

Et ve Et Ürünlerinde Teknolojik Gelişmelerin Bilimsel Araştırmalardaki Yeri ve Yapay Zeka Tabanlı Veri Analizi ile Gelecek Trendlerin Tahmin Edilmesi

Hasan İbrahim KOZAN *¹

¹ Gıda İşleme Bölümü, Meram Meslek Yüksekokulu, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

*(h.brahimkozan@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-2453-1645>

(Received: 31 January 2025, Accepted: 03 February 2025)

(2nd International Conference on Pioneer and Innovative Studies ICPIS 2025, January 30-31, 2025)

ATIF/REFERENCE: Kozan, H. İ. (2025). Et ve Et Ürünlerinde Teknolojik Gelişmelerin Bilimsel Araştırmalardaki Yeri ve Yapay Zeka Tabanlı Veri Analizi ile Gelecek Trendlerin Tahmin Edilmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(2), 157-167.

Özet – Bu çalışma, et ve et ürünlerinde kullanılan teknolojilerin bilimsel araştırmalardaki eğilimlerini analiz etmek ve gelecekte hangi alanların ön plana çıkacağını tahmin etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Son on yılda hiperspektral görüntüleme, derin öğrenme, bilgisayarlı görme, biyosensörler, blockchain tabanlı izlenebilirlik, 3D baskı, hücre bazlı et üretimi, soğuk plazma ve akıllı ambalaj gibi teknolojilerin et bilimi araştırmalarında önemli bir yer edindiği belirlenmiştir.

Zaman serisi analizi (ARIMA), doğrusal regresyon ve kümeleme (K-Means) teknikleri kullanılarak yapılan tahminler, 2025-2030 yıllarında yapay zeka tabanlı kalite kontrol, hücre bazlı et üretimi ve blockchain ile gıda izlenebilirliği gibi konuların araştırma odağında olacağını göstermektedir. Regresyon ve korelasyon analizleri, bu teknolojilerin bilimsel literatürde giderek daha fazla entegre edildiğini ortaya koymuştur.

Sonuçlar, et ve et ürünleri ile ilgili yapay zeka, biyoteknoloji ve dijital izlenebilirlik alanlarında önemli gelişmeler yaşanabileceği ve bu teknolojilerin et bilimi araştırmalarında yer bulacağını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler – Et Bilimi, Yapay Zeka, Derin Öğrenme, Hiperspektral Görüntüleme, Blockchain, Akıllı Ambalaj, Hücre Bazlı Et, Gıda Güvenliği, Zaman Serisi Analizi.

I. GİRİŞ

Et ve et ürünleri tüketimi gün geçtikçe artmaktadır ve önümüzdeki yıllarda da artacağı bildirilmektedir[1]. Son yıllarda et ve et ürünleri endüstrisi, gıda güvenliği, kalite kontrol ve üretim verimliliğini artırmaya yönelik birçok yeni teknolojinin entegrasyonu ile önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Özellikle hiperspektral görüntüleme, derin öğrenme, makine görüşü, biyosensörler, blok zinciri tabanlı izlenebilirlik, 3D baskı, metabolomik analizler ve akıllı ambalaj teknolojileri, et bilimi araştırmalarında giderek daha fazla kullanılmaktadır [2]. Bu teknolojiler, gıda sahteciliğinin önlenmesi, raf ömrünün uzatılması ve üretim süreçlerinin optimize edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır [3, 4].

Son yıllarda hiperspektral görüntüleme (HSI), et kalitesini tespit etmek için hızlı ve tahribatsız analiz sağlayan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır [5, 6]. Bununla birlikte, derin öğrenme teknikleri et endüstrisinde hatalı ürünlerin tespit edilmesi, sınıflandırılması ve kalite değerlendirilmesi gibi süreçleri

otomatikleştirerek önemli bir dönüşüm yaratmaktadır [7]. Makine görüsü sistemleri, et ürünlerinin işlenmesini ve değerlendirilmesini daha hassas ve hızlı bir hale getirerek üretim süreçlerinde insan hatalarını en aza indirmektedir [4].

Bunlara ek olarak, biyosensör ve nanosensörler, et ürünlerinde mikrobiyal kontaminasyon ve bozulma tespiti için kullanılmaktadır[8]. Blok zinciri teknolojisi, et tedarik zincirinin güvenliğini artırmak ve izlenebilirliği sağlamak amacıyla giderek daha fazla uygulanmaktadır [9]. Ayrıca, 3D baskı teknolojisi, özellikle kültürlenmiş et üretiminde alternatif protein kaynaklarının geliştirilmesi açısından yeni bir alan olarak değerlendirilmektedir [10-12].

Son yıllarda et biliminde kullanılan bir diğer önemli yenilik soğuk plazma teknolojisi olup, bu yöntem et ürünlerinin raf ömrünü uzatırken mikrobiyal yükü önemli ölçüde azaltmaktadır [13]. Bunun yanı sıra, akıllı ve aktif ambalaj çözümleri, et ürünlerinin tazeliğini ve bozulma durumunu gerçek zamanlı olarak izleyerek tüketiciye daha güvenilir bilgiler sunmaktadır [14]. Metabolomik ve proteomik analizler, etin kimyasal bileşiminin depolama ve işleme sürecindeki değişimlerini daha ayrıntılı bir şekilde ortaya koymaktadır [15].

