

Moleküler Gastronomide Nanoteknolojinin Kullanım Potansiyeli

Abdullah Baycar^{1**}  Bilsen Tural²  Servet Tural³ 

¹ Siirt Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Siirt, Türkiye, abaycar@siirt.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4995-2275

² Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Diyarbakır, Türkiye, bilsentural@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7555-2481

³ Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Samsun, Diyarbakır, servet.tural@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-2479-9438

Öz

Son yıllarda bilim, teknoloji ve sanattaki gelişim birçok alanı birlikte etkilemekte ve etkilenen her bir alan, başka alanların da gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu etkileşimlere paralel olarak ilerleyen nanoteknoloji, 1 ile 100 nanometre boyutundaki parçacıkların yapı, işlev vb. niteliklerini incelemektedir. Nanoteknoloji, maddenin kimyasal özelliklerini değiştirmeden, sadece fiziksel işlemlerle birçok sektör ve alanda üstün avantajlar sağlama fırsatı oluşturmaktadır. Nanoteknolojinin kullanıldığı sektörlerden bir tanesi de yiyecek ve içecek sektörüdür. Aynı zaman diliminde, geleneksel mutfak uygulamalarına bilim ve teknolojinin dahil edilmesi, gastronomiye yeni boyutlar kazandırmış ve bu iki bilimin kesişimine zemin oluşturmuştur. Bilim ve teknolojinin mutfığa dahil olduğu moleküler gastronomiyle; kapsülasyon, sıvı azot, köpükleştirme, tozlaştırma, sous-vide ve tat-koku transferi gibi teknolojik yöntemler mutfaklarda popüler hale gelmiştir. Son yıllarda, bu konu hakkında araştırmaların yoğunluk kazanmaya başladığı ve moleküler mutfaklarda sözü edilen uygulama örneklerine rastlanmaya başladığı görülmektedir. Nanoteknolojiyle; ürün kalitesinde artış, daha homojen yapı ve daha az kimyasal katkı kullanımı gibi birçok avantaj olası hale gelmiştir. Gıdaların ambalajlanmasında daha fonksiyonel yöntemlerin kullanımı da nanoteknolojinin sunduğu bir başka üstünlüktür. Ayrıca günümüzde gıda güvenliğinde de nanoteknolojinin sağladığı katkılar mevcuttur. Bu çalışmadaki amaç; aynı zaman diliminde popülerleşen nanoteknoloji ve moleküler gastronominin birbirine kesişimini ele almak ve birlikte kullanım potansiyelini ortaya koymaktır. Çalışmadaki veriler, ikincil kaynak niteliğindeki bilimsel makalelerden derlenmiştir. Bu araştırma, literatürdeki boşluğu gidermeye katkı sağlaması açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Moleküler Gastronomi, Nanoteknoloji, Yiyecek ve İçecek Sektörü

The Potential Use of Nanotechnology in Molecular Gastronomy

Abstract

In recent years, advancements in science, technology, and art have influenced many fields simultaneously, and each affected field contributes to the advancement of other fields. Nanotechnology, which progresses in parallel with these interactions, studies the structure, function, and properties of particles 1-10. Nanotechnology provides superior advantages in many sectors and fields with only physical processes without changing the chemical properties of the substance. One of the sectors where nanotechnology is used is the food and beverage sector. At the same time, the inclusion of science and technology in traditional culinary practices has brought new dimensions and laid the foundation for the intersection of these two sciences. With molecular gastronomy, where science and technology are included in the kitchen, methods such as encapsulation, liquid nitrogen, foaming, powdering, sous-vide, and taste-smell transfer have become more prevalent in culinary practices. Research on this issue has begun to gain intensity in recent years and examples of such applications can be found in molecular kitchens. With the use of nanotechnology, an increase in product quality, a more homogeneous structure, and the same effect have been possible while using fewer chemical additives. Using multi-functional packaging in food has also been made possible thanks to nanotechnology. Moreover, nanotechnology has a significant role in food safety. This study aims to address the intersection of these two fields (nanotechnology and molecular gastronomy), which have become popular recently, and the potential of their use together. The data of the study were obtained from secondary sources, mainly scientific articles. This study is important as it is expected to fill the gap existing in the literature.

Keywords: Molecular Gastronomy, Nanotechnology, Food and Beverage Sector

önerilen atf/cite this article as

Baycar, A., Tural, B. & Tural, S. (2023). Moleküler Gastronomide Nanoteknolojinin Kullanım Potansiyeli. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 204-218.

**Sorumlu yazar e-posta/ Corresponding author e-mail: abaycar@siirt.edu.tr

Literatür Araştırması

Cilt 7, Sayı 1, 2023
ss. 204-218

Gönderim : 08.08.2022
1. Düzeltme: 12.01.2023
2. Düzeltme: 15.01.2023
3. Düzeltme: 03.02.2023
Kabul Tarihi: 27.02.2023

Literature Review

Vol 7, No 1, 2023
pp. 204-218

Received : 08.08.2022
Revision1: 12.01.2023
Revision2: 15.01.2023
Revision3: 03.02.2023
Accepted: 27.02.2023

GİRİŞ

Nanoteknoloji; boyut olarak 1 ile 100 nanometre (metrenin milyarda biri ile metrenin yüz milyonda biri; 10^{-9} - 10^{-7} metre) büyüklüğündeki yapıları incelemektedir. Nanoteknoloji, tek tek ele alınan atomların kendine has kuantum dünyası (mikroskopik dünya) için büyük, duyu organları (makroskopik dünya) ile algılaması için ise çok küçük uygulama alanı oluşturma mahiyetiyle zıtlıklar arasında ilginç özellikler sunan bir bilim dalı olarak ön plana çıkmaktadır (Erkoç, 2007). Nanoteknoloji, maddenin kimyasal niteliklerini değiştirmeksizin boyut büyüklüğü, partikül profili gibi prensipte basit fiziksel niteliklerin değişim prensibine dayanmaktadır. Böylece fiziksel özelliklerin değişimiyle muhteviyattaki öğelerin; etkileşim, çözünürlük, salınım, emilim, dağılım, tutunum vb. özellikleri üzerinde önemli derecede avantajlar sağlanmaktadır (İşleyici vd., 2019a, 2019b). Nanoteknoloji; ilaç, kimya, tıp, tekstil, enerji gibi birçok sektörde değişik uygulamalarla hali hazırda kullanılmaktadır. Mutfaklara bilim ve teknolojinin girmesiyle nanoteknolojinin yiyecek ve içecek alanında kullanımı söz konusu olmuştur (Tekin & Çetin, 2021). Besin öğelerin boyutu (proteinlerin 10–100 nm boyut ve globüler yapıları, çoğu karbonhidrat ve lipidin nm'den küçük boyutu ve gıdalardaki emülsiyon, jelleşme vb. fazların nanometre düzeyde olması) göz önüne alındığında nanoteknolojinin yiyecek sektöründe kullanım potansiyeli ortaya çıkmaktadır (Yalçın, 2010). Bunun bir sonucu olarak nanoteknolojinin moleküler gastronomi de kullanımı her geçen gün artmakta ve popülerleşmektedir (Cerqueira & Pastrana, 2019).

