



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

2002-2024 Yılları Arasında Gıda ve Nanoteknoloji Üzerine Yapılan Çalışmaların Bibliyometrik Analizi

Ayla HANÇER*

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Gürün Meslek Yüksekokulu, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, 58800,
Sivas, Türkiye

*Sorumlu yazar e-posta: aylahancer@cumhuriyet.edu.tr

Öz: Nanoteknoloji gıda endüstrisinde gıdaların üretimi, işlenmesi, ambalajlanması gibi konularda önemli uygulama alanına sahip bir disiplindir ve gıda endüstrisinin çeşitli alanlarında nanoteknoloji uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmanın amacı, bibliyometrik analiz yöntemini kullanarak literatürde yer alan gıda ve nanoteknoloji ile ilgili çalışmaları incelemektir. Web of Science (WoS) veri tabanında, “food” ve “nanotechnology” kavramlarının geçtiği makale ve derleme makale türünde çalışmalar taratılmış ve toplam 1950 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmada elde edilen bazı veriler, VOSviewer haritalama tekniği ile görselleştirilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, gıda ve nanoteknoloji ile ilgili makale türünde ilk çalışmanın 2002 yılında yayımlandığı, konuya dair en fazla çalışmanın ise 2021 yılında (197 makale) yapıldığı belirlenmiştir. En fazla çalışma yapan ülkelerin sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (354 makale), Çin Halk Cumhuriyeti (311 makale) ve Hindistan (255 makale) olduğu görülmüştür. Türkiye’de yapılan çalışma sayısı 56 olmuştur. Çalışmaların tarandığı indeksler arasında ilk sırada 1503 makale ile Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) yer alırken, çalışmaların en fazla yayımlandığı dergi Elsevier (842 makale) olmuştur. Çalışmalarda en çok kullanılan yayım başlığı “tarım ve gıda kimyası yayını” olurken, en fazla kullanılan anahtar kelimelerin “nanoteknoloji” ve “nanopartiküller” olduğu tespit edilmiştir. Dünyada nanoteknoloji konusunda yapılan çalışma sayıları dikkate alındığında, geleceğin teknolojisi olarak kabul edilen ve gıda sektöründe çok önemli uygulamalara sahip nanoteknoloji alanında Türkiye’nin diğer ülkelerle rekabet edebilir bir konuma ulaşması için gerekli yatırımların yapılması ve insan kaynaklarının yetiştirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bibliyometrik analiz, Gıda, Nanomaterial, Nanoteknoloji

Bibliometric Analysis of Studies on Food and Nanotechnology from 2002 to 2024

Abstract: Nanotechnology is a discipline with essential application areas in the food industry, such as the production, processing, and packaging of foods. Nanotechnology applications are increasing daily in various areas of the food industry. This study aims to examine the studies on food and nanotechnology in the literature using the bibliometric analysis method. In the Web of Science (WoS) database, studies in the type of articles and review articles in which the concepts of “food” and “nanotechnology” were mentioned were scanned, and a total of 1950 studies were reached. Some data obtained in the study were visualized with the VOSviewer mapping technique. When the data obtained was examined, it was determined that the first study in the type of article on food and nanotechnology was published in 2002, and most studies on the subject were published in 2021 (197 articles). It was observed that the countries with the most studies were United States of America (USA) (354 articles), People’s Republic of China (311 articles) and India (255 articles). The number of studies conducted in Turkey was 56. Among the indexes where studies were scanned, Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) ranked first with 1503 articles, while the journal in which the most studies were published was Elsevier (842 articles). While the most used publication title in the studies was “journal of agricultural and food chemistry”, it was determined that the most used keywords were “nanotechnology” and “nanoparticles”. Considering the number of studies conducted on nanotechnology in the world, the importance of making the necessary investments and training human resources in order for Turkey to reach a competitive position with other countries in the field of nanotechnology, which is considered the technology of the future and has very important applications in the food sector, becomes evident.

Keywords: Bibliometric analysis, Food, Nanomaterial, Nanotechnology

Gönderilme Tarihi: 08.07.2024

Kabul Tarihi: 14.02.2025

Nasıl atıf yapılır: Hançer, A. (2025). 2002-2024 yılları arasında gıda ve nanoteknoloji üzerine yapılan çalışmaların bibliyometrik analizi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(1), 191-205.
<https://doi.org/10.53433/yyufbed.1512397>

1. Giriş

Nanoteknoloji, nano ölçekte yeni malzemelerin üretimi için bilim ve teknolojiadaki geniş uygulamasıyla hızla büyüyen bir alan olarak ortaya çıkmaktadır (Berekaa, 2015). Nanoteknoloji, boyutları 1 ile 100 nm arasında değişen nanomateryallerin uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Çok sayıda malzeme nanoölçek boyutuna küçültüldüğünde eşsiz özellikler sergilemektedir (Jagtiani, 2022). Nanomalzemeler, yüksek yüzey/hacim oranı ve renk, çözünürlük ve termodinamik gibi yeni fizikokimyasal özellikleri nedeniyle makro ölçekli benzerleriyle karşılaştırıldığında benzersiz özelliklere sahiptir. Bu yeni özellikler, gıdanın tat, doku ve renk gibi duyuşal niteliklerini geliştirme fırsatları sağlamaktadır. Nanosensörlerin ve nanoambalaj malzemelerinin kullanılması mikrobiyal kontaminasyonun, zararlı kimyasalların ve pestisitlerin hızlı, hassas ve güvenilir bir şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır. Nanokapsülleme sistemleri, gıdalardaki biyoyararlanımı arttırmak için biyoaktif bileşiklerin dağıtımını sağlayarak gıda işlemeyi geliştirme potansiyeline sahiptir (Chaudry ve ark., 2008; Yu ve ark., 2018). Nanoteknoloji, bariyer malzemeleri sağlayarak veya gıda kaynaklı patojenleri tespit ederek ürünlerin güvenliğini ve raf ömrünü artırabilen yenilikçi ambalaj malzemelerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bazı gıda maddelerinin ambalajları, tedarik zinciri boyunca gıda ürünlerinin, tabletlerinin ve kaplarının iç ve dış koşullarını izlemek üzere tasarlanmış nano sensörlerle donatılmıştır. Bu tür ambalajlar zaman içinde sıcaklığı veya nemi izleyebilmekte ve ardından bu koşullarla ilgili bilgileri sağlayabilmektedir (Samal, 2017).

Nanoteknoloji çok disiplinli bir bilimdir ve biyoloji, kimya, fizik ve diğer disiplinlerden gelen bilgileri içermektedir (Manjunatha ve ark., 2016). Gıda ve tarımsal üretim alanındaki kullanımları, ilaç taşıma sistemleri ve eczacılıkla karşılaştırıldığında neredeyse yenidir. Nanoteknoloji, küresel gıda üretimini ve ayrıca gıdanın besin değerini, kalitesini ve güvenliğini artırma potansiyeli ile tüm tarımsal gıda alanını büyütüp dönüştürecek bilimsel bir ilerleme olarak gelişmiştir. Gıda biliminde nanoteknoloji kullanımı, gıdanın korunmasından yeni gıda ürünleri ve bileşenlerinin moleküler sentezine kadar gıda üretiminin en önemli yönlerini etkilemektedir (Thiruvengadam ve ark., 2018).

Geçtiğimiz birkaç on yılda nanoteknolojinin gıda sektöründe devrim yaratan cazip bir teknoloji olduğu giderek daha fazla kabul görmeye başlamıştır (Rai ve ark., 2009; Singh ve ark., 2017). Gıda endüstrisinde araştırılan nanomalzemeler arasında inorganik (metal ve metal oksit nanopartiküller), organik (esas olarak doğal ürün nanopartiküller) ve kombine edilmiş (ör. kil) maddeler yer almaktadır. Tüm metal nanopartiküller arasında, antimikrobiyal aktivitesi nedeniyle gümüş nanopartiküller ticari olarak en çok üretilen ve uygulanan nanopartikül iken, altın nanopartiküller bir sensör/dedektör olarak geniş çapta incelenmektedir. Titanyum dioksit nanopartiküller aynı zamanda dezenfekte edici ajan olarak ve bunun yanı sıra gıda katkı maddesi (beyaz renk pigmenti) ve lezzet arttırıcı olarak da iyi bir şekilde incelenmiştir. Doğal ürün olan nanopartiküller genellikle bir dağıtım sistemi olarak tasarlanmaktadır ve aynı zamanda gıda endüstrisinde gıda bileşenleri veya takviyeler olarak da yer almaktadır (He ve ark., 2019).

