

BÖLÜM 7

HESAPLAMALI GASTRONOMİ

Dr. Öğr. Üyesi Tolga HAYIT¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8200835>

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye, tolga.hayit@bozok.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5367-7988

GİRİŞ

Gastronomi bilimi, genellikle sanatsal bir çalışma alanı olarak kabul edilmektedir. Buna karşın gastronominin mutfak verilerini içermesi nedeniyle bu verilerin incelenmesi için gereken hesaplamalı yöntemlere olan ihtiyaç, gastronomi biliminin sanatsal bakış açısını değiştirmektedir. Gastronomide yemek yapmak, yemek yapmanın önemli noktalarını anlamak, neden yemek yediğimizi anlamak, tüketilen yemek lezzetinin moleküler temelini ne olduğunu bilmek, sağlıklı ve lezzetli tariflerin nasıl oluşturulduğunu bilmek gibi benzer soruların cevaplarını almak için bu alanda veri ve hesaplama konusunda önemli bir temele ihtiyacı olduğu görülmektedir (Goel ve Bagler, 2022). Gıda kullanımı, gıda kimyası ve duyuşsal verilerin varlığı hesaplamalı gastronomi gibi disiplinlerin varlığını gerektirmektedir (Ahnert, 2013).

Hesaplamalı gastronomi, gıda, veri ve hesaplamayı harmanlayarak oluşturulmuş, matematiksel ve bilgisayar tabanlı yöntemlerin gastronomi ve gıda dünyasına uygulandığı yeni bir alandır. Gıdanın tat, aroma, çeşni, gıda içeriği, doku ve pişirme yöntemleri gibi çeşitli yönleri arasındaki ilişkilerini araştıran çalışmalar sonucunda hesaplamalı gastronomi ile mutfak kreasyonları, gıda içeriği ve yemek tarifleri oluşturmada teknolojinin kullanımı gibi çeşitli yönler arasında önemli bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Shukla ve Ailawadi, 2019).

Hesaplamalı gastronominin çözmeye çalıştığı problemlerin araştırılması için veri alanında güçlü bir temel gerekmektedir. Günümüz teknolojileri ile veri biliminin ve veri kullanımının farklı alanlarda (hava tahmini, yüz tanıma, dijital profilleme vb.) başarılı bir şekilde kullanıldığı açıktır (Hassani ve Silva, 2015; Arya vd., 2015; Yuan ve Jia, 2021). Bununla birlikte gıda ve gastronomi kapsamında da veri odaklı geniş bir çalışma alanı bulunmaktadır (Granato vd., 2014; Min vd., 2019).

Bu çalışma, hesaplamalı gastronomi kapsamında bazı önemli başlıkları derleyerek bu alanda mevcut bazı önemli çalışmalarını ortaya koymaktadır.

1. VERİ SETLERİ

Günümüz web ve sosyal media teknolojileri kapsamında bireyler tarafından okunabilir tarifleri göz önüne seren çok sayıda web sitesi (instagram.com/nefisyemektarifleri, nefisyemektarifleri.com, yemek.com, ye-mek.net ve lezzet.com.tr gibi) bulunmaktadır. Bu ortamlar farklı tarifleri sunarak kültürel birlikteliğe katkı sağlasa da durum akademik boyutta ele alındığında daha karmaşık problemlere cevap verebilen yapılandırılmış derlemelerin eksikliği görülmektedir.

Gıdaların veri odaklı bir bakış açısıyla incelenmesi için iyi düzenlenmiş ve yapılandırılmış güvenilir veri kaynaklarına ihtiyaç bulunmaktadır. Doğal dil işleme içeren modeller, tarif metinlerinden elde edilen bu verileri (miktar, sıcaklık, tekstür verileri vb.) kullanarak olaya farklı bir bakış açısı sağlamaktadır.

Batra vd. (2020) tarafından RecipeDB (<https://cosylab.iiitd.edu.in/recipeadb>), lezzet profilleri ve sağlık ilişkileri ile bağlantılı tarifler, malzemeler ve beslenme profillerinin yapılandırılmış verilerini içeren bir veri seti oluşturulmuştur. Veri seti, dünyanın çeşitli ülkelerinin (6 kıta, 74 ülke) mutfaklarında 20.262'den fazla farklı malzemenin harmanlanmasıyla, 268 farklı işlem (ısıtma, pişirme, kaynatma, fırınlama vb.) kullanılarak pişirilen 118.171 adet tarifin derlenmesinden oluşmaktadır. Oluşturulan kaynak, farklı uygulamalar için lezzet profili, sağlık ve beslenme ile bağlantılı gastronomi alanında yapılan ya da yapılacak araştırmalara destek olmayı amaçlamaktadır (Batra vd., 2020).

