

Foods Produced Using Nanotechnology Methods and Their Halal Evaluation

Gulay Coksari¹, Sercan Dede²

¹Ankara Yildirim Beyazıt University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Food Processing, 06760, Ankara, Türkiye.

²Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, 31000, Hatay, Türkiye

Abstract

In the global food industry, the demand for halal-certified products is rapidly increasing, driven by religious sensitivities as well as the search for healthy and ethical food. In Islamic law, food consumption must not only avoid prohibitions (haram) but also meet the highest standards of safety, quality, and hygiene according to the "Halalan-Tayyiban" (halal and pure) principle. In this context, nanotechnology offers revolutionary advantages in enhancing the nutritional value of foods, nano-encapsulation of bioactive components, and active/smart packaging systems. However, the potential cytotoxicity risks of nanomaterials and the origin of stabilizers used in production (such as pork-derived proteins) create serious ethical dilemmas and health concerns regarding the "tayyib" (pure/pure) element in halal assessment. Furthermore, sensor-based technologies and molecular detection methods play a critical role in the post-production inspection of food, food supplements, and packaging produced using nanotechnology methods. Olfactometric devices such as "e-nose" (electronic nose) can rapidly distinguish the characteristic volatile organic compounds of haram ingredients like lard. Furthermore, gold nanoparticle-based biosensors and nano-bioprops can detect even fragmented DNA sequences in processed foods with high sensitivity. While alternative sources are gaining importance in determining the halal status of animal-derived intermediates such as gelatin, advanced techniques such as nano UPLC-MS/MS can detect "marker peptides," enabling 100% accuracy in distinguishing between pork and beef. In conclusion, nanotechnology enhances efficiency in halal food production, while tools such as e-noses and nanobiosensors ensure the prevention of food fraud and monitoring compliance with religious requirements. This study aims to evaluate the halal suitability of raw materials used in the production of food, food supplements, and packaging materials, as well as those produced using nanotechnological methods, and to assess molecular detection methods.

Keywords: Nanotechnology, Halal Food, Halalan-Tayyiban, Gelatin, Biosensors

Nanoteknolojik Yöntemlerle Üretilen Gıdalar ve Helal Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi

Özet

Küresel gıda endüstrisinde helal sertifikalı ürünlere olan talep, dini hassasiyetlerin yanı sıra sağlıklı ve etik gıda arayışıyla hızla artmaktadır. İslam Hukuku'nda gıda tüketimi, sadece yasaklardan (haram) kaçınmayı değil, aynı zamanda "Halalan-Tayyiban" (helal ve temiz) prensibi gereği en yüksek güvenlik, kalite ve hijyen standartlarını da karşılamalıdır. Bu bağlamda nanoteknoloji, gıdaların besin değerini artırma, biyoaktif bileşenlerin nano-enkapsülasyonu ve aktif/akıllı paketleme sistemleri ile devrim niteliğinde avantajlar sunmaktadır. Ancak nanomalzemelerin potansiyel sitotoksikite riskleri ve üretimde kullanılan stabilizatörlerin (domuz kaynaklı proteinler gibi) menşei, helallik değerlendirmesinde "tayyib" unsuru açısından ciddi etik ikilemler ve sağlık endişeleri yaratmaktadır. Ayrıca nanoteknolojik yöntemlerle üretilen gıda, gıda takviyeleri ve ambalajların üretim sonrası denetiminde ise sensörlü teknolojiler ve moleküler tespit yöntemleri kritik rol oynamaktadır. "E-nose" (elektronik burun) gibi olfaktometrik cihazlar, domuz yağı gibi haram bileşenlerin karakteristik uçucu organik bileşenlerini hızla ayırt edebilmektedir. Ayrıca, altın nanopartikül tabanlı biyosensörler ve nano-biyoproplar, işlenmiş gıdalarda parçalanmış DNA dizilerini bile yüksek hassasiyetle saptayabilmektedir. Jelatin gibi hayvansal kaynaklı ara bileşenlerin helalliklerinin saptanmasında, alternatif kaynaklar önem kazanırken; nano UPLC-MS/MS gibi ileri tekniklerle "marker peptid" tespiti yapılarak domuz ve sığır ayrımı %100 doğrulukla gerçekleştirilebilmektedir. Sonuç olarak nanoteknoloji, helal gıda üretiminde verimliliği artırırken; e-nose ve nanobiyosensörler gibi araçlar, gıda sahteciliğinin önlenmesinde ve dini gerekliliklerin denetiminde bir güvence sağlamaktadır. Bu çalışmada, nanoteknolojik yöntemlerle üretilen gıdalar, gıda takviyeleri, ambalaj maddeleri üretiminde kullanılan hammaddelerin helal açıdan uygunluğu ve moleküler tespit yöntemlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nanoteknoloji, Helal Gıda, Helal ve Temiz, Jelatin, Biyosensörler