Gastronomi; her ne kadar lokal ve geleneksel yiyeceklerle ön plana çıkmış olsa da modern tekniklerin kullanıldığı yiyecekleri de (moleküler mutfak) kapsamaktadır (Yıldız & Yılmaz, 2020). Yiyecek ve içecek süreçlerine bilimsel ve mühendislik bir bakış açısı kazandıran bir kavram olarak popülerlik kazanan moleküler gastronomi, 1990'lı yıllardan itibaren hızlı bir gelişim göstermiştir. Günümüzde moleküler mutfaklarda; kimyasal katkı maddeleri baharatlar gibi yer almaya başlamıştır. Söz konusu bu mutfaklarda çeşitli analitik cihazlar sıradan mutfak gereçleri gibi kullanılma durumları gerçekleşmiştir. Mutaflardaki söz konusu bu farklılıkla dolayı moleküler gastronomi için mutfağın laboratuvara dönüşümü tabiri kullanılmıştır. Bu vesileyle yiyecek ve içeceklerin; tasarım, üretim, uygulama, düzenleme ve kontrol aşamaları alışılmışın ötesinde formlara bürünmüştür. Başlıca kullanılan işlemler; kurutma, sıvılaştırma, gazlama ve dondurma şeklinde sıralanmaktadır (Yalçın, 2010; This, 2017; Kardeş & Baycar, 2021a). Yiyeceklerin orijinal formundan çıkararak, farklı uygulama yöntemleriyle oluşturulan ürünlerle tüketicilere beslenmenin yanında sıra dışı, heyecan verici ve şaşırtıcı yeni tadım ve deneyimler sunmaktadır. Bu lezzetlerin oluşumu için fizik ve kimya biliminden istifade edilmenin yanında sanattan da yararlanılmaktadır (Alpaslan, 2019). Sağladığı avantajlarla nanoteknoloji moleküler gastronomi de çeşitli olanaklar sağlamaktadır.

Nanoteknolojiyle yiyecek ve içeceklerde; teknolojik yönden daha az kusurlu ürün, daha az miktarda kimyasal katkı kullanımı, daha homojen yapı, daha etkili ve verimli nano yapıların kullanımı söz konusu olmuştur (Cerqueira & Pastrana, 2019). Ayrıca

mikrobiyal gıda bozulmalarının klasik mikrobiyolojik tespit yöntemlerine göre çok daha hızlı ve doğru sonuç elde edilme avantajı sağlanmıştır (Davis, vd., 2013). Yiyeceklerin akıllı ambalaj ve paketlenmesinde de kullanım alanı bulan nanoteknoloji bu vesileyle raf ömrü hakkında bilgi veren (nanosensör), seçici geçirgen özellik gösteren ve yenilebilir materyallerin tasarımı gerçekleştirebilmektedir (Alfadul & Elneshwy, 2010). Bunun yanında 3D teknolojilerle kişiye özel şekillerde yiyecekler üretilebilmektedir. Yenilebilir altın gıdalar ve daha spesifik görsele sahip yiyecek dekorlarının da üretimi bu teknolojik uygulamalarla yapılabilmektedir (Cerqueira & Pastrana, 2019). Fakat bu teknolojiyle kullanılan nano parçacık boyutundaki yapılarından dolayı büyük parçacıklara göre daha riskli bir konumdadırlar. Nano boyutlu parçacıklar hücreye direkt olarak geçebilir veya daha hızlı bir şekilde akciğerler yoluyla kan dolaşımına katılarak tüm organlara ulaşabilmeleri mümkün olabilmektedir. Bu tür etkilerinden dolayı salınım ve toksisite kaygıları mevcuttur (Demirbilek, 2015).

Bu araştırma, son yıllarda hızlı bir şekilde popülerleşen iki alan olan moleküler gastronomi ile nanoteknolojinin kesişim noktalarını ikincil kaynaklardan incelemektedir. Çalışma, nanoteknolojinin moleküler gastronomideki kullanım potansiyelini derlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç ve kapsamda bilimsel literatürde yer alan herhangi bir çalışmaya rastlanmaması, çalışmanın özgünlüğünü arttırmaktadır. Ayrıca, araştırma bilim insanlarına kolaylık sağlayacağı gibi sektör çalışanlarına da rehber nitelik taşıyacak bir kaynak olacak şekilde ele alınmaya çalışılmıştır.

Kavramsal Çerçeve

Gastronomi Turizmi ve Moleküler Gastronomi

Egemen turizm anlayışı olan deniz, sahil ve güneş üçlüsünün dışına çıkma arayışları içerisinde son yıllarda eko, sağlık, kır, kongre, spor, rekreasyon ve gastronomi gibi türlerine yönelim görülmektedir. Gün geçtikçe bu alternatif turizm türlerine yenileri de eklenmektedir (Cömert & Özkaya 2014). Turizm türlerinde en son ideal strateji ise birçok uyumlu turizm türünün tek destinasyon içerisinde bir arada sunulmasıdır (Şengel, 2020). Bu stratejiye uygun bir şekilde gastronomi turizm birçok turizm türü ile uyumlu bir şekilde bütünleştirilecek bir niteliğe sahiptir (Kargiglioğlu & Kabacık, 2017; Alpaslan, vd., 2018; Sevimli, vd., 2021). Gastronomi amaçlı turizm belli bir yöre veya tarihi döneme ait veya yeni trend yiyecekleri tadım ve deneyimleme motivasyonu ile gerçekleşmektedir (Kargiglioğlu, 2020). Gastronomik unsurların turizm destinasyonlarına sağladıkları katma değer göz önünde alındığında bu varlıkların kültür yanında önemli bir ekonomik olguya dönüştüğü kanaatine varılabilir (Santich, 2004; Kardeş & Baycar, 2021a).

Gastronomi sözcüğü Yunancadan gelen *gastro* (mide anlamında) ve *nomos* (nizam, kaide ve kural anlamında) kelimelerin birleşmesinden türetilmiştir. Gastronomi terim anlamında yeme ve yemek lezzet profilleri, bileşenleri, tarifleri, teknikleri, dizaynı, füzyonu, biçimleri ve görgü kuralları gibi birçok kavramı ihtiva etmektedir (Baycar, 2022). İklim, toprak ve yer şekilleri gibi doğal; etnisite, tarihi geçmiş, dini yapı, ekonomi, insan iş gücü, idari yapı, göç, farklı yaşam tarzına sahip toplumların varlığı,

farklı toplumlarla ilişki ve teknolojik gelişmişlik gibi beşerî coğrafi faktörlerin birleşimiyle meydana gelmektedir (De Jong, vd., 2018; Harrington, 2005). Son yıllara kadar gastronomi lokal (Fransız mutfağı, Çin mutfağı, Hint mutfağı) ve tarihi (Roma dönemi mutfağı, İslamiyet öncesi Arap mutfağı, Selçuklu dönemi Türk mutfağı, Osmanlı dönemi Türk mutfağı gibi) unsurlarla anılmakta iken yirminci yüzyıldan sonra ise bu kavramların yanında başka modern öğelerin ilavesiyle daha kapsamlı bir boyuta erişmiştir (Düzgün & Özkaya, 2015; Sökmen & Özkanlı, 2018). Özellikle gelişimle beraber bilim, teknoloji ve sanatın da mutfaklarda kullanılmasıyla daha trend konseptler doğmuştur. Siyah yiyecekler (Bozok & Yalın, 2018), mor yiyecekler (Özdemir, 2020), yenilebilir böcekler (Bakkaloğlu, 2022; Mankan, 2017), umami tat (Kayabaşı & Bağış, 2021), *slow food* (yavaş yemek), *fast food* (hızlı yemek), vejetaryen beslenme (bitkisel beslenme), *raw food* (çiğ beslenme), surf & turf, fonksiyonel beslenme, silikon vadisi yemekleri (yapay et, bitkisel et, etsiz tavuk, yumurtasız mayonez,) yeşil ve temalı restoranlar (Yıldız & Yılmaz, 2020) bu konseptlerin bazı örneklerdir. Bu kapsam içerisinde popülerleşen konseptlerden bir tanesi moleküler gastronomi ve moleküler mutfak kavramlarıdır (Aksoy & Sezgi, 2015).