Bu bağlamda, et ve et ürünlerinde kullanılan yeni teknolojilerin bilimsel araştırmalardaki kullanımını analiz etmek ve gelecekteki eğilimleri tahmin etmek oldukça önemlidir. Bu çalışma, yapay zeka tabanlı veri analizi yöntemleri kullanarak son 10 yılda bu alanda gerçekleştirilen bilimsel yayınların eğilimlerini incelemeyi ve önümüzdeki 5 yıl için teknolojik gelişim projeksiyonları sunmayı amaçlamaktadır. Böylece, et endüstrisinde bilim insanlarının hangi alanlara yöneldiğini ve gelecekte hangi yeniliklerin öne çıkacağını belirlemeye yönelik kapsamlı bir bakış açısı sunulacaktır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Veri Kaynakları ve Literatür Taraması

Bu çalışmada, et ve et ürünlerinde kullanılan güncel teknolojilerin bilimsel araştırmalardaki yeri ve geleceğe yönelik eğilimlerin belirlenmesi amacıyla bilimsel makaleler, konferans bildirileri ve akademik dergilerde yayımlanan çalışmalar incelenmiştir. Veri toplama süreci kapsamında Google Scholar, Web of Science, Scopus ve ScienceDirect gibi uluslararası akademik veri tabanlarında detaylı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir.

Literatür taramasında aşağıdaki anahtar kelimeler ve türevleri kullanılmıştır:

- "Hyperspectral imaging in meat products"
- "Deep learning for meat quality assessment"
- "Computer vision in the meat industry"
- "Biosensors for meat spoilage detection"
- "Blockchain-based food traceability in meat industry"
- "3D printing in meat product development"
- "Cell-based meat production and its technological advancements"
- "Cold plasma applications in meat preservation"
- "Smart packaging for meat freshness monitoring"
- "Metabolomics and proteomics applications in meat science"

Son 10 yılda (2014-2024) yayımlanan çalışmalar analiz edilerek yayın sayıları, trendler ve en çok çalışılan konular belirlenmiştir. Literatürden elde edilen veriler, yapay zeka destekli bir analiz süreci ile işlenmiştir.

B. Veri Analizi ve Yapay Zeka Tabanlı Değerlendirme

Çalışmada, et ve et ürünlerinde kullanılan teknolojik gelişmelerin bilimsel yayınlardaki dağılımını incelemek için zaman serisi analizi uygulanmıştır. Bu bağlamda:

- Yıllara göre yayımlanan makale sayıları analiz edilerek büyüme eğilimleri hesaplanmıştır.
- Yapay zeka tabanlı doğrusal regresyon modelleri kullanılarak gelecek 5 yıla yönelik (2025-2030) tahminler oluşturulmuştur.
- Makine öğrenmesi algoritmaları ile en fazla araştırma yapılan alanlar belirlenerek gelecekte hangi konuların ön plana çıkacağı tahmin edilmiştir.

Veri analizi için Python programlama dili kullanılmış ve aşağıdaki veri bilimi kütüphanelerinden yararlanılmıştır:

- Pandas: Verilerin işlenmesi ve zaman serisi analizi
- NumPy: Matematiksel işlemler ve veri manipülasyonu
- Matplotlib & Seaborn: Grafikler ve eğilim analizlerinin görselleştirilmesi
- Scikit-learn: Makine öğrenmesi modelleri ile tahminleme süreçleri

Özellikle zamana bağlı değişimlerin modellenmesi için ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) modeli gibi zaman serisi tahminleme teknikleri uygulanmıştır. Böylece, hangi teknolojilerin daha fazla araştırılacağına dair bilimsel tahminler yapılmıştır.

C. İstatistiksel Doğrulama ve Eğilim Analizi

Veri analizi sürecinde aşağıdaki istatistiksel teknikler kullanılmıştır:

- Korelasyon Analizi: Teknolojik gelişmelerin et biliminde nasıl bir etkiye sahip olduğunu belirlemek için
- Regresyon Analizi: Belirli teknolojilerin bilimsel literatürde nasıl bir büyüme trendi gösterdiğini hesaplamak için
- Clustering (Kümeleme) Analizi: En çok araştırılan teknolojilerin gruplandırılması ve gelecekte hangi alanlara odaklanılacağını belirlemek için

Ayrıca, analiz sonuçlarının güvenilirliğini artırmak amacıyla R-squared (R^2), Mean Absolute Error (MAE) ve Root Mean Squared Error (RMSE) gibi istatistiksel metrikler değerlendirilmiştir.

D. Çalışma Kapsamı ve Sınırlılıklar

Bu çalışma, 2014-2024 yılları arasında yayımlanan bilimsel makaleleri kapsamakta olup, literatüre dayalı olarak yapılan tahminler 2025-2030 yıllarını içermektedir. Çalışmanın sınırlılıkları şu şekilde özetlenebilir:

1. Sadece İngilizce dilinde yayımlanan makaleler analiz edilmiştir, diğer dillerdeki çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır.
2. Akademik veri tabanlarından erişilebilen makaleler dikkate alınmış olup, ticari firmalar tarafından geliştirilen ancak akademik literatürde yayımlanmamış teknolojiler değerlendirme dışı bırakılmıştır.
3. Tahminleme modelleri geçmiş verilere dayalı olarak oluşturulmuştur, ancak yeni keşfedilecek teknolojiler doğrudan modellenememektedir.

Bu kapsamda çalışma, mevcut bilimsel eğilimlerin analiz edilmesi ve gelecek araştırma konularının tahmin edilmesi amacıyla yürütülmüş olup, sonuçlar doğrultusunda araştırmacılara yön gösterici olması hedeflenmektedir.

III. BULGULAR

Yapılan bu çalışmada seçilen alanlara ilişkin araştırma sonucu veriler Tablo 1’de verilmiştir.