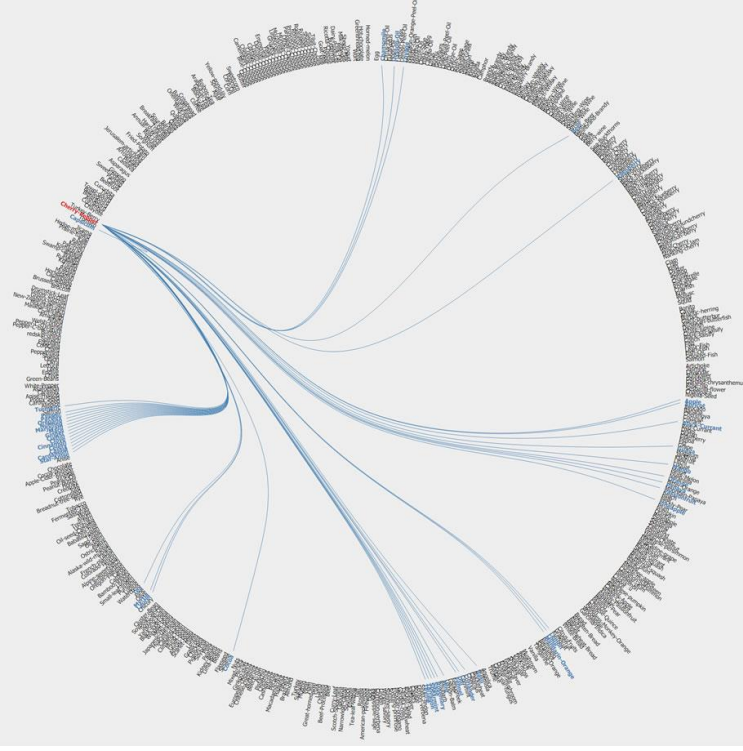
Lezzet, moleküller tarafından tetiklenen çok sayıda kimyasal süreç aracılığıyla deneyimlenen koku ve tat alma duyularının bir ifadesidir. Lezzet molekülleri, tat ve kokunun tanımlanmasındaki kilit rollerinin ötesinde, sağlık açısından sonuçları olan metabolik süreçleri de düzenler. Doğal kaynaklarda bulunan bu tür moleküller, yapay alternatifler yaratma girişimlerinde elde ettiği başarısı ile üretimin ayrılmaz bir parçası olmuştur. Tat ve koku gibi yaşamın çeşitli alanlarındaki faydaları göz önüne

alındığında, aroma molekülleri, doğal kaynakları, fizikokimyasal özellikleri ve duyuusal tepkileri hakkında bir havuza sahip olmak değerlidir.

Gıdalara lezzet, renk, tat, doku ve aroma veren bileşenlerin birçoğu da dahil olmak üzere hem makro hem de mikro besinler hakkında bilgi sağlamayı amaçlayan FooDB (www.foodb.ca), gıda bileşenleri, gıda kimyası ve biyolojisi hakkında bilgi içeren, dünyanın en büyük ve kapsamlı kaynağıdır. FooDB'deki her kimyasal veri, ayrıntılı bilgileri kapsayan 100'den fazla veri alanı (bileşiğin adı, tanımı, yapısı, kimyasal sınıfı vb.) içermektedir. Kullanıcılar FooDB üzerinden tercihe bağlı olarak gıda tarama veya bileşik tarama işlemlerini gerçekleştirebilmektedirler.

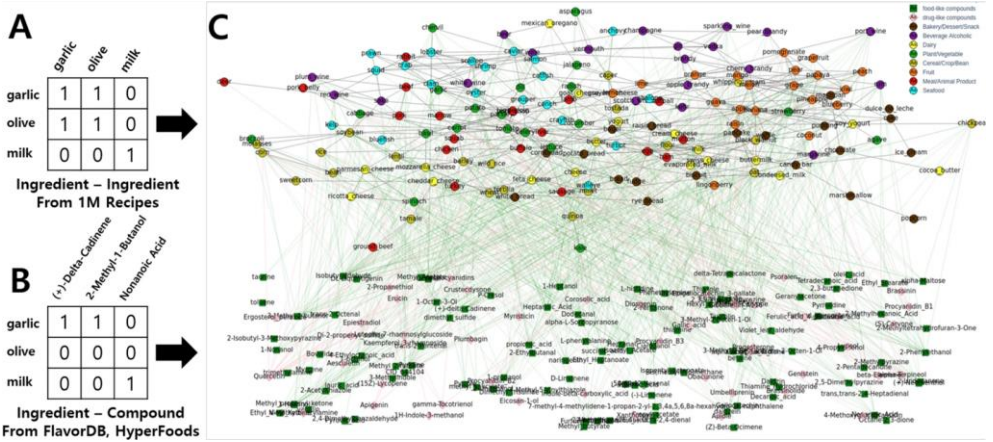
Flavornet, insan koku profilleri için aroma bileşiklerinin bir derlemesidir ancak bileşiklerin doğal kaynakları hakkında bilgi sağlamaz (Arn ve Acree, 1998). Tatlara özgü veritabanlarına yönelik olarak, BitterDB, acı tada sahip doğal ve sentetik bileşikler ve bunlarla ilişkili acı tat reseptörleri hakkında bilgi toplamayı amaçlamaktadır (Dagan-Wiener vd., 2019). Benzer şekilde tat bileşiklerine yönelik başka veri setleri de bulunmaktadır: SuperScent (Dunkel vd., 2009) ve SuperSweet (Ahmed vd., 2010).

FlavorDB (cosylab.iiitd.edu.in/flavordb), bir dizi tat ve kokuyu temsil eden aroma bileşikleri, doğal kaynakları, aroma kavramları ve fonksiyonel grupları içerisinde barındıran geniş kapsamlı bir kaynaktır (Garg vd., 2018). Kaynak içerisinde 25595 aroma molekülü barındırmaktadır. Bu moleküllerden 2254 tanesi, 34 kategoriye ait 936 doğal bileşenle ilişkilendirilmiştir. FlavorDB, aroma moleküllerini, içerikleri, doğal kaynakları sorgulamak ve taramak, ayrıca aroma eşleştirmesi yapmak için kullanıcı dostu bir arayüz içerir (Şekil 1). Bu arayüz sayesinde kullanıcıların aroma moleküllerini keşfetmelerini, istenen bir tat veya yapıya uyan molekülleri bulmalarını, yeni gıda eşleştirmelerini keşfetmelerini, gıda bileşenlerinin moleküler özünü bulmalarını ve kimyasal özelliklerin bir aroma ile ilişkilendirmelerini sağlar. FlavorDB'ye dayalı veri odaklı çalışmalar, gıda ve gastronomi alanlarında aroma mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilir.