Moleküler gastronomi; kimya, eczacılık gibi farklı endüstriyel dallarda kullanılan yöntem, uygulama, cihaz, ekipman, alet ve katkılarla her geçen gün gelişimini devam ettirmektedir. Bu alandaki mesleki, bilimsel ve akademik yoğun çalışmalar da bu gelişimin hızına katkı sağlamaktadırlar. Bu tür uygulamalar ülkemizde uygulayıcı restoranlarda öğrenilebileceği gibi bu alana katkı sağlayan bilim insanların barındığı eğitim kurumlarında (üniversite gibi) da öğrenilebilmektedir. Moleküler gastronomi mutfaklarında çalışan şefler konseptte uygun turistlere yönelik sıra dışı görsel ve tada sahip ürünler üretme çabasındadırlar. Ayrıca moleküler mutfaklarda üretilen yiyecek ve içeceklerde gerçekleşmesi muhtemel fiziksel ve kimyasal değişimler daha stabil tutulabilmekte kalite parametreleri kontrol altına alınabilmektedirler. Moleküler gastronomide öne çıkan uygulamalar; köpükleştirme, alışılmamış sıcaklık, sıvı nitrojen, *sous-vide*, kapsülasyon tozlaştırma, tat-koku transferi, sıcak jöleler, yoğun aromalar ve küreleşen sıvılar (meyve ve sebze patlakları) şeklinde sıralanabilmektedir (Cömert & Çavuş, 2016; Kardeş & Baycar, 2021b). Moleküler gastronomi; toksikoloji, iş sağlığı güvenliği, sağlık vb. hususlar bakımından konveksiyonel mutfaklara nispeten daha riskli olduğu algısı da söz konusudur. Buna rağmen moleküler gastronomi; müzecilik, dağcılık, lokal mutfaklarla etkileşimi vb. birçok turizm olgusuyla ortak destinasyonlarda yer alma durumları belirlenmiştir (Işın & Kurt 2017; Alpaslan, vd., 2018; Alpaslan vd., 2020).

Nanoteknoloji ve Kullanım Alanları

Nano, Latince kökenli bir kelime olup cüce anlamına gelen “*nanos*” kelimesinde türetilmiştir (Turan, vd., 2011). Birim ön takısı olarak nano bir şeyin milyarda birine (10^{-9}) karşılık kullanılmaktadır. Nanoteknolojinin incelediği parçacık maddelerin en az bir boyutu 1 ile 100 nm arasındaki malzemelerden oluşması gerekmektedir (Erkoç, 2007). Amerikan Fizik Topluluğu’nun Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü’nün (Caltech) 29 Aralık 1959 yılında gerçekleştirilen yıllık toplantısında fizikçi Feynman’ın ünlü

konusmasında “Altlarda kullanacak daha çok oda var” sözü nanoteknolojinin bilim olma yolundaki ilk adımı olarak kabul edilmektedir (Benli, 2008). Atom ve molekülleri tek tek manipüle ederek istenilen yapının oluşturulması ilkesine dayanan nanoteknolojide organik ve inorganik birçok farklı yapıyı parçacık kullanılmaktadır (Akıncı, 2007; Yalçın, 2010). Kimyasal yapısı değişmeksizin; yayılma, çözünürlük, renk, manyetizma, optik, güç, biyoyararlanım, zehirlilik, termodinamik vb. birçok açıdan önemli değişikliklere neden olmaktadır (Avella, vd., 2005).

Biyolojik olan veya olmayan nano boyuttaki yapıları üretmek, karakterize etmek ve fonksiyonel hale getiren nanoteknoloji ile yapılar termal kararlılıkları, mekanik dayanıklılıkları, boyutsal kararlılığı artırması, yüksek alev dirençleri, iyi bir yüzey görünümü, optik özellikleri güçlü gaz bariyer nitelik kazanmaktadır (Demirbilek, 2015; Baysal, 2020). Nanoteknoloji; tıp, eczacılık, gıda, tarım, biyoteknoloji, elektronik, bilişim, iletişim, tekstil, inşaat, makine ve savunma gibi birçok sektörde farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Yalçın, 2010). Hızlı salımlı akıllı ilaç üretimi, mikroorganizmaların hızlı belirlenmesi, hastalık tedavisinde, su kirliliklerinin absorpsiyonu (emilimi), fonksiyonel biyomedikal malzeme üretimi, biyouyumlu materyal, leke tutmayan kumaşlar, çizilmeyen yüzeyler, renk değiştiren boyalar, yaşlanma karşıtı kozmetik ürünler, kırışmayan elbise, daha az miktarda daha etkili pestisit, özel şekilli yapı, daha uzun ömürlü batarya, aşınma, sıcaklık ve korozyon direnci yüksek malzeme gibi amaçlarla kullanım bunlardan bazılarıdır. Nanoparçacıkları üstün kılan; tanecik boyutu, tanecik şekli, yüzey alanı, yüzey kimyası ve işlevlendirme gibi niteliklerdir. Buna bağlı olarak fiziksel ve kimyasal (elektrokimyasal indirgeme, fotokimyasal indirgeme gibi) birçok metotla nano tanecikler sentezlenebilmektedir. Bu metotlar genel olarak “yukarıdan aşağı” (top-down) ve “aşağıdan yukarı” (bottom-up) olarak adlandırılan iki yaklaşımla sınıflandırılmaktadır. Elektron demeti litografisi, X-ray litografi, iyon aşılama, moleküler demet epitaksi gibi yöntemler yukarıdan-aşağı sentez yöntemi iken aşağıdan-yukarı sentez yöntemleri ise ıslak kimyasal ve buhar fazı yöntemleri olmak üzere iki başlık altında toplanabilmektedir (Ersöz, vd., 2018).

Birçok amaçla kullanılan nano yapılar; 0D (izotropik yapı), 1D, 2D ve 3D (anizotropik yapı) olarak şekilsel olarak sınıflandırılmaktadırlar. Küresel, pseudo-küresel, dodekahedral, tetrahedral, oktahedral, kübik ve bunların boş formları 0D şekillerin sınıfına girmektedir. İğneler, tüpler, rodlar (teller), mekikler (nano shuttles), kapsüller ve bunların formları 1D şekillerin sınıfında değerlendirilmektedir. 2D sınıfına girenler ise üçgen, dörtgen ve altıgen plakalar veya tabakalar, yuvarlak diskler, kemerler, mezogözenekli içi boş nano küreler, oyuk halkalar gibi şekillerdir. 3D morfolojileri daha karmaşık ve anizotrop (diken, çiçek, yıldız, çok yüzeyli çerçeve ve bunların içi boş formları) şekillerdir (Ersöz, vd., 2018).