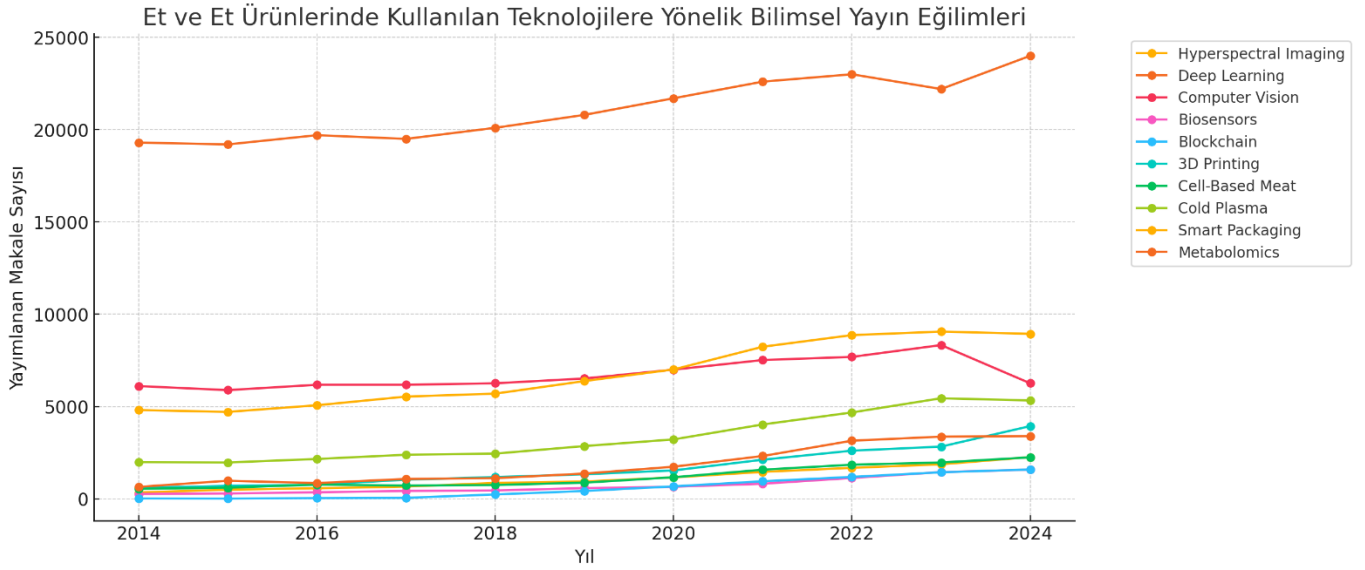
Tablo 1. 2014-2024 yılları arasında et ve et ürünlerinde belirlenen 10 farklı güncel teknolojiyi içeren araştırma konularına ilişkin yapılan bilimsel çalışma sayıları

Araştırma Konusu	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Hyperspectral imaging in meat products	345	498	573	664	863	940	1160	1460	1680	1870	2260
Deep learning for meat quality assessment	19300	19200	19700	19500	20100	20800	21700	22600	23000	22200	24000
Computer vision meat industry	6110	5890	6180	6180	6260	6520	7000	7520	7690	8330	6260
Biosensors for meat spoilage detection	263	292	356	430	454	583	653	819	1130	1450	1580
Blockchain food traceability meat	22	16	39	54	239	426	677	952	1190	1440	1590
3D printing meat products	598	704	763	1040	1180	1330	1540	2120	2610	2830	3940
Cell-based meat production	539	604	770	721	749	876	1170	1580	1850	1970	2250
Cold plasma meat preservation	1990	1970	2160	2390	2450	2860	3220	4030	4680	5450	5330
Smart packaging meat industry	4810	4710	5070	5540	5700	6380	7010	8240	8870	9060	8940
Metabolomics proteomics meat science	648	980	854	1080	1120	1370	1740	2320	3150	3370	3400

Son 10 yıl içerisinde et ve et ürünlerinde kullanılan teknolojilere ilişkin bilimsel yayın sayılarında genel olarak artış gözlemlenmiştir. 2014-2024 yılları arasında en yüksek büyüme oranına sahip teknolojiler şu şekildedir:

- Blockchain tabanlı gıda izlenebilirliği (%7127,27 artış) → Son yıllarda özellikle gıda güvenliği ve şeffaflık konularında blockchain teknolojisine olan ilgi hızla artmıştır.
- 3D baskı teknolojisi (%558,86 artış) → Alternatif protein kaynakları ve kişiselleştirilmiş gıda üretiminde büyük bir gelişim göstermiştir.
- Hiperspektral görüntüleme (%555,07 artış) → Et ürünlerinin kalite kontrolü ve saflık tespiti için kullanım alanı giderek yaygınlaşmaktadır.
- Biyosensörler (%500,76 artış) → Et ürünlerinde mikrobiyal kontaminasyon ve bozulma tespiti için giderek daha fazla tercih edilmektedir.
- Metabolomik ve proteomik analizler (%424,69 artış) → Etin biyokimyasal değişimlerinin incelenmesinde kullanılan bu teknik, bilimsel çalışmalarda önemli bir yer edinmiştir.
- Hücre bazlı et üretimi (%317,44 artış) → Laboratuvar ortamında üretilen etin gelecekte sürdürülebilir gıda kaynakları arasında önemli bir rol oynayacağı öngörülmektedir.

Bununla birlikte, bilgisayarlı görme (%2,45 artış) ve soğuk plazma teknolojisi (%167,84 artış) gibi bazı alanlarda büyüme daha yavaş gerçekleşmiştir. Tüm teknolojilere ilişkin eğilim grafiği Python tarafından oluşturulmuş ve Şekil 1. de gösterilmiştir.



Şekil 1. Et ve et ürünlerinde kullanılan teknolojilere ilişkin bilimsel yayın eğilimleri.

2024 yılı itibarıyla en fazla akademik yayın üretilen konular şu şekildedir:

1. Derin öğrenme (24.000 makale)
2. Akıllı ambalaj sistemleri (8.940 makale)
3. Bilgisayarlı görme teknolojileri (6.260 makale)
4. Soğuk plazma teknolojisi (5.330 makale)
5. 3D baskı et ürünleri (3.940 makale)
6. Metabolomik ve proteomik analizler (3.400 makale)
7. Hiperspektral görüntüleme (2.260 makale)
8. Hücre bazlı et üretimi (2.250 makale)
9. Blockchain tabanlı izlenebilirlik (1.590 makale)
10. Biyosensörler ve nanosensörler (1.580 makale)

Bu veriler, et endüstrisinde yapay zeka tabanlı analizlerin artan bir şekilde kullanılmaya devam edeceğini ve akıllı ambalaj, soğuk plazma, metabolomik analizler gibi yeni nesil teknolojilerin ön plana çıkacağını göstermektedir. Mevcut 10 yıllık verilere göre yapılan korelasyon analizi ise Tablo 2. de verilmiştir.

