İnsan-Gıda Etkileşimi: Gastronomide Kullanılan Şekil Değiştiren Gıdalar

Duygu BAŞKAYA SEZER
Amasya Üniversitesi, Amasya Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Otel Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Aşçılık Programı
duygu.baskaya@amasya.edu.tr
ORCID: 0000-0003-2724-1923

Gözde KUMUZ
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü
kumuzgozde@gmail.com
ORCID: 0009-0001-6710-4360

Şerif BALDIRAN
Amasya Üniversitesi, Amasya Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Otel Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Turizm ve Otel İşletmeciliği Programı
baldiran@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-6948-5902

Geliş tarihi / *Received*: 08.08.2023 **Kabul tarihi / *Accepted:* 28.10.2023**

Öz

İnsan-gıda etkileşimi, insan-bilgisayar etkileşimi kapsamında incelenen gıda, teknoloji ve insan arasındaki ilişkiyi araştıran bir disiplindir. Merak ve heyecan uyandıran eğlenceli aktiviteleri tanımlayan oyun kavramından ilham alan insan-gıda etkileşimleri, bireylerin sosyal yeme deneyimlerini geliştirerek daha eğlenceli hale getirmek amacıyla son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayede bireylerin daha bilinçli beslenme davranışları sergiledikleri tespit edilmiştir. Gastronomide oyun kurgusunun insan-gıda etkileşimini geliştirerek yeme deneyimlerini zenginleştireceği öngörülmektedir. Tüm bu gastronomik girişimler kutlama teknolojisi kapsamında ele alınmaktadır. Girişimlerde kullanılan şekil değiştiren gıda materyalleri üç ve dört boyutlu baskı teknolojileri ile hazırlanmaktadır. Dört boyutlu baskı; üç boyutlu baskı teknolojisinin uzunluk, genişlik, yükseklik boyutlarına nem, ışık, ısı, pH veya zamanın eklenmesi ile geliştirilmiştir. Bu teknolojiler ile çevre koşullarına bağlı şekil değiştiren gıdalar üretilmektedir. Daha eğlenceli yeme deneyimleri sağlayan bu gıdalar yemek ile oluşan anıların hatırlanmasını kolaylaştırmaktadır. Şekil değiştiren gıdaları hazırlamak için en çok kullanılan materyaller; şeker pancarı, vişne, havuç püresi ve bunlara eşlik eden aljinat ile limon suyudur. Bu çalışmanın amacı farklı yeme deneyimleri sunan şekil değiştiren gıdalar gibi yeni ürünleri, yaklaşımları ve yöntemleri tanıtmaktır. ilk gastronomi festivali olarak tanımlanan Restoran Haftası'nda kullanılan halkla ilişkiler stratejilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, farklı ülkelerin gastro diplomasi kampanyalarında kullandığı stratejilerin Restoran Haftası'nda da kullanıp kullanılmadığı betimsel analiz aracılığıyla incelenmiştir. Araştırma, Restoran Haftası'nda *ürün markalama, yiyecek etkinlikleri, iş birliği geliştirme, kamuoyu liderlerinin kullanımı, medya ilişkileri* ve *eğitim* stratejilerinin tümünün kullanıldığını ortaya koymuştur

Anahtar kelimeler: *İnsan-bilgisayar etkileşimi, katlanma, nem, pH, 3D, 4D*

DOI: 10.17932/IAU.GASTRONOMY.2017.016/gastronomy_v08i10015

Human-food Interaction: Shape-changing Foods Used in Gastronomy

Abstract

Human-food interaction is a discipline that investigates the relationship between food, technology and humans, examined within the scope of human-computer interaction. Inspired by the concept of play, which defines fun activities that arouse curiosity and excitement, human-food interactions have recently been widely used to improve individuals' social eating experiences and make them more fun. In this way, it has been determined that individuals exhibit more conscious nutritional behaviors. It is predicted that game fiction in gastronomy will enrich eating experiences by improving human-food interaction. All these gastronomic initiatives are covered within the scope of celebration technology. Shape-changing food materials used in the initiatives are prepared with three- and four-dimensional printing technologies. Four-dimensional printing; It was developed by adding humidity, light, heat, pH, or time to the length, width and height dimensions of three-dimensional printing technology. With these technologies, foods that change shape depending on environmental conditions are produced. These foods provide more enjoyable eating experiences and make it easier to remember the memories created by eating. The most commonly used materials to prepare shape-changing foods are; it is sugar beet, cherry, carrot puree accompanied by alginate and lemon juice. The aim of this study is to introduce new products, approaches and methods such as shape-changing foods that offer different eating experiences.

Keywords: *Human-computer interaction, folding, moisture, pH, 3D, 4D*

Giriş

Gastronomi alanında misafir memnuniyetini oluşturan en önemli unsurlardan biri misafirin yemek yeme zevkinin tatmin edilebilmesidir. Yeme zevkinin geliştirilmesini etkileyen bir çok faktör mevcuttur. Bu faktörlerin tek başına etkisinden çok bütüncül olarak ele alınması, sunulan gastronomik unsurların misafirde bıraktığı etkiyi bir bütün olarak gözlemlemeyi sağlar (van Doleweerd ve Bruns Alonso, 2023). Çünkü yemek yeme deneyimi; yemek çeşitleri, yemeğin lezzeti, yemek görselleri, menü planı, restoranın rengi, kokusu, çalan müzik, ses düzeyi, masa düzeni, çatal-bıçak dizaynı, kullanılan tabak çeşitleri, komşu masalara olan uzaklık, hizmet kalitesi hatta otopark olanakları ve restoranın yeri gibi bir çok fiziksel koşuldan eş zamanlı etkilenmektedir (Liu ve Tse, 2018; Mistar vd., 2020; Pecotić vd., 2014; Spence, 2017; Tuzunkan ve Albayrak, 2016). Fiziksel koşulların yanı sıra karşılama, servis personelinin tutumu, verilen ücret karşılığında alınan değer, algılanan lüks gibi hizmet kalitesi unsurları da misafir memnuniyetini etkilemektedir (Kaura vd., 2015; Lu vd., 2015; Musa ve Thirumoorthi, 2011; Ojo, 2010). Bunların dışında misafiri özel hissettiren hizmetler, sürpriz içeren organizasyonlar ve eğlence aktiviteleri ile donatılmış ağırlamalar yeme deneyimlerini zenginleştirerek anıları kalıcı hale getirmektedir (Deng vd., 2022). Bütüncül bir yeme deneyimi sağlamak için kullanılan tüm araç ve yaklaşımlar kutlama teknolojileri olarak isimlendirilmektedir (Ferdous vd., 2017; Grimes ve Harper, 2008).

Gastronomide yemeğe eşlik eden kişinin keyif alacağı aktivitelerin düzenlenmesi oyun kurgusu kapsamında incelenmektedir. Bireylerin yeme deneyimlerini geliştirmek ve yemek ile olan ilişkisini güçlendirmek için kurgulanan merak ve heyecan uyandıran eğlenceli akti-

viteler "oyun" olarak anılmaktadır (Altarriba Bertran vd. 2019b; Mehta vd., 2018; Moser ve Tscheligi, 2013). Yaratıcılığın kullanılması ile geliştirilen eğlenceli aktiviteler yeme deneyimini farklılaştırmakta ve deneyimlerin insanlar arasında yayılmasını sağlamaktadır (Altarriba Bertran vd., 2019a; Choi vd., 2014).