Giriş

Küresel gıda pazarında helal gıda tüketimi, sadece Müslüman nüfus için değil, aynı zamanda güvenli ve kaliteli gıda arayan geniş kitleler için de kritik bir öneme sahiptir. İslam dinine göre, Kuran-ı Kerim'de geçen Arapça "helal" kelimesi İngilizceye "izin verilebilir" olarak çevrilebilmektedir (Mortas ve ark 2022; Usman ve ark 2024). İslam hukukunda gıda tüketimi "Halalan-Tayyiban" (helal ve temiz/iyi) prensibi üzerine kuruludur; bu da ürünün hem dini kurallara uygun olmasını hem de sağlık, hijyen ve etik standartları en üst düzeyde karşılamasını gerektirir (Bujang ve ark 2020; Hanapi ve Khairuldin, 2017). Bakara, Maide, En'am ve Nahl surelerinde yer alan domuz, kan, Allah'tan başkası adına kesilen, boğulan ve yırtıcı hayvanlar tarafından parçalanmış hayvanlardan elde edilen ürünlerin tüketilmesi haram kılınmakta, bireylerin beden ve ruh sağlığının korunması amaçlanmaktadır (Karaman, 2012; Özgen ve Hazarhun 2019). Bu kapsamda gıda katkı maddelerinin de helal olabilmesi için uygun olmayan hammaddelerden elde edilmemesi ve sağlığa zararlı olmaması gerekmektedir. Gıda işlemede nanoteknoloji gıda kalitesini (lezzet, renk ve doku) artırmayı, katkı maddelerinin ve besin maddelerinin kontrollü salınımını sağlamak için nanoemülsiyonlar ve nanoenkapsülasyon kullanarak gıda stabilitesini iyileştirmeyi, daha verimli gıda işleme için enzim immobilizasyonu, antimikrobiyal amaçlı aktif ve akıllı ambalajlar oluşturmayı amaçlamaktadır (Momin ve Joshi 2015; Patel ve ark 2021). Nanoteknolojinin kullanımı büyük avantajlar sunsa da, bu teknolojilerin helal sertifikasyon süreçlerindeki yeri ve potansiyel riskleri yeni tartışmaları beraberinde getirmektedir (Aghwan ve ark 2024; Basir ve ark. 2020). Bu çalışmada, nanoteknolojinin helal gıda üretimindeki rolü, kromatografik ve moleküler tespit yöntemleri ve özellikle jelatin gibi kritik bileşenlerin analizindeki teknolojik ilerlemeler incelenmektedir.

İnançlar Ekseninde Gıdaların Sınıflandırılması

Gıdaların sınıflandırılması, dini açıdan manevi bir temizlik aracı kabul edilmektedir. İslam dininde domuz, alkol ve usulüne uygun kesilmemiş hayvanlar "haram" kabul edilirken; Yahudilik'te (Kosher) domuz yasağının yanı sıra et ve sütün ayrılması gibi ek kurallar mevcuttur (Azmi ve ark 2024). Hinduizm'de sığır eti yasağı, Budizm'de ise genel bir vejetaryen beslenme eğilimi hakim durumdadır (Uddin ve ark 2021). Bu dini çeşitlilik, gıdaların üretim süreçlerinde menşei tayininin teknolojik olarak yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Nanoteknolojik Yöntemlerle Üretilen Gıda ve Ambalajlarda Kullanılan Hammadde ve Yardımcı Maddeler

Hayvansal bağ dokudan elde edilen jelatin, kaynağı en çok tartışılan ara bileşendir. Balık ve sığır kemikleri şu anda helal jelatinin başlıca kaynağı olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Helal alternatif olarak deve derisinden veya balık derisinden jelatin üretimi üzerine çalışmalar bulunmaktadır (Ahmed ve ark 2020; Syariena ve Cheman, 2009). Karmaşık gıda matrislerinde domuz ve sığır jelatinini ayırt etmek için nanoUPLC-MS/MS gibi tekniklerle "marker peptid" tespiti yapılmakta ve bu yöntemler %100'e yakın doğruluk sağlamaktadır (Rohman ve ark 2025; Yilmaz ve ark 2013).

