunmuştur (Al-Farsi ve ark. 2007). Chaira ve arkadaşları (2007), Deglet nour ve Alig türlerine ait hurma çekirdeklerinin antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmasında, çekirdeklerin 1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürücü aktivitesini 100 µg/mL'de %51 olarak bulmuş ve bu değer ile kontrol olarak kullanılan E vitamininin DPPH radikal süpürücü aktivitesine (%68) yaklaştıklarını kaydetmiş, çekirdeklerin etil asetat ekstraktlarının gıda ve ilaçlarda antioksidan olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Çalışmalar diğer hurma türlerine ait çekirdeklere kıyasla özellikle Ajwa ve Zahedi türüne ait hurma çekirdeklerinin fenolik bileşik miktarı ve antioksidan aktivite yönünden daha zengin olduğunu göstermektedir. Ardekani ve arkadaşları (2010), 14 farklı türe ait hurma çekirdeğinin (Shahani, Khasuei, Sayer, Zahedi, Shekar, Shahabi, Kabkab, Khenizi, Maktub, Kabkab dalaki 2, Shahabi 2, Majul, Gofar, Lasht) antioksidan aktivitesini FRAP yöntemi ile incelemiş ve en yüksek antioksidan aktiviteye 37,42 mmol/100 g (kuru ağırlık) değeri ile Zahedi türüne ait çekirdeklerin sahip olduğunu göstermiştir. Ahmed ve arkadaşları (2016), Ajwa, Hallawi ve Aseel türlerine ait hurma çekirdek tozlarını incelediğinde 10 µg/ml'de DPPH radikali süpürücü aktivitelerini sırasıyla %73,68; 55,78; 32,78 olarak bulmuştur. En yüksek toplam fenolik madde içeriği 1204,7 mg/100 g ile Ajwa, en düşük toplam fenolik madde içeriği 843,54 mg/100 g ile

Aseel türüne ait çekirdeklerde belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada Arshad ve arkadaşları (2015), Ajwa ve Zahedi hurma çekirdeklerini kurutup toz haline getirdikten sonra incelemiş ve 1 mg/mL'de DPPH radikali süpürücü aktivitelerinin sırasıyla %0,11-85,48 ve %5,44-83,32 arasında değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Ajwa türüne ait çekirdeklerin 74,19 µg/mL GAE ile en yüksek toplam fenolik içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Hurma çekirdekleri birçok meyvenin çekirdeğine kıyasla daha yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir. Guo ve arkadaşları (2003), FRAP Yöntemi ile hurmanın da aralarında yer aldığı 20 farklı meyvenin çekirdeğinde antioksidan aktivite tayini gerçekleştirmiştir. Hurma çekirdeğinin FRAP değeri 1,77 mmol/100 g olarak tespit edilmiş ve hurma çekirdekleri bu değer ile üzüm, longan meyvesi, liçi, mango, guava, armut gibi meyve çekirdeklerinin ardından 7. sırada yer almıştır.

Genel olarak araştırmacılar, elde ettikleri bulgulardan yola çıkarak hurma çekirdeklerinin doğal antioksidanlar yönünden mükemmel bir kaynak olduğunu ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Ayrıca hurma çekirdeklerinin besin bileşimi ve antioksidan özellikleri nedeniyle hastalıkları önlemek, tedavi etmek ve genel sağlığı iyileştirmek amacıyla kullanılmak üzere gelecekteki farmasötik uygulamalar için umut verici bir aday olabileceği bildirilmektedir. Ancak bu potansiyelin, farklı besin bileşimi ve antioksidan profilleri göz önüne alındığında çeşide bağlı olarak değişebileceği ifade edilmektedir. Bu durumun, sağlık yönünden belirli bir amaç dikkate alındığında önem kazandığı ve fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde de çekirdeklerin ait olduğu hurma çeşitlerinin seçiminde tekli veya çoklu kombinasyonların kullanımının ön plana çıkabileceği vurgulanmaktadır (Platat ve ark. 2014, Ahmed ve ark. 2016).

Hurma Çekirdeğinin Diyet Lif İçeriği

Hurma çekirdeklerinin çeşide bağlı olarak önemli, fakat oldukça değişken miktarlarda makro ve mikro besin öğelerini içerdiği, ancak incelenen çok sayıda çeşidin mükemmel bir diyet lif kaynağı olduğu ve bu nedenle fonksiyonel gıdaların önemli bir bileşeni olarak kullanılabileceği ifade edilmektedir (Habib ve Ibrahim 2009).

Hurma çekirdeklerinin diyet lif miktarını inceleyen çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Hamada ve ark. 2002, Al-Farsi ve Lee 2007, Habib ve Ibrahim 2009, Almana ve Mahmoud 2010, Habib ve Ibrahim 2011, Ahmed

ve ark. 2016, Shokrollahi ve Taghizadeh 2016). Bu araştırmalarda hurma çekirdeklerinin 64,5-80,15 g/100 g diyet lif içerdiği ortaya konmuştur.

Hurma çekirdekleri, hurmanın meyve eti ve pres kekine kıyasla daha yüksek düzeyde lif içeriğine sahiptir. Ayrıca 1-12,2 g/100 g lif içeriği olan elma, kayısı, üzüm, şeftali, portakal, erik, ahududu, kuru kayısı, kuru erik, kuru üzüm, kuru incir gibi meyvelerle kıyaslandığında lif içeriğinin çok daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Al-Farsi ve Lee 2007).

Hurma çekirdeğinden elde edilen diyet lifin, ticari lif Fibrex'ten daha zengin ve saf olduğu belirlenmiştir. Shokrollahi ve Taghizadeh (2016), hurma çekirdeklerinin toplam diyet lif içeriğini 73,47 g/100 g, çözünmeyen diyet lif içeriğini 69,18 g/100 g olarak bulmuş, bu değerlerin ticari lif Fibrex'te sırasıyla 65,74 g/100 g ve 44,40 g/100 g olduğunu göstermiştir. Öte yandan, hurma çekirdeğini toz haline getirip yağını uzaklaştırdıktan sonra elde ettikleri diyet lifin toplam lif içeriğinin 78,60 g/100 g, çözünmeyen diyet lif içeriğinin 73,98 g/100 g olduğunu tespit eden araştırmacılar, hurma çekirdeği diyet lifinin yüksek lif içeriği sayesinde lif kaynağı olarak kullanılan Fibrex'in ve bazı tarımsal ürünlerin yerini alabileceğini bildirmiştir.

Öğütme ile elde edilen farklı boyut fraksiyonlarına sahip çekirdeklerin lif içeriğinin farklı olduğu gösterilmiştir. Almana ve Mahmoud (2010), ince ve iri olarak öğüttükleri hurma çekirdeklerinin toplam diyet lif içeriklerinin sırasıyla yaklaşık %71 ve %80 olduğunu bildirmiştir.

Toplam diyet lifi miktarının fazla olması nedeniyle hurma çekirdeklerinin prebiyotik olarak insan sağlığı için potansiyel yararları olduğu düşünülmektedir. Al-Thubiani ve Khan (2017), ince öğütülmüş hurma çekirdeği tozu ve hurma çekirdeği tozu sulu ekstraktının *Lactobacillus paracasei* ssp *paracasei*'nin prebiyotik olarak gelişimi üzerine etkinliğini ve hurma çekirdeği diyet lif konsantresinin prebiyotik özelliklerini incelemiştir. Bakteriyel popülasyon, fermantasyonun 0, 24, 48, 72 ve 96. saatlerinde her bir örnekte kontrol edilmiştir. Elde edilen veriler, ince öğütülmüş hurma çekirdeği tozu ve hurma çekirdeği tozu sulu ekstraktının bakteriyel fermantasyonda C kaynağı olarak kullanılabilceğini göstermiştir. Hurma çekirdeği diyet lif konsantresinin pH'yı düşürmesinin yanı sıra *Lactobacillus paracasei* ssp *paracasei* popülasyonunda artış sağlaması göz önüne alındığında yeni bir potansiyel prebiyotik kaynağı olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar bir atık olan hurma çekirdeklerinin

fonksiyonel gıdaların üretiminde kullanılabilceği sonucunu ortaya koymuştur.

Fonksiyonel Gıda Üretiminde Hurma Çekirdeği Kullanımı

Hurma çekirdekleri zengin besin bileşimi ve fonksiyonel bileşenleri sayesinde araştırmacıların ilgisini çekmiş ve farklı gıda ürünlerinin üretiminde kullanımı çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Bu araştırmalardan bazıları hurma çekirdeklerinden un elde edilmesi üzerinedir. Wahini (2016), hurma çekirdeği unu üretim aşmalarını ortaya koymak ve bu unun besin değerini tespit etmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yıkama, NaHSO₃'e daldırma, durulama, kaynatma (80-90 °C'de 10 dk), süzme, kurutma (güneşte 2 gün veya 50-60 °C'lik fırında 24 saat), öğütme ve eleme işlemlerinin sırasıyla gerçekleştirilmesi sonucu hurma çekirdeği unu elde edilen araştırmada, hammaddenin güneşte kurutulması ile elde edilen unun karbonhidrat, protein, yağ, vitamin ve mineral değerlerinin dolayısıyla besin değerinin, fırında kurutulması ile elde edilenden daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca hurma çekirdeği ununun protein içeriğinin durum buğday ununun iki katı olduğunu tespit eden araştırmacı, bundan dolayı buğday unu alternatifi olarak kullanılabilceğini vurgulamıştır.

Hurma çekirdeklerinin toz veya un haline getirildikten sonra fırıncılık ürünlerinin üretiminde kullanımını inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bouaziz ve arkadaşları (2020), yağı alınmış ve iki farklı partikül boyutunda hazırlanmış hurma çekirdeği tozunu %1 ve %3 oranında buğday ununun yerine kullanarak ekmek üretmiştir. Araştırmacılar küçük partikül boyutu kullanımının ekmek hacminin azalmasına, ekmek içi renginin değişmesine ve ekmek içi sertliğinde hafif artışa neden olduğunu tespit etmiştir. Bununla birlikte büyük partikül boyutu ve %3 oranında eklenmesinin karışım özelliklerini etkilediği, ekmek içi sertliği ve hacmini azalttığını bildirmiştir. Yağı alınmış hurma çekirdeği tozunun ilavesinin hamur stabilitesini artırdığı ve yoğurma tolerans sayısını azalttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, ekmeğin %1 veya %3 oranında hurma çekirdeği tozu ile zenginleştirilmesinin ekmek kalitesi üzerinde hafif olumsuz etkiler meydana getirmekle birlikte diyet lifi içeriğini artırdığı ortaya konmuştur. Platat ve arkadaşları (2015), hurma çekirdeği tozunu %5, %10, %15 ve %20 oranlarında un yerine kullanarak ekmek üretmişlerdir. Hurma çekirdeği tozu içeren ekmeklerin, buğday unlu ekmeklere göre daha yüksek flavonoid ve fenolik bileşen içerdiği ve daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Sınırlı miktarda fenolik bileşen

içeren buğday unlu ekmeklerde bulunmayan flavan-3-ols gibi fenolik bileşiklerce zengin olduğu tespit edilmiştir. Akrilamid miktarının %5 hurma çekirdeği tozlu ekmekte buğday ekmeğine göre önemli düzeyde az olduğu ortaya konmuştur. Araştırmacılar hurma çekirdeği tozu kullanılan ekmeğin, kronik hastalıkları önlemek için umut verici bir fonksiyonel bileşen olabileceğini ifade etmiştir.

Almana ve Mahmoud (1994), hurma çekirdeğini ince ve iri olmak üzere iki formda öğütürük toz haline getirmiş ve sırasıyla lif içeriğini %71 ve %80 olarak bulduğu bu tozları un yerine %5-10-15 oranında kullanarak Suudi Arabistan Mafrood ekmeği üretmiştir. Hurma çekirdeği tozu içeren ekmeklerin lif içeriği, buğday kepeği ikamesi ile hazırlanan kontrol ekmeğinden oldukça yüksek bulunmuştur. İri öğütölmüş hurma çekirdeği tozundan %10 ilave edilerek hazırlanan ekmeğin duyusal değerlendirme sonucunun kontrol grubuna benzer ya da daha iyi olduğu görölmüştür. İri öğütömenin karıştırma özellikleri ve ekstensograf parametrelerini buğday kepeğine benzer bir şekilde etkilediği saptanmıştır. Öte yandan ince öğütölmüş hurma tozu konsantrasyonu ile orantılı olarak ekmeğin rengi, tadı, kokusu, çiğneme ve genel kabul edilebilirlik gibi özelliklerinde bozulma meydana gelmiştir.

Al-Dalali ve arkadaşları (2018), hurma çekirdeği lifi kullanarak ürettikleri ekmeklerin bazı özelliklerini araştırmıştır. Un ağırlığı üzerinden %4 ve %6 oranında hurma çekirdeği lifi ilave edilen ekmeklerde su absorpsiyonu ve hamur stabilitesinin arttığı, %4 lif ilavesiyle ekmeklerde en yüksek toplam skorlardan birinin elde edildiği, şekil ve boyut yönünden lif ilave edilen ekmeklerin kontrolden farklılık göstermediği tespit edilmiştir.

Shokrollahi ve Taghizadeh (2016) tarafından, yağı alınmış hurma çekirdeği tozu hazırlanmış ve hurma çekirdeği diyet lifi adıyla yeni bir lif kaynağı olarak ekmeğe ilave edilmiştir. Sonrasında ekmeğin kimyasal, fiziksel ve pişirme özellikleri şeker pancarından elde edilen ticari lif Fibrex ile karşılaştırılmıştır. %78,6 diyet lifi içeren hurma çekirdeği diyet lifinin, %65,74 lif içeren Fibrex'e göre lif bakımından daha zengin olduğu belirlenmiştir. Yağ tutma kapasitelerinin benzer olduğu, su tutma kapasitesinin hurma çekirdeği diyet lifinde daha düşük olduğu belirlenmiştir. Buğday ununun %2,5 ve %5 Fibrex ya da hurma çekirdeği lifi ile ikame edilmesi sonucu, %2,5 hurma çekirdeği lifi içeren ekmeğin sıklığının lif içermeyen kontrol ekmeğinden farklılık göstermediği saptanmıştır. %5 Fibrex içerenler

dışında tüm örneklerin duyusal analiz sonucu kabul edilebilir bulunmuş ve hurma çekirdeği diyet lifinin ekmek yapımında kullanıma uygun olduğu tespit edilmiştir. Su tutma kapasitesi daha düşük olmasına rağmen hurma çekirdeği diyet lifinin pişirme özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmeler Fibrex ekmeklerine göre daha kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak hurma çekirdeği diyet lifinin, Fibrex ya da diğer lif kaynaklarının yerini alabileceği, kırmızımsı rengi ve uygun yağ tutma kapasitesi nedeniyle et endüstrisinde de kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Hamzaçebi (2017), hurma çekirdeği unu, yulaf kepeği, kinoa, ticari diyet lif ve bezelye unu lifi olmak üzere 5 farklı lif kaynağını %5 ve %10 oranında tek tek ve ikili kombinasyonlar halinde kullanarak kek üretimi gerçekleştirmiş ve bu kekleri toplam diyet lif, hacim, tekstür ve renk yönünden incelemiştir. %5 lif içeren örneklerde hurma çekirdeği unu-bezelye unu ikameli örneğin en yüksek hacim değerine sahip olduğu, %10 hurma çekirdeği unu ve %10 hurma çekirdeği unu-kinoa karışımı içeren keklerin kontrol örneğinden daha yumuşak olduğu, en yüksek renk değerine %5 lif içeren örneklerde hurma-yulaf lifi içeren örneğin, %10 lif içeren örneklerde ise hurma çekirdeği unu içeren örneğin sahip olduğu ortaya konmuştur. Hurma çekirdeği lifi ve hurma-yulaf lifi içeren örneklerin lif miktarlarının en yüksek olduğu bildirilmiştir.

Ambigaipalan ve Shahidi (2015), hurma çekirdeği unu hidrolizatını (%2,5) ve hurma çekirdeği ununu (%2 ve %5) formülasyona dahil ederek muffin üretmiştir. Hurma çekirdeği unu hidrolizatı muffinlerin nem içeriğini arttırmış ve yapıyı geliştirmiştir. Hurma çekirdeği unu ve hidrolizatı muffinlerin yükseklik ve pişme özellikleri üzerinde ise etkili olmamıştır. Yapısı ve aroması sayesinde hurma çekirdeği unu hidrolizatı içeren muffinlerin yüksek kabul edilebilirliğe sahip olduğu, koyu kahverengi renkte olan hurma çekirdeği unlu muffinlerin ise daha düşük duyusal kabul edilebilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Toplam diyet lif ve kül içeriğinin hurma çekirdeği unu sayesinde arttığı saptanmıştır. Hurma çekirdeği unu ve hidrolizatının anlamlı radikal süpürücü aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar hurma çekirdeği unu ve hidrolizatlarının unlu mamuller için fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak düşünülebileceğini ifade etmiştir. Hussein ve Ali (2017), farklı oranlarda karıştırdıkları yulaf unu ve hurma çekirdeği tozunu kullanarak atıştırmalık üretmiştir. Araştırmacılar hurma çekirdeği tozu ilavesinin diyet lif ve kül içeriğinde önemli bir artış

sağladığını tespit etmiştir. Artan hurma çekirdeği tozu oranının, renk ve gevreklik puanını azalttığı, tat puanını artırdığı ve aroma, görünüm, genel kabul edirliliği ise etkilemediğini belirlemiştir. %90 yulaf unu+%10 hurma çekirdeği tozu karışımı kullanılarak yapılan atıştırmalığın tat, görünüm ve genel kabul edirliliğinin daha yüksek olduğu ve onu sırasıyla %80 yulaf unu+%20 hurma çekirdeği tozu, %70 yulaf unu+%30 hurma çekirdeği tozu karışımlarının izlediğini bildirmiştir.

Hurma çekirdeklerinden elde edilen tozun veya yağın reçel, çikolata, ketçap ve mayonez gibi ürünlerin üretiminde kullanılarak bu ürünlerin özellikleri üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar literatürde mevcuttur. Alqahtani (2020a), diyet lif kaynağı olarak Khalas hurma çekirdeği tozunu reçelde pektin yerine %25, %50, %75, %100 oranında kullanarak 6 aylık depolama süresince kimyasal, tekstürel ve duyuşsal yönden değerlendirmiş ve hurma çekirdeği tozu kullanılarak üretilen reçellerin özelliklerini, pektin kullanılarak üretilen reçeller ile karşılaştırmıştır. Renk parametreleri ile hurma çekirdeği tozu kullanımı arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Depolama boyunca asitlik, kuru madde içeriği ve kıvam göstergesi olan bostwickte hafif bir artış olduğu ortaya konmuştur. Depolama sırasında %50 ve %75 oranında hurma çekirdeği tozu kullanılan reçelerde viskozite, sertlik, kohezyon ve yapışkanlıkta artış tespit edilmiştir. Renk, tat ve tekstür yönünden önemli bir farklılık bulunmamıştır. Genel kabul edilebilirlik, depolamanın 6. ayına kadar istikrarlı bir şekilde artmıştır. Araştırmacı hurma çekirdeği tozunun jelleşme ajanı olarak kullanılan başarılı bir diyet lif kaynağı olabileceğini ve pektine alternatif olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Peighambardoust ve arkadaşları (2017), hurma çekirdeği tozu ve susam tozlarını ağırlıkça % 5, 10, 15 ve 20 oranında kullanarak çikolata üretmiş ve çikolatanın nem, diyet lif, esansiyel yağ asidi içeriği ve fosfor, sodyum, çinko gibi minerallerin miktarında artış tespit etmiştir. En yüksek sertlik kontrol örneğinde, en düşük sertlik ise %20 hurma çekirdeği ve susam tozlarını içeren örnekte görülmüştür. Tüketici tarafından kabul edilebilirlik baz alındığında en yüksek puanı %10 hurma çekirdeği ve susam tozları içeren çikolatanın aldığı, en düşük puanı ise kontrol örneğinin aldığı tespit edilmiştir.

Domates ketçabının diyet lifi kaynağı olarak hurma çekirdeği tozu ile zenginleştirilmesinin domates ketçabının rengi, kimyasal, reolojik

ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada ağırlıkça %0,25; %0,5; %1,0 ve %1,5 hurma çekirdeği tozu ilave edilmiş ketaplar hazırlanmıştır. Ketaba hurma çekirdeği tozu eklenmesi ile L değeri biraz artırmış ve (a/b) değerinde çok az azalma olmuştur. Depolama boyunca %28,14-29,8 aralığında olan çözünebilir kuru madde miktarı ketaplar arasında farklılık göstermemiştir. Asitlik ve pH, depolama boyunca önemli bir değişme göstermemiş ve farklı miktar hurma çekirdeği eklenmiş ketaplarda benzer olduğu g r lm şt r. Hurma ekirdeği tozunun %0,25 ve % 1,5 oranında ilavesi ile hazırlanan ketaplarda viskozite depolama başlangıcında artarken depolama sonunda ise azalmıştır. Hurma ekirdeği eklenmemiş ketçap ile karşılaştırıldığında en yüksek sertlik, yapışkanlık ve bostwick değerlerine %0,5 hurma çekirdeği tozu eklenmiş ketabın sahip olduğu g r lm şt r. En yüksek duyuşal değerlendirme puanını %0,25 ve %0,5 hurma çekirdeği tozu ilave edilmiş ketaplar almıştır. Araştırmacılar diğer hidrokolloidler veya koyulaştırıcılar yerine hurma çekirdeği tozunun kullanılabilceğini bildirmiştir (Alqahtani 2020b).

Basuny ve Al-Marzooq (2011), mayonez üretiminde geleneksel yağın yerine hurma çekirdeği yağını kullanmıştır. Elde edilen veriler, hurma çekirdeği yağı içeren mayonezin, mısır yağından üretilen kontrole kıyasla duyuşal özellikler yönünden daha üstün olduğunu göstermiştir.

Hurma çekirdeklerinin toz halinde kullanılmasının yanı sıra çekirdeklerden elde edilen fenolik bileşik ekstraktının kullanılmasının kıyma ve köfte gibi ürünlerin özellikleri üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Amany ve arkadaşları (2012), Khalas çeşidine ait hurma çekirdeklerinden ekstrakte ettikleri fenolik bileşen ekstraktının 10 gün boyunca depolanan dana kıymanın lipid oksidasyonu ve kıyma kalitesi üzerindeki etkisini incelemiş ve yapay antioksidan BHT ilave edilmiş dana kıyma ile karşılaştırmıştır. Çalışmada hurma çekirdeklerinden ekstrakte edilen fenolik bileşen ekstraktının anlamlı ölçüde ve en yüksek düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hurma çekirdeklerindeki fenolik bileşiklerin depolama sırasında hidroperoksit oluşumunu azaltmada yüksek antioksidan etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Sayas-Barber  ve arkadaşları (2020), hurma çekirdekleri tozunu %1,5, %3 ve %6 oranında sığır eti köftelerine ilave ederek 10 günlük saklama süresi boyunca kalitesi üzerine olan etkisini değerlendirmiştir. Araştırmacılar,

hurma çekirdeği tozu ilavesinin antioksidan aktivitesi ve fitokimyasal içeriği nedeniyle depolama süresi boyunca köftenin rengini, lipid oksidasyonunu ve mikrobiyal gelişimini stabilize ettiğini ifade etmiştir.

Hurma çekirdeklerinden kahveye alternatif bir içecek eldesi de yaygın bir uygulamadır. Atasoy (2019) tarafından, hurma çekirdeği kahvesinin üretimi, özellikleri ve bileşenleri üzerine farklı ısıl işlemlerinin etkisi araştırılmıştır. Hurma çekirdekleri 20 dk boyunca 180°C, 200°C ve 220°C'de kavrulduktan sonra nem miktarlarının %3,58-7,04, kül miktarlarının %0,91-1,04 ve kurumadde miktarlarının sırasıyla %92,96-96,42 olduğu belirlenmiştir. Farklı kavurma derecesi ile hazırlanan kahvelerin yağ absorpsiyonu %8,60-9,80, antioksidan kapasitesi %6,66-47,58, karotenoid içeriği 0,14-1,59 µg⁻¹ ve toplam fenolik madde içeriği 525,35-595,83 mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir. Kahvelerin protein miktarının %8,84-%14,09 arasında olduğu ve kavurma sıcaklık derecesi arttıkça L*, a* ve b* değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Hurma kahvesi yağında baskın yağ asidi %47,54 ile oleik asit olarak belirlenmiş ve hurma çekirdeği kahvesinin iyi bir mineral kaynağı olduğu ortaya konmuştur. Hurma çekirdeği kahvelerinin her birinde on altı çeşit fenolik maddenin saptandığı çalışma sonucunda araştırmacı, kafeinsiz ve besin değeri yüksek bir kahve alternatifi olabileceğini bildirmiştir.

Venkatachalam ve Sengottian (2016), hurma çekirdeği kullanarak kahveye alternatif olarak kafein içermeyen bir içecek elde etmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında, hurma çekirdeği kahve tozunu, çekirdeklerin yıkama, kurutma ve 125°C'de 30 dk kavurma işlemlerinden geçirilmesi sonucu elde etmiştir. Elde edilen bu toz FTIR spektroskopisi ile analiz edilmiş ve %0 kafein içerdiği gösterilmiştir. Panelistler tarafından 3, 6 ve 9 g hurma çekirdeği kahve tozu ile hazırlanan içeceklerin tat, koku, renk, aroma ve genel kabul edilebilirlik yönünden değerlendirilmesi sonucu, hurma çekirdeği tozu konsantrasyonu arttıkça puanların arttığı ve 9 g hurma çekirdeği tozu içeren içeceğin duyu özelliklerinin kontrol örneği olan kahve ile aynı ölçüde iyi olduğu belirlenmiştir. Buna göre hurma çekirdeği kahvesindeki şeker miktarının, normal kahveden az olduğu, hurma çekirdeği tozunun, kahvenin kendine özgü doğal bir alternatifi olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Sonuç

Hurma çekirdeği, hurmanın işlenmesi sırasında atık olarak ortaya çıkmakta ve daha çok hayvanların beslenmesinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte

sahip olduğu protein, yağ, mineraller gibi temel besin öğelerinin yanı sıra zengin fenolik bileşik ve diyet lif içeriği ve gösterdiği antioksidan aktivite ile dikkat çekmektedir. Buna bağlı olarak fonksiyonel gıda ürünlerinin üretiminde kullanım imkanını araştırmak ve gıdaların bazı özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda toz haline getirilen hurma çekirdeklerinin veya çekirdeklerden elde edilen yağ, diyet lif ve fenolik bileşiklerin fırıncılık ürünleri, kıyım, köfte, kahveye alternatif içecek, reçel, çikolata, ketçap ve mayonez gibi ürünlerde kullanıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların sonucunda kullanıldığı ürünlerin besin değeri, renk, tekstür, stabilite, antioksidan aktivite gibi özelliklerini iyileştirdiği gösterilmiş olup fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde kullanım imkanı olduğu ifade edilmektedir. Bu kapsamda yapılacak ayrıntılı çalışmaların ürün çeşitliliğinin artması ve fonksiyonel ve katma değeri yüksek ürünlerin elde edilmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

Abdul Afıq, M .J., Abdul Rahman, R., Che Man, Y. B., Al-Kahtani, H. A. and Mansor, T. S. T. (2013). Date seed and date seed oil. *International Food Research Journal*, 20(5), 2035-2043.