Nanoteknoloji yiyeceklerin; hammadde hazırlama, ürün işleme, paketlenme, muhafaza ve güvenliklerin belirlenmesi gibi birçok aşamada kullanılmaktadır. Yiyeceklerde nanoparçacık üretimi yukarıdan aşağıya (*top-down*) öğütmeyle gerçekleştirilmektedir. Nitekim bitki çaylardaki antioksidan özellik gösteren fenolik bileşenler gibi biyoaktif

bileşenlerin biyoyararlılıkları nanoölçekteki öğütmeyle mümkün olmaktadır. Son yıllarda biyolojiden türetilen birleşme ve organizasyon anlayışıyla aşağıdan yukarı (*bottom-up*) nano parçacık üretimi gıda biyoteknolojisindeki gelişim ile daha popüler hale gelmiştir. Nano boyuttaki kazein misellerinin düzenlenmesi ve protein kümelerinin katlanması gibi biyoişlemler aşağıdan yukarıya senteze örnek olarak gösterilir. Nanoteknolojinin bu alanda kullanımı misel, lipozom, nano emülsiyon, biyopolimerik parçacık ve nano sensör gibi kavramlarla tanınır hale gelmiştir (Sozer & Kokini, 2009; Yalçın, 2010). Moleküler gastronomide nanoteknolojinin kullanımının bunun harici çok ilginç uygulamaları da mevcuttur. Yağ tadını eksiksiz yansıtan yağ oranı düşürülmüş mayonez, altın kaplamalı pastalar, 3 boyutlu kişiye özel şekilli yiyecekler, antimikrobiyal film kaplama bunlardan bazılarıdır (Yalçın, 2010; Cerqueira & Pastrana, 2019).

Nanoteknolojinin Moleküler Gastronomide Kullanım Potansiyeli

Atom ve molekül boyutundaki yapıların makro yapılara göre işleme elveriş üstünlüğüyle nanoteknoloji, neredeyse her alana dahil olmaya başarmıştır (Denkbaş, 2015). Nanoteknoloji daha az kusurlu, daha homojen kimyasal bileşimli yapı oluşturma amacıyla aşağıdan yukarıya sentez yöntemleriyle moleküler gastronomide kullanım olanağına sahip olmuştur (Cerqueira & Pastrana, 2019). Nanoteknoloji, moleküler gastronomide nanoenkapsülasyon, nanoemülsiyon, 3D şekilli yiyecekler, altın dekorlu yiyecekler, gıda hijyen belirleme ve yiyecek ambalajlamalarında kullanılmaktadır. Ayrıca biyoemilimi artırılmış besin öğeleri, daha yoğun aromalı zevk ürünleri üretimi ve daha az miktarda kimyasal katkı harcama gibi kullanımları mevcuttur.

Nanoenkapsülasyon

Enkapsülasyon uygulamaları gıdalarda; besin öğelerin dış faktörlere karşı korunumlarının sağlanması, sindirim kanalından daha kontrollü salınım ve biyoerişebilirliklerin artırılması amacıyla kullanılmaktadır (Bağış, 2019; Madalı, 2021). Kapsülleştirme işlemi mutfağa 2003 yılında el Bulli tarafından bir sıvının başka bir sıvı banyosu içerisinde kontrollü jelleştirilmesi uygulamalarıyla girmiştir. Zamanla bu tür mutfaklarda değişik boyut ve formlarda kapsülleştirilmiş ürünler üretilmiştir. Havyar, yumurta, gnocchi ve ravyoli bunlardan bazılarıdır (Özel, 2018). Nanoteknolojinin kapsülasyon teknolojiye sağladığı katkıyla beraber daha fonksiyonel kapsül uygulamaları geliştirilmiştir. Nitekim moleküler gastronomide sodyum aljinat (CA kaydı 9005-38-3) kimyasalı ile elma havyarı ve film raviolide ince film aracılı sıvı kapsüllerin kullanıldığı ifade edilmiştir (Vega & Ubbink, 2008). Nanoenkapsüller, yiyeceklerde kötü koku maskeleyme, yağda çözünen kimyasal katkı maddelerinin su fazlı yiyeceklerde dağılımının sağlanması amacıyla da kullanılmaktadır (Onay, 2021). Nanokapsül uygulamaları moleküler mutfakta daha ilginç ve farklı formda yeni ürünlerin üretilmesinde kullanılma potansiyele sahiptir. Bunun yanında moleküler gastronominin birçok uygulamasının gıda sektöründen uyarlandığı göz önünde bulduğunda potansiyelinin boyutu genişlemektedir.

Kısaca enkapsülasyon moleküler gastronomi de aşağıdaki amaçlarla kullanım potansiyeli söz konusu olmuştur;

- Biyoaktif özellik gösteren besin öğelerin sindirim kanalından zarar görmeden ilerlemelerini sağlamak.
- Besin öğelerini dış ortamdan muhafaza etmek.
- Yiyeceğin yapısındaki çözünmeyen bileşenlerin çözünürlüğünü sağlayarak homojeniteyi artırmak.
- Lezzet öğelerini ince bir film ile kaplayarak lezzet kaybını engellemek.
- Şeffaf ve yenilikçi kaplama gerçekleştirmek.

Nanoemülsiyon

Gerek doğal gerek işlenmiş yiyeceklerin geneli emülsiyon halindedir. Birçok ürün aynı şekilde yarı mamul formunda emülsiyon halindedir (Ketenoglu & Tekin, 2012). Süt, çikolata, krema, sosis, salam, çorba, mayonez, dondurma, tereyağı, salata soslar ve margarin gibi geniş yelpazede birçok ürün buna örnek olarak gösterilebilir. Birbiri içinde homojen çözünmeyen iki ayrı fazın bir ortamda bulunması şeklinde tanımlanan emülsiyon, gıda kalitesi bakımından bazı güçlükler ihtiva etmektedirler (Türker, vd., 2021). İşlenmiş ürünlerde emülsiyon yapısının homojen görünümünde stabil tutulabilmesi için lesitin gibi emülgatör ajanlar kullanılmaktadır. Bazı gıdalarda ise homojenizasyon gibi boyut küçültme işlemlerin kullanımı da bunun bir gereği konumdadır. Nitekim Sezgin & Elmacı, (2019) araştırmasında moleküler gastronomide lesitin kullanımını ele almışlardır. Sütün homojen yapısı nanoteknoloji ile aynı prensibe dayalı olan boyut küçültme işlemi olan homojenizasyonla sağlanmaktadır (Ergin, vd., 2017). Bunun yanında emülsifikasyon da moleküler gastronominin ana uygulamaları arasında sayılmaktadır (Batu, 2019). Moleküler gastronomide yoğun olarak yer alan emülsiyonların daha inovatif kullanımları kozmetik, kimya, gıda, ilaç vb. birçok sektörlerde nanoteknolojiyle mümkün olmaktadır (De Campos, vd., 2012; Aswathanarayan & Vittal, 2019). Nitekim Vega & Ubbink (2008)'nin moleküler gastronomi yenilikçi mutfakı destekleyen bir yemek çılgınlığı mı yoksa bilim mi? sorusuna aradıkları cevapta This (2005a, 2005b, 2007)'e dayandırdıkları araştırmaları mikro ve nano emülsiyonlarla gevreklik, kremlilik ve çiğnenebilirliği iyileştirilmiş yiyeceklerin üretiminin olanaklı olduğunu ifade etmişlerdir. Nanoemülsifiyer ajan ve nanoteknolojik uygulamalar suretiyle emülgatör kullanılmaksızın veya daha az emülgatör kullanılmış halde başarılı emülsiyonlar üretmek mümkün olmuştur. Bunun yanında nanoteknoloji sayesinde daha stabil, faz ayrışması kusuru oluşmayan ve homojen yapıya sahip ürünlerin üretimi daha mümkün olmaktadır.