Gıda ambalajı için uygun helal biyomalzemeler arasında nişastadan elde edilen biyoplastikler, selüloz bazlı malzemeler, karides ve yengeç kabuklarından elde edilen kitosan ve bambu lifleri yer almaktadır. Bu malzemeler, biyolojik olarak parçalanabilir ve geri dönüştürülebilir oldukları için geleneksel gıda ambalajlarına göre çevre dostu, sürdürülebilir ve helal alternatifler sunmaktadır. (Mohd Hatta ve ark 2023)

Gıda Üretiminde Nanoteknolojinin Avantaj ve Dezavantajları

Nanoenkapsülasyon yöntemiyle vitamin ve minerallerin etkinliğinin korunması, nanoemülsiyonlar ile sindirilebilirliğin artırılması ve akıllı paketleme ile gıda tazeliliğinin izlenmesi (Hammed, 2018; Khoshdouni Farahani, 2021) önemli avantajlar sağlarken, nanopartiküllerin insan hücreleri üzerindeki potansiyel toksisite etkileri ve üretimde kullanılan yardımcı maddelerin (örneğin domuz kaynaklı stabilizatörler) helal durumunun belirsizliği en büyük dezavantajlara neden olmaktadır (Aghwan ve ark 2024).

Silika dioksit (SiO₂) (E551), magnezyum oksit (MgO) (E530) ve titanyum dioksit (TiO₂) (E171) gibi yaygın olarak kullanılan inorganik oksit kimyasalları (geleneksel veya nano parçacık boyutunda), birçok ülkede topaklanmayı önleyici madde, gıda aroması taşıyıcısı ve gıda renklendirici katkı maddesi olarak yönetmeliklerle izin verilmektedir. Bununla birlikte, TiO₂ nanopartiküllerinin kullanımının, hayvanlarda akciğer iltihabına, fibrozise, epitel hiperplazisine ve tümör oluşumuna neden olduğunu ve yeterince yüksek dozda veya önemli miktarda TiO₂ nanopartikülüne maruz kalma süresi nedeniyle akciğer yüküne yol açtığını bildirilmiştir (Bujang ve ark 2020).

Athinarayanan ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada gıdalarda topaklanmayı önleyici madde olarak kullanılan silikaya maruz kalmanın insan akciğer hücrelerinde sitotoksik olduğu tesit edilmiştir. Mahler ve ark. (2012), toksik olmayan polistiren nanopartiküllere akut maruz kalmanın demir taşınmasını bozduğunu ve kronik maruz kalmanın bağırsak villuslarında (kaust) yeniden yapılanmaya neden olduğunu gözlemlemiştir.



Helal Gıda Tespitinde Kullanılan Yöntemler

Gıdalardaki helal olmayan bileşenlerin tespit edilmesinde geleneksel yöntemler düşük maliyetleri nedeniyle uzun süredir kullanılmaktadır. Bununla birlikte numune hazırlama süreçlerinin uzun sürmesi gibi kısıtlamalar, biyoteknolojik gelişmeler ile hızlı ve etkili yeni teknikler geliştirilmesine yol açmıştır (Zia ve ark. 2020). Kromatografik, spektroskopik ve immünolojik testler gibi gelişmiş tekniklerin yanı sıra, biyosensörler olarak bilinen DNA tabanlı yöntemler, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), gaz kromatografisi, yüksek performanslı sıvı kromatografisi, diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC), elektronik burun (E-nose), biyosensörler kullanılmaktadır (Kua ve ark 2022; Tao vd. 2022; Wu vd. 2022)