Ahmed, A., Arshad, M. U. and Saeed, F. (2016). Nutritional probing and HPLC profiling of roasted date pit powder. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15(3), 229-237. doi:10.3923/pjn.2016.229.237

Aktürk Z., Işık, M. (2012). Besin değeri ve sağlık açısından hurma (*Phoenix dactylifera*). *Konuralp Tıp Dergisi*, 4(3), 62-68.

Al-Dalali, S., Zheng, F., Aleid, S., Abu-Ghoush, M., Samhourı, M., Al-Farga, A. (2018). Effect of dietary fibers from mango peels and date seeds on physicochemical properties and bread quality of Arabic bread. *International Journal of Modern Research in Engineering & Management*, 1(2), 10-24.

Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Al-Abid, M., Al-Shoaily, K., Al-Amry, M. and Al-Rawahy, F. (2007). Compositional and functional characteristics of dates, syrups, and their by-products. *Food Chemistry*, 104, 943-947.

Al-Farsi, M., Lee, C.Y. (2011). *Usage of date (Phoenix dactylifera L.) seeds in human health and animal feed.* in Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, Preedy, V. R., Watson, R. R., Patel, V. B. eds, Academic Press, 447-452, USA.

Almana, H. A. and Mahmoud R.M. (1994). Palm date seeds as an alternative source of dietary fiber in Saudi bread. *Ecology of Food and Nutrition*, 32, 261-270.

Alqahtani, N. K. (2020a). Effects of replacing pectin with date pits powder in strawberry jam formulation. *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*, 21(1), 135-147.

Alqahtani, N. K. (2020b). Physico-Chemical and Sensorial Properties of Ketchup Enriched with Khalas Date Pits Powder. *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*. doi: 10.37575/b/agr/2030

Al-Shahib, W. and Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4), 247-259. doi: 10.1080/09637480120091982

Al-Thubiani, A. S. and Khan, M. S. A. (2017). The prebiotic properties of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds in stimulating probiotic *Lactobacillus*. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 11(4), 1675-1686.

Al-Yahyai, R. and Manickavasagan, A. (2012). *An overview of date palm production*, in Dates: Production, Processing, Food, and Medicinal Values, Manickavasagan, A., Mohamed Essa, M., Sukumar, E., eds, CRC Press, 3-12, USA.

Amany, M., Shaker, M.A., Abeer, A. (2012). Antioxidant activities of date pits in a model meat system. *International Food Research Journal*, 19(1), 223-227.

Ambigaipalan, P., Shahidi, F. (2015). Date seed flour and hydrolysates affect physicochemical properties of muffin. *Food Bioscience*, 12, 54-60.

Ardekani, M. R. S., Khanavi, M., Hajimahmoodi, M., Jahangiri, M. and Hadjiakhoondi, A. (2010). Comparison of antioxidant activity and total phenol contents of some date seed varieties from Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 9(2), 141-146.

Arshad, F. K., Jelani, S., Haroon, R. and Masood, H. B. (2015). A relative in vitro evaluation of antioxidant potential profile of extracts from pits of *Phoenix dactylifera* L. (Ajwa and Zahedi dates). *International Journal of Advanced Information Science and Technology*, 35(35), 28-37.

Atasoy, G. (2019). Hurma çekirdeği kahvesinin üretimi ve bazı bioaktif

özellikleri üzerine farklı ısıl işlemlerinin etkisinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Basuny, A. and Al-Marzooq, M. (2011). Production of mayonnaise from date pit oil. *Food and Nutrition Sciences*, 2(9), 938-943. doi: 10.4236/fns.2011.29128.

Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E. and Attia, H. (2004). Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84, 577-584.

Bouaziz, M. A., Amara, W. B., Attia, H., Blecker, C. and Besbes, S. (2010). Effect of the addition of defatted date seeds on wheat dough performance and bread quality. *Journal of Texture Studies* 41, 511-531. doi: 10.1111/j.1745-4603.2010.00239.x

Boukouada M., Yousfi M. (2009). Phytochemical study of date seeds lipids of three fruits (*Phoenix dactylifera* L) produced in Ouargla region. *Annales des Sciences et Technologie (AST)*, 1, 66-74.

Chaira, N., Ferchichi, A., Mrabet, A. and Sghairoun, M. (2007). Chemical composition of the flesh and the pit of date palm fruit and radical scavenging activity of their extracts. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(13), 2202-7. doi: 10.3923/pjbs.2007.2202.2207

El-Shurafa, M. Y., Ahmed, H. S., Abou-Naji, S. E. (1982). Organic and inorganic constituents of date palm pit (seed). *Date Palm J*, 1(2), 275-284.

Golshan, T., A., Solaimani, D. N. and Yasini, S. A. A. (2017). Physicochemical properties and applications of date seed and its oil. *International Food Research Journal*, 24(4), 1399-1406.

Gökşen, G., Durkan, Ö., Sayar, S. and Ekiz, H. İ. (2018). Potential of date seeds as a functional food components. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 1904-1909. doi: 10.1007/s11694-018-9804-6

Guizani, N., Suresh, S. and Rahman, M. S. (2014). Polyphenol contents and thermal characteristics of freeze-dried date-pits powder. *Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich*, 06-10.07.2014.

Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. and Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23, 1719-1726.

Habib, H. M. and Ibrahim, W. H. (2011). Effect of date seeds on oxidative damage and antioxidant status in vivo. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1674-1679. doi: 10.1002/jsfa.4368

Habib, H. M. and Ibrahim, W. H. (2009). Nutritional quality evaluation of eighteen date pit varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(S1), 99-111. doi:10.1080/09637480802314639

Habib, H.M., Kamal, H., Ibrahim, W.H., Al Dhaheri, A.S. (2013). Carotenoids, fat soluble vitamins and fatty acid profiles of 18 varieties of date seed oil. *Industrial Crops and Products*, 42, 567-572.

Hamada, J. S., Hashim, I. B., Sharif, F. A. (2002). Preliminary analysis and potential uses of date pits in foods. *Food Chemistry*, 76, 135-137.

Hamzaçebi, Ö. (2017). Farklı lif kaynakları kullanılan keklerde fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesi ve olası sinerjik etki varlığının araştırılması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hussein, A. M. S. and Ali, H. S. (2017). Chemical and technological properties of improved snacks from oat and date seeds composite flour. *American Journal of Food Technology*, 12(3), 201-208. doi: 10.3923/ajft.2017.201.208

Khalid, S., Khalid, N., Khan, R. S., Ahmed, H., Ahmad, A. (2017). A review on chemistry and pharmacology of Ajwa date fruit and pit. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 60-69.

Peighambardoust, S. H., Niyaei, S., Azadmard-Damirchi, S. and Rasouli Pirouzyan, H. (2017). Effect of incorporating date pit and sesame seed powder mixture on the quality parameters of functional milk chocolate. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 11(4), 117-128.

Platat, C., Habib, H. M., Al Maqbali, F. D., Jaber, N. N., Ibrahim, W. H. (2014). Identification of date seeds varieties patterns to optimize nutritional benefits of date seeds. *Journal of Nutrition & Food Science*, S8, 008. doi:10.4172/2155-9600.S8-008

Platat, C., Habib, H. M., Hashim, I. B., Kamal, H., AlMaqbali, F., Souka, U., and Ibrahim, W. H. (2015). Production of functional pita bread using date seed powder. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6375-6384. doi: 10.1007/s13197-015-1728-0

- Saafi, E. B., Trigui, M., Thabet, R., Hammami, M. and Achour, L. (2008). Common date palm in Tunisia: chemical composition of pulp and pits. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2033-2037.
- Sayas-Barberá, E., Martín-Sánchez, A. M., Cherif, S., Ben-Abda, J. and Pérez-Álvarez, J. Á. (2020). Effect of Date (*Phoenix dactylifera* L.) pits on the shelf life of beef burgers. *Foods*, 9, 102. doi:10.3390/foods9010102
- Shokrollahi, F. and Taghizadeh, M. (2016). Date seed as a new source of dietary fiber: physicochemical and baking properties. *International Food Research Journal*, 23(6), 2419-2425. URL 1- https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity, (Erişim tarihi: 08.11.2024).
- Venkatachalam, C. D. and Sengottian, M. (2016). Study on roasted date seed non caffeinated coffee powder as a promising alternative. *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities* 6(6), 1387. doi:10.5958/2249-7315.2016.00292.6
- Wahini, M. (2016). Exploration of making date seed's flour and its nutritional contents analysis. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 128, 012031. doi:10.1088/1757-899X/128/1/012031
- Zarie, A. A., Hassan, A. B., Alshammari, G. M., Yahya, M. A. and Osman, M. A. (2023). Date industry by-product: date seeds (*Phoenix dactylifera* L.) as potential natural sources of bioactive and antioxidant compounds. *Applied Sciences*, 13(21), 11922. doi: 10.3390/app132111922

Effects of physical activity on the musculoskeletal system in the aging process: gerocynesiological perspective and adaptation mechanisms

Ebru BARDAŞ ÖZKAN*¹
Mehtap ODABAŞI²

Geliş tarihi / Received: 03.12.2024

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 04.12.2024

Kabul tarihi / Accepted: 10.12.2024

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70003

Abstract

The multidisciplinary field of gerokinesiology studies how physical exercise affects aging on a biological, psychological, and social level. Understanding the effects of aging on human physiology and creating plans to improve people's quality of life are the main goals of this area. The musculoskeletal system experiences the most notable alterations as people age. Reduced bone mineral density (osteopenia and osteoporosis), decreased muscle mass (sarcopenia), and decreased connective tissue flexibility are important markers of the physical impacts of aging. Mobility and the capacity to live independently may be negatively impacted by these changes. This article offers a thorough analysis of how aging affects the musculoskeletal system, the molecular processes that underlie these changes, and the significance of consistent exercise in the adaptation processes. By maintaining muscular strength and flexibility, physical exercise can help halt the course of diseases like osteoporosis and sarcopenia. Additionally, by fortifying bones and connective tissues, it can reduce the likelihood of falls and accidents. In addition to its medical impacts, exercise is considered an essential strategy for promoting older individuals' psychological and social well-being. According to the body of scientific research, regular exercise has the ability to improve quality of

¹* Corresponding author: Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Erzincan, Türkiye, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7089-8771>

² Republic of Türkiye Ministry of Agriculture And Forestry, İstanbul Food Control Laboratory Directorate, İstanbul, Türkiye, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7914-4506>

life, preserve functional independence, and slow down the aging process. These assessments highlight the value of gerokinesiology as a framework for encouraging and enforcing physical exercise among senior citizens. As a result, the article also provides suggestions for leading a healthy life as one ages.

Key Words: *Gerokinesiology, Physical Activity, Aging Process, Elderly Population. Inception-ResNet-V2*

Yaşlanma sürecinde kas-iskelet sistemi üzerine fiziksel aktivitenin etkileri: gerokinesiyolojik perspektif ve adaptasyon mekanizmaları

Öz

Gerokinesiyoloji, yaşlanma sürecinde fiziksel aktivitenin biyolojik, psikolojik ve sosyal boyutlardaki etkilerini inceleyen disiplinler arası bir bilim dalıdır. Bu alan, özellikle yaşlanmanın insan fizyolojisi üzerindeki etkilerini anlamaya ve bireylerin yaşam kalitesini artırmaya yönelik stratejiler geliştirmeye odaklanmaktadır. Yaşlanma sürecinde en belirgin değişiklikler kas-iskelet sistemi üzerinde görülmektedir. Kas kütleindeki azalma (sarkopeni), kemik mineral yoğunluğunun düşmesi (osteopeni ve osteoporoz) ve bağ dokularında esnekliğin kaybolması, yaşlanmanın fiziksel etkilerinin başlıca göstergeleridir. Bu süreçler, bireylerin hareket kabiliyeti ve bağımsız yaşam becerilerini olumsuz yönde etkileyebilir. Makale, yaşlanmanın kas-iskelet sistemi üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelerken, bu etkilerin altında yatan biyolojik mekanizmaları ve düzenli fiziksel aktivitenin adaptasyon süreçlerindeki rolünü de ele almaktadır. Fiziksel aktivite, kas gücünü ve esnekliği koruyarak sarkopeni ve osteoporoz gibi durumların ilerlemesini yavaşlatabilir. Ayrıca, kemik ve bağ dokularının dayanıklılığını artırarak düşme ve yaralanma risklerini azaltabilir. Egzersiz, yalnızca biyolojik etkileriyle değil, aynı zamanda yaşlı bireylerin psikolojik ve sosyal sağlıklarını destekleyen önemli bir araç olarak da değerlendirilmiştir. Düzenli fiziksel aktivitenin yaşlanma sürecini yavaşlatma, fonksiyonel bağımsızlığı sürdürme ve bireylerin yaşam kalitesini artırmadaki potansiyeli, mevcut bilimsel literatür ışığında analiz edilmiştir. Bu değerlendirmeler, gerokinesiyolojinin yaşlı bireylerde fiziksel aktivitenin teşvik edilmesi ve uygulanması için önemli bir rehber olduğunu göstermektedir. Makale, bu bulgular doğrultusunda, yaşlılıkta

sağlıklı bir yaşamın sürdürülmesine yönelik önerilere de yer vermektedir.

Anahtar Kelimeler: Gerokinezyoloji, Fiziksel Aktivite, Yaşlanma Süreci, Yaşlı Nüfus.

Introduction

Similar to global trends, Turkey's old population is progressively growing. The number of people 65 and over, who are referred to as the elderly population, increased by 21.4% from 7,186,204 in 2018 to 8,722,806 in 2023, according to TUIK data (TUIK, 2023). The impacts of aging on individuals, society, and the economy have become increasingly noticeable as a result of this growth. Maintaining a decent quality of life has grown more crucial as people get older. Aging is a complicated process that affects people's social and psychological well-being in addition to their physical health. The quality of aging is greatly influenced by a number of factors, including lifestyle decisions, genetic predisposition, and environmental effects (Christensen et al., 2009). According to Jones and Rose (2005), aging is "a specialized field of study that focuses on how physical activity affects all aspects of health and well-being in the older adult population and the aging process in general." This definition emphasizes how important exercise is for encouraging good aging. A sizable segment of the population rejects the conventional "rocking chair" picture of old age in favor of an active attitude to aging. Through a variety of social and physical activities, these people aim to improve their quality of life (Chodzko-Zajko et al., 2009). Sheehan (1978), however, emphasized social biases by characterizing aging as "a process where everything goes downhill from the moment you become a spectator." Prejudices like this can have a detrimental effect on older people's self-esteem and social positions. In light of this, gerokinesiology has become a vital discipline devoted to promoting healthy aging. The multidisciplinary field of gerokinesiology studies the social, psychological, and physical aspects of aging (Rejeski & Mihalko, 2001). By examining the beneficial impacts of physical activity on older people's wellbeing, it seeks to encourage healthy aging. According to Colcombe and Kramer (2003), physical activity has a major impact on social relationships, cognitive abilities, and physical health. For example, a research conducted by Yaffe et al. (2001) discovered that frequent walking significantly improved cognitive function in older adults. Similarly, in older people who are sedentary,

aerobic activities have been associated with improved executive skills and a lower risk of dementia (Erickson et al., 2011). Numerous studies have demonstrated the advantages of physical exercise as people age. Both mental and physical health are enhanced by aerobic exercise. According to a Cochrane Foundation comprehensive review, physical activity improves older individuals' motor function, cognitive speed, and attention (Forbes et al., 2015). It is yet unknown, though, if these advantages apply only to aerobic exercise or to other types of physical activity. Individual quality of life has changed significantly as a result of the aging population, as have fields including urban planning, social policy, health, and education. Physical exercise and the necessity for certified trainers in this area have increased in Turkey due to the country's aging population (Aydoğan and Emrah, 2015). Universities are now focusing on multidisciplinary subjects like gerokinesiology as a result of this changing environment, which has led to the creation of new job prospects (Figure 1).

The purpose of this study is to investigate how gerokinesiological practices can help older people age in a healthy manner. In light of demographic shifts, it also aims to assess how physical exercise affects quality of life and offer suggestions for community-based activities.

Musculoskeletal system effects and adaptations

Slower biological processes and a decreased ability of the organism to adjust to external stimuli are two characteristics of aging (Owsley, 2011). The musculoskeletal system is significantly impacted by this process. For elderly people to preserve their independence and enhance their quality of life, the musculoskeletal system must remain functioning (Cruz-Jentoft et al., 2019). Both muscle mass and strength significantly decline with aging. Muscle atrophy, loss of motor units, reduced muscle protein synthesis, and decreased production of anabolic hormones (such as growth hormone and testosterone) are all symptoms of this illness, which is known as "sarcopenia" (Mitchell et al., 2012). Additionally, aging is frequently associated with changes in muscle fiber width and the loss of type II fast muscle fibers (Lexell, 1995). Furthermore, bone mineral density declines with age, with postmenopausal women seeing a more noticeable decline (Johnell & Kanis, 2006). In older people, sarcopenia is a major cause of frailty and a decline in quality of life. However, by promoting muscle protein synthesis, resistance exercise can halt or reduce this process. Activating mechanotransduction pathways, especially the mTOR (mammalian target

of rapamycin) signaling pathway, can stimulate the production of muscle proteins (Goodman CA, 2019). It has been demonstrated that resistance training (PRT) is a progressive strategy that involves a steady increase in exercise load or intensity. An eight-week PRT program raised thigh muscular cross-sectional area by 11.4% in fragile old persons, according to a research by Fiatarone et al. (1994), demonstrating its efficiency in preventing sarcopenia. Given the impacts of aging on the musculoskeletal system, it is evident that resistance training is essential for preserving muscle mass and enhancing the quality of life for senior citizens. Loss of bone raises the risk of fracture and causes osteoporosis or osteopenia. The interaction between osteoclast and osteoblast activity determines the equilibrium of bone metabolism. Age-related increases in osteoclast activity and decreases in osteoblast activity upset this equilibrium (Raisz, 2005). Furthermore, as people age, their tendons and ligaments lose their flexibility, their joints' cartilage degrades, and their production of synovial fluid declines (Loeser, 2010). All of these modifications might result in range-of-motion restrictions and make people more vulnerable to joint conditions like osteoarthritis. Regular exercise and physical activity, however, can reduce and even reverse these adaptations in spite of these musculoskeletal system modifications. Resistance training enhances neuromuscular function and encourages muscle development. Elderly people can gain more muscular strength through increased protein synthesis and the reactivation of latent motor units (Frontera et al., 1988). High-impact activities and weight-bearing workouts support osteoblast activity and bone mineral density maintenance. Specifically, mechanical stress reinforces the bone matrix and is essential for bone remodeling (Kohrt et al.2004). Stretching and low-impact aerobic activities (like swimming and walking) preserve range of motion by making connective tissues more elastic. Additionally, it promotes the generation of synovial fluid, which benefits joint health (Chighizola et al., 2014). In summary, older adults who engage in physical exercise had better musculoskeletal adaptations and overall health (Figure 1).

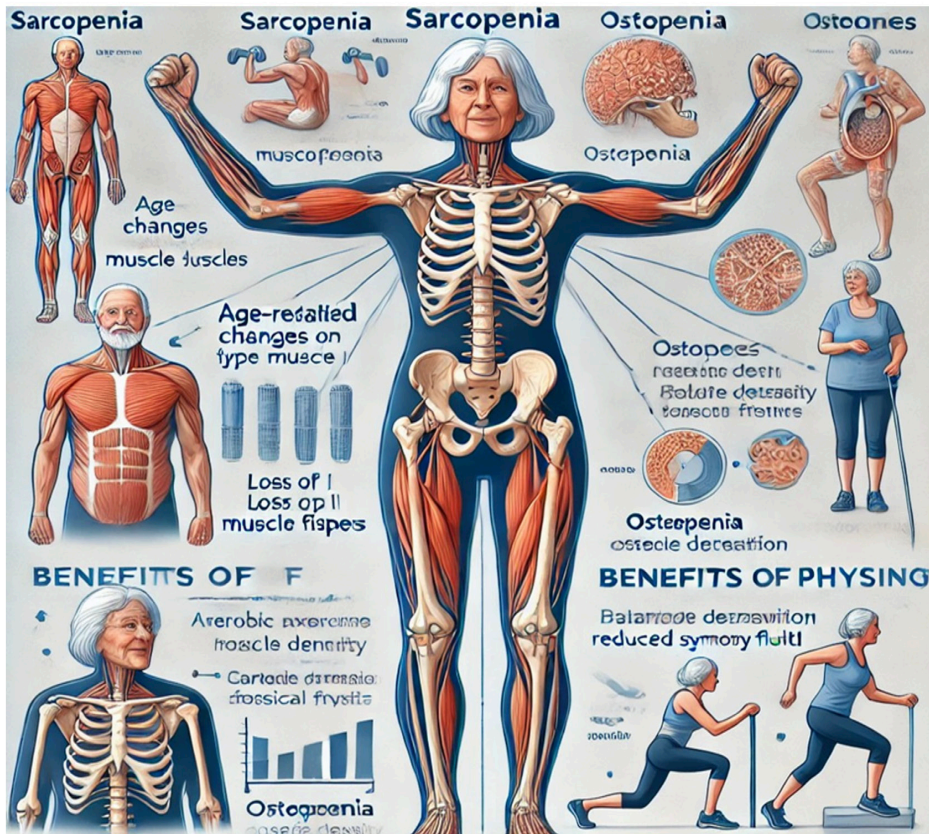


Figure 1. The advantages of physical exercise and the impact of aging on the musculoskeletal system are depicted in this image, which illustrates age-related changes and the processes that counteract them through exercise. This visual was created using the DALL-E 3 software, a powerful tool for generating images based on detailed text descriptions.

Aerobic, resistance, and balance exercises and their impact on physical, cognitive, and social functions in the aging process

Natural physiological changes that accompany them may have an impact on social, cognitive, and physical functioning. Nonetheless, via focused treatments, older persons without cognitive impairment represent a group with substantial potential to preserve and even enhance their functional performance (Colcombe & Kramer, 2003). According to recent studies, physical activity and organized exercise are crucial for enhancing this population's cognitive and physical performance (Erickson et al., 2011). Similarly, exercise is a powerful defense against the physiological changes

that come with age. The cardiovascular, musculoskeletal, and neurological systems all benefit greatly from well designed exercise programs for the elderly (Nelson et al., 2007). Combining various forms of physical activity provides a more efficient way to manage the complex impacts of aging (Sherrington et al., 2017). Aerobic Workouts: A crucial strategy for boosting cardiovascular endurance and promoting metabolic health is aerobic exercise. By improving the heart, lungs, and vascular system's efficiency, moderate to high-intensity aerobic exercises lower the cardiovascular risks linked to aging (Hagberg et al., 1985). Studies consistently demonstrate that aerobic exercise increases VO_2 max, a crucial measure of cardiovascular efficiency (Hagberg et al., 1985). Age-related declines in cardiac output, lung function, and muscle oxidative capability cause VO_2 max to naturally decline. Regular aerobic exercise, on the other hand, slows this loss by enhancing the efficiency of oxygen use in skeletal muscles and raising stroke volume, or the volume of blood the heart pumps out each beat (Figure 2). Regular aerobic exercise for six months has been demonstrated to raise VO_2 max levels by 10-15% (Hagberg et al., 1985). Reduced vascular elasticity with age is frequently linked to increased arterial stiffness and high blood pressure (Tanaka et al., 2000). By enhancing endothelial function-the capacity of blood vessels to expand in response to increased blood flow-regular aerobic exercise mitigates these effects. Increased synthesis of the vasodilator molecule nitric oxide mediates this effect (Green et al., 2004). According to studies, aerobic exercise lowers pulse wave velocity and raises arterial compliance, two markers of better vascular health (Tanaka et al., 2000). Furthermore, it has been shown that aerobic exercise considerably reduces hypertension patients' systolic and diastolic blood pressure (Cornelissen & Smart, 2013). Aerobic exercise programs lasting at least four weeks decreased the risk of heart disease and stroke by reducing systolic blood pressure by an average of 4-6 mmHg, according to a meta-analysis by Cornelissen and Smart (2013). Aerobic exercise improves psychological health and functional ability in addition to cardiovascular health. According to Nelson et al. (2007), increased endurance makes it easier for senior citizens to carry out everyday tasks, encouraging independence and lowering reliance on caregivers. Additionally, aerobic exercise's production of endorphins is associated with a decrease in anxiety and depressive symptoms, which enhances quality of life (Reiner et al., 2013). Furthermore, aerobic exercise is essential for preserving and enhancing cardiovascular health in the elderly. In addition to promoting physical health, it lowers the risk of

chronic illness by addressing age-related reductions in VO_2 max, vascular flexibility, and blood pressure management. Low-intensity aerobic exercises, on the other hand, have been shown to raise HDL cholesterol and decrease LDL cholesterol. According to Nelson et al. (2007), aerobic workouts improve cardiovascular endurance, which in turn enhances total functional ability. According to Reiner et al. (2013), it has psychological advantages and lessens disorders like anxiety and sadness. Regular exercise offers an efficient defense mechanism against the major structural and functional changes that the aging process brings about in the musculoskeletal system. Additionally, by improving insulin sensitivity, aerobic exercise lowers the incidence of type 2 diabetes. Church et al. (2007) shown that aerobic exercise lowers visceral fat levels and enhances glycaemic management in elderly people. Another type of exercise that is essential for boosting bone health, preventing sarcopenia, and building muscle strength in older persons is resistance training. By encouraging the synthesis of muscle proteins, progressive resistance training helps to prevent the loss of muscle mass (Fiatarone et al., 1994). Once more, resistance training increases muscle mass, which lessens the symptoms of sarcopenia. According to Fiatarone et al. (1994), senior citizens' muscular strength rose by 174% after 10 weeks of high-intensity resistance training. Osteoporosis risk is decreased by resistance training that increases bone density. By increasing osteoblast activity, mechanical stress encourages bone mineralization (Kohrt, et al., 2004). As people age, their bone mineral density declines, increasing their risk of osteoporosis and fracture. Resistance exercise enhances bone density, encourages bone remodeling, and activates osteoblasts. According to a comprehensive study by Wolff et al. (1999), older individuals' bone mineral density is considerably increased by resistance workouts, particularly those that involve weight-bearing activities. These adaptations lower the incidence of fractures and are especially noticeable in weight-bearing regions like the wrists, hips, and spine. By enlarging individual muscle fibers, especially type II fibers, which are disproportionately impacted by aging, resistance exercise results in muscular hypertrophy. By enlarging individual muscle fibers, especially type II fibers, which are disproportionately impacted by aging, resistance exercise results in muscular hypertrophy. Training increases the recruitment and firing rates of motor units, which enhances muscle efficiency and coordination. By inducing the release of anabolic hormones including growth hormone (GH) and insulin-like growth factor-1 (IGF-1), resistance