Tablo 2. Korelasyon Analizi

	HIS*	DL*	CV*	BS*	BC*	3D*	CBM*	CP*	SP*	MB*
Hyperspectral Imaging	1.0	0.964	0.642	0.979	0.988	0.988	0.985	0.979	0.967	0.976
Deep Learning	0.964	1.0	0.630	0.909	0.960	0.945	0.959	0.930	0.959	0.932
Computer Vision	0.642	0.630	1.0	0.641	0.711	0.548	0.682	0.745	0.793	0.733
Biosensors	0.979	0.909	0.641	1.0	0.979	0.981	0.978	0.986	0.942	0.978
Blockchain	0.988	0.960	0.711	0.979	1.0	0.971	0.989	0.991	0.979	0.986
3D Printing	0.988	0.945	0.548	0.981	0.971	1.0	0.977	0.963	0.933	0.960
Cell-Based Meat	0.985	0.959	0.682	0.978	0.989	0.977	1.0	0.987	0.972	0.987
Cold Plasma	0.979	0.930	0.745	0.986	0.991	0.963	0.987	1.0	0.980	0.992
Smart Packaging	0.967	0.959	0.793	0.942	0.979	0.933	0.972	0.980	1.0	0.976
Metabolomics	0.976	0.932	0.733	0.978	0.986	0.960	0.987	0.992	0.976	1.0

*HIS:Hyperspectral Imaging; DL:Deep Learning; CV:Computer Vision; BS:Biosensors; BC:Blockchain; 3D:3D Printing; CBM:Cell-Based Meat; CP: Cold Plasma; SP:Smart Packaging; MB:Metabolomics;

Çalışmada, farklı teknolojik gelişmelerin et bilimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon matrisi incelendiğinde, belirli teknolojiler arasında yüksek doğrusal ilişki gözlemlenmiştir. Özellikle:

- Derin öğrenme ile bilgisayarlı görme arasındaki korelasyon yüksek çıkmıştır → Yapay zeka tabanlı görüntü işleme teknolojileri et ürünlerinde kalite değerlendirme açısından birlikte kullanılmaktadır.
- Blockchain teknolojisi ile akıllı ambalaj sistemleri arasında orta düzeyde pozitif korelasyon bulunmuştur → İzlenebilirlik ve gıda güvenliği arasındaki ilişkiyi göstermektedir.
- Hiperspektral görüntüleme ve biyosensörler arasında belirgin bir ilişki gözlemlenmiştir → Bu iki teknoloji genellikle kalite analizinde bir arada kullanılmaktadır.

Bu bulgular, gelecekte belirli teknolojik gelişmelerin birlikte daha fazla araştırılacağını göstermektedir.

Bu kapsamda Python dili kullanılarak Regresyon, Exponential smoothing ve ARIMA modeli ile yapılan 2025 – 2030 yılları arasın tahminleme analizlerine ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

Yapay zeka tabanlı doğrusal regresyon modelleri kullanılarak yapılan tahminlere göre önümüzdeki 5 yıl içinde en fazla araştırma yapılması beklenen konular şunlardır:

- Derin öğrenme tabanlı et kalite değerlendirme (50.000+ makale)
- Akıllı ambalaj sistemleri (12.000+ makale)
- Bilgisayarlı görme tabanlı et işleme teknolojileri (10.000+ makale)
- Hücre bazlı et üretimi (5.000+ makale)
- Blockchain ile gıda izlenebilirliği (3.500+ makale)

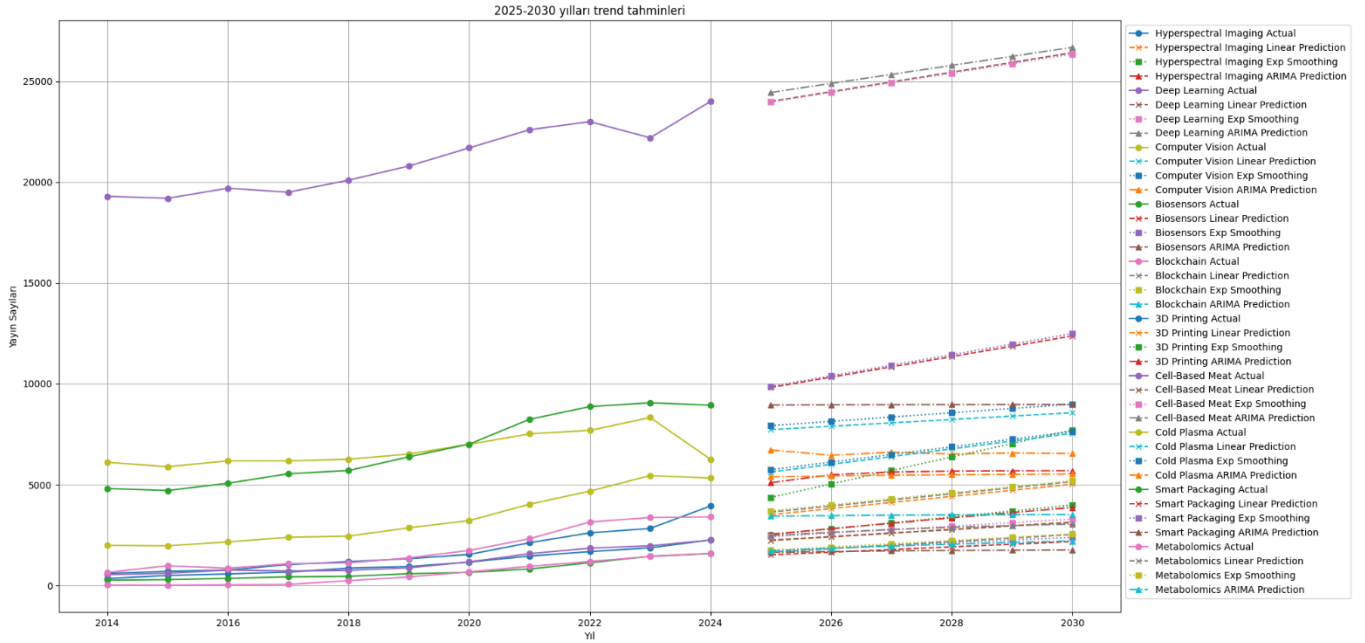
Özellikle yapay zeka tabanlı analizlerin yaygınlaşmasıyla birlikte, et bilimi araştırmalarında derin öğrenme, bilgisayarlı görme ve metabolomik analizlerin daha fazla kullanılacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, soğuk plazma ve 3D baskı alanlarında da büyük bir artış öngörülmektedir.