Gıdanın özellikleri yeme deneyiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Özelliklerin geliştirilmesi yeme deneyiminin de arttırılmasını sağlayacaktır. Ortam koşullarına göre özellikleri değişen gıda materyalleri "programlanabilir gıda" olarak isimlenmektedir (Erb vd., 2013; Kan vd., 2017; Zhong vd., 2023). Ancak gıdanın programlanabilmesi için homojen olması ve işlemlerin yüksek hassasiyet ile yapılması gerekir (Arif vd., 2022; Kan vd., 2017). Üç boyutlu (3D) baskı teknolojisi, ürünlerin fiziksel özelliklerini dijital verilere dönüştürebilmekte böylece hassas hesaplamalara imkan verebilmektedir (Campbell vd., 2011; Yang vd., 2022). Son yıllarda kullanılan 3D baskıdan daha yeni bir teknoloji olan dört boyutlu (4D) baskı 3D üretilen gıdaların özelliklerini ısı, ışık, nem, asit ya da zamana bağlı olarak dönüştürmeyi başarmıştır. Üretilen 4D özellikli gıdalar, "dönüşebilir iştah" kavramını oluşturmuştur (Wang vd., 2017).

Dönüşebilir iştah kapsamında incelenen şekil değiştiren gıdaların bu özellikleri, termodinamik kararlılıkta olan bir tabaka ile şekil değiştirmeyi başlatan materyalin birbirine temas etmesi ile meydana gelmektedir. Ortam koşullarına bağlı olarak gerçekleşen genleşme, büzülme, birleşme gibi mekanik prensipler şekil değişiminden sorumludur (Hirst, 2019). Doğada polen tanelerinin (Katifori vd., 2010), tohumun (Armon vd., 2011), çam kozalaklarının kendiliğinden açılıp kapanması (Reyssat ve Mahadevan, 2009), venüs sinekkapanının hızlı hareketleri (Guo vd., 2015), buğday kılçıklarının hareketi (Elbaum vd., 2007) doğal şekil değiştirme hareketlerine örnektir. Deneysel mutfakta hazırlanan şekil değiştiren gıdalar ise 3D ve 4D baskı teknolojileri ile üretilmektedir. Malzemelerin nem, asit gibi çevre koşullarına verdiği yanıta göre değişen 3D yapı, yeme deneyimlerini zenginleştirerek damakta kalan dokusal hissi geliştirmektedir (Wang vd., 2017). 3D baskıyla karşılaştırıldığında 4D baskı teknolojisi, gıdaların belirlenen zamanda renk, tat ve diğer bazı özelliklerinin değişmesine olanak tanımaktadır (Guo vd., 2023). Tüketicilerin gıdanın değişen özelliklerine verdikleri tepkiler ile insan-gıda etkileşimli bir deneyim ortaya çıkmaktadır. Etkileşimlerin fütüristik yemek kültürlerinin oluşmasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

İnsan-bilgisayar etkileşiminin bir alanı olan ve insan-gıda etkileşimi kapsamında incelenen şekil değiştiren gıdalar, gastronomik unsurların üretilmesi ve misafirlerin yeme deneyimlerini geliştirmesi açsından önemli bir alandır. Ancak bu konudaki çalışmaların sınırlı olması ve literatürün sadece yurt dışı yayınlardan oluşması şekil değiştiren gıdaların bilinirliğini azaltmaktadır. Bu gıdaların hazırlığında kullanılan materyaller ve işlem basamaklarının sunulması, deneysel mutfak ürünlerinin gelişimine ve şeflerin menü hazırlığına katkı sağlayabilir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı farklı yeme deneyimleri sunan yeni gıda formülasyonları, üretim yöntemlerini ve inovasyon yaklaşımlarını tanıtmaktır. Bu amaçla insan-bilgisayar etkileşimi, insan-gıda etkileşimi, oyun kurgusu ve şekil değiştiren gıdaların yeme deneyimine etkisi geniş kapsamlı literatür taraması ile incelenmiştir.

İnsan-Gıda Etkileşimi

İnsan-gıda etkileşimi insan-gıda ve gıda-teknoloji arasındaki ilişkileri inceleyen yeni bir alandır (Altarriba Bertran vd., 2019a). İnsanın gıdaya yönelik duygu, düşünce, davranış, tutum ve yaklaşımını değiştirebilen tüm uygulamalar insan-gıda etkileşimi kapsamındadır (Deng vd., 2022). Yemek yeme deneyimlerini duyusal

olarak zenginleştirme, pratik gıda hazırlama yöntemlerini geliştirme, sosyal etkileşimi arttırmaya yönelik yemek organizasyonlarının düzenlenmesi bunlardan bazılarıdır (Batat, 2021; van Doleweerd vd., 2022). Yeni gıdaların geliştirilmesi, kişiye özel ürünlerin hazırlanması, kullanılmayan gıdaların değerlendirilmesi bu kapsamda incelenen yaklaşımlardır (van Doleweerd vd., 2022). Gıda-teknoloji ilişkisi içinde dijital teknoloji, hizmet robotları, yeme deneyimlerini zenginleştiren sanal gerçeklik araçları, akıllı fırınlar, çevrimiçi gıda tedariği sağlayan uygulamalar ve gıda zinciri izleme sistemlerinin çalışma alanları bulunmaktadır (Altarriba Bertran vd., 2020; Batat, 2021; Chai vd., 2022; Khot ve Mueller, 2019). Ancak insan-gıda etkileşim yöntemlerinin geliştirilmesi için gıda-teknoloji ilişkileri çalışmalarının insan-gıda deneyimlerine odaklı olarak yürütülmesi önerilmektedir (Altarriba Bertran vd., 2019a).

Dijital teknolojilerin kullanımının yiyecek seçimi ve gıda tüketimi davranışlarını etkilediği ve bu sayede daha sağlıklı bir beslenme alışkanlığı geliştirilmesine yardımcı olduğu bilinmektedir (Alcântara vd., 2019; Thomas ve Bond, 2014). Ferdous vd. (2017), Grimes ve Harper (2008), Liu vd. (2021), Tao vd. (2019), van Doleweerd vd. (2022), Wang vd. (2017) dijital teknolojilerin bireylerin yeme deneyimlerine doğrudan etki ettiğini belirlemişlerdir. Deng vd. (2021), insan-gıda etkileşimini yemek hazırlama robotları, interaktif yemek masaları, yenilikçi yemek sunumları ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerin kullanımı açısından ele almıştır. Bu kapsamda yemek yeme sırasında bireylerin sosyal ilişkilerinin geliştiği ve kişilerin sosyalleşmeye daha çok eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Khot ve Mueller (2019) ise, insan-gıda etkileşimini psikolojik (insanların gıdaya karşı duygu, düşünce, algı, tercih, davranış), antropolojik, tasarım, mühendislik, teknolojik ve beslenme açılarından incelemiştir. Elde edilen sonuçlar dijital teknolojilerin insan-gıda etkileşimlerini önemli düzeyde arttırdığını göstermiştir. Chai vd. (2022) arttırılmış ve sanal gerçekliğin; kişilerin beslenme alışkanlıkları, diyet kontrolleri ve yeme deneyimlerindeki duyusal özelliklerin algılanmasındaki duyarlılıklarının geliştirilmesinde önemli bir araç olduğunu belirtmiştir. Batat (2021) ise, arttırılmış gerçekliğin restoran misafirlerini duyusal, duygusal, davranışsal, sosyal ve entelektüel açıdan etkilediğini belirlemiştir. Ayrıca arttırılmış gerçekliğin restoranları tanıtmada ve misafir ilişkilerini geliştirmede etkili olduğu öne sürülmüştür. Khot ve Mueller (2019) geleneksel veya artırılmış gerçeklik entegre edilen yeme deneyimlerinde katılımcılar, artırılmış gerçeklik ile desteklenen deneyimlerin daha ilgi çekici, eğlenceli ve yemek ile ilgili daha öğretici olduğunu belirtmişlerdir. Bu sayede katılımcıların daha bilinçli beslenme davranışları sergiledikleri tespit edilmiştir. Velasco vd. (2023) ise, bireylerin yemek sunumlarını, yemek paylaşma aktivitelerini, yeme davranışlarını, yemek hazırlama ve yeme ritüellerini incelemiştir. En unutulmaz yeme deneyimlerinin arttırılmış gerçeklik ile sağlandığı tespit edilmiştir. Ayrıca arttırılmış gerçeklik varlığında oluşan duyusal deneyimlerin kişinin kültürüne uygun sunumlar ile geliştiği gözlemlenmiştir. Grimes ve Harper (2008) yeme deneyiminin sadece yemeğin tadı ile sınırlı olmadığını duyusal, kültürel ve sosyal faktörlerin de etkili olduğunu belirtmiştir. Söz konusu faktörlerin dijital teknolojiler ile sunulmasının yeme deneyimini geliştireceğini vurgulamıştır.