Gıda işlemede nanoteknoloji uygulamaları, kapsülleme (tat veya koku), ürünün dokusunun, viskozitesinin veya kalitesinin iyileştirilmesi ve daha iyi stabilite ve biyoyararlılığa sahip takviyeler gibi işlemleri içermektedir. Dolayısıyla nanobilim, gıdanın besin değerini ve biyoyararlılığını temel anlamıyla değiştirebilmektedir (Cruz-Lopes ve ark., 2021). Nanoteknoloji gıda ambalajlamada önemli bir kullanım alanına sahiptir. Arzu edilen bir ambalaj malzemesinin, mukavemet ve biyolojik olarak parçalanabilirlik ile birlikte gaz ve nem geçirgenliğine sahip olması gerekmektedir (Couch ve ark., 2016). Nano bazlı “akıllı” ve “aktif” gıda ambalajları, geleneksel ambalajlama yöntemlerine göre, gelişmiş mekanik mukavemet, bariyer özellikleri, antimikrobiyal filmler içeren daha iyi ambalaj malzemesi sağlamaktan, patojen tespiti için nano algılamaya ve tüketicileri gıdanın güvenlik durumu konusunda uyarmaya kadar birçok avantaj sağlamaktadır (Mihindukulasuriya & Lim, 2014; Singh ve ark., 2017). Gıdayla, çevreyle ve her ikisiyle etkileşime giren ambalaj bileşenlerini kullanan aktif ambalaj, ürünün raf ömrünü etkin bir şekilde uzatmaktadır (Singh ve ark., 2023). Nanoyapılandırılmış metaller, ametaller ve bunların oksitlerinin işlevselliklerinin geliştirilmesi ile birlikte nanoteknolojinin gıda ambalajlama sektöründeki uygulamaları sürekli olarak artmaktadır (Sahoo ve ark., 2021).

Nanomateryaller gıda sektöründe çeşitli potansiyel faydalar sunarken, potansiyel tehlikeleri sadece uzmanların değil aynı zamanda genel kamuoyunun, özellikle de tüketicilerin ilgisini çekmiştir (Jagtiani, 2022). Nanomalzemeler, geleneksel formlarıyla karşılaştırıldığında oldukça farklı fizikokimyasal ve biyolojik özellikler sergileyebilmekte ve bu bilinmeyen özellikler, öngörülemeyen

tehlikeler yaratabilmektedir (Yu ve ark., 2018). Gıda işinde, tüketimin her aşamasıyla ilişkili sağlık tehlikeleri ve artan maruz kalmanın yanı sıra vücutta birikme olasılığı ve etkisi ile ilgili endişeler dile getirilmiştir. Endişelerden biri, tüketicilerin ürünün tüketimi yoluyla “ağır” maddeler olarak da bilinen bazı biyolojik olarak kalıcı ve çözünmeyen nanopartiküllere maruz kalabilmeleridir. Buradaki zorluk, nanopartiküllerin vücuda girdiğinde biyolojik engelleri aşabilmesi (Chaudry & Castle, 2011) ve vücudun partikül madde istilasına karşı bağışık olması gereken bölgelerine ulaşabilmesidir (Simon ve ark., 2008) İnsan kullanımı için de güvenli olan, uygun maliyetli işleme yöntemleri ve formülasyonların geliştirilmesi nanoteknolojiler için kritik bir konudur. Artan bu endişeleri gidermek için uzmanlar, gıda saflığında malzemelerden yapılmış güvenli, toksik olmayan ve biyouyumlu nanoyapıların kolay, uygun maliyetli ve çevre dostu teknikler kullanılarak üretilebileceğine inanmaktadır (Jagtiani, 2022). Gıda sektöründe nanoteknoloji ile ilgili yapılmış çalışmalara geniş bir çerçeveden bakmanın alan açısından yararlı olacağı düşünülmektedir. Bunu yapabilmenin en güncel yöntemlerinden biri de bibliyometrik analizdir.

Bibliyometrik analiz, büyük hacimli bilimsel verileri araştırmak ve analiz etmek için popüler ve titiz bir yöntemdir (Donthu ve ark., 2021). Belirli bir araştırma alanındaki yayınların, yazarların, kurumların ve ülkelerin karşılıklı ilişkilerini ve etkilerini değerlendirmek için matematiksel ve istatistiksel araçları uygulayan nicel bir yöntemdir (Fu ve ark., 2023). Literatürde gıda alanında bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmaların daha çok gıda güvenliği (Bouzembrak ve ark., 2019; Wahyuni ve ark., 2019; Abdallah ve ark., 2021; Shen ve ark., 2021; Xie ve ark., 2021; Bellia ve ark., 2022; Liu ve ark., 2023) ve tarım-gıda tedarik zinciri (Luo ve ark., 2018; Monteiro ve Barata, 2021; Niknejad ve ark., 2021; Rejeb ve ark., 2021; Avşar ve ark., 2022; Pandey ve ark., 2022) konuları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bununla birlikte gıda israfı eğilimleri (Zhang ve ark., 2018), gıda endüstrisi alanındaki teknolojik yenilikler (Castillo-Vergara ve ark., 2021), yenilebilir mantar (Öztürk, 2022), genetiği değiştirilmiş gıdalara yönelik tüketici algısı ve tercihi (Sendhil ve ark., 2022) gibi konuların incelenmesinde bibliyometrik analiz yönteminin kullanıldığı tespit edilmiştir. Çok disiplinli bir bilim olan nanoteknoloji, gıdaların işlenmesi, ambalajlanması ve muhafazası gibi konularda kullanılabilmesi nedeniyle gıda sektöründe oldukça önemli uygulamalara sahiptir. Bu çalışmada, gıda ve nanoteknoloji üzerine yapılan çalışmaların bibliyometrik analizi yapılmış ve elde edilen bazı veriler VOSviewer programı kullanılarak görselleştirilmiştir. Bu kapsamda, çalışmanın gıda ve nanoteknoloji ile ilgili çalışmalar hakkında araştırmacılara fikir vermesi ve bu konudaki bilgi boşluklarını ortaya koyarak yapılacak yeni çalışmalara dair faydalı olması hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Web of Science (WoS) veri tabanında “food” and “nanotechnology” anahtar kelimelerini içeren 2002-2024 yılları arasında yapılan “article” (makale) ve “review article” (derleme) türünde çalışmalar 13.11.2024 tarihinde taratılmıştır. İlk olarak kavramların geçtiği toplam 10264 çalışma tespit edilmiştir. Ardından WoS kategorilerinden “food science technology” (gıda bilimi teknolojisi) alanına ilişkin filtreleme yapılarak 2052 çalışma elde edilmiştir. Son olarak “document types” (belge türü) kriterine göre ikinci bir filtreleme yapılarak “article” (makale) ve “review article” (derleme) türünde toplamda 200 yazara ait 1950 çalışmaya erişim sağlanmıştır. Çalışma kapsamında, WoS veri tabanında gıda ve nanoteknoloji ile ilgili yayımlanan makalelerin yıllara, indeksine, ülkelere, yayımlandığı dergiye, kullanılan yayım başlıklarına, atıf durumuna göre dağılımları ve makalelerde kullanılan anahtar kelimelerin dağılımı gibi verilere ulaşılmıştır. Çalışmada elde edilen bazı veriler, VOSviewer (1.6.19 sürümü) haritalama tekniği kullanılarak görselleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

WoS veri tabanında, “gıda” (food) ve “nanoteknoloji” (nanotechnology) anahtar kelimelerini içeren makale (article) ve derleme (review article) türünde 1950 çalışma olduğu belirlenmiş ve bu çalışmaların yayım yılı, yer aldığı indeksler, en fazla çalışma yapılan ülkeler, en fazla çalışmanın yayımlandığı dergiler, çalışmalarda en fazla kullanılan yayım başlıkları, en fazla kullanılan anahtar kelimeler ve en fazla atıf alan ilk on makaleye yer verilmiştir.