3D Yiyecek Yazıcılar

3D gıda baskı teknolojisi, moleküler gastronomi mutfaklarında kullanılan simge uygulamalardandır. Söz konusu bu uygulama; medya haberlerinde olduğu gibi popüler kültürde moleküler gastronominin tasvirleri, bilimin mutfakla bütünleşmesi, kendine özgü ilerleme odaklı, inovatif ve çığır açan özelliklerini vurgulayan bir yol olarak öne çıkarılmıştır. 3D yiyecek yazıcılar; seri üretimi esas alan gıda

endüstrisinden eğlenceli, özelleştirilmiş ve dekoratif yiyeceklere yönelim gösteren tüketiciler için büyük fırsatlar sunma konumundadır. 3D gıda yazılı ürünler; nitelikli şeflerin teknolojik cihaz ve bilimsel prosedürlerle mutfaklara dahil edilmiştir. Moleküler gastronomiye ait bu ürünler kullanıldığı teknolojiler, dijital cihaz ve yazılımlarla günlük yaşam ve eğlence kültürlerine dahil edilebileceği yeni ve heyecan verici bir yolun temsilcisi olarak görülmektedir. 3D yiyecek baskısı tüm bunları bir araya getirirken sağlık, kolaylık, çevresel sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği unsurlarını da dikkate almaktadır (De Solier, 2010; Domene-Danés, 2013; Lupton, 2017). Gıda ve makina biliminin senteziyle ortaya çıkan 3D gıda yazıcı teknolojisinin Cerqueira & Pastrana (2019) derlemesine göre moleküler mutfaklara nanoteknoloji vasıtasıyla dahil olduğu belirtilmiştir. Kek hamuru, peynir, patates püresi, çikolata, şekerleme vb. gıda materyalleriyle popülerleşen 3D yazıcı teknoloji şimdi daha büyük uygulama ve uygulama potansiyellerle hızlı bir şekilde gelişim göstermektedir (Jia, vd., 2016; Ebbing, 2020; Yıldız & Yılmaz, 2020). Pirinç, sebze ve ekstrüksiyon et ürünlerin yazıcı materyali olarak kullanımı bu duruma örnektir (D'Angelo, vd., 2016; Yıldız & Yılmaz, 2020). Daha fonksiyonlu tanecik yapılarıyla nanoteknolojinin 3D yiyecek yazıcı materyallerine katabilecekleri birçok nitelik ve yenilik potansiyeli söz konusudur.

Altın Kaplama

Altın, E175 kodu ile Türk Gıda Kodeksinde kullanımına izin verilen gıda renklendiricileri arasında yer almaktadır (Atlı, 2010). Gösterişli sofraların mutfaklarında kullanımı son yıllarda yaygınlık göstermektedir. Altın yaş pasta, kurabiye, şarap, likör suşi granürleri ve dondurma gibi gıdaların üzerinde dekorasyon amaçlı kullanıldığı bilinmektedir. İnert bir yapıya sahip olan altın serbest oksijenden de etkilenmediği için oksidasyon ve bozulumlara uğrama niteliğiyle gıda güvenliği açısından diğer renklendiricilere göre üstün özellik göstermektedir. Toz ve yaprak gibi çeşitli formlarda kullanım şekilleri mevcut olup nano boyutta kullanımı daha idealdir. Partikül boyutundaki azalma maliyet ve maruziyet (FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi'nin (JECFA) az düzeyde kullanım önerisi) gibi faktörler bakımından üstün kullanım avantajları sunmaktadır. FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi altının (E 175) maksimum maruz kalma seviyesini 1,32 µg/kg vücut ağırlığı (vw)/gün olarak belirlemiş rafine edilmiş formunda ise bu miktarı 0,33 µg/kg vücut ağırlığı/gün seviyesinde önermiştir (EFSA, 2015). Nano inorganik partiküller arasında altın metalinin yer almış olmasıyla beraber altın kaplama yiyeceklerin (pasta, et vb.) trend olması bir arada düşünüldüğünde moleküler gastronomide altının kullanım potansiyelinin büyüklüğü anlaşılacaktır.

Gıda Hijyeni Belirleme

Son yıllarda nanoteknoloji uygulamaları aracılığıyla gıda güvenliğini tehdit eden mikroorganizmaların gıdalarda daha hızlı belirlenmesine yönelik çalışmalar yoğunlaşmıştır. Nanosensörlerle gıdalarda *Listeria monocytogenes*, *Esheria coli* O157:H7, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, *Vibrio*, *Shigella*, *Campylobacter spp.* ve *Staphylococcus aureus* gibi patojen

mikroorganizmaların hızlı belirlenmesi sağlanabildiği gibi geleneksel ekim yöntemlerinin besiyerinde inkübasyonu hızlandıracak suplementlerle (besiyeri güçlendirme öğeleri) de geliştirilmiştir. Bunun yanında mikroorganizmaları belirlemede kullanılan enstrümental cihazların sinyallerini güçlendirecek nano partikülerin geliştirilmesi de söz konusu olduğu ifade edilmiştir (Onay, 2021).

Gıdaların Ambalajlanma ve Kaplanması

Gıda ambalaj sanayisinde nanoteknoloji yaygın olarak kullanılmaktadır. Nanoteknoloji sayesinde ambalaj gıda ile çevre arasındaki izolasyonu sağlamanın ötesinde işlevler kazanmıştır. Akıllı ambalaj uygulamalarıyla nanoteknoloji gıda materyali gıda içeriği hakkında bilgi verecek sensör işlevi kazanmıştır. Bu sayede ambalaj gıda kalitesinde önemli göstergeler olan sıcaklık, süre, gaz varlığı ve profili, pH, etanol, organik asitler, azotlu bileşikler, sülfürlü bileşikler, aminler ve glikoz varlığı gibi parametreler hakkında bilgi verebilmektedir. Ayrıca *Listeria monocytogenes*, *Esherichia coli* O157:H7, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, *Vibrio*, *Shigella*, *Campylobacter spp.* ve *Staphylococcus aureus* gibi patojen mikroorganizmaları tespit eden nanosensörler tasarlanmıştır. Bunun yanında tarım, veteriner ilaç kalıntıları ve ağır metalleri tespit eden nano sensörler geliştirilmiştir (İşleyici, vd., 2019). Her ne kadar mutfak yemekleri gıda endüstri ürünleri kadar uzun raf ömür ihtiyaçları olmasa da yemek zehirlenmeleri göz önünde bulundurulduğunda bu tür sensörlerin pişirme, taşıma ve servis tabaklarında ilave edilmesi bir gereklilik olduğu tahmin edilmektedir.