İnsan-Gıda Etkileşiminde Oyun Kurgusu

Son yıllarda oyun kurgusu, yemek ile etkileşim düzeyini arttırmak için insan-gıda etkileşimi araştırmalarında daha fazla kullanılmaktadır (Altarriba Bertran vd., 2019b). Oyun kurgusu oluşturarak eğlenceli aktivitelerin bu kurguya dahil edilmesinin sosyal deneyimleri kolaylaştırdığı ve insan-gıda etkileşimlerini güçlendirdiği bilinmektedir. Oyundan ilham alan uygulamalar, eğlenceli ve interaktif sosyal yeme

deneyimleri sağlamaktadır. Daha geniş bir oyun yelpazesi keşfetmenin oyun ile desteklenen insan-gıda etkileşimi tasarımlarını zenginleştirerek yeme deneyimlerini geliştireceği öngörülmektedir (Altarriba Bertran vd., 2020). Bu nedenle farklı oyun kurguları entegre edilmiş senaryolarda yeme deneyimlerinin ölçülmesi, ilgi duyulan gastronomi araştırma konularındandır.

Çalışmalarda oyun kurguları ile gerçekleşen yeme deneyimlerinin tematik analizi; (1) ürün, (2) hazırlama/pişirme, (3) çoklu duyusal deneyimler ve (4) interaktif yeme deneyimleri olarak dört grup altında sunulmuştur:

Çoklu duyusal deneyimler

- Tat
- Görüntü
- Ağız hissi (doku açısından)
- Koku

İnteraktif yeme deneyimleri

- Deneyim dinamikleri/değişkenleri
- Doku deneyimleri
- Deneyimde öne çıkan unsurlar (aktörler)
- Genel değerlendirme temaları

Yeme deneyimi ölçülecek olan yeni ürünler (şekil değiştiren gıdalar), bu ürünleri hazırlayanlar (şefler, aşçılar gibi) tarafından bu dört grup ve temaları üzerinden değerlendirilir. Nitel olarak yapılan bu değerlendirmede, gıdaların misafire servis edilmesinin cazip olup olmadığı belirlenir (van Doleweerd vd., 2022).

Oyun kurguları temelinde insan-gıda etkileşimi örneklerinden biri olan "Beni Takip Et (Keep-Up-With-Me)" uygulaması, yemek yiyenleri yemek yeme hızlarına göre tabaklarını kaldırıp indirerek yeme ritimlerini eğlenceli bir şekilde koordine etmeye olanak tanıyan mekatronik bir yemek masasıdır (Mitchell vd., 2015). Bunun dışında "Yemek Takımı (DinnerWare)" uygulaması, duyusal olarak zenginleştirilmiş sensörler yardımı ile belirlenen yiyeceğin özelliklerine tepki vermek ve kullanıcının yeme hareketlerine yanıt vermek için elektronik olarak donatılmış bir yemek servisinden oluşur (Coelho, 2009). Teknolojiyle zenginleştirilmiş bir dondurma külahı olan "Dondurma Çığlığı (iScream)" aracı ise dondurmanın tüketim şekline göre her seferinde mekanizmadan farklı ses çıkması ile bireylerin yeme deneyimini daha eğlenceli bir hale getirmektedir (Wang vd., 2019). Mamagoto da Hindistan'daki bir restoranlar zinciridir ve gıda ile oyunu birleştiren menüler sunmaktadır (Altarriba Bertran vd., 2020). Restoranlardaki masalarda bulunan görsel-işitsel projeksiyonlar sayesinde yiyeceğe karşı merak oluşturularak duyusal deneyimler zenginleşmekte, özellikle çocukların yiyeceğe olan ilgileri arttırılmaktadır. Başka bir oluşum olan "Foodie" ise, insan-gıda etkileşimini geliştirmek için dijital gastronomi teknikleri ile hazırlanan yemek sunumlarına sosyal oyun kurgularını dahil eden bir girişimdir (Wei ve Cheok, 2012). Bunlara ek olarak Mueller vd. (2018), geliştirdikleri eğlenceli yeme teknolojisi kapsamında eğlenceli yemek yeme deneyimleri tasarlayarak misafirlerin yemek ile tatmini yüksek ilişkiler kurmalarını sağlamıştır. Chisik vd. (2018)'in gastroludoloji çalışması, insan-gıda etkileşimi çerçevesinde bireylerin yemek ile deneyimsel ilişkilerini artırmak için ilham verici tasarımların etkisini ön plana çıkaran girişimlerdir. Çalışmalardan anlaşıldığı gibi bireylerin sosyal katılım göstererek gerçekleştirdikleri yeme deneyimleri eğlenceli bir etkileşime dönüştüğü için kalıcılığı ve sürdürülebilirliği artmaktadır.

Altarriba Bertran vd. (2020), bireylerin geleneksel yemek yeme ritüellerini daha da kalabalık hale getirerek gıda ile oyun etkileşimini

artırmayı böylece yeme deneyiminden zevk alma seviyelerini yükseltmeyi amaçlamıştır. Çalışmada günlük aktivitelerdeki oyun potansiyellerini belirleyen "Situated Play Design" yöntemi kullanılarak İspanya'da bir festivalde yapılan büyük ölçekli paella pişirme etkinliğinde yer alan katılımcıların yeme deneyimlerinin kalıcı olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde İtalya'da toplu olarak gerçekleştirilen peynir yapım aktivitesinin bireylerin yeme eğilimini arttırdığı belirlenmiştir. Bunlardan paella pişirme etkinliği, yemek yapma sürecinde insanların birlikte çalışmasını ve paylaşımı teşvik ettiği için takım çalışması tasarımına ilham vermiştir. Peynir yapımı deneyimi ise el yapımı yiyeceklerin değerini ve bunların kişiselleştirilmiş deneyimler yaratabileceği fikrini benimsetmiştir. Genel değerlendirmede oyun kurgusunun sosyal katılım ve motivasyonel tasarımı güçlendirmesi sayesinde bireylerin yeme deneyimlerini iyileştirdiği belirlenmiştir.

Şekil Değiştirme Davranışı Üzerine Etkili Unsurlar

Gıdaların asidik ve bazik koşullara bağlı değişim özelliklerinden en dikkat çekeni şekil değiştirme davranışıdır. pH olarak da bilinen gıdaların asidik mi, nötr mü yoksa bazik mi olduğunu gösteren bu değere göre gıdalar üç ya da dört boyutlu olarak şekil değiştirebilir. Buna örnek olarak Kan vd. (2017), havuçtan yenilebilir kağıt üretmiş ve bu kağıtların pH değişimine bağlı içe doğru katlandığını gözlemlemiştir. Katlanmada limon suyu gibi düşük pH'lı sıvılar şekil değiştirme ajanı olarak kullanılmıştır. pH'ya bağlı şekil değişiminin kontrollü yapılabilmesi için kitosandan yararlanılmıştır. Yenilebilir kağıt kitosan ile kaplanarak pH düşüşüne bağlı gerçekleşen şekil değişimi yavaş ve gözlemlenebilir bir hale gelmiştir (Kan vd., 2017). Bir kitin türevi olan kitosan, ürünlerin şekil değiştirme özelliğini ortaya çıkarmak için en çok kullanılan materyaldir. Deniz kabuklularının (örneğin karides, yengeç veya karides) dış kabuklarından, mantarlardan ve böceklerden izole edilen biyopolimerdir. En yaygın olarak meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak için hazırlanan yenilebilir kaplamaların üretiminde kullanılır (Shiekh vd., 2013). Kitosan, amino gruplarının çapraz bağlanma reaksiyonu yoluyla amin (NH_2)'in, amonyak'a (NH_3^+) dönüşümü sayesinde düşük pH koşullarında şişebilir. Bu yolla gıdaların şeklini değiştirir. Reaksiyon, çözeltinin pH'sı artırılarak tersine de çevrilebilir (Yao vd., 1993). Şekil değiştirmede en iyi koşulların dışa katlanma için pH 3, içe katlanma için pH 8 olduğu söylenebilir (van Doleweerd vd., 2022). Kitosan asidik ortamda şekil değiştirir. Bunun için asetik asit kullanımı önerilir (Bégin ve Van Calsteren, 1999). Sirke, en az %4 asetik asit içerdiğinden bu işlemde yaygın olarak kullanılmaktadır (Food and Drug Administration, 2014).