training aids in muscle development and repair. Peterson et al. (2010) conducted a meta-analysis to investigate how resistance training affected older individuals' muscular strength and functional outcomes. According to the data, resistance training increased upper limb strength by 25% and lower limb strength by 30%. Mobility, balance, and general quality of life all significantly improved as a result of these advances. Additionally, resistance training has been shown to be beneficial at different intensities, with progressive programs yielding the most notable outcomes. For older individuals, resistance exercise is crucial for preserving and enhancing physical attributes including muscle mass, functional strength, and balance. Peterson et al. (2010) conducted a meta-analysis to investigate how resistance training affected older individuals' muscular strength and functional outcomes. According to the data, resistance training increased upper limb strength by 25% and lower limb strength by 30%. Mobility, balance, and general quality of life all significantly improved as a result of these advances. Additionally, resistance training has been shown to be beneficial at different intensities, with progressive programs yielding the most notable outcomes. For older individuals, resistance exercise is crucial for preserving and enhancing physical attributes including muscle mass, functional strength, and balance. Resistance training should be done at least two to three times a week for older persons, according to the American College of Sports Medicine (ACSM). The ideal range for exercise intensity is 60-80% of one repetition maximum (1RM). Beginners may benefit from lower intensities (40-50% 1RM), while more seasoned people may benefit from higher intensities (70-85% 1RM) in terms of building muscle and strength. It is advised that each workout set focus on the major muscle groups and range from 8 to 12 repetitions. When choosing exercises, a mix of isolation and multi-joint exercises should be employed. Multi-joint workouts improve coordination and strength by simultaneously working many muscle groups. Exercises that are suggested include: strengthens the lower body, which facilitates everyday tasks like sitting up and walking. Enhances dynamic balance and lessens unilateral movement asymmetry. Improves leg and waist strength, which aids in postural control. Smaller muscle group isolation exercises, such as triceps extension, biceps curls, and calf raises, can also be utilized in rehabilitation procedures and be useful in boosting muscular endurance. Resistance training must be planned using the progressive overload concept in order to be successful. This idea entails progressively raising the resistance, repeat count, or

intensity. For instance, a 5-10% weight increase spread out over a few weeks promotes muscle tissue adaptability and avoids plateaus. For older adults, gradual loading reduces muscle fatigue and guarantees a sustainable exercise regimen. Elderly people are less likely to have injuries while resistance training if they take safety precautions. Prior to activity, dynamic stretching and mild aerobic exercises raise muscle temperature and lower the chance of injury. Following exercise, static stretching aids in muscle healing. Exercise form is essential for avoiding injury to the muscles and joints. When learning workout motions, both verbal and visual assistance are crucial. Resistance training requires close supervision from a qualified teacher, particularly for novices or those with medical conditions. Numerous issues related to aging are addressed by resistance exercise. It is a successful strategy for combating sarcopenia. It makes it easier to carry out everyday tasks. Helps people live independently by lowering their risk of falling. Makes bones healthier and lowers the chance of osteoporosis. Resistance training should be combined with other therapies, such aerobic exercise and food optimization, in future research. Particularly for older people, more information is required about the long-term impacts of varying exercise intensities and the planning of specific programs (Nelson et al., 2007). Designing programs to enhance older folks' physical health and quality of life requires a comprehensive approach. Daily tasks like standing and sitting may be completed more readily when the muscles in the lower body are strengthened. It was demonstrated by Liu & Latham (2004) that resistance training improves functional independence. In order to combat sarcopenia, the age-related loss of muscular mass and strength, strength and resistance training are crucial elements of physical fitness for older persons (Cruz-Jentoft et al., 2019). Major muscle groups are the focus of resistance training, which enhances muscle strength, balance, and coordination—all of which are critical for lowering the risk of falls and preserving independence in senior citizens. The physiological mechanics of resistance training in older adults are explained in this section. Exercises for flexibility and balance, which are crucial for older people, are frequently utilized to improve mobility and lower the risk of falls. Activities like yoga and tai chi, in example, have been shown to improve mental health in addition to physical balance (Wolf et al., 1996). By enhancing postural control, tai chi has been demonstrated to lower the risk of falls in older adults by 47% (Wolf et al., 1996). Controlled movement transitions that improve neuromuscular coordination are linked to these benefits. In elderly

people, yoga increases muscular flexibility, which enhances joint range of motion. According to Greendale et al. (2012), people who practiced yoga showed a considerable increase in their mobility and functional flexibility. In order to reduce falls, one of the main causes of injury and mortality among older persons, resistance training enhances neuromuscular coordination and postural control (Liu & Latham, 2009). Balance and stability are enhanced by strengthening the lower limbs, particularly the calf, hamstring, and quadriceps muscles. Resistance training lowers the risk of falls by enhancing proprioceptive feedback and dynamic stability, according to research by Liu and Latham (2009). Fall prevention efforts are further improved by combining weight training with balance training techniques like tandem stance or standing on one leg (Sherrington et al., 2017). By boosting self-confidence, balance and flexibility exercises help people feel less afraid of falling (Chen et al., 2023). Yoga and Tai Chi's meditation elements are beneficial for anxiety and depression (Greendale et al., 2012). By enhancing balance and coordination, it lowers the chance of falls (Sherrington et al., 2017). Gerokinesiological techniques make it possible to create exercise regimens that are tailored to the specific requirements of senior citizens. These programs have to be assessed by a multidisciplinary team and tailored to each person's physical capabilities and health. Healthy aging management enables people to lead higher-quality lives on both a physical and mental level. Combining various forms of exercise offers older adults a variety of health advantages. Programs that incorporate strength, balance, flexibility, and aerobic exercises help maximize mental and physical well-being. For instance, multimodal fitness programs decreased the risk of falls by 23%, according to Sherrington et al. (2017). The benefits of such programs include increased cardiovascular endurance and improved muscular strength and balance. Aerobic exercise lowers the risk of chronic diseases including type 2 diabetes and metabolic syndrome in addition to improving cardiovascular parameters. By increasing insulin sensitivity, decreasing visceral fat, and modifying inflammatory markers, aerobic exercise helps to improve metabolic regulation (Church et al., 2007). The protective role of physical activity in preventing and managing chronic diseases was highlighted in a study by Church et al. (2007), which found that older adults who participated in a structured walking program saw significant reductions in both fasting glucose levels and HOMA-IR (homeostatic model assessment for insulin resistance).

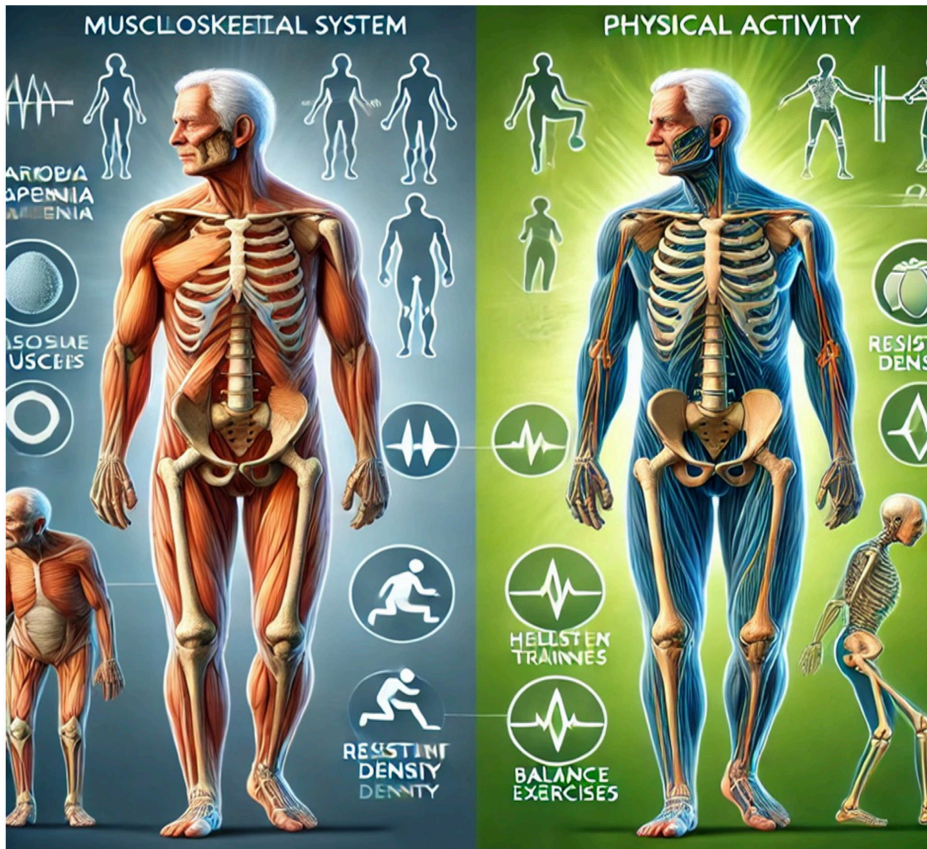


Figure 2. This illustration shows how exercise impacts the musculoskeletal system as people age. On the left, aging-related changes like muscle loss, decreased bone density, and stiff joints are depicted, while the right side highlights the benefits of regular exercise, including more muscle mass, stronger bones, and improved joint flexibility. The graphic also includes icons representing the advantages of resistance training, aerobic exercise, and balance exercises. This visual was created using the DALL-E 3 software, showcasing age-related changes, the benefits of exercise, and the processes that reverse these effects.

Conclusion

One of the most successful elements of lifestyle interventions to promote older adults' healthy aging is exercise. Combining various forms of exercise enhances older adults' quality of life by maximizing their physical and mental well-being. Combining aerobic, resistance, balance, and flexibility

exercises, multimodal exercise programs offer a useful way to manage the complex impacts of aging. According to Sherrington et al. (2017), these programs can enhance functional ability, promote independent living, and lower the risk of falls by 23%. Resistance training boosts bone density and muscle strength, aerobic training increases cardiovascular endurance, and balance and flexibility training improves neuromuscular control, which is essential for preventing falls. In addition to improving physical health, these holistic methods also improve psychological and cognitive well-being. By enhancing social contacts, exercise's beneficial benefits on psychological disorders like anxiety and depression may help older adults feel less alone. Future studies should concentrate on how exercise regimens may be tailored to each person's demands and combined with lifestyle variables. Dietary optimization, in particular, has a significant chance to boost the efficacy of fitness regimens. Exercise and dietary supplements are known to promote muscle protein synthesis and prevent sarcopenia more effectively (Koopman & van Loon, 2009). Furthermore, additional longitudinal research is required to comprehend the long-term impacts of varying exercise durations and intensities. Additionally, personalized workout regimens may be created based on each person's demands with the assistance of digital health technology. For instance, by monitoring individual performance, smartphone applications and portable sensors can give feedback and improve older persons' exercise adherence. In summary, encouraging physical activity among the elderly might lessen the strain on healthcare systems while also improving individual health outcomes. These programs help older people live active, independent, and fulfilling lives while also mitigating the negative impacts of aging.

References

Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Singh, M. A. F., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1510-1530.

Christensen, K., Doblhammer, G., Rau, R., & Vaupel, J. W. (2009). Ageing populations: the challenges ahead. *The Lancet*, 374(9696), 1196-1208.

Church, T. S., Blair, S. N., Cocroham, S., Johannsen, N., Johnson, W., Kramer, K., ... & Earnest, C. P. (2010). Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a

randomized controlled trial. *Jama*, 304(20), 2253-2262.

Colcombe, S., Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125-130.

Cornelissen, V. A., Smart, N. A. (2013). Exercise training for blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 2(1), e004473.

Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., ... & Zamboni, M. (2019). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 48(1), 16-31.

Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017-3022.

Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. D., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., ... & Evans, W. J. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *New England Journal of Medicine*, 330(25), 1769-1775.

Forbes, D., Forbes, S. C., Blake, C. M., Thiessen, E. J., & Forbes, S. (2015). Exercise programs for people with dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (4). CD006489.

Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., & Evans, W. J. (1990). Strength training and determinants of VO₂max in older men. *Journal of Applied Physiology*, 68(1), 329-333.

Goodman, C. A. (2019). Role of mTORC1 in mechanically induced increases in translation and skeletal muscle mass. *Journal of applied physiology*, 127(2), 581-590.

Green, M. F., Kern, R. S., & Heaton, R. K. (2004). Longitudinal studies of cognition and functional outcome in schizophrenia: implications for MATRICS. *Schizophrenia research*, 72(1), 41-51.

Greendale, G. A., Huang, M. H., Karlamangla, A. S., Seeger, L., & Crawford, S. (2009). Yoga decreases kyphosis in senior women and men

with adult-onset hyperkyphosis: results of a randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57(9), 1569-1579.

Hagberg J.M., Allen W.K., Seals D.R., Hurley B.F., Ehsani A.A., and Holloszy J.O.A. (1985). Hemodynamic comparison of young and older endurance athletes during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 58, 2041-2046.

Chen, W., Li, M., Li, H., Lin, Y., & Feng, Z. (2023). Tai Chi for fall prevention and balance improvement in older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in public health*, 11, 1236050.

Chighizola, C. B., Favalli, E. G., & Meroni, P. L. (2014). Novel mechanisms of action of the biologicals in rheumatic diseases. *Clinical reviews in allergy & immunology*, 47(1), 6-16.

Johnell, O., & Kanis, J. (2006). An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporosis International*, 17, 1726-1733.

Jones, C. J., & Rose, D. J. (2005). Physical activity instruction of older adults. *Human Kinetics*. UK

Soygüden, Aydoğın, Cerit, Emrah, (2015). The Importance of Exercise Applications for Elderly, *Hitit University Journal of Social Sciences Institute*, 8(1), 197-224.

Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). Physical activity and bone health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(11), 1985-1996.

Koopman, R., & van Loon, L. J. C. (2009). Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 106(6), 2040-2048.

Liu, C. J., & Latham, N. K. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane database of systematic reviews*, (3).

Lexell, J. (1995). Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(Spec No), 11-16.

Liu, C. J., Latham, N. K. (2009). *Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults*. The Cochrane Library.

Loeser, R. F. (2010). Age-related changes in the musculoskeletal system and the development of osteoarthritis. *Clinical Geriatric Medicine*, 26(3), 371-386.

Mitchell, W. K., et al. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Frontiers in Physiology*, 3, 260.

Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., ... & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1094.

Peterson, M. D., Rhea, M. R., Sen, A., & Gordon, P. M. (2010). Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing research reviews*, 9(3), 226-237.

Raisz, L. G. (2005). Pathogenesis of osteoporosis: Concepts, conflicts, and prospects. *The Journal of Clinical Investigation*, 115(12), 3318-3325.

Reiner, M., Niermann, C., Jekauc, D., & Woll, A. (2013). Long-term health benefits of physical activity—a systematic review of longitudinal studies. *BMC public health*, 13, 1-9.

Rejeski, W. J., & Mihalko, S. L. (2001). Physical activity and quality of life in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(Suppl_2), 23-35.

Sheehan, E. P. (1978). Aging and society. *Journal of Social Issues*, 34(2), 10-15.

Sherrington, C., Michaleff, Z. A., Fairhall, N., Paul, S. S., Tiedemann, A., Whitney, J., ... & Lord, S. R. (2017). Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(24), 1750-1758.

Tanaka, H., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Clevenger, C. M., DeSouza, C. A., & Seals, D. R. (2000). Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 102(11), 1270-1275.

Owsley, C. (2011). Aging and vision. *Vision research*, 51(13), 1610-1622.
TUIK. (2023). Türkiye'de yaşlı nüfus istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu.

Wolf, S. L., Barnhart, H. X., Kutner, N. G., McNeely, E., Coogler, C., Xu, T., & Atlanta FICSIT Group. (1996). Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai Chi and computerized balance training. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(5), 489-497.

Wolff, I. V., Van Croonenborg, J. J., Kemper, H. C. G., Kostense, P. J., & Twisk, J. W. R. (1999). The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre-and postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 9, 1-12.

Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M, Lui, LY., Kenneth Covinsky, K. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Archives of Internal Medicine*, 161.14: 1703-1708.

Hurmanın bilinmeyen değeri: Hurma poleni

Ekin DİNÇEL KASAPOĞLU^{1*}
Meryem BADAYMAN²

Geliş tarihi / Received: 10.12.2024

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 16.12.2024

Kabul tarihi / Accepted: 18.12.2024

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70004

Öz

Hurma, Palmaceae familyasına ait en önemli türlerden biridir ve 200'den fazla cins ve 2500'den fazla türe ev sahipliği yapmaktadır. Hurma ağacı (Phoenix dactylifera L.), çoğunlukla süs veya yabani palmiyelerden oluşan 14 türe sahip olan Phoenix cinsine aittir ve yalnızca Phoenix dactylifera meyvesi için yetiştirilmektedir. Hurma Poleni, hurma ağacının gövdesinde bulunan "dölleme tomurcuklarından" elde edilmektedir. Erkek hurma ağacının dişi hurma ağacını döllemek için ürettiği bir mikro tohumdur. Hurma polenin özelliikle antifungal, antioksidan, anti-inflamatuar, anti-diyabetik etkilerinin olduğu ve biyoaktif bileşenleri içerdiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada hurmanın bilinmeyen değeri hurma polenin insan sağlığına yararlarının yanında hurma ve hurma polenin özellikleri hakkında literatür bilgilerine yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: hurma, hurma poleni, tozlaşma

^{1*} İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil MYO, Gıda Teknolojisi Programı, ekindincel@aydin.edu.tr, Orcid:0000-0001-9644-9184

² İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil MYO, Gıda Teknolojisi Programı mbadayman@aydin.edu.tr, Orcid:0000-0002-3090-1710

Unexplored value of date: Date pollen

Abstract

Date palm is one of the most important species belonging to the Palmaceae family and is home to more than 200 genera and more than 2500 species. Date palm (Phoenix dactylifera L.) belongs to the Phoenix genus, which has 14 species, mostly ornamental or wild palms, and is cultivated only for the Phoenix dactylifera fruit. Date pollen is obtained from the “fertilization buds” found on the trunk of the date palm. It is a micro seed produced by the male date palm to fertilize the female date palm. It has been determined that date pollen has antifungal, antioxidant, anti-inflammatory, anti-diabetic effects and contains bioactive components.

In this study, literature information about the unknown value of dates, the benefits of date pollen to human health, as well as the properties of dates and date pollen are included.

Keywords: *date palm, date palm pollen, pollination*

Giriş

Hurma, *Palmaceae* familyasına ait en önemli türlerden biridir ve 200'den fazla cins ve 2500'den fazla türe ev sahipliği yapmaktadır. Hurma ağacı (*Phoenix dactylifera* L.), çoğunlukla süs veya yabani palmiyelerden oluşan 14 türe sahip olan *Phoenix* cinsine aittir ve yalnızca *Phoenix dactylifera* meyvesi için yetiştirilmektedir. Hurma ayrıca dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde temel bir üründür. Hurma meyvesi, kuru, yarı kuru ve yumuşak olarak yenebilen, zengin bir tada sahip kalın bir ete sahip ve dünya çapında çok tüketilen sulu bir meyve olarak tanımlanmaktadır. Arap Yarımadası'nı oluşturan ülkelerde Kuzey Afrika ve Orta Doğu bölgelerinde yetiştirilen ve yetiştirilen en eski ürünlerden biridir, çünkü 50 °C'ye kadar yüksek sıcaklıklara, düşük neme ve minimum yağışa dayanabilmektedir. Farklı hurma çeşitleri olmakla birlikte bunların arasında Ajwa, Medjhoor ve Deglet Nour en yaygın olanlarıdır. Hem sosyal hem de ekonomik öneme sahiptir. Başlıca yenilebilir meyveleri için yetiştirilen bir ürün olmanın yanı sıra; özellikle şeker ve antioksidanlar açısından zengindir. Hurma çeşitlerinin meyveleri arasında olgunlaşma aşaması, şekil, boyut, renk, doku ve lezzet açısından çok çeşitli farklılıklar vardır; ancak, birçok çeşit yalnızca yerel olarak yetiştirilir ve yaygın olarak bulunmaz.

Başarılı hurma üretiminde en önemli süreçlerden biri olarak kabul edilen tozlaşma; meyve verimi ve kalitesi polenin doğru uygulanmasına bağlıdır. Polen tanesinin özellikleri meyvenin büyüklüğünü, şeklini, ağırlığını ve olgunlaşma süresini etkiler. Hurma Poleni, hurma ağacının gövdesinde bulunan "dölleme tomurcuklarından" elde edilmektedir. Erkek hurma ağacının dişi hurma ağacını dölmek için ürettiği bir mikro tohumdur. Hurma poleni, geleneksel tıpta kullanılmış olup daha çok doğurganlık ve üreme bozuklukları ile ilgili konular için keşfedilmiştir. Bunun yanında tıp alanında incelenmiş ve antifungal, antioksidan, anti-inflamatuar, anti-diyabetik özellikleri belirlenmiştir. Çeşitli biyoaktif bileşiklerin doğal kaynağı olduğu da bildirilmektedir.

Hurma poleni ile alakalı çok fazla literatürde bir çalışma olmayıp daha çok sağlık yönü için araştırmalara konu olmuştur. Bu çalışmada hurmanın yanı sıra hurma üretiminde etkili olan hurma poleni ve bununla alakalı yapılan çalışmalar araştırılmıştır.

Hurma

Hurma (*Phoenix dactylifera* L.) yetiştiriciliği, Batı Asya ve Kuzey Afrika'nın kurak bölgelerindeki birçok ülkenin tarımsal ekonomileri için birincil öneme sahiptir. Bu dioik türün geniş dağılımı, yılda yaklaşık 7,5 milyon ton hurma üreten yaklaşık 3000 çeşidin piyasaya sürülmesine yol açmıştır. Hurma, *Palmaceae* familyasına ait en önemli türlerden biridir ve 200'den fazla cins ve 2500'den fazla türe ev sahipliği yapmaktadır. Hurma ağacı (*Phoenix dactylifera* L.), çoğunlukla süs veya yabani palmyelerden oluşan 14 türe sahip olan Phoenix cinsine aittir ve yalnızca Phoenix dactylifera meyvesi için yetiştirilmektedir. Şu anda renk, lezzet, şekil, boyut ve olgunlaşma süresi bakımından farklılıklar gösteren 2000'den fazla hurma çeşidi bulunmaktadır (Al-Dous ve ark., 2011). Hurma türleri çeşitli olup olup, et ve nem içeriğine göre bunlar yumuşak (>%30 nem), yarı-kuru (%20–30 nem) ve kuru (<%20 nem) olarak sınıflandırılmaktadır. Zahidi, Sayer, Halawy ve Khadrawy türleri genellikle Irak'da; Hayani Mısır'da; Saily Libya çölünde; Medjool Fas'da; Deglet Nour Cezayir, Tunus ve ABD'de; Halawy, Birhi, Chichap, Shanker, Bureim ve Shahaani ise Hindistan'da yetişmektedir (Faostat, 2016).

Yılda bir kez meyve veren hurma ağacının meyve tam olgunlaşması beş aşamada gerçekleşmektedir. Bu meyve yaklaşık yedi ay sonra tamamen olgunlaşmaktadır. Polenleşmeden olgunlaşmaya kadar geçen süreye

“Tamr” denilmektedir. Bu süre yaklaşık 200 gündür. Hurma meyvesi Tamr sürecinde, temel olarak kimri, khalal, rutab ve tamr olarak adlandırılan 4 aşamada gelişimini tamamlamaktadır (Zaid, 1999). Hurmaların tüketilebildiği 3 temel olgunluk aşaması Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Olgunlaşmış hurma meyvesi sırayla (khalal, rutab ve tamr)
(Zaid, 1999)

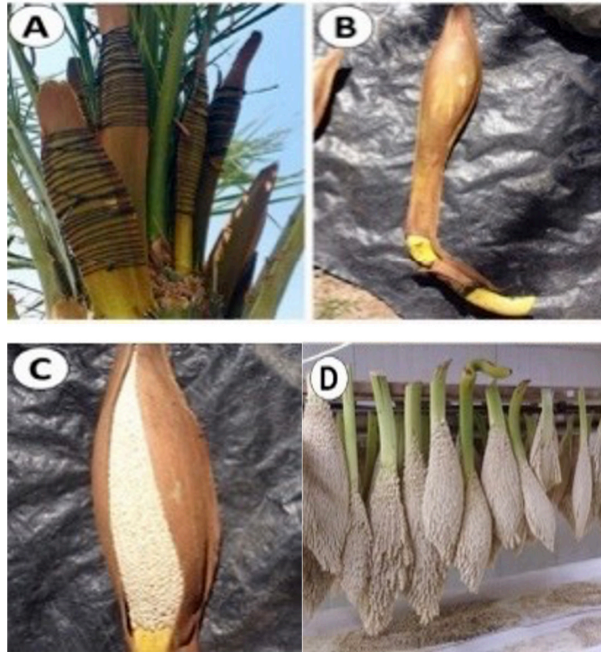
Hurmanın besin içeriği

Hurma ağacının (*Phoenix dactylifera* L.) meyveleri (hurmalar) yüksek oranda karbonhidrat (%44-88), yağ (%0,2-0,5), 15 farklı mineral ve tuz, protein (%2,3-5,6), vitamin ve yüksek oranda diyet lifi (%6,4-11,5) bileşenlerini içermektedir. Hurma etinde %0,2-0,5 oranında yağ bulunurken, çekirdeğinde %7,7-9,7 oranında yağ bulunduğu tespit edilmiştir (Al-Shahib ve Marshall, 2003). Yağ asitleri hem hurmada hem de çekirdeğinde doymuş ve doymamış yağ asitleri şeklinde bulunmaktadır. Hurma çekirdeğinde yapılan çalışmalarla 14 çeşit yağ asidi içerdiği tespit edilmiştir. Özellikle palmitoleik, oleik, linoleik ve linolenik gibi doymamış yağ asitleri bulunur. Önemli mineral yapılarından potasyum, demir, kalsiyum, kobalt, bakır, flor, demir, magnezyum, manganez, potasyum, fosfor, sodyum ve çinkoyu içermektedir. Hurmanın diğer meyvelere oranla yüksek oranda protein (%2,3-5,6) içerdiği bilinmekte ve ayrıca muzdan 2,5 kat fazla potasyum içerdiği de kanıtlanmıştır. Aynı zamanda A, B1, B2, niasin gibi vitaminleri de bulundurmaktadır. Hurmanın içeriğinde 23 farklı amino asit olup; bunlardan bazıları aspartik asit, treonin, serin, glutamik asit, prolin, glisin ve alanindir

(Hong ve ark., 2006). Hurmanın içerisindeki % 0,5-3,9 oranındaki pektin bileşeni içeriği nedeniyle kolesterol seviyesini azaltmasında etkili olup; diyabet hastalarına faydalı olduğu da düşünülmektedir. Ayrıca hurmanın antioksidan içeriğinin yüksek olduğu da yapılan çalışmalarla belirtilmiştir (Vinson ve ark., 2005).

Hurma poleni ve sağlığa faydaları

Dioik bir tür olan hurma; sırasıyla "erkek" ve "dişi" palmiyeler olarak adlandırılan, erkek veya dişi çiçeklerden oluşan tek eşeyli çiçek salkımları taşıyan ayrı ağaçlar olarak da bilinmektedir. Areaceae familyasına ait tek çenekli bir bitki olan hurma ağacı (*Phoenix dactylifera* L.), özellikle Orta Doğu ve Kuzey Afrika'nın kurak bölgelerinde bulunur. Hurma ağacından elde edilen hurma poleni, hurma ağacının gövdesinde bulunan "dölleme tomurcuklarından" elde edilmektedir. Erkek hurma ağacının dişi hurma ağacını döllemek için ürettiği bir mikro tohumdur (Şekil 2). Hurma dalı ipe bağlanarak erkek çanakların filizlenip kuruyana kadar bekletilmesi sağlanır (Şekil 2.A). Kurutulan çanak olgunlaşmanın bir göstergesidir (Şekil 2.B). Kuruyan çanak çatlayarak açılır (Şekil 2.C). Çatlayan çanak polen tanelerinden ayrılır ve serbest polen meydana gelir (Şekil 2.D).



Şekil 2. Hurma poleni oluşum evreleri (Salomón-Torres ve ark., 2021).