WoS veri tabanında taranan, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) anahtar kelimelerini içeren makale (article) ve derleme (review article) türündeki çalışmaların yıllara göre dağılımı Çizelge 1’de sunulmuştur. Buna göre, gıda ve nanoteknoloji kavramlarının yer aldığı makale türündeki ilk çalışmanın 2002 yılında yayımlandığı görülmektedir. 2008 yılına kadar gıda ve nanoteknoloji ile ilgili az sayıda çalışma yapılırken 2008 yılından itibaren bu konuda yapılan çalışmalar önemli düzeyde artış göstermiştir. Konuyla ilgili en fazla çalışma 2021 yılında (197 makale) yapılmış, bunu sırasıyla 2023 (176 makale) ve 2024 yılları (176 makale) izlemiştir.

Çizelge 1. Çalışmaların yıllara göre dağılımı

Yayın Yılı	Yayın Sayısı	Yayın Yılı	Yayın Sayısı	Yayın Yılı	Yayın Sayısı
2024	176	2016	145	2008	24
2023	176	2015	87	2007	9
2022	170	2014	86	2006	8
2021	197	2013	89	2005	1
2020	137	2012	61	2004	2
2019	139	2011	33	2003	1
2018	172	2010	46	2002	1
2017	159	2009	31		
					Toplam: 1950

Kaynak: WoS veri tabanı

WoS veri tabanında taranan, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) anahtar kelimelerini içeren makale (article) ve derleme (review article) türünde çalışmaların yer aldığı indeksler Çizelge 2’de görülmektedir. Çalışmaların tarandığı indeksler arasında ilk sırada 1503 makale ile Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) yer almaktadır. Bu konuda yayımlanmış çalışmaların tarandığı diğer indeksler ise sırasıyla Book Citation Index – Science (BKCI-S) (343 makale), Emerging Sources Citation Index (ESCI) (110 makale), Conference Proceedings Citation Index – Science (CPCI-S) (43 makale), Social Sciences Citation Index (SSCI) (40 makale) ve Index Chemicus (IC) (2 makale) olmuştur.

Çizelge 2. Çalışmaların yer aldığı indeksler

İndeksler	Yayın Sayısı
Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)	1503
Book Citation Index – Science (BKCI-S)	343
Emerging Sources Citation Index (ESCI)	110
Conference Proceedings Citation Index – Science (CPCI-S)	43
Social Sciences Citation Index (SSCI)	40
Index Chemicus (IC)	2

Kaynak: WoS veri tabanı

WoS veri tabanında taranan, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) anahtar kelimelerini içeren makale (article) ve derleme (review article) türünde en fazla çalışma yapan ülkeler Çizelge 3’te sunulmuştur. Buna göre, gıda ve nanoteknoloji ile ilgili makale (article) ve derleme (review article) türünde en fazla çalışma yapan ülkenin ABD (354 makale) olduğu görülmektedir. Çin Halk Cumhuriyeti 311 makale, Hindistan 255 makale ile en fazla çalışma yapan ülkeler arasında yer almakta, bu ülkeleri 151 makale sayısı ile Brezilya ve 144 makale sayısı ile İran takip etmektedir. Türkiye, gıda ve nanoteknoloji ile ilgili 56 makale yayımlamıştır. 2000’li yıllarda başta ABD olmak üzere dünyadaki

birçok ülkenin nanoteknolojiyi öncelikli alan ilan ederek bu alana yatırım yapmaya başladığı belirtilmiştir (Barış Eren, 2022). 1999 yılında ABD’de yayınlanan ulusal nanoteknoloji bildirgesi ile ülkenin nanoteknoloji alanındaki önceliklerinin belirlendiği ve bu konuda yapılan AR-GE çalışmaları için bütçeler ayrıldığı görülmektedir (2000 yılında bu çalışmalar için sağlanan destek 420 milyon dolar civarında iken 2003 yılı için yaklaşık 700 milyon dolar olduğu ifade edilmiştir). Bununla birlikte, gelişen nanoteknoloji alanlarında akademik programlar oluşturulduğu belirtilmiştir. Çin Halk Cumhuriyeti de nanoteknolojiye yatırım yapan ülkelerin başında gelmektedir. Nanoteknoloji alanında çalışmaların yürütülmesine yönelik faaliyet gösteren birçok araştırma merkezine ek olarak nanoteknoloji kullanılarak üretilen ürünlerin ticarileşmesine imkân sağlamak amacıyla çalışan birçok kuruluşun da bulunduğu bildirilmiştir (Anonim, 2024). Dünyada nanoteknolojiye yatırım yapan ülkelerin toplam nanoteknoloji AR-GE harcamalarının gayri safi yurtiçi hasılaya (GSYİH) oranları değerlendirildiğinde, 2020 yılı için bu oran ABD’de 0.81 iken Türkiye’de 0.28 olmuştur (Barış Eren, 2022). Bu durum, ABD ve Türkiye’ye ait çalışma sayıları arasındaki fark ile ilişkilendirilebilir.

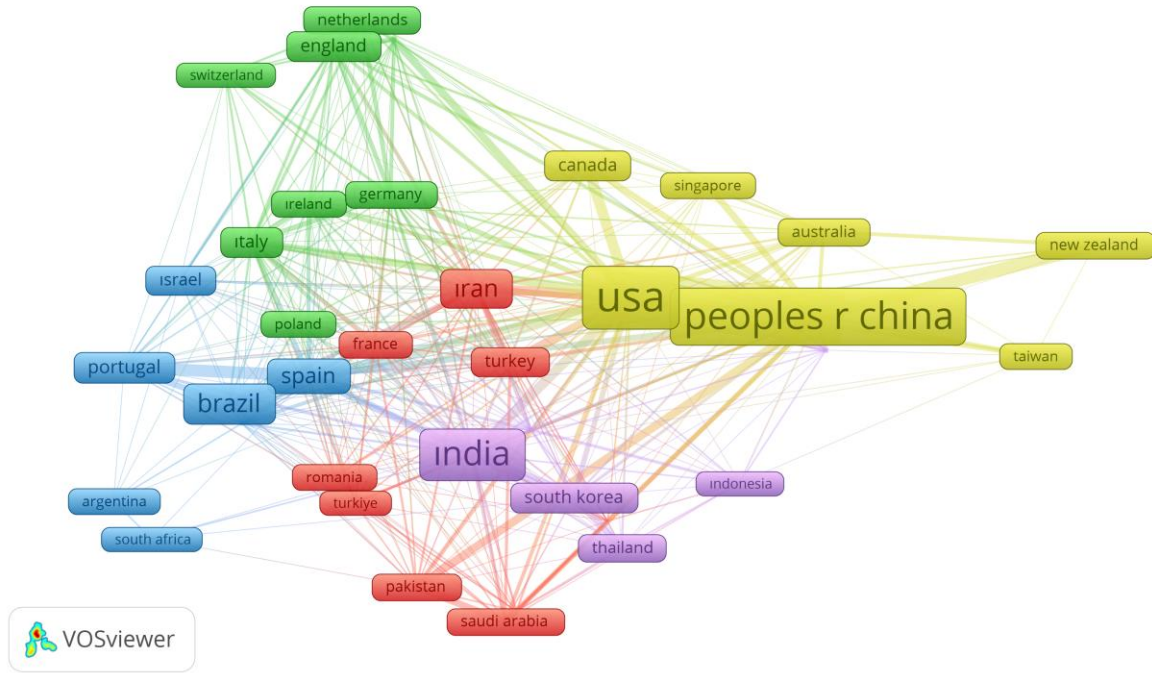
Çizelge 3. En fazla çalışma yapılan ülkeler (2002-2024)

Ülkeler	Çalışma Sayısı	Ülkeler	Çalışma Sayısı
ABD	354	Kanada	62
Çin Halk Cumhuriyeti	311	İtalya	62
Hindistan	255	Japonya	61
Brezilya	151	Güney Kore	61
İran	144	İsrail	56
İspanya	112	Türkiye	56
Portekiz	76	Avustralya	47
Meksika	75	Tayland	47
İngiltere	67	Hollanda	41

Kaynak: WoS veri tabanı

VOSviewer programında gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) ile ilgili çalışmalarda en çok iş birliği yapan ülkelerin ağ haritası oluşturulurken, ülkelerin en az doküman sayısı 15 ve atıf sayısı 15 olarak seçilmiştir. Bunun sonucunda 100 ülkeden 37’si eşik değeri karşılamıştır. Şekil 1’de en fazla iş birliği yapan ülkelerin 5 küme oluşturdukları görülmektedir. Kırmızı renkli birinci kümede yer alan “İran” (144 makale); yeşil renkli ikinci kümede yer alan “İngiltere” (67 makale); mavi renkli üçüncü kümede yer alan “Brezilya” (150); sarı renkli dördüncü kümede yer alan “ABD” (353 makale) ve mor renkli beşinci kümede yer alan “Hindistan” (255 makale) “nanotechnology” ve “food” konulu çalışmalarda en fazla iş birliği yapan ülkeler olarak tespit edilmiştir. Ağ haritasında ABD ve Çin Halk Cumhuriyeti’nin en büyük kutucuk ile gösterilmesi ve aralarındaki çizgilerin kalın olması ise en çok iş birliği yapan ülkeler olduklarını ifade etmektedir. Dünyada en fazla bilimsel araştırma yapan ülkenin Çin ve en fazla AR-GE harcaması yapan ülkenin ABD olması (Euronews, 2024) bu ülkelerin gıda biliminde de oldukça önemli uygulamalara sahip nanoteknoloji konusunda iş birliği yapmalarını teşvik etmiş olabilir.