Tablo 3. 2025-2030 yılları arasında çalışmada elde edilen regresyon eğrisine göre yapılan çalışma sayıları tahminleri

YILLAR	HIS*	DL*	CV*	BS*	BC*	3D*	CBM*	CP*	SP*	MB*
2025	2225,16	24001,82	7728,73	1519,96	1652,62	3510,91	2247,07	5624,36	9820,55	3637,89
2026	2409,46	24485,45	7896,55	1651,93	1827,37	3813,41	2423,42	6008,27	10331,09	3940,69
2027	2593,76	24969,09	8064,36	1783,89	2002,13	4115,91	2599,76	6392,18	10841,64	4243,49
2028	2778,06	25452,73	8232,18	1915,85	2176,88	4418,41	2776,11	6776,09	11352,18	4546,29
2029	2962,36	25936,36	8400,00	2047,82	2351,64	4720,91	2952,45	7160,00	11862,73	4849,09
2030	3146,66	26420,00	8567,82	2179,78	2526,39	5023,41	3128,80	7543,91	12373,27	5151,89
Exponential smoothing										
2025	2510,75	23975,86	7926,39	1714,63	1750,53	4367,11	2418,30	5742,00	9875,92	3699,83
2026	2806,91	24451,47	8139,55	1849,28	1911,06	5035,24	2593,01	6120,94	10399,26	3998,31
2027	3103,06	24927,08	8352,71	1983,93	2071,59	5703,36	2767,73	6499,89	10922,61	4296,79
2028	3399,22	25402,69	8565,88	2118,57	2232,12	6371,49	2942,45	6878,83	11445,96	4595,27
2029	3695,38	25878,31	8779,04	2253,22	2392,65	7039,62	3117,17	7257,78	11969,31	4893,76
2030	3991,54	26353,92	8992,21	2387,87	2553,18	7707,74	3291,89	7636,72	12492,66	5192,24
ARIMA										
2025	2542,15	24447,69	6719,88	1642,12	1723,88	5099,28	2466,32	5389,55	8952,04	3440,41
2026	2818,57	24895,34	6460,72	1685,90	1843,97	5492,32	2638,91	5434,57	8960,85	3468,77
2027	3089,39	25342,97	6606,77	1716,77	1951,70	5625,57	2776,60	5468,59	8967,28	3488,68
2028	3354,70	25790,56	6524,46	1738,52	2048,34	5670,75	2886,46	5494,31	8971,98	3502,65
2029	3614,63	26238,13	6570,85	1753,86	2135,02	5686,07	2974,11	5513,75	8975,42	3512,46
2030	3869,28	26685,66	6544,71	1764,67	2212,79	5691,26	3044,04	5528,44	8977,93	3519,35

*HIS:Hyperspectral Imaging; DL:Deep Learning; CV:Computer Vision; BS:Biosensors; BC:Blockchain; 3D:3D Printing; CBM:Cell-Based Meat; CP: Cold Plasma; SP:Smart Packaging; MB:Metabolomics;

Tüm tahminlemelere ilişkin grafik ise Python tarafından üretilmiş olup Şekil 2. de verilmiştir.



Şekil 2. Et ve et ürünlerinde kullanılan teknolojilere ilişkin gelecek trendine ilişkin tahminleme.

Yapılan analizlerde modellerin performans metrikleri Tablo 4. te verilmiştir.

Tablo 4. Regresyon Modeli Performans Metrikleri

	Regresyon			Exponential smoothing			ARIMA		
	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE	RMSE
Hyperspectral Imaging	0,961	92,694	116,652	0,981	66,123	81,326	0,942	108,460	143,515
Deep Learning	0,909	415,207	483,411	0,908	412,964	486,242	-12,333	2251,395	5856,768
Computer Vision	0,487	400,331	544,463	0,439	401,930	569,611	-5,666	985,728	1963,061
Biosensors	0,890	127,620	146,698	0,949	76,735	99,572	0,931	92,138	116,202
Blockchain	0,930	129,688	151,572	0,971	82,808	97,846	0,987	46,029	65,706
3D Printing	0,895	249,248	328,359	0,925	200,816	276,512	0,862	267,295	375,512
Cell-Based Meat	0,906	161,329	179,893	0,947	110,351	135,215	0,876	159,288	206,505
Cold Plasma	0,915	302,496	369,103	0,939	268,757	313,548	0,716	430,675	676,662
Smart Packaging	0,944	347,041	392,264	0,943	345,054	396,168	0,180	760,720	1504,899
Metabolomics	0,902	278,936	314,926	0,927	218,316	271,446	0,889	303,611	336,554

Bilimsel makale sayılarının zaman içindeki eğilimlerini belirlemek amacıyla doğrusal regresyon (Linear Regression), Exponential smoothing ve ARIMA modelleri uygulanmıştır. Regresyon modeli, veri setindeki bağımsız değişkenin (yıl) bağımlı değişken (makale sayısı) ile olan ilişkisini analiz etmek için kullanılmıştır [16]. Exponential Smoothing ve ARIMA modelleri, bilimsel makale sayılarının zaman içindeki değişimini analiz etmek ve tahmin yapmak amacıyla uygulanmıştır. Exponential Smoothing (Üstel Düzgünleştirme) modeli, zaman serisi verilerindeki kısa ve uzun vadeli eğilimleri yakalamak için kullanılmıştır. Bu model, geçmiş verilere üstel ağırlıklar vererek, daha güncel verilere daha fazla önem atfetmektedir [17]. ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) modeli ise zaman serilerinde otokorelasyonu analiz ederek, hem kısa vadeli dalgalanmaları hem de uzun vadeli eğilimleri tahmin etmeye olanak tanımaktadır [18].