Farklı Arap bölgelerinde yetiştirilen ve ilkbahar mevsiminin sonunda toplanan palmye ağaçlarından üretilen doğal bir üründür ve her yıl yaklaşık 1000 ton polen üretimine denk gelmektedir (Chao ve Krueger, 2007; Farouk ve ark., 2015). Polen üretiminde önemli bir aşama olan tozlaşma, hurma meyvesi tutumunu tatmin edici bir standarda getirmek için gerekmektedir (Zaid ve AriasJimenez, 2002). Hurma ağaçlarının polen verimi esas olarak salkımların meyve tutum yüzdesi tarafından belirlenir. Hurma ağacı polen verimi ayrıca polenin kaynağı ve kalitesi, tozlaşma dönemi, tozlaşma yöntemi, dişi-erkek uyumu ve sıcaklık, gübreleme, sulama ve toprak özellikleri gibi diğer faktörlere de bağlıdır. Hurma poleni insan sağlığı açısından değerlendirildiğinde; ilaç ürünlerinde ve formülasyonlarında kullanıldığı ve antifungal, antioksidan, anti-inflamatuar ve anti-diyabetik özellikler gösterdiği kanıtlanmıştır. Ek olarak, son zamanlarda hurma yaprağı özleri, hayvan diyetlerine dahil edilerek çok sayıda fayda elde edilen fonksiyonel gıdalar olarak da kullanılmıştır (Banu ve ark., 2018). Hurma poleni, erken Mısırlılar ve Çinliler tarafından gençleştirici bir tıbbi madde olarak kullanılmıştır. Hurma poleni ayrıca dünya çapında bir diyet takviyesi olarak kullanıldığı da bilinmektedir (Otify ve ark., 2019). Hurma poleninde, türüne bağlı olarak değişen miktarlarda B1, B2 ve B12 gibi vitaminler tespit edilmiştir. Ayrıca hurma polenin önemli miktarda A, E ve C vitamini; çinko, selenyum, demir, molibden, bakır, manganez, kobalt gibi minerallerle birlikte palmitik, linoleik, miristik asitler de dahil olmak üzere yağ asitleri içerdiği de bildirilmiştir. Hurma poleni özlerinde önemli miktarda rutin, flavonoidler (izorhamnetin, apigenin, lutein ve naringin) ve fenolik bileşikler (kafeik asit, gallik asit, kateşin, kumarik asit, klorojenik asit ve kuersetin) belirlenmiştir (Banu ve ark., 2018). Bu polenin başlıca aminoasit bileşenleri aspartik, treonin, glutamin, prolin, glisin, alanin, valin, metiyonin, izolösin, lösin, tirozin, fenilalanin, histidin, lizin, arginin ve serin olduğu kanıtlanmıştır (Rasouli ve ark., 2018).

Estradiol, estriol, kolesterol, estron, saponinler, karbonhidratlar, yağ asitleri, tanenler ve flavonoidler dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşiklerin doğal bir rezervuarı olarak hizmet eder (Abbas ve Ateya, 2011; Hassan, 2011). Bu çeşitli bileşikler, önemli besin değerine ve çeşitli terapötik etkilere katkıda bulunmaktadır. Ayrıca bu polenin, uçucu doymamış yağ asitleri, fenolik bileşikler, karotenoidler ve tokoferollerin varlığı nedeniyle önemli antioksidan ve antimikrobiyal aktivite sergilediği de bilinmektedir (Salomón-Torres ve ark., 2021). Hurma poleni %31,11 ham protein, %20,74 ham yağ, %1,37 ham lif, %13,41 karbonhidrat, %28,80 nem

ve %4,57 külden oluşmaktadır ve ayrıca 57,9 mg uçucu yağ/g toplam fenolik içeriğe sahiptir (Tahvilzadeh ve ark., 2016). Östrojen benzeri bileşikler, steroller, estron benzeri bileşikler ve steroidal saponin glikozidi sebebiyle polenin kadınların doğurganlığını artırdığına inanılmaktadır (Moshfegh ve ark., 2016). Ayrıca, östrojenin yakın zamanda östrojen reseptörleri ile spermatogonial kök hücrelerin ve erkek üreme dokularının düzenlenmesine katkıda bulunduğu tespit edildiğinden, östrojenik gonad uyarıcı bileşikler, östrojen, steroller ve diğer yararlı mikro elementler içeren hurma polenin de erkek kısırlığının tedavisine yardımcı olabileceği görülmüştür (Bahmanpour ve ark. 2015).

Birçok araştırmacı hurma polenin çeşitli bakteri ve virüslere karşı fizyolojik rolünü (Aamir, ve ark., 2011; Elberry ve ark. 2011), anti-inflamatuar ve antiproliferatif aktivitelerini (Miller ve ark., 2003), antidiyabetik (Saleh ve ark., 2011) ve antioksidan etkisini (Hammed ve ark., 2021) incelemiştir.

Hurma polenin kullanımının yumurta üretimi, yumurta ağırlığı ve yumurta kütlesi üzerinde önemli bir olumlu etkiye sahip olduğunu göstermiş ve üretim performansını artırmak için kümes hayvanı diyetinde hurma poleni kullanılmasını önermişlerdir (Shanoon ve ark. 2015 ile Mousa ve ark.2018).

Hurma ağacı poleni oral mukoza epitelinde doğal olarak bulunan natürel yağlar, kolesterol ve yağ asitlerini (palmitik asit, linoleik asit vb) içerdiğinden ayrıca karotinoidlerin güçlü antioksidan etkisi olduğu; yapısında bulunan estrone, estradiol gibi maddeler sayesinde hücre yenilenmesini kolaylaştırıcı etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Hurma polenin ayrıca hafıza bozuklukları, iltihaplanma, ateş, felç, bilinç kaybı ve birçok sinir bozukluğu gibi çeşitli bozuklukların tedavisi için geleneksel tıpta kullanılmıştır (Biglari ve ark., 2008).

Ayrıca polen taneleri tıbbi bitkilerle karıştırılmış ve hijyenik ped üzerine yerleştirilmiş ve adet döngüsünün doğurganlık aşamasında yumurtlamayı iyileştirmek için kullanılmıştır (Selmani ve ark., 2017).

Sonuç

Gıda ve beslenme alanındaki son gelişmeler, hurmanın değerli bir kaynağı olan polenin biyoaktif bileşikler ve metabolitler açısından değerli bir kaynak olarak antikanser, antidiyabetik, antiinflamatuar ve

antioksidan özelliklerini daha da belirleyerek fonksiyonel gıda olarak ve gıda ile ilaç endüstrisinde güvenli bir katkı maddesi olarak kullanımını arttıracığına inanılmaktadır. Hurma poleninin takviye edici gıda alanında kullanılabilirliği ayrıca çeşitli gıda ürünü olarak (bisküvi, bal, şekerleme ürünleri vb.) değerlendirilebileceği önerilmektedir. Bu nedenle, hurma ağaçlarının hem yenilebilir hem de yenilemeyen kısımlarında bulunan biyoaktif bileşiklerin bileşimi hakkında daha fazla bilgi edinmek için bu yan ürünlerin bileşimini incelemek gerekmektedir. Literatür anlamında çok bilgiye ulaşılamayan hurma poleninin yanı sıra hurma yapraklarının, hurma kabuğunun ve özsü gibi diğer kısımların da değerlendirilebilir olması geleceğe dair yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır.

Kaynaklar

Aamir, J., Kumari, A., Khan, M. N., Medam, S. K. (2013). Evaluation of the combinational antimicrobial effect of *Annona Squamosa* and *Phoenix Dactylifera* seeds methanolic extract on standard microbial strains. *International Research Journal of Biological Sciences*, 2(5), 68-73.

Abbas, F. A., Ateya, A. M. (2011). Estradiol, esteriol, estrone and novel flavonoids from date palm pollen. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(8), 606-614.

Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4), 247-259.

Bahmanpour, S., Panjeh, S. M., Talaei, T., Vojdani, Z., Poust, P. A., Zareei, S., & Ghaemian, M. (2006). Effect of *Phoenix dactylifera* pollen on sperm parameters and reproductive system of adult male rats. *Iranian Journal of Medical Sciences (IJMS)*, 31(4), 208-212.

Banu, H., Renuka, N., Faheem, S. M., Ismail, R., Singh, V., Saadatmand, Z., ... & Vasanthakumar, G. (2018). Gold and silver nanoparticles biomimetically synthesized using date palm pollen extract-induce apoptosis and regulate p53 and Bcl-2 expression in human breast adenocarcinoma cells. *Biological Trace Element Research*, 186(1), 122-134.

Chao, C. T., & Krueger, R. R. (2007). The date palm (*Phoenix dactylifera* L.): Overview of biology, uses, and cultivation. *HortScience*, 42(5), 1077-1082.

Elberry, A. A., Mufti, S. T., Al-Maghrabi, J. A., Abdel-Sattar, E. A., Ashour, O. M., Ghareib, S. A., & Mosli, H. A. (2011). Anti-inflammatory and antiproliferative activities of date palm pollen (*Phoenix dactylifera*) on experimentally-induced atypical prostatic hyperplasia in rats. *Journal of Inflammation*, 8, 1-13.

Farouk, A., Metwaly, A., Mohsen, M. (2015). Chemical Composition and antioxidant activity of Date Palm pollen grains (*Phoenix dactylifera* L. *Palmae*) essential oil for Siwe Cultivar Cultivated in Egypt. *Middle East J Appl Sci*, 5(4), 945-9.

Fao, F. A. O. S. T. A. T. (2018). Food and agriculture organization of the United Nations. *Rome*, URL: <http://faostat.fao.org>, 403-403.

Foroogh Biglari, F. B., Al-Karkhi, A. F. M., & Azhar Mat Easa, A. M. E. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chemistry*, 107(4), 1636-1641.

Hammed, M. S., Arrak, J. K., Al-Khafaji, N. J., & Hassan, A. A. (2012). Effect of date palm pollen suspension on ovarian function and fertility in adult female rats exposed to lead acetate. *Diyala Journal of Medicine*, 3(1), 90-96.

Hassan, H. M. (2011). Chemical composition and nutritional value of palm pollen grains. *Global J Biotechnol Biochem*, 6(1), 1-7.

Hong, Y. J., Tomas-Barberan, F. A., Kader, A. A., & Mitchell, A. E. (2006). The flavonoid glycosides and procyanidin composition of Deglet Noor dates (*Phoenix dactylifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), 2405-2411.

Jassim, S. A., & Naji, M. A. (2010). In vitro evaluation of the antiviral activity of an extract of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) pits on a *Pseudomonas* phage. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 7(1), 57-62.

Miller, C. J., Dunn, E. V., & Hashim, I. B. (2003). The glycaemic index of dates and date/yoghurt mixed meals. Are dates ‘the candy that grows on trees’? *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(3), 427-430.

Moshfegh, F., Baharara, J., Namvar, F., Zafar-Balanezhad, S., Amini, E., & Jafarzadeh, L. (2015). Effects of date palm pollen on fertility and development of reproductive system in female Balb/C mice. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 5(1), 23-28.

Mousa, M. A., Abedellaah, A. B., Osman, A. S., & Samer, A. E. (2018). Sparing effects of natural antioxidant derived from two levels of date palm pollen (*Phoenix dactylifera*) extract on antioxidant enzymes, performance, digestibility, biochemical parameters and immunity of Egyptian Fayoumi laying chickens. *Europ. J. Adva. Res. Biol. and Life Sci*, 6, 28-40.

Otify, A. M., El-Sayed, A. M., Michel, C. G., & Farag, M. A. (2019). Metabolites profiling of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) commercial by-products (pits and pollen) in relation to its antioxidant effect: A multiplex approach of MS and NMR metabolomics. *Metabolomics*, 15, 1-17.

Rasouli, H., Norooznehad, A. H., Rashidi, T., Hoseinkhani, Z., Mahnam, A., Tarlan, M., ... & Mansouri, K. (2018). Comparative in vitro/theoretical studies on the anti-angiogenic activity of date pollen hydro-alcoholic extract: Highlighting the important roles of its hot polyphenols. *BioImpacts: Bi*, 8(4), 281.

Saleh, E. A., Tawfik, M. S., & Abu-Tarboush, H. M. (2011). Phenolic contents and antioxidant activity of various date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits from Saudi Arabia. *Food and Nutrition Sciences*, 2011.

Salomón-Torres, R., Krueger, R., García-Vázquez, J. P., Villa-Angulo, R., Villa-Angulo, C., Ortiz-Uribe, N., ... & Samaniego-Sandoval, L. (2021). Date palm pollen: Features, production, extraction and pollination methods. *Agronomy*, 11(3), 504.

Shanoon, A. Q., Jassim, M. S., Mohamed, A. H., Latef, M. S., Abad, A. R., & Raheem, A. M. (2015). The effect of using different levels from date palm pollen in diet on productive performance and some eggs quality measurements for layer hens lohman. *Anim. Vet. Sci*, 3, 1-4.

Tahvilzadeh M, Hajimahmoodi M, Rahimi R. The role of date palm (*Phoenix dactylifera* L) pollen in fertility: a comprehensive review of current evidence. *J Evid-based Complementary Altern Med.*, 2016;21(4):320–4.

Vinson, J. A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., Proch, J. (2005). Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of nutrition*, 24(1), 44-50.

Zaid, A., & Arias-Jimenez, E. J. (2002). Date palm cultivation FAO plant and protection paper.

Kitosanın fizikokimyasal özellikleri ve sağlık alanındaki uygulamaları

Ece ÖZDEMİR BABAVATAN¹

Merve ATAMAN^{2*}

Geliş tarihi / *Received*: 10.12.2024

Düzeltilerek geliş tarihi / *Received in revised form*: 15.12.2024

Kabul tarihi / *Accepted*: 15.12.2024

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70005

Öz

Kitosan, yüksek kalitede bir yardımcı madde olarak birçok karaktere sahip olan polimerlerden biridir. Yüksek oranda kitin içeren kabuklu yan ürünlerinden kitin veya kitosan hazırlanmasına ilişkin mevcut çalışmalar; kitosan üretimi için endüstriyel hammadde olarak umut verici sonuçlar göstermiştir. Kaynağın düşük maliyeti endüstriyel ölçekte kitin üretimi için ekonomik olarak uygulanabilir bir kaynak olarak kullanılmasını göstermektedir. Kitosan ve türevleri tıp, eczacılık, biyoteknoloji, endüstri, tarım ve ticari araştırmalar gibi çeşitli alanlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Kitosan biyoyumluluğu, biyobozunurluğu, toksik olmaması, doğal kökeni ve biyolojik makromoleküllere benzerliği ile tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda geniş yer bulmaktadır. Kitosanın yaygın olarak yer aldığı uygulamalar; oral, bukkal, nazal, transdermal, parenteral, vajinal, servikal, intrauterin ve rektal gibi çeşitli dozaj formları için farklı ilaç taşıyıcı sistemleri planlanması, gen terapisi, yara iyileşmesi ve yanıklar, doku mühendisliği, dermatoloji, oftalmoloji, diş hekimliği, biyosensörler ve biyo-görüntüleme, immobilize enzimler ve veterinerlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, kitosanın bazı tıbbi uygulamaları üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Kitosan, Deasetilasyon, Ekstraksiyon, Sağlık uygulamaları*

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi Sağlık Hizmetleri MYO, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı, ecebabavatan@aydin.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-2583-2896>

^{2*} İstanbul Aydın Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, merveataman@aydin.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1648-6896>

Physicochemical properties of chitosan and health applications

Abstract

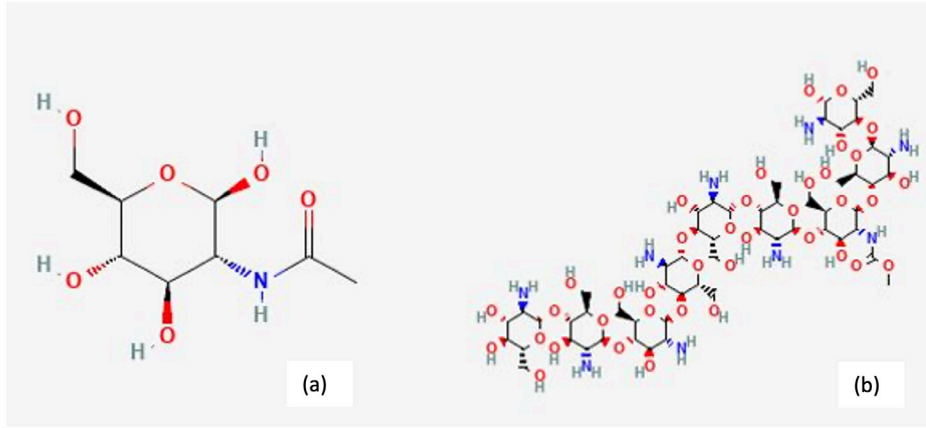
Chitosan is one of the polymers with many characteristics as a high-quality excipient. Current studies on the preparation of chitin or chitosan from shellfish by-products with high chitin content have shown promising results as industrial raw materials for chitosan production. The low cost of the resource suggests its use as an economically viable source for chitin production on an industrial scale. Chitosan and its derivatives have a wide range of applications in various fields such as medicine, pharmacy, biotechnology, industry, agriculture, and commercial research. Chitosan is widely used in medical and industrial applications due to its biocompatibility, biodegradability, non-toxicity, natural origin, and similarity to biological macromolecules. The applications in which chitosan is widely used include planning different drug delivery systems for various dosage forms such as oral, buccal, nasal, transdermal, parenteral, vaginal, cervical, intrauterine, and rectal; gene therapy; wound healing and burns; tissue engineering; dermatology; ophthalmology; dentistry; biosensors and bioimaging; immobilized enzymes; and veterinary medicine. In this study, some medical applications of chitosan were emphasized.

Keywords: *Chitosan, Deacetylation, Extraction, Health applications*

Giriş

Kitin (chitin), kelimesi Yunanca "chiton" yani zırh, zarf veya kaplama kelimesinden gelmektedir. Glukozamin birimlerinden oluşan bir polisakkarit olan kitin böcek ve kabuklu deniz canlılarının dış iskeletinde ve mantarların hücre duvarlarında bulunan sert bir biyopolimerdir. Chitosan (kitosan) ise genellikle kabuklu deniz canlılarından elde edilen kitinin N-deasetilasyonu ile üretilmektedir (Pérez, 2016). Selülozdan sonra dünyada ikinci en bol bulunan biyopolimer olan kitosan (β -1,4-D-glukozamin), 2-amino-2-deoksi-D-glukopiranoz birimlerinin tekrarlanan birimlerinden ve 2-asetamido-2-deoksi-D-glukopiranoz birimlerinden oluşmaktadır (Negm ve ark., 2020). Kitinin aksine, kitosan birçok inorganik ve organik asidin sulu çözeltilerinde kolayca çözünür ve yapısında bulunan düzenli serbest birincil amino grupları sayesinde biyokimyasal aktivitesi oldukça yüksektir. Ek olarak, non toksik, inert,

biyoyumlu, biyobozunur, bakteriyostatik özelliklere sahip bir kopolimer olduğundan antimikrobialler, biyomedikal malzemeler, kozmetikler, gıda katkı maddeleri, ayırıcılar, kanalizasyon bertarafı, tarımsal malzemeler vb. gibi endüstriyel ürünlerin üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır (Avcı ve Mehmetoğlu, 2022; Ogawa ve ark., 2004; Pal ve ark., 2021; Patrulea ve ark., 2015; Yıldız ve Yangılar, 2014). Kullanılacak uygulamaya bağlı olarak kitosan; toz, pul, lif, film/membran, jel boncuk, kompozit, reçine gibi formlarda üretilebilmekte ve nanopartikül ve nanofiber gibi nano boyutlara dönüştürülebilmektedir (Pal ve ark., 2021). Şekil 1’de kitin (N-Asetil-beta-D-glukozamin) ($C_8H_{15}NO_6$) ve kitosanın ($C_{56}H_{103}N_9O_{39}$) molekül yapıları verilmiştir (URL 1-URL 2).



Şekil 1: Kitin (a) ve kitosan (b)

N-asetile edilmiş tekrarlayan birimlerin mol kesri asetilasyon derecesi (DA) olarak tanımlanırken, polisakkaritlerdeki β -1,4-D-glukozaminin tekrarlayan birimlerinin yüzdesi deasetilasyon derecesi (DD) olarak tanımlanır ve ikisi arasındaki bağıntı $DA = \%100 - DD$ olarak ifade edilmektedir. Kitin ve kitosan arasındaki DD değerlerinin sınırı konusunda henüz net bir fikir birliği bulunmasa da bu oran genellikle %40 ile %75 arasındadır ve çoğu ticari kitosan %70 ile %90 arasında DD değerlerine sahip olduğu bilinmektedir. Yüksek DD oranı, yüksek amino grubu konsantrasyonunun fazlalığını işaret etmektedir, bu da kitosanın biyolojik etkilerinin ve suda çözünürlüğünün daha iyi olması anlamını taşımaktadır. Daha güçlü biyolojik etkilere ve ayrıca artan suda çözünürlüğe sahip olmasını sağlayan DD oranı, kitosan için önemli bir parametredir. Buna ek olarak molekül ağırlığı (Mw) da kitosanın biyolojik aktivitesini etkileyen önemli bir parametredir. Genellikle düşük molekül ağırlığı kesme değerine

(MWCO) sahip kitosanın yüksek MWCO değerine sahip olanlara göre daha yüksek biyoaktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir. Düşük molekül ağırlığının biyolojik aktivite için en önemli etkisi suda çözünürlüğü etkilemesidir. Kitosanın Mw'si 30 kDa'nın üzerinde olduğunda, kitosanı suda çözmek için amino grubunun asit tarafından protonlanması gerekir. Protonlanma için en iyi ajan asetik asit olmasına rağmen, fosforik asit hariç olmak üzere HCl, laktik asit, sitrik asit ve pirüvik asit gibi insan vücudunda doğal olarak bulunan diğer birçok asit kullanılabilir (Kou ve ark., 2021). Kitosan monomerinde bulunan amino ve hidroksil grupları sayesinde demineralizasyon derecesini bozmadan kimyasal modifikasyonlarla türevlerinin oluşturulması mümkündür ve bu sayede metal iyonları yada diğer organik bileşikler ile etkileşimi mümkün kılarak ilaç taşıyıcı sistemleri gibi uygulamalar için özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanabilir (substitue, çapraz bağlı, karboksilik asit, iyonik kitosan türevleri ve spesifik moleküle bağlı kitosan gibi) (Negm ve ark., 2020).

Kitosanın tarihçesi

Kitosanın tarihi, özellikle biyomoleküller ve polimer kimyasının gelişimiyle yakından ilişkilidir. Tıp, eczacılık, gıda, atık su arıtma, biyoteknoloji, kozmetik, tekstil, ziraat gibi sektörlerde sıklıkla kullanım alanı bulan kitosan ilk kez 1811 yılında Henri Braconnot tarafından keşfedilmiştir (Avcı ve Mehmetoğlu, 2022; Pal ve ark., 2021; Patrulea ve ark., 2015; Yıldız ve Yangilar, 2014). Braconnot tarafından mantarların hücre duvarlarında bulunan bu madde tanımlandıktan sonra 1859 yılında, kitosan ilk kez kitinin alkali hidrolizi ile elde edilmiştir. 1903'te Fischer ve Leuchs tarafından D-glukozamin sentezinin ardından 1929 yılında kitinaz ile kitin Karrer tarafından ayrıştırılmıştır. Glukozaminin mutlak konfigürasyonunun 1939 yılında Haworth tarafından belirlenmesine karşılık glukozamin ve N-asetil-D-glukozaminin yara iyileşme süreçlerini hızlandırdığı bilgisi ancak 1970 yılında Prudden'in çalışmasıyla ortaya çıkarılmıştır (Patrulea ve ark., 2015). 1930'larda gıda koruma ve tarım alanlarında kullanılmaya başlanan kitosan 1980'lerde ve 1990'larda antibakteriyel özelliği ve biyoyumluluğu yönünden yara iyileşme ürünleri ve ilaç taşıyıcı sistemler için biyomedikal uygulamalarda kullanılmak üzere cazip bir ürün haline gelmiştir. Günümüzde kitosan gıda endüstrisinde, su arıtımında, tarımda ve ilaç geliştirme süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, çevre dostu bir malzeme olarak sürdürülebilirlik çalışmaları içerisinde önemli bir yer tutmaktadır (Rinaudo, 2006; Gökçe, 2008; Pérez, 2016).

Kitosanın önemi

Kitosan, biyoyuymumluluğu ve biyobozunabilirliği sayesinde tıbbi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Antibakteriyel, hemostatik ve mukoadezif gibi özellikleriyle yara iyileşmesi, hücre büyümesini teşvik etmesi ve enfeksiyon riskini azaltması özellikleriyle doku mühendisliği ve ilaç taşıyıcı sistemleri gibi biyomedikal alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Kimyasal Karsinogenez Araştırma Bilgi Sistemi'ne göre mutajenik etkisi olmaması sayesinde kitosan biyomedikal uygulama için bir adaydır (Patrulea ve ark., 2015). Kitosanın antimikrobiyal özelliği sayesinde gıdanın raf ömrünü uzatma ve besin değerini korumak üzerine gıda koruma ve gıda ambalaj uygulamalarında yer bulduğu bilinmektedir. Su kaynaklarının temizlenmesi için çevre dostu bir alternatif sunan kitosan, adsorban özelliği sayesinde su arıtma işlemlerinde, özellikle ağır metal ve organik kirleticilerin giderilmesinde modifikasyonlarıyla kullanılmaktadır. Kitosan, tarımda bitki büyümesini teşvik eden ve patojenlere karşı koruma sağlayan doğal bir pestisit olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, bitki kök gelişimini destekleyen organik bir gübre niteliği taşımaktadır. Kitosan, biyolojik kaynaklardan elde edilmesi nedeniyle plastiğe alternatif olarak çevre dostu bir malzeme olarak öne çıkmaktadır. Nemlendirici, yaşlanma karşıtı ve cilt yenileyici ürünlerde de kitosan kullanımı yaygınlaşmıştır. Sonuç olarak kitosan sağlık, gıda, çevre ve tarım alanlarında önemli uygulamalara sahiptir. Bu bahsedilen çok yönlü özellikleri sayesinde kitosanın araştırılması ve geliştirilmesi, sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler sunma potansiyelini artırmaktadır (Abdullah ve ark., 2024; Haider ve ark., 2024; Metin ve Baygar, 2018; Mohan ve ark., 2024; Pal ve ark., 2021; Pérez, 2016; Rinaudo, 2006; Studzińska-Sroka ve ark., 2024; Wrońska ve ark., 2023).

Nükleofilik saldırı yoluyla reaksiyona girmeye yatkın glukopiranoz halkalarına bağlı serbest asetamid grupları ve hidroksil fonksiyonları içeren polikasyonik bir polimer olan kitosan, bu özelliği sayesinde serbest amino gruplarının seçici modifikasyonuna uğratılabilir. Bu sayede çok çeşitli kitosan türevleri elde edilebilmektedir. Trimetil kitosan (TMC), N,N-karboksimetil kitosan (CMC) ve o-karboksimetil-N,N,N-trimetil kitosan (CMTMC) türevleri özellikle yara iyileşmesinde öncül kitosan türevlerini oluşturmaktadır. Her ne kadar *in vitro* toksisitesi umut vadeci de olsa kitosanın insan deneklerinde *in vivo* toksisite çalışmaları kısıtlıdır. Uzun süren kitosan uygulamalarında deneklerin %2,6-5,4'ünde mide bulantısı semptomları ve kabızlık görülmüştür (Patrulea ve ark., 2015).