Şekil 1: Aroma ağı (Garg vd., 2018)

Sony ve Kore Üniversitesinden bazı araştırmacılar, milyonlarca yemek tarifinden çıkarılan ilişkiler ve gıda veri tabanlarından elde edilen 1.561 lezzet molekülü bilgisi ile büyük ölçekli bir gıda grafiği olan FlavorGraph'ı tanıtmışlardır (Park vd., 2021). FlavorGraph'ın gıdaların kimyasal ve istatistiksel ilişkilerinin analiz edilmesinde araştırmacılara fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Şekil 2, FlavorGraph'a genel bakışı temsil etmektedir.



Şekil 2: Gıda ve kimyasal bileşik düğümlerinden oluşan büyük ölçekli bir grafik ağı olan FlavorGraph'a genel bir bakış (Park vd., 2021)

2. GIDA EŞLEŞTİRME VE MENÜ PLANLAMA

İnsanların yeni tatlar denemesi ve bunu sevmesi farklı tatların oluşmasına öncülük etmektedir. Örneğin çileği çikolatayla yemek ya da peynirle tüketmek bambaşka tatların algılanmasını sağlamaktadır. Bu farklı kombinasyonları oluşturan konsept ise gıda eşleştirme alanını işaret etmektedir (Tallab ve Alrazgan, 2016). Dolayısı ile gıda eşleştirme, farklı yiyeceklerin ve içeceklerin bir araya getirilerek, birlikte sunulmasında oluşturulan uyumu ve tat uyumunu gösteren ifade olarak tanımlanabilmektedir.

Blumenthal (2008), “benzer tada sahip malzemeler birbirine iyi uyum sağlama eğilimindedir” hipotezini öne sürmüştür. Tariflerde kullanılan malzemeler ve doğal malzemelerin aroma profillerine ilişkin veriler, gıda eşleştirme hipotezinin ölçülebilir bir şekilde araştırılmasını kolaylaştırmaktadır.

Gıda eşleştirme, özellikle yemeklerin ve şarapların uyumuyla ilgili olarak yaygın olarak kullanılır (Harrington, 2007). Bir yemeğin yanında hangi şarabın en iyi gideceği gibi konuları içerir. Ancak, gıda eşleştirme yalnızca şarap ve yemekle sınırlı değildir; farklı gıdaların birbiriyle uyumlu

olup olmadığı ve hangi içeceğin hangi yemekle daha iyi gittiği gibi diğer kombinasyonlar da düşünülebilir.

Gıda eşleştirme, lezzet ve aroma dengesini optimize etmek, yemeğin tadını artırmak ve yemek deneyimini daha keyifli hale getirmek için önemlidir. Yemek ve içeceğin uyumlu bir şekilde bir araya gelmesi, tatların ve aromaların birbirini tamamlamasına ve daha zengin bir tadın ortaya çıkmasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, gıda eşleştirme kişisel tercihlere ve damak zevkine de bağlıdır. Bu nedenle herkes için kesin ve doğru bir kural yoktur. Deneme yanılma yoluyla, farklı yiyecekleri ve içecekleri bir araya getirerek tercihe uygun en iyi kombinasyonlar yaratılabilir.

Bu alanda çok eski çalışmalardan biri olarak Beckett (2002) çalışmasında gıda eşleştirme yöntemini temel alarak çorbadan deniz ürünlerine kadar tüketilen farklı yemek çeşitleri ile tüketilecek şarap örneklerini derlemiştir. Bu yöntem, yemeklerin yanında sunulan içeceklerin yemeğin lezzetini ve deneyimini nasıl etkilediğini anlamak ve bu uyumu en üst düzeye çıkarmak için kullanılabilir.

Tallab ve Alrazgan (2016), Arap mutfağında eşleştirme çalışması yaparak ortak tat bileşiklerine sahip gıdaların birlikte tüketildiğinde tadı güzel hipotezini doğrulamak için nicel bir matematiksel model geliştirerek, Arap mutfağı tariflerinde bulunan bileşenlerden oluşan bir veri kümesi üzerinde uygulamıştır.

Ahn vd. (2011), 56.498 adet tarife ait verileri, tariflerde kullanılan malzemeler ve malzemelerin lezzet molekülleri olmak üzere iki parçalı olarak incelemiştir. Toplamda 381 adet malzeme ve bu malzemelere ait 1.021 adet lezzet molekülü ele alınmıştır. Dünyanın farklı mutfaklarından elde edilen bu tariflerin verileri kullanılarak söz konusu mutfaklarda gıda eşleştirme olgusu araştırılmıştır. Ahn ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmayı temel alarak yapılan bir başka çalışmada Hindistan mutfağından 2.543 tarif için gıda eşleştirme olgusu araştırılmıştır (Jain ve Bagler, 2015). Benzer şekilde Hindistan mutfağına yönelik olarak Makinei (2023) tez çalışmasında

Hindistan'ın Kuzeydoğu bölgesinde bulunan bölgesel mutfakların yemek tariflerinin istatistiksel özelliklerini incelemiştir. Çalışma kapsamında Kuzeydoğu bölgesel mutfaklarından 702 tarife ait veriler incelenmiştir. Tarifler, malzemeler ve mutfaklar düzeyinde yürütülen çalışma, malzemelerin ve malzeme kategorilerinin mutfak uygulamalarının genel kalıplarını belirlemedeki rolünü ortaya koymuştur (Makinei, 2023).