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), katı, sıvı veya gaz halindeki maddelerin absorpsiyon, emisyon ve fotokondüktivitesinin kızılötesi spektrumu ile helal gıda kontaminasyonunu tespit etmek için kullanılan modern bir yöntemdir (Candoğan ve ark. 2021). Numune hazırlama aşamalarının daha az olması, yüksek hassasiyeti, çözücülerin sınırlı kullanımı ile bir parmak izi tekniği olarak kullanılmaktadır (Domingos ve ark. 2012; Usman ve ark. 2023). FT-IR spektrumları ile yapılan çalışmalarda, domuz jelatin tipinin sığır jelatin tipine kıyasla daha keskin piklere sahip olduğu tespit edilmiştir (Farahani, 2021)

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)

Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), tek bir veya istenen sayıda DNA dizisini birden fazla sıra üzerinden çoğaltarak binlerce ve milyonlarca kopya üreten, hızlı sonuçlar veren ve hassas moleküler bir işlemdir (Erwanto ve ark., 2018; Zhu ve ark, 2020; Alkay 2022). Kang ve ark. (2018), domuz jelatinin tespiti üzerine yaptıkları çalışmada sonuçların güvenilir bir tanımlama sağladığı, Sultana ve ark., (2020) tarafından yapılan çalışmada sığır, domuz ve balık jelatinlerine, domuz türü jelatin karıştırıldığında saptama sınırının, 0.005 ng/μL olduğu belirtilmiştir.

Enstrümental Yöntemler

Gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS), helal olmayan bileşenlerin varlığını tespit etmek için gıdalarda bulunan yağ asidi kompozisyonunun tespiti amacıyla kullanılmaktadır. Yağ asitlerinden türetilen yağ asidi metil esterlerinin tutunma süresini ve pik alanları değerlendirilerek taşıyış tespit edebilmektedir (Uddin ve ark, 2021). Yapılan bir çalışmada domuz yağı ve sığır yağındaki yağ asidi içeriği GC-MS kullanarak tespit edilmiştir. Sığır yağındaki doymuş yağ asitlerinin tekli doymamış yağ asitlerine oranının (SFA: MUFA) (3.6) domuz yağına göre çok daha yüksek olduğu, domuz ve yaban domuzu köftelerinde bu oran sırasıyla 1.06 ve 1.2 olarak kaydedilmiştir. Bu, SFA ve MUFA oranının gıdadaki et türünü belirlemek için kullanılabileceğini göstermiştir (Ahda ve ark. 2021; Kua ve ark 2022).

Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC), termal olarak kararsız, aşırı polar ve yüksek moleküler kütleye sahip gıda sistemlerindeki bileşenlerin kaynağını tespit etmek için de uygulanabilmektedir. Bu yöntem birçok avantajı sebebiyle helal doğrulama için gıdalarda yasaklanmış kontaminasyonu veya helal olmayan katkı maddelerini tespit etmek için büyük ilgi görmektedir (Verma ve Pant, 2021; Usman ve ark 2023). Yılmaz ve ark. (2025) tarafından yapılan çalışmada LC-MS/MS-TQ ile jelatin tür tayinine yönelik bir metot geliştirilerek, validasyon çalışmalarında tespit limiti (LOD) %0.012 olarak saptanmıştır. Yöntemin doğruluk, hassasiyet ve güvenilirliğinin %100 olduğu belirlenmiştir. Bu metot ile, yurtiçi menşeli 8 adet ve yurtdışı menşeli 17 adet gıda takviyesinde jelatin tür tayini yapılmıştır. Türkiye menşeli ürünlerin etiketlerinde sığır jelatinini olduğu ifade edilmesine rağmen bir üründe domuz jelatinini tespit edilirken, bir tanesinde ise jelatinin türü tespit edilememiştir. Yurtdışı menşeli 8 adet gıda takviyesinde etiketlerinde belirtilmemesine rağmen domuz jelatinini bulunduğu tespit edilmiştir.

Diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC), ısı değişimlerini tespit ederek fiziksel veya kimyasal özelliklerdeki değişiklikleri izleyen, İşleme ve depolama sırasında proteinlerin, karbohidratların, yağların, alkolün, su içeriğinin ve gıda ambalajlarının fiziksel davranışını analiz etmek için kullanılan termo-analitik bir tekniktir. (Karim ve Muhamad, 2018). Bir numunenin ve referans malzemenin aynı oranda ısıtıldığında sıcaklıklarını artırmak için meydana gelen ısı değişim miktarı arasındaki karşılaştırmaya dayanmaktadır (Nur Azira ve Amin, 2016) Gerçek ve hileli palmye yağının DSC soğutma profilleri incelendiğinde -26°C ve 34.5°C'de iki küçük tepe noktası ortaya çıkmıştır. 34.5°C'de, kakao yağındaki domuz yağı konsantrasyonu %3'ten %30'a çıktıkça, DSC analizinin ısıtma termogramında küçük bir tepe noktası komşu büyük tepe noktasıyla örtüştüğü, soğutma termogramının, küçük bir tepe noktasının -36°C'den -41.5°C'ye kaydığı tespit edilmiştir (Azir ve ark. 2017; Kua ve ark 2022).