Küresel kitosan pazarı

Kabuklulardan her yıl yaklaşık olarak 10^{12} - 10^{14} ton kitosan üretilmektedir. 2017 yılında kitin ve türevlerinin küresel pazarı 2.900 milyon ABD doları olarak değerlendirilmiş, Bileşik Yıllık Büyüme Oranı (CAGR) %14,8 olarak belirlenmiştir. 2024 yılına kadar 63 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (Joseph ve ark., 2021). Chinova Bioworks, Heppe Medical Chitosan GmbH, Golden-Shell Biochemical ve G.T.C. Bio-corporation gibi makul sayıda şirket, gıda, ilaç, tıbbi, tekstil ve atık arıtma için geniş bir ürün yelpazesi üretmekte olup, chitosan'ı karides kabuğundan elde etmektedir ve bu, toplam pazarın neredeyse %80' ini oluşturmaktadır (Philibert, ve ark., 2017).

Kitosan pazarının 2024'te 400 milyon ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (Kurtuluş ve Vardar, 2020). Farmasötik ve biyotıp alanlarındaki uygulamaların genişletilmesi, sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen malzemelere olan talebin artması, su arıtma teknolojilerindeki ilerlemeler ve küresel ısınma nedeniyle yaklaşık %2032 oranında güçlü bir bileşik yıllık büyüme oranı (CAGR) beklenmektedir. Uygulama bazında kitosan pazarında en büyük paya sahip su arıtma sektörüdür. Asya-Pasifik bölgesi, kitosan üretimi ve tüketiminde lider konumundadır. Özellikle Çin, Japonya ve Hindistan gibi ülkeler pazarda büyük rol oynamaktadır. Kuzey Amerika ve Avrupa'da sürdürülebilir ürünlere yönelik artan talep nedeniyle büyüme potansiyeli sunmaktadır (URL 2- URL 3).

Kitosan kaynakları

Kitosan doğada çeşitli organizmalardan elde edilebilen bir biyopolimerdir. Genellikle yengeç, karides, istakoz gibi kabuklu deniz hayvanlarının dış iskeletlerinden elde edilen kitosanın balık pullarından, deniz diatomlarından, mercan yosunlarından, yumuşakçalardan, deniz yosunlarından, mikroalglerden, mantarlardan, böceklerden ve maya hücre duvarlarından da elde edilebildiği bilinmektedir (Saravanan ve ark., 2023; Iber ve ark., 2022; Rinaudo, 2006; Thambiliyagodage ve ark., 2023).

Mantar biyokütleleri diğer bir kitin kaynağıdır. Ucuz biyolojik atık olan mantar biyokütlesinin katma değer yüksek kitosan üretimi için kullanılıyor olması hem çevre açısından hem de maliyet açısından önemlidir (Huq ve ark., 2022). Kitosan üretimi için kullanılan mikrobiyal hücre kültürlerinden elde edilen ürün *Aspergillus niger* kültür ortamına ilave edilmekte ve

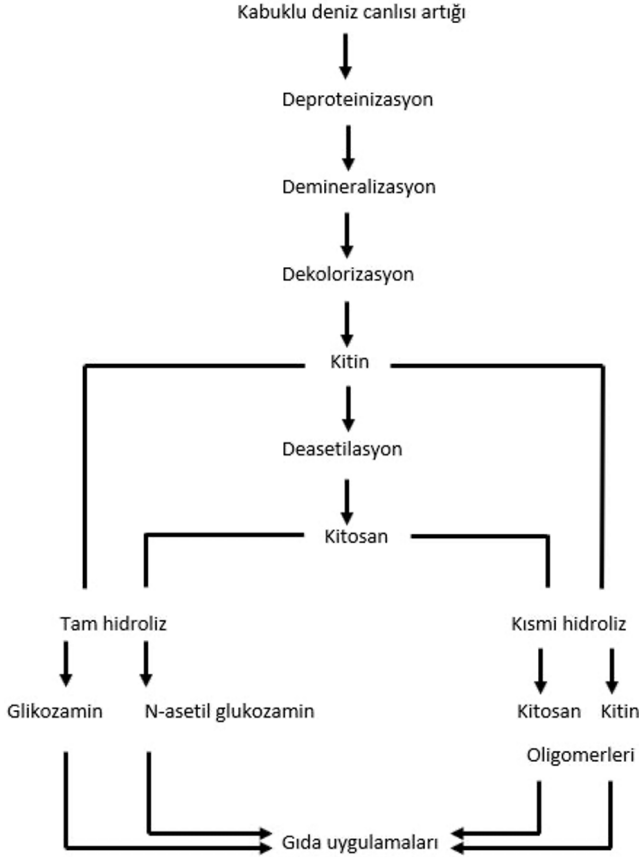
böylece kitinin deasetilasyonu meydana gelmektedir. 96 saatlik inkübasyon süresi sonunda kitosan eldesi gerçekleşmektedir. Deniz kabuklularının deproteinizasyonu için papain, pepsin, tripsin, proteinaz ve bakteriyel proteinaz kullanılmaktadır (Kuzgun, 2013).

Her bir organizmanın kitin içeriği farklı yüzde ağırlığa sahip olmakla beraber kabuklu deniz hayvanlarının yan ürünleri hem kitosan miktarı hem de elde edilen kitosanın içeriği açısından değerlidir. Ayrıca kabuklu deniz hayvanlarının tüketilmeyen kısımlarının atık değerlendirmesi ile maliyet avantajı ve çevre kirliliğinin önüne geçmesi açısından kullanımı önem arz etmektedir. Kabuklu deniz hayvanlarının tüketilmeyen kabuk kısımları toplam kütlenin yaklaşık %40-50'sini oluşturmaktadır ve bu atıklar denize döküldüğünde kıyı bölgelerinde önemli bir kirlenici rolü üstlenmektedir. Kabuklu deniz hayvanları yaklaşık %30 kitin içerirken *Nephrops sp.* ve *Homarus sp.* gibi bazı istakoz cinslerinde kabuk ağırlıkça %60 - %75 kitin içeriğinden oluşur ve bu bilinen kitin içeren türler arasında en üst seviyedir (Kou ve ark., 2021).

Kabuklu deniz ürünlerinin atıklarından kitosanın eldesi her ne kadar ekonomik ve çevresel anlamda değerli de olsa funguslardan üretimi gerek demineralizasyon işlemi gerektirmemesi, gerek homojen yapıda hammadde kullanılıyor olması, gerekse yıl boyunca üretilebilirliği düşünüldüğünde daha avantajlıdır (Yildiz ve Yangilar, 2014).

Kabuklu deniz canlılarından kitosan üretimi

Mevsime ve türlere göre değişiklik göstermekle birlikte deniz kabukluları %30–40 protein, %30-50 kalsiyum karbonat ve %20–30 kitin içermektedir (Kuzgun, 2013). Kitosanın kabuklu deniz hayvanlarının kabuklarından eldesi ve kalsiyum karbonat ile proteini ayırtmak için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Biyolojik yöntem, iyonik sıvıların kullanımı (iyonik fonksiyonel gruplara sahip sıvı organik bileşikler), bilyalı öğütme yöntemi gibi mevcut sürdürülebilir yöntemler, zararlı kimyasalların (NaOH gibi) kullanımını azaltmak ve süreçteki verimi artırmak için alternatiftir (Pal ve ark., 2021). Şekil 2’de kabuklu deniz canlılarının artıklarından kitin ve kitosan eldesi basamakları gösterilmiştir (Yildiz ve Yangilar, 2014).



Şekil 2: Kabuklu deniz canlılarının atıklarından kitin ve kitosan eldesi

Kitosanın endüstriyel ölçekte üretimi iki farklı yolla gerçekleştirilmektedir: Kimyasal yöntemler ve biyolojik yöntemler. İki yöntem arasındaki temel farklar, kullanılan asit ve bazların konsantrasyonları ve hacimleri, kullanılan enzim türü, reaksiyon sıcaklığı, işlem süresi ve açığa çıkan kitin verimidir (Saravanan ve ark., 2023). Kimyasal metotta kitin izolasyonu için kabuktaki diğer maddelerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Kabuklulardan kimyasal yöntemle kitin eldesi için sırasıyla kabukların ayıklanması, deminerlizasyon, deproteinizasyon ve dekolorizasyon aşamaları gerçekleştirilmektedir (Kuzgun, 2013). Gerek toksisite gerekse dekalsifikasyon açısından deminerlizasyon aşamasında HCl'ye alternatif olarak sitrik asitten ziyade asetik asidin kullanımının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Deminerlizasyon reaksiyonunun verimliliğini artırmak, nihai ürünün miktar ve kalitesin artırmaktadır. Bu nedenle bu

proseste hem daha yüksek asit konsantrasyonları hem de daha düşük kabuk-asit oranları kullanarak ya reaksiyonun demineralizasyon yönünde ilerlemesini teşvik etmek ya da demineralizasyon reaksiyonunun süresin artırmak gerekmektedir ki bu dekalsifikasyonda ihmal edilebilir bir artış sağlamakta ve ayrıca kitin bozulmasına neden olmaktadır. Deproteinizasyon aşamasında NaOH, NaClO, KOH, NaHCO₃, Na₂CO₃, K₂CO₃, Ca(OH)₂, NaHSO₃, Na₂S, CaHSO₃, Na₃PO₄ ve Na₂SO₃'ün hepsinin kabuklu deniz hayvanlarından kitosan eldesinde kullanıldığı bildirilmiş olsa da özellikle endüstriyel ölçekli üretim için bu bazların kullanımı çevresel etkileri, protein yapısının bozulmasına neden olması gibi nedenlerle uygun değildir. Tüm bunlara rağmen KOH sulu çözeltisinin %40-%60 (w/v) konsantrasyonlarının deasetilasyon için etkili bir kimyasal madde olduğu; bununla birlikte, KOH konsantrasyonunun %60'tan daha yüksek değerlere çıkarılmasının DD'deki artışa fazla çok az katkıda bulunmadığı, ancak elde edilen kitosanın Mw'sinin azalmasını sağladığı bildirilmiştir (Kou ve ark., 2021).

Dekolorizasyon aşamasında aseton (C₃H₆O) ve sodyum hipoklorit (NaOCl) kullanılarak renk giderimi kimyasal olarak gerçekleştirilmektedir. Aseton ile muamele edilen kitin santrifüj edildikten sonra süzülür ve kurutulur. Katı kütle NaOCl ile muamele edilip santrifüjlendikten sonra kitinde renk giderimi gerçekleşir (Saravanan ve ark., 2023).

Kabuklu deniz hayvanlarının yan ürünlerinden kimyasal yolla kitosan eldesinin son aşaması olan deasetilasyon reaksiyonu homojen ve heterojen yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yaklaşık 100 °C'de 1-12 saat boyunca %40-50 (w/v) NaOH veya KOH kullanılarak gerçekleşen heterojen yöntemde %85-%99 DD'ye sahip suda çözünmeyen kitosan elde edilirken %40-%50 NaOH kullanan homojen yöntem, ortam sıcaklığında serbest amin formunda suda çözünen kitosan elde edilmektedir. Ancak endüstride çözünmez formda kitosanın reaksiyon ortamından eldesinin daha kolay olması nedeniyle ikinci yöntem tercih edilmemektedir. Deasetilasyon aşamasındaki reaksiyon sıcaklığının artırılması DD'yi artırırken Mw'yi azaltmaktadır. Heterojen yöntemde deasetilasyonun reaksiyonun ilk bir saati içinde gerçekleştiği (%68 DD), iki saatlik sürenin sonunda ise (%78 DD) hızlı deasetilasyon sonucu açığa çıkan K₂CO₃'ün ortamdaki alkali çözeltinin viskozitesini artırarak kitine OH⁻ difüzyonunu engellediği ve kitin parçacıklarının gözenekleri dışında OH⁻ saldırısı meydana gelerek hidrolizle kitin zincirinde bozulmaların oluştuğu bildirilmiştir. Bu eğilim,

deasetilasyon için KOH kullanıldığında da gözlemlenmektedir. Kitin-baz oranı ve atmosferin kitin üretimi üzerine etkisi henüz netlik kazanmamış konular arasındadır. Bununla beraber mikrodalga ile ısıtma reaksiyon süresin azaltabilir veya radyasyon kullanımı reaksiyon verimini artırabilir fakat ürün Mw'sinde önemli azalmalara yol açacaktır (Kou ve ark., 2021). Biyolojik yöntemle kitosan eldesi enzimatik metotlar ve fermantasyon metotları olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Enzimatik yöntemde demineralizasyon aşaması kimyasal yöntemlerde olduğu gibi asit kullanılarak gerçekleştirilmesine rağmen deproteinizasyon ve deasetilasyon aşamalarında enzimler kullanılmaktadır ve daha ılıman sıcaklık koşullarında reaksiyon gerçekleştirilmektedir (25-59°C). Enzimatik deproteinizasyon ve deasetilasyon için genellikle mikroorganizmalardan veya balık bağırsaklarından elde edilen özütler kullanılmaktadır. Genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar da bu reaksiyonlar için enzim kaynağı olarak kullanılabilir. Enzimatik yöntem reaksiyonları, kimyasal yöntemlere göre ılıman koşullarda devam ediyor olsa da operasyonel maliyetin yüksek olması, deproteinizasyon sonrası %10'luk protein kalıntısı, düşük reaksiyon verimi, ürün rafinasyonu için enzimatik reaksiyonlar sonucu bir kimyasal reaksiyon döngüsüne daha tabi tutulması gerekliliği gibi pek çok dezavantajı bulunmaktadır. Kitosan üretimi her ne kadar enzimatik yöntemle gerçekleştiriliyor da olsa düşük reaksiyon veriminin önüne geçmek için enzimatik deasetilasyon ve demineralizasyon yerine çeşitli kimyasalların kullanılıyor olması uygulanan prosedürü biyolojik ve kimyasal yöntemlerin kombine bir metodu olarak kabul etme gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Kou ve ark., 2021).

Enzimatik yöntemlerin belirtilen kısıtlılıklarından ötürü kitosan üretiminde biyolojik yöntemlerden fermantasyon metodu kullanılmaktadır. Fermantasyon yönteminde kullanılan mikrobiyal suşlar laktik asit veya diğer organik asitleri salgılıyorsa buna laktik asit fermantasyonu ismi verilmektedir. Fermantatif yöntemlerde ortaya çıkan uzun fermantasyon süresi ve laktik asit fermantasyonuna ait yan ürünlerin reaksiyon ortamından uzaklaştırılmasıyla ilgili çeşitli zorluklar nedeniyle yedi günden daha kısa süren fermantasyon yöntemleri ile kimyasal yöntemler karşılaştırılınca kısa işlem süreleri, basit üretim süreçleri, orta-düşük Mw ve yüksek DD'li kitosan eldesi kimyasal yöntemlerin göze çarpan avantajları olmaktadır. Tüm bunlara rağmen kimyasal yöntemlerde kullanılan HCl ve NaOH gibi toksik ve aşındırıcı kimyasallar, yeniden kullanım ve geri dönüşümü kolay olmayan kimyasal yan ürünlerin varlığı kimyasal yöntemlerin

dezavantajlarını oluşturmaktadır (Kou ve ark., 2021). Kitinin fiziksel-kimyasal özelliklerini olumsuz etkileyen çevre dostu olmayan bir posese sahip olması ve uygulama maliyetine rağmen, kısa işleme süresi kimyasal ekstraksiyon hala ticari olarak en yaygın kullanılan yöntemdir (Hamed ve ark., 2016). Kimyasal kitin saflaştırmasının bir diğer dezavantajı çıkarılan proteinlerin ve minerallerin, insan gıdaları ve hayvan yemleri için potansiyel olarak değerli takviyeler olmalarına rağmen, artık bu uygulamalar için uygun olmayacak kadar hasar görmüş olmalarıdır. Fermantatif yöntemin bir diğer dezavantajı ise kullanılan suşların bazı ülkeler için lojistik, biyogüvenlik ve bunlarla beraber maliyet sorununu doğurmasıdır. Buna rağmen yüksek mekanik özelliklere sahip olmasını sağlayan yüksek Mw'li kitosanın eldesi için biyolojik yöntemler kimyasal yöntemlerin önüne geçmektedir. NaOH'a alternatif olarak KOH kullanıldığında endüstriyel ölçekte daha güçlü biyoaktivitelere sahip (yani daha düşük MW ve daha yüksek DD değeri) kitosan elde edilebilmekte, ayrıca yüksek Na konsantrasyonlarına maruz kalmadan daha çevreci yöntemlerle üretimin gerçekleştirilmesi ve mikrodalga veya ultrason teknolojilerinden de faydalanılarak endüstriyel ölçekli üretim için reaksiyon süresi avantajı sağlanmaktadır. Bu avantajlar sayesinde kimyasal yöntemler biyolojik yöntemlerin birkaç adım önüne geçmektedir (Kou ve ark., 2021).

Kitosanın uygulama alanları

Kitosan, gıda, tıp, ilaç, tarım, endüstri ve çevre kirliliğinin korunmasına kadar geniş bir uygulama alanına sahip çok çeşitli ürünlerin üretimi amaçlı çok yönlü bir hammadde olarak ortaya çıkmaktadır. Gıda sanayinde antioksidan ve besin takviyesi, emülsifiye edici, koyulaştırıcı, stabilize edici ajan, paketleme materyali, enzim immobilizasyonu, atık su arıtımında flokülantlar ve metaller için şelatlama ajanı, tarım sanayinde biyopestisit, sağlık alanında antikoagülan, yara örtüsü, ilaç dağıtım sistemleri ve gen terapisi gibi birçok alanda geniş bir uygulama alanına sahiptir (Harish Prashanth ve Tharanathan, 2007; Negrea ve ark., 2015). Kitosana polielektrolit, antimikrobiyal, antioksidan, jel oluşturma, biyouyumluluk, metal şelatlama ve kolay işlenebilirlik gibi birçok fonksiyonel özellik kazandıran reaktif amino ve hidroksil gruplarıdır (Kaya ve ark., 2015). Kitin ve kitosanın farklı alanlardaki başlıca uygulamaları Tablo 1'de verilmiştir (Ahsan ve ark., 2018).

Tablo 1: Kitosanın kullanım alanları

Uygulama Alanı	Uygulamalar
Biyomedikal ve Farmasötik Uygulamalar	Antioksidan Antimikrobiyal ajan İlaç taşıyıcı sistemler Gen terapisi Rejeneratif teknoloji/doku mühendisliği Yara yönetimi Enzim taşıyıcı
Sağlık ürünleri	Antimikrobiyal, antifungal, UV emici yeteneklerine sahip formülasyonlar dahil olmak üzere çeşitli kozmetik formülasyonları
Gıda	Gıda ambalaj Yenilebilir kaplamalar Kıvam arttırıcı ve stabilize edici ajanlar Gıda koruma ajanları
Tarım	Çeşitli bitki patojenlerine karşı antimikrobiyal koruma Bitki verimliliği
Endüstriyel uygulamalar	Fonksiyonel materyaller Elektrolit Fotoğrafçılık
İnşaat sektörü	Ahşap yapıştırıcı, mantar ilacı
Atık arıtma	Şelatlama maddesi

Sağlık alanında kitosan uygulamaları

Kitosan farmasötik uygulamalarda 1980'lerin sonunda ortaya çıkmaya başlamıştır (Morin-Crini ve ark., 2019). Bu alanda, kitosan ve türevleri başlıca ilaç formülasyonlarında ve ilaç taşıyıcı sistemlerde yardımcı maddeler olarak araştırılmıştır (Rajinikanth B ve ark., 2024). Kitosan toksik olmaması, insan vücudunda biyolojik olarak parçalanabilmesi, biyoyoumluluğu, bağışıklık sistemini uyarma, antikanser, antibakteriyel etkiler, yara iyileşmesi, hücre kültüründe hemostatik aktivite, ilaç taşıyıcı sistemler ve doku mühendisliğinde uygulamasının kolaylığı ve düşük maliyetli kullanımı gibi özellikler göstermektedir (Dash ve ark., 2011). Kontrollü ilaç salımı, mukoadezif özelliğe sahip *in situ* jel sistemleri, transfeksiyon artırıcı özellikleri (örneğin, deoksiribonükleik asit ve ribonükleik asit bazlı ilaçların kitosan ile stabil kompleksler oluşturması) ve permeasyon artırıcı kabiliyeti kitosanın farmasötik alanda kullanılan

başlıca özellikleridir (Bernkop-Schnürch ve Dünnhaupt, 2012). Ayrıca, kitosanın farklı formlarda ve türevlerde bulunabilmesi ve alınma yollarının çeşitliliği uygulamanın genişlemesine ve toksisitenin azalmasına katkıda bulunmuştur. Örneğin, çözeltiler, tabletler veya kapsüllerin ağızdan, vajinal, oküler ve nazal yoldan alınabilmesi gibi (Ali ve Ahmed, 2018).

İlaç taşıyıcı sistemler

İlaçların vücutta doğru dozajda, doğru yere ve doğru zamanda verilmesini sağlamak sağlık hizmetlerinin önemli bir parçasıdır. İlacın yan etkileri azaltırken güvenliliği ve etkinliğini belirlemek ilaç taşıyıcı sistemlerinin amacıdır (Adepu ve Ramakrishna, 2021). Bu sistemlerde lipozomlar, nanopartiküller ve miseller olmak üzere çeşitli taşıyıcı yöntemler kullanılarak doğrudan hasta hücrelere ve dokulara verilen ilaçlar hedeflenir ve böylece sağlıklı hücrelere verilen zararın en aza indirilmiş olur (Haider ve ark., 2024). Kitosan türevleri, hedefe yönelik ilaç taşıyıcı sistemler olarak potansiyel uygulamalara sahiptir. Kitin mukoadesif özellik gösteren uygulamalar için film, jel veya toz formunda yardımcı madde ve ilaç taşıyıcısı olarak kullanılır. Özellikle, kitooligosakkaritler (COS) ve türevleri ilaç taşıyıcı sistemi aracılığıyla kolit, periodontal hastalıklar, hepatit ve gastrit gibi hastalıklar olmak üzere çeşitli kronik iltihap rahatsızlıkları önleyebilen veya tedavi edebilen ve potansiyel adaylardır (Philibert ve ark., 2017).

Yara iyileşmesi

Kitosan biyomedikal malzemeler için yaygın bir kaplama malzemesi olarak kullanılır ve yara iyileşmesinde hızlandırıcı bir etkiye sahiptir. Kitosan varlığında, trombositlerin plazma ve hücre dışı matris proteinleri tarafından yapışmasının teşvik edilmesi, yara iyileşmesi üzerinde önemli bir olumlu etkiye sahiptir. Kitosan bazlı yara örtüleri, nemi koruyarak, hücre göçünü teşvik ederek ve inflamasyonu azaltarak yara iyileşmesi için ideal bir atmosfer oluşturmaktadır (Rajinikanth B ve ark., 2024).

Antibakteriyel etkisi

Kitosan, farklı mekanizmalarla birçok bakteri, mantar ve mayanın çoğalmasını engelleyebilir (Ke ve ark., 2021). En temel etki mekanizması, kitosanın NH_3^+ bölgeleri (pozitif yüklü) ile mikrobiyal hücrelerin membranları (negatif yüklü) arasındaki elektrostatik etkileşimleri içerir. Bu etkileşim sonucunda mikrobiyal hücrenin geçirgenliği değişerek hücre içi maddenin salınmasına neden olur (Tsai ve Su, 1999). Kitosanın

mikrobiyal enzimlere ve nükleotidlere bağlanması nedeniyle *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus*'un hücre yapılarını bozduğu gösterilmiştir (Chung ve Chen, 2008). Kitosan, polikasyonik formda hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite gösterir. Hücre membran yapısına bağlı olarak farklı şekilde etki eder. Gram negatif bakterilerde kitosan, yüzeylerinde bulunan lipopolisakkaritler ve proteinler gibi anyonik yapılarla etkileşime girer (Nikaido ve Vaara, 1985). Gram-pozitif bakterilerde ise kitosan negatif yüklü peptidoglikan ve teikoik asitlerden oluşan hücre duvarı tabakasıyla doğrudan etkileşime girer (Hosseinnejad ve Jafari, 2016). Kitosanın hangi bakteri üzerinde daha etkili olduğuna dair bir kanıt bildirilmemiştir. Yapılan bazı çalışmalar Gram-negatif bakteriler üzerinde daha güçlü bir bakterisidal etki tanımlarken, bazı çalışmalar ise Gram-pozitif bakteriler üzerinde daha güçlü bir aktivite gösterdiğini öne sürmektedir (Guarnieri ve ark., 2022).

Gen terapisi

Gen terapisi ile hastalıkların tedavi edilmesinde immunojenite ve toksisite büyük bir endişe yaratmaktadır. Bu iki durum kapsamlı ve etkili viral sistemin uygun şekilde kullanılması yönünde yol alınmasını desteklemektedir. Bununla birlikte, gen taşıyıcı sistemin iletimini sağlamak için viral bir vektör yerine viral olmayan vektör kullanımı umut verici bir rol oynamaktadır. Kitosan gibi katyonik polimer DNA'nın kompleks bir formunu oluşturabilir ve viral olmayan bir gen terapisi için güvenli ve uygulanabilir bir vektördür. Kitosan, pozitif bir yüke sahip olduğu için negatif yüklü DNA'yı bağlayabilir ve DNA'yı nükleaz bozunmasından koruyabilir (Mansouri ve ark., 2004). Kitosan ayrıca CRISPR/Cas9 sistemi dağıtımında karboksimetil kitosan ve polietilen glikol (PEG) kitosan olarak kullanılmaktadır. Tüm bunlarla birlikte kitosan gen terapi sistemlerinin daha da geliştirilmesinde büyük umut vaat eden bir faktöre sahiptir (Al ve ark., 2021).

Aşılarda adjuvan olarak

Aşılar da hem sentetik hem de doğal polimerler aşı adjuvanı olarak işlev görebilmektedir. Poliamidler ve polyesterler sentetik adjuvanlar iken kitosan, aljinik asit, kolajen ve dekstran doğal adjuvanlardır. Kitosan yüksek yoğunluklu pozitif yüke sahip olmasından ötürü mukoadesif yapıya sahip biyouyumlu bir polimerdir. Bu özelliğinden dolayı kitosan bazlı nanopartiküller bir adjuvan olarak ve birçok bulaşıcı hastalık patojeninin ana giriş yolu olan mukozal, nazal ve oral yollar vasıtasıyla

uygulanabilmektedir. Bu yollarla verilen kitosan tabanlı aşuların, mukozal epitele, dendritik hücrelere ve makrofajlara mukoadezif yol ile antijenlerin taşınması sayesinde immünojeniteyi artırması beklenmektedir (Li ve ark., 2013; Iwasaki ve Omer, 2020). Antijen yüklü kitosan ve türevlerinin nanopartiküllerinin (NP'ler) hücresel ve humoral yanıtları indüklediği gösterilmiştir. Kitosanın fizikokimyasal özelliklerindeki çok fonksiyonluğu antijene özgü taşıyıcı sistemleri tasarlamak iyi bir alt yapı oluşturmaktadır (Dmour ve Islam, 2022). Kitosanın kendine özgü mukoadezif özelliği, biyouyumluluğu, biyolojik olarak parçalanabilirliği ve mevcut aşı adjuvanlarına kıyasla daha az toksik özellikleri kitosanın aşılarda adjuvan olarak kullanılmasında umut vericidir.