Park vd. (2021), önerdikleri kaynak olan FlavorGraph'ı kullanarak gıdaları yoğun vektörlerde daha iyi temsil etmek için çizge gömme yöntemini önermişlerdir. Çalışmada, FlavorGraph'ın gıda temsillerine dayalı olarak yapılan gıda eşleştirme önerilerinin, önceki çalışmalara göre daha iyi sonuçlar elde edilmesine yardımcı olduğu belirtilmiş ve önerilerin, bileşikler ve gıdalar arasındaki ilişkileri tahmin etmek için de kullanılabileceği bildirilmiştir.

Gıda eşleştirme üzerine Arap ülkelerine yönelik yapılan çalışmada Al-Razgan vd. (2021), Suudi mutfaklarına ait yemek tariflerinde bulunan bileşenlerden oluşan veri setini kullanarak genetik algoritmaya dayalı bir model geliştirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre Suudi yemeklerinde ortaya çıkan bileşen modelinin olumlu gıda eşleştirme sonuçları sergilediği bildirilmiştir. Ek olarak, genetik algoritmaların gıda bilimi ve gastronomi alanlarında uygulanabileceği ve yeni araştırmalara ışık tutabileceği belirtilmiştir.

Diğer yandan, gıda eşleştirme ve menü planlaması arasında güçlü bir ilişki vardır. Menü planlaması, bir yemek veya öğünün hazırlanması ve sunumu için seçilen yemeklerin ve içeceklerin düzenlenmesini içeren bir süreçtir. Gıda eşleştirme ise belirli yemeklerin ve içeceklerin bir arada tüketilmesiyle oluşturulan lezzet uyumunu ifade eder.

Menü planlaması, bir yemeğin veya öğünün genel dengesini ve çeşitliliğini sağlamak için önemlidir. İyi bir menü, farklı lezzetleri, dokuları ve sunumları içeren çeşitli yemekleri içermelidir. Bu noktada, gıda eşleştirmenin rolü devreye girer. Menüde sunulan yemeklerin birbiriyle uyumlu olması ve tatların birbirini tamamlaması, yemek deneyimini zenginleştirir.

Menu planlaması, işletmelerin kar marjı ve gelirleri, marka imajları, verimlilik ve hızlı servis, mevsimsel ürün kullanımı gibi birçok şeyle bereber menünün servis edileceği tüketicinin sağlıklı, dengeli ve yeterli beslenmesini sağlayarak, yine o grubun ihtiyaç duyduğu enerji alımının dikkate alınmasını gerektiren önemli ve titiz bir konudur (İncedayı, 2004). Bununla birlikte, kişinin ihtiyaç duyacağı gıda ve enerji miktarı göz önünde tutularak hangi yiyecek ve içeceklerin menüye dâhil edilmesini hazırlamak da karmaşık bir süreçtir. Bu bağlamda menu planlama aşamasında bilgisayar destekli programların kullanılması, zorlu ve dikkat gerektiren bir süreç olan menu planlama işinin bilgisayar desteği ile süre ve maliyeti azaltarak daha kolayla indirgenmesine yardımcı olacaktır (Ediz ve Yağdıran, 2009).

İlgili alanda makine öğrenimi algoritmalarının uygulanabileceğine yönelik olarak örnek bir çalışmada Azzimani vd. (2022), hastaların beslenme ihtiyaçlarına göre yapay zekâ yöntemlerini kullanarak menüleri kişiselleştirmek için bir yöntem önermişlerdir. Görüntü analizinin de işe koşulduğu çalışmada tüketimden önce ve sonra gıdaların görüntüleri kullanılarak kişiye dayalı besin alımları tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Küreselleşen dünyada, diyetisyen adaylarının bireysel menü planlama becerilerini geliştirmelerinde güncel teknoloji ve araçların kullanımı önemli bir gerekliliktir. Bu bağlamda son güncel çalışmalardan Sulistiyani vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada, beslenme uzmanı adaylarına yönelik bir takım hesaplama becerisine sahip ve kullanım kolaylığı sunan web tabanlı bir araç tasarlanmıştır. Çalışmanın geleneksel yöntemlerle karşılaştırmalı analiz sonuçları, geliştirilen uygulamanın kullanımının geleneksel yöntemlerden daha etkili bir süreç oluşturduğunu göstermiştir.

13-18 yaş arası yatılı okul öğrencilerinin dengeli beslenmelerine yardımcı olmak, onlara daha sağlıklı bir menü sunmak ve ayrıca maliyetten tasarruf sağlamak amacıyla Sufahani ve Mohd Yusof (2021) tarafından yapılan çalışmada bilimsel modele dayalı bir karar destek sistemi önerilmiştir. Geliştirilen sistemin okullar dışında ordu, hastane vb. kurumlarda da kullanılabileceği belirtilmiştir.

Menü planlama kavramıyla ilgili bir diğer soru da menü planlamanın kişiye özel olarak otomatik yollarla oluşturulup oluşturulamayacağıdır. Bu kapsamda Islam vd. (2022), birey davranışına dayalı kişiselleştirilmiş yemek önerisi sunan ve menü planlamaya katkı sağlayan bir sistem önermişlerdir. Çalışmanın çıkış noktası beslenme programlarının hazırlanmasında sadece geleneksel yöntemlere bağlı kalınması ve bireylerin yemeklere karşı duygularının ve hislerinin göz ardı edilmesi problemidir. Çalışmada kişilerin yemeklere karşı duyguları özel cihazlar kullanılarak elde edilen elektroensefalografi (EEG) sinyali verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu sayede bireylerin enerji alım gereksinimi, duygulanımı ve farklı menülerin besin değerleri dikkate alınarak otomatik bir menü planlama yaklaşımı önerilmiştir. Çalışmanın deneysel sonuçları, önerilen yemek öneri ve menü planlama algoritmalarının çeşitli değerlendirme parametreleri bakımından iyi performans sergilediğini ortaya koymuştur.