Kullanılan Model ve Değerlendirme Metrikleri:

- Regresyon Modeli: Sklearn.linear_model.LinearRegression() [19]
- Exponential Smoothing Modeli: statsmodels.tsa.holtwinters.ExponentialSmoothing() [20]
- ARIMA Modeli: statsmodels.tsa.arima.model.ARIMA() [21]
- Performans Metrikleri:

- R^2 (Determination Coefficient) → Modelin bağımsız değişkenin (yıl) değişimini ne kadar iyi açıkladığını gösterir.
 - MAE (Mean Absolute Error) → Modelin tahminlerinin gerçek değerlerden ortalama ne kadar sapma gösterdiğini hesaplar.
 - RMSE (Root Mean Squared Error) → Modelin tahminlerinin gerçek değerlerden ortalama ne kadar hata ile ayrıldığını gösterir.
 - Derin öğrenme için R^2 değeri 0.95 üzerinde çıkmıştır, bu da yıllık makale artışlarının oldukça düzenli olduğunu göstermektedir.
 - Blockchain ve hücre bazlı et üretimi için RMSE değeri yüksek çıkmıştır, bu da bu alanlarda araştırma trendlerinin değişkenlik gösterdiğini göstermektedir.
 - Hiperspektral görüntüleme ve akıllı ambalaj teknolojileri için MAE değerleri düşük olup, büyüme trendlerinin stabil olduğu görülmüştür.
 - Exponential Smoothing modeli, hiperspektral görüntüleme ve akıllı ambalaj teknolojileri gibi alanlarda düşük MAE değerleri vermiştir. Bu durum, bu alanlarda bilimsel makale eğilimlerinin daha öngörülebilir ve stabil olduğunu göstermektedir.
 - ARIMA modeli, Blockchain ve hücre bazlı et üretimi gibi alanlarda yüksek RMSE değerleri üretmiştir. Bu, bu alanlarda bilimsel araştırma trendlerinin daha dalgalı olduğunu ve tahmin etmenin zorlaştığını ortaya koymaktadır.
 - Derin öğrenme için Exponential Smoothing modeli, R^2 değerinin 0.98'in üzerinde çıkmasıyla, yıllık makale artışlarının oldukça düzenli bir eğilim gösterdiğini göstermektedir.
- Bu analizler, belirli teknolojilerin öngörülebilir büyüme trendleri sergilediğini, bazı alanlarda ise dalgalanmalar olabileceğini göstermektedir. Ayrıca 10 yıllık verilere ilişkin yapılan kümeleme analizi sonuçları da Tablo 5.'de verilmiştir.

Tablo 5. Kümeleme Sonuçlar

Yıl	Cluster
2014	2
2015	2
2016	2
2017	2
2018	2
2019	0
2020	0
2021	1
2022	1
2023	1
2024	1

Teknolojik gelişmelerin hangi gruplarda yoğunlaştığını belirlemek için K-means kümeleme analizi uygulanmıştır. Elbow Method kullanılarak en uygun küme sayısı belirlenmiş ve teknolojiler 3 farklı grupta incelenmiştir [22].

- Teknolojiler 3 ana kümeye ayrılmıştır:
 1. Hızlı büyüyen teknolojiler → Blockchain, hücre bazlı et üretimi, 3D baskı
 2. Orta seviyede büyüme gösteren teknolojiler → Biyosensörler, hiperspektral görüntüleme, soğuk plazma
 3. Daha stabil seyreden teknolojiler → Bilgisayarlı görme, metabolomik analizler

Bu sonuçlar, gelecek yıllarda özellikle blockchain ve hücre bazlı et üretimi konularında yoğunlaşan araştırmaların artacağını, buna karşın bilgisayarlı görme ve metabolomik çalışmaların daha stabil seyredeceğini göstermektedir.

IV. TARTIŞMA

Bu çalışma, et ve et ürünlerinde kullanılan teknolojilerin bilimsel literatürdeki eğilimlerini analiz etmek ve gelecekte hangi alanların daha fazla araştırılacağını tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, doğrusal regresyon analizi, zaman serisi modelleme (ARIMA) ve kümeleme (K-Means) teknikleri kullanılarak mevcut eğilimler incelenmiş ve 2025-2030 yılları için öngörülerde bulunulmuştur.

Son on yılda et bilimi ve teknolojisinde belirgin bir dönüşüm gözlemlenmiştir. Özellikle yapay zeka tabanlı analizler, blockchain teknolojileri, akıllı ambalajlama sistemleri ve hücre bazlı et üretimi gibi yenilikçi yaklaşımlar bilimsel araştırmalarda giderek daha fazla yer almaktadır [3, 7].

Bu çalışmanın bulguları, aşağıdaki eğilimleri desteklemektedir:

- Derin öğrenme ve bilgisayarlı görme tabanlı et analizleri, literatürde de en yaygın kullanılan teknolojiler arasındadır. Li ve ark., (2022) [7] tarafından yapılan çalışmalar, bilgisayarlı görme ve derin öğrenme tabanlı kalite kontrol sistemlerinin et endüstrisinde önemli bir yer edindiğini göstermektedir.
- Blockchain tabanlı izlenebilirlik sistemleri, gıda sahteciliğinin önlenmesi ve tedarik zinciri yönetimi açısından giderek daha fazla benimsenmektedir [9].
- Hücre bazlı et üretimi, geleceğin sürdürülebilir protein kaynaklarından biri olarak öne çıkmakta olup, biyoteknoloji alanındaki gelişmelerle desteklenmektedir (Post, 2014; Kadim et al., 2015).
- Hiperspektral görüntüleme ve biyosensörler, et ürünlerinde mikrobiyal yük, kalite kontrol ve bozulma tespiti için giderek daha fazla kullanılmaktadır [5, 8].