Gıdaların şekil değiştirmesine yardımcı materyallerden biri de peynir altı suyu (whey) proteinidir. Kitosan ile kullanılan bu materyal çoğunlukla kaplama ve dolgu malzemesi görevi görerek gıda endüstrisindeki üretim süreçlerinde daha fazla sürdürülebilirlik ve verimlilik sağlamaktadır. Yang vd. (2022), kitosan ve peynir altı suyu proteininden oluşan biyo-mürekkeplerin 3D ve 4D baskı tekniği ile kullanımını denemiştir. Bunlardan kitosan, 3D baskıda yüksek düzeyde çözünürlük ve baskı hassasiyeti sağlarken, peynir altı suyu proteini ise 4D baskıda şekil değiştirme özelliği ile öne çıkmıştır.

Şekil Değiştiren Gıdalar

Şekil değiştiren gıdalar, yenilebilir ve yenilebilir olmayan olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Yenilebilir özellikte olan şekil değiştiren gıdalar insan-gıda etkileşimi unsurlarına bir örnektir. Yenilebilir özellikte olmayanlar ise gıda ambalajı ve depolama materyali olarak işlev görmektedir (Chen vd., 2020; Shao vd., 2021; Wang vd., 2017). Yenilebilir şekil değiştiren gıdalar, fiziksel ve kimyasal olarak şekil

değiştirebilir. Fiziksel şekil değiştiren gıda ısı, basınç veya nem gibi fiziksel bir uyarana yanıt olarak şeklini değiştirirken; kimyasal şekil değiştiren gıdalar pH farklılığına ya da enzimatik reaksiyona bir yanıt olarak şekil değiştirir (Huang vd., 2022). Gladman vd. (2016), Stapleton vd. (2019), Yao vd. (2015), Wang vd. (2017)'nin ürettiği suda pişirildiğinde şekil değiştiren makarna benzeri gıdalar fiziksel şekil değiştirmeye örnektir. Wang vd. (2017) bir dönüşebilir iştah örneği olarak makarna benzeri jelatin-selüloz bazlı filmler oluşturarak pişirme sırasındaki hidrasyon ile şekil değiştirmesini gözlemlemişlerdir. Tao vd. (2019) ise, "morphlour" olarak adlandırılan un bazlı materyallerin içerik ve desen özelliklerine bağlı olarak su (suyun yapıdan uzaklaştırılması ve suyun yapıya bağlanması yoluyla) ve ısı etkisi ile şekil değiştirmesini incelemiştir. Makarnada sırayla yumurta akı veya yulaf lifi eklemesiyle ya da makarna deseninde oluk eğiminin arttırılmasıyla kurutma ve haşlamada içe kıvrılmanın arttığı belirlenmiştir. Kimyasal şekil değiştirmeye ise van Doleweerd vd. (2022)'nın hazırladığı şeker pancarı, havuç ve vişne püresinin kağıt tabakaları haline getirilerek limon asidi etkisi (pH yanıtı olarak) ve kitosan yardımı ile kıvrılması örnektir.

Şekil değiştiren gıdaların üretilmesinde farklı baskı teknikleri kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı 3D baskı tekniğidir. 3D baskı, materyalin katman katman eklenerek dijital bir modelden 3D nesnelerin oluşturulduğu bir üretim teknolojisidir (Guo vd., 2023). Bilgisayar destekli bir tasarımı 3D baskı kullanarak 3D modele dönüştürmek veya var olan 3D modeli modifiye etmek mümkündür. 3D baskı tekniği farklı materyalleri işleme olanağı sunduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastik, metal, ahşap, seramik hatta insan dokusunu şekillendiren 3D baskı bir tasarımın düşük maliyetli prototipini yapmak için sağlıktan tasarıma mimariden sanat dünyasına kadar pek çok alanda kullanılmaktadır (Attaran, 2017; Campbell vd., 2011).

Wang vd. (2017), geleneksel yemek pişirme yöntemlerine, gıda şekillerinin 2D'den 3D'ye geçişini sağlayarak yenilikçi bir yaklaşım sunmayı amaçlamıştır. Bunun için çalışmada, geleneksel Çin yemeklerinden ilham alınarak pirinç kağıdı ve jöle benzeri bir madde kullanılmıştır. Materyallere katalizör eklenerek gıdaların şekil değiştirme özellikleri incelenmiştir. Uygulama sırasında katalizör-su etkileşimi ile gıdalarda hacim artışına bağlı olarak şekil değişikliği gözlemlenmiştir. Villafañe (2017) ise, selüloz türevleri ve kitosan ile kaplanan havuçların en uzun raf ömrüne sahip olduğunu belirlemiştir. Ayrıca gümüş nanopartiküller içeren aljinat kullanımının ürünün kaplama özelliklerini iyileştirdiğini ve raf ömrünü uzattığını (yaklaşık 2 ay) bildirmiştir. Nishihara ve Kakehi (2021), gıdaların şekil değiştirme özelliklerini izlemek için bir unlu mamul olan magaşi (magashi)'yi kullanmıştır. Çalışmada un, şeker, tuz, su ve bitkisel yağdan hazırlanan magashiye sodyum aljinat eklenerek ekstrüzyon tabanlı 3D baskı teknolojisi yoluyla istenilen şekil verilmiş ve (180 °C/15 dk) fırınlanarak şekil değiştiren magashi üretilmiştir.

4D baskı ise, 3D baskıdan daha ileri bir teknoloji olarak ürünlere zaman içinde şekil değiştirebilme yeteneği sağlayan bir üretim sürecidir (Guo vd., 2023). 4D baskı, 3D teknolojisindeki boyutlara ek olarak üretilen nesnelerin zamana ve çevresel faktörlere tepki verebilmesine olanak sağlar. 4D etkisi ile nem ve ısıya maruz kalan materyalin şekli ve diğer bazı fiziksel özellikleri değişebilir. Örneğin Chen vd. (2021), pigment ile kaplanmış lotus kökü jeli (lotus kökü tozunun su ekstraktı) kullanılarak 4D baskı yöntemiyle elde edilen materyalin renk değiştirme özelliklerini incelemiştir. Sonuçlara göre pH değeri arttıkça lotus kökü bileşik pigment jelinin renginde değişiklik olduğu gözlemlen-

miş; jelin rengi pH 1-5 arasında kırmızı iken; pH 6'da mora, pH 7-8 arasında mavimsi yeşile, pH 9'da yeşilimsi sarıya, pH 10-11 arasında turuncumsu sarıya ve pH 12-13 arasında sarımsı renge dönmüştür. Jelin en kararlı olduğu aralığın pH 7-8 olduğu, en hızlı renk değişiminin ise pH 1-5 arasında olduğu belirlenmiştir. 4D teknolojisi; gıda üretiminden başka mimari, tıp, moda, endüstriyel tasarım gibi birçok sektörde de kullanılmaktadır (Guo vd. 2023; Yang vd., 2022).