Doku mühendisliği

Doku mühendisliği hücrelerin, yapay malzemeler ve uygun biyokimyasal değişkenlerle bir araya getirilerek biyolojik işlevleri iyileştirme veya değiştirme sürecidir. Kısmi veya tam doku değişimi veya onarımı kas, kemik, kan damarları, deri, mesane ve kıkırdak dahil olmak üzere çeşitli dokulara uygulanabilir. Kitosan bazlı biyomateryaller biyolojik olarak parçalanabilir, toksik olmayan ve biyouyumlu özellikleri nedeniyle doku mühendisliğinde umut verici bir potansiyel göstermiştir. Bu malzemeler, doğal matrise benzer bir morfolojiye sahip olmasıyla, restore edilen dokulara uygun bir fonksiyon sağlayarak uygun mekanik ve yapısal nitelikler kazandırır (Ahsan ve ark., 2018).

Sonuç

Kitosanın bilim dünyasındaki popülerliğinin ardında yatan önemli nedenler vardır. Bunlardan biri kitosan moleküllerinin biyolojik makromoleküller ile benzerlik göstermesidir. Buna ek olarak biyolojik özelliklerinin benzersizliğinin yanı sıra farklı kitosan formlarının mevcudiyeti ve modifikasyon olasılığı çeşitli alanlarda yeni bilimsel ufuklar açmaktadır. Muazzam uygulamalarına rağmen, katı haldeki zayıf difüzyonu, kitosani adsorpsiyonun kinetik davranışı açısından zayıf hale getiren bazı sınırlamalara sahip kılmaktadır. Kitosan ve karboksil ile amin grubunun varlığı sayesinde oluşturulan modifikasyonları; artan dünya nüfusu ile muhtemel salgın hastalıklar, çevre kirliliği, savaşlar, doğal kaynakların yetersizliği ve bu kaynaklardan sağlıklı gıda temini ile sürdürülebilir tarım uygulamalarının güçlüğü gibi nedenlerle farklı araştırma alanlarında kullanılmak üzere mükemmel bir malzemedir.

Bu çalışmada kitosanın tıp alanında, özellikle de insan sağlığı ile doğrudan temas halinde olan farmasötik ve biyomedikal uygulamalarda kullanımına ilişkin bilgiler verilmiş, farklı biyolojik özelliklerine dayalı olarak kitosanın çeşitli farmasötik ve biyomedikal faydalarından bahsedilmiştir.

Çıkar çatışması beyanı

Makalemiz ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş, kişi veya yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

Abdullah, N. H., Borhan, A., Saadon, S. Z. A. H. (2024). Biosorption of wastewater pollutants by chitosan-based porous carbons: A sustainable approach for advanced wastewater treatment. *Bioresource Technology Reports*, 25, 101705. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101705>

Adepu, Shivakalyani, and Seeram Ramakrishna. (2021). Controlled Drug Delivery Systems: Current Status and Future Directions. *Molecules* 26(19). doi: 10.3390/molecules26195905.

Ahsan, Saad M., Mathai Thomas, Kranthi K. Reddy, Sujata Gopal Sooraparaju, Amit Asthana, and Ira Bhatnagar. (2018). Chitosan as Biomaterial in Drug Delivery and Tissue Engineering. *International Journal of Biological Macromolecules* 110:97–109. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.08.140.

Reshad, R. A. I., Jishan, T. A., Chowdhury, N. N. (2021). Chitosan and its broad applications: A brief review. *Available at SSRN 3842055*.

Ali, A., & Ahmed, S. (2018). A Review on Chitosan and Its Nanocomposites in Drug Delivery. *International Journal of Biological Macromolecules* 109:273–86. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.078.

Avcı, R., Mehmetoğlu, A. Ç. (2022). Characteristics of Chitosan from *Aspergillus niger* Micelles Produced in Waste Tea Extract. *Akademik Gıda*, 20(4), 386–397. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1224354>

Bernkop-Schnürch, A., Dünnhaupt, S. (2012). Chitosan-Based Drug Delivery Systems. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 81(3):463–69. doi: 10.1016/j.ejpb.2012.04.007.

Chung, Y. C., Chen, C. Y. (2008). Antibacterial Characteristics and Activity

of Acid-Soluble Chitosan. *Bioresource Technology* 99(8):2806–14. doi: 10.1016/j.biortech.2007.06.044.

Dash, M., F. Chiellini, R. M. Ottenbrite, and E. Chiellini. (2011). Chitosan - A Versatile Semi-Synthetic Polymer in Biomedical Applications. *Progress in Polymer Science (Oxford)* 36(8):981–1014. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2011.02.001.

Dmour, I., Islam, N. (2022). Recent Advances on Chitosan as an Adjuvant for Vaccine Delivery. *International Journal of Biological Macromolecules* 200 (September 2021):498–519. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.12.129.

Gökçe, Y. (2008). *Kitosan nanoparçacıklarının sentezi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Guarnieri, A., Triunfo, M., Scieuzo, C., Ianniciello, D., Tafi, E., Hahn, T., ... & Falabella, P. (2022). Antimicrobial Properties of Chitosan from Different Developmental Stages of the Bioconverter Insect *Hermetia Illucens*. *Scientific Reports* 12(1):1–12. doi: 10.1038/s41598-022-12150-3.

Haider, A., Khan, S., Iqbal, D. N., Shrahili, M., Haider, S., Mohammad, K., Mohammad, A., Rizwan, M., Kanwal, Q., & Mustafa, G. (2024). Advances in chitosan-based drug delivery systems: A comprehensive review for therapeutic applications. *European Polymer Journal*, 210 (February), 112983. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2024.112983>

Hamed, I., Özogul, F., & Regenstein, J. M. (2016). Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in Food Science and Technology*, 48, 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.007>

Harish Prashanth, K. V., and R. N. Tharanathan. (2007). Chitin/Chitosan: Modifications and Their Unlimited Application Potential-an Overview. *Trends in Food Science and Technology* 18(3):117–31. doi: 10.1016/j.tifs.2006.10.022.

Hosseinnejad, M., Jafari, S. M. (2016). Evaluation of Different Factors Affecting Antimicrobial Properties of Chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules* 85:467–75. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.01.022.

Huq, T., Khan, A., Brown, D., Dhayagude, N., He, Z., Ni, Y. (2022). Sources, production and commercial applications of fungal chitosan: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 7(2), 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2022.01.002>

Iber, B. T., Kasan, N. A., Torsabo, D., Omuwa, J. W. (2022). A review of various sources of chitin and chitosan in nature. *Journal of Renewable Materials*, 10(4), 1097–1123. <https://doi.org/10.32604/JRM.2022.018142>

Iwasaki, A. and Omer, S. B. (2020). Why and How Vaccines Work, *Cell*, 183(2), pp. 290–295. doi: 10.1016/j.cell.2020.09.040.

Joseph, S.M., Krishnamoorthy, S., Paranthaman, R., Moses, J.A., Anandharamakrishnan, C. (2021). A review on source-specific chemistry, functionality, and applications of chitin and chitosan. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100036.

Kaya, M., Lelešius, E., Nagrockaitė, R., Sargin, I., Arslan, G., Mol, A., ... & Bitim, B. (2015) (2015). Differentiations of Chitin Content and Surface Morphologies of Chitins Extracted from Male and Female Grasshopper Species. *PLoS ONE* 10(1). doi: 10.1371/journal.pone.0115531.

Ke, C. L., Deng, F. S., Chuang, C. Y., Lin, C. H. (2021). Antimicrobial Actions and Applications of Chitosan. *Polymers* 13(6). doi: 10.3390/polym13060904.

Kou, S. (Gabriel), Peters, L. M., & Mucalo, M. R. (2021). Chitosan: A review of sources and preparation methods. ” *International Journal of Biological Macromolecules*, 169, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.005>

Kurtuluş, G. and Vardar, F. (2020). Kitosanın Özellikleri, Uygulama Alanları, Bitki Sistemlerine Etkileri. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32(3), pp. 258–269. doi: 10.7240/jeps.635430.

Kuzgun, N. K. (2013). *Kitosan Üretimi ve Özellikleri İle Kitosanın Kullanım Alanları*. 6(2), 16–21.

Li, X., Min, M., Du, N., Gu, Y., Hode, T., Naylor, M., ... & Chen, W. R. (2013). Chitin, Chitosan, and Glycated Chitosan Regulate Immune Responses: The Novel Adjuvants for Cancer Vaccine. *Clinical and*

Developmental Immunology 2013. doi: 10.1155/2013/387023.

Mansouri, S., Lavigne, P., Corsi, K., Benderdour, M., Beaumont, E., & Fernandes, J. C. (2004). Chitosan-DNA Nanoparticles as Non-Viral Vectors in Gene Therapy: Strategies to Improve Transfection Efficacy. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 57(1):1–8. doi: 10.1016/S0939-6411(03)00155-3.

Metin, C., Baygar, T. (2018). Denizel Kaynaklardan Elde Edilen Biyoaktif Maddeler ve Kozmetik Alanında Kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(4), 339–350. <https://doi.org/10.22392/egirdir.399363>

Mohan, K., Kandasamy, S., Rajarajeswaran, J., Sundaram, T., Bjeljic, M., Surendran, R. P., & Ganesan, A. R. (2024). Chitosan-based insecticide formulations for insect pest control management: A review of current trends and challenges. *International Journal of Biological Macromolecules*, 280(P2), 135937. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135937>

Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Torri, G., & Crini, G. (2019). Applications of Chitosan in Food, Pharmaceuticals, Medicine, Cosmetics, Agriculture, Textiles, Pulp and Paper, Biotechnology, and Environmental Chemistry. *Environmental Chemistry Letters* 17(4):1667–92. doi: 10.1007/s10311-019-00904-x.

Negm, N. A., Hefni, H. H. H., Abd-Elaal, A. A. A., Badr, E. A., & Abou Kana, M. T. H. (2020). Advancement on modification of chitosan biopolymer and its potential applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 152, 681–702. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.196>

Negrea, P., A. Caunii, I. Sarac, and M. Butnariu. (2015). The Study of Infrared Spectrum of Chitin and Chitosan Extract as Potential Sources of Biomass. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 10(4):1129–38.

Nikaido, H., Vaara, M. (1985). Molecular basis of bacterial outer membrane permeability. *Microbiological Reviews*, 49(1), pp. 1–32. doi: 10.1128/mmbr.49.1.1-32.1985.

Ogawa, K., Yui, T., Okuyama, K. (2004). Three D structures of chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 34(1–2), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2003.11.002>

Pal, P., Pal, A., Nakashima, K., Yadav, B. K. (2021). Applications of chitosan in environmental remediation: A review. In *Chemosphere* (Vol. 266). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128934>

Patrulea, V., Ostafe, V., Borchard, G., Jordan, O. (2015). Chitosan as a starting material for wound healing applications. In *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* (Vol. 97, pp. 417–426). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2015.08.004>

Pérez, M. R., S. (2016). From chitin to chitosan. *Chitosan-Based Hydrogels: Functions and Applications*, 1–37. <https://doi.org/10.1201/b11048-2>

Philibert, T., Lee, B. H., & Fabien, N. (2017). Current Status and New Perspectives on Chitin and Chitosan as Functional Biopolymers. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 181(4):1314–37. doi: 10.1007/s12010-016-2286-2.

Rajkumar, D. S. R., Keerthika, K., Vijayaragavan, V. (2024). Chitosan-Based Biomaterial in Wound Healing: A Review.” *Cureus* 16(2). doi: 10.7759/cureus.55193.

Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 31(7), pp. 603–632. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001.

Saravanan, A., Kumar, P. S., Yuvaraj, D., Jeevanantham, S., Aishwaria, P., Gnanasri, P. B., Gopinath, M., & Rangasamy, G. (2023). A review on extraction of polysaccharides from crustacean wastes and their environmental applications. *Environmental Research*, 221(November 2022), 115306. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115306>

Studzińska-Sroka, E., Paczkowska-Walendowska, M., Erdem, C., Paluszczak, J., Kleszcz, R., Hoszman-Kulisz, M., Cielecka-Piontek, J. (2024). Anti-Aging Properties of Chitosan-Based Hydrogels Rich in Bilberry Fruit Extract. *Antioxidants*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/antiox13010105>

Thambiliyagodage, C., Jayanetti, M., Mendis, A., & Ekanayake, G. (2023). Recent Advances in Chitosan-Based Applications—A Review. *Materials* 2023, 16(5), 2073; <https://doi.org/10.3390/ma16052073>

Tsai, G. J., Su, W. H. (1999). Antibacterial Activity of Shrimp Chitosan against *Escherichia coli*. *Journal of Food Protection* 62(3):239–43. doi: 10.4315/0362-028X-62.3.239.

Wrońska, N., Katir, N., Nowak-Lange, M., El Kadib, A., Lisowska, K. (2023). Biodegradable Chitosan-Based Films as an Alternative to Plastic Packaging. *Foods*, 12(18), 1–12. <https://doi.org/10.3390/foods12183519>

Yıldız, P. O., & Yangılar, F. (2014). Gıda endüstrisinde kitosanın kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 30(3), 198-206.

İnternet Kaynakları

URL 1- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24139>,
Erişim tarihi: 09.12.2024.

URL 2- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/71853>,
Erişim tarihi: 09.12.2024.

URL 3- <https://univdatos.com/tr/rapor/kitosan-pazar%C4%B1/>,
Erişim tarihi: 09.11.2024.

URL 4-<https://www.infinitevdataexpert.com/tr/industry-report/chitosan-market#sample>, Erişim tarihi: 09.11.2024.

Bitkisel hidrokolloidlerin gıda endüstrisinde kullanımı

Cansu AKGÜL¹

Geliş tarihi / Received: 12.12.2024

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 15.12.2024

Kabul tarihi / Accepted: 16.12.2024

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v19i70006

Öz

Gam, sakız, zambak, musilaj gibi isimlerle de bilinen hidrokolloidler, gıdalarda birçok farklı işleve sahip olan maddelerdir. Bu maddeler gıda endüstrisinde; ürünlerin yapısında arzu edilen kıvamı oluşturmak, belli bir yapıyı iyileştirmek veya korumak amacıyla kullanılır. Hidrokolloidler, bu fonksiyonlarını, gıdanın fazları arasında homojen bir şekilde dağıtarak ve ortama stabil bir yapı sağlayarak gerçekleştirirler. Uygun koşullar altında; emülsifiye edici, su bağlayıcı, koyulaştırıcı, yapıştırıcı, jelleştirici, kapsülleyici, kaplayıcı ve köpük tutucu ajan olarak görev yapmaktadırlar. Doğal, modifiye ve yapay gamlar olarak üçe ayrılır ve en çok bitkisel kaynaklardan da elde edilir. Arabik, karaya, traganht ağaç salgılarından elde edilen; keçiyoynuzu, guar, tara bitki tohumlarından elde edilen; aljinat, agar, karragenan deniz yosunlarından elde edilen bitkisel kaynaklı hidrokolloidler gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, tüketicilerin doğal katkı maddelerine olan talebinin artması, araştırmacıların ticari hidrokolloidlerin yerine doğal bitkisel hidrokolloidlere yönelmesine neden olmuştur. Bu çalışmada bitkisel hidrokolloidlerin et, süt, şekerleme, fırıncılık ve tahıl ürünlerinde gıdalara sağladığı tekno-fonksiyonel özellikler ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bitkisel hidrokolloid, gıda endüstrisi, tekno-fonksiyonel özellikler

* İstanbul Aydın Üniversitesi, ABMYO Gıda Teknolojisi Programı, cansuakgul@aydin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0373-9882

The use of plant-based hydrocolloids in the food industry

Abstract

Hydrocolloids, also known by the names gum, resin, mucilage, are substances that have many different functions in foods. These substances are used in the food industry to create the desired consistency in the structure of products, to improve or protect a certain structure. Hydrocolloids perform these functions by homogeneously dispersing between the phases of the food and providing a stable structure to the environment. Under suitable conditions; they serve as emulsifiers, water binders, thickeners, adhesives, gelling agents, encapsulators, coating agents and foam retainers. They are divided into three as natural, modified and artificial gums and are mostly obtained from plant sources. Plant-based hydrocolloids obtained from arabic, karaya, traganth tree secretions; carob, guar, tara plant seeds; alginate, agar, carrageenan obtained from seaweeds are widely used in the food industry. In recent years, the increasing demand of consumers for natural additives has led researchers to turn to natural plant hydrocolloids instead of commercial hydrocolloids. In this study, studies on the techno-functional properties provided by plant hydrocolloids to foods in meat, dairy, confectionery, bakery and cereal products were examined.

Keywords: *plant-based hydrocolloid, food industry, techno-functional properties*

Giriş

Hidrokolloidler, yoğunlaştırıcı veya jelleştirici özellik sağlamak amacıyla suda çözünebilen bitkisel ve hayvansal kaynaklardan, polisakkaritlerin kimyasal modifikasyonlarıyla veya mikrobiyal fermantasyon yoluyla elde edilen kompleks polisakkaritlerdir (Eghbaljoo ve ark., 2022; Kandil ve ark., 2017). Hidrokolloid terimi hidro Yunanca (su), kolloid Fransızca 'col' (tutkal) ve 'oid' (benzer) kelimelerinden oluşmaktadır (Glicksman 1969).

Hidrokolloidler, yapıları, izolasyon metotları, fonksiyonları gibi birçok açıdan sınıflandırılabilirler. Yapılarına göre lineer, tek dallı, yer değiştirmiş lineer, dal üzerinde dallı olarak ayrılan hidrokolloidler diğer bir sınıflandırmada ise doğada bulunan doğal hidrokolloidler, nişasta, selüloz gibi doğal maddelerin kimyasal türevleri ve doğal maddelerden

mikrobiyal fermantasyon ile türevlendirilen modifiye edilmiş veya yarı yapay hidrokolloidler ve doğada benzer yapıları bulunmayıp tamamen kimyasal maddelerden sentezlenen yapay hidrokolloidler olarak ayrılır (Kandil, 2019). Bu çalışmada bitki bazlı hidrokolloidler ele alınacaktır.

Doğal bitkisel hidrokolloidler, buldukları yere göre ağaç eksüdalrı ve ekstraktları (Arabik gam, traganth gam vb.), tohum endospermeleri (psyllium, çiya vb.) ve yumruları (patates, taro vb.), deniz yosunu ekstraktları (aljinat ve karragenan vb.) olarak sınıflandırılabilen karmaşık polisakkaritlerdir (Ahmad ve ark., 2019). Bitki bazlı hidrokolloidler, nişasta, selüloz, galaktoz, ksiloz, arabinoz, hiyaluronik asit ve aljinat üniteleri gibi karbonhidrat türevlerini ihtiva eder (Hamdani ve ark., 2019). Bitkisel hidrokolloidler, düşük maliyet, çevre dostu olma, geri dönüştürülebilirlik, kolay erişilebilirlik, yapısal çeşitlilik, yüksek su bağlama kapasitesi, emülsiyon sistemlerinin stabilizasyonu gibi benzersiz reolojik özellikler, yüzey gerilimini düşürme, toksik olmama ve jel oluşturma potansiyeli gibi avantajları sayesinde gıda üretiminde geniş bir kullanım potansiyeline sahip olduğundan araştırmacıların dikkatini çekmektedir (Khezerlou ve ark., 2021).

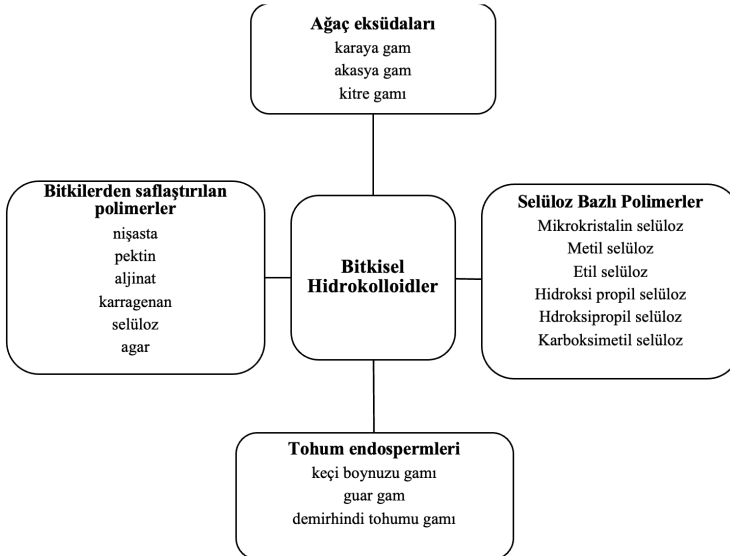
Yapılan çalışmalarda bitkisel hidrokolloidler, dondurmalarda dokuda pürüzsüzlüğün sağlanması ve buz kristal gelişiminin azaltılmasında rolü olduğu belirlenmiştir (Javidi ve Razavi, 2019; Pegg, 2012).Krema ve çırpılmış krema ürünlerinde stabilizatör (Biglarian ve ark., 2021), salata soslarında emülgatör ve yağ ikamesi (Cornelia ve ark., 2015), et ürünlerinde bağlayıcı (Gao ve ark., 2024; Amini ve ark., 2015), mayonez, salçalarda ve jöle yapımında koyulaştırıcı (Krstonosic ve ark., 2021; Wüstenberg, 2015), yağlarda aroma tutucu ve viskozite koruyucu (Sun ve ark., 2022) olarak bitkisel hidrokolloidler kullanıldığı çalışmalarda mevcuttur. Yumuşak peynir üretiminde pıhtı katısının verimini arttırmada ve istenilen yumuşaklığı elde etmede (Kumar, 2012), fırın ürünlerinde tekstür düzenleyici (Roberts ve ark.,2012) ve unlu mamüllerinde bayatlamayı azaltıp raf ömrünü uzatmada (Salehi,2020), birada köpük stabilizasyonunda (Kosiv, 2021), şarapların durultulmasında (Zhai ve ark., 2024) reçel ve marmelatlarda jel oluşumunda (Kavaya ve ark., 2019), su veya süt bazlı gıdalarda düşük konsantrasyonlarda farklı çeşitlerde jel yapımında (Kesik, 2023) , kek kreması ve soslarda köpük oluşumunda (Krystyan, 2012), çikolata üretiminde süt içindeki kakao partiküllerinin süspanse olmasında (Saedi ve ark., 2024), katkı sağlamaktadır. Ayrıca

yapılan çalışmalarda içecek türlerinde kullanılan hidrokolloidlerin viskoziteyi arttırdığı ve açlığı azalttığı ifade edilmektedir (Paquet ve ark., 2014).

Hidrokolloidlerin gıda endüstrisinde geniş tekno-fonksiyonel özelliklere sahip olması ve tüketici eğiliminin son günlerde doğal katkı maddelerine yönelmesi nedeniyle bu çalışmada bitkisel hidrokolloidlerin gıda endüstrisinin farklı uygulamaları ve bu alanlarda gelecekteki eğilimleri araştırılmaktadır.

Bitkisel Hidrokolloidlerin Gıda Endüstrisinde Uygulamaları

Bitkisel hidrokolloidler kompleks polisakkarit polimerleridir ve geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bu polisakkaritler, jel yapıcı madde, plastikleştirici, koyulaştırıcı, emülgatör, stabilizatör, yağ ikameleri, diyet lifleri, bağlama ve kaplama maddesi, tat ve aroma tutucular olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sarkar ve ark.,2018). Çözünürlük, viskozite, reolojik özellikler, erime davranışı, emülsifikasyon, kremalaşma, ısı transferi, vitaminler ve lipofilik aromaların taşınması, tat profili ve besin değeri gibi faktörler üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu etkileşimler, hidrokolloidlerin gıda ürünlerinin üzerindeki performansını şekillendirir ve nihai ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerini belirler (Pirsa ve Hafezi, 2023). Gıda endüstrisinde, aşağıdaki liste de dahil olmak üzere çeşitli hidrokolloidler kullanılır (Şekil 1)



Şekil 1 Gıda endüstrisinde kullanılan bitkisel hidrokolloidler (Eghbaljoo ve ark., 2022)

Et ve et ürünleri

Et ürünleri protein açısından zengin kaynaklardır. İçerisindeki et yağı yapısal özelliklerde önemli rol oynamaktadır. Et yağının doymuş yağ asidi içeriğinin yüksek olması ve bunun kardiyovasküler hastalıklar açısından tehdit oluşturması nedeniyle tüketiciler yağ içeriği düşürülmüş et ürünlerini talep etmektedir. Ancak et yağının uzaklaştırılması ağız hissi, sululuk ve etin emülsifikasyon özelliklerini olumsuz etkileyeceğinden bu kalite özelliklerini koruyabilmek için bitkisel hidrokolloidler alternatif olarak kullanılabilir. Ayrıca et ürünlerinde sağlık faydası sağlamak için tuz miktarının azaltılması da tüketici talepleri arasındadır. Ancak tuz içeriğinin azaltılması, sadece etin lezzet olarak etkilenmesinin yanı sıra su tutma kapasitesini etkileyeceğinden istenmeyen dokusal özelliklere neden olabilir. Yapılan çalışmalarda bitkisel hidrokolloidlerin kullanımının, et ürünlerinde kalite özelliklerin iyileştirilmesine ve tuz ile yağ içeriğinin azaltılmasına yardımcı olabileceği belirlenmiştir. Örneğin Atashkar ve ark., (2018) yaptığı çalışmada yağı azaltılmış soslerde κ -karragenan, konjak ve tragakant hidrokolloidleri kullanmış belirli depolama sürelerinde sertlik, yapışkanlık, esneklik, çignenebilirlik özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonucuna göre, hidrokolloid ilavesinin reolojik özellikleri kısmen telafi ettiği ve konjak gamın en iyi reolojik özellikleri sağladığı belirlenmiştir. Guar gam, jellan, ayva çekirdeği ve kitre gamı gibi bitkisel hidrokolloidlerin et ürünlerinde tekno-fonksiyonel özelliklere katkı sağladığı yapılan çalışmalarda belirlenmiştir.