WoS veri tabanında taranan, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) anahtar kelimelerini içeren makale (article) ve derleme (review article) türünde çalışmaların en fazla yayımlandığı dergiler Çizelge 4’te görülmektedir. Bu dergiler arasında 842 makale ile Elsevier ilk sırada yer almaktadır. Wiley (281 makale), Springer Nature (179 makale) ve American Chemical Society (144 makale) ise gıda ve nanoteknoloji ile ilgili en fazla çalışmanın yayımlandığı diğer dergiler olmuştur. Bu çalışmaların büyük bir kısmının (%43), küresel araştırma çıktısının %17’sinden fazlasını oluşturan, yaklaşık %28 ile oldukça yüksek bir atıf payına sahip olan ve yüksek kaliteli içerik yayımlamayı önemseyen Elsevier (2024) dergisinde yayımlanması, konu ile ilgili çok sayıda nitelikli çalışmanın yapıldığını göstermektedir.



Şekil 1. En fazla iş birliği yapan ülkelerin ağ haritası.

Çizelge 4. En fazla çalışmanın yayımlandığı dergiler

Dergi Adı	Yayın Sayısı
Elsevier	842
Wiley	281
Springer Nature	179
American Chemical Society	144
Taylor & Francis	111
Mdpi	68
Royal Society of Chemistry	57
Woodhead Publishing Limited	33

Kaynak: WoS veri tabanı

WoS veri tabanında taranan, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) anahtar kelimelerini içeren makale (article) ve derleme (review article) türündeki çalışmalarda en çok kullanılan yayım başlıkları Çizelge 5’te görülmektedir. Buna göre en çok kullanılan yayım başlığı “tarım ve gıda kimyası yayını” olmuş ve 134 çalışma ile ilk sırada yer almıştır. Bunu sırasıyla “tarımsal gıda sektöründe nanoteknoloji”, “gıda kimyası”, “gıda bilimi ve teknolojisinde trendler”, “uluslararası gıda araştırmaları”, “gıda hidrokolloidleri”, “gıda bilimi ve beslenmede eleştirel incelemeler”, “gıdalar”, “gıda kontrolü”, “gıda ve kimyasal toksikoloji”, “biyonanoteknoloji”, “fonksiyonel gıda bilimi ve teknolojisi”, “gıda bilimi yayını” başlıklı yayımlar takip etmiştir. Bu sonuçlar, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) anahtar kelimelerini içeren makale (article) ve derleme (review article) türündeki çalışmalarda, tarım ve gıda kimyası alanlarında daha fazla yayım yapıldığını göstermektedir. Dünyada beslenme durumu göz önüne alındığında özellikle gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanların büyük bir kısmının günlük gıda sıkıntısıyla karşı karşıya kaldığı görülmektedir. Tarımsal üretimde temel amaç, verimi en üst düzeye çıkarmak için kuraklığa ve zararlılara dayanıklı ürünler geliştirmektir. Nanoteknoloji, kontrollü veya gecikmiş salınım yeteneğine sahip, daha etkili ve çevre dostu nanoparçacıklar ve nanokapsüller kullanarak pestisit ve kimyasal gübre üretmek ve pestisitlerin

daha düşük dozda uygulanmasını sağlamak amacıyla etkinliklerini arttırmaya yönelik nanokristaller üretmek suretiyle tarım bilimine ve çevre kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Nano gübrelerin kullanımının besin kullanım verimliliğini artırdığı, toprak toksisitesini azalttığı, aşırı dozajla ilişkili olası olumsuz etkileri en aza indirdiği ve uygulama sıklığını azalttığı belirtilmiştir. Bu nedenle, nanoteknolojinin özellikle gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir tarıma ulaşmada yüksek bir potansiyeli olduğu ifade edilmiştir (Manjunatha ve ark., 2019). Bu durum, tarım alanında nanoteknoloji çalışmalarının önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca, nanobilim ve mühendislik, nanoteknolojinin farklı ve yeni özellikler yaratabilmesi nedeniyle, gıda güvenliği, paketlenme ve nihayetinde yeni gıda bileşenleri konusunda önemli iyileştirmeler sunabilmektedir. Nanobilim yaklaşımları, gıda bileşenleri olan protein, lipid veya polisakkarit arasındaki etkileşimleri ve moleküler ölçekte kendi kendine birleşme davranışlarını kontrol etmek ve yönlendirmek için kullanılabilir ve böylece gıdanın istenen reolojik ve yapısal özellikleri elde edilebilmektedir (Otles & Yalcin, 2013). Dolayısıyla, gıda alanında nanoteknoloji uygulamalarına yönelik çalışmalarda en fazla yayım yapılan konulardan birinin gıda kimyası olması kaçınılmazdır.

Çizelge 5. Çalışmalarda en çok kullanılan yayım başlıkları

Yayım Başlığı	Yayım Sayısı
Tarım ve Gıda Kimyası Yayını (Journal of Agricultural and Food Chemistry)	134
Tarımsal Gıda Sektöründe Nanoteknoloji (Nanotechnology in the Agri Food Industry)	120
Gıda Kimyası (Food Chemistry)	104
Gıda Bilimi ve Teknolojisinde Trendler (Trends in Food Science and Technology)	94
Uluslararası Gıda Araştırmaları (Food Research International)	74
Gıda Hidrokolloidleri (Food Hydrocolloids)	70
Gıda Bilimi ve Beslenmede Eleştirel İncelemeler (Critical Reviews in Food Science and Nutrition)	63
Gıdalar (Foods)	51
Gıda Kontrolü (Food Control)	49
Gıda ve Kimyasal Toksikoloji (Food and Chemical Toxicology)	45
Biyo Nanoteknoloji (Bio Nanotechnology)	43
Fonksiyonel Gıda Bilimi ve Teknolojisi (Functional Foods Science and Technology)	43
Gıda Bilimi Yayını (Journal of Food Science)	42