Liu vd. (2021) yenilebilir jel yapıların 4D baskı teknolojisi kullanılarak üretilebileceğini ve dehidrasyon ile şekil değiştirebileceğini göstermiştir. Materyallerin bükülme (şekil değiştirme) derecesinin suyun buharlaşma miktarı ve dokunun büzülme oranı ile arttığı fakat dielektrik sabiti kayıp faktörü (ε'') ile ters orantılı olarak değiştiği belirlenmiştir. Jellere uygulanan farklı ısıl işlemlerin (mikrodalga veya hava ile) şekil değiştirme hızına, derecesine ve yönüne etki ettiği belirlenmiştir. Mikrodalganın hızlı kurutma ve içten ısıtma özelliğinin materyalin bükülme yeteneğini azalttığı, hava ile ısıtmanın (geleneksel yöntem) ise iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Liu vd., 2021). Van Doleweerd vd. (2022) ise, pH'ya duyarlı olarak şekil değiştiren gıdaların hazırlama ve yemek menülerine dahil edilme süreçlerini incelemiştir. Çalışmada farklı konseptleri benimsemiş şeflerin katılımı ile gerçekleştirilen paneller sayesinde şekil değiştiren gıda materyallerinin en temel kullanımlarını anlatan kılavuzlar geliştirilmiştir. Bu kılavuzlarda ayrıca materyallerin avantaj, dezavantajları ve kullanımı için gerekli teknik becerilerine yer verilmiştir. Kılavuzların asıl amacı gıda işleyicilerinin, pH'ya duyarlı şekil değiştiren gıdaları kullanarak yaratıcı ve etkileyici sunumlar yapmalarını sağlamaktır.

Şekil değiştiren gıdaların etkileyici sunumlarının yapıldığı restoranlardan biri Alchemist'tir. Restoran Alchemist, insan-bilgisayar etkileşimine dayalı bir menü seçeneği sunmaktadır. Misafirler, restoranın bilgisayar arayüzü ile etkileşime geçerek menü öğelerini seçebilir ve yemeklerin nasıl hazırlandığını görebilirler. Bu hizmet, müşterilerin yemekler hakkında daha fazla bilgi sahibi olmalarına ve bütüncül yeme deneyimleri yaşamalarına yardımcı olur (van Doleweerd ve Bruns Alonso, 2023). Söz konusu bütüncül yeme deneyimi yemeğin hazırlanmasından servis edilmesine kadarki süreci ve bu sürecin eşlikçileri olan restoran atmosferi, servis kalitesi, müzik seçimi ve dekorasyonu gibi unsurları da kapsamaktadır (Liu ve Tse, 2018; Mistar vd., 2020; Pecotić vd., 2014; Tüzünkan ve Albayrak, 2016).

Şekil Değiştiren Gıdalara Örnek Uygulamalar

Gıdaların şekil değiştirmesinde kullanılan materyallerden en yaygın olanları havuç ve şeker pancar püresidir (Liu vd., 2021; Tao vd. 2019; van Doleweerd vd. 2022; Wang vd. 2017). Tavsiye edilen püre formülasyonları; (1) %100 havuç, (2) %50 pancar ve %50 havuç, (3) %75 pancar ve %25 havuç ya da (4) %100 pancardır. Xuerong vd. (2003) havuç, sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$), nişasta, gliserol, sodyum aljinat, agar ve karboksimetil selüloz (CMC) karışımı ile yenilebilir kağıt oluşturmuştur. Uygulamada artan CMC ve aljinat konsantrasyonuna göre limon suyu etkisi ile azalan pH'ya yanıt olarak iki taraflı bükülmenin gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bükülme sonucunda boru şeklini alan kağıdın kısa sürede eski haline dönmesi nedeni ile katlanma dayanıklılığı zayıf bulunmuştur. Katlanma yardımcısı ajanların pH reaktivitesi ve materyalin katlanabilirlik yeteneği arasında bir bağlantı olduğu ayrıca katlanma dayanıklılığının sağlanması için işlem parametrelerinin optimize edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Son denemelerde havuç püresinin katlanabilirlik yeteneği %1 aljinat eklemesi ile güçlendirilebilmiştir.

Şekil değiştiren gıdalar hazırlanırken ana materyal olarak püre kullanılması, hem atık maddelerin değerlendirilmesine olanak sağlamakta hem de materyal şekillendirmesinde kararlılık oluşturmaktadır. Yardımcı maddelerde ise en iyi sonuç kitosan kullanılan örneklerde bulunmuştur (Mizrahi vd., 2016). Yenilebilir pH-reaktif materyallerin kullanıldığı çalışmalarda kitosanın tercih edilmesi ile lezzetin uzun süre tutundurulması sağlanmıştır. Böylece yeme deneyimi duyusal olarak geliştirilmiştir. Kitosanın en iyi konsantrasyonu %6 [w/v] olarak belirlenmiştir (Yao vd., 1993). Daha yüksek kitosan konsantrasyonlarında, daha viskoz bir çözelti elde edildiği için kurutulan filmin şekil değiştirme özelliğinin zayıfladığı gözlemlenmiştir. Daha düşük konsantrasyonlarda ise materyalin pH değişimine duyarlılığı artmakta ve şişme derecesi yükselmekte, materyal şekil değiştirmeye başlamaktadır (Yao vd., 1993). Düşük kitosan konsantrasyonlarında tek kat kitosan baskısının şekil değişimi oluşturmadığı durumlarda ikinci kat 3D kitosan baskı uygulamasına ihtiyaç duyulmuştur (van Doleweerd vd., 2022).

Van Doleweerd vd. (2022) şekil değiştiren gıda hazırlamak için 1 kg havuç, 10,8 g aljin, 0,9 g agar, 0,9 g CMC-Na, 7,2 g buğday nişastası, 27 g gliserin ve 300 mL su kullanmıştır. İlk olarak havuç haşlanmıştır. Ardından mutfak mikseri (Philips, HR2094/00, Shenzhen, China) ile püre haline getirilmiştir. Agar, aljin ve CMC-Na su eklenerek kaynatılmıştır. Su ile açılmış üç yemek kaşığı nişasta ve gliserol de eklenerek mutfak mikserinde karıştırılmıştır. Elde edilen karışım, ince elekten geçirilerek pürüzsüz hale getirildikten sonra gece aşırı buzdolabında (+4 °C) bekletilmiştir. Ardından soğutulan pürelerin levha halinde olması için düz bir silikon kalıba 1 mm'den daha az kalınlıkta yayılmıştır. Yayılmış püreler, 40 °C'de kuruyana kadar (15 dk aralıklarla kontrol edilerek yaklaşık 1 saat) bekletilmiştir. Kurutulmuş püre levhalar üzerine 3D yazıcı kullanılarak kitosan çözeltisi ile desen verilmiştir. Kitosan uygulanan levhalar yine 40 °C'deki kurutucuda kuruması için (yaklaşık 30 dk) bekletilmiştir. Tek kitosan katmanı ile kıvrılmayan levhalara ilk çözelti baskısının kuruması beklendikten sonra ikinci baskı işlemi uygulanmıştır. Hazırlanan kitosanlı levhalar silikon kalıplarından çıkarılmış ve kurutucuda 5 saat daha kurumaya bırakılmıştır. Kurutucudan alınan ürünlerin en iyi kıvrılma yeteneğine ulaşması için oda sıcaklığında 4 gün bekletilmiştir. Ardından istenen desende lazer kesici ile kesilmiştir (van Doleweerd vd., 2022). Bu işlemde kullanılan kitosan çözeltisini hazırlamak için 100 g elma sirkesi, 100 g su, 12 g kitosan tozu kullanılmıştır. Hazırlık aşamasında ilk olarak kitosan ve su karıştırılmıştır. Sirke eklenmiş ve kitosan eriyene kadar karıştırılmıştır. Hazırlanan çözelti gece aşırı buzdolabında bekletilmiş böylece yoğunlaşması sağlanarak kalite kaybı yaratacak hava kabarcıklarının yok olması sağlanmıştır (van Doleweerd vd., 2022). Cheeyattil vd. (2023) ise, arpa unu ksenojeli ile oleomorfik 3D şekil değiştirme üzerine çalışmıştır. Buna göre farklı sıcaklık (60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, 100 °C) ve arpa unu oranlarında (%2, %4, %6, %8) hazırlanan ksenojellerin, 3D şekil değiştirme için uygun olduğu belirlenmiştir. En iyi programlanmış şekil değiştirme özellikleri 70 °C'de (en iyi jelatinizasyon sıcaklığı) ve %6 arpa unu katkılı örneklerde gözlemlenmiştir. Guo vd. (2023), 4D baskı yöntemi ile üretilen yulaf unu hamurunun şekil değiştirme özelliklerini izole soya proteini ile iyileştirilmeye çalışmıştır. Buna göre %0, %1, %3, %5 oranlarında eklenen soya izolatı, gerilme özelliğini artırarak yulaf hamurunun kelebek şeklinde bükülmesini sağlamıştır. Bulgular, 4D baskı ile üretilen gıdaların işlevselliğini ve dayanıklılığını artırmak için protein bazlı bileşenlerin kullanımının faydalı olabileceğini göstermiştir. Shi vd. (2022) ise, patates püresi ve oleojel kullanarak 4D baskı yöntemiyle mikrodalga yardımı ile gerçekleşen deformasyonları incelemiştir. Buna