Gıdalarda domuz yağı gibi bileşenlerin tespiti için "Elektronik Burun" (E-nose) sistemleri geliştirilmiştir. Arduino tabanlı ve MQ gaz sensörleri içeren bu cihazlar, domuz yağının karakteristik kokusunu (uçucu bileşenler) PCA analiziyle saptayabilmektedir (Khadafi ve Putra, 2020). Altın nanopartiküller (AuNPs) kullanılarak geliştirilen optik sensörler, domuz DNA'sı varlığında renk değiştirerek hızlı ve yerinde analiz imkanı sunmaktadır (Abd Hamid ve ark. 2014; Farahani ve Farahani, 2021).



Sonuç

Nanoteknoloji, helal gıda üretiminde verimliliği ve kaliteyi artıran bir güç olsa da, "Helal ve Temiz" prensibi gereği insan sağlığına etkileri ve etik boyutu titizlikle denetlenmelidir. E-nose gibi cihazlar ve nanoteknoloji tabanlı biyosensörler, geleneksel laboratuvar yöntemlerine göre daha hızlı, ucuz ve güvenilir çözümler sunmaktadır. Gelecekte, helal sertifikasyon süreçlerinin bu dijital ve nanoteknolojik araçlarla entegre edilmesi, küresel helal gıda güvenliğini sarsılmaz bir zemine oturtacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Diyanet İşleri Başkanlığı'nda görev yapmakta olan Sayın Yasemin Arıkan'a kaynaklarda ifade edilen dini bilgilerin kontrolü alanında yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abd Hamid, S. B., Rahman, M. M., Rashid, R., & Ali, M. E. 2014. Halal Food Authentication Platforms: Potential And Perspective In Nanotechnology. In The Third Gulf Conference on Halal Industry and its Services, pp. 13-15.
- Aghwan, Z. A., Asli, N. A., & Azmar, Z. (2024). Nanotechnology in Halal Food: A Technological Benefits and Ethical Dilemmas Assessment. *Journal of Halal Science and Technology*, 3(2): 43 - 52. <https://doi.org/10.59202/jhst.v3i2.919>
- Ahda M, Guntarti A, Kusbandari A, Melianto Y. 2021. Halal food analysis using GC-MS combined with principal component analysis (PCA) based on saturated and unsaturated fatty acid composition. *Songklanakarin J Sci Technol*. 43(2):352–355. doi:10.14456/sjst-psu.2021.46
- Ahmed, M. A., Al-Kahtani, H. A., Jaswir, I., AbuTarboush, H., & Ismail, E. A. (2020). Extraction and characterization of gelatin from camel skin (potential halal gelatin) and production of gelatin nanoparticles. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(6), 1596-1601. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.03.022>
- Alkay, Z. (2022). Helal Ve Helal Olmayan Gıda Bileşenlerinin Tespitinde Dna Tabanlı Analiz Yöntemlerinden Polimeraz Zincir Reaksiyonunun (PZR) Kullanılması. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 83-95. <https://doi.org/10.51973/head.1143789>
- Athinarayanan, J., Periasamy, V.S., Alsaif, M.A., Al-Warthan, A.A., & Alshatwi, A.A. (2014) Presence of nanosilica (E551) in commercial food products: TNF-mediated oxidative stress and altered cell cycle progression in human lung fibroblast cells. *Cell Biol Toxicol*, 30, 89-100. <https://doi.org/10.1007/s10565-014-9271-8>
- Azir, M., Abbasiliasi, S., Tengku Ibrahim, T. A., Manaf, Y. N. A., Sazili, A. Q., & Mustafa, S. (2017). Detection of lard in cocoa butter—its fatty acid composition, triacylglycerol profiles, and thermal characteristics. *Foods*, 6(11), 98. doi:10.3390/foods6110098