Nanoteknolojinin gıda ambalaj sektöründen kullanıldığı bir diğer alan yenilebilir kaplamalardır. Genelde gıda kaplamaları, ambalaj işlevine sahip ambalaja göre daha ince materyallerdir. Kaplama işlemi ile gıdanın tamamı filmle kaplanacağı gibi belli öğelerin (vitamin, esansiyel yağ asidi, organik asit, antioksidan ve antimikrobiyal madde gibi) kaplaması şeklinde de uygulanabilmektedir. Gıda sanayisinde sürtünme, daldırma veya püskürtme yöntemiyle kolay bir şekilde uygulanabilmektedir. Yiyecekler kaplama materyalleri ile dış faktörlerden koruyabildiği gibi tüketim sonrası sindirim, emilim ve salınım iyileştirmeleri de yapılabilmektedir. Nano boyutta kaplamalarla bu iyileştirme daha etkili ve verimli olabilmektedir. Bunun yanında bu boyuttaki kaplamalar ile görünüm, şeffaflık ve işlevsellik gibi ambalaj kalitesi açısından önemli isteklerin karşılanması daha olasıdır. Ayrıca nano boyut malzemeler ile daha kararlı ve biyolojik olarak daha aktif hale gelebilmektedir. Yenilebilir filmlerle gıda kalite ve güvenliği artırılmış olmasının yanında sentetik ambalajların migrasyon kaygıları konularında da avantajlar sağlanmaktadır. Uygun nano kaplama ile ana faz içinde çözünmeyen bileşenlerin dağılımları sağlanabilmektedir. Biyobozunabilirlik konularında nano kaplamaların önemli avantajları mevcuttur (İşleyici, vd., 2019). Estetik, görsel, esneklik ve işlevsellik gibi avantajları daha ön plana çıkaran gastronomi nanoteknolojinin gıdadaki bu uygulamalarından yararlanma potansiyeli çok daha fazladır.

Diğer Kullanımlar

Nanoteknoloji; tat, lezzet ve yapı gibi gıda kalitesine dair parametreleri geliştirilme ve iyileştirilmesinde birçok kullanımı mevcuttur. E171 kodlu nano parçacık olan titanyum dioksit (TiO_2) şeker, un, tuz gibi gıdaların beyazlatıcı, nem tutucu ve koruyucu olarak hazır gıdalarda ise renklendirici olarak kullanılmaktadır (Onay, 2021).

Tüketicilerin yağın yiyeceklere kattığı lezzete katkısından (tat, aroma, yapı, reoloji ve tribolojik özellikleri vb.) dolayı gıdalarda varlığını tercih etme isteklerine karşın yüksek kalorisinden dolayı varlığından kaçınılmaktadırlar. Bu ikilemi çözmeye yönelik nano yapıllı lipitlerle hem yağ etkisini tam gösteren miktarca daha az miktarda kullanım mümkün olmuştur. Nitekim düşük yağ içeriğine sahip mayonez, donmuş tatlılar, dondurmalar ve sütlü ürünlerde uygulamaları piyasada mevcuttur. Söz konusu nanoyapılar aracılığıyla tüketicilere normal yağ içeren ürünlere göre aynı lezzete sahip aynı zamanda daha sağlıklı ürünler sunulmaktadır (Clegg, vd., 2009; Yalçın, 2010; Singh, 2016).

FDA; (Gıda ve İlaç Dairesi-ABD) yiyeceklerde topaklanma önleyici, gıda renk ve aroması taşıyıcısı olarak nano boyutta TiO_2 (E171), SiO_2 (E551) ve MgO (E530) gibi katkı maddelerin kullanımına izin vermiştir. Nano boyuta indirgenmiş selenyum ile daha yüksek antioksidan potansiyel elde edilebildiği bildirilmiştir (Onay, 2021). Nanoteknoloji ile daha reaktif bileşenlerin oluşturulmasıyla daha az miktarda katkı maddesi kullanımı söz konusudur. Bu yolla hemen hemen her amaca yönelik yüksek etkinlikte madde kullanımı söz konusu olabilme potansiyelindedir. Mutfaklar nano boyuta indirgenme ile bu ve benzeri onlarca kullanım ve kullanım potansiyeli barındırmaktadır.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Gastronominin amacı, kişilere alıştıkları lezzetlerin ötesinde yiyecek ve içecekler sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda gastronomi turizmi kapsamında belli bir yere (Fransız Mutfağı) veya zaman dilimine (Osmanlı Mutfağı) ait yiyeceklerin sunulması yer aldığı gibi modern vasıtalarla sunulmuş yenilikçi unsurlarda yer almaktadır. Gastronomi turizmde; kültür, lezzet ve tadım motivasyonu sağlama gibi etmenlerin yanında beslenme, hijyen, güvenlik ve maliyet gibi birçok kavramı da ihtiva etmektedir. Bu bağlamda nanoteknoloji modern tekniklerin kullanıldığı mutfaklarda (moleküler gastronomi) önemli bir potansiyele sahiptir. Nanoteknoloji, yiyecek sektöründe genel olarak daha estetik, daha güvenli, daha ucuz, daha dayanıklı ve daha nitelikli ürünlerin üretimine olanaklar sağlamaktadır. Altın kaplamalı yiyecekler, 3D yazıcılarda daha kolay şekillenebilir yiyecekler, daha az su ve kimyasal madde kullanılan yiyecekler, bozulma ve kontaminasyona karşı uyarıcı nanosensörler, seçici geçirgen yiyecek ambalajlar, biyoyararlılığı arttırılmış besin bileşenlerinin geliştirilmesi ve teknolojik yönden daha az kusurlu ürünlerin üretimi söz konusudur. Bu mahiyetiyle nanoteknoloji, kimyasal yapıya dokunmaksızın fiziksel niteliklerin değişimiyle (parçacık boyut azaltımı) gerçekleştirmektedir. Her ne kadar bu uygulamaların çoğu şu an endüstriyel gıda üretimiyle sınırlı kalsa da hazır yemek

(mutfak) üretimine uyarlanabilme kolaylığı göz önünde bulundurularak, nanoteknolojinin gastronomideki kullanım potansiyelini gözler önüne sermektedir. Bu gelişime rağmen, nanoteknolojinin yiyecek sektöründe kullanımının halen kuluçka döneminde olduğu söylenebilir. Nanoteknolojinin yiyecek ve içeceklerle kazandıracığı yenilik ve avantajlar göz önünde bulundurulduğunda nanoteknolojik uygulamaların mutfakta kullanımlarının artırılması ve konuyla ilgili çalışmaların çeşitlendirilmesi gerekmekte olduğu önerilmektedir. Nanoteknolojinin bu vesileyle moleküler mutfaklarda kullanımı, sıra dışı ürünlerin üretimini önemli ölçüde kolaylaştırıcaktır. Turizmin doğasında sıra dışı unsurları deneyimle motivasyonu mevcuttur. Nanoteknolojinin moleküler mutfak vesilesiyle gastronomi turizminde kullanılmasıyla turistlerin merak duygusunu harekete geçirmektedir. Ayrıca tüketicilere daha ucuz, hızlı ve güvenli lezzetler sunduğundan dolayı turizm tercih motivasyonunu artıracığı öngörülmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Teşekkür: Katkılarından dolayı hakemlere teşekkür ederiz.