Kaynak: WoS veri tabanı

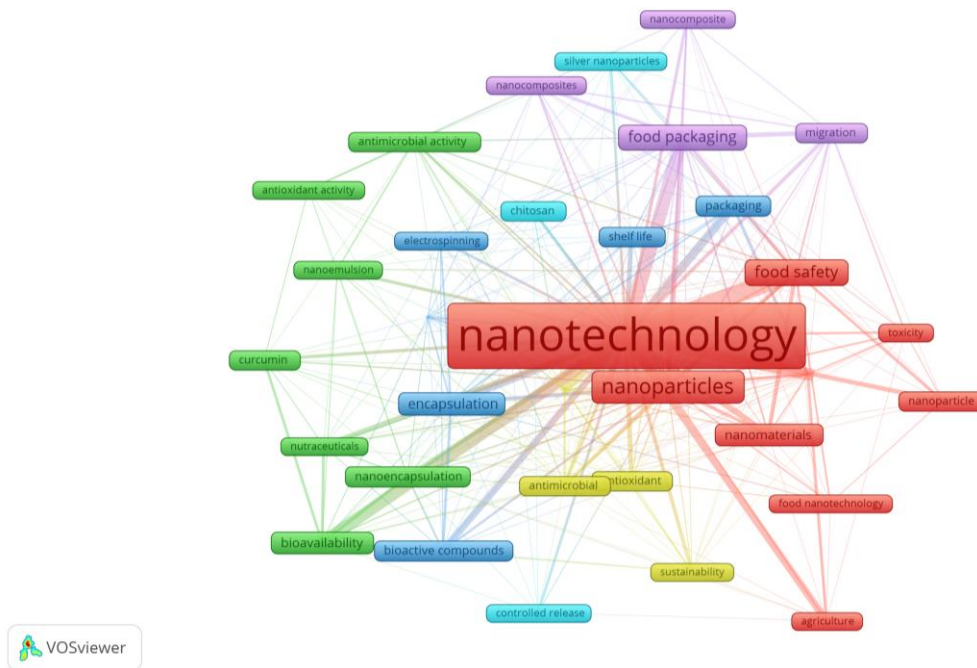
WoS veri tabanında taranan, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) konusunda makale (article) ve derleme (review article) türünde çalışmalarda en fazla kullanılan anahtar kelimeler Çizelge 6'da görülmektedir. Çalışmalarda toplam 4338 anahtar kelimenin kullanıldığı tespit edilmiştir. VOSviewer programı kapsamında bu anahtar kelimeler arasından en az 20 kere tekrar eden 34 kavram bulunmuştur. Buna göre en fazla kullanılan anahtar kelimenin “nanoteknoloji” (nanotechnology) olduğu görülmektedir. Bu anahtar kelimenin kullanım sıklığının 443 olduğu belirlenmiştir. “Nanopartiküller” (nanoparticles) kelimesi 148 kez kullanılarak ikinci sırada, “gıda güvenliği” (food safety) ise 89 kez kullanılarak üçüncü sırada yer almıştır. Buna göre, gıda alanında yapılan nanoteknoloji çalışmalarında daha çok gıda güvenliği konusunun ön plana çıktığı görülmektedir. Nanoteknolojinin, gıda güvenliği uygulamalarında devrim yaratmak ve tarımsal verimliliği sürdürülebilir bir şekilde yükseltmek için önemli fırsatlar sunan umut verici bir yol olarak ortaya çıktığı ifade edilmektedir. Nanomalzemelerden ve gelişmiş tekniklerden yararlanarak gıda tedarik zincirindeki kirleticilerin tespit edilmesinde ve azaltılmasında hassasiyet sağlaması, ayrıca çabuk bozulabilen ürünlerin raf ömrünü uzatma potansiyeline sahip olup, gıda israfının azaltılmasına ve kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına katkıda bulunması (Kiran ve ark., 2024) nedeniyle nanoteknolojinin gıda güvenliği açısından önemi ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 6. En fazla kullanılan anahtar kelimeler

Anahtar kelime	Kullanım sıklığı	Anahtar kelime	Kullanım sıklığı
Nanoteknoloji (Nanotechnology)	443	Raf Ömrü (Shelf Life)	26
Nanopartiküller (Nanoparticles)	148	Zerdeçal (Curcumin)	26
Gıda Güvenliği (Food Safety)	89	Nanopartikül (Nanoparticle)	26
Gıda Ambalajlama (Food Packaging)	77	Esansiyel Yağlar (Essential Oils)	25
Enkapsülasyon (Encapsulation)	57	Nanoemülsiyon (Nanoemulsion)	25
Biyoyararlılık (Bioavailability)	54	Tarım (Agriculture)	24
Gıda (Food)	53	Elektro Lif Çekimi (Electrospinning)	24
Nanomateriyaller (Nanomaterials)	50	Nutrasötikler (Nutraceuticals)	23
Aktif Ambalajlama (Active Packaging)	44	Biyopolimerler (Biopolymers)	23
Ambalajlama (Packaging)	37	Nanokompozit (Nanocomposite)	23
Nanoenkapsülasyon (Nanoencapsulation)	37	Gümüş Nanopartiküller (Silver Nanoparticles)	23
Biyoaktif Bileşikler (Bioactive Compounds)	36	Gıda Nanoteknolojisi (Food Nanotechnology)	23
Antimikrobiyal (Antimicrobial)	32	Kontrollü Salınım (Controlled Release)	22
Antioksidan (Antioxidant)	32	Antioksidan Aktivite (Antioxidant Activity)	22
Göç (Migration)	29	Toksiklik (Toxicity)	21
Antimikrobiyal Aktivite (Antimicrobial Activity)	29	Sürdürülebilirlik (Sustainability)	20
Kitosan (Chitosan)	28	Nanokompozitler (Nanocomposites)	20

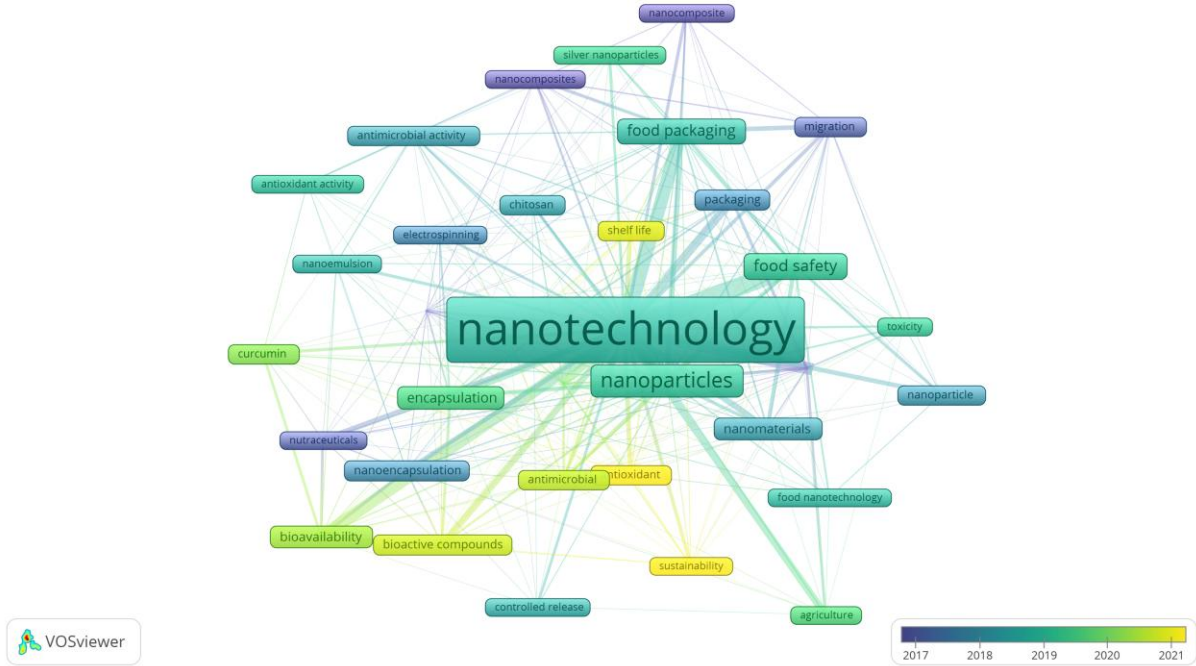
Kaynak: WoS veri tabanı

VOSviewer programı kullanılarak gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) ile ilgili WoS veri tabanında taranan makale (article) ve derleme (review article) türündeki çalışmalarda en fazla kullanılan anahtar kelimelerin ağ haritası oluşturulmuş ve Şekil 2’de gösterilmiştir. Çalışmalarda en fazla kullanılan anahtar kelimelerin 6 küme oluşturduğu görülmektedir. Anahtar kelimeler arasındaki çizgiler iki anahtar kelime arasındaki bağlantı kuvvetini göstermektedir. Anahtar kelimeler arasındaki korelasyona bağlı olarak kalınlığı çizilmektedir. Çizginin kalın olması, iki anahtar kelime arasındaki bağlantının güçlü olduğunu ifade etmektedir (Chen ve ark., 2016). Buna göre nanoteknoloji (nanotechnology) kavramı ile gıda (food), nanopartiküller (nanoparticles), tarım (agriculture), gıda güvenliği (food safety), gıda ambalajlama (food packaging), biyoyararlılık (bioavailability) kavramları arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 2. En fazla kullanılan anahtar kelimelerin ağ haritası.