- Azmi, N. A. N., Noor, N. M., Elgharbawy, A., & Darmawan, N. (2024). Combining science and faith for better quality and safety in halal toyib products. *Halal Studies and Society*, 1(3), 12-14.
- Bujang, A., Rahman, F. A., & Omar, S. R. S. (2020). Nanotechnology in the food processing and packaging: an overview of its halal and tayyib aspect. *Malaysian J Consum Fam Econ*, 24, 1-14.
- Candoğan, K., Altuntas, E. G., & İğci, N. (2021). Authentication and quality assessment of meat products by Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Food Engineering Reviews*, 13(1), 66–91. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09251-y>
- Domingos, E., Pereira, T. M. C., Castro, E. V. R., Romão, W., Sena, G. L., & Guimarães, R. C. L. (2012). Monitorando a degradação da poli amida 11 (PA-11) via espectroscopia na região do infravermelho médio com transformada de fourier (FTIR). *Polímeros*
- Erwanto, Y., Rohman, A., Arsyanti, L., & Pranoto, Y. (2018). Identification of pig DNA in food products using polymerase chain reaction (PCR) for halal authentication-a review. *International Food Research Journal*, 25(4), 1322-1331.
- Hammed, A. M. (2018). Nanomaterial for food packaging. In *Preparation and processing of religious and cultural foods* (pp. 163-171). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101892-7.00008-0>
- Hanapi, M. S., & Khairuddin, W. M. K. F. W. (2017). The Halal-Green in Al-Qur'an: a conceptual analysis. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(10), 2222-6990. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v7-i10/3380>
- Kang, S. S. N., Lee, H. G., & Kim, H. (2018). Development and comparison of a porcine gelatin detection system targeting mitochondrial markers for halal authentication. *LWT*, 97, 697–702. [10.1016/j.lwt.2018.07.062](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.062)
- Karaman, A. (2012). 'Gıda Ürünlerinde Helal ve Haramı Belirleme Yöntemi', *C.Ü. İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 453-478.
- Karim, N. A., & Muhamad, I. I. (2018). Detection methods and advancement in analysis of food and beverages: A short review on adulteration and Halal authentication. In *Proceedings of the 3rd International Halal Conference (INHAC 2016)* (pp. 397–414). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7257-4_36
- Khadafi, M., & Putra, R. A. (2020). Electronic nose (e-nose) design for ARDUINO nano-based halal haram identification. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 13(1), 8-12. <https://doi.org/10.18860/neu.v13i1.8903>
- Khoshdouni Farahani, Z. (2021). Halal edible biopolymers used in food encapsulation: a review. *Human, Health and Halal Metrics*, 2(1), 52-62. [10.30502/jhhm.2021.283062](https://doi.org/10.30502/jhhm.2021.283062)
- Khoshdouni Farahani, Z., & Khoshdouni Farahani, F. (2021). Biosensors as a rapid method for detection of non-halal ingredients in food products. *Human, Health and Halal Metrics*, 1(2), 94-103. [10.30502/jhhm.2021.233755](https://doi.org/10.30502/jhhm.2021.233755)