göre, %3, %4, %5 (w/w) kullanılan patates püresi ve %8, %9, %10 oleojel eklenen konsantrasyonlar için mikrodalga işlemi (200 W/20 s) uygulanmış ve tüm kombinasyonlarda şekil değişikliği gözlemlenmiştir. Mikrodalga işlemi, diğer ısıtma yöntemlerinden farklı olarak içten dışa bir ısıtma gerçekleştirdiği için iç kısımlardaki şekil değişikliğinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç

Gastronomide oyun kurgusunun insan-gıda etkileşimini geliştirerek yeme deneyimlerini zenginleştireceği öngörülmektedir. Yemeğe eşlik eden kişinin keyif alacağı aktivitelerin düzenlenmesi oyun kurgusu kapsamında incelenmektedir. Şekil değiştiren gıdalar bunlardan biridir ve tüketici tercihlerini karşılamaya yönelik olarak kişiye özel sunum için hazırlanmaktadır. Yaratıcı, estetik, cezbedici ve eğlenceli bir yeme deneyimi oluşturduğu için bu gıdalar üretici ve tüketicilerin ilgisini çekmektedir. Gıdaların şekil değiştirme davranışını kullanarak yemeklerin sunumu, yemek pişirme ve yeme deneyimi daha keyifli hale gelebilir. Bu sayede aynı ürünü kullanarak dönüşebilir iştah yaratmak mümkündür. Şekil değiştiren gıdalarda en çok kullanılan ana materyal havuç ve şeker pancarı püresidir. En iyi karışım oranı ise %50-%50'dir. Çevresel koşullar açısından şekil değiştirmeye en çok etki eden faktör gıdaların asit-baz özelliğidir (pH değeri). Buna göre en iyi değişim pH 3 civarında dışa açılma, pH 8'de ise içe kapanma şeklinde gözlemlenmiştir. Çalışmalarda kontrollü bir şekil değişimi için yardımcı ajanlar kullanılmıştır. En yaygın olanları sırasıyla kitosan, karboksimetil selüloz ve sodyum aljinattır. Şekil değiştiren gıda hazırlığındaki işlemler, yüksek hassasiyet ile yapılması gerektiğinden ve son ürünün homojen olma gereksiniminden dolayı 3D baskı tekniği kullanılmaktadır. 3D ve 4D baskı gibi dijital üretim tekniklerinin geleneksel mutfaklarda uygulanılabilmesi ve tasarım parametrelerinin şefler tarafından kişiselleştirilmesine olanak tanıması nedeni ile kullanımı yaygınlaşmıştır. 3D'den farklı olarak 4D teknolojisi ile zamana bağlı şekil değiştiren materyalleri elde etmek mümkün olmuştur. Bu sayede gıdaların kişinin tüketim anına göre programlanabilir şekil değiştirme davranışları denenebilmiştir. Değişen sıcaklık, nem ve pH değerlerinde şekil değiştiren gıdaların yemek sunumlarında kullanılması, yeme deneyiminde oyun kurgusunun oluşmasını sağlayarak gastronomiye bağlı misafir memnuniyetinin oluşmasına katkıda bulunacaktır. Bu nedenle gıda maddelerinin çevre koşullarına bağlı değişen davranışlarını belirleyen daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Önceki çalışmalarda farklı ısıl işlemler kullanılmış olması nedeni ile ileride yapılacak çalışmalarda materyallerin sıcaklık değişimi olmayan koşullardaki davranışlarını gözlemlemek faydalı olabilir. Ayrıca bu alanda yapılan tüm çalışmalar yeni bir oluşum olan düşük gıda hareketine (Low Food akımı) öncülük edecektir. Bu akım ile gıda hazırlamada sürdürülebilirlik ve kapsayıcılık (bütüncül yaklaşım) temalarının daha çok kullanılacağı öngörülmektedir.

Kaynakça

Alcântara, C. M. de, Silva, A. N. S., Pinheiro, P. N. da C., Queiroz, M. V. O. (2019). Digital technologies for promotion of healthy eating habits in teenagers. *Revista Brasileira de Enfermagem*, *72*, 513–520. https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0352

Altarriba Bertran, F., Duval, J., Márquez Segura, E., Turmo Vidal, L., Chisik, Y., Juanet Casulleras, M., Garcia Pañella, O., Isbister, K., Wilde, D. (2020). Chasing play potentials in food culture: learning from traditions to inspire future human-food interaction design. R. Wakkary, K. Andersen, W. Odom, A. Desjardins, M. Graves Petersen (Ed.), *Proceedings of the 2020 ACM Designing Interactive Sys-*

tems Conference içinde (s. 979–991). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3357236.3395575

Altarriba Bertran, F., Jhaveri, S., Lutz, R., Isbister, K., Wilde, D. (2019a). Making sense of human-food interaction. S. Brewster, G. Fitzpatrick, A. Cox, V. Kostakos (Ed.), *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* içinde (s. 1–13). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3290605.3300908

Altarriba Bertran, F., Wilde, D., Berezvay, E., Isbister, K. (2019b). Playful human-food interaction research: state of the art and future directions. B. Schouten, P. Markopoulos, Z. Toups, P. Cairns, T. Bekker (Ed.), *Proceedings of the Annual Symposium on Computer- Human Interaction in Play* içinde (s. 225–237). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3311350.3347155

Arif, Z. U., Khalid, M. Y., Zolfagharian, A., Bodaghi, M. (2022). 4D bioprinting of smart polymers for biomedical applications: Recent progress, challenges, and future perspectives. *Reactive and Functional Polymers*, *179*, 105374. https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2022.105374

Armon, S., Efrati, E., Kupferman, R., Sharon, E. (2011). Geometry and mechanics in theOpening of Chiral Seed Pods. *Science*, *333*(6050), 1726–1730. https://doi.org/10.1126/science.1203874

Attaran, M. (2017). The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons*, *60*(5), 677–688. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.05.011

Batat, W. (2021). How augmented reality (AR) is transforming the restaurant sector: Investigating the impact of "Le Petit Chef" on customers' dining experiences. *Technological Forecasting and Social Change*, *172*, 121013. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121013

Bégin, A., Van Calsteren, M.-R. (1999). Antimicrobial films produced from chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, *26*(1), 63–67. https://doi.org/10.1016/S0141-8130(99)00064-1

Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., Garrett, B. (2011). *Could 3D printing change the world*. Atlantic Council. https://www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2011/10/101711_ACUS_3DPrinting.PDF

Chai, J. J. K., O'Sullivan, C., Gowen, A. A., Rooney, B., Xu, J.-L. (2022). Augmented/mixed reality technologies for food: A review. *Trends in Food Science and Technology*, *124*, 182–194. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.021