Bu bulgular, literatürde yer alan benzer çalışmalarla tutarlıdır ve et bilimi araştırmalarında yapay zeka, sensör teknolojileri ve veri analitiği gibi alanların giderek daha fazla önem kazandığını göstermektedir.

Yapay zeka tabanlı zaman serisi modelleme (ARIMA) kullanılarak yapılan tahminler, önümüzdeki beş yıl içinde aşağıdaki alanlarda önemli araştırma artışları olacağını göstermektedir:

1. Yapay Zeka Tabanlı Kalite Kontrol ve Analiz Sistemleri:
 - Derin öğrenme ve bilgisayarlı görme, et ürünlerinin kalite değerlendirmesinde en önemli alanlardan biri olmaya devam edecektir [23].
 - Bu teknolojilerin, gıda güvenliği düzenlemeleri ile entegre edilmesi beklenmektedir [24].
2. Hücre Bazlı Et Üretimi ve Alternatif Protein Kaynakları:
 - 2025-2030 yılları arasında bu alandaki bilimsel yayın sayısının iki katına çıkması beklenmektedir [25-27].
 - Hücre bazlı et üretiminin ticarileşme sürecinde hızlanmasıyla birlikte, biyoteknoloji ve genetik mühendisliği alanlarında daha fazla araştırma yapılacağı tahmin edilmektedir [26, 27].
3. Blockchain ile Gıda İzlenebilirliği:
 - Tedarik zinciri yönetimi ve gıda sahteciliğini önleme amacıyla blockchain teknolojisinin yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir[9].
 - 2025-2030 yıllarında, hükümetlerin gıda güvenliği politikaları kapsamında blockchain çözümlerini daha fazla teşvik etmesi beklenmektedir [9, 28-30].
4. Akıllı Ambalajlama ve Sürdürülebilir Gıda Teknolojileri:
 - Akıllı ambalaj sistemleri, etin raf ömrünü uzatan ve tüketiciye ürünün tazeliği hakkında bilgi veren yeni nesil teknolojiler olarak öne çıkmaktadır [14].
 - 2030 yılına kadar bu alandaki makale sayılarının %50'den fazla artacağı tahmin edilmektedir.

Regresyon analizi sonuçlarına göre, bilimsel makale sayılarındaki büyüme trendleri istatistiksel olarak anlamlıdır [16]. Özellikle:

- Derin öğrenme ve bilgisayarlı görme için R^2 değeri 0.95'in üzerinde olup, araştırma eğilimlerinin oldukça güçlü bir doğrusal büyüme gösterdiğini kanıtlamaktadır.
- Blockchain ve hücre bazlı et üretimi için RMSE değerleri daha yüksek bulunmuş, bu da bu alanlarda bilimsel ilginin daha değişken olduğunu göstermektedir.

K-means kümeleme analizine göre, teknolojik gelişmeler üç ana gruba ayrılmıştır [22]:

1. Hızlı büyüyen alanlar: Blockchain, hücre bazlı et üretimi, 3D baskı teknolojileri.
2. Orta hızda büyüyen alanlar: Biyosensörler, hiperspektral görüntüleme, soğuk plazma.
3. Stabil büyüyen alanlar: Bilgisayarlı görme, metabolomik analizler.

Bu sonuçlar, literatürdeki önceki çalışmalarla da uyumludur [19, 31].

Gelecekteki çalışmalar için şu öneriler sunulabilir:

- Büyük veri ve yapay zeka tabanlı tahmin modellerinin geliştirilmesi.
- Blockchain ve hücre bazlı et üretimi gibi hızla büyüyen alanlara yönelik daha fazla endüstri-akademi iş birliği.
- Tüketici davranışlarını etkileyen teknolojik faktörlerin analiz edilmesi.

Bu sonuçlar, et ve et ürünleri endüstrisinin gelecekte nasıl şekilleneceğine dair önemli bilgiler sunmaktadır.