Süt ve fermente süt ürünleri

Bitkisel hidrokolloidler, kontrolsüz su salımını engellemek, düşük pH'lı ürünlerde jel yapı oluşturarak dokuyu iyileştirmek, sertlik sağlamak, su tutma kapasitesini arttırmak ve stabilizatör olarak süt ve fermente ürünlerinde kullanılmaktadır. Karragenan, guar gam, pektin hidrokolloidleri süt ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yousefi ve Jafari, 2019). Yapılan çalışmalarda bitkisel hidrokolloidler, peynirde yağ ikame maddesi (Lashkari ve ark., 2014), reolojik kaliteyi iyileştirici (Volikakis ve ark., 2004) ve mikrobiyal yükü ve nem kaybını azaltarak raf ömrünü arttırmak amacıyla kaplama maddesi (Cherqueira ve ark. 2010) olarak değerlendirilmiştir. Dondurma üretiminde, doku oluşumu ve stabilizasyonun sağlanması, buz kristallerinin büyümesinin kontrolü, faz ayrımının önlenmesi için bitkisel hidrokolloidlerin kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Akbari ve ark., (2016) yaptığı çalışmada inülin içeren düşük yağlı dondurmaların kontrol örneğine kıyasla daha düşük

erime sıcaklığına sahip olduğunu yapışkanlık ve sertliği inülin ilavesinin azalttığını bulgulanmıştır. Başka bir çalışmada yarı hidrolize guar gam ile zenginleştirilmiş yoğurdun sertliği azalırken elastikiyetinin arttırdığı belirlenmiştir (Mudgil ve ark., 2017). Başka bir çalışmada fesleğen tohum gamı ilavesinin, probiyotik yoğurtlarda viskoziteyi ve probiyotik çoğalmayı iyileştirdiği bulgulanmıştır (Gasempour ve ark., 2020)

Fırın ürünleri

Ekmek ve fırıncılık endüstrisinde birçok önemli tekno-fonksiyonel özellik bitkisel hidrokolloidler tarafından sağlanır. Hidrokolloidler, hamur yumuşaklığı ve fırın ürünlerinin hacmini artırmak, keklerin sertliğini azaltmak, karışımın lif içeriğini arttırmak ve nem koruması sağlamak gibi çeşitli faydalar sunar. Ayrıca, fırın ürünlerinde raf ömrünü uzatmaya, kontrolsüz su salınımının oluşumunu engellemeye ve nişasta retrogradasyonunu azaltarak ekmek sertliğinin azaltmaya yardımcı olur. Birçok araştırma, bitki bazlı polisakkaritlerin viskoelastik özellikleri sayesinde yağ benzeri emülsifikasyon sağladığını ve bu sayede fırın ürünlerinin kalitesini iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Bu polisakkaritler, fırın ürünlerinin yapısal bütünlüğünü ve duyuşal özelliklerini artırarak, endüstrideki birçok uygulama için önemli bir katkı sağlar. Bitkisel hidrokolloidler çölyak hastalarının beslenmesi için glutensiz ürünlerin geliştirilmesi geleneksel buğday bazlı ürünlere benzer dokusal özelliklere sahip ürünlerin üretilmesine katkı sağlar. Zapata ve ark., (2018) yaptığı çalışmada %4,5 guar gamı içeren ekmek örneklerinin tekstürel ve duyuşal özelliklerinin kontrol örneğine benzer özellikler gösterdiği bildirilmiştir. Gaharaie ve ark., (2019) kitre gamını kurabiyelerde yağ ikamesi olarak değerlendirmiş ve kontrol örneği ile benzer duyuşal puanlara sahip olduğunu bildirmiştir.

Şekerleme, içecek ve sos ürünleri

İçeceklerin, sosların ve şekerlemelerin üretiminde bitkisel hidrokolloidler emülgatör, stabilizatör, kaplama maddesi, koyulaştırıcı, yağ ikamesi ve hacim artırıcı olarak kullanılarak, ürünlerin kalitesini artırır. Akgül ve ark., (2022) yaptığı çalışmada düşük yağlı salata sosu üretiminde roka tohum gamı kullanmış ve roka tohum gamının reolojik özellikleri iyileştirdiği ve roka tohum gamının yağ ikamesi olabilme potansiyelini bildirmiştir. İçeceklerin işlenmesinde, hidrokolloidlerin katılması, özellikle fesleğen tohumu gibi diyet lifi içeren parçacıkların süspansiyonunu sağlama konusunda etkili bir faktördür. Bu, ürünlerin ağızda daha hoş bir his bırakmasına, lezzetinin

gelişmesine, hızlı çözünürlüğe katkı sağlar. Ayrıca, uygun bir görünüm ve doku elde edilmesine yardımcı olarak içeceklerin kalitesini artırır. Düşük pH da gösterdikleri kararlılık ve soğuk suda kolayca çözünme özellikleri, doğal hidrokolloidler içecek endüstrisi ve salata sosları için mükemmel bir seçenek haline getirmiştir (Eghbaljoo ve ark., 2022). Ruihuan ve ark., (2017) yaptığı çalışmada, guar gamin portakal suyunun stabilitesini ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek için kullanılabileceğini bildirmiştir.

Bitkisel hidrokolloidler sakkarozun kristalleşmesini engelleyebilme ve formülasyonun yağ bileşenlerini emülsifiye edebilme özelliği şekerleme endüstrisi için önemlidir. Şekerleme ürünlerinde hidrokolloid ilavesiyle yumuşak bir doku oluşumu ve diğer şekerlemelere göre daha düşük şeker içeriği sağlanır. Ayrıca şekerleme ürününde aynı hacmi oluşturabildiği ve kalori artışı sağlamadıkları için diyet şekerleme üretiminde de yaygın olarak bitkisel hidrokolloidler kullanılır (Barak ve ark., 2020).

Sonuç

Bitki kökenli hidrokolloidler, hayvansal kaynaklardan elde edilen hidrokolloidlere alternatif olarak geliştirilmiş ve bu alandaki araştırmalar son yıllarda önemli bir artış göstermiştir. Bitkisel bazlı ürünlerin sürdürülebilirlik, etik ve sağlık açısından sağladığı faydalar ve aynı zamanda endüstriyel uygulamalarda daha çevre dostu ve erişilebilir çözümler sunmaktadır. Emülsifikasyon, stabilizasyon, viskoziteyi arttırmak, koyulaştırma ve kristalleşmeyi engelleme gibi tekno-fonksiyonel özellikleri güçlendirmek için kullanılan bitki kökenli hidrokolloidler, geniş erişim, biyoyararlanım, uygun fiyat ve toksik olmama gibi avantajlarıyla öne çıkmaktadır.

Bitkisel hidrokolloidler gıda endüstrisinde et, süt, içecek, fırın ve şekerleme ürünlerinde önemli, su tutma, ara yüzey etkisi, viskozite ve pH gibi tekno-fonksiyonel özellikler sağlar. Ancak depolama esnasında sineresis ve viskozitede azalma ya da tam tersi koyulaşma gibi bazı sınırlamalara sahiptir. Bu nedenle işlevsel özelliklerini iyileştirmek amacıyla bitkisel hidrokolloidler tekno-fonksiyonel özelliklerinin detaylı bir şekilde araştırılması ve diğer doğal polimerlerle karıştırılarak geliştirilmesi hakkında yeni araştırma çalışmalarının yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu tür modifikasyonlar, bitkisel hidrokolloidler performansını artırarak çeşitli gıda uygulamaları daha verimli ve uygun hale getirilebilir.

Kaynaklar

Ahmad, S., Ahmad, M., Manzoor, K., Purwar, R., & Ikram, S. (2019). A review on latest innovations in natural gums based hydrogels: Preparations & applications. *International journal of biological macromolecules*, 136, 870-890.

Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M., & Bedeltavana, A. (2016). The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52-55.

Akgül, C., Akcicek, A., Karadag, A., & Karasu, S. (2022). Formulation optimization of low-fat emulsion stabilized by rocket seed (*Eruca Sativa* Mill) gum as novel natural fat replacer: effect on steady, dynamic and thixotropic behavior. *Acta Scientiarum: Technology*, 44.

Amini Sarteshnizi, R., Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A., & Karimi, N. (2015). A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products. *International Food Research Journal*, 22(3).

Atashkar, M., Hojjatoleslami, M., & Sedaghat Boroujeni, L. (2018). The influence of fat substitution with κ -carrageenan, konjac, and tragacanth on the textural properties of low-fat sausage. *Food science & nutrition*, 6(4), 1015-1022.

Biglarian, N., Rafe, A., & Shahidi, S. A. (2021). Effect of basil seed gum and κ -carrageenan on the rheological, textural, and structural properties of whipped cream. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(14), 5851-5860.

Cerqueira, M. A., Sousa-Gallagher, M. J., Macedo, I., Rodriguez-Aguilera, R., Souza, B. W., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2010). Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of “Regional” cheese. *Journal of Food Engineering*, 97(1), 87-94.

Cornelia, M., Siratantri, T., & Prawita, R. (2015). The utilization of extract durian (*Durio zibethinus* L.) seed gum as an emulsifier in vegan mayonnaise. *Procedia Food Science*, 3, 1-18.

Eghbaljoo, H., Sani, I. K., Sani, M. A., Rahati, S., Mansouri, E.,

Molae-Aghae, E., ... & Jafari, S. M. (2022). Advances in plant gum polysaccharides; Sources, techno-functional properties, and applications in the food industry-A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 222, 2327-2340.

Fizman, S., & Varela, P. (2013). The role of gums in satiety/satiation. A review. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 147-154.

Gao, X., Pourramezan, H., Ramezan, Y., Roy, S., Zhang, W., Assadpour, E., ... & Jafari, S. M. (2024). Application of gums as techno-functional hydrocolloids in meat processing and preservation: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131614.

Gharaie, Z., Azizi, M. H., Barzegar, M., & Gavlighi, H. A. (2019). Gum tragacanth oil/gels as an alternative to shortening in cookies: Rheological, chemical and textural properties. *LWT*, 105, 265-271.

Ghasempour, Z., Javanmard, N., Langroodi, A. M., Alizadeh-Sani, M., Ehsani, A., & Kia, E. M. (2020). Development of probiotic yogurt containing red beet extract and basil seed gum; techno-functional, microbial and sensorial characterization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101785.

Hamdani, A. M., Wani, I. A., & Bhat, N. A. (2019). Sources, structure, properties and health benefits of plant gums: A review. *International journal of biological macromolecules*, 135, 46-61.

Javidi, F., & Razavi, S. M. (2019). New hydrocolloids in ice cream. *Emerging natural hydrocolloids: rheology and functions*, 525-547.

Kandil, M. (2019). Bazı probiyotik bakterilerin gelişmesi üzerine ksantan gamin etkisi (Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Türkiye)

Kandil, M., Ersan, L. Y., Özcan, T., & Akpınar-bayizit, A. (2017). Gamların prebiyotik özellikleri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (18), 18-26.

Kavaya, R. I., Omwamba, M. N., Chikamai, B. N., & Mahungu, S. M. (2019). Sensory evaluation of syneresis reduced jam and marmalade containing gum Arabic from *Acacia senegal* var. *kerensis*. *Food and Nutrition Sciences*, 10(11), 1334-1343.

Kesik, B. (2023). *Ayran Üretiminde Stabilizör Ve Yağ İkamesi Olarak Plantago Ovata (Karnıyarık Otu)'Dan Yararlanma Olanakları* (Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi, Türkiye).

Krystyan, M., Sikora, M., Adameczyk, G., & Tomasik, P. (2012). Caramel sauces thickened with combinations of potato starch and xanthan gum. *Journal of Food Engineering*, 112(1-2), 22-28.

Kosiv, R. (2021). Comparison of the hydrocolloids application efficiency for stabilizing the foam of beer. *ScienceRise*, (6 (77)), 25-30.

Krstonošić, V., Jovičić-Bata, J., Maravić, N., Nikolić, I., & Dokić, L. (2021). Rheology, structure, and sensory perception of hydrocolloids. In *Food structure and functionality* (pp. 23-47). Academic Press.

Kumar, R. (2012). An investigation into improvement of low fat cheddar cheese by the addition of hydrocolloids (Yüksek lisans tezi, Minnesota Üniversitesi, ABD).

Lashkari, H., Khosrowshahi asl, A., Madadlou, A., & Alizadeh, M. (2014). Chemical composition and rheology of low-fat Iranian white cheese incorporated with guar gum and gum arabic as fat replacers. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2584-2591.

Ly, R., Kong, Q., Mou, H., & Fu, X. (2017). Effect of guar gum on stability and physical properties of orange juice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 565-574.

Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2017). Texture profile analysis of yogurt as influenced by partially hydrolyzed guar gum and process variables. *Journal of food science and technology*, 54, 3810-3817.

Paquet, É., Bédard, A., Lemieux, S., & Turgeon, S. L. (2014). Effects of apple juice-based beverages enriched with dietary fibres and xanthan gum on the glycemic response and appetite sensations in healthy men. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 4(1), 39-47.

Pirsa, S., & Hafezi, K. (2023). Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. *Food Chemistry*, 399, 133967.

Roberts, K. T., Cui, S. W., Chang, Y. H., Ng, P. K. W., & Graham, T. (2012). The influence of fenugreek gum and extrusion modified fenugreek gum on bread. *Food Hydrocolloids*, 26(2), 350-358.

Saedi, S., Jafarian, S., Ghaboos, S. H. H., & Nasiraei, L. R. (2024). Formulation optimization of a probiotic low-calorie chocolate milk and investigating its qualitative properties during storage. *Heliyon*, *10*(16).

Salehi, F. (2020). Effect of common and new gums on the quality, physical, and textural properties of bakery products: A review. *Journal of texture studies*, *51*(2), 361-370.

Sarkar, P. C., Sahu, U., Binsi, P. K., Nayak, N., Ninan, G., & Ravishanker, C. N. (2018). Studies on physico-chemical and functional properties of some natural Indian gums. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, *37*(2), 126-131.

Sun, M., Li, X., McClements, D. J., Xiao, M., Chen, H., Zhou, Q., ... & Deng, Q. (2022). Reducing off-flavors in plant-based omega-3 oil emulsions using interfacial engineering: Coating algae oil droplets with pea protein/flaxseed gum. *Food Hydrocolloids*, *122*, 107069.

Volikakis, P., Biliaderis, C. G., Vamvakas, C., & Zerfiridis, G. K. (2004). Effects of a commercial oat- β -glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food research international*, *37*(1), 83-94.

Wüstenberg, T. (2015). General overview of food hydrocolloids. *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food industry Fundamentals and Applications; Wüstenberg, T., Ed*, 1-68.

Yousefi, M., & Jafari, S. M. (2019). Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, *88*, 468-483.

Zapata, F., Zapata, E., & Rodríguez-Sandoval, E. (2019). Influence of guar gum on the baking quality of gluten-free cheese bread made using frozen and chilled dough. *International Journal of Food Science & Technology*, *54*(2), 313-324.

Zhai, H., Qi, M., Zhang, Y., Mao, L., Yang, W., Zhou, P., ... & Lan, Y. (2024). Polysaccharide-induced colloidal stabilization of red wines: Impact on phenolic composition and color characteristic. *Food Hydrocolloids*, 110822.

Yazar Kılavuzu

Aşağıda belirtilen yayın ilkeleri ve yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış yazılar, “makale sunum formu” ile birlikte e-posta yoluyla aşağıdaki adreslere gönderilebilir.

Çevirisi yapılmış makalelerin değerlendirmeye alınabilmesi için özgün metinlerin ve makale sahibinden (asıl yazar veya hak sahibi yayınevi) izin yazılarının da gönderilmesi zorunludur.

Ön inceleme ve hakem değerlendirmesi doğrultusunda geliştirilmek ve/veya düzeltilmek üzere yazarlarına geri gönderilen yazılar, gerekli düzeltmeler yapılarak en geç, bir ay içinde tekrar dergiye ulaştırılır.

Yapılan ön incelemede yazım kurallarına uyulmadığı tespit edilen makaleler düzeltilmesi için yazarına iade edilir ve yayım programına alınmaz.

Yayın İlkeleri

1. Dergide yayımlanan makaleler yazı işlerinin izni olmaksızın başka hiçbir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Makaledeki yazarlar isim sırası konusunda fikir birliğine sahip olmalıdır.
2. ABMYO Dergisi’ne gönderilen yazılar, referans sistemi, dipnot gösterme biçimi ve kaynakça düzenlenmesinde American Psychological Association (APA) stilinde hazırlanmalıdır. APA’nın 6. baskısı, yazarların dikkate alacağı versiyonu olmalıdır. Bununla birlikte kaynakça düzenlenirken Türkçe’ye uyarlanmış ve APA’nın istisnası olan hususlar da bulunmaktadır. Türkçede gün ve ay içeren tarihler önce gün, sonra ay şeklinde (örneğin 12 Şubat) yazılmalıdır.
3. ABMYO Dergisi’nde yayımlanan makaleler yayın tarihinden itibaren

derginin bir sonraki sayısına kadar tartışmaya açık olacaktır. Makaleler için yapılan eleştiriler dergide yayınlanacaktır.

4. Makaleler en fazla 12 sayfa olmalıdır. Makaleler en az Word 6.0/95 formatında diskette veya CD’de teslim edilmeli ya da ABMYO Dergisi elektronik posta adresine gönderilmelidir. Orijinal olarak hazırlanmış makaleler % 20 oranında küçültülerek basılacaktır, bu nedenle şekil ve tablolar bu durum göz önünde bulundurularak hazırlanmalıdır. ABMYO Dergisi siyah beyaz basıldığından gönderilen makaledeki resim, fotoğraf, şekil ya da grafikler renkli olmamalıdır.
5. Dergide yayımlanmak üzere gönderilen yazıların, daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış olması veya bir başka yayın organında değerlendirme aşamasında bulunmaması gerekmektedir.
6. Herhangi bir sempozyum, kongre, konferans vb. bilimsel etkinliklerde sunulmuş veya sunulacak olan bildiri metinleri, yayımlanmamış olması koşulu ile hakem değerlendirmesine gönderilir.
7. Dergi Yayın Kurulu, makaleleri, üç hakem gönderir. Makaleler, en az iki hakemin olumlu görüşüyle yayımlanır.
8. Yayımlanması için düzeltilmesine karar verilen yazıların, yazarları tarafından en geç (posta süresi de dahil olmak üzere) 30 gün içerisinde, yeniden Yayın Kuruluna gönderilmesi gerekir. Belirlenen sürede gönderilen makaleler bir sonraki dönemde yayımlanmak üzere sıraya konular. Metin, değişiklikleri isteyen hakemler tarafından yeniden incelenebilir.
9. Hakem onayı alan makaleler, raporların tamamlanma tarihlerine göre sıraya konularak yayımlanır.
10. Dergiye gönderilecek yazılar, iki kopya alınarak hazırlanmalıdır. Bunlardan bir kopya posta yolu ile gönderilmeli; bir kopya ise; elektronik posta aracılığıyla iletilmelidir. Elektronik posta olarak gönderilen nüshada, yazar/yazarların adı soyadı, makalelerin tam adı, bağlı oldukları kurum ve ünvanları, iş-cep telefonları ve elektronik posta adreslerini içeren bir kapak sayfası bulunmalıdır. Kapak sayfası, posta yolu ile gönderilecek kopyaya da eklenmelidir.

11. Yazarlar, yayınlarını İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisine göndermekle, telif haklarını İstanbul Aydın Üniversitesine devretmiş sayılırlar.
12. Dergide yazısı yayımlanan yazarlara, iki adet dergi ücretsiz olarak gönderilir. Ayrıca telif hakkı ödenmez.
13. Ulusal ve uluslararası düzeyde akademik bilgi paylaşımının sağlanması amacıyla İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi'nde yayımlanmak üzere Hakem Kurulundan geçen yazılar Üniversitenin internet sitesine bağlı olarak da yayımlanabilir.
14. Dergiye gönderilen yazılar, yayımlanmasa dahi iade edilmez.

Yazım Kuralları

I. Makale Türleri

Dergiye gönderilen makaleler aşağıdaki özellikleri taşıyan çalışmalar olmalıdır:

- Özgün araştırmalarla ilgili çalışmalar,
- Uygulama örneklerini bilimsel bir yaklaşımla anlatan çalışmalar,
- Belirli bir konuda, önemli gelişmeleri değerlendirip eksiklikleri ortaya koyan derleme çalışmaları,
- Tez çalışmasından elde edilen sonuçların bilimsel tutarlılığı olan bir bölümünden ya da tümünden yararlanılarak hazırlanmış, doktora öğrencisinin ve tez danışmanının ortak yazar olarak yer aldığı bilimsel makaleler.

II. Sayfa Düzeni

Sayfa boyutu A4 kâğıt boyutunda olmalı, sayfa yapısında sağdan ve soldan 2 cm; üstten 2.5 cm; alttan da 3 cm boşluk bırakılmış olmalıdır. Metin, sağ ve sola dayalı (justify), özet ve abstract tek aralık olarak, ana metin 1,5 aralıkla yazılmalı, paragraflar arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır. Başlık, şekil adı, tablo adı gibi formatı belirtilmiş yazılar dışında kalan metin Times New Roman yazı karakterinde 12 punto ile yazılmalıdır.

III. Makale Başlığı

Makale başlığı metnin içeriğini yansıtmalı, 70 harfi geçmemeli ve gereksiz

uzatmalardan kaçınılmalı; Times New Roman yazı karakterinde 20 punto ile yazılmalı ve sadece başlığın ilk harfi büyük olmalıdır. Başlık sayfanın üst sınırından 6 cm boşluk bırakıldıktan sonra yazılmalıdır.

IV. Yazar Adı

Yazar adı sayfanın üst sınırından 10 cm aşağıda olmalıdır. Yazar adının ilk harfi ve soyadı büyük harf olmak üzere Times New Roman, 12 punto, sağa yaslanmış şekilde ve **koyu** olarak yazılmalıdır. Yazar adı birden çok olması durumunda, isimlerin her birine üslü sayı şeklinde bir numara verilerek kurumları dipnotta belirtilecektir. Yazışmalara yapılacağı yazarın isminin yanına asteriks (*) işareti koyulacak ve kurumu, telefon numarası, elektronik posta adresi, yayının 1. Sayfasının altında dip not (footer) olarak alttan 2 cm yukarıda, bir çizgi çekilerek, 10 punto, Times New Roman ve italik formatıyla yazılmalıdır.

V. Kısaltmalar, ilgili bilim alanının standart kısaltmaları olmalı ve metin içinde ilk geçtiği yerde tanımlanmalıdır.

VI. Türkçe Öz

Öz; yazıya konu olan çalışmanın amaçlarını, kullanılan yöntemleri, ulaşılan sonuçları, değerlendirmeleri içermeli ve 200-250 kelime arasında olmalıdır. Bu haliyle özet, yapılan çalışma hakkında fikir verebilmelidir. Öz, Times New Roman yazı karakteri ile 12 punto, italik olarak sayfanın üst sınırından 13cm boşluk bırakıldıktan sonra yazılmalı ve satırlar arasında tek aralık bırakılmalıdır. Öz kelimesi **koyu** olmalıdır. Öz kelimesi ile metin arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır.

VII. Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract kısımlarından sonra, makalenin konu sınıflandırmasının yapılabilmesi için en az 3, en çok 6 adet anahtar kelime verilmelidir. Anahtar kelimeler önemlerine göre sıralanmış, Times New Roman yazı karakteri ile Türkçe anahtar kelimeler 12 punto, İngilizce keywords 11 punto ve italik yazılmalıdır. Sadece “anahtar kelimeler” ve “keywords” kelimeleri **koyu** ve *italik* olarak yazılmalıdır. Türkçe öz ile anahtar kelimeler arasında ve abstract ile keywords arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır. Özel isimler hariç anahtar kelimeler küçük harfle yazılacaktır.

VIII. Makalenin İngilizce Başlığı

Makalenin İngilizce başlığı sadece ilk harfi büyük olmak üzere Times New Roman yazı karakterinde 16 punto ile koyu olarak ve sola yanaşık yazılmalıdır.

IX. İngilizce Özet (Abstract)

İngilizce özet, yazıya konu olan çalışmanın amaçlarını, yazıda kullanılan yöntemleri, ulaşılan sonuçları ve değerlendirmeleri içeren, Türkçe özetle olduğu gibi bilgi vermek üzere, 200-250 kelime arasında olacak şekilde hazırlanmalıdır. Abstract, Times New Roman yazı karakteri ile 11 punto, italik ve satırlar arasında tek aralık olacak şekilde yazılmalı, sadece “abstract” kelimesi 12 punto ve **koyu** olmalıdır.

X. Başlıklar

- Ana Başlık

Giriş bölümü yazıyı doğrudan ilgilendiren, uzun tarihçeler içermeyen bir bölüm olmalıdır. Tüm ana başlıklar sola dayalı olarak Times New Roman formatında 14 punto, **koyu** ve başlığın sadece ilk kelimesinin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Hiçbir başlığın önüne numara veya herhangi bir işaret konulmamalıdır. Ana başlıklardan önce boşluk bırakılmamalı, ana başlıktan sonra boşluk bırakılmadan makale metni başlamalı, metin yazı karakteri Times New Roman ve 12 punto olmalıdır.

-Ara Başlık

Ana başlıktan sonra herhangi bir metin yazılmadan ara başlık yazılması gerektiğinde arada boşluk bırakılmayacaktır. Ara başlıklar sola dayalı olarak Times New Roman formatında, 12 punto, **koyu** yazılmalı ve başlığın sadece ilk kelimesinin ilk harfi büyük olmalıdır. Ara başlıktan sonra boşluk bırakılmadan makale metni başlamalıdır. Herhangi bir metin yazıldıktan sonra konulacak ara başlıklardan önce bir boşluk bırakılmalıdır.

-Alt Başlık

Alt başlıklar paragrafın başında ve metinden bir çizgi (-) işareti ile ayrılarak yazılmalı ve hemen yanından metin devam etmelidir. Alt başlık Times New Roman yazı tipinde italik, 12 punto ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olarak yazılmalıdır.

XI. Şekiller

Metin içinde yer alan şekiller metin sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak konulmalıdır. Şekiller mutlaka net ve okunaklı olmalıdır. Baskı sırasında yayın %20 oranında küçültüleceği için şekil büyüklükleri bu durum göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Şekiller ya bir çizim programı ile çizilmiş olmalı ya da taranmış ise en az 300dpi çözünürlükte taranmış olmalıdır. Şekil olarak gösterilen grafik, resim ve metin kutularında yer alan yazı ve sayıların büyüklüğü makale içinde Times New Roman karakteri ile yazılmış 9 punto boyutundaki bir yazının büyüklüğünden az olmamalıdır. Şekil numaraları ve adları şeklin altında ortalanarak, tek aralıklı ve Times New Roman 12 punto ile *italik* yazılmalı ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olmalıdır. Şekilden önce, şekil adından önce ve sonra da birer satır boşluk bırakılmalıdır. Şekiller metin içine yerleştirilirken mutlaka şekilden önce atıfta bulunulmalıdır.

XII. Resim ve Fotoğraflar

Resim ve fotoğraflar taranmış ise en az 300 dpi çözünürlükte taranmış olmalı, metin içinde mutlaka atıfta bulunulmalı, şekillerle beraber numaralandırılmalıdır.

XIII. Tablolar ve Denklemler

Metin içerisinde yer alan tablolar metin sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak konulmalıdır. Tablo numaraları ve adları, tablonun üstünde tek aralık ve Times New Roman 12 punto ile sadece ilk kelimenin ilk harf büyük olacak şekilde ortalanarak ve *italik* yazılmalıdır. Tablo adı yazılırken üstte ve altta birer satır, tablodan sonra ise bir satır boşluk bırakılmalıdır. Tablolara tablodan önce mutlaka metin içerisinde atıfta bulunulmalıdır.

Tablo satır ve sütunlarındaki rakam ve yazılar Times New Roman 12 punto yazılmalıdır. Ancak zorunlu kalman durumlarda yazı boyutu yazı sınırlarını geçmeyecek şekilde en az 9 puntoya kadar düşürülebilir. Tablodaki parametre ve isimlerin yer aldığı ilk satırın hem altı hem de üstü 1.5 punto kalınlıkta birer çizgi ile kapatılmalıdır. Daha sonraki satırlarda herhangi bir yatay ve düşey çizgi kullanılmadan son satırın altına bir çizgi daha ilave edilerek tablo sınırlandırılmalıdır.

Metin içerisine yazılacak denklemler, Microsoft Word yazım programındaki Equation Editör ile sola dayalı olarak yazılmalı ve eşitliklere sağa dayalı

olarak parantez içerisinde numara verilmelidir.

XIV. Semboller

Makale çok sayıda sembol içeriyor ya da makaledeki sembollerin açıklanması gerekiyorsa uluslararası standarda uygun olarak, semboller, kaynaklardan önce, Times New Roman 11 punto ile italik yazılmalıdır. Makalede ondalık gösteriminde nokta kullanılmalı, binlikleri ayırırken virgül veya nokta kullanılmamalı gerekiyorsa tek boşluk kullanılmalıdır.