Cheeyattil, S., Rajan, A., Stephen, J., Radhakrishnan, M. (2023). Study on the optimizationof barley flour xerogel and its programed oleomorphic 3D shape-shifting. *Journal of Food Process Engineering*, *46*(1), e14197. https://doi.org/10.1111/jfpe.14197

Chen, C., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Phuhongsung, P. (2021). Investigation of 4D printing of lotus root-compound pigment gel: Effect of pH on rapid colour change. *Food Research International*, *148*, 110630. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110630

Chen, Y., Zhang, Y., Jiang, L., Chen, G., Yu, J., Li, S., Chen, Y. (2020). Moisture molecule migration and quality changes of fresh wet noodles dehydrated by cold plasma treatment. *Food Chemistry*, *328*, 127053. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127053

Chisik, Y., Pons, P., Jaen, J. (2018). Gastronomy meets ludology: Towards a definition of

what it means to play with your (digital) food. F. Mueller, D. Johnson, B. Schouten, Z. O. Toups, P. Wyeth (Ed.), *Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts içinde* (s. 155–168). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3270316.3272056

Choi, J. H., Foth, M., Hearn, G. (2014). *Eat, Cook, Grow: Mixing Human-Computer Interactions with Human-Food Interactions.* MIT Press.

Coelho, M. (2009). DinnerWare: Why playing with food should be encouraged. D. R. Olsen, K. Hinckley, M. R. Morris, S. Hudson, S. Greenberg (Ed.), *Proceedings of the CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* içinde (s. 3505–3506). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/1520340.1520514

Deng, J., Olivier, P., Andres, J., Ellis, K., Wee, R., Floyd Mueller, F. (2022). Logic bonbon: Exploring food as computational artifact. S. Barbosa, C. Lampe, C. Appert, D. A. Shamma, S.Drucker, J. Williamson, K. Yatani (Ed.), *Proceedings of the CHI'22 Conference on Human Factors in Computing Systems* içinde (s. 1–21). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3491102.3501926

Deng, J., Wang, Y., Velasco, C., Altarriba Altarriba Bertran, F., Comber, R., Obrist, M., 'Floyd'Mueller, F. (2021). The future of human-food interaction. Y. Kitamura, A. Quigley, K.Isbister, T. Igarashi (Ed.), *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* içinde (s. 1–6). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3411763.3441312

Elbaum, R., Zaltzman, L., Burgert, I., Fratzl, P. (2007). The role of wheat awns in the seed dispersal unit. *Science*, *316*(5826), 884–886. https://doi.org/10.1126/science.114009

Erb, R. M., Sander, J. S., Grisch, R., Studart, A. R. (2013). Self-shaping composites with programmable bioinspired microstructures. *Nature Communications*, *4*(1), 1712. https://doi.org/10.1038/ncomms2666

Food and Drug Administration (2014). CPG Sec. 525.825 Vinegar, Definitions—Adulteration with Vinegar Eels. SilverSpring, MD, USA: US Food and Drug Administration. https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/cpg-sec-525825-vinegar-definitions-adulteration-vinegar-eels

Ferdous, H. S., Vetere, F., Davis, H., Ploderer, B., O'Hara, K., Comber, R., Farr-Wharton, G. (2017). Celebratory technology to orchestrate the sharing of devices and stories during family mealtimes. G. Mark, S. Fussell, C. Lampe, M. C. Schraefel, J. P. Hourcade, C. Appert, D. Wigdor (Ed.), *Proceedings of the CHI '17 Conference on Human Factors in Computing Systems* içinde (s. 6960–6972). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3025453.3025492

Gladman, A. S., Matsumoto, E. A., Nuzzo, R. G., Mahadevan, L., Lewis, J. A. (2016). Biomimetic 4D printing. *Nature Materials*, *15*(4), 413–418. https://doi.org/10.1038/nmat4544

Grimes, A., Harper, R. (2008). Celebratory technology: New directions for food research in HCI. M. Czerwinski, A. Lund, D. Tan (Ed.), *CHI '08: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* içinde (s. 467–476). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/1357054.1357130

Guo, J., Zhang, M., Li, J., Fang, Z. (2023). Using soy protein isolate to improve the deformation properties of 4D-printed oat flour but-

terfly. *Food and Bioprocess Technology*, 1– 12. https://doi.org/10.1007/s11947-023-02994-6

Guo, Q., Dai, E., Han, X., Xie, S., Chao, E., Chen, Z. (2015). Fast nastic motion of plants and bioinspired structures. *Journal of The Royal Society Interface*, *12*(110), 20150598. https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0598

Gupta, V., TK, R. G., Stephen, J., Radhakrishnan, M. (2020). Cold plasma-assisted shape-shifting of a flat two-dimensional wheat xerogel and its morphological behavior. *Journal of Food Process Engineering*, *43*(9), e13456. https://doi.org/10.1111/jfpe.13456

Hirst, L. S. (2019). *Fundamentals of Soft Matter Science*. CRC Press.

Huang, X., Ge, X., Zhou, L., Wang, Y. (2022). Eugenol embedded zein and poly(lactic acid)film as active food packaging: Formation, characterization, and antimicrobial effects. *Food Chemistry*, *384*, 132482. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132482

Kan, V., Vargo, E., Machover, N., Ishii, H., Pan, S., Chen, W., Kakehi, Y. (2017). Organic primitives: Synthesis and design of pH-reactive materials using molecular I/O for sensing, actuation, and interaction. G. Mark, S. Fussell, C. Lampe, M.C. Schraefel, J. P. Hourcade, C. Appert, D. Wigdor (Ed.), *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* içinde (s. 989–1000). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3025453.3025952

Katifori, E., Alben, S., Cerda, E., Nelson, D. R., Dumais, J. (2010). Foldable structures and the natural design of pollen grains. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(17), 7635–7639. https://doi.org/10.1073/pnas.0911223107

Kaura, V., Durga Prasad, Ch. S., Sharma, S. (2015). Service quality, service convenience, price and fairness, customer loyalty, and the mediating role of customer satisfaction. *International Journal of Bank Marketing*, *33*(4), 404–422. https://doi.org/10.1108/IJBM-04-2014-0048

Khot, R. A., Mueller, F. (2019). Human-food interaction. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, *12*(4), 238–415. http://dx.doi.org/10.1561/1100000074

Liu, P., Tse, E. C.-Y. (2018). Exploring factors on customers' restaurant choice: An analysis of restaurant attributes. *British Food Journal*, *120*(10), 2289–2303. https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2017-0561

Liu, Z., He, C., Guo, C., Chen, F., Bhandari, B., Zhang, M. (2021). Dehydration-triggered shape transformation of 4D printed edible gel structure affected by material property and heating mechanism. *Food Hydrocolloids*, *115*, 106608. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106608

Lu, C., Berchoux, C., Marek, M. W., Chen, B. (2015). Service quality and customersatisfaction: Qualitative research implications for luxury hotels. *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research*, *9*(2), 168–182. https://doi.org/10.1108/IJCTHR- 10-2014-0087

Mahdavinia, G. R., Pourjavadi, A., Hosseinzadeh, H., Zohuriaan, M. J. (2004). Modified chitosan 4. Superabsorbent hydrogels from poly(acrylic acid-co-acrylamide) grafted chitosan with salt- and pH-responsiveness properties. *European Polymer Journal*, *40*(7), 1399–1407. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2004.01.039

Mehta, Y. D., Khot, R. A., Patibanda, R., Mueller, F. (2018). Arm-a-dine: Towardsunderstanding the design of playful embodied eating experiences. F. Mueller, D. Johnson, B. Schouten,

Z. O. Toups, P. Wyeth (Ed.), *Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* içinde (s. 299–313). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3242671.3242710

Mistar, N. A., Sulaiman, R., Che Din, N. B. (2020). A conceptual framework for acoustic comfort classification in eatery places: Critical reviews of the determining factors. *Acoustics Australia*, *48*(3), 337–348. https://doi.org/10.1007/s40857-020-00204-3