- Kua, J. M., Azizi, M. M. F., Abdul Talib, M. A., & Lau, H. Y. (2022). Adoption of analytical technologies for verification of authenticity of halal foods—a review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 39(12), 1906-1932. <https://doi.org/10.1080/19440049.2022.2134591>
- Mahler, G.J., Esch, M.B., Tako, E., Southard, T.L., Archer, S.D., Glahn, R.P., & Shuler, M.L. (2012) Oral exposure to polystyrene nanoparticles affects Nanotechnology, 7(4), 264-271. <https://doi.org/10.1038/nnano.2012.3>
- Mohd Hatta, F. A., Mat Ali, Q. A., Mohd Kashim, M. I. A., Othman, R., Abd Mutalib, S., & Mohd Nor, N. H. (2023). Recent Advances in Halal Bioactive Materials for Intelligent Food Packaging Indicator. *Foods*, 12, 1–16. [10.3390/foods12122387](https://doi.org/10.3390/foods12122387)
- Momin, J., & Joshi, B. (2015). Nanotechnology in foods, in *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer, 3–24.
- Mortas, M., Awad, N., & Ayvaz, H. (2022). Adulteration detection technologies used for halal/kosher food products: An overview. *Discover Food*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44187-022-00015-7>
- Nur Azira T, Amin I. (2016). Advances in differential scanning calorimetry for food authenticity testing. In: Downey G, editor. *Advances in food authenticity testing*. 1st ed. Netherlands: Elsevier Inc; p. 311–335. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100220-9.00012-6>
- Özgen, I., & Hazarhun, E. (2019). Gıda etiketlerindeki e-kodlu katkı maddelerinin helal gıda kapsamında incelenmesi. *Balikesir University Journal of Social Sciences Institute*, 22(41). [10.31795/baunsobed.580561](https://doi.org/10.31795/baunsobed.580561)
- Patel, J. K., Patel, A., & Bhatia, D. (2021). Introduction to Nanomaterials and Nanotechnology. *Emerging Technologies for Nanoparticle Manufacturing*, 3-23.
- Rohman, A., Windarsih, A., Musfiroh, I., Maritha, V., Lestari, D., Hamidi, D., ... & Bakar, N. K. A. (2025). Recent progress on the application of molecular spectroscopic and chromatographic methods for analysis of Halal and Kosher gelatins in food and pharmaceutical products. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 15(4), 026-034
- Sultana, S., Hossain, M. M., Azlan, A., Jo han, M. R., Chowdhury, Z. Z., & Ali, M. E. (2020). TaqMan probe based multiplex quantitative PCR assay for determination of bovine, porcine and fish DNA in gelatin admixture, food products and dietary supplements. *Food chemistry*, 325, 126756. [10.1016/j.foodchem.2020.126756](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126756)
- Tao, D., Xiao, X., Lan, X., Xu, B., Wang, Y., Khazalwa, E. M., ... & Xie, S. (2022). An inexpensive CRISPR-based point-of-care test for the identification of meat species and meat products. *Genes*, 13(5), 912. <https://doi.org/10.3390/genes13050912>
- Uddin, S. M. K., Hossain, M. M., Sagadevan, S., Al Amin, M., & Johan, M. R. (2021). Halal and Kosher gelatin: Applications as well as detection approaches with challenges and prospects. *Food Bioscience*, 44, 101422. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101422>
- Usman, I., Sana, S., Afzaal, M., Imran, A., Saeed, F., Ahmed, A., ... & Khan, M. R. (2024). Advances and challenges in conventional and modern techniques for halal food authentication: A review. *Food Science & Nutrition*, 12(3), 1430-1443. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3870>
- Verma, P., Pant, M. K. (2021). The effect of price verification, product display, assortment satisfaction upon overall satisfaction, online re patronage intention, and customer loyalty. *Journal of Food Products Marketing*, 27(6), 291–318. <https://doi.org/10.1080/10454446.2021.1994078>
- Wu, Y., Liu, J., Li, H. T., Zhang, T., Dong, Y., Deng, S., ... & Deng, R. (2022). CRISPR-Cas system meets DNA barcoding: Development of a universal nucleic acid test for food authentication. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 353, 131138. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.131138>
- Yılmaz, N. B., Sünnetçi, S., & Yemiş, O. (2025). Takviye Edici Gıdalarda LC-MS/MS-TQ Yöntemi İle Jelatin Tür Tayini. *Gıda*, 50(5), 825-845. <https://doi.org/10.15237/gida.GD25078>
- Yılmaz, M. T., Kesmen, Z., Baykal, B., Sagdic, O., Kulen, O., Kacar, O., ... & Baykal, A. T. (2013). A novel method to differentiate bovine and porcine gelatins in food products: NanoUPLC-ESI-Q-TOF-MSE based data independent acquisition technique to detect marker peptides in gelatin. *Food chemistry*, 141(3), 2450-2458. [10.1016/j.foodchem.2013.05.096](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.096)
- Zhu, H., Zhang, H., Xu, Y., Laššáková, S., Korabečná, M., & Neužil, P. (2020). PCR past, present and future. *BioTechniques*, 69(4), 317-325. <https://doi.org/10.2144/btn-2020-0057>
- Zia, Q., Alawami, M., Mokhtar, N. F. K., Nhari, R. M. H. R., & Hanish, I. (2020). Current analytical methods for porcine identification in meat and meat products. *Food chemistry*, 324, 126664. [doi:10.1016/j.foodchem.2020.126664](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126664)