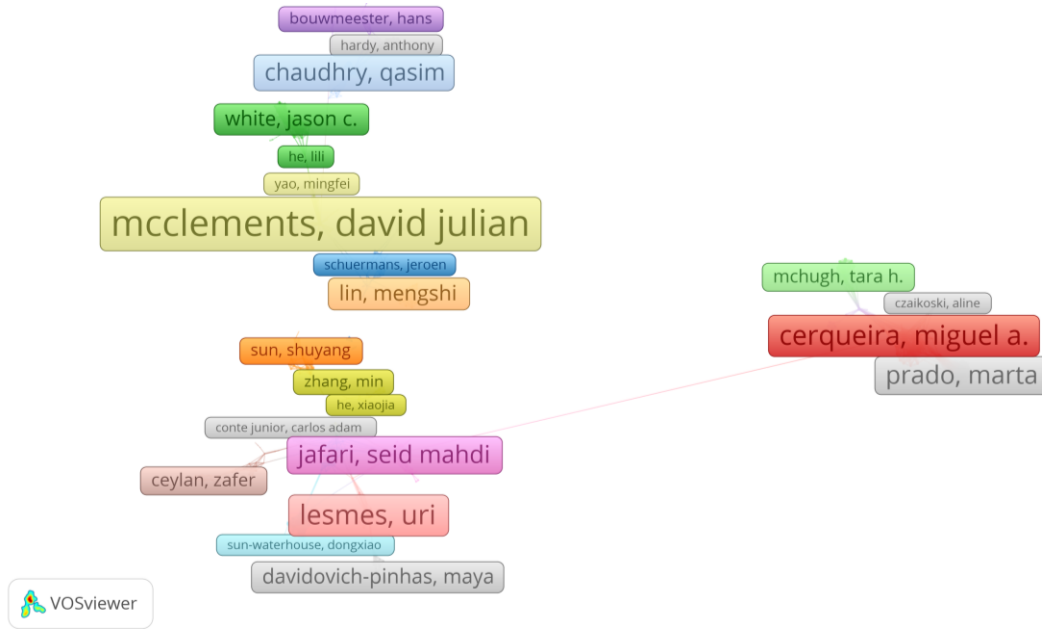
VOSviewer programı kullanılarak, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) ile ilgili WoS veri tabanında taranan makale (article) ve derleme (review article) türündeki çalışmalarda en fazla kullanılan anahtar kelimelerin yoğunluk haritası oluşturulmuştur. Şekil 3'te gıda ve nanoteknoloji ile ilgili en fazla kullanılan anahtar kelimelerin 2017 ve 2021 yılları arasındaki yoğunluk haritası görülmektedir. Buna göre, haritada sarı renk ile gösterilen antioxidant (antioksidan), sürdürülebilirlik (sustainability), shelf life (raf ömrü), antimicrobial (antimikrobiyal) ve bioactive compounds (biyoaktif bileşikler) kavramları konu ile ilgili kullanılan güncel kelimeler olmuştur.



Şekil 3. En fazla kullanılan anahtar kelimelerin yıllara göre yoğunluk haritası.

VOSviewer programı kullanılarak gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) ile ilgili çalışmalarda en fazla iş birliği yapan araştırmacıların ağ haritası oluşturulmuş ve Şekil 4'te sunulmuştur. Şeklin görsel açıdan daha net bir biçimde sunulması amacıyla ağ haritası oluşturulurken yazarların en az doküman sayısı 2 ve atıf sayısı 2 olarak belirlenmiş ve 7255 araştırmacıdan 1020 tanesi seçilmiştir. Bazı araştırmacılar birbiriyle bağlantılı olmadığından 368 araştırmacı konuya dâhil edilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde, en fazla iş birliği yapan araştırmacıların 25 küme oluşturduğu görülmektedir. En fazla çalışma yapan araştırmacıların 37 çalışmayla David J. McClements ve 23 çalışmayla Zuobing Xiao olduğu anlaşılmaktadır. Bu araştırmacıları sırasıyla 22 çalışmayla Miguel Ângelo Cerqueira ve Uri Lesmes takip etmektedir.

WoS veri tabanında taranan, gıda (food) ve nanoteknoloji (nanotechnology) ile ilgili makale (article) ve derleme (review article) türündeki çalışmaların en fazla atıf alma durumuna göre dağılımı Çizelge 7'de görülmektedir. Gıda ve nanoteknoloji ile ilgili en fazla atıf alan makale türündeki çalışma, [Jamshidian ve ark. \(2010\)](#) tarafından yayımlanmış olan “Poly-lactic acid: Production, applications, nanocomposites, and release studies” isimli çalışma olmuştur. “Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety” dergisinde yayımlanmış olan bu çalışma, yıllık ortalama 66 atıf sayısı ve toplamda 991 atıf sayısı ile birinci sırada yer almaktadır.



Şekil 4. En fazla iş birliği yapan araştırmacıların ağ haritası.

Çizelge 7. Çalışmaların en fazla atıf alma durumuna göre dağılımı

Makalenin adı	Dergi	Yazarlar ve yayım yılı	Yıllık ortalama atıf	Atıf
Poly-lactic acid: Production, applications, nanocomposites, and release studies	Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety	Jamshidian ve ark. (2010)	66	991
Mechanisms of nanotoxicity: Generation of reactive oxygen species	Journal of Food and Drug Analysis	Fu ve ark. (2014)	84	924
Zinc oxide nanoparticles: Synthesis, antimicrobial activity and food packaging applications	Food and Bioprocess Technology	Espitia ve ark. (2012)	71	920
Applications and implications of nanotechnologies for the food sector	Food Additives & Contaminants: Part A	Chaudhry ve ark. (2008)	47	799
Bio-nanocomposites for food packaging applications	Progress in Polymer Science	Rhim ve ark. (2013)	50	793
A review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemoprevention	Food Chemistry	Chen & Chen (2013)	58	699
Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications	Trends in Food Science & Technology	Sorrentino ve ark. (2007)	39	696
Functional materials in food nanotechnology	Journal of Food Science	Weiss ve ark. (2006)	34	639
Nanoencapsulation techniques for food bioactive components: A review	Food and Bioprocess Technology	Ezhilarasi ve ark. (2012)	46	551
Emerging chitosan-based films for food packaging applications	Journal of Agricultural and Food Chemistry	Wang ve ark. (2018)	73	511

Kaynak: WoS veri tabanı

4. Sonuç

Nanoteknoloji; tıp, tarım, gıda, enerji, elektronik vb. dâhil olmak üzere yaşamın tüm alanlarında devrim yaratmış bir teknolojidir ve bu teknolojinin temelini 1-100 nm aralığındaki nanomateriyaller oluşturmaktadır. Nanoteknoloji gıdaların işlenmesinde ve ambalajlanmasında önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, gıda sektöründe geniş bir uygulama alanı bulan nanoteknoloji konusunda yapılmış çalışmalar bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak incelenmiştir. WoS veri tabanında “gıda” ve “nanoteknoloji” kavramlarını içeren makalelerin ve derleme makalelerinin taranması sonucunda toplam 1950 çalışma tespit edilmiştir. Gıda ve nanoteknoloji üzerine yapılan ilk makalenin 2002 yılında yayımlandığı, bu alandaki en yoğun çalışmanın ise 2021 yılında gerçekleştirildiği görülmüştür. En fazla çalışmaya imza atan ülke Amerika Birleşik Devletleri (ABD) iken, onu sırasıyla Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan, Brezilya ve İran takip etmiştir. Gıda ve nanoteknoloji kavramlarını içeren makale türündeki çalışmaların en fazla tarandığı indeks Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) olurken, en fazla çalışmanın yayımlandığı dergi Elsevier (842 makale) olmuştur. Çalışmalarda en çok kullanılan yayım başlıklarının “tarım ve gıda kimyası yayını” ve “tarımsal gıda sektöründe nanoteknoloji” olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalarda en fazla kullanılan anahtar kelime “nanoteknoloji” olurken bunu “nanopartiküller”, “gıda güvenliği”, “gıda ambalajlama”, “enkapsülasyon” ve “biyoyararlılık” kavramları izlemiştir.