Mitchell, R., Papadimitriou, A., You, Y., Boer, L. (2015). Really eating together: A kinetic table to synchronise social dining experiences. S. Nanayakkara, E. Y.-L. Do, J. Rekimoto, J. Huber, B.-Y. Chen (Ed.), *Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference* içinde (s. 173–174). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2735711.2735822

Mizrahi, M., Golan, A., Mizrahi, A. B., Gruber, R., Lachnise, A. Z., Zoran, A. (2016). Digital gastronomy: Methods and recipes for hybrid cooking. J. Rekimoto, T. Igarashi, J. O. Wobbrock, D. Avrahami (Ed.), *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology* içinde (s. 541–552). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2984511.2984528

Moser, C., Tscheligi, M. (2013). Playful taste interaction. J. P. Hourcade (Ed.), *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children* içinde (s. 340–343). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2485760.2485828

Mueller, F. "Floyd", Kari, T., Khot, R., Li, Z., Wang, Y., Mehta, Y., Arnold, P. (2018). Towards experiencing eating as a form of play. F. Mueller, D. Johnson, B. Schouten, Z. O. Toups, P. Wyeth (Ed.), *Extended Abstracts: Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts* içinde (s. 559–567). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3270316.3271528

Musa, G., Thirumoorthi, T. (2011). Red palm: Exploring service quality and servicescape of the best backpacker hostel in Asia. *Current Issues in Tourism*, *14*(2), 103–120. https://doi.org/10.1080/13683500903511125

Nishihara, Y., Kakehi, Y. (2021). Magashi: Fabrication of shape-changing edible structures by extrusion-based printing and baking. C. Sas, N. Maiden (Ed.), *Proceedings of the 13th Conference on Creativity and Cognition* içinde (s. 1–12). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3450741.3465388

Ojo, O. (2010). The relationship between service quality and customer satisfaction in the telecommunication industry: Evidence from Nigeria. BRAND. *Broad Research in Accounting, Negotiation, and Distribution*, 1(1), 88-100.

Pecotić, M., Bazdan, V., Samardžija, J. (2014). Interior design in restaurants as a factor influencing customer satisfaction. *RIThink*, *4*, 10–14.

Reyssat, E., Mahadevan, L. (2009). Hygromorphs: From pinecones to biomimetic bilayers. *Journal of The Royal Society Interface*, *6*(39), 951–957. https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0184

Spence, C. (2017). *Gastrophysics: The New Science of Eating.* Viking.

Shao, P., Liu, L., Yu, J., Lin, Y., Gao, H., Chen, H., Sun, P. (2021). An overview of intelligent freshness indicator packaging for food quality and safety monitoring. *Trends in Food Science and Technology*, *118*, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.012

Shi, Y., Zhang, M., Phuhongsung, P. (2022). Microwave-induced spontaneous deformation of purple potato puree and oleogel in 4D printing. *Journal of Food Engineering*, *313*, 110757. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110757

Shiekh, R. A., Malik, M. A., Al-Thabaiti, S. A., Shiekh, M. A. (2013). Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. *Food Science and Technology Research*, *19*(2), 139–155. https://doi.org/10.3136/fstr.19.139

Stapleton, S. E., Kaufmann, D., Krieger, H., Schenk, J., Gries, T., Schmelzeisen, D. (2019). Finite element modeling to predict the steady-state structural behavior of 4D textiles. *Textile Research Journal*, *89*(17), 3484–3498. https://doi.org/10.1177/0040517518811948

Tao, Y., Do, Y., Yang, H., Lee, Y.-C., Wang, G., Mondoa, C., Cui, J., Wang, W., Yao, L. (2019). Morphlour: Personalized flour-based morphing food induced by dehydration or hydration method. F. Guimbretière, M. Bernstein, K. Reinecke (Ed.), *Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* içinde (s. 329–340). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3332165.3347949

Thomas, J. G., Bond, D. S. (2014). Review of innovations in digital health technology to promote weight control. *Current Diabetes Reports*, *14*(5), 485. https://doi.org/10.1007/s11892-014-0485-1

Tuzunkan, D., Albayrak, A. (2016). The importance of restaurant physical environment for Turkish customers. *Journal of Tourism Research and Hospitality*, *5*(1). http://dx.doi.org/10.4172/2324-8807.1000154

Van Doleweerd, E., Altarriba Bertran, F., Bruns, M. (2022). Incorporating shape-changing food materials into everyday culinary practices: Guidelines informed by participatory sessionswith chefs involving edible pH-responsive origami structures. D. Saakes, J. Eune, A. Esteves, Y. -W. Park, A. Girouard (Ed.), *Sixteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* içinde (s. 1–14). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3490149.3501315

Van Doleweerd, E., Bruns Alonso, M. (2023). The creation of a holistic interactive dining experience with shape-changing food materials at restaurant Alchemist. A. Nowak, E. Hornecker, P. W. Woźniak (Ed.), *Proceedings of the Seventeenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* içinde (s. 1–13). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3569009.3572791

Velasco, C., Altarriba Bertran, F., Obrist, M., Wang, Y., Mueller, F. 'Floyd', Deng, J. (2023). Editorial: The future of human-food interaction. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 100739. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100739

Villafañe, F. (2017). Edible coatings for carrots. *Food Reviews International*, *33*(1), 84–103. https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1150291

Wang, W., Yao, L., Zhang, T., Cheng, C.-Y., Levine, D., Ishii, H. (2017). Transformative appetite: Shape-changing food transforms from 2D to 3D by water interaction through cooking. G. Mark, S. Fussell, C. Lampe, M. C. Schraefel, J. P. Hourcade, C. Appert, D. Wigdor (Ed.), *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (s. 6123–6132). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3025453.3026019

Wang, Y., Li, Z., Jarvis, R. S., Russo, A., Khot, R. A., Mueller, F. "Floyd". (2019). Towardsun-

derstanding the design of playful gustosonic experiences with ice cream. B. Schouten, P. Markopoulos, Z. Toups, P. Cairns, T. Bekker (Ed.), *Proceedings of the Annual Symposium onComputer-Human Interaction in Play*, (s. 239–251). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3311350.3347194

Wei, J., Cheok, A. D. (2012). Foodie: Play with your food promote interaction and fun with edible interface. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, *58*(2), 178–183. https://doi.org/10.1109/TCE.2012.6227410

Xuerong, W., Jianquan, K., Zongdao, C. (2003). Preparation of edible carrot paper. *Food and Fermentation Industries*, *29*, 63–65.

Yang, W., Tu, A., Ma, Y., Li, Z., Xu, J., Lin, M., Zhang, K., Jing, L., Fu, C., Jiao, Y. (2022). Chitosan and whey protein bio-inks for 3D and 4D printing applications with particular focus on food industry. *Molecules*, *27*(1), 173. https://doi.org/10.3390/molecules27010173

Yao, K. D., Peng, T., Goosen, M. F. A., Min, J. M., He, Y. Y. (1993). pH-sensitivity of hydrogels based on complex forming chitosan: Polyether interpenetrating polymer network. *Journal of Applied Polymer Science*, *48*(2), 343–354. https://doi.org/10.1002/app.1993.070480218

Yao, L., Ou, J., Cheng, C.-Y., Steiner, H., Wang, W., Wang, G., Ishii, H. (2015). BioLogic: natto cells as nanoactuators for shape changing interfaces. B. Begole, J. Kim, K. Inkpen, W. Woo (Ed.), *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* içinde (s. 1–10). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2702123.2702611

Zhong, K., Fernandes Minori, A., Wu, D., Yang, H., Islam, M. F., Yao, L. (2023). EpoMemory: Multi-state shape memory for programmable morphing interfaces. A. Schmidt, K. Väänänen, T. Goyal, P. O. Kristensson, A. Peters, S. Mueller, J. R. Williamson, M. L. Wilson(Ed.), *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* içinde (s.1–15). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3544548.3580638