Destek Bilgisi: Herhangi bir kurum ve/veya kuruluştan destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Etik Onayı: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara riayet edildiğini yazar(lar) beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Güncel Turizm Araştırmaları

Dergisi'nin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazar(lar)ına aittir.

Bilgilendirilmiş Onam Formu: Tüm taraflar kendi rızaları ile çalışmaya dâhil olmuşlardır.

Etik Kurul Onayı: Çalışma etik kurul kararı gerektirmeyen araştırmalar kapsamındadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı: Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Veri Kullanılabilirlik Beyanı: Araştırma verileri paylaşılmamıştır.

KAYNAKÇA

- Akıncı, Z. B. (2007). İnorganik yüzeylerde hücre duvar proteinleri ile organik nanoyapıların oluşturulması. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=-Z0vbSUGrhM9fXoGkRe6Q1boHpGO2z1MdLsSFEh6OZqqM5gT4EV1rbaUIJbhyWNG>
- Aksoy, M., & Sezgi, G. (2015). Gastronomi turizmi ve güneydoğu anadolu bölgesi gastronomik unsurları. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 3(3), 79-89.
- Alfadul, S. M., & Elneshwy, A. A. (2010). Use of nanotechnology in food processing, packaging and safety—review. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 10(6).
- Alpaslan, K. (2019). Yöresel yemeklerde moleküler gastronomi kullanımı [Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=jNRDC1RLfVd4_T7x7ZXmmSnKeRxvtwU1wU0EqojR7UrVfDOU6Pp6n1mjOAnR6VQj
- Alpaslan, K., Pamukçu, H., & Tanrisever, C. (2020). Moleküler gastronomi yöresel yemeklerde kullanılabilir mi?. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 8(1), 231-256.

- Alpaslan, K., Tanrıseven, C., & Tütüncü, B. (2018). Dağcılık turizminde moleküler gastronomi kullanılabilir mi? *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(Ek1), 104-122.
- Aswathanarayan, J. B., & Vittal, R. R. (2019). Nanoemulsions and their potential applications in food industry. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 95.
- Atlı, B. (2010). Gıda Boyaları [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=zD1B0cW7zVr3VcnZjitVXkuTA7rnKLDmMAdnvFoFbMcF58XXkQWHHMMttwwS2PcC9>
- Avella M., De Vlieger J. J., Errico M. E., Fischer S. Vacca P. & Volpe M. G. (2005) Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications. *Food Chemistry*. 93, 467-474.
- Bağış, Ü. (2019). Enkapsüle karvakrol içeren hamurun kızartılmasında kullanılan ayçiçeği yağının oksidatif stabilitesindeki değişimin belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi] https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=jNRDC1RLfVd4_T7x7ZXmmcErnvqW4uPEXc1oT4ABoebhXk3FcP31pu6qktQszdX8
- Bakkaloğlu, Z. (2022). Edible insect consumption and Turkish consumers' attitudes towards entomophagy. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6(1), 165-171.
- Batu, A., (2019). Moleküler gastronomi: gıda üretiminde yeni bir devrim. *Aydın Gastronomy*, 3(1), 43-54.
- Baycar, A. (2022). Yerel ürünlerin müze aracılığıyla turizme kazandırılması: Siirt arıcılık müze önerisi. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports Sciences*, 5(2), 242-255
- Baysal, G. (2020). Gıda endüstrisinde nanosistemlerin kullanımı. *Gıda*, 45(3), 517-529.
- Benli, B. (2008). Nanoteknoloji ve antik çağlara uzanan killi nanoyapılar. *Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 1(3), 143-162.
- Bozok, D., & Yalın, G. (2018). Gastronomide yeni trend: siyah yiyecekler. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(Ek1), 251-261.
- Cerqueira, M. Â., & Pastrana, L. M. (2019). does the future of food pass by using nanotechnologies? *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 16.
- Clegg S. M, Knight A.I, Beeren C. J. M., & Wilde P J. (2009). Fat reduction whilst maintaining the sensory characteristics of fat using multiple emulsions. *In 5th International Symposium on Food Rheology and Structure*. 238-241.
- Cömert, M., & Çavuş, O. (2016). Moleküler gastronomi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 4(4), 118-131.
- Cömert, M., & Özkaya, F. D. (2014). Gastronomi turizminde türk mutfağının önemi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 2(2), 62-66.
- D'Angelo, G., Hansen, H. N., & Hart, A. J. (2016). Molecular gastronomy meets 3d printing: layered construction via reverse spherification. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 3(3), 152-159.

- Davis, D., Guo, X., Musavi, L., Lin, C. S., Chen, S. H., & Wu, V. C. (2013). Gold nanoparticle-modified carbon electrode biosensor for the detection of *listeria monocytogenes*. *Industrial: Biotechnology*, 9(1), 31-36.
- De Campos, V. E., Ricci-Junior, E., & Mansur, C. R. (2012). Nanoemulsions as delivery systems for lipophilic drugs. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 12(3), 2881-2890.
- De Jong, A., Palladino, M., Garrido Puig, R., Romeo, G., Fava, N., Cafiero, C., Skoglund, W., Varley, P., Marciànò, C., Laven, D., & Sjölander-Lindqvist, A. (2018). Gastronomy tourism: an interdisciplinary literature review of research areas, disciplines, and dynamics. *Journal of Gastronomy and Tourism*, 3(2), 131-146.
- De Solier, I. (2010). Liquid nitrogen pistachios: molecular gastronomy, El Bulli and foodies. *European Journal of Cultural Studies*, 13(2), 155-170.
- Demirbilek, M. E. (2015). Tarımda ve gıdada nanoteknoloji. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (15), 46-53.
- Denkbaş, E. B. (2015). Nanoteknolojiye yapılacak yatırımlar, ülkelerin ekonomik gücünü yansıtabilecek bir parametre olacak. *Bilişim Dergisi*, 41(154), 78-87.
- Domene-Danés, M. (2013). El Bulli: contemporary intersections between food, science, art and late capitalism. *BRAC: Barcelona, Recerca, Art, Creació*, 1(1), 100-126.
- Düzgün, E., & Özkaya, F. D. (2015). Mezopotamya'dan günümüze mutfak kültürü. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 41, 47.
- Ebbing, F. (2020). A Case study on 3d printing applications in the confectionery industry. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/97397>.
- EFSA (2015). Scientific Opinion on the re-evaluation of gold (e 175) as a food additive. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4362>
- Ergin, F., Gülsüm, Ö. Z., Özmen, Ü., Erdal, Ş., Çavana, E., & Küçükçetin, A. (2017). Sütün homojenizasyonunun kefirin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 15(4), 368-376.
- Erkoç, Ş. (2007). Nanobilim ve nanoteknoloji. (2. Baskı). ODTÜ Yayıncılık.
- Ersöz, M., Işıtan, A., & Balaban, M. (2018). Nanoteknoloji 1. *Bilal Ofest Basım-Yayın & Matbaacılık*.
- Harrington, R. J. (2005). Defining gastronomic identity: the impact of environment and culture on prevailing components, texture and flavors in wine and food. *Journal of Culinary Science & Technology*, 4(2-3), 129-152.
- İşleyici Ö., Çakmak T., Sancak Y. C., Elçek R., & Tuncay R. M. (2019). Gıda ambalajlarında nanoteknoloji uygulamaları. Ereğli Uluslararası Bilim ve Akademi Kongresi, Mart 9-10 Ereğli, Konya.
- İşleyici, Ö., Çakmak, T., Sancak, Y. C., Tuncay, R. M. (2019a). Gıda endüstrisinde kullanılan nanoteknoloji uygulamalarının oluşturduğu sağlık riskleri. Ereğli Uluslararası Bilim ve Akademi Kongresi, Mart 9-10 Ereğli, Konya.
- İşleyici, Ö., Çakmak, T., Sancak, Y. C., Elçek, R., & Tuncay, R. M., (2019b). Gıda ambalajlarında nanoteknoloji uygulamaları. Ereğli Uluslararası Bilim ve Akademi Kongresi, Mart 9-10 Ereğli, Konya.