3. TAT TAHMİNİ

Tat, tatlı, acı, umami, tuzlu ve ekşi olmak üzere beş farklı tat ile beslenme ve fizyolojik ihtiyaçlarla ilişkilendirilir. Bu nedenle beslenme ve hayatta kalma ile ilişkili çok önemli bir duyuşsal değişkendir (Malavolta vd., 2022). Temelde lezzet molekülleri yer alır ve lezzet molekülleri de tat ve koku algıları ile karakterize edilir (Garg vd. 2018; Goel ve Bagler, 2022). Bu nedenle moleküler temelli tat tahmini, hesaplamalı gastronomide öne çıkan problemlerden biridir (Keller et al. 2017; Goel ve Bagler, 2022). Günümüzde tat tahmini tıp, endüstriyel vb. çeşitli alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Bununla tat tahminlemenin karmaşık bir süreç olması bu görevi karmaşık bir görev haline getirmiştir (Malavolta vd., 2022). Bu bağlamda tat tahminlemede çok sayıda değişken rol aldığından dolayı makine öğrenimi gibi yapay zekâyâ dayalı metotlar ilgili alanda verimli sonuçlar elde edilmesini sağlayabilmektedir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte mobil sistemler artık hayatımızın vazgeçilmez bir noktasında yer almaktadır. Mobil sistemlerin ve cihazların

kullanım kolaylığı ve pratikliği sayesinde sosyal medya ve uygulamaları sıkça kullandığımız yazılımlar arasında yer almaktadır. Yemek kültürü ve alışkanlığı ile birlikte sosyal medya ortamlarında yemek görsellerinin paylaşımı artık alışıl gelmiş bir noktaya ulaşmıştır. Bu durumdan edinilen motivasyonla Yoshioka ve Chen (2021), sosyal medya ortamlarında paylaşılan yemek pişirme görsellerini kullanarak derin öğrenmeye dayalı bir tat tahmin sistemi önermişlerdir. Çalışmada geliştirilen pişirme görüntüsü sınıflandırıcısı, pişirme görüntülerine dayanarak yemeklerin malzemelerini ve tariflerini tahmin ederken; tat sınıflandırıcısı yemek tariflerine ve tadı temsil eden kelimelere dayanarak tadı tahmin etmiştir.

Tat tahmininin yapay zekâya dayalı gerçekleştirilmesi, “elektronik dil” ve “elektronik burun” (Szollosi vd., 2012; Lu vd., 2022) gibi kavramların oluşmasını sağlamıştır. Elektronik dil ve elektronik burun, günümüzde gıda güvenliği ve kalitesi bakımından önemli bir rol oynamaktadır (Lu vd., 2022). Bu bağlamda yapılan örnek bir çalışmada, ilgili duyuşal niteliklere göre farklı tatlandırıcılara sahip kolalı içecek örneklerinin ayırt edilmesi için bir “elektronik dil” geliştirilmiştir (Szollosi vd., 2012). Bir diğer çalışmada beş popüler elma çeşidi (“Ralls”, “Jonagold”, “Orin”, “Indo” ve “Hanfu”) arasındaki aroma farkı ve diğer kalite göstergeleri temel olarak elektronik burun ve elektronik dil kullanılarak belirlenmiştir (Zhu vd., 2020). Yin vd. (2021), geleneksel işleme yöntemleriyle hazırlanan sosislerin uçucu profillerini ve tat özelliklerini elektronik burun ve elektronik dil kullanarak değerlendirmişlerdir. Benzer bir çalışmada farklı sodyum ikamelerinin kuru fermente sosisin fiziksel ve bakteriyel özellikleri, lezzet profili ve duyuşal değerlendirmesi üzerindeki etkileri elektronik dil kullanılarak araştırılmıştır (Chen vd., 2021).

Nissim vd. (2017), acı tat ve toksite arasındaki ilişkiyi irdelemek, acı ve toksik bileşikler arasındaki özdeşliği ve benzerliği ölçmek amacıyla yaptıkları nicel analiz çalışmalarında, acı molekülleri içeren BitterDB ve toksik bileşiklerden oluşan verisetlerini ve BitterPredict tahmin aracını

kullanmışlardır. Çalışma sonuçları, acı tadın toksisite için çok güvenilir bir belirteç olmadığını göstermiştir.

Tat tahminleme çalışmaları, acı ve tatlı tatların moleküler temeline ilişkin anlayışı geliştirerek bu tatların tanımlanmasına yönelik modellere katkı sağlamıştır. Bu bağlamda Tuwani vd. (2019), acı-tatlı tahmini için makine öğrenimine dayalı bir model olan “BitterSweet”i sunmuşlardır. Bir başka çalışmada rooibos çayına ilişkin lezzet bileşikleri, tat ve ağız hissi özelliklerine (“tatlı”, “ekşi”, “acı” ve “buruk”) yönelik dört kategoride tahminlendirilmiştir (Jolley, 2014). Çalışma kapsamında veriler, Pearson korelasyonu, kısmi en küçük kareler regresyonu ve kademeli regresyon gibi farklı regresyon analizleri kullanılarak incelenmiştir.