XV. Kaynaklar

Dergideki referans sistemi, American Psychologists Association (APA) versiyon 6' dır. APA sistemine göre yazılmış bir eserin sonunda muhakkak ki bir kaynakça bölümü olmalıdır. Sayfanın başına Kaynaklar (başlık 14 punto, küçük harfle, sadece ilk harf büyük olmalı) diye yazılmalıdır. Metin içinde gönderme yapılmış/anılmış her eser kaynakçada belirtilmelidir.

Makale metninin sonunda bulunan kaynaklar bölümü yazar soyadına göre A'dan Z'ye doğru, alfabetik bir şekilde sıralanmalı ve Kaynaklar içeriği Times New Roman 11 punto ile yazılmalı, sadece dergi, kitap ya da sempozyum adları italik olmalıdır.

Kaynaklarda, varsa cilt numarası koyu renkte, sayı numarası normal karakter ile yazılmalıdır. Kaynaklar kısmında yer alan ulusal-uluslararası makalelerin yer aldığı dergi adları kısaltılmış halleriyle değil, açık olarak yazılmalıdır.

» **Örnek:** Dergi adı Wat. Res. şeklinde değil, Water Resources şeklinde yazılmalıdır.

Yazı içinde atıfta bulunulan kaynaklar; ya ...Smith (1980)... şeklinde cümlenin içinde, ya ...(Smitb, 1980; Adams, 1981) ya da (Smith vd., 1980) şeklinde cümlenin sonunda yazar soyadı ve yayın yılı belirtilerek verilmelidir. İki yazarlı kaynaklarda iki yazarın da soyadı yazılmalı (Snell ve Ettre, 1971), ikiden fazla yazarlı kaynaklar parantez içinde gösterilecek ise vd. kısaltması kullanılmalı (Li vd., 1998), parantez dışında Li ve diğerleri (1998) kullanılmalıdır.

-Metin içinde kitap, dergi ve film, TV programı adları italik yazılır. Örneğin, Siyaset Meydanı Programı'nda (...).

-Ayrıca yeni veya teknik bir terim metin içinde ilk geçtiği anda italik

yazılabilir, sonrasında italik yazılmaz. Örneğin, 1990’lardan sonra alımlama çalışmaları Türkiye’de de artış göstermiştir.

-İngilizcede yaygın olan ifadeler ve kısaltmaları italik yazılmaz. Metinde bir ifadeyi daha çok vurgulamak amacıyla italik yazılmaz.

-Organizasyon kısaltmaları: İlk alıntıda adı açıkça yazılmalıdır; eğer okuyucu kısaltmayı yakından biliyorsa sonrakilerde kısaltma kullanılmalıdır.

» **Örnek:** İlk Alıntı: National Institute of Mental Health (NIMH),
Sonrakiler: (NIMH, 2015)

40 ya da daha fazla alıntı sözcük varsa, içeriden, tek veya sık satır aralığı vererek, ana metinden daha küçük bir puntoyla (10 veya 11 punto), italik olmadan, tırnaksız yazılır. Sonunda paragraf içinde sayfa numarası yazılır.

Dönüşüm Krishnamurti’ye göre (1998),

(...) zamanın bir sonucu değildir. Dönüşüm sessiz, sakin, pasif bir zihnin sonucudur. Zihin bir sonuca odaklandığında, artık pasif değildir. İnsan dönmek istedikçe, değişmek istedikçe, olanı değiştirmek istedikçe, bir sonuca odaklanacaktır, bir sonucu arayacaktır. Zihin basit bir şekilde olanı anlamağa niyet etmek zorundadır. O zaman sakinleşebilir. Bu sakinlik içinde, insan olanı anlayabilir. Dolayısıyla bir dönüşüm olabilir (s.83).

E-maile, telefonla, yüz yüze ya da başka biçimlerde yapılan kişisel görüşmelere dayalı bilgiler, metin içinde gösterilir, ancak kaynakçaya yazılmazlar. Örneğin:

Profesör Mark Post, “et üretimindeki temel sorunun verimsizlik olduğunu ve et üretimini bir tarım sürecinden fabrika sürecine dönüştürmek gerektiğini “ söyledi. (Mark Post kişisel görüşme, 24 Aralık 2011).

- Kanunların metin içinde ilk defa gösterimi:

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası’na dayanılarak halkın mahalli müşterek ihtiyaçlarını karşılamak üzere belediyeler kurulmuştur (Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, 1982:Madde 127).

Belli koşulları sağlayan ve nüfus yoğunluğu fazla olan belediyelerde hizmetin daha etkin ve verimli şekilde verilebilmesi amacıyla Yapı Kontrol

Müdürlükleri kurulmuştur (Belediye Kanunu [BK], 2005:Madde 48).

- Kanun metinde ikinci defa geçtiğinde:

Belediyeler 5393 sayılı yasanın kendilerine vermiş oldukları yetki çerçevesinde yapacakları işlerle ilgili olarak yönetmelikler çıkarırlar ([BK], 2005:Madde 48).

Kaynak gösterimleri aşağıdaki örnekler gibi yapılmalıdır.

Ulusal - Uluslararası Makaleler

- » Ishidate, M., Sofuni, T., Yoshikawa, K., Hayashi, M., Nohmi, T., Sawada, M., Matsuoka, A., (1984). Primary mutagenicity screening of food additives currently used in Japan. *Food and Chemical Toxicology*, 22(8), 623-636.
- » Pandey, A. K., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N. N., Bajpai, V. K., (2017). Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. *Microbiology*, 7: 2161. doi: 10.3389/fmicb.
- » Gezgin, S., (2009). Medyanın sorumluluğu (Türk Alman ilişkileri Örneğinde). İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 1: 44-54.

Ulusal - Uluslararası Bildiriler

- » Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Magnetic fields*, Proceedings, 5tJl Conference, Electronics, 117-143, Sydney, A.

Ulusal - Uluslararası Kitap

- » Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Magnetic fields*, 295, Mc. Graw Press, London.

Kitap İçinde Bölüm

- » Sensoy, T., (1998). *Magnetic fields*, in Reinhardts, M, eds, Physics, Mc. Graw HM Press, 2-5, Oxford, UK.

Çeviri Kitap

- » Ong, W.J (1995). *Sözlü ve Yazılı Kültür*. Sema Postacıoğlu (Çev.). 136, Metis Yayınevi. İstanbul

Editörlü Kitap

» Çebi, M.(Ed).(2003). *Medya Etki Araştırmaları* 142, Alternatif Yayınevi. Ankara.

Editörlü Kitapta Bölüm

» Keeplinger. H,M(2003). *Etki Kavramının Sınırları*. Murat Çebi (Ed.), Medya Etki Araştırmaları 142, Alternatif Yayınevi. Ankara.

Dergiden Makale

» Gezgin, S. (2009). Medyanın Sorumluluğu (Türk Alman ilişkileri Örneğinde). İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1, 44-54

Basılmamış Tezler, Bildiriler

» Arvas, İ.S (2010). *Cumhuriyet Döneminde Basında Etik Bağlamda Ortaya Konulan Uygulamalar ve Bir Meslek Örgütü: Basın Konseyi*. (Yayınlanmamış doktora tezi.) İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Kanun ve Yönetmelikler

» *Türkiye Cumhuriyeti Anayasası* (1982), Kanun No:2709, Resmi Gazete: 09.11.1982/17863.

» *Yapı Denetimi Hakkında Kanun* (2001), Kanun No:4708, Resmi Gazete: 13.07.2001/24461.

» *Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliği* (2008), Kanun No:4708, Resmi Gazete: 05.02.2008/26778.

İnternette Makale

» Koloğlu, O. (1999). *Medya, Devlet ve Sermaye*.

<http://dorduncukuvvetmedya.com>

Basılmış Bilimsel Rapor

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., eds. (1998). Magnetic fields, J., Technical Report, ICTP TRIL Programme, 12, Trieste.

Mesleki Teknik Rapor

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., eds. (1998). *Manyetik Alan Teorisi*,

Teknik Rapor 5, CEV Vakfı, İstanbul.

Doktora, Y. Lisans Tezi

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, Doktora tezi, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Standartlar

» TS920, (1990). *Binalarda rüzgar yükü kuralları, Türk Standartları*, Ankara. ix) Güncel Yazı,

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). Manyetik Alan Teorisi, *Bilim ve Teknik*, 63, 7, 3-5

Web Adresleri

Kaynakların A'dan Z'ye sıralanması bittikten sonra 1 punto kalınlıkta bir çizgi çekilerek, çizginin altından itibaren, internet kaynakları, siteden yararlanılan tarihle beraber yazılmalıdır.

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, <http://www.server.com/final/paper1.html>, (21.12.2005)

Broşür (Tarihsiz ve yazarsız):

» *Inside these doors: A guidebook of Elfreth's Alley homes* [Brochure]. (t.y.).Philadelphia: Elfreth's Alley Association.

Film

» Yönetmenin Soyadı, Yönetmenin Adının Baş Harfleri. (Yönetmen). (Yıl). *Filmin adı italik şekilde*. Prodüksiyon şehri: Prodüksiyon şirketi ismi.

» Huston, J. (Yönetmen/Senaryo Yazarı). (1941). *Malta Şahini* [Film]. U.S.: Warner.

» Metin içindeyse: (*Malta Şahini*, 1941) şeklinde gösterilir.

Fotoğraf

» Adams, Ansel. (1927). *Monolith, the face of Half Dome*, Yosemite National Park [Fotoğraf]. Art Institute, Chicago.

Metin içindeyse: (Adams, 1927) şeklinde gösterilir.

Görüşme

» Arroyo, Gloria Macapagal. (2003). A time for Prayer. Michael Schuman ile söyleşi. *Time*. 28 Temmuz 2003. Erişim Tarihi 13 Ocak 2004, <http://www.times.com/time/nation/article/0,8599,471205,00.html>

Rapor ve teknik makaleler

» Gencil Bek, M. (1998). Mediscape Turkey 2000 (Report No. 2). Ankara: BAYAUM.

Televizyon programı

» Long, T. (Yazar), ve Moore, S. D. (Yönetmen). (2002). Bart vs. Lisa vs. 3. Sınıf [Televizyon Dizisi]. B. Oakley ve J. Weinstein (Yapımcı), *Simpsonlar* içinde. Bölüm: 1403 F55079. Fox.

Metin içindeyse: (Simpsonlar, 2002) şeklinde gösterilir.

İletişim Bilgileri:

Anadolu Bil Meslek Yüksek Okulu Dergisi Yayın Koordinatörlüğü

İstanbul Aydın Üniversitesi

Beşyol Mahallesi, İnönü Caddesi, Nu: 38
Sefaköy, Küçükçekmece/İstanbul

Tel: 0535 354 64 73

Web Sayfası: <http://abmyod.aydin.edu.tr/>

E-posta: candanvarlik@aydin.edu.tr

Author's Guide

Author's may send their articles which are prepared in accordance with the below stated publishing and editorial principles, together with the "article presentation form" via e-mail to the provided addresses.

Providing the permissions of the authors (the main author or the rightful publishing house) is obligatory for the translated texts and articles as well.

The articles which are sent to their authors for further improvement and/or proofreading following the preliminary reviews and referee evaluations, must be edited accordingly and delivered back to the journal in one month at the latest.

On the other hand, the articles which are found to be conflicting with this guideline, will be returned to their authors for further proofreading and will not be issued.

Publishing Principles

1. The articles to be published in the journal cannot be published or presented elsewhere without the permission of the Editorial Board. The articles that are published, partially or as a whole, cannot be used elsewhere without citation. The journal only accepts original manuscripts which are not published, being reviewed for publication or accepted to be published previously. The authors of the related articles must build a consensus upon the name order.
2. The articles delivered to the journal are expected to be arranged according to American Psychological Association (APA) style regarding the references, footnotes and bibliography. The authors must consult the 6th edition of APA.
3. The articles that are published in the journal will be open for discussion from the date of publication till the next issue of the journal. The criticisms made for the articles will be published in the journal as well. The articles must not exceed 12 pages and they must be handed

as a disc or delivered via e-mail to the given addresses. The originally prepared manuscripts will be scaled down by 20 % while printing, thus the sizes of the figures and tables must be arranged accordingly. Also, the journal is printed black and white, therefore the photographs, images, figures or graphics within the text must not be colored.

4. The journal only accepts manuscripts which are not published, being reviewed for publication or accepted to be published previously.
5. The papers that are presented or to be presented in a scientific gathering such as symposium, congress or conference can be accepted for referee evaluation provided that they are not published.
6. The Editorial Board of the Journal delivers the article to three different referees. The articles are published at least with two positive referee reviews.
7. The manuscripts that are expected to be revised must be completed and resent to the Editorial Board within 30 days (including the posting time). Manuscripts that are sent within the specified period will be queued to be published in the next issue. Manuscript revision may also be evaluated by the referees who demanded the changes.
8. The approved articles are published one after another regarding the completion dates of their referee reports.
9. The manuscripts to be sent to the journal must be prepared as two copies. One of the two copies must be posted as a hard copy and the other must be delivered via e-mail. Both of the delivered copies (digital and hardcopy) must include a cover page which contains the names and the surnames of the author(s), the full title of their articles, their titles and the workplaces, work and mobile phones as well as e-mails.
10. The copyrights of the manuscripts which are accepted to be published following the evaluation process, are considered as transferred to Istanbul Aydin University.
11. Following the publication of the article, two copies of the related issue of

the journal is delivered to the author. No royalty is paid to the authors.

12. The manuscripts which pass Referee Board and to be published with the purpose of sharing knowledge on a national and international basis, may be published depending on the website of the university.
13. The manuscripts sent to the journal are not to be returned even if not to be published.

Editorial Principles

I. Types of Articles

The articles to be published in the journal are expected to be as follows;

- » Works related to original studies,
- » Works which explain application examples in a scientific way,
- » Works of collection presenting the deficiencies and evaluating the developments on a specific subject,
- » Scientific articles that are prepared using the results obtained from a thesis, where there is a scientific consistency partially or as a whole and in which the doctorate student and the advisor have worked together as collective authors.

II. Page Layout

A4 page size with 2 cm margins on left and right; 2.5 cm on top and 3 cm on the bottom of the page. The text must be justified and written with 1,5 space whereas the Turkish and English abstracts must be written with single space leaving an empty line between the paragraphs. The text, excluding the title, name of the figure or table for which the format is specified, must be written using Times New Roman font type in 12-point size in general.

III. Article Titles

The title of the article must reflect its content, must not exceed 70 characters. Authors must avoid redundancy; the title must be typed using Times New Roman font type in 20-point size with only the initial letter of the title

capitalized. The title must be 6 cm below the upper page limit.

» **The English Title of the Article**

12-point size, **bold**, Times New Roman font type with only the initial letter of the first word capitalized.

IV. Author's name(s) and Address(es)

10 cm below the upper page limit, only the initials of the name and surname capitalized, Times New Roman in 12-point size, aligned to right and **bold**. In case there are more than one author name to be mentioned, each author's institution must be indicated as a footnote. The author responsible for correspondence must be indicated with an asterisk (*) and his/ her contact information such as institution, phone number and e-mail address must be given on the first page of the article as a footnote with 2 cm above the bottom page limit using 10-point size Times New Roman font type.

V. Scientifically standardized abbreviations should be preferred and explained where it is first mentioned.

VI. Abstract

The abstract must contain the purpose(s), methods, results and evaluations regarding the subject of the work and consist between 200-250 words. In this respect, the abstract must be able to give an idea about the work to the reader. Starting from 13 cm below the upper page limit, the abstract must be typed with single space using 12-point size Times New Roman font type in italics. The title of the abstract (Abstract) must be typed in bold leaving an empty line before the text.

VII. Keywords

Following the abstract part, at least 3 and at most 6 keywords must be given in order for the article subject to be classified. The keywords must be prioritized with 12-point size Times New Roman font type for Turkish and 11-point size and italics for English with only the "**Keywords**" typed in **bold**. There must be a blank space between the abstract and the keywords. Keywords must be typed in lower-case letters unless indicating a proper name.

VIII. Titles

» ***English Title of the Article***

Only the initial letter capitalized; Times New Roman, 16-point size, bold and aligned to the left.

» ***Main Title***

The introduction section must be directly related to the text itself without long background information. All main titles must be aligned to the left using 14-point size, bold, Times New Roman font type with only the initial letter of the title capitalized. Titles must not start with numbers or any kind of signs. Main titles must not have space before or after them and the main title must immediately be followed by the text (12-point size, Times New Roman) without an empty line.

Section Titles

No empty space is required when main titles are to be followed by the section titles without a text. The section titles must be aligned to the left and written in 12-point size, Times New Roman font type in bold with only the initial letter of the first word capitalized. Section titles must be followed by the text without an empty line in between. However, any section title following a text must have an empty line before.

» ***Sub-titles***

Sub-titles must be typed at the beginning of the text and separated from the text using a hyphen (-) after which must follow the text without a space. Sub-titles must be written in 12-point size italics using Times New Roman font type with only the initial letter of the first word capitalized.

IX. Figures

The figures included in the text must be centered on the page aligned with the text. The figures must be clear and understandable. The manuscripts will be scaled down by 20 % while printing thus the sizes of the figures must be arranged accordingly. The drawings must either be prepared in a digital drawing software or if scanned the file must at least have 300dpi definition. The texts found in graphics, images and text boxes must not be smaller than a text written with 9-point size in Times New Roman font-type. The numbers and the names of the figures must be centered on the page, typed under the figure itself, following a single space with 12-point size italics

in Times New Roman font-type with only the initial letter of the first word capitalized. There must be a single space before the figure, its title and after its title. The figures must be referred to within the text prior to the figure.

X. Images and Photographs

The images, photographs or special drawings included within the text must be scanned in 300 ppi (300 pixels per inch) with a 10 cm short edge in JPEG format, cited within the text and numbered together with figures.

XI. Tables and Equations

The tables included in the text must be centered on the page aligned with the text. The numbers and the names of the table must be typed above the table leaving a single space before and after as well as below the table using italics, 12-point size, Times New Roman font type; the title and the number must be centered with only the initial letter of the first word capitalized. Tables must certainly be referred to within the text beforehand. The contents of the tables lines and columns must be typed with Times New Roman font-type and in 12-point size. In case necessary the font size can be decreased down to 9-point size not exceeding text limits. The first line of the table, where the parameters and the names are found, must be closed by a 1.5-point size thick line from above and under. The table must be limited by adding an additional line under the last line of the table without using horizontal or vertical lines.

The equations to be written within the text must be typed using Microsoft Word Equation Editor and aligned to left with equals numbered within parentheses and aligned to the right.

XII. Symbols

In case the article contains a lot of symbols or they are required to be explained, symbols should be written in 11-point size italics with Times New Roman font type before the bibliography in accordance with international standards. Decimal demonstrations must be done with full stop“.” with no comma separating thousands. If required use space.

IIIX. Bibliography

The reference system for the journal is American Psychologist Association (APA) 6th Edition. A work prepared in APA system must have a references section at the end. The page must begin with a title named "References" written in 14-point size Times New Roman with only the initial letter capitalized. Any work referred or quoted within the text must be cited in the references section.

The references content must be placed at the end of the text, aligned in an alphabetical order with Times New Roman, 11-point size with only the names of journals, books or symposiums written in *Italics* as shown in the following examples.

In case there is, the volume numbers must be typed in **bold** and issue numbers in regular characters. The names of the journals where national or international articles are taken must not be abbreviated and must be given in full.

» **Example:** Name of the journal should be written as *Water Resources*, not as *Wat. Res.*

Citation must be as follows within the text in a sentence...Smith (1980)... or...(Smith, 1980; Adams, 1981) as well as (Smith et al., 1980) at the end of a sentence indicating the surname and publishing year of the work. For citing the works with two authors, the surnames of both authors must be mentioned as follows (Snell and Etre, 1971). In case there are more than two authors to be indicated in the citation then "et al." abbreviation must be used, in parentheses (Li et al. 1998) or within a sentence ... Li et al. (1998)...
- The names of books, magazines or journals, films or TV programs must be written in italics.

- A new or technical term may be written in italics when it is mentioned for the first time in the text and with regular characters later on.

- The common expressions and abbreviations in English must be written in regular characters. Italics must not be used for emphasizing an expression more.

-Organization abbreviations: the first reference must include the full name clearly; the abbreviations can be used later on in case the reader is familiar with the concept.

Example: First reference: National Institute of Mental Health (NIMH),
Later on: (NIMH, 2015)

Place direct quotations that are 40 words, or longer, in a free-standing block of typewritten lines, and omit quotation marks. Use a smaller point size than the text itself (10 or 11) and add page number in parenthesis at the end of the quote.

Example:

According to Krishnamurti (1998),
(...) zamanın bir sonucu değildir. Dönüşüm sessiz, sakin, pasif bir zihnin sonucudur. Zihin bir sonuca odaklandığında, artık pasif değildir. İnsan dönüşmek istedikçe, değişmek istedikçe, olanı değiştirmek istedikçe, bir sonuca odaklanacaktır, bir sonucu arayacaktır. Zihin basit bir şekilde olanı anlamağa niyet etmek zorundadır. O zaman sakinleşebilir. Bu sakinlik içinde, insan olanı anlayabilir. Dolayısıyla bir dönüşüm olabilir (s.83).

Information based on personal conversations that are realized through e-mail, telephone, face to face communication and in other ways are cited within the text but not in references section.

Initial use of laws within a text:

For laws (statutes), the preferred form includes the name of the law and the year – e.g. (Child Abuse Prevention and Treatment Act of 1974). APA style requires anything cited briefly in the text (e.g. in parentheses) should also have a complete listing in the References list. Belli koşulları sağlayan ve nüfus yoğunluğu fazla olan belediyelerde hizmetin daha etkin ve verimli şekilde verilebilmesi amacıyla Yapı Kontrol Müdürlükleri kurulmuştur (Belediye Kanunu [BK], 2005:Madde 48).

Repeated use of laws in a text:

Belediyeler 5393 sayılı yasanın kendilerine vermiş oldukları yetki çerçevesinde yapacakları işlerle ilgili olarak yönetmelikler çıkarırlar ([BK], 2005:Madde 48).

Bibliography should be prepared as follows:

National – International Articles

- » Ishidate, M., Sofuni, T., Yoshikawa, K., Hayashi, M., Nohmi, T., Sawada, M., Matsuoka, A., (1984). Primary mutagenicity screening of food additives currently used in Japan. *Food and Chemical Toxicology*, 22(8), 623-636.
- » Pandey, A. K., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N. N., Bajpai, V. K., (2017). Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. *Microbiology*, 7: 2161. doi: 10.3389/fmicb.
- » Gezgin, S., (2009). Medyanın sorumluluğu (Türk Alman ilişkileri Örneğinde). İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 1: 44-54.

» National – International Papers

- » Yılmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., (1998). *Magnetic fields*, Proceedings, 5tJI Conference, Electronics, 117-143, Sydney, A.

National – International Books

- » Yılmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., (1998). *Magnetic fields*, 295, Mc. Graw Press, London.

Sections from Books

- » Sensoy, T., (1998). *Magnetic fields*, in Reinhardt, M, eds, Physics, Mc. Graw HM Press, 2-5, Oxford, UK.

Translated Books

- » Ong, W.J (1995). *Sözlü ve Yazılı Kültür. Sema Postacıoğlu* (Çev.). 136, Metis Yayınevi. İstanbul

Edited Books

» Çebi, M.(Ed).(2003). *Medya Etki Araştırmaları* 142, Alternatif Yayınevi. Ankara.

Sections from Edited Books

» Keeplinger. H,M(2003). *Etki Kavramının Sınırları*. Murat Çebi (Ed.), Medya Etki Araştırmaları 142, Alternatif Yayınevi. Ankara.

Journal Articles

» Gezgin, S. (2009). Medyanın Sorumluluğu (Türk Alman ilişkileri Örneğinde). İstanbul Aydın Üniversitesi / Sosyal Bilimler Dergisi, 1, 44-54

Unpublished Theses, Papers

Arvas, İ.S (2010). *Cumhuriyet Döneminde Basında Etik Bağlamda Ortaya Konulan Uygulamalar ve Bir Meslek Örgütü: Basın Konseyi*. (Unpublished Doctorate thesis) İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Law and Regulations

» *Türkiye Cumhuriyeti Anayasası* (1982), Kanun No:2709, Resmi Gazete: 09.11.1982/17863.

» *Yapı Denetimi Hakkında Kanun* (2001), Kanun No:4708, Resmi Gazete: 13.07.2001/24461.

» *Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliği* (2008), Kanun No:4708, Resmi Gazete: 05.02.2008/26778.

Online Articles

» Koloğlu, O. (1999). *Medya, Devlet ve Sermaye*. <http://dorduncukuvvetmedya.com>

Printed Scientific Reports

» Yılmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., eds. (1998). Magnetic fields, J., Technical Report, ICTP TRIL Programme, 12, Trieste.

Vocational, Technical Reports

» Yılmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., eds. (1998). *Manyetik Alan*

Teorisi, Teknik Rapor 5, CEV Vakfı, İstanbul.

Theses

» Yılmaz, A., Brown, O. ve Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, Doktora tezi, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Standards

» TS920, (1990). *Binalarda rüzgar yükü kuralları*, Türk Standartları, Ankara. ix) Güncel Yazı

» Yılmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, *Bilim ve Teknik*, 63, 7, 3-5

Online Sources

Following the alphabetical order of the sources, online sources must be indicated below a 1-point size line together with the date the source was used.

» Yılmaz, A., Brown, O. and Nelson, H., (1998). *Manyetik Alan Teorisi*, <http://www.server.com/final/paper1.html>, (21.12.2005)

Booklets (no date, no author):

» *Inside these doors: A guidebook of Elfreth's Alley homes* [Brochure]. (t.y.). Philadelphia: Elfreth's Alley Association.

Film

» Director's Surname, Director's Initials. (Director). (Year). *Name of the film in italics*. Production city: Production company name.

» Huston, J. (Director/Scriptwriter). (1941). *Malta Şahini* [Film]. U.S.: Warner.

Within the text: ...(Malta Şahini, 1941)...

Photograph

» Adams, Ansel. (1927). *Monolith, the face of Half Dome*, Yosemite National Park [Fotoğraf]. Art Institute, Chicago.

» Within the text: ...(Adams, 1927)...

Dialogue

» Arroyo, Gloria Macapagal. (2003). A time for Prayer. Michael Schuman ile söyleşi. *Time*. 28 Temmuz 2003. Erişim Tarihi 13 Ocak 2004, <http://www.times.com/time/nation/article/0,8599,471205,00.html>

Report and technical articles

» Gencil Bek, M. (1998). Mediscape Turkey 2000 (Report No. 2). Ankara: BAYAUM.

TV Show

» Long, T. (Author), and Moore, S. D. (Director). (2002). Bart vs. Lisa vs. 3 Grade [TV Series]. B. Oakley and J. Weinstein (Producer), *Simpsons*. Episode: 1403 F55079. Fox.

Within the text: ...(Simpsons, 2002)...

Contact Information:

Anadolu Bil Meslek Yüksek Okulu Dergisi Editorial Board

Istanbul Aydın University
Beşyol Mahallesi, İnönü Caddesi, No: 38
Sefaköy, Küçükçekmece/Istanbul

Tel: 0535 354 64 73

Web: <http://abmyod.aydin.edu.tr/>

E-mail: candanvarlik@aydin.edu.tr