- Jia, F., Wang, X., Mustafee, N., & Hao, L. (2016). Investigating the feasibility of supply chain-centric business models in 3d chocolate printing: a simulation study. *Technological Forecasting and Social Change*, 102, 202-213.
- Kardeş, M., & Baycar, A. (2021a). Moleküler gastronomide sıvı azot uygulamaları. *Journal of Applied Tourism Research*, 2(2), 169-176.
- Kardeş, M., & Baycar, A. (2021b) Balın moleküler gastronomideki kullanımı. *Gastronomide Alternatif Yaklaşımlar*. Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları, 173-187.
- Kargiglioğlu, Ş. (2020). Kahramanmaraş ilinin gastronomi turizmi potansiyeli. Ercan Karaçar (Ed.), *Turizm Alanında Güncel Konular ve Araştırmalar İçinde* 131-148. Çizgi Kitabevi Yayınları.
- Kargiglioğlu, Ş., & Kabacık, M. (2017). Gastronomi turizmi kapsamında urla enginar festivaline gelen turistlerin festival hakkındaki görüşleri. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 5(3), 409-421.
- Kayabaşı, A., & Bağış, N. G. (2021) Gastronomide yükselen eğilim: umami trendi. *Gastronomide Alternatif Yaklaşımlar*. Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları, 145-165.
- Ketenoğlu, O., & Tekin, A. (2012). Bazı bitkisel liflerin gıda emülsiyonları üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 10(4), 60-64.
- Lupton, D. (2017). Download to delicious: promissory themes and sociotechnical imaginaries in coverage of 3d printed food in online news sources. *Futures*, 93, 44-53.
- Madalı, B. (2021). Farklı yöntemler ile enkapsüle edilen probiyotiklerin in vitro ve in vivo etkinliğinin belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=RjZwH00oMG4iNa5Sgvlgg7FphqAN9Oaa9J45RhDMS6z1IMYx_JVf9RkJd8cD8UOH
- Mankan, E. (2017). Gastronomide yeni trendler-yenilebilir böcekler. *Electronic Turkish Studies*, 12(3), 425-440.
- Onay, A. (2021) Gıda sektöründe nanoteknolojik malzemeler ve uygulamaları. Çocuk kronik hastalıklarında beslenme-5-çocuk endokrinolojisinde beslenme nutrisyon ve kaynakları. Orient Yayınları
- Özdemir, B. (2020) Gastronomi akımlarında sağlıklı mor yiyecekler. *GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics*, 3(1), 16-30.
- Özel, K. (2018). Moleküler mutfak tekniklerinden; kapsülleştirme, tütsüleme, sous-vide, soğuk pişirme, sıvı-azot tekniklerinin duyu analizi yöntemiyle incelenerek örnek standart reçetelerin hazırlanması. [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=MzP7PYssFqd b3WijlroAkbKxG0F2pT1mvqCXay30WhLAFHShjN_F2Ma-d9Lf-LiO
- Santich, B. (2004). The study of gastronomy and its relevance to hospitality education and training. *International Journal of Hospitality Management*, 23(1), 15-24.
- Şengel, Ü. (2020) Kültür ve etkinlik turizmi bağlamında şaman ritüelleri. *Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 314-324.
- Sevimli, Y., Tatlı, M., & Kızıldemir, Ö. (2021). Göbeklitepe'nin gastronomi turizmi bağlamında değerlendirilmesi. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 263-286.

- Sezgin, A. C., & Elmacı, İ. (2019). Moleküler gastronomi uygulamalarında lesitin. *Uluslararası Turizm, Ekonomi ve İşletme Bilimleri Dergisi*, 3(2), 57-65.
- Singh H. (2016) Nanotechnology applications in functional foods; opportunities and challenges. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(1), 1-8.
- Sozer N., & Kokini J.N (2009). Nanotechnology and its applications in the food sector. *Trends in Biotechnology*, 27(2), 1-8.
- Sökmen, C., & Özkanlı, O. (2018). Gastronomi turizmi alinyasının gelişimi: journal of tourism and gastronomy studies dergisinde yayımlanan makaleler üzerine bir inceleme. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(2), 99-127.
- Tekin, C. S., & Çetin, A. S. (2021). Nanoteknoloji ve nanomimarlık. *International Journal of Social, Political and Economic Research*, 8(1), 47-54.
- This, H. (2005a). Molecular gastronomy. *Nature Materials*, 4, 5e7.
- This, H. (2005b). Modelling dishes and exploring culinary 'precisions': the two issues of molecular gastronomy. *British Journal of Nutrition*, 93(Suppl. 1), S139eS146.
- This, H. (2007). Formal descriptions for formulations. *International Journal of Pharmaceutics*, 344, 4e8
- This, H. (2017). Moleküler gastronomi bilimsel bir disiplin, NbN mutfak bir sonraki mutfak eğilimidir. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 28(2), 304-314.
- Turan, R., Ünal, H. E., Özdemir, B., & Kulakçı, M. (2011). Nanoteknoloji güneş enerjisi dönüşümünde yeni ufuklar açıyor. *Bilim ve Teknik*, 62.
- Türker, D. A., Saraç, M. G., & Doğan, M. (2021). Yağ türünün bir fonksiyonu olarak lesitin adsorbe edilmiş yağ/su emülsiyonlarının ara yüzey reolojik özellikleri. *Akademik Gıda*, 19(2), 159-168.
- Vega, C., & Ubbink, J. (2008). Molecular gastronomy: a food fad or science supporting innovative cuisine? *Trends in Food Science & Technology*, 19(7), 372-382.
- Yalçın, K. A. (2010). *Nanoteknoloji ve gıda sanayiinde uygulama alanları* [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=zD1B0cW7zVr3VcnZjitVXmxUC36potVhD1sHBstxAAFjnJh-O3HXKTtHPz2dS5BO>
- Yıldız, M., & Yılmaz, M. (2020). Gastronomi alanındaki trendlere bir bakış. *Sivas Interdisipliner Turizm Araştırmaları Dergisi*, (5), 19-35.