Makine öğrenimine dayalı tahminleme görevleri için insan beynini temel alan derin öğrenmeye dayalı popüler yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan biri olan Evrişimsel Sinir Ağları tıp (Yurttakal vd., 2020), ziraat (Hayit vd., 2021; Hayit vd., 2023) ve gıda (Hayit, 2022; Hayit ve Hayit, 2022) gibi alanlarda başarılı sonuçlar ortaya koymuştur. Gastronomi alanında da bu yaklaşımın kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Bo vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, Evrişimsel Sinir Ağları, Çok Katmanlı Algılayıcı-Tanımlayıcı ve Çok Katmanlı Algılayıcı-Parmakizi temelli üç yapı-tat ilişkisi modeli kullanılarak acı/acı olmayan, tatlandırıcı/tatlandırıcı olmayan ve acı/tatlandırıcı tahmin işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, her üç modelin de acı/acı olmayan, tatlandırıcı/tatlandırıcı olmayan ve acı/tatlandırıcı tahmininde benzersiz özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Benzer olarak başka bir çalışmada üç temel tat olan tatlı, acı ve umami moleküllerini sınıflandırmak için derin sinir ağı tabanlı modeller önerilmiştir (Dutta vd., 2023). Çalışmada mevcut literatürden 1466 acı, 1764 tatlı ve 238 umami tatlandırıcı içeren kapsamlı bir veri kümesi kullanılmıştır. Geleneksel ve derin öğrenme tabanlı tahminlemeye yönelik yapılan bir diğer çalışmada, tatlılığı tahmin etmek için regresyon tabanlı makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Bu çalışmalardan farklı olarak derin öğrenmeye ek olarak farklı geleneksel tahminleme algoritmalarının işe

koşulduğu bir çalışma olarak Zheng vd. (2018), 707 acı matte ve 592 acı olmayan madde içeren deneysel bir veri seti kullanarak acı-acı olmayan şeklinde sınıflama modeli önermişlerdir. Çalışmada beş kat çapraz doğrulama ile acı-acı olmayan sınıflandırma modellerini oluşturmak için moleküler parmak izi ile birlikte derin öğrenmenin de içerisinde bulunduğu farklı makine öğrenimi yöntemlerini (K-en Yakın Komşu, Destek Vektör Makineleri, Rastgele Orman, Gradyan Artırma) kullanmışlardır.

4. SONUÇ

Hesaplamalı gastronomi, geleneksel mutfak tekniklerini bilimsel ve matematiksel yöntemlerle birleştirerek yemek hazırlama sürecini optimize etmeyi amaçlayan ilgi çekici yeni bir disiplindir. Temel olarak veri analizi ve hesaplama, yapılandırılmış sağlam verilere dayalı bilgi elde etmeye yönelik geliştirilen hesaplama algoritmalarına dayanmaktadır.

Bu bölümde, hesaplamalı gastronomi alanının ne olduğu, nasıl kullanıldığı ve potansiyel uygulama alanları incelenmiştir. Hesaplamalı gastronomiye ilişkin önemli noktalar detaylandırılmaya çalışılmıştır. Bilindik hesaplama ve analiz yöntemlerinin gastronomi alanına entegre edilebilmesi kısır ancak heyecan verici bir görevdir. Bu yazıda da açıklandığı üzere son yıllarda ilgili alanda yapılan çalışmalar artış gösterse de bu kapsamda ülkemiz başta olmak üzere küresel gastronomi dünyasında yapılacak çok şey bulunmaktadır.

Güncel teknolojiler ve analiz araçları RecipeDB, FlavorDB, Flavornet gibi önemli veri kaynaklarını kullanıma sunmaktadır. Bu veri kaynakları kullanılarak kişisel ve doğru beslenmeye ve ayrıca diyabet gibi rahatsızlıklara yönelik verimli ve faydalı sistem ve uygulamalar geliştirilebilmektedir. Bu verilerin kullanıldığı hesaplamalı yöntemler sayesinde, yemeklerin tat, doku ve aroma profilleri üzerinde daha fazla kontrol sağlanması ve yeni lezzet kombinasyonlarının oluşturulması mümkündür.

Gıda endüstrisinde hesaplamalı gastronominin birçok potansiyel uygulama alanı bulunmaktadır. Gıda işleme ve paketlenme, beslenme

optimizasyonu, gıda maddelerinin raf ömrünü uzatma, gıda israfını azaltma gibi konularda hesaplamalı gastronominin önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, restoranlarda ve yemek hizmetlerinde de hesaplamalı yöntemlerin kullanılmasıyla, müşterilere kişiselleştirilmiş yemekler sunmanın ve maliyetleri düşürmenin mümkün olabileceği görülmüştür.

Diğer yandan, verilen örnekler incelendiğinde hesaplamalı gastronominin uygulamalarının artmasıyla beraber bazı zorluklarla karşılaşılabilen durumu da göz ardı edilmemelidir. Özellikle, geleneksel pişirme tekniklerine dayalı birçok tarif ve yemek deneyimi, hesaplamalı yöntemlerle değiştirildiğinde, geleneksel lezzetlere olan bağlılığın azalabileceği ve yemek kültüründe değişikliklere neden olabileceği unutulmamalıdır.