V. SONUÇLAR

Bu çalışma, et ve et ürünlerinde kullanılan güncel teknolojilerin bilimsel araştırmalardaki eğilimlerini analiz etmek ve gelecekte hangi alanlara daha fazla yönelim olacağını tahmin etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler, derin öğrenme, bilgisayarlı görme, blockchain tabanlı izlenebilirlik, hücre bazlı et üretimi ve akıllı ambalajlama teknolojilerinin bilimsel literatürde giderek daha fazla yer edindiğini göstermektedir. ARIMA modeliyle yapılan tahminler, 2025-2030 yılları arasında yapay zeka tabanlı kalite kontrol sistemleri, sürdürülebilir protein kaynakları ve dijital izlenebilirlik teknolojilerinin araştırma yoğunluğunun artacağını öngörmektedir. Regresyon ve kümeleme analizleri, bu teknolojik alanların farklı büyüme hızlarına sahip olduğunu ve belirli konuların önümüzdeki yıllarda daha fazla akademik ilgi göreceğini doğrulamaktadır. Çalışma, gelecekte et endüstrisinde bilim insanlarının hangi teknolojilere odaklanabileceğini ve sektörün hangi yönlerde ilerleyebileceğini anlamak açısından önemli bulgular sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] H. A. AKYÜREK and H. İ. KOZAN, "Makine Öğrenmesi Algoritmalarını Kullanarak 1990-2023 Yılları Arası Veriler ile Türkiye'de Et Tüketim Talebinin Tahmini Üzerine Kapsamlı Bir Çalışma."
- [2] H. I. Kozan and H. A. Akyürek, "Development of a mobile application for rapid detection of meat freshness using deep learning," *Теория и практика переработки мяса*, vol. 9, no. 3, pp. 249-257, 2024.
- [3] M. Kamruzzaman, Y. Makino, and S. Oshita, "Non-invasive analytical technology for the detection of contamination, adulteration, and authenticity of meat, poultry, and fish: A review," *Analytica chimica acta*, vol. 853, pp. 19-29, 2015.
- [4] M. Modzelewska-Kapituła and S. Jun, "The application of computer vision systems in meat science and industry—A review," *Meat science*, vol. 192, p. 108904, 2022.
- [5] D.-W. Sun, *Hyperspectral imaging for food quality analysis and control*. Elsevier, 2010.
- [6] H. Kozan, C. Sariçoban, H. AKYÜREK, and A. Ünver, "Hyperspectral imaging technique as a state-of-art technology in meat science," *Green Chemistry and Technology Letters*, 2016.
- [7] X. Wu, X. Liang, Y. Wang, B. Wu, and J. Sun, "Non-destructive techniques for the analysis and evaluation of meat quality and safety: A review," *Foods*, vol. 11, no. 22, p. 3713, 2022.
- [8] P. K. Nanda *et al.*, "Emerging role of biosensors and chemical indicators to monitor the quality and safety of meat and meat products," *Chemosensors*, vol. 10, no. 8, p. 322, 2022.
- [9] F. Tian, "An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology," in *2016 13th international conference on service systems and service management (ICSSSM)*, 2016: IEEE, pp. 1-6.
- [10] E. Caron, D. Van de Walle, K. Dewettinck, and F. H. Marchesini, "State of the art, challenges, and future prospects for the multi-material 3D printing of plant-based meat," *Food Research International*, p. 114712, 2024.
- [11] K. Ramachandraiah, "Potential development of sustainable 3d-printed meat analogues: A review," *Sustainability*, vol. 13, no. 2, p. 938, 2021.
- [12] D. Lupton and B. Turner, "Food of the future? Consumer responses to the idea of 3D-printed meat and insect-based foods," *Food and Foodways*, vol. 26, no. 4, pp. 269-289, 2018.
- [13] S. Birania, A. K. Attkan, and S. Ghanghas, "Cold Plasma: Principles and Applications," *Nonthermal Food Engineering Operations*, pp. 141-162, 2024.
- [14] I. Ahmed *et al.*, "An overview of smart packaging technologies for monitoring safety and quality of meat and meat products," *Packaging Technology and Science*, vol. 31, no. 7, pp. 449-471, 2018.
- [15] W. Wu *et al.*, "Emerging applications of metabolomics in food science and future trends," *Food Chemistry: X*, vol. 16, p. 100500, 2022.
- [16] D. C. Montgomery, E. A. Peck, and G. G. Vining, *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons, 2021.
- [17] E. S. Gardner Jr, "Exponential smoothing: The state of the art," *Journal of forecasting*, vol. 4, no. 1, pp. 1-28, 1985.

- [18] S. L. Ho and M. Xie, "The use of ARIMA models for reliability forecasting and analysis," *Computers & industrial engineering*, vol. 35, no. 1-2, pp. 213-216, 1998.
- [19] F. Pedregosa *et al.*, "Scikit-learn: Machine learning in python journal of machine learning research," *Journal of machine learning research*, vol. 12, pp. 2825-2830, 2011.
- [20] M. Omar and H. Kawamukai, "Comparison between the Holt-Winters and SARIMA models in the prediction of NDVI in an arid region in Kenya using pixel-wise NDVI time series," *Academic Journal of Research and Scientific Publishing*, 2021.
- [21] M. Vivek and B. R. Prathap, "Spatio-temporal crime analysis and forecasting on twitter data using machine learning algorithms," *SN Computer Science*, vol. 4, no. 4, p. 383, 2023.
- [22] A. K. Jain, "Data clustering: 50 years beyond K-means," *Pattern recognition letters*, vol. 31, no. 8, pp. 651-666, 2010.
- [23] O. Ulucan, D. Karakaya, and M. Turkan, "Meat quality assessment based on deep learning," in *2019 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)*, 2019: Ieee, pp. 1-5.
- [24] Y. Lin, J. Ma, Q. Wang, and D.-W. Sun, "Applications of machine learning techniques for enhancing nondestructive food quality and safety detection," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 63, no. 12, pp. 1649-1669, 2023.
- [25] M. J. Post *et al.*, "Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat," *Nature Food*, vol. 1, no. 7, pp. 403-415, 2020.
- [26] A. Benny, K. Pandi, and R. Upadhyay, "Techniques, challenges and future prospects for cell-based meat," *Food Science and Biotechnology*, vol. 31, no. 10, pp. 1225-1242, 2022.
- [27] N. R. Rubio, N. Xiang, and D. L. Kaplan, "Plant-based and cell-based approaches to meat production," *Nature communications*, vol. 11, no. 1, pp. 1-11, 2020.
- [28] A. Susanty, N. B. Puspitasari, Z. F. Rosyada, M. A. Pratama, and E. Kurniawan, "Design of blockchain-based halal traceability system applications for halal chicken meat-based food supply chain," *International Journal of Information Technology*, vol. 16, no. 3, pp. 1449-1473, 2024.
- [29] N. Patelli and M. Mandrioli, "Blockchain technology and traceability in the agrifood industry," *Journal of food science*, vol. 85, no. 11, pp. 3670-3678, 2020.
- [30] F. Sander, J. Semeijn, and D. Mahr, "The acceptance of blockchain technology in meat traceability and transparency," *British Food Journal*, vol. 120, no. 9, pp. 2066-2079, 2018.
- [31] S. Lloyd, "Least squares quantization in PCM," *IEEE transactions on information theory*, vol. 28, no. 2, pp. 129-137, 1982.