Dünyada gıda ve nanoteknoloji konusunda yapılan çalışma sayısı bakımından ABD ve Çin Halk Cumhuriyeti’nin öne çıktığı görülmektedir. Bu durum, bahsedilen ülkelerin nanoteknoloji alanında önemli düzeyde yatırım yapmaları ile ilişkilendirilebilir. Ülkelerin, nanoteknoloji konusundaki ulusal çalışmaları yönlendirmek üzere çeşitli kurumsal yapılanmalara gittiği ve kalkınma planlarında nanoteknolojiye önemli bir yer ayırdığı ifade edilmiştir. Nanoteknoloji araştırmaları alanında başı çeken ABD’nin, 2000 yılında Ulusal Nanoteknoloji Girişimini (NNI) kurarak örgütlenme alanında öncü olduğu belirtilmiştir. Günümüze kadar toplam nanoteknoloji AR-GE harcamaları dikkate alındığında, ABD’nin bu konuda da öncü bir rol oynadığı, 2014 yılında sadece NNI için ayırdığı bütçenin 1,7 milyar ABD Doları olduğu bildirilmiştir. ABD’yi takip eden diğer ülkelerin ise Güney Kore, Almanya, Japonya, Fransa ve Rusya Federasyonu olduğu görülmektedir. Rusya’nın, kurduğu Rusya Nanoteknoloji Birliği (RUSNANO) sayesinde nanoteknoloji konusunda yükselen bir değer olduğu, RUSNANO tarafından nanoteknolojiye ayrılan bütçenin 2015 yılında 1,5 milyar ABD Doları’na ulaştığı belirtilmiştir. Avrupa Birliği’ne üye ülkeler arasında Almanya ve Fransa’nın Ar-Ge harcamaları bakımından diğer AB ülkelerinden ayrıldığı görülmektedir. Uzakdoğu’da ise Güney Kore, Çin ve Japonya’nın ön plana çıktığı, Çin’de bu alandaki Ar-Ge çalışmalarının savunma sanayii alanında yoğunlaştığı belirtilmiştir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017). Türkiye’nin ise diğer ülkelere nazaran nanoteknoloji çalışmaları konusunda geride kaldığı, ancak 2000’li yılların başından itibaren çeşitli adımlar atılmaya başlandığı ifade edilmiştir. Başta Bilkent Üniversitesi’nde faaliyet gösteren UNAM (Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi) olmak üzere nanoteknoloji ile ilgili farklı alanlarda çalışmalar yürüten birçok üniversite bulunduğu belirtilmiştir (TÜSİAD, 2008). Türkiye’de nanoteknoloji konusunda nitelikli insan kaynağı oluşturmak ve uluslararası düzeyde yeterlilik kazanmak amacıyla çeşitli üniversitelerde lisans ve lisansüstü nanoteknoloji programları açılmaya başlandığı görülmektedir. Nanoteknolojiye yönelik AR-GE faaliyetlerinin; üniversiteler bünyesinde kurulan araştırma merkezlerinde, kamu kurumları desteğiyle kurulan merkezlerde ve birçok disiplinden araştırmacıların yer aldığı lisans, yüksek lisans ve doktora programları kapsamındaki çalışmalarda yürütüldüğü ifade edilmiştir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017). TÜBİTAK tarafından hazırlanan Vizyon 2023 Programı’nda belirlenen stratejik teknolojiler arasında nanoteknolojinin öncelikli alanlardan biri olarak yer aldığı bildirilmiştir. Başta TÜBİTAK olmak üzere, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Sağlık Bakanlığı tarafından bilimsel araştırmaların desteklendiği ifade edilmiştir. Desteklenen bu projelerden birinin, Türkiye’nin 2023 stratejik hedeflerinden birisi olan nanoteknoloji konusunda farkındalığı arttırmayı hedefleyen UNINANO isimli proje olduğu belirtilmiştir (Barış Eren, 2022). Türkiye’nin, 2003-2011 yılları arasında nanoteknoloji araştırma merkezlerine 244 milyon ABD Doları tutarında yatırım yaptığı, bu miktarın yıllık yaklaşık olarak 30 milyon ABD Dolarına denk geldiği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra, nanoteknoloji projeleri ve firmalarının kamu tarafından desteklendiği ancak toplam destek tutarlarının OECD ortalamasının altında olduğu belirtilmiştir. Türkiye’de nanoteknoloji alanında üretilen bilimsel yayım sayısının 2016 yılı itibarıyla toplam 2366 olduğu ifade edilmiştir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

Bu çalışmada, gıda alanında yapılan nanoteknoloji çalışmalarının hangi konularda yoğunlaştığı ve Türkiye'nin gıda alanında gerçekleştirilen nanoteknoloji çalışmaları konusunda dünyadaki yeri gibi hususların araştırılması hedeflenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, nanoteknoloji uygulamaları ile ilgili gıda işleme ve gıda ambalajlama konularında önemli düzeyde çalışma yapıldığı görülmüştür. Nanoteknoloji gıda sektöründe oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte, gıda işleme ve ambalajlamada kullanılan ve geleneksel formlarıyla karşılaştırıldığında oldukça farklı fizikokimyasal ve biyolojik özelliklere sahip olan nanomateryallerin kullanımının, gıda güvenliği ve çevreye olan etkileri açısından değerlendirilmesine yönelik daha fazla çalışmaya yer verilmesi gerektiği söylenebilir. Bununla birlikte, gıda alanında yapılan nanoteknoloji çalışmalarının toplam nanoteknoloji çalışmaları içindeki payının oldukça düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Türkiye'deki nanoteknoloji araştırma ve uygulamaları temel alanlarının öncelikle malzeme bilimi, kimya, fizik, klinik tıp ve biyomedikal bilimler olduğu bildirilmiştir (Darvish & Tonta, 2015). Türkiye'de gıda bilimi ve teknolojisi alanında nanoteknoloji uygulamalarına dair yeterli çalışma yapılabilmesi için bu alanda gelişmek isteyen üniversitelerin desteklenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, alana özgü araştırma çalışmalarını gerçekleştirecek bilim insanlarının yetiştirilmesi, gerekli altyapının oluşturulması ve yeterli bütçe desteği sağlanması, ulusal ve uluslararası iş birliklerinin artırılmasına yönelik düzenlemeler yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Abdallah, M. B., Fekete-Farkas, M., & Lakner, Z. (2021). Exploring the link between food security and food price dynamics: A bibliometric analysis. *Agriculture*, 11(3), 263. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030263>
- Anonim. (2024). Dünyada nano teknoloji. Erişim tarihi: 03.10.2024. <https://nanoteknoloji.org/dunyada-nano-teknoloji/>
- Avşar, İ. İ., Tarhan, D. B., & Tümenbatur, A. (2022). Food supply chain and blockchain: Bibliometric analysis. *Toros Üniversitesi İİSBF Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(17), 80-92. <https://doi.org/10.54709/iisbf.1195424>
- Barış Eren, N. (2022). Dünyada ve Türkiye'de nanoteknoloji. İ. Demirhan (Ed), *Sağlık & Bilim-2022: Nanotip*. EfeAkademi Yayınları.
- Bellia, C., Bacarella, S., & Ingrassia, M. (2022). Interactions between street food and food safety topics in the scientific literature - A bibliometric analysis with science mapping. *Foods*, 11(6), 789. <https://doi.org/10.3390/foods11060789>
- Berekaa, M. M. (2015). Nanotechnology in food industry: Advances in food processing, packaging and food safety. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(5), 345-357.
- Bouzembrak, Y., Klüche, M., Gavai, A., & Marvin, H. J. P. (2019). Internet of Things in food safety: Literature review and a bibliometric analysis. *Trends in Food Science and Technology*, 94, 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.002>
- Castillo-Vergara, M., Quispe-Fuentes, I., & Poblete, J. (2021). Technological innovation in the food industry: A bibliometric analysis. *Engineering Economics*, 32(3), 197-209. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.32.3.26000>
- Chaudhry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Bryony Ross, B., Boxall, A., Castle, L., Aitken R., & Watkins, R. (2008). Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives and Contaminants*, 25(3), 241-258. <https://doi.org/10.1080/02652030701744538>
- Chaudry, Q., & Castle, L. (2011). Food applications of nanotechnologies: An overview of opportunities and challenges for developing countries. *Trends in Food Science and Technology*, 22(11), 595-603. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.01.001>
- Chen, A. Y., & Chen, Y. C. (2013). A review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemoprevention. *Food Chemistry*, 138(4), 2099-2107. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.139>
- Chen, X., Chen, J., Wu, D., Xie, Y., & Li, J. (2016). Mapping the research trends by co-word analysis based on keywords from funded project. *Procedia Computer Science*, 91, 547-555. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.140>