Sonuç olarak, hesaplamalı gastronomi, gıda ve gastronomi dünyasında önemli bir dönüşüm potansiyeline sahiptir. Bilim ve teknolojinin mutfağa entegrasyonu, yemeklerin lezzetini ve kalitesini artırarak, gıda endüstrisinde verimliliği ve sürdürülebilirliği artırmak için önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak, bu alanda yapılan çalışmaların ve gelişmelerin dengeli bir şekilde, geleneksel mutfak değerlerini koruyarak ve tüketicilerin beklentilerine uygun olarak yapılması büyük önem taşımaktadır. Gelecekte, hesaplamalı gastronominin daha yaygın olarak benimseneceği ve gıda endüstrisinin dönüşümüne daha fazla katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Ahmed, J., Preissner, S., Dunkel, M., Worth, C. L., Eckert, A., & Preissner, R. (2010). SuperSweet—A Resource on Natural and Artificial Sweetening Agents. *Nucleic acids research*, 39(suppl_1), D377-D382.
- Ahn, Y. Y., Ahnert, S. E., Bagrow, J. P., & Barabási, A. L. (2011). Flavor Network and the Principles of Food Pairing. *Scientific reports*, 1(1), 196.
- Ahnert, S. E. (2013). Network Analysis and Data Mining in Food Science: The Emergence of Computational Gastronomy. *Flavour*, 2(1), 1-3.
- Al-Razgan, M., Tallab, S., & Alfakih, T. (2021). Exploring the Food Pairing Hypothesis in Saudi Cuisine Using Genetic Algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-16.
- Arn, H., & Acree, T. E. (1998). Flavornet: A Database of Aroma Compounds Based on Odor Potency in Natural Products. *Developments in Food Science*, 40, 27-28.
- Arya, S., Pratap, N., & Bhatia, K. (2015). Future of face recognition: A Review. *Procedia Computer Science*, 58, 578-585.
- Azzimani, K., Bihri, H., Dahmi, A., Azzouzi, S., & Charaf, M. E. H. (2022, December). An AI Based Approach for Personalized Nutrition and Food Menu Planning. In *2022 IEEE 3rd International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Batra, D., Diwan, N., Upadhyay, U., Kalra, J. S., Sharma, T., Sharma, A. K., ... & Bagler, G. (2020). Recipedb: a resource for exploring recipes. *Database*.
- Beckett, F. (2002). *How to Match Food and Wine: A Comprehensive Guide to Choosing Wine to Go with Food*. Miller/Mitchell Beazley.
- Blumenthal, H. (2008). *The Big Fat Duck Cookbook*. Bloomsbury.
- Bo, W., Qin, D., Zheng, X., Wang, Y., Ding, B., Li, Y., & Liang, G. (2022). Prediction of Bitterant and Sweetener Using Structure-Taste Relationship Models Based on an Artificial Neural Network. *Food Research International*, 153, 110974.
- Chen, Q., Hu, Y., Wen, R., Wang, Y., Qin, L., & Kong, B. (2021). Characterisation of the Flavour Profile of Dry Fermented Sausages with Different NaCl Substitutes Using HS-SPME-GC-MS Combined with Electronic Nose and Electronic Tongue. *Meat Science*, 172, 108338.

- Dagan-Wiener, A., Di Pizio, A., Nissim, I., Bahia, M. S., Dubovski, N., Margulis, E., & Niv, M. Y. (2019). BitterDB: Taste Ligands and Receptors Database in 2019. *Nucleic Acids Research*, 47(D1), D1179-D1185.
- Dunkel, M., Schmidt, U., Struck, S., Berger, L., Gruening, B., Hossbach, J., ... & Preissner, R. (2009). SuperScent—A Database of Flavors and Scents. *Nucleic Acids Research*, 37(suppl_1), D291-D294.
- Dutta, P., Jain, D., Gupta, R., & Rai, B. (2023). Classification of Tastants: A Deep Learning Based Approach.
- Ediz, A. & Yağdıran, Y. (2009). Hedef Programlama Tekniği ile Menü Planlaması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11 (1) , 45-74.
- Garg N, Sethupathy A, Tuwani R, Nk R, Dokania S, et al. (2018). FlavorDB: A Database of Flavor Molecules. *Nucleic Acids Res.* 46, D1210–216.
- Garg, N., Sethupathy, A., Tuwani, R., Nk, R., Dokania, S., Iyer, A., ... & Bagler, G. (2018). FlavorDB: A Database of Flavor Molecules. *Nucleic acids research*, 46(D1), D1210-D1216.
- Goel, M., & Bagler, G. (2022). Computational Gastronomy: A Data Science Approach to Food. *Journal of Biosciences*, 47(1), 12.
- Goel, M., Sharma, A., Chilwal, A. S., Kumari, S., Kumar, A., & Bagler, G. (2023). Machine Learning Models to Predict Sweetness of Molecules. *Computers in Biology and Medicine*, 152, 106441.
- Granato, D., de Araújo Calado, V. M., & Jarvis, B. (2014). Observations on the use of Statistical Methods in Food Science and Technology. *Food Research International*, 55, 137-149.
- Harrington, R. J. (2007). *Food and Wine Pairing: A Sensory Experience*. John Wiley & Sons.
- Hassani, H., & Silva, E. S. (2015). Forecasting with Big Data: A Review. *Annals of Data Science*, 2, 5-19.
- Hayıt F., Hayıt, T. (2022). Gıda ve Tarım Alanlarında Yapay Zekâ İçeren Çalışma Örnekleri ve Örnek Bir Yapay Zekâ Uygulaması. *Tarım Bilimleri Alanında Multidisipliner Güncel Çalışmalar I*, Yazıcı Kübra, Doğan Hülya, Editör, İksad Publishing House, ss.185-207.