- Couch, L. M., Wien, M., Brown, J. L., & Davidson, P. (2016). Food nanotechnology: Proposed uses, safety concerns and regulations. *Agro Food Industry Hi Tech*, 27(1), 36–39.
- Cruz-Lopes, L., Macena, M., & Guiné, R.P.F. (2021). Application of nanotechnologies along the food supply chain. *Open Agriculture*, 6(1), 749-760. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0052>
- Darvish, H. R., & Tonta, Y. (2015). *The diffusion of nanotechnology knowledge in Turkey*. Proceedings of ISSI 2015 Istanbul: 15th International society of scientometrics and informetrics conference, Istanbul, Turkey.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Elsevier. (2024). Quality. Erişim tarihi: 02.10.2024. <https://www.elsevier.com/researcher/author/open-access/quality>
- Espitia, P. J. P., Soares, N. F. F., Coimbra, J. S. R., Andrade, N. J., Cruz, R. S., & Medeiros, E. A. A. (2012). Zinc oxide nanoparticles: Synthesis, antimicrobial activity and food packaging applications. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1447-1464. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0797-6>
- Euronews. (2024). Çin bilimsel makale sayısı ve etkinliği açısından ABD'yi geçerek dünyada lider oldu. Erişim tarihi: 03.10.2024. <https://tr.euronews.com/2022/08/14/cin-bilimsel-makale-sayisi-ve-etkinligi-acisindan-abdyi-gecerek-dunyada-lider-oldu>
- Ezhilarasi, P. N., Karthik, P., Chhanwal, N., & Anandharamakrishnan, C. (2012). Nanoencapsulation techniques for food bioactive components: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 628-647. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0944-0>
- Fu, P. P., Xia, Q., Hwang, H.-M., Ray, P. C., & Yu, H. (2014). Mechanisms of nanotoxicity: Generation of reactive oxygen species. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(1), 64-75. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.01.005>
- Fu, Y., Mao, Y., Jiang, S., Luo, S., Chen, X., & Xiao, W. (2023). A bibliometric analysis of systematic reviews and meta-analyses in ophthalmology. *Frontiers in Medicine*, 10, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1135592>
- He, X., Deng, H., & Hwang, H. (2019). The current application of nanotechnology in food and agriculture. *Journal of Food and Drug Analysis*, 27(1), 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.12.002>
- Jagtiani, E. (2022). Advancements in nanotechnology for food science and industry. *Food Frontiers*, 3(1), 56-82. <https://doi.org/10.1002/fft2.104>
- Jamshidian, M., Tehrany, E. A., Imran, M., Jacquot, M., & Desobry, S. (2010). Poly-lactic acid: Production, applications, nanocomposites, and release studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5), 552-571. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00126.x>
- Kiran, V., Harini, K., Thirumalai, A., Girigoswami, K., & Girigoswami, A. (2024). Nanotechnology's role in ensuring food safety and security. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 58, 103220. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103220>
- Liu, Z., Wang, S., Zhang, Y., Feng, Y., Liu, J., & Zhu, H. (2023). Artificial intelligence in food safety: A decade review and bibliometric analysis. *Foods*, 12(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/foods12061242>
- Luo, J., Ji, C., Qiu, C., & Jia, F. (2018). Agri-food supply chain management: Bibliometric and content analyses. *Sustainability*, 10(5), 1573. <https://doi.org/10.3390/su10051573>
- Manjunatha, S. B., Biradar, D. P., & Aladakatti, Y. R. (2016). Nanotechnology and its applications in agriculture: A review. *Journal of Farm Sciences*, 29(1), 1-13.
- Manjunatha, R. L., Naik, D., & Usharani, K.V. (2019). Nanotechnology application in agriculture: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 1073-1083.
- Mihindukulasuriya, S. D. F., & Lim, L.-T. (2014). Nanotechnology development in food packaging: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 40(2), 149-167. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.09.009>
- Monteiro, J., & Barata, J. (2021). Artificial intelligence in extended agri-food supply chain: A short review based on bibliometric analysis. *Procedia Computer Science*, 192(6), 3020-3029. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.074>

- Niknejad, N., Ismail, W., Bahari, M., Hendradi, R., & Salleh, A. Z. (2021). Mapping the research trends on blockchain technology in food and agriculture industry: A bibliometric analysis. *Environmental Technology and Innovation*, 21, 101272. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101272>
- Otles, S., & Yalcin, B. (2013). Food chemistry and nanoscience. *Journal of Nanomaterials & Molecular Nanotechnology*, 2(4), 1-6. <http://dx.doi.org/10.4172/2324-8777.1000119>
- Öztürk, N. (2022). Yenilebilir mantar konulu makalelerin bibliyometrik analizi. *Gıda*, 47(5), 831-845. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22051>
- Pandey, V., Pant, M., & Snasel, V. (2022). Blockchain technology in food supply chains: Review and bibliometric analysis. *Technology in Society*, 69(4), 101954. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101954>
- Rai, M., Yadav, A., & Gade, A. (2009). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*, 27(1), 76-83. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.09.002>
- Rejeb, A., Rejeb, K., & Zailani, S. (2021). Are halal food supply chains sustainable: A review and bibliometric analysis. *Journal of Foodservice Business Research*, 24(5), 554-595. <https://doi.org/10.1080/15378020.2021.1883214>
- Rhim, J.-W., Park, H.-M., & Ha, C.-S. (2013). Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, 38(10-11), 1629-1652. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.05.008>
- Sahoo, M., Vishwakarma, S., Panigrahi, C., & Kumar, J. (2021). Nanotechnology: Current applications and future scope in food. *Food Frontiers*, 2(1), 3-22. <https://doi.org/10.1002/fft2.58>
- Samal, D. (2017). Use of nanotechnology in food industry: A review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2(4), 2270-2278. <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.4.90>
- Sendhil, R., Nyika, J., Yadav, S., Mackolil, J., Prashat, R., Workie, E., Ragupathy, R., & Ramasundaram, P. (2022). Genetically modified foods: Bibliometric analysis on consumer perception and preference. *GM Crops and Food*, 13(1), 65-85. <https://doi.org/10.1080/21645698.2022.2038525>
- Shen, C., Wei, M., & Sheng, Y. (2021). A bibliometric analysis of food safety governance research from 1999 to 2019. *Food Science and Nutrition*, 9(4), 2316-2334. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2220>
- Simon, P., Chaudry, Q., & Bakos, D., (2008). Migration of engineered nanoparticles from polymer packaging to food physicochemical view. *Journal of Food and Nutrition Research*, 47(3), 105-113.
- Singh, R., Dutt, S., Sharma, P., Sundramoorthy, A. K., Dubey, A., Singh, A., & Arya, S. (2023). Future of nanotechnology in food industry: Challenges in processing, packaging, and food safety. *Global Challenges*, 7(4), 2200209. <https://doi.org/10.1002/gch2.202200209>
- Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V. K., & Rather, I. A. (2017) Application of nanotechnology in food science: Perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1501. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501>
- Sorrentino, A., Gorrasi, G., & Vittoria, V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology*, 18(2), 84-95. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.09.004>
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2017). *Türkiye nanoteknoloji stratejisi ve eylem planı (2017-2018)*, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü. https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2017-2018_Nanoteknoloji-Stratejisi-ve-Eylem-Plani.pdf
- Thiruvengadam, M., Rajakumar, G., & Min Chung, III-M. (2018). Nanotechnology: Current uses and future applications in the food industry. *3 Biotech*, 8(74), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1104-7>
- TÜSİAD. (2008). Uluslararası rekabet stratejileri: Nanoteknoloji ve Türkiye (Yayın No. TÜSİAD-T/2008-11/474). <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9000-uluslararasi-rekabet-stratejileri-nanoteknoloji-ve-turkiye>
- Wahyuni, H., Vanany, I., & Ciptomulyono, U. (2019). Food safety and halal food in the supply chain: Review and bibliometric analysis. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(2), 373-391. <https://doi.org/10.3926/jiem.2803>

- Wang, H., Qian, J., & Ding, F. (2018). Emerging chitosan-based films for food packaging applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(2), 395-413. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04528>
- Weiss, J., Mcclements, D.J. & Takhistov, P. (2006). Functional materials in food nanotechnology. *Journal of Food Science*, 71(9), R107-R116. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00195.x>
- Xie, H., Wen, Y., Choi, Y., & Zhang, X. (2021). Global trends on food security research: A bibliometric analysis. *Land*, 10(2), 119. <https://doi.org/10.3390/land10020119>
- Yu, H., Park, J. Y., Kwon, C. W., Hong, S. C., Park, K. M., & Chang, P. S. (2018). An overview of nanotechnology in food science: Preparative methods, practical applications, and safety. *Journal of Chemistry*, 2018(1), 5427978. <https://doi.org/10.1155/2018/5427978>
- Zhang, M., Gao, M., Yue, S., Zheng, T., Gao, Z., Ma, X., & Wang, Q. (2018). Global trends and future prospects of food waste research: A bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(4), 24600-24610. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2598-6>