- Hayıt, T. (2022). Gıdalara Yönelik Derin Öğrenmeye Dayalı Nesne Tespit Uygulaması Örneği. *Gıda Mühendisliği Alanında Yeni Yaklaşımlar*, Gül Hülya, Hayıt Fatma, Editör, İksad Publishing House, ss.705-722.
- Hayıt, T., Erbay, H., Varçın, F., Hayıt, F., & Akci, N. (2023). The Classification of Wheat Yellow Rust Disease Based on a Combination of Textural and Deep Features. *Multimedia Tools and Applications*, 1-19.
- Hayıt, T., Erbay, H., Varçın, F., Hayıt, F., & Akci, N. (2021). Determination of the Severity Level of Yellow Rust Disease in Wheat by Using Convolutional Neural Networks. *Journal of Plant Pathology*, 103(3), 923-934.
- Islam, T., Joyita, A. R., Alam, M. G. R., Hassan, M. M., Hassan, M. R., & Gravina, R. (2022). Human Behavior-Based Personalized Meal Recommendation and Menu Planning Social System. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*.
- İncedayı, A. (2004). Yemek Sanayiinde Menü Planlama ve Önemi (Master's thesis, Uludağ Üniversitesi).
- Jain, A., & Bagler, G. (2015). Spices form the Basis of Food Pairing in Indian Cuisine. *arXiv preprint arXiv:1502.03815*.
- Jolley, B. (2014). Development of Quality Control Tools and a Taste Prediction Model for Rooibos (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- Keller A, Gerkin RC, Guan Y, Dhurandhar A, Turu G, et al. (2017) Predicting Human Olfactory Perception from Chemical Features of Odor Molecules. *Science*, 355, 820–826.
- Lu, L., Hu, Z., Hu, X., Li, D., & Tian, S. (2022). Electronic Tongue and Electronic Nose for Food Quality and Safety. *Food Research International*, 112214.
- Makinei, L. V. (2023). Computational gastronomic study on flavour pairing behaviour in food-recipes.
- Malavolta, M., Pallante, L., Mavkov, B., Stojceski, F., Grasso, G., Korfiati, A., ... & Deriu, M. A. (2022). A Survey on Computational Taste Predictors. *European Food Research and Technology*, 248(9), 2215-2235.
- Min, W., Jiang, S., Liu, L., Rui, Y., & Jain, R. (2019). A Survey on Food Computing. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 52(5), 1-36.

- Nissim, I., Dagan-Wiener, A., & Niv, M. Y. (2017). The Taste of Toxicity: A Quantitative Analysis of Bitter and Toxic Molecules. *IUBMB life*, 69(12), 938-946.
- Park, D., Kim, K., Kim, S., Spranger, M., & Kang, J. (2021). FlavorGraph: a Large-Scale Food-Chemical Graph for Generating Food Representations and Recommending Food Pairings. *Scientific reports*, 11(1), 931.
- Shukla, D. P., & Ailawadi, P. (2019). Computational Gastronomy-Use of Computing Methods in Culinary Creativity. *TRJ Tourism Research Journal*, 3(2), 203-211.
- Simas, T., Ficek, M., Diaz-Guilera, A., Obrador, P., & Rodriguez, P. R. (2017). Food-bridging: A New Network Construction to Unveil the Principles of Cooking. *Frontiers in ICT*, 4, 14.
- Sufahani, S. F., & Mohd Yusof, A. (2021). Malaysian Secondary Boarding School Menu Planning System/Suliadi F. Sufahani and Anuar M. Yusof.
- Sulistiyani, E., Putri, P. H., Putri, F. K., & Irbah, E. D. (2023, May). My Daily Menu: Website-Based Technology Instruments to Increase the Effectiveness of Diet Menu Planning. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2595, No. 1). AIP Publishing.
- Szollosi, D., Kovács, Z., Gere, A., Sipos, L., Kókai, Z., & Fekete, A. (2012). Sweetener Recognition and Taste Prediction of Coke Drinks by Electronic Tongue. *IEEE Sensors Journal*, 12(11), 3119-3123.
- Tallab, S. T., & Alrazgan, M. S. (2016). Exploring the Food Pairing Hypothesis in Arab Cuisine: A Study in Computational Gastronomy. *Procedia Computer Science*, 82, 135-137.
- Tuwani, R., Wadhwa, S., & Bagler, G. (2019). BitterSweet: Building Machine Learning Models for Predicting the Bitter and Sweet Taste of Small Molecules. *Scientific reports*, 9(1), 7155.
- Yin, X., Lv, Y., Wen, R., Wang, Y., Chen, Q., & Kong, B. (2021). Characterization of Selected Harbin Red Sausages on the Basis of Their Flavour Profiles Using HS-SPME-GC/MS Combined with Electronic Nose and Electronic Tongue. *Meat Science*, 172, 108345.
- Yoshioka, A., & Chen, Q. (2021). Taste Prediction System from Cooking Images Using Deep Learning. *IEICE Technical Report; IEICE Tech. Rep.*, 120(390), 34-39.

- Yuan, Z., & Jia, G. (2021). Profiling the Digital Divide of the Elderly Based on Internet Big Data: Evidence from China. *Data Science and Management*, 3, 33-43.
- Yurttakal, A. H., Erbay, H., İkizceli, T., & Karaçavuş, S. (2020). Detection of Breast Cancer Via Deep Convolution Neural Networks Using MRI Images. *Multimedia Tools and Applications*, 79, 15555-15573.
- Zheng, S., Jiang, M., Zhao, C., Zhu, R., Hu, Z., Xu, Y., & Lin, F. (2018). E-Bitter: Bitterant Prediction by the Consensus Voting from the Machine-Learning Methods. *Frontiers in chemistry*, 82.
- Zhu, D., Ren, X., Wei, L., Cao, X., Ge, Y., Liu, H., & Li, J. (2020). Collaborative Analysis on Difference of Apple Fruits Flavour Using Electronic Nose and Electronic Tongue. *Scientia Horticulturae*, 260